MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DES MINES

Service Géologique de Belgique

rue Jenner 13 - 1040 BRUXELLES

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Aardkundige Dienst van Belgie

Jennerstraat 13 - 1040 BRUSSEL

Kl. AVELGEM 98W No 930-939

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE SCHELDEVALLEI TUSSEN AVELGEM EN WAARMAARDE

M. GULINCK, V. MARUN, en R. PAEPE

PROFESSIONAL PAPER 1970 N° 12

Déposée

Kl. AVELGEM 98W No 930-939

ERRATA .

blz. 5 , alinea 10, lezen : artesische laag, in plaats van arterische laag

alinea 12, lezen : 10-12m. dikke leemachtige bedekking

blz. 6, hoofding, lezen : TWEEDE DEEL

blz. 7, hoofding, lezen : Gebruikte symbolen.

onder letter k, lezen : doorlaatcoëfficiënt id. (m/sec)

blz. 30, hoofding, lezen : aanvang, in plaats van aanvraag

P. P. 1970/ 12.

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE SCHELDEVALLEI TUSSEN AVELGEM EN WAARMAARDE

M. GULINCK, V. MARUN, en R. PAEPE

EERSTE DEEL : GEOLOGISCHE VERKENNING.

Aardkundige Dienst van België - Professional Paper nr 12 / 1970.

kb. AVELGEM, 98 W., nr 930.....939.

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE SCHELDE-VALLEI TUSSEN AVELGEM EN WAARMAARDE.

door M. GULINCK, V. MARUN en R. PAEPE.

I. - INLEIDING.

Deze studie werd ondernomen met de steun van het Koninklijk Commissariaat voor het Waterbeleid.

De keuze van het te onderzoeken gebied was bepaald door het feit dat de Nationale Maatschappij der Waterleidingen er een tamelijk belangrijke winning ontworpen had.

Deze maatschappij had reeds in 1962 enkele voorafgaande verkenningsboringen op het gehucht Rugge, te Avelgem, uitgevoerd.

Het leek ons nochtans wenselijk diverse aspecten van deze onderzoekingen verder in detail, en tevens over een groter areaal, te laten uitbreiden.

Wij hebben dan, in overleg met deze maatschappij, een studieprogramma opgevat, waarvan de materiële uitvoering bij beperkte aanbesteding aan de firme N. V. SMET van Dessel toevertrouwd werd.

De werken namen een aanvang op 25. X. 1966 en waren beëindigd op 9. XII. 1966.

Ze omvatten : (fig. 1, 2, 3).

1°- Twee centrale pompputten, één te Waarmaarde (C1) en één te Avelgem (C2), omringd door een reeks tijdelijke peilputten.

De filters in de pompputten hadden volgende kenmerken : Zuigbuis ø 4"; filterlengte 6 m; kiezelomstorting ø 10" over 6,70 m hoogte.

2° - Een 8-tal verkenningsboringen genummerd D1, D2, D3, D4, D6, D7, D8, D9 over het te onderzoeken gebied verspreid. Hierin werd een peilbuis in PVC ø 2" met een 0,50 m lang filter geplaatst, met de bedoeling deze boringen als permanente peilputten te gebruiken.

Al deze putten, met uitzondering van de tijdelijke peilputten rondom C1 en C2, werden met de pulsboor uitgevoerd. Ze moesten in princiep de top van het tertiair substraat bereiken.

Het debiet van de pomp werd op een debietmeter afgelezen. De hiermede bereikte nauwkeurigheid kan op ± 10 % geschat worden.

EERSTE DEEL : HYDRO - GEOLOGISCHE STUDIE.

Wij verwijzen naar de archieven van de Aardkundige Dienst voor de afzonderlijke en gedetailleerde beschrijvingen van de 10 uitgevoerde verkenningsboringen.

Een grafische voorstelling ervan komt voor op de figuren 6... 12 die deel uitmaken van twee dwarse en een langse algemene geologische profielen (Fig. 4-5).

Voor het opmaken van die profielen en de bijbehorende kaarten (Fig. 17,1) werd ook rekening gehouden met oudere boorgegevens uit de archieven van de Aardkundige Dienst.

Er dient hierbij opgemerkt dat wij aldus gegevens van ongelijke waarde moesten vergelijken. In enkele van deze oude boorprofielen was de top van het tertiair substraat (Ieperiaanse klei) niet met zekerheid vast te stellen.

Sommige aantekeningen van de geologische kaart zijn ook niet betrouwbaar. Later uitgevoerde boringen hebben inderdaad aangetoond dat E. Delvaux soms verspoeld kleiig of lemig materiaal als Ieperiaan "insitu" beschouwd heeft.

Verdere opzoekingen zijn noodzakelijk om de westelijke begrenzing van de oude dalinsnijding van de Schelde nauwkeurig te bepalen. R. Paepe heeft enkele geoelectrische testmetingen in dit gebied uitgevoerd, waarvan sommige resultaten hier overgenomen werden (Fig. 17).

Lithostratigrafische eenheden van het Kwartair in de Schelde vallei.

De Kwartaire afzettingen bereiken plaatselijk een totale dikte van 23 m en rusten op het Ieperiaan met kleiig facies.

Men kan er, onder lithologisch oogpunt, drie eenheden in onderscheiden :

a) Modern alluvium (Holoceen).

Deze afzetting kan een dikte van 6,50 m bereiken en bestaat uit kleiige leem, veen en venige kalktuf, aangetroffen in de boringen 31, 901, 934, 935, 938, 941 (n° archieven van de Aardkundige Dienst).

b) Pleistocene leemafzettingen.

Afwisseling van leem, zandhoudende leem of leemhoudend zand, met veenhoudende intercalaties, waarvan de laterale overgangen tamelijk subtiel zijn. Plaatselijk verspreide keitjes. Het bovenste gedeelte van dit paket is ontkalkt.

c) Pleistocene zand- en grindafzettingen.

Dit 6 à 12 m dik paket bestaat uit tamelijk fijne tot grove en grindhoudende zanden. Leemhoudende, kalkrijke intercalaties komen er ook in voor, soms tot nabij de basis (namelijk in boring 942).

Wij moeten nog de aanwezigheid vermelden van plantenresten, zoetwaterschelpen, gerolde nummulieten en, in de boring C1 te Waarmaarde, van talrijke Corbicula fluminalis.

Dit zand- en grind complex vormt de te onderzoeken watervoerende formatie. Ze vertoont een zekere heterogeneïteit die haar plaatselijke hydrologische kenmerken moet beïnvloeden.

Bijzonder lithologisch onderzoek.

Het zandig materiaal van de meest representatieve boringen werd aan een korrelgrootte analyse onderworpen, waarvan de resultaten op figuren 13... 15 grafisch voorgesteld zijn .

Van de grindfractie > 4,76 mm uit enkele boringen werd ook een kwantitatief lithologisch onderzoek gedaan.

Volgende gesteentesoorten werden er aangetroffen :

- Paleozoïsche kalksteen, onvolledig gerold (Tournaisiaan)
- Vuurstenen uit het Campaniaan en het Boven-Turoon (Rabots)
- Eocene zandstenen, voornamelijk uit het Ieperiaan s. s. en het Paniseliaan. Ook enkele siltstenen uit het Landeniaan (tuffeau de Chercq)
- Diverse niet nader bepaalde verkiezelingen, waaronder elementen uit het Beneden-Turoon (Fortes Toises)
- Fosfaatconcreties en verkiezelde Turritella's uit het Ieperiaan, resten van beenderen (stratigrafische herkomst onbekend)
- Grof kwarts.

In de boring D9 werden (tussen 9.00 - 9.50 m) vooral keien van locale oorsprong (solifluctiemateriaal) aangetroffen : gebleekte of roodgekleurde vuurstenen, paniseliaanse en "diestiaanse" zandstenen, kwarts.

Hieronder geven wij nog de gewichtsverhoudingen van de belangrijste elementen in enkele boringen (zie fig. 16).

BORINGEN.	C1	D4	D3	D2
Vuurstenen	92,45	79	79	84
Kalkstenen (Kolenkalk)	5,90	16,5	14	11
Eocene zandstenen Varia	0,90 0,75)	4,5	7	5
Gewicht van de onderzochte fractie in kg	10	5,6	7,4	8

Algemene hydrogeologische kenmerken van het gebied.

Uit de voorgaande geologische beschrijving blijkt dat de watervoerende formatie als semi-arterische laag ("leaky aquifer") moet behandeld worden.

Inderdaad, de 10-12 dikke leemachtige bedekking is beslist niet volkomen ondoorlatend, en anderzijds heeft men kunnen vaststellen dat het natuurlijk piëzometrisch vlak plaatselijk boven het maaiveld komt te staan.

De huidige Schelde-loop bevindt zich in de oostelijke randzone van de pleistocene ingraving, en daar is het opvullingsmateriaal overwegend leemachtig.

Een rechtstreeks ondervloeiing van uit de rivier, bij kunstmatige verlaging van de grondwaterspiegel, zal dus waarschijnlijk nauwelijks in aanmerking komen.

Uit het verloop van de isopiëzometrische lijnen (fig. 18) blijkt anderzijds dat de stroomlijnen nagenoeg loodrecht op de as van de vallei gericht zijn.

Het grondwater vloeit dus op natuurlijke wijze naar de Schelde toe. De stromingscomponent volgens de as van de vallei is te verwaarlozen.

TWEDE DEEL : INTERPRETATIE DER POMPPROEVEN.

I. - THEORETISCHE GRONDSLAGEN.

1. Gebruikte symbole.

Q	=	debiet van de pomp (m3/sec of l/sec)
s	=	afpomping in de peilputten (m)
$s'=s/Q$	=	relatieve afpomping (m/m3/sec = sec/m^2)
Q_m	=	fictief gemiddeld debiet
s''	=	relatieve afpomping na stilleggen van de pomp
r	=	afstand tot de centrale put (m)
R	=	invloedstraal (afstand op dewelke $s'=0$)
t	=	tijd na de aanvang van de pomping (sec)
t'	=	tijd na stilleggen van de pomp
t_o	=	fictieve tijd overeenkomende met $s''=o$ volgens Theis
t_D	=	fictieve overgangstijd
b	=	dikte van de watervoerende laag (m)
k	=	doorlaatcoefficientid. (m/sec)
$T = K.b$	=	doorlaatcapaciteit (transmissivity) id. (m2/sec)
S	=	uitleveringsfactor (storage) id. (dimensieloos)
b'	=	dikte van de deklagen (natte sectie)
k'	=	verticale doorlaatcoefficient van de deklagen
$D=k'/b'$	=	percolatiecoefficient (drainance) (l/sec)
$1/D$	=	hydraulische beddingsweerstand (sec)
S'	=	uitleveringsfactor van de deklagen
$B=L= T/D$	=	spreidingslengte (m)

2. Volkomen spanningswater (THEIS-JACOB)

In een volkomen artesische laag, zonder laterale voeding en sijpeling doorheen de deklagen heeft men volgens THEIS-JACOB :

(1) $$\frac{\partial^2 s'}{\partial r^2} + \frac{\partial s'}{r\,\partial r} = \frac{S}{T} \cdot \frac{\partial s'}{\partial t}$$

waarvan de oplossing is :

(2) $$4\pi\, T.\, s' = W(u) \qquad W(u) = \int_u^{\infty} e^{-u} \frac{du}{u} \quad (*) \quad u^2 = r^2 . S/4 . Tt$$

Indien $u < 0,10$ mag, met een afwijking $< 0,001$, een vereenvoudigde formule toegepast worden :

(3) $$s' = 0,183 \,/\, T.\log Mt \qquad M = (C/r)^2 \qquad C^2 = 2,25\ T/S$$

ofwel

(4) $$s' = -0,366 \,/T.\log r/R \qquad R^2 = C^2 . t$$

Grenswaarden voor t en r

$u < 0,10$ betekent $t > 2,5\, Sr^2/T$ of $r^2 < 0,4\ Tt/S$

met $S/T = 0,10$ zijn de respectievelijke grenswaarden van T en r :

r =	34,5	60	85	(m)
t =	5	15	30	(min)

Bijvoorbeeld :

voor r = 20 m moet $t > 100$ sec indien $S/T = 0,10$

200 - - - 0,20

(*) Men noteert ook $W(u) = -E_i(u)$ = exponentiële integraal

Er bestaan tabellen en grafieken voor de waarde van W(u)

voor	t = 24 u	moet	r < 185 m	indien S/T = 0,10
			130 m	- - 0,20

Bepaling van T en S

Overeenkomstig (3) en (4) kunnen T en S grafisch bepaald worden door toepassing van volgende vergelijkingen :

(3') $ds'/d \log t = 0,183/T$

(4') - $ds'/d \log r = 0,366/T$

(5) $S/T = 2,25\, t_o/r^2$ $t_o = 1/M$

Stilleggen van de pompingen

Na stilleggen van de pomp heeft men, indien (3) geldig is, dus na t' relatief voldoende groot :

(6) $s'' = 0,183\, T/\log t/t'$

$ds''/d \log t/t' = O,183/T$

Indien intussen een evenwichtstoestand bereikt is, zou men hebben :

(7) $ds''/d \log t' = -0,183/T$

Beide formules leiden nochtans practisch tot dezelfde waarde van T met een afwijking < 0,01 indien $t/t' > 100$

Afpomping onder invloed van een veranderlijk debiet

Bij veranderlijk debiet is, op een tijdstip t

(8) $s = 0,183/T \sum \Delta Q \cdot \log M(t-\tau)$

$t-\tau$ = tijdsinterval binnen hetwelk ΔQ werkzaam was.

Men kan nu een equivalent debiet Q_m berekenen, zodanig dat

$$Q_m \cdot \log Mt = \sum \Delta Q \cdot \log M(t-\tau)$$

Voor kleine waarden van t moet de formule (2) hierbij aangewend worden.

Evenwichtstoestand (Stationnair regiem)

Een evenwichtstoestand, t. t. z. waarbij $ds'/dt = 0$ wordt theoretisch nooit bereikt, tenzij de artesische laag op een zekere afstand (R), in aanraking komt met open water of met een stabiele freatische laag.

3. Onvolkomen spanningswater (semi-artesische laag).

Aanloopperiode (HANTUSCH-JACOB)

Indien de sijpeling doorheen de deklagen evenredig is met de drukverlaging in de watervoerende laag, wordt de evenwichtsvergelijking :

(9) $$\frac{\partial^2 s'}{\partial r^2} + \frac{\partial s'}{r\,\partial r} = \frac{S}{T}\,\frac{\partial s'}{\partial t} + s'.\,\frac{D}{T}$$

(10) $$4\pi T.\ s' = W(u,x) \qquad W(u,x) = \int_u^{\infty} e^{-z-v}\,.\,\frac{dz}{z}$$

met $u = r^2S/4Tt \qquad x = r/B \qquad B^2 = T/D \qquad v = r^2/4B^2.\,z$

De formule (2) van Theis-Jacob is hiervan een randgeval met

$D = B = \infty$, dus $v = O$

Men kan nu schrijven :

(11) $$\log s' = \log W(u,x) - \log 4\pi T$$
$$\log t/r^2 = \log S/4T - \log u$$

De proefonderwindelijk vastgestelde wet $\log s' - \log t/r^2$ voor een bepaalde peilput (dus waarbij r = constant), wordt verschoven totdat ze één van de krommen uit de familie $\log W(u,x) - \log u$ (*) zo goed mogelijk dekt. (Zie fig. 44).

(*) In handboeken te vinden onder vorm van tabellen of grafieken.

Door vergelijking van de respectievelijke parameters

$W - s'$; $r/b - r$; $u - t/r^2$ kan men dan de coefficienten T, S, B, D berekenen.

Stationnaire toestand

Een evenwichtstand is bereikt wanneer het sijpelend debiet gelijk geworden is aan het opgepompt debiet. s' blijft dan verder constant.

Deze toestand komt overeen met een bijzonder geval van de formule (10) waar bij $u = o$

$$s' = 1/4\pi T \,.\, W_o \qquad W_o = \int_o^{\infty} e^{-z-v} \frac{dz}{z}$$

DE GLEE kwam vroeger tot dezelfde conclusie en stelde :

(12) $$s' = 1/2\pi T.\ K_o(x) \qquad K_o(x) = \text{integraal van Bessel}$$

Men kan hier eveneens, door superpositie in een bilogarithmisch diagramma, T en B bepalen.

Een stationnaire toestand volgens HANTUSCH of DE GLEE is gekenmerkt door het feit dat de fictieve overgangstijd t_D onafhankelijk is van r.

(13) Men heeft $$t_D = 0,561 \quad B^2S/T$$

Het kan verwezenlijkt worden indien de piëzometrische druk in de deklagen constant blijft, bijvoorbeeld wanneer die deklagen in aanraking komen met open water of een betrekkelijk grote horizontale doorlatendheid bezitten.

Realimentatie volgens BOULTON.

In het schema voorgesteld door BOULTON, ondergaat de percolatie een zekere vertraging, met exponentiëel verloop.

De fundamentale vergelijking wordt dan :

$$(14) \qquad \frac{\partial^2 s'}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial s'}{\partial r} = \frac{S}{T}\frac{\partial s'}{\partial t} + \frac{S'f}{T}\int_0^t \frac{\partial s'}{\partial \tau} e^{-f(t-\tau)} d\tau$$

S' en f zijn twee nader te bepalen parameters.

Het verloop van de afpompingskromme is dan nagenoeg dezelfde alsof bij de aanvang een gewone THEIS- wet met als karakteritieke T en S toepasselijk ware, maar later gevolgd door een andere THEIS kromme met T en (S+S')

(S+S') heeft dus de betekenis van een globale uitleveringsfactor waarin de bijdragen van de watervoerende lagen en van de deklagen zich samenvoegen.

De twee takken zijn gescheiden door een horizontale trap waarvan de lengte a = (S+S') /S (in een logarithmisch diagramma).

Opmerking.

In de schema's van Hantusch en van Boulton wordt impliciet verondersteld dat de sijpeling doorheen de deklagen onmiddellijk een permanent regiem volgt.

Dit is niet helemaal juist want, evenals bij de watervoerende laag zelf, met men voor de deklagen rekening houden met een aanloopperiode gedurende dewelke de uitleveringsfactor S' een overwegende rol speelt.

Recente studies die wij hier moeilijk kunnen bespreken, hebben aangetoond dat in deze aanloopperiode, het sijpelend debiet groter is dan in de uiteindelijke permanente toestand.

Vereenvoudigd voorgesteld, heeft men op een bepaalde tijd t:

Sijpelend debiet = $\Delta h \,.\, D\,(1 + \varphi)$ $\varphi \rightarrow 0$ met $t \rightarrow \infty$

Δh = hydrostatisch drukverschil tussen top en basis van de deklagen.

φ = is een vrij ingewikkelde functie die onder vorm van een Fourrier-reeks kan uitgedrukt worden.

*

* *

II. - WAARNEMINGEN TE WAARMAARDE.

Figuren : 19.....33

Het detail der waarnemingen is onder tabelvorm in de bijlagen te vinden.

Afpompingskrommen s'/log t volgens Theis-Jacob (Fig. 21-23).

Bij de aanvang van de proeven onderging Q gevoelige fluctuaties. Men moet hiermede rekening houden bij de berekening van s' = s/Q, zoniet zijn die s' waarden moeilijk vergelijkbaar.

Eerst werd een benaderende waarde van T en S gezocht en daaruit een theoretische afpomping s afgeleid. Hiermede kan men een fictief debiet Q_m berekenen.

Voor verdere interpretaties wordt dan $s' = s/Q_m$ (s = afgelezen afpomping) in overweging genomen. (Fig. 25).

De fluctuaties van het debiet spelen geen zol meer bij de interpretatie van de stijgkromme s' - log t/t'.

Specifiek debiet in Cl : 3,75 m/m3/u (na 24 u pompingen)

Peilputten	1	2	3	4	5	6	7
Afstand r	48,64	21,76	21,30	49,25	85,27	23,03	52,10
bij pomping							
ds'/d log t	61	64	66	71	58	67	59
10^3 T	3,00	2,86	2,77	2,62	3,16	2,73	3,10
$t_o = 1 / M$	130	9,5	10,8	125	440	12	140
$10^2 t_o/r^2$	5,50	2,00	2,45	5,15	6,05	2,27	5,18
10^2 S/T	12,4	4,50	5,50	11,6	13,6	5,10	11,65
10^4 S	3,72	1,29	1,52	3,04	4,30	1,39	3,61
$10^{-3} t_D$	16	9,5	12,3	10	14	11	18
s' max	127	186	200	128	85	197	124
Na stilleggen							
10^3 T	2,98	2,50	2,45	2,76	3,45	2,47	2,83

Gemiddelde waarde voor T : bij pomping $2,85 . 10^{-3}$

na stilleggen $2,68 . 10^{-3}$

De uitleveringsfactor S wordt systematisch groter naarmate men zich van de pompput verwijderd. Hetzelfde gebeurd met T doch in zeer lichte mate. (Fig. 33)

Afpompingskrommen s' - log r (Fig. 26 - 27)

De T - waarden die hieruit berekend worden, zijn systematisch kleiner dan deze afgeleid uit de s' - log t krommen.

Peilputten :			3 - 4	2 - 1	6 - 7
10^3T	volgens	s'-log r	1,89	1,78	1,67
-	-	s'-log t	2,70	2,93	2,91

Dit komt doordat de toegepaste formule (4') slechts geldig is zolang R, dus ook S, onafhankelijk zijn van r.

Neemt men van elk der drie groepen peilputten de gemiddelde waarde van s' aan, dan stelt men vast dat ds/d log r slechts weinig verandert tussen 20 en 100 m en practisch niet tussen 20 en 50 m, tijdens de duur van de pompproeven.

Op het einde van de proef, bij voorlopige stabilisatie, is het verloop s' / r nagenoeg logarithmisch geworden.

Berekening van de percolatie (Fig. 28. . . . . 32)

Wij passen het schema van Hantusch toe, alhoewel hiertegen zekere bezwaren te vinden zijn (t_D en S zijn afhandelijk van r)

Peilputten		1	2	3	4	5	6	7
voor W(u) = 2 is s' =		60	60	66	82	92	64	70
10^3T		2,66	2,66	2,41	1,94	1,73	2,49	2,66
voor u = 10^{-4} is t/r^2 =		380	157	205	630	850	182	420
	10^2S/T	15,2	6,3	8,2	25,2	34	7,3	16,8
	10^4S	4,04	1,64	1,98	4,83	5,90	1,81	4,46
	r/B	0,13	0,05	0,05	0,23	0,50	0,05	0,14
	B	374	435	422	214	170	460	372
	10^8D	1,90	1,38	1,35	4,25	5,98	1,18	1,93
	B	uit de formule (12) afgeleid						
		480	613	630	390	428	620	525

Door toepassing van de methode van DE GLEE voor het stationnair toestand (op $t = 5.10^4$ sec) vindt men

$s' = 89$ $K'(x) = 1$ $T = 1,79 \cdot 10^{-3}$

$r = 17,30$ $x = 0,10$ $L \mp 173$ $D = 5,6 \cdot 10^{-8}$

Deze berekeningen werden alleen als "proef" uitgevoerd. Aan de gevonden waarden mogen wij inderdaad geen grote betekenis hechten omdat, de zeer zwakke kromming van de s'-log r, op $t = 5,10^4$ sec een nauwkeurige superpositie onmogelijk maakt.

*

* *

III. - WAARNEMINGEN TE AVELGEM.

Fig. 34..... 43

Detail der waarnemingen in bijlagen.

Afpompingskrommen s' - log t volgens Theis-Jacob. (Fig. 36-37)

Het debiet is tamelijk constant gebleven. Op de relatieve afpomping s'/Q moest dus geen correctie toegepast worden.

Specifiek debiet in C2 : 4,25 m/m3/uur (na 24 u pompen)

Peilputten	8	9	10	11	12	13
afstand r	86,82	35,70	35,42	9,56	10,47	9,66
10^3T	2,47	2,20	2,10	2,08	2,07	2,08
t_o	750	102	114	7,6	5,9	4,1
$10^2t_o/r^2$	9,94	8,04	9,1	8,35	5,4	4,4
$10^2S/T$	22,4	18	21	18,7	12,1	9,90
10^4S	5,45	3,96	4,35	3,88	2,52	2,06
Na stilleggen						
10^3T	2,39	1,98	1,97	1,77	1,84	1,81

Zoals te Waarmaarde, zij S en T min of meer afhankelijk van r.

Afpompingskrommen s'/log r. (Fig. 39-40)

Ze verlopen op dezelfde wijze als te Waarmaarde. Wij kunnen ook dezelfde bemerkingen maken betreffende de waarde van T afgeleid uit deze krommen.

Realimentatie volgens BOULTON. (Fig. 41-42)

Het verloop van s'/log t krommen wijst erop dat het schema van BOULTON ten minste bij benadering, toepasselijk is.

Wij beschouwen hier het gemiddeld verloop van de s'-log t krommen en nemen éénzelfde gemiddelde waarde voor T aan $(2,24.\ 10^{-3})$

In het schema van Boulton is $a = 1 + S/S'$.

$r_{gemid.}$ (m)	10	35	87
a	3,5	4,0	4,5
S'/S	2,5	3,0	3,5
10^2 S/T	8,1	18,6	23,4
10^4 S	1,82	4,16	5,25
10^4 S'	4,5	12,5	18,4

*

* *

IV. - SAMENVATTING EN GEVOLGTREKKINGEN.

1) - Het semi-artesisch karakter van de waterlaag wordt bevestigd.

2) - Het schema van BOULTON is, in een zekere mate, toepasselijk op de proeven te Avelgem. Te Waarmaarde daarentegen, schijnt de afpomping ongeveer te verlopen volgens het HANTUSCH-schema, althans binnen hetzelfde tijdsinterval van 24 u.

Het is echter niet uitgesloten dat, bij voorzetten van de pompingen, het schema van Boulton zich ook te Waarmaarde zou manifesteren.

Men kan misschien hieruit besluiten dat de deklagen vlugger water afgeven te Waarmaarde dan te Avelgem. Het feit dat de put van Waarmaarde dichter bij het open Scheldewater gelegen was, kan hierbij een rol gespeeld hebben.

3) - In beide plaatsen is vastgesteld dat de uitleveringsfactoren S en de percolatie coefficienten D afhankelijk zijn van de afstand tot de pomput. (Fig. 33, 42, 43).

Dit past noch bij het schema van Hantusch, noch bij het schema van Boulton.

Er moet dus een correctie toegepast worden op de termen die, in de basisvergelijkingen, de invloed van de percolatie uitdrukken.

Men mag ook niet uit het oog verliezen dat de toepassing van de formulen van Hantusch of van Boulton in ons geval eenigszins geforceerd is. Ze veronderstellen immers dat de deklagen gevoed worden door tussenkomst van een daarop liggende freatische laag of een open watermassa.

In de huidige omstandigheden zullen die deklagen, althans plaatselijk en in de bovenste zones, als een onverzadigd milieu reageren.

Een betere kijk op de zich afspelende hydraulische verschijnselen zou een ingewikkelde meetdispositief vereisen en ook langdurige pompproeven.

Intussen kunnen de opmerkingen van blz. 12 misschien de basis geven voor een voorlopige verklaring van de afhandelijkheid van de uitleveringsfactor S t. o. van de afstand r.

Inderdaad, de stijging van S (en dus t_o) met r betekent dat de afpomping relatief vertraagd wordt naarmate men zich van de pomput verwijderd, maar dit valt ook samen met een vermindering van de afpomping zelf.

Nu, bij kleine waarden van s, zal de percolatie nog in haar aanloopperiode verkeren, dus een betrekkelijk groter debiet leveren dan in de zones waar ze reeds of bijna een stationnair regiem bereikt heeft, d. i. daar waar s merkelijk groter is.

Dit probleem is misschien op mathematische wijze te benaderen, maar de behandeling ervan is te ingewikkeld om hier aangeroerd te worden.

4) - Een structurele anisotropie van de waterlaag in de omgeving van de twee proefputten, ttz. een verschil in doorlaatcapaciteit volgens de oriëntatie van het profiel t. o. van de as van de vallei, blijkt niet te bestaan.

5) - Specifiek debiet.

Er is geen goede overeenkomst tussen de waarde van het specifiek debiet Q/s in de pompputten en de waarde van de transmissiviteit in de omgeving van die putten.

6) - Doorlaatcoefficienten.

Voor de watervoerende laag heeft men :

te Waarmaarde, met $T = 2,85.10^{-3}$ en $b = 8$ m ; $k = 3,55.10^{4}$ m/sec

Avelgem 2,24 10 2,24

Voor de deklagen zou men hebben (verticale doorlatendheid) met $D = 2.10^{-8}$ en $b' = 10$ m ; $k' = 2.10^{-7}$

Dit met alle reserven voor de betekenis van deze D waarde.

7) - Natuurlijke grondwaterstroming. (Fig . 18)

Wij kunnen nu het debiet van de natuurlijke grondwaterstroming loodrecht op de as van de vallei berekenen :

Op 29. XII. 1966 was het hydraulisch verhang i = O,55 %

Met $T = 2,50.10^{-3}$ m2/sec,zal over een strook van 1 km, het volgend debied in de richting van de Schelde vloeien :

$Q = 0,0055 \times 2,50.10^{-3} \times 10^{3} = 13,75$ lit/sec = 1.190 m3/dag

---

LIJST DER FIGUREN.

1. Algemeen situatie plan - Localisatie der boringen in de Schelde Vallei.

2-3 Localisatie der proefputten te Avelgem en Waarmaarde.

4-5 Algemene geologische profielen.

6..12 Detail van de boringen in de profielen van fig. 4-5.

13..15 Korrelgrootte samenstelling van het Pleistoceen zand.

16 Lithologische samenstelling van het grind.

17 Isohypsen van de basis van het Pleistoceen.

18 Grondwaterstanden op 29. XII. 1966.

Hydrologische proeven te WAARMAARDE.

19-20 Schema van de peilputten - afpomping.

21..23 Afpompingskrommen s'/log t in de peilputten.

24 Stijging na stilleggen van de pomp.

25 Debieten. Berekening van het gemiddeld fictief debiet.

26 Afpompingskrommen s'/log r op verschillende tijdstippen.

27 Gemiddelde afpompingskrommen s'/log r.

28..30 Afpompingskrommen volgens HANTUSCH.

31 Gemiddelde afpompingskrommen volgens HANTUSCH.

32 Evenwichtstand bij afpomping volgens DE GLEE.

33 Invloed van r op de hydraulische parameters.

Hydrologische proeven te AVELGEM.

34-35 Schema van de peilputten - Afpomping.

36-37 Afpompinskrommen s'/log t.

38 Stijging na stilleggen van de pomp.

39-40 Afpompingskrommen s'/log r op verschillende tijdstippen.

41 Gezamenlijke afpompingskrommen s'-log t/r^2 en schema van Boulton.

42 Parameters volgens Theis en volgens Boulton.

43 Vergelijking S/T tussen Waarmaarde en Avelgem.

Bijvoegsel.

44 Abaquen voor de formule van Hantusch.

BIJLAGE.

WAARNEMINGEN TIJDENS DE PROEFPOMPINGEN.

PROEFPOMPINGEN TE WAARMAARDE

Aanvang : 6.XII.1966 - 10 u 40'

Putten		C1	1	2	3	4	5	6	7
Aanvangspeil		+ 14.54	14.22	14.29	14.37	14.38	14.39	14.43	14.52
Afstand (m)			48.64	21.76	21.10	49.25	85.27	23.03	52.98
t (sec)	Q(l/sec)			Afpomping in m/m					
10									
3					40	-		185	
6					175	-		190	
9	3.610		30	210	-	10		210	
10^2 sec									
1.05	-		-	-	240	-		-	
1.10	-		-	-	-	-		-	
1.20	3.610		45	250	-	20		240	
1.35	-		-	-	260	-		-	
1.50	3.610		60	280	290	30		270	
1.80	3.890		70	300	-	40		290	35
1.95	-		-	-	320	-		-	-
2.10	4.170		80	320	-	-		310	-
2.40	4.440		90	340	350	55		320	50
3.00	4.440	4.080	100	360	370	80		360	100
3.60	4.440		130	390	390	95		390	120
4.20	4.510		140	415	410	120	5	415	-
4.80	4.580		150	435	440	130	15	430	140
5.40	4.510		160	455	460	140	30	455	-
6.00	4.440	4.180	175	470	475	160	40	470	160

6.60	4.510		190	490	495	185	50	490	-
7.20	4.580		200	510	520	210	55	505	170
7.80	4.580		210	520	-	-	-	520	-
8.40	-		-	-	540	230	70	540	-
9.00	4.720		225	540	-	-	-	-	210
9.60	-		-	-	560	255	90	560	-
10^3 sec									
1.02	4.720		240	565	-	-	-	-	-
1.08			-	-	-	-	-	585	230
1.20			-	-	590	290	110	595	-
1.26	4.720		270	600	-	-	-	-	-
1.32			-	-	-	-	-	610	-
1.38			-	-	-	-	-	-	270
1.44			-	-	640	320	135	630	-
1.50	4.860		295	630	-	-	-	-	-
1.56			-	-	-	-	-	-	-
1.68	5.000		-	670	680	355	160	660	340
1.80			320	-	-	-	-	-	-
1.92			340	680	690	370	175	680	330
2.04	4.86		-	-	-	-	-	-	-
2.16			-	-	-	-	-	705	-
2.28	4.93		-	710	715	400	200	-	-
2.40			360	-	-	-	-	720	360
2.70	5.00		-	730	740	420	-	-	-
2.82			390	-	-	-	220	750	370
3.00		4.500	-	-	-	-	-	-	-
3.18	4.86		410	745	765	440	230	770	-
3.60	5.00		430	765	790	470	250	785	410
3.90			-	-	-	-	-	-	-
4.20			-	-	-	-	-	805	425

4.50	4.86		450	790	-	495	270	-	-
4.80		4610	-	-	-	-	-	-	440
5.10			-	-	815	-	280	830	-
5.40	4.93		480	810	850	510	300	830	440
5.88			-	-	-	-	-	850	-
6.30	5.00		495	835	875	-	-	-	485
6.60			-	-	-	535	320	-	-
6.90			-	-	-	-	-	865	-
7.20	5.00		510	850	900	550	-	870	500
7.50			-	-	-	-	335	-	500
7.80			-	-	-	-	-	880	-
8.10			-	-	-	-	-	-	-
8.40		4.680	-	-	-	-	-	-	-
9.00	4.93		530	860	910	570	355	890	530
9.60			-	880	-	-	-	890	-
9.90	5.00		530	-	920	570	-	-	530
10^4 sec			-	-	-	-	365	-	-
1.02			-	-	-	-	-	-	-
1.08			545	890	-	-	-	910	540
1.11			-	-	945	580	370	-	-
1.20		4.700	555	890	950	580	375	910	540
1.44		4.720	565	890	950	590	380	930	560
1.80	5.00	4.740	575	900	960	600	385	940	570
2.16	5.00	4.740	585	905	970	600	385	950	580
2.51	5.00	4.750	595	905	970	610	385	960	580
2.87	5.00	4.760	605	905	980	610	395	970	590
3.21	5.00	4.770	615	910	980	620	395	975	600
3.60	5.00	4.770	615	920	980	620	405	980	600
3.94	5.00	4.770	625	920	990	620	415	980	600
4.31	5.00	4.780	625	930	990	620	415	980	610

4.67	5.00	4.780	635	930	990	620	425	980	620
5.04	5.00	4.780	635	930	1.000	630	425	985	620
5.40	5.00	4.780	635	930	1.000	630	425	985	620
5.76	5.00	4.780	635	930	1.000	630	425	985	620
6.12	5.00	4.790	635	930	1.000	630	425	985	620
6.48	5.00	4.790	635	930	1.000	630	425	985	620
6.84	5.00	4.790	635	930	1.000	630	425	985	620
7.20	5.00	4.790	635	930	1.000	630	425	985	620
7.56	5.00	4.790	635	930	1.000	630	425	985	620
7.92	5.00	4.800	625	930	1.000	640	425	975	620
8.28	5.00	4.800	630	925	990	640	430	965	625
8.58	5.00	4.800	625	925	985	640	430	960	625
Pomp stilgelegd op 7.XII - 10 u 50'									

WAARMAARDE-STIJGING NA STILLEGGEN VAN DE POMP

Putten	C1	1	2	3	4	5	6	7
t'	Afpomping in m/m							
1 min		615	760	800	620	430	890	
2		580	660	715	585	430	-	
3	770	560	630	685	560	425	660	
4		540	600	650	550	425	620	
5		520	575	620	520	420	-	
6	670	500	550	595	510	415	580	
7		490	530	-	-	-	560	
8		470	510	545	500	395	540	
9		460	495	-	-	-	520	
10		450	475	505	475	390	500	
12	500	430	450	475	445	375	475	435
14		410	430	-	410	-	450	410
15		-	-	440	-	345	-	-
16		390	400	-	-	-	430	400
18		370	380	410	380	320	415	390
20		360	365	385	-	-	395	375
22	400	-	-	-	365	310	380	365
25	360	330	310	355	335	290	355	350
28		-	-	-	315	275	335	325
30		300	295	325	310	265	325	310
35	310	280	270	300	280	245	295	290
40		260	250	280	270	230	280	270
45		-	-	-	250	220	265	255
50		220	215	245	230	210	-	240
55		-	-	-	-	-	255	230
1u00		210	195	220	215	185	200	220
10		180	160	190	190	170		200
15							200	

1u25		160	145	175	170	150	180	175
40		-	-	-	-	-	160	155
45		140	120	140	150	130	-	-
55		130	115	-	-	-	145	140
2u00		-	-	130	140	120	-	-
10		120	95	120	130	110	130	130
20		-	-	110	120	100	-	-
25		110	90	-	-	-	120	120
40		105	85	100	110	95	110	110
3u10		90	55	-	-	-	95	95
20		-	-	90	100	80	-	-
40	240	80	50	80	90	75	90	85
4u10		70	40	70	80	70	80	70
40	200	60	35	65	75	60	70	70

PROEFPOMPINGEN TE AVELGEM

Aanvraag : 8/XII/1966 - 10 u 30'

Putten		C2	8	9	10	11	12	13
Aanvangspeil		+13.61	13.79	13.76	13.69	13.73	13.86	13.77
Afstand			86.82	35.70	35.42	9.56	10.47	9.66
t (sec)	Q(l/sec)	Afpomping in mm.						
10^1sec								
1.5	4.86	-	-	010	-	410	340	-
3.0	4.86	3.595	-	040	105	460	390	490
4.5	-	-	-	-	-	490	-	-
6.0	-	-	-	090	115	-	520	550
9.0	-	-	-	-	-	-	580	-
10^2sec								
1.2	-	-	-	115	145	610	640	640
1.8	-	-	-	145	-	650	660	670
2.1	4.86	-	005	170	-	-	-	-
2.4	-	-	-	175	-	-	700	750
3.0	-	-	100	215	-	-	-	820
3.6	-	-	-	225	-	720	-	-
4.2	4.86	-	020	245	255	-	800	-
4.8	-	-	030	265	-	-	-	890
5.4	-	-	-	290	295	-	840	910
6.0	-	-	050	315	-	-	860	940
6.6	4.86	-		330	-	820	870	960
7.2	-	-	-	335	325	-	880	990
7.8	4.86	-	065	345	-	-	900	1.000
8.4	-	-	-	365	345	-	925	1.020

9.0	-	-	-	380	-	870	945	1.030
9.6	4.86	-	070	395	385	-	965	1.040
10^3 sec								
1.02	-	-	-	-	-	-	-	1.050
1.08	4.86	-	085	415	-	-	-	1.060
1.14	-	-	-	-	-	920	-	1.070
1.20	-	-	-	445	-	-	-	1.080
1.26	-	-	-	-	435	-	-	-
1.32	-	-	-	-	455	970	1.040	1.090
1.44	-	-	-	455	-	-	-	1.100
1.56	-	-	-	-	-	-	1.080	1.130
1.62	-	-	-	-	505	-	-	-
1.68	5.02	-	125	515	-	1.030	-	-
1.86	-	-	-	-	-	1.050	1.115	1.180
1.92	-	-	160	525	525	-	-	-
2.16	-	-	175	560	555	1.080	1.145	1.210
2.70	5.17	3.945	230	610	605	-	1.205	1.285
2.76	-	-	-	-	-	1.150	-	-
3.06	-	-	-	-	635	1.180	-	-
3.12	-	-	-	-	-	-	1.245	1.320
3.18	-	-	-	645	-	-	-	-
3.66	-	-	-	-	655	1.210	-	-
3.78	5.17	-	270	670	-	-	-	-
3.90	-	-	-	-	-	-	1.285	1.350

AVELGEM - AFPOMPING

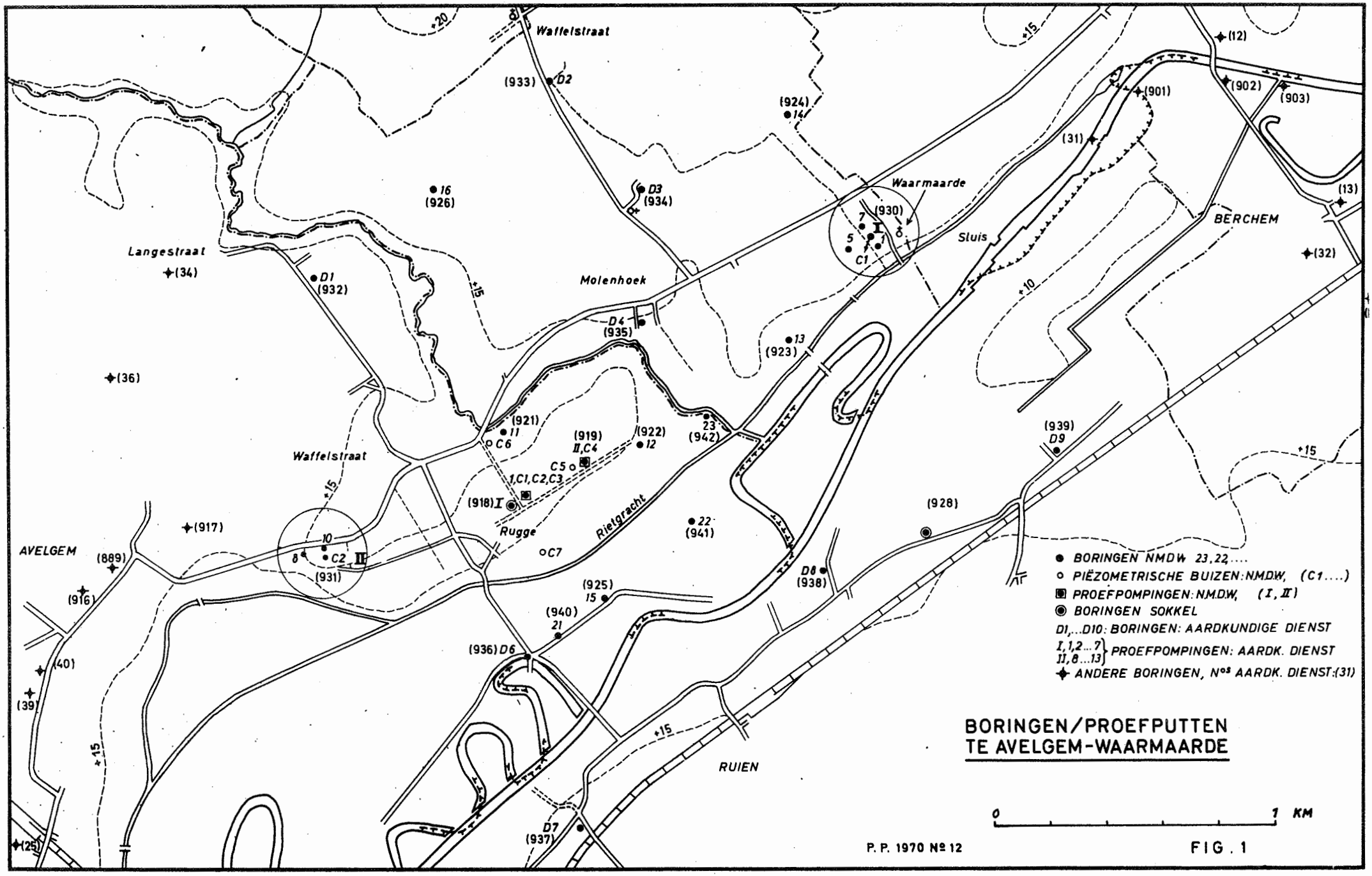
Putten		C2	8	9	10	11	12	13
t	Q	Afpomping (m/m)						
4.38	5.17	-	295	695	-	-	-	-
4.50	-	-	-	-	-	-	1.290	1.400
4.56	-	-	-	-	715	1.255	-	-
5.40	-	-	335	725	740	1.295	1.318	1.430
6.54	-	3.975	370	775	-	-	-	-
6.60	-	-	-	-	-	-	1.375	1.470
6.72	-	-	-	-	795	1.350	-	-
7.20	-	-	-	785	805	-	1.380	1.475
9.00	-	-	-	830	830	1.370	1.400	1.515
10^4 sec								
1.08	5.17	3.985	410	835	850	1.370	1.410	1.520
1.44	-	3.995	420	855	865	1.390	1.420	1.530
1.80	-	4.005	430	855	865	1.410	1.420	1.530
2.16	5.17	4.010	440	865	885	1.430	1.440	1.555
2.52	5.17	4.015	450	865	905	1.450	1.450	1.560
2.88	5.17	4.020	460	876	905	1.470	1.470	1.570
3.24	5.17	4.025	460	885	925	1.480	1.490	1.590
3.60	5.17	4.035	470	885	925	1.490	1.510	1.610
3.96	5.17	4.045	470	895	925	1.500	1.510	1.630
4.32	5.17	4.065	480	895	935	1.500	1.520	1.640
4.68	5.17	4.085	490	905	935	1.510	1.540	1.650
5.04	5.17	4.105	490	915	945	1.520	1.550	1.660
5.40	5.17	4.125	500	915	955	1.530	1.560	1.670
5.76	5.17	4.155	500	925	965	1.540	1.570	1.680
6.12	5.17	4.185	510	935	965	1.550	1.580	1.690
6.48	5.17	4.215	520	945	975	1.550	1.590	1.700

6.84	5.17	4.245	530	945	975	1.560	1.600	1.710
7.20	5.17	4.275	540	955	985	1.560	1.600	1.710
7.56	5.17	4.310	550	965	985	1.570	1.610	1.720
7.92	5.17	4.340	560	975	995	1.570	1.610	1.720
8.28	5.17	4.370	580	985	1.005	1.570	1.620	1.720
8.46	5.17	4.375	585	995	1.005	1.570	1.620	1.720
Pomp stilgelegd (9.XII.1966 - 10 u 00).								

AVELGEM - STIJGING NA STILLEGGEN VAN DE POMP

Putten	C2	8	9	10	11	12	13
t' (min)	Afpomping in mm						
1		585	970	975	1.170	1.240	1.300
2		585	925	945	1.100	1.080	1.100
3	1.305	580	880	905	1.000	990	1.000
4	1.185	580	845	875	945	920	950
5	1.175	580	815	845	900	870	915
6	1.115	575	785	815	-	820	875
7	1.015	570	765	-	850	790	840
8	975	565	745	785	-	755	815
9	915	560	730	755	820		785
10	905	550	715	735	780	710	760
11	-	540	700	720	760	-	740
12	855	530	680	705	740	680	720
13	-	520	665	675	710	-	-
14	-	510	650	655	690	680	-
15	-	500	635	640	670	-	670
16	765	495	625	635	660	610	655
17	-	490	-	-	-	-	-
18	-	-	600	615	640	-	630
19	-	480	-	-	-	590	-
20	625	460	585	590	610	-	605
22	-	-	-	-	-	540	-
24	-	-	545	565	570	-	565
26	-	440	-	-	-	510	-
28	-	-	515	525	545	490	525
30	-	425	-	-	-	-	-
32	-	-	495	505	510	450	495
34	-	400	-	-	-	-	-

36	–	–	–	475	480	–	455
38	–	–	420	–	–	–	–
40	–	–	–	–	–	420	–
42	–	–	–	435	440	–	–
44	–	–	390	–	–	–	410
46	–	370	–	–	–	380	–
48	–	–	–	–	–	–	–
50	–	–	–	400	390	–	–
52	475	330	345	–	–	355	380
1u00	–	315	305	365	360	310	350
10	–	290	255	–	–	–	–
15	390	–	–	305	315	260	300
20	–	–	–	–	–	–	–
25	–	260	225	–	275	–	–
30	–	–	–	275	–	210	260
35	340	–	–	–	–	–	–
40	–	–	–	–	–	–	–
45	–	230	225	255	240	190	230
50	325	–	–	–	–	–	–
55	–	200	205	–	–	–	–
2u00	305	–	–	225	215	160	200
25	–	160	–	–	–	–	–
30	255	–	165	180	175	130	170
55	–	–	140	–	–	–	–
3u00	235	–	–	150	135	120	130
25	–	125	105	–	–	115	–
30	205	–	–	130	110	–	115
55	195	100	090	–	–	095	090
4u00	–	–	–	095	085	–	–
10	–	–	080	–	–	085	–
15	–	090	–	–	–	–	–
25	–	080	070	–	–	070	–
30	160	–	–	075	070	–	075



P. P. 1970 Nº 12

FIG. 1

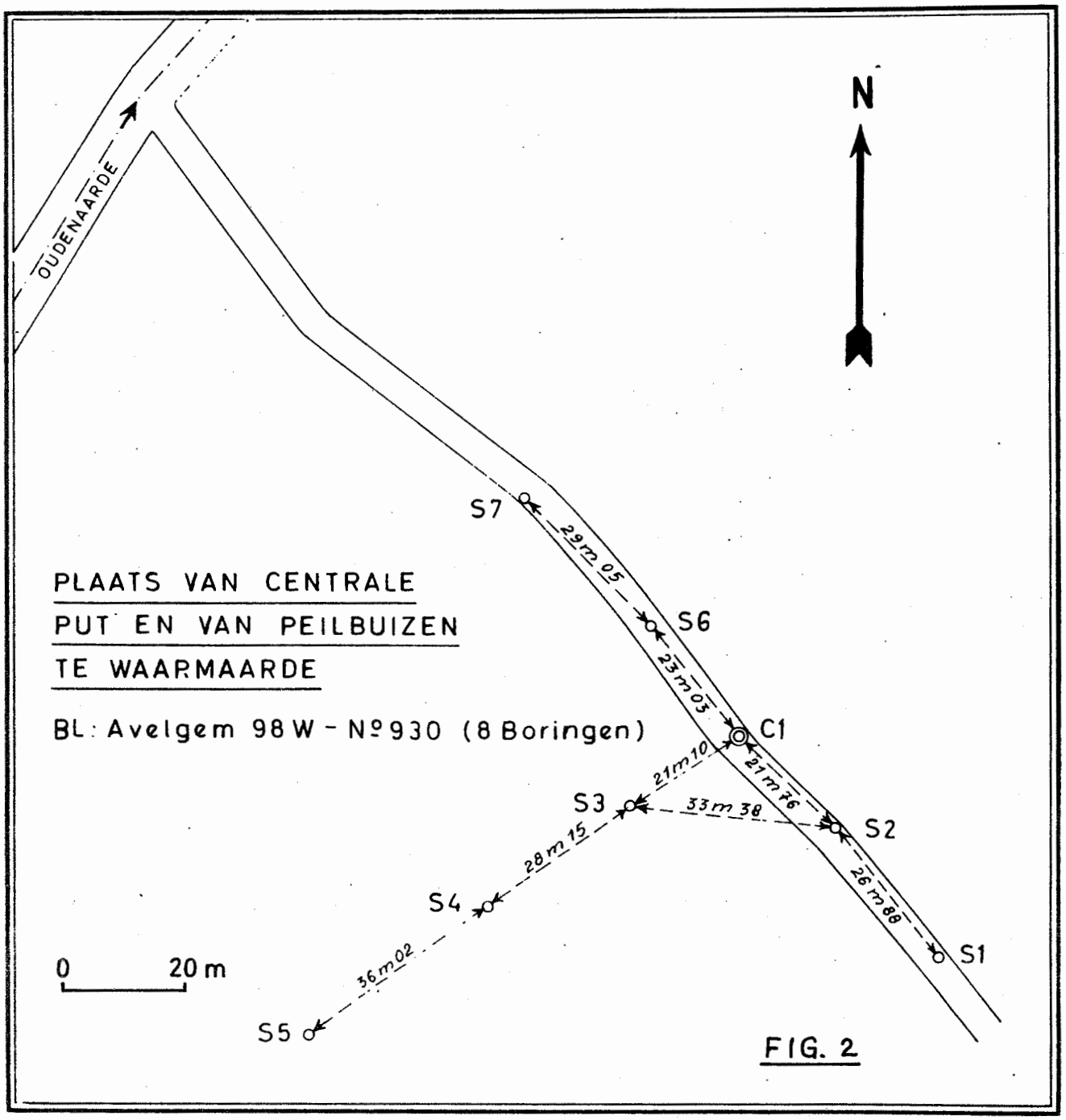
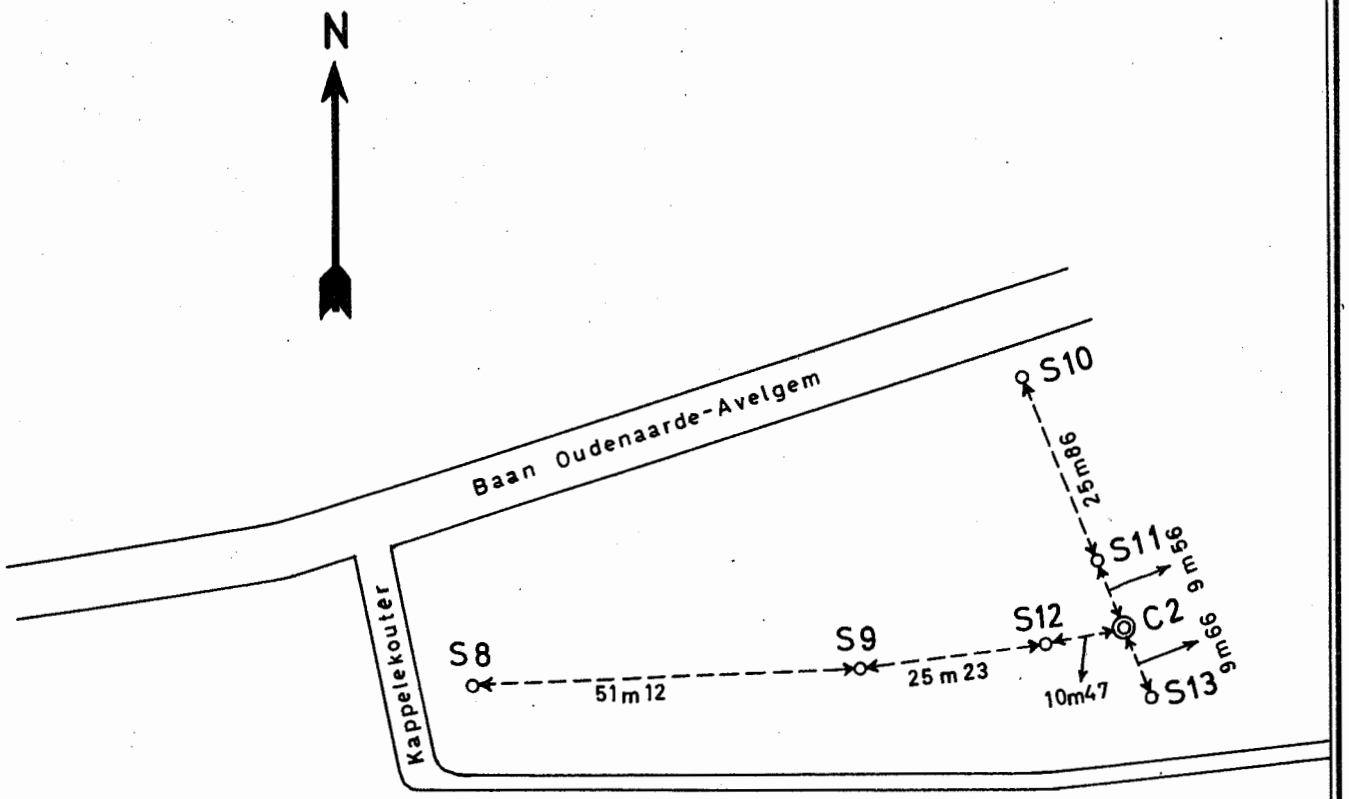

N
OUDENAARDE
S7
29m05
S6
23m03
C1
21m10
21m76
S3
33m38
S2
28m15
26m88
S4
S1
36m02
S5
0
20 m
PLAATS VAN CENTRALE
PUT EN VAN PEILBUIZEN
TE WAARMAARDE
BL: Avelgem 98 W - Nº 930 (8 Boringen)

FIG. 2

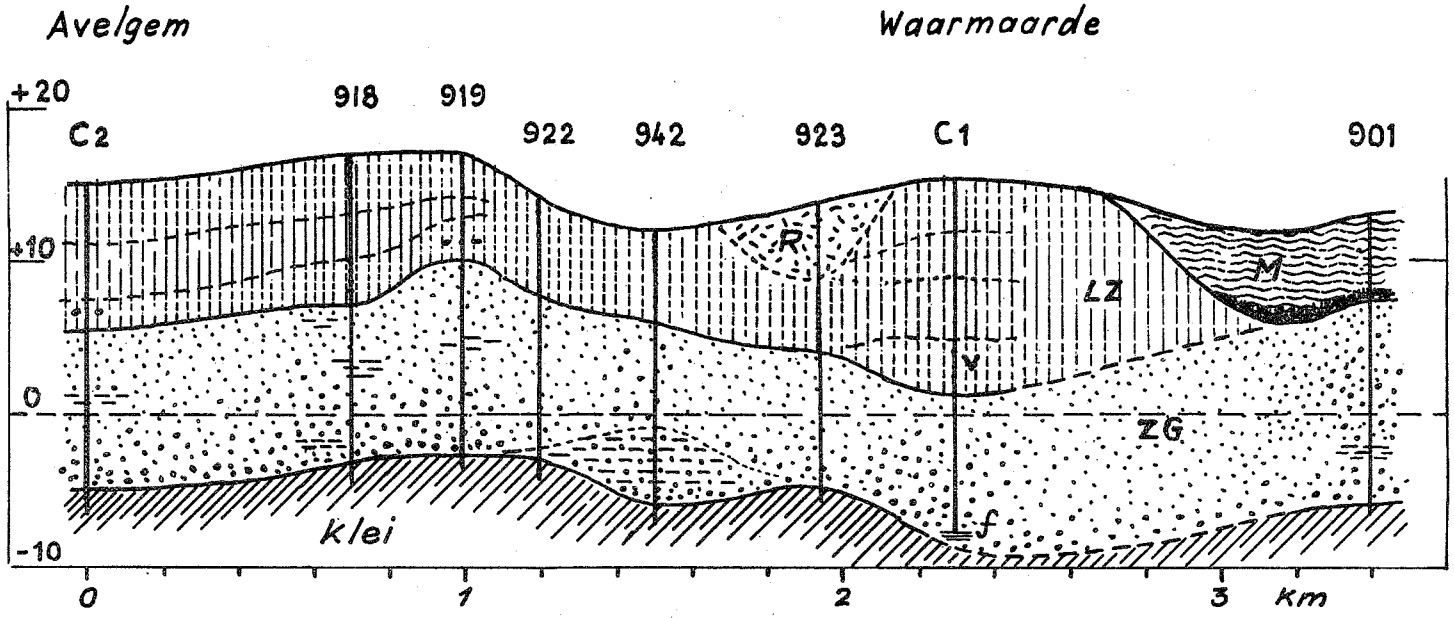


PLAATS VAN DE CENTRALE PUT EN VAN DE PEILBUIZEN TE AVELGEM

BL. Avelgem 98 W - Nr 931 (7 Boringen)

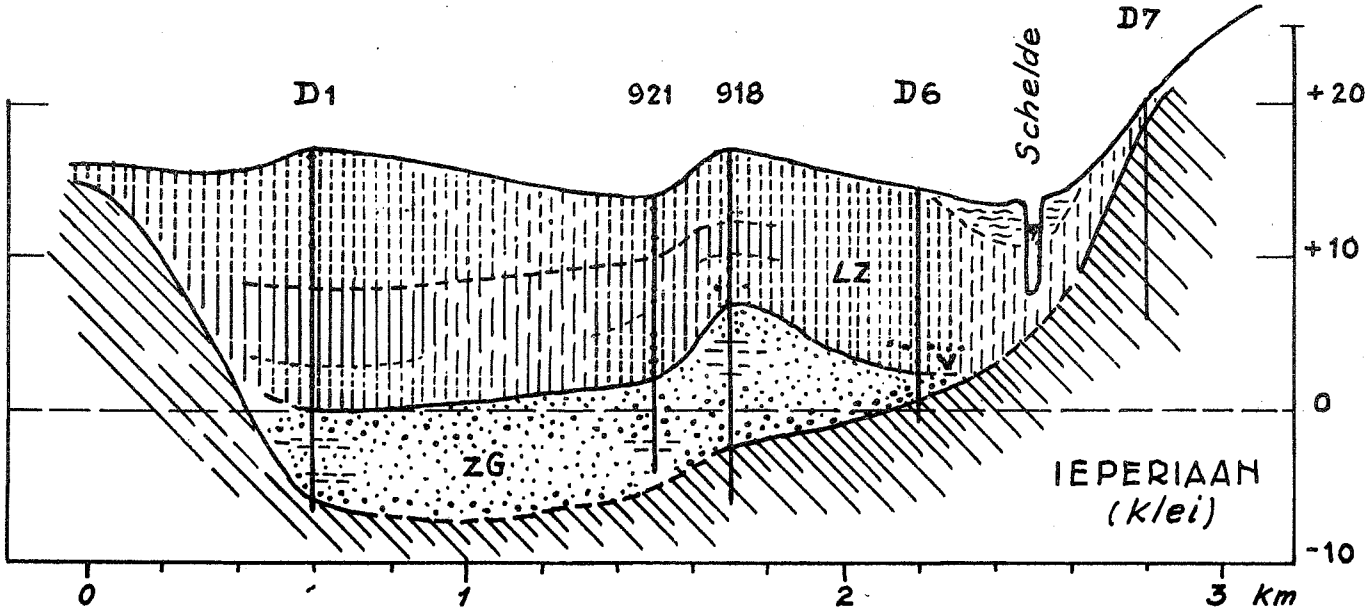
0 20m

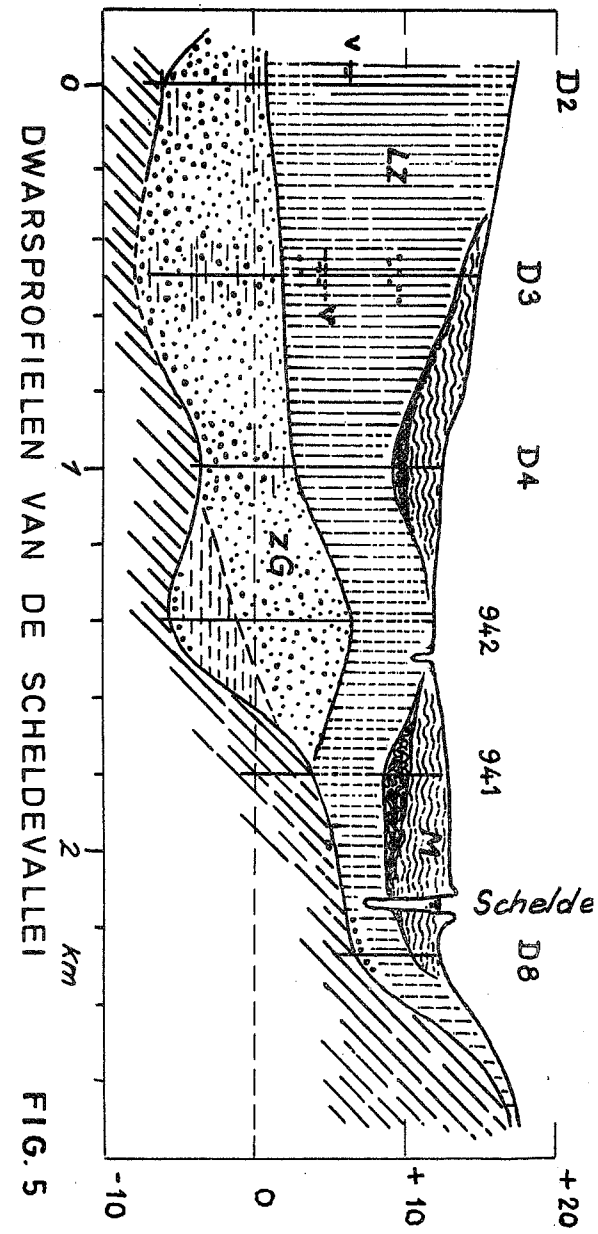
FIG. 3



PROFIEL VOLGENS DE AS VAN DE SCHELDEVALLEI

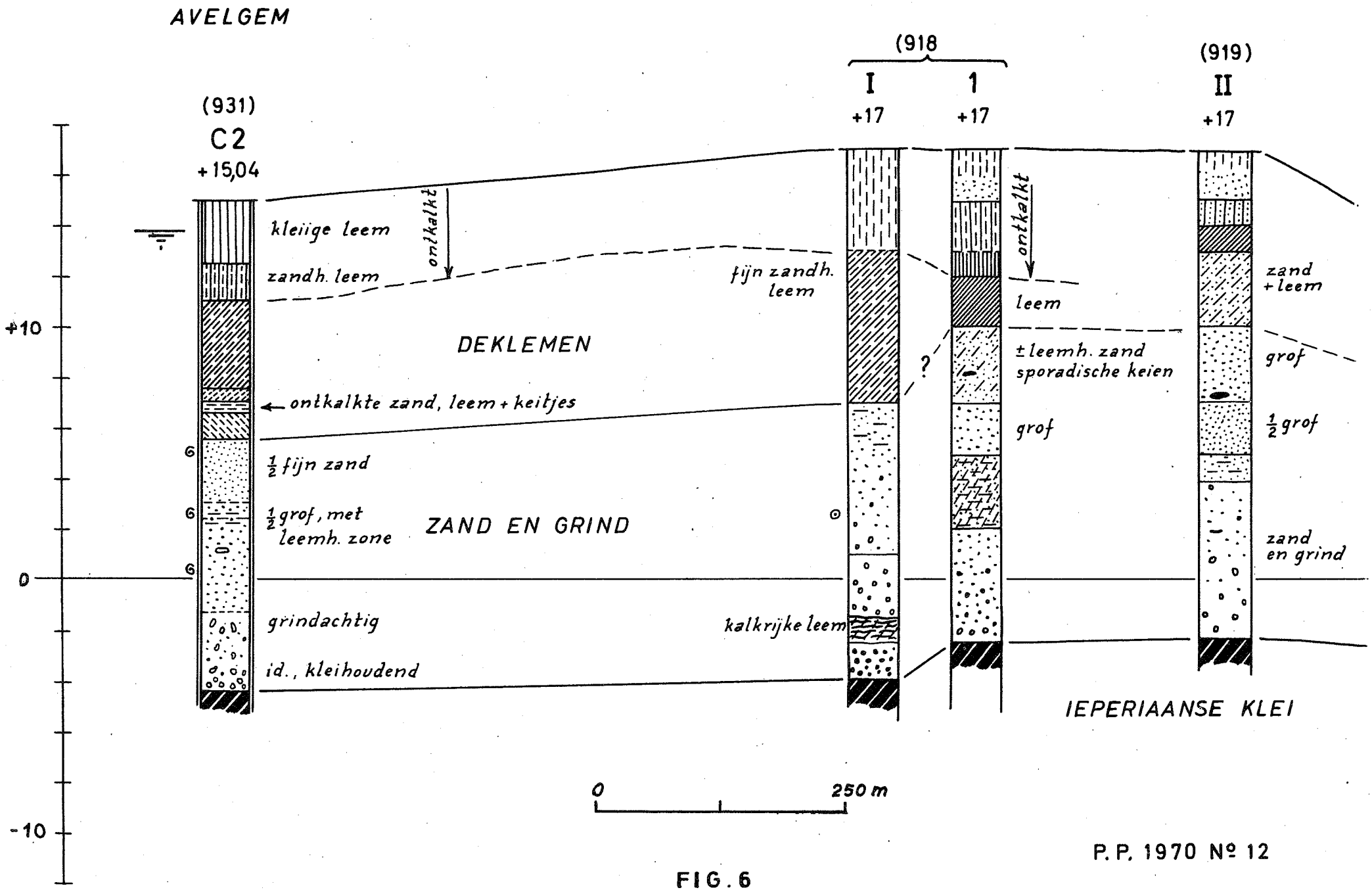
FIG. 4





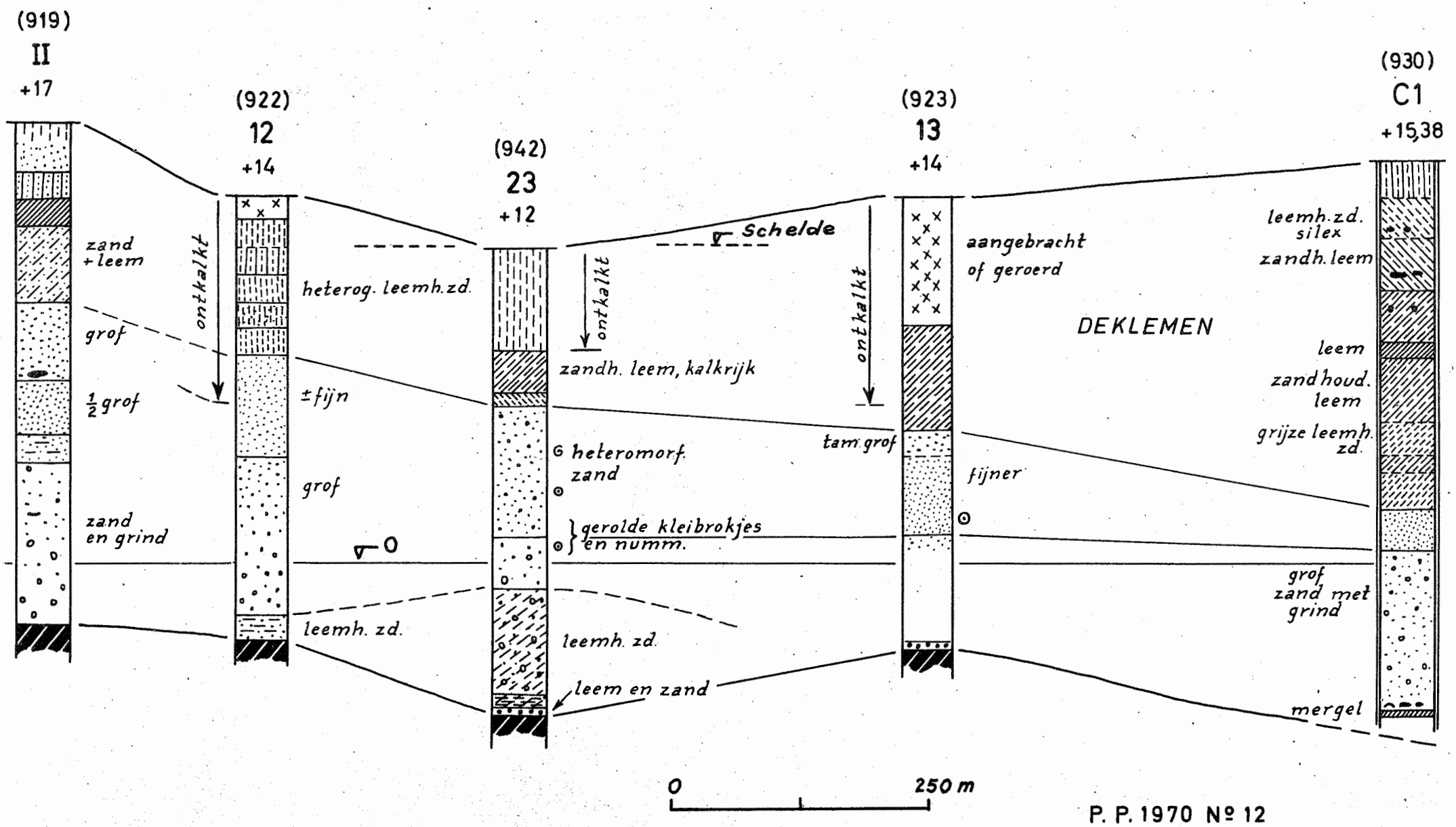
DWARSPROFIELEN VAN DE SCHELDEVALLEI

FIG. 5



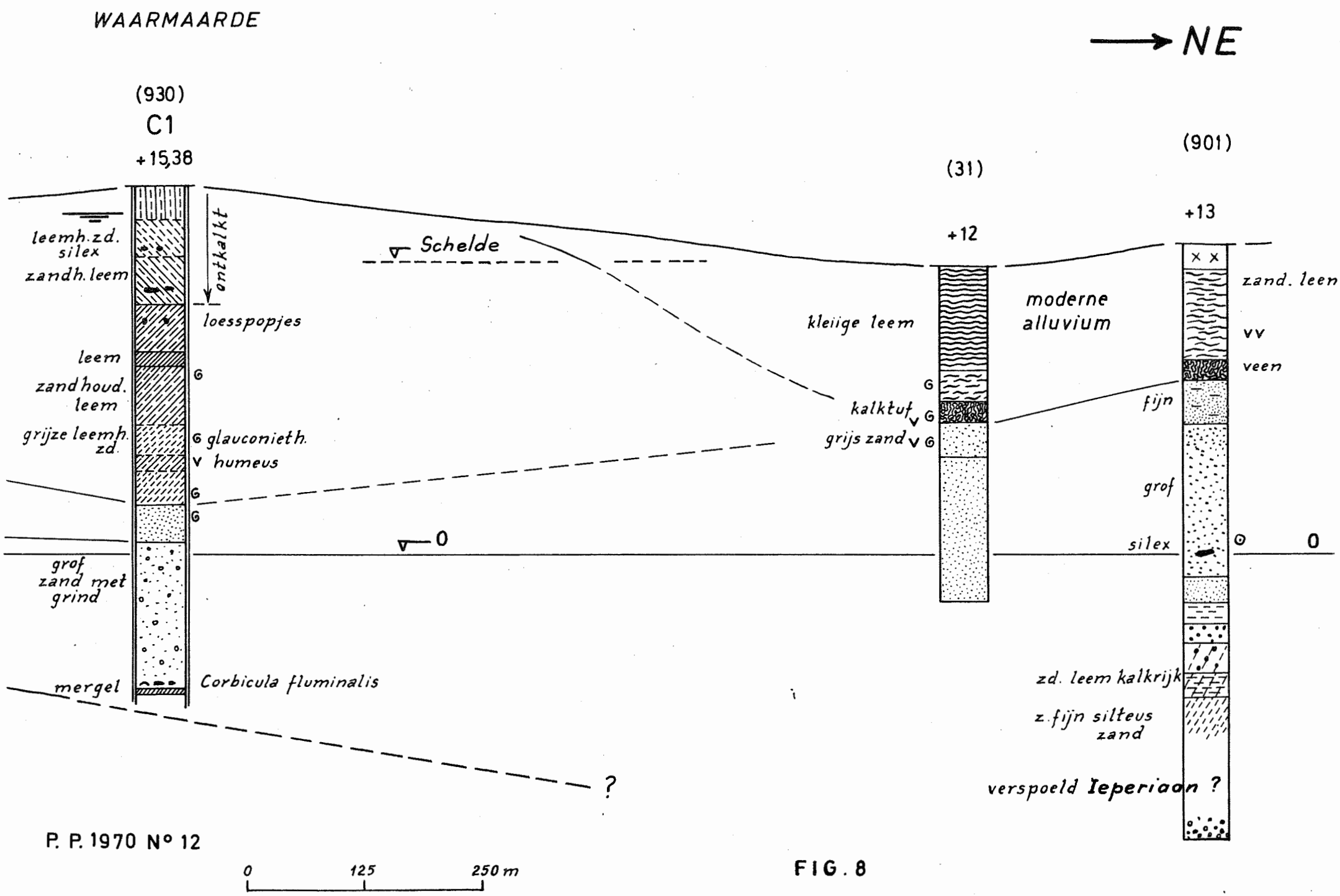
P. P. 1970 Nº 12

FIG. 6



P. P. 1970 № 12

FIG. 7



P. P. 1970 N° 12

0 125 250 m

FIG. 8

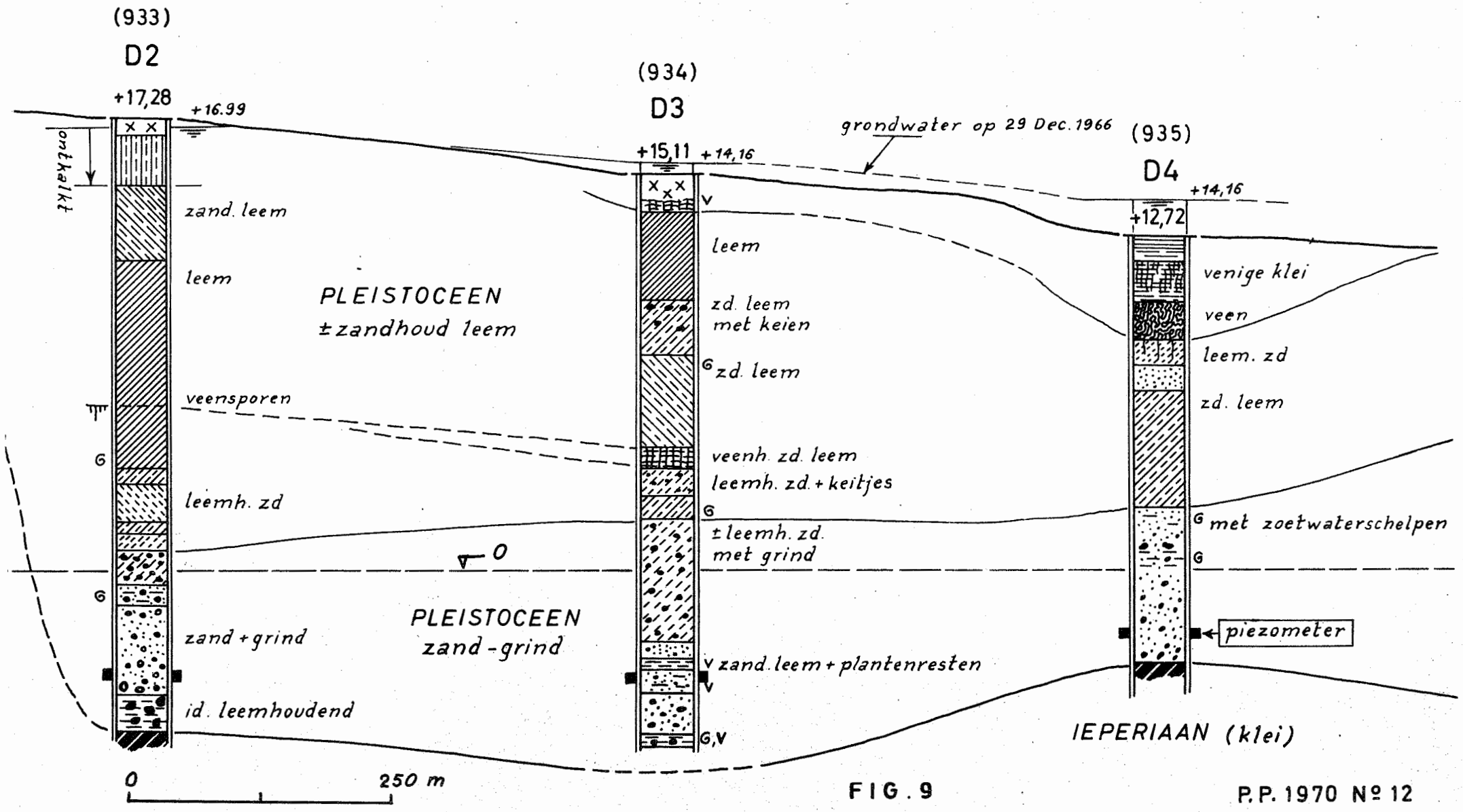

(933)
D2
+17,28
+16.99
ontkalkt
zand. leem
leem
PLEISTOCEEN
± zandhoud leem
veensporen
leemh. zd
0
PLEISTOCEEN
zand - grind
zand + grind
id. leemhoudend
(934)
D3
+15,11
+14,16
grondwater op 29 Dec. 1966
leem
zd. leem
met keien
zd. leem
veenh. zd. leem
leemh. zd. + keitjes
± leemh. zd.
met grind
zand. leem + plantenresten
(935)
D4
+14,16
+12,72
venige klei
veen
leem. zd
zd. leem
met zoetwaterschelpen
piezometer
IEPERIAAN (klei)
0
250 m

FIG. 9

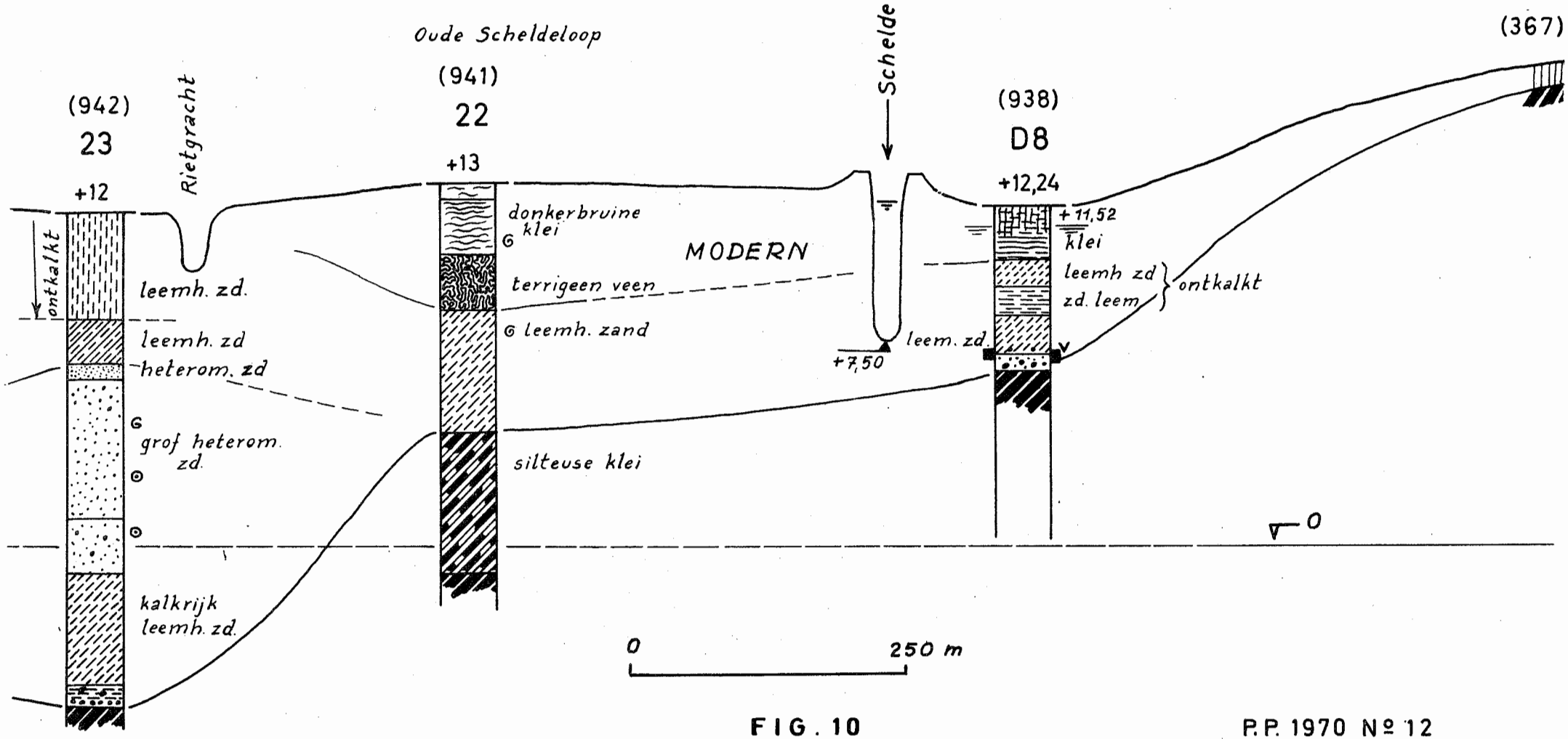
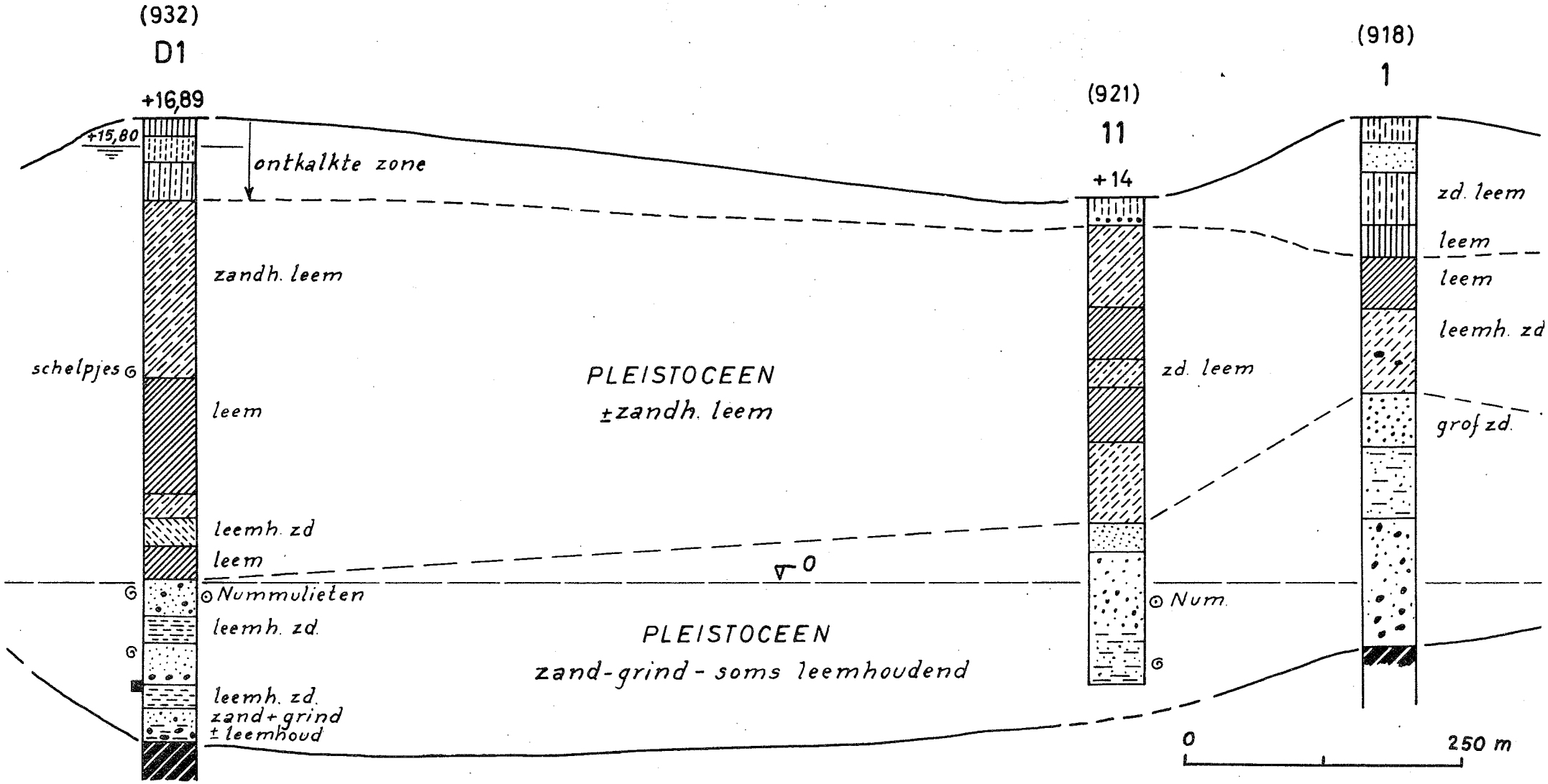
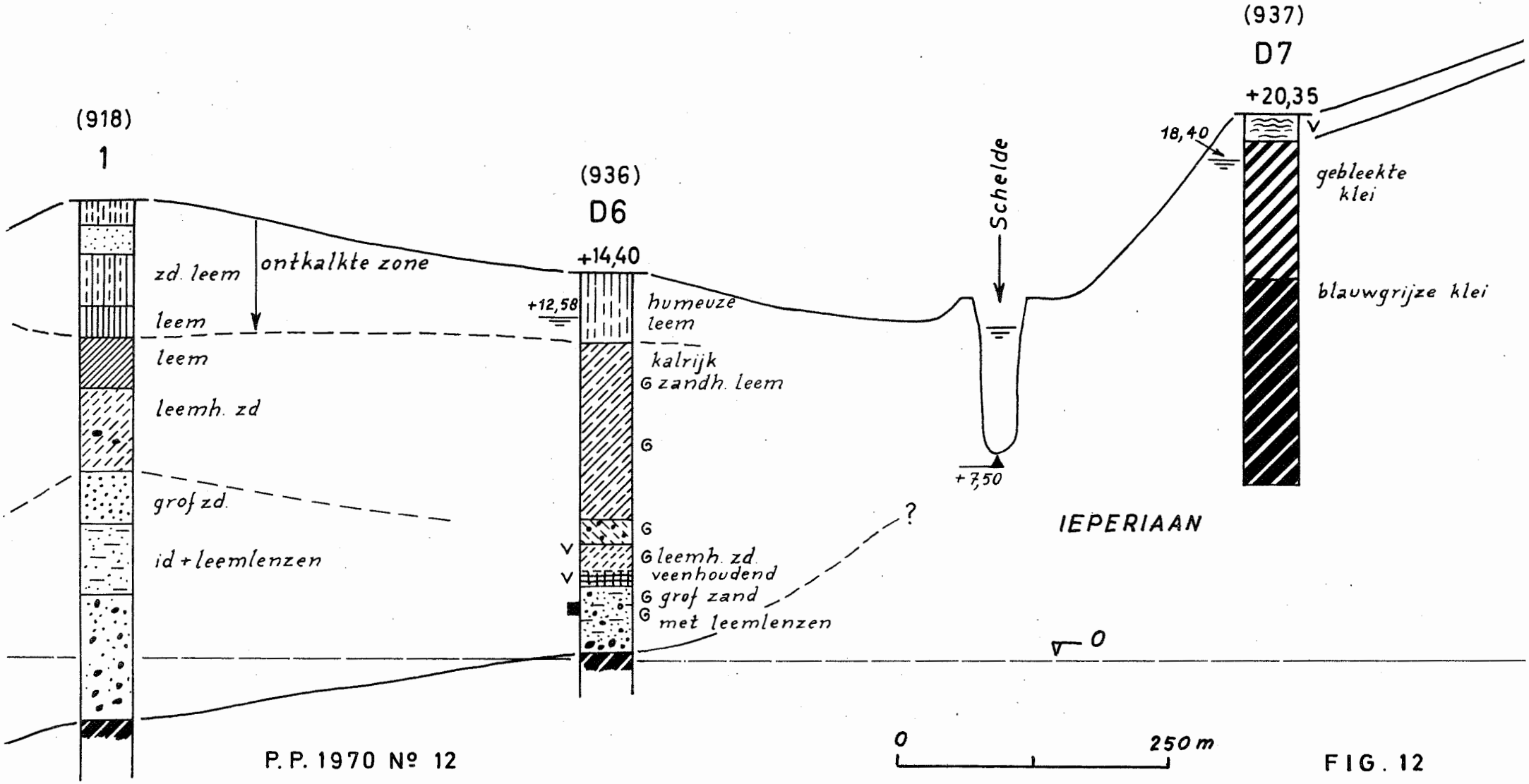

(942)
23
+12
ontkalkt
Rietgracht
leemh. zd.
leemh. zd
heterom. zd
grof heterom. zd.
kalkrijk leemh. zd.
Oude Scheldeloop
(941)
22
+13
donkerbruine klei
MODERN
terrigeen veen
leemh. zand
silteuse klei
Schelde
+7,50
leem. zd.
(938)
D8
+12,24
+11,52
klei
leemh zd
zd. leem
ontkalkt
(367)
0
0
250 m

FIG. 10



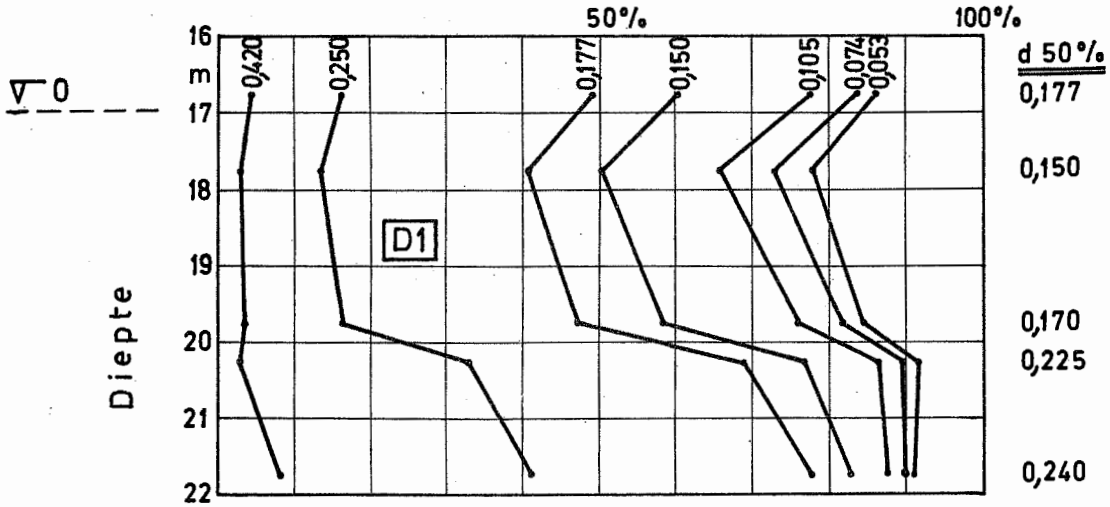
P. P. 1970 Nº 12

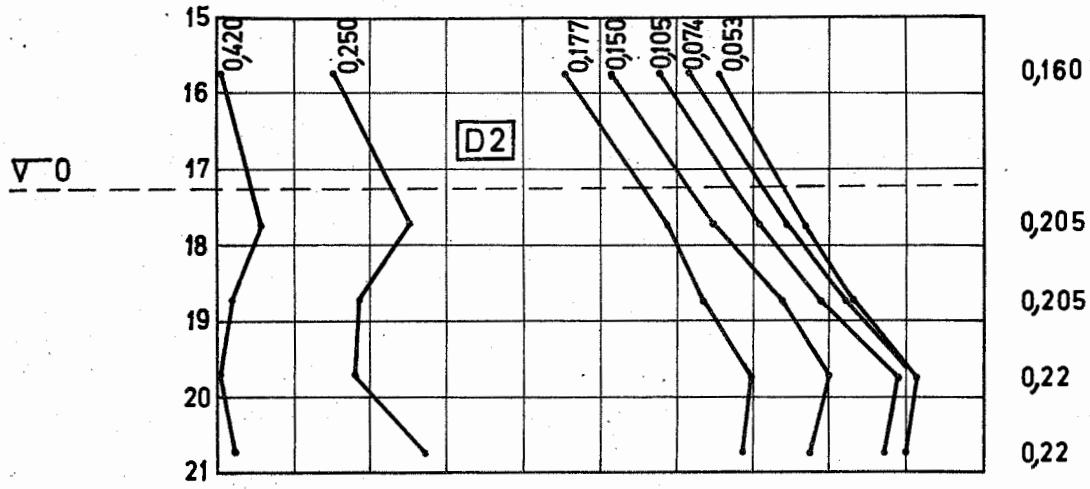
FIG. 11



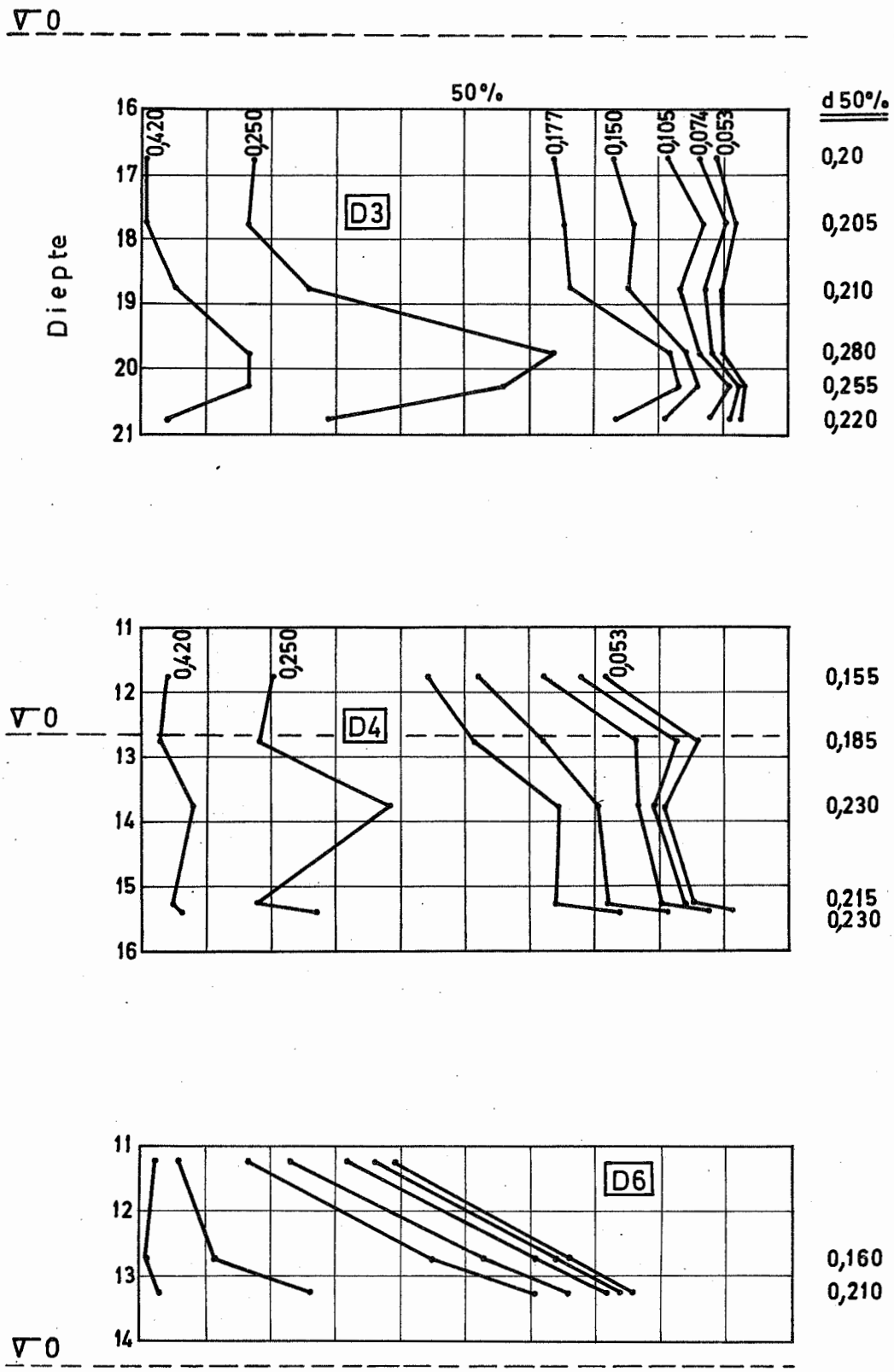
P. P. 1970 № 12

FIG. 12



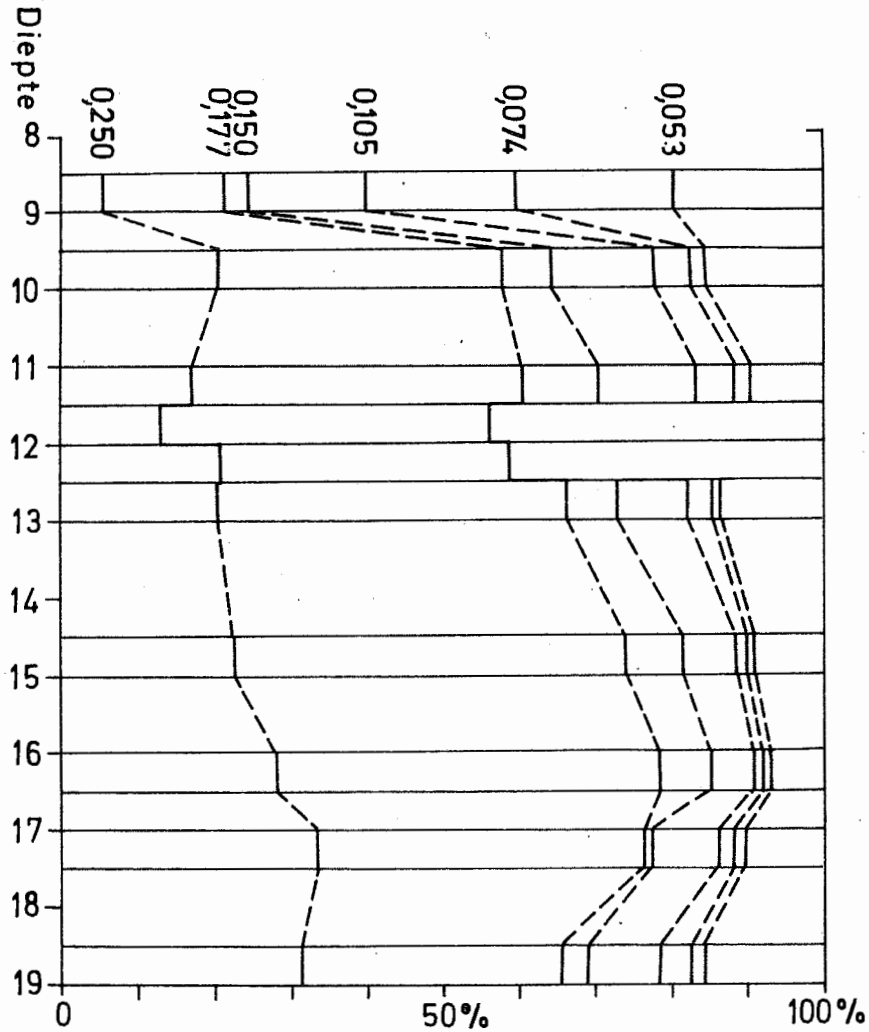


Korrelgrootte van het Pleistoceen grind



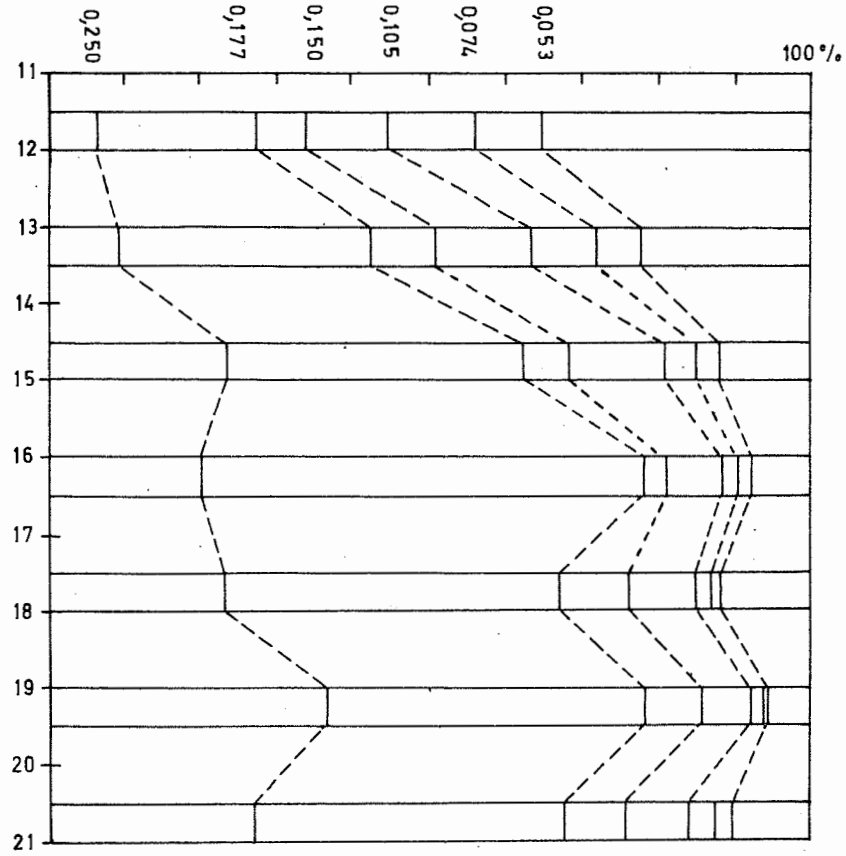
Korrelgrootte van het Pleistoceen grind

FIG. 14



Korrelverdeling in C_2

AVELGEM



KORRELGROOTTE VERDELING (C1)

WAARMAARDE

P.P. 1970 № 12

FIG. 15

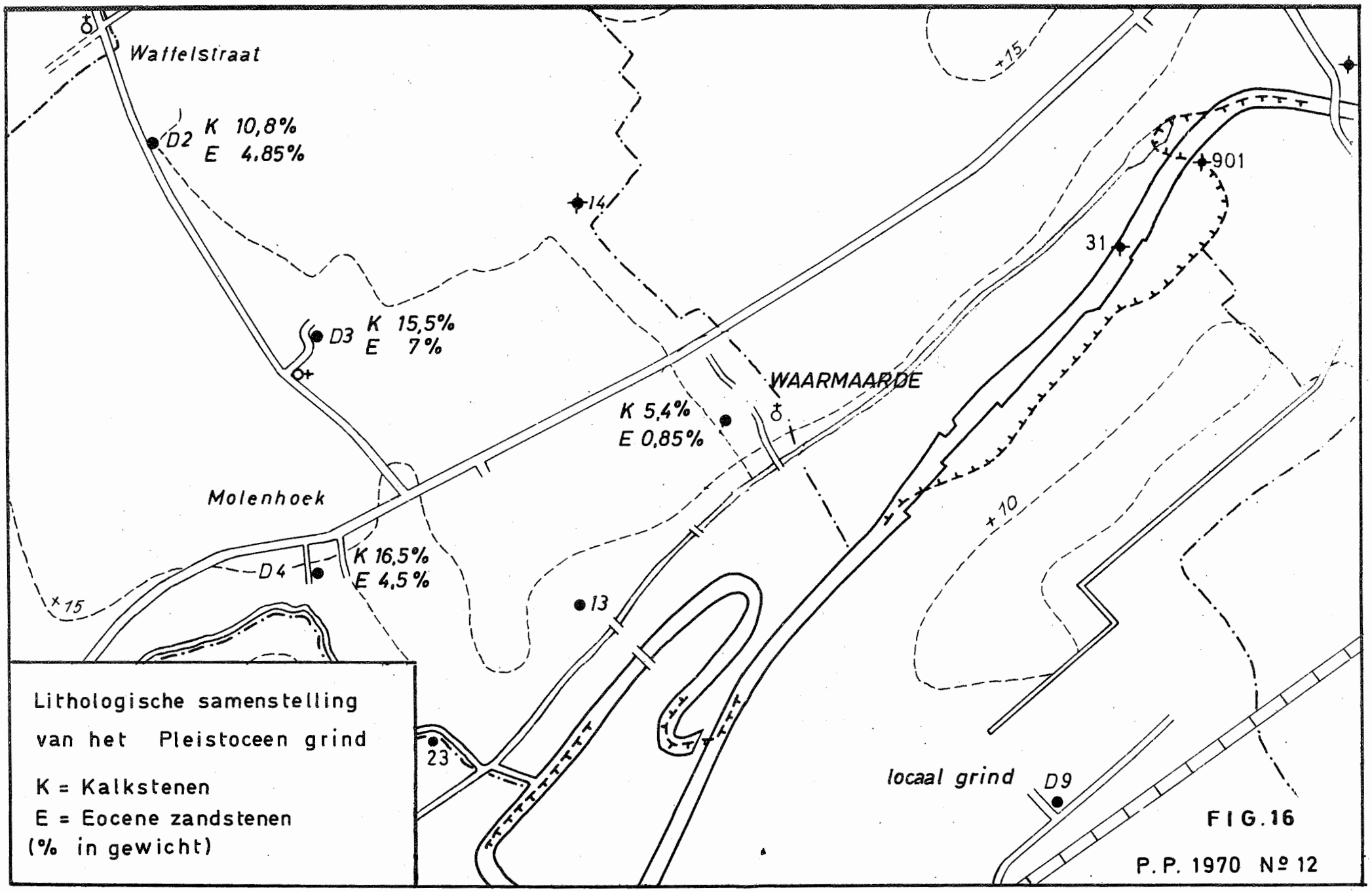
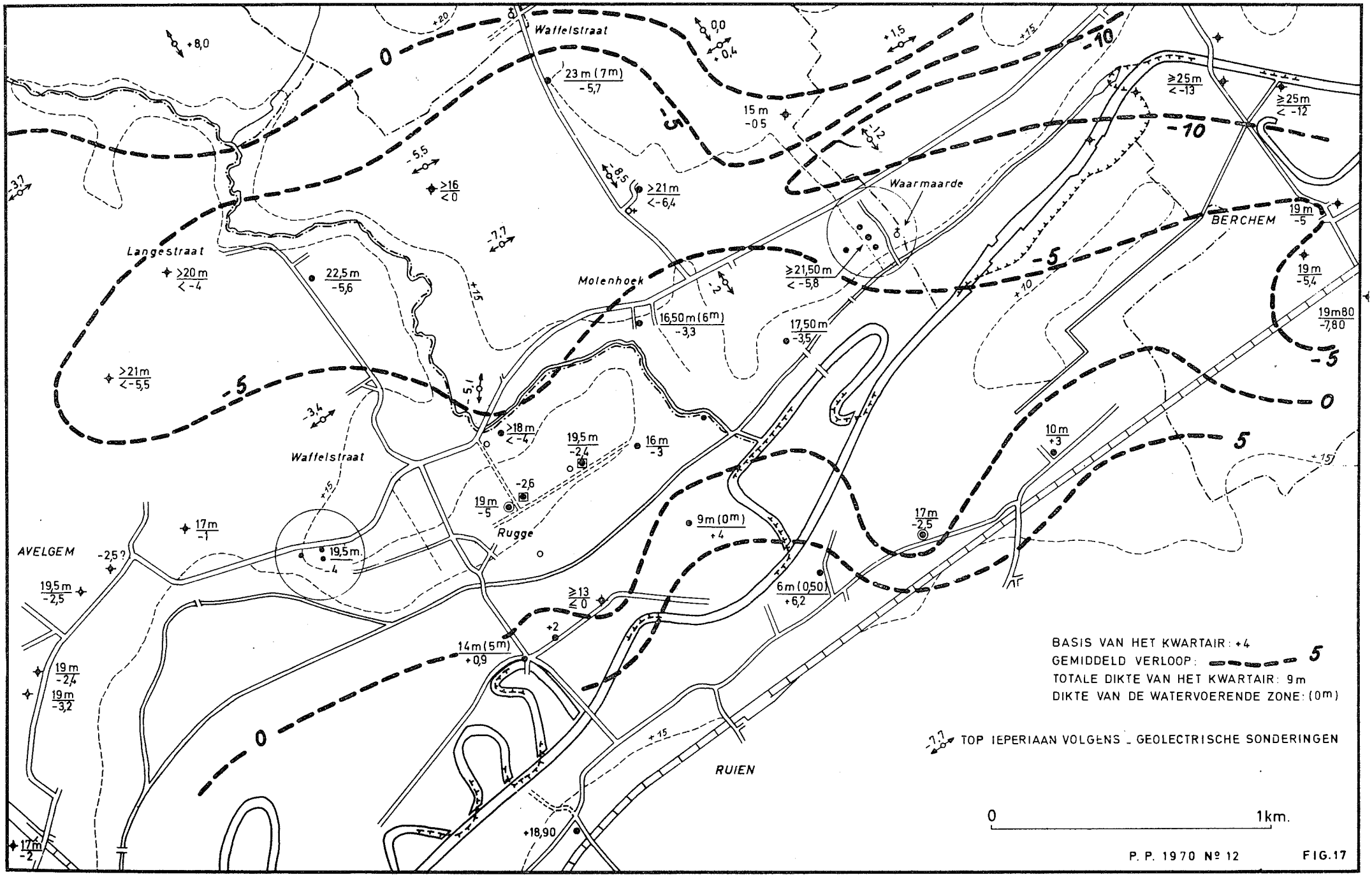
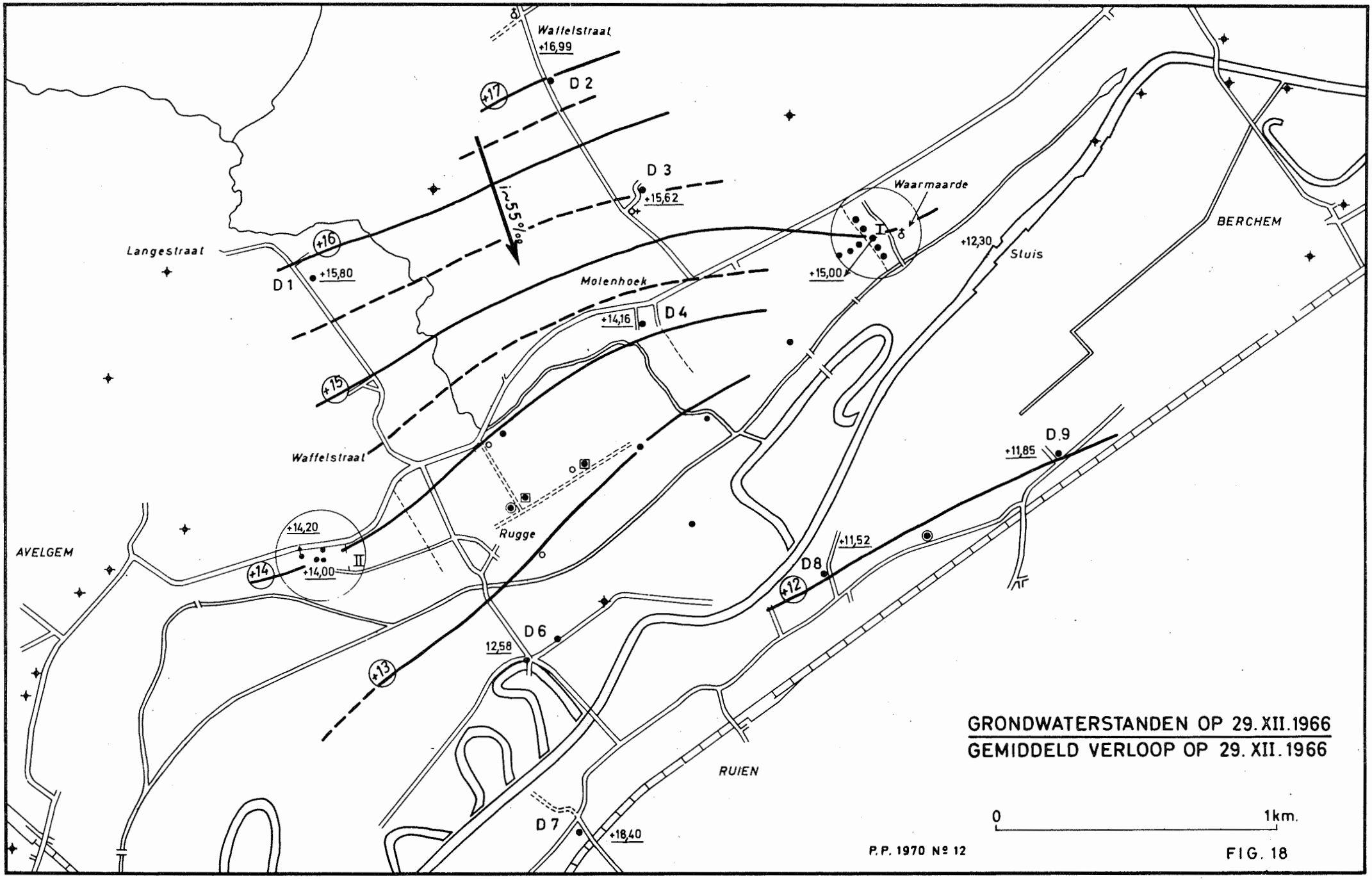


FIG. 16

P. P. 1970 Nº 12



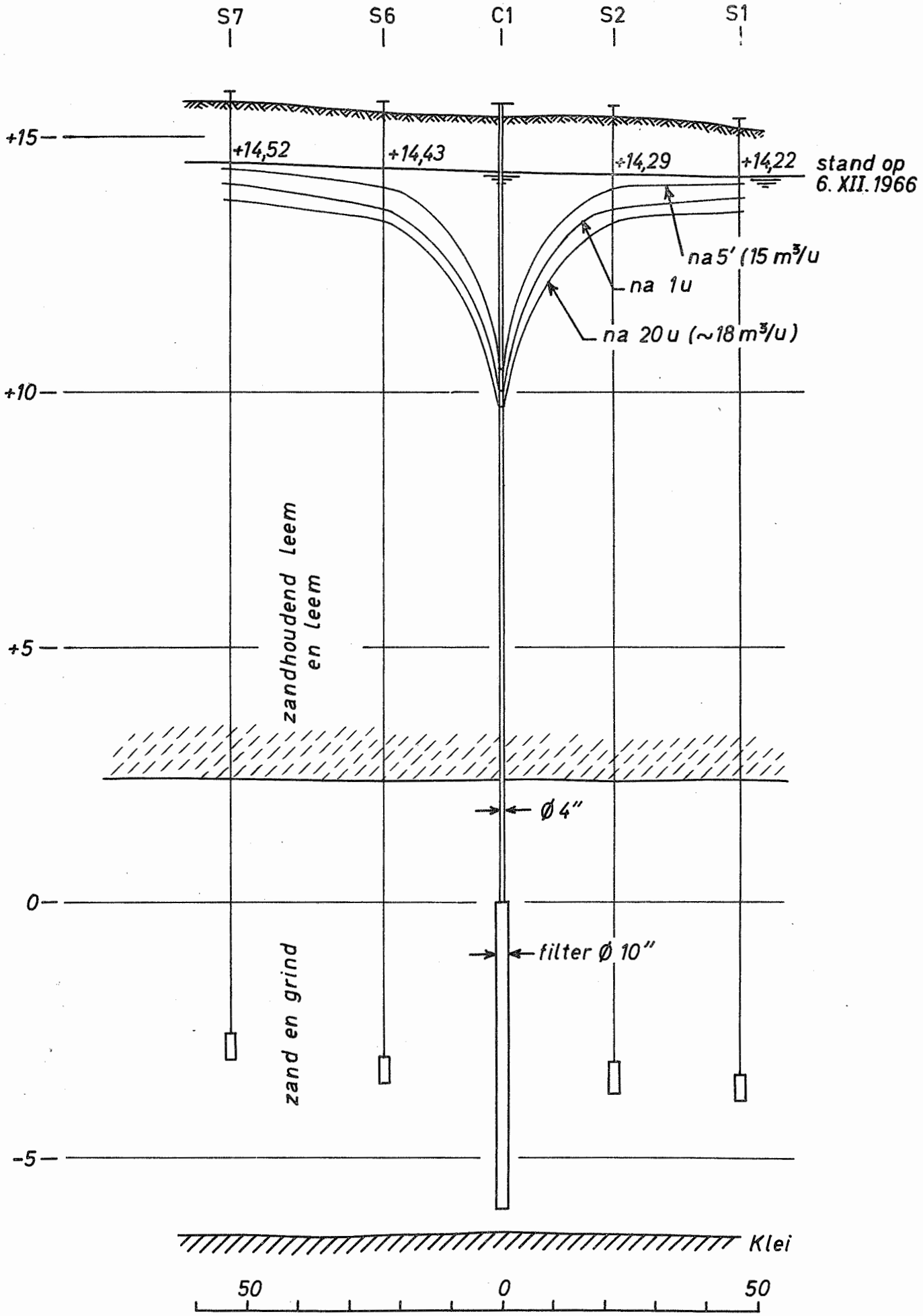
P. P. 1970 Nº 12 FIG.17



GRONDWATERSTANDEN OP 29. XII. 1966
GEMIDDELD VERLOOP OP 29. XII. 1966

P.P. 1970 Nº 12

FIG. 18



WAARMAARDE

FIG. 19

P.P. 1970 №12

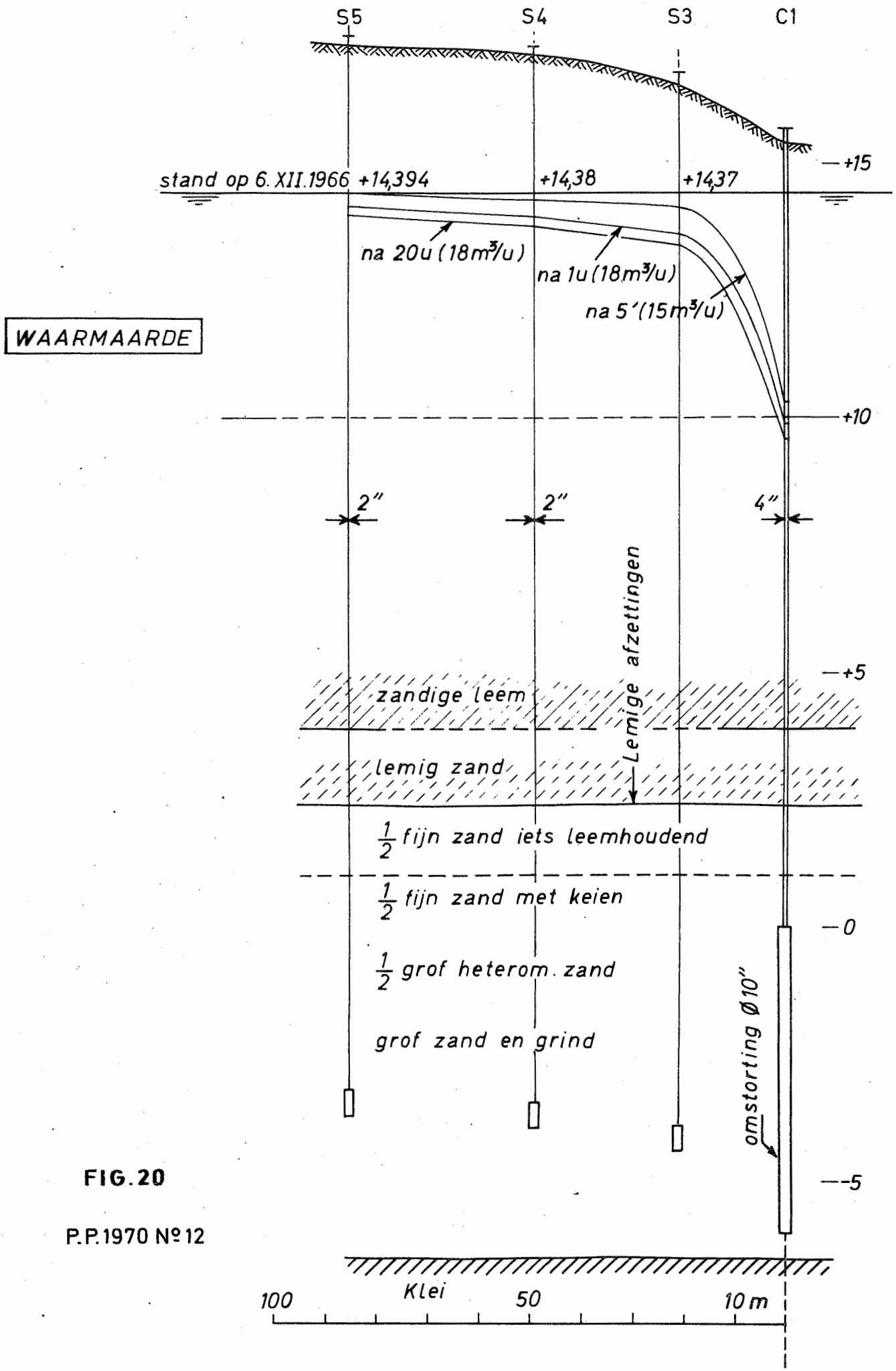


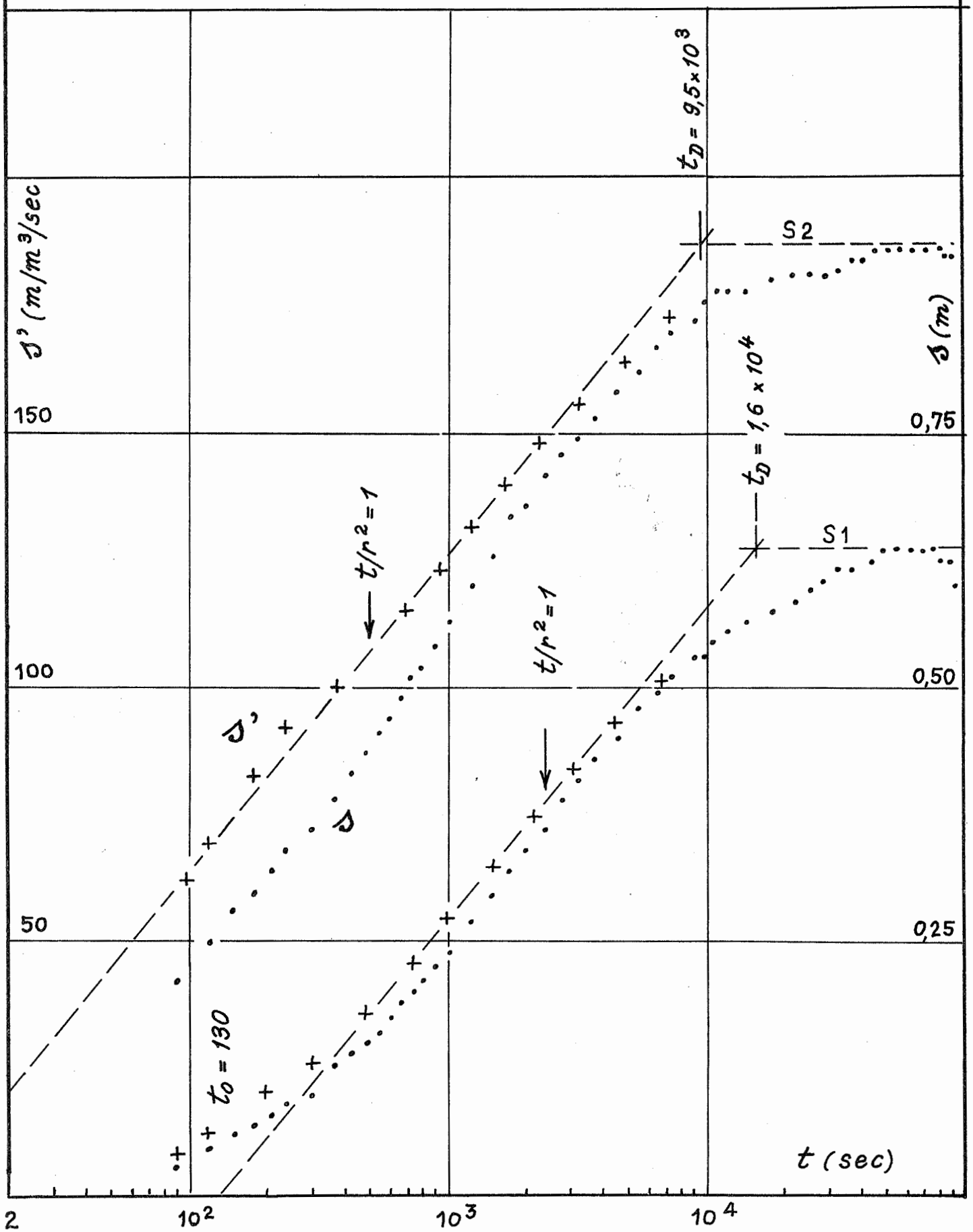
FIG. 20

P.P. 1970 Nº 12

WAARMAARDE Afpompingskrommen

FIG. 21

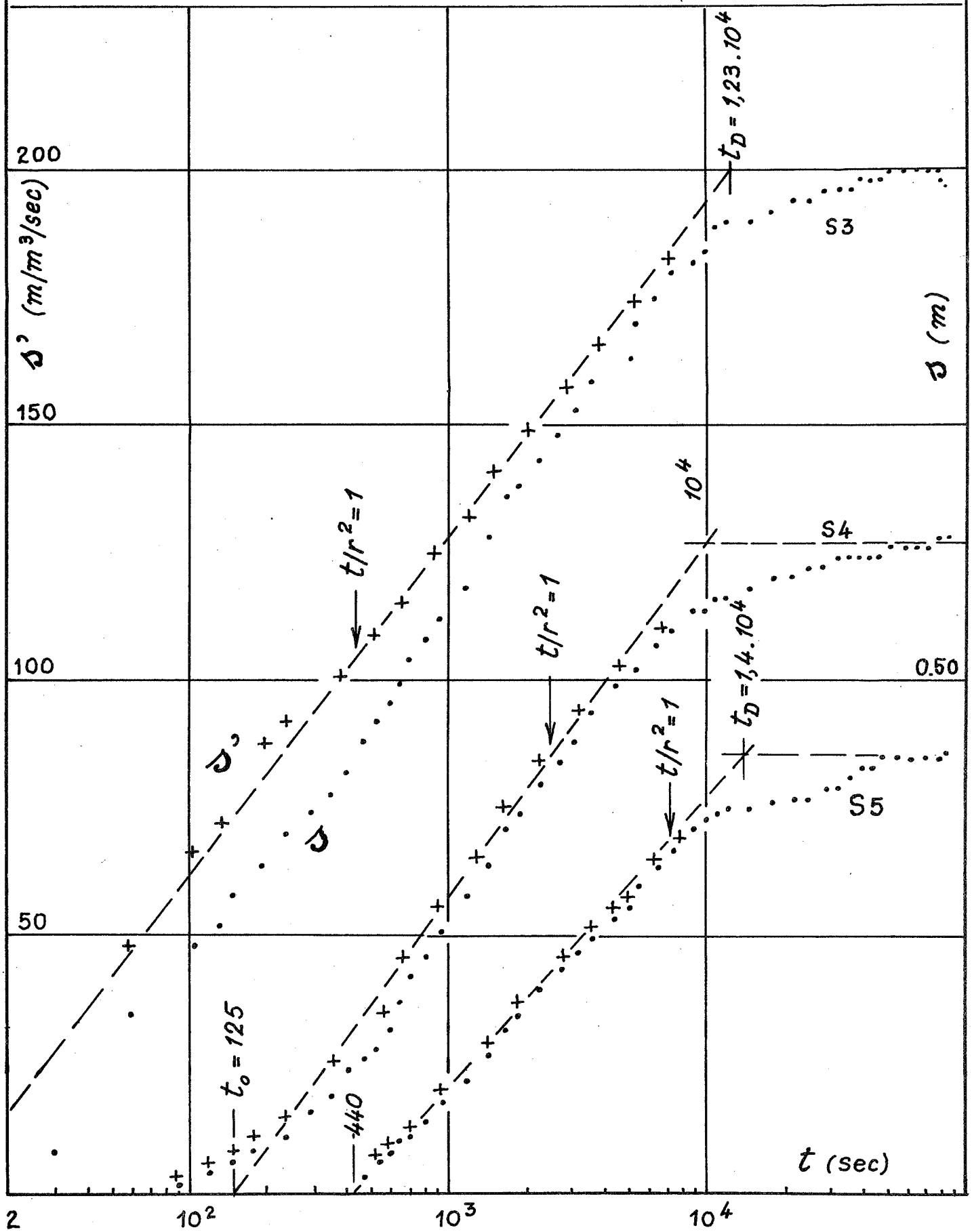
P.P. 1970 № 12



WAARMAARDE Afpompingskrommen

FIG. 22

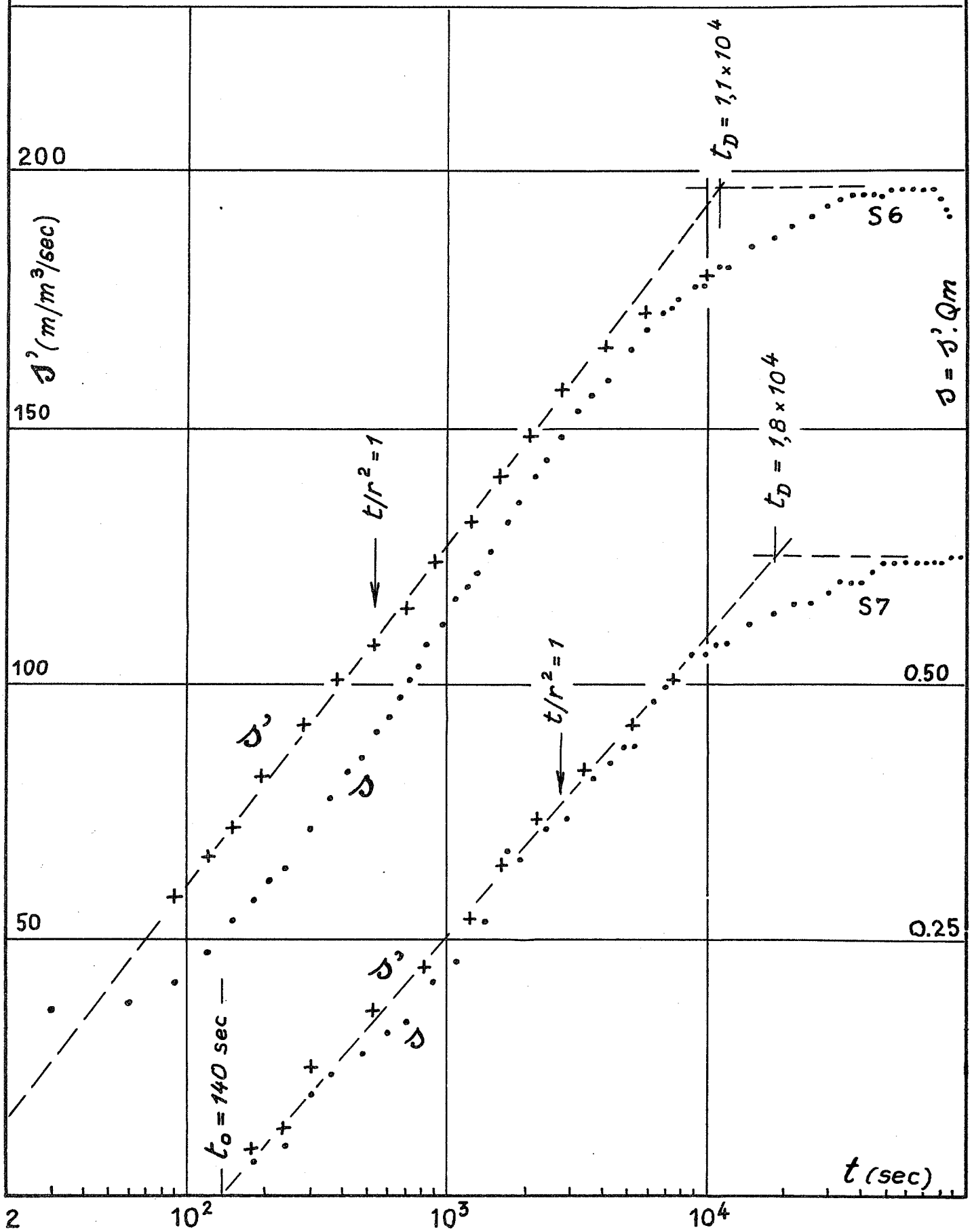
P. P. 1970 № 12



WAARMAARDE Afpompingskrommen

FIG. 23

P. P. 1970 № 12



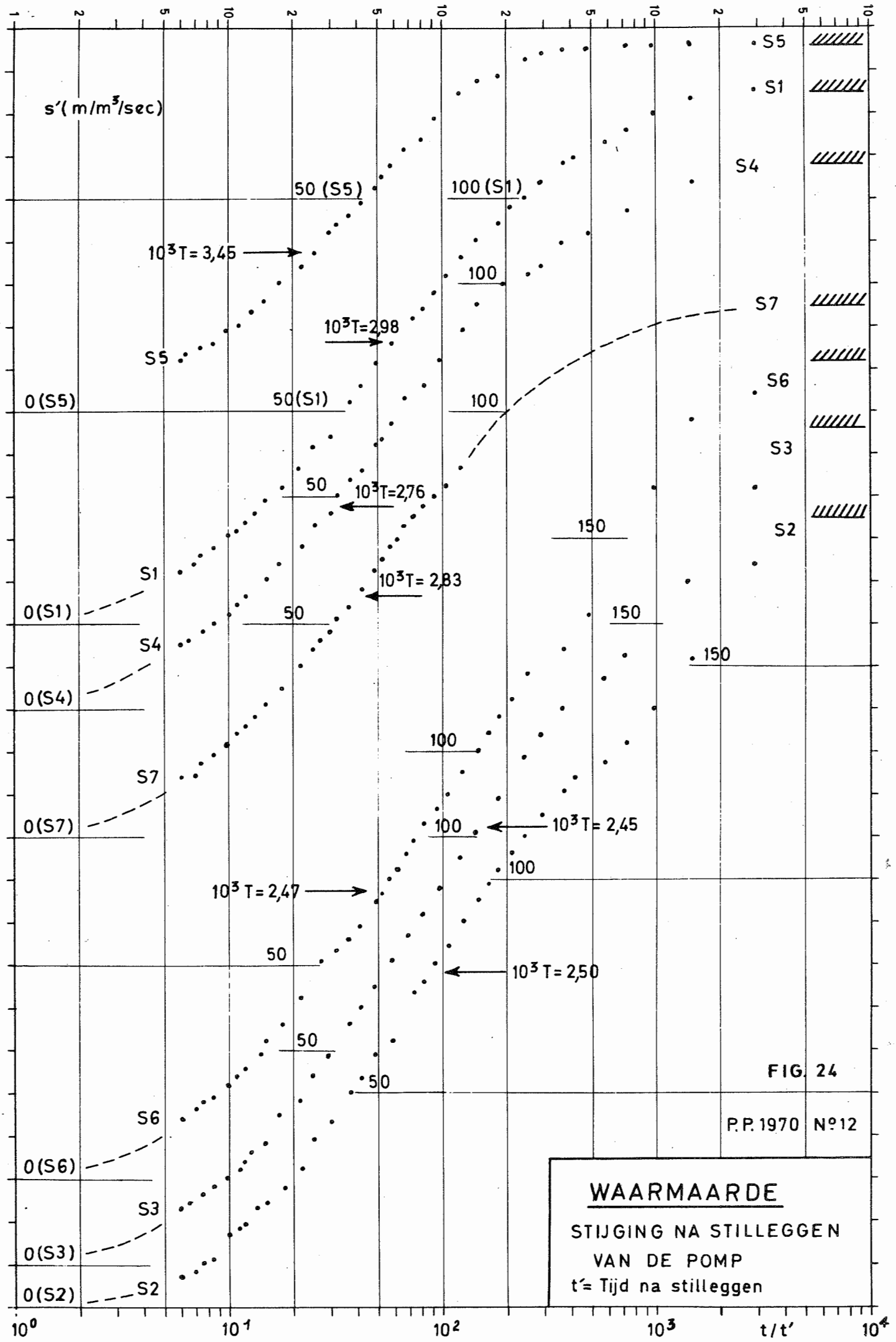


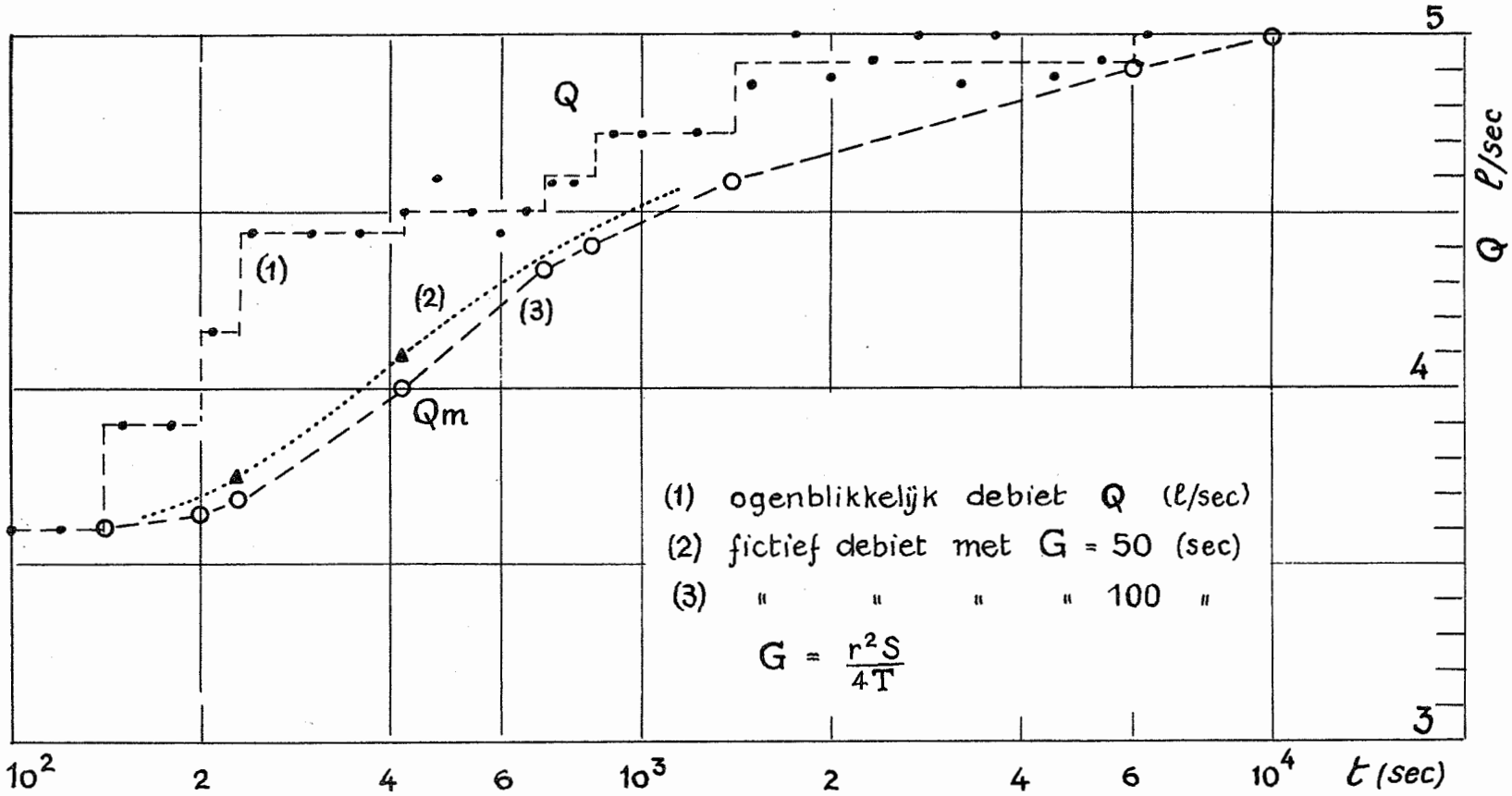
FIG. 24

P.P. 1970 Nº12

WAARMAARDE

STIJGING NA STILLEGGEN VAN DE POMP

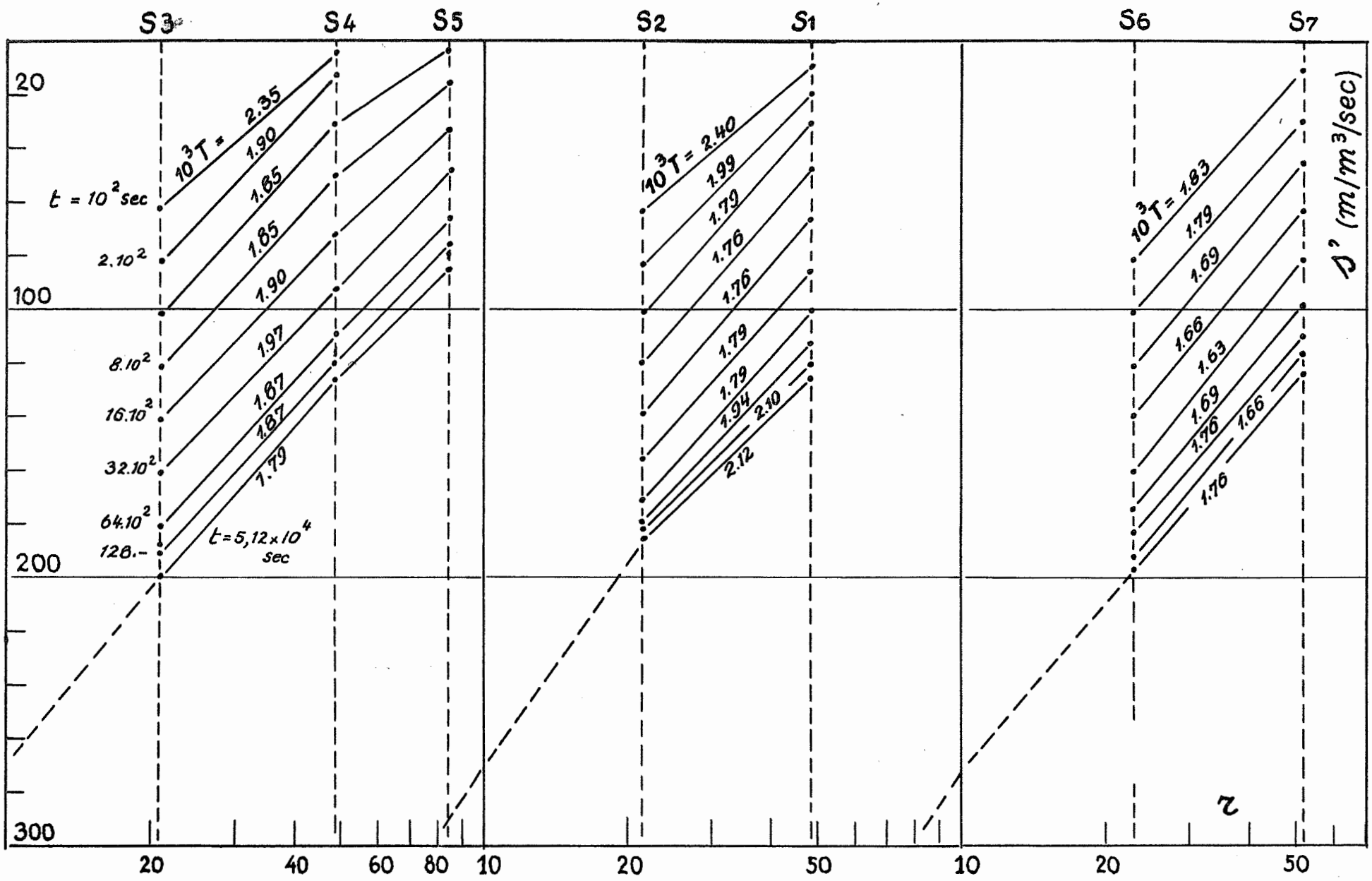
t'= Tijd na stilleggen



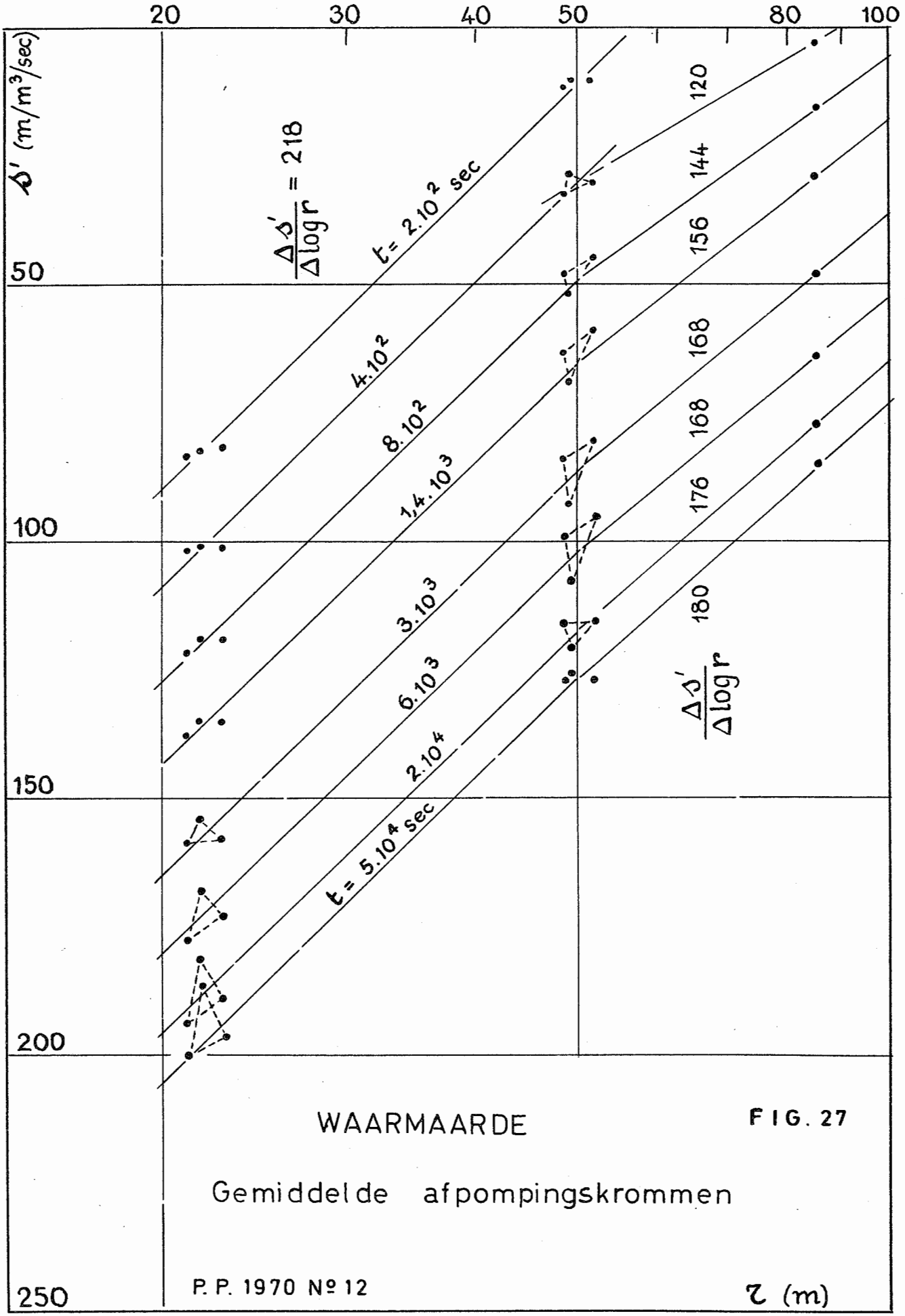
WAARMAARDE - Debieten

P.P. 1970 Nº 12

FIG. 25



WAARMAARDE Afpomping s'/log r P.P. 1970 Nº12 FIG. 26

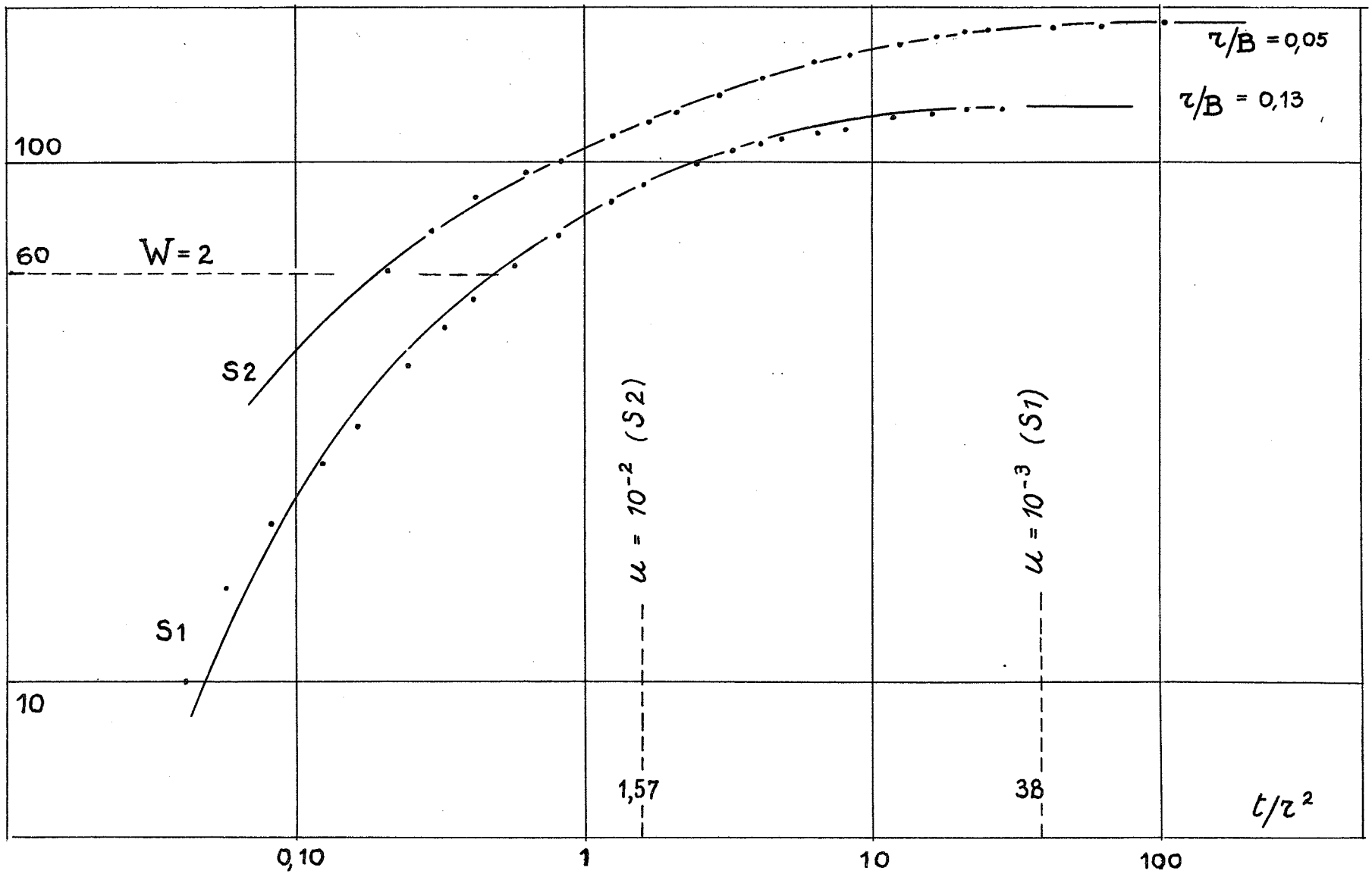


WAARMAARDE

FIG. 27

Gemiddelde afpompingskrommen

P. P. 1970 № 12



P.P. 1970 Nº 12

WAARMAARDE Afpomping volgens Hantusch

FIG. 28

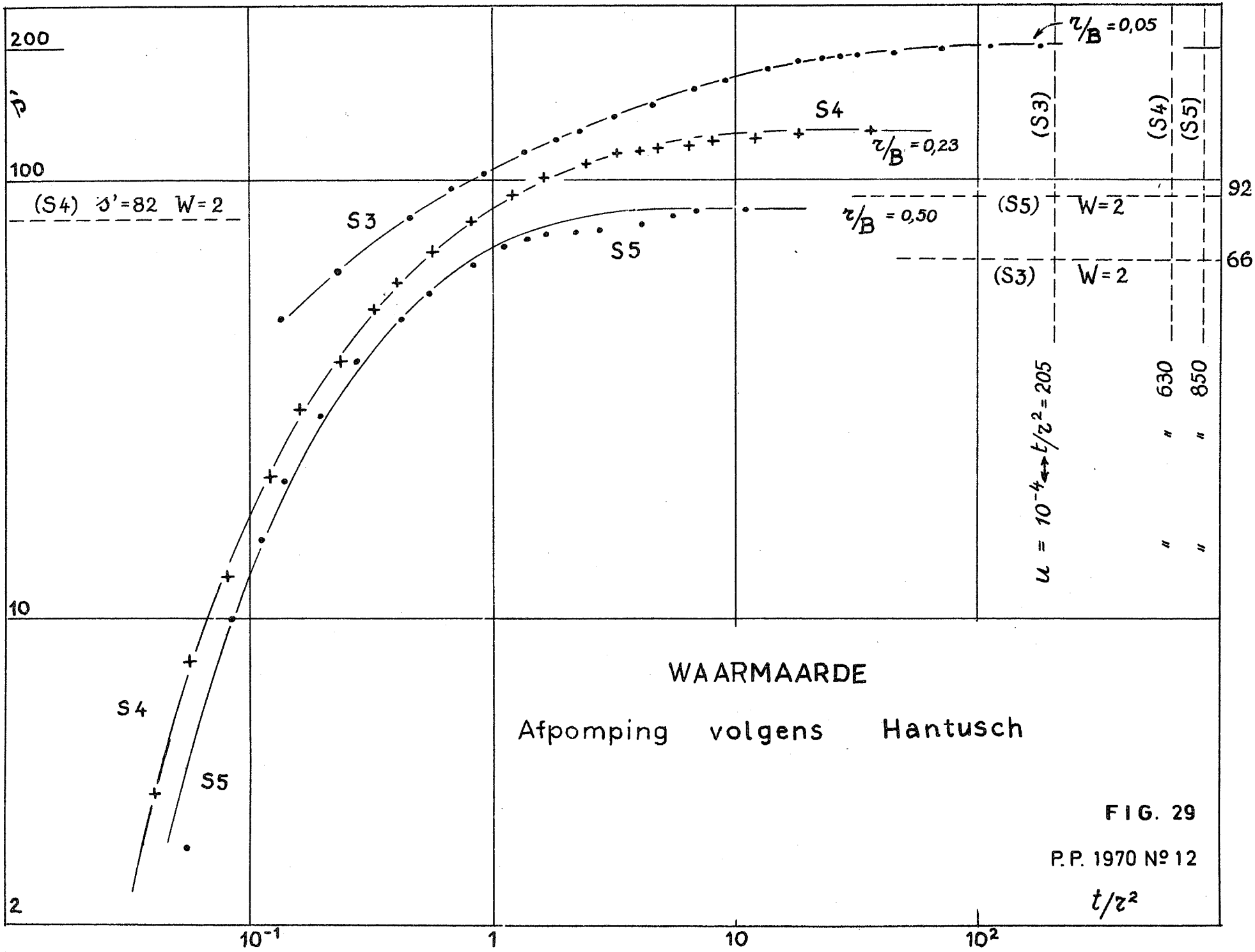


FIG. 29

P.P. 1970 Nº 12

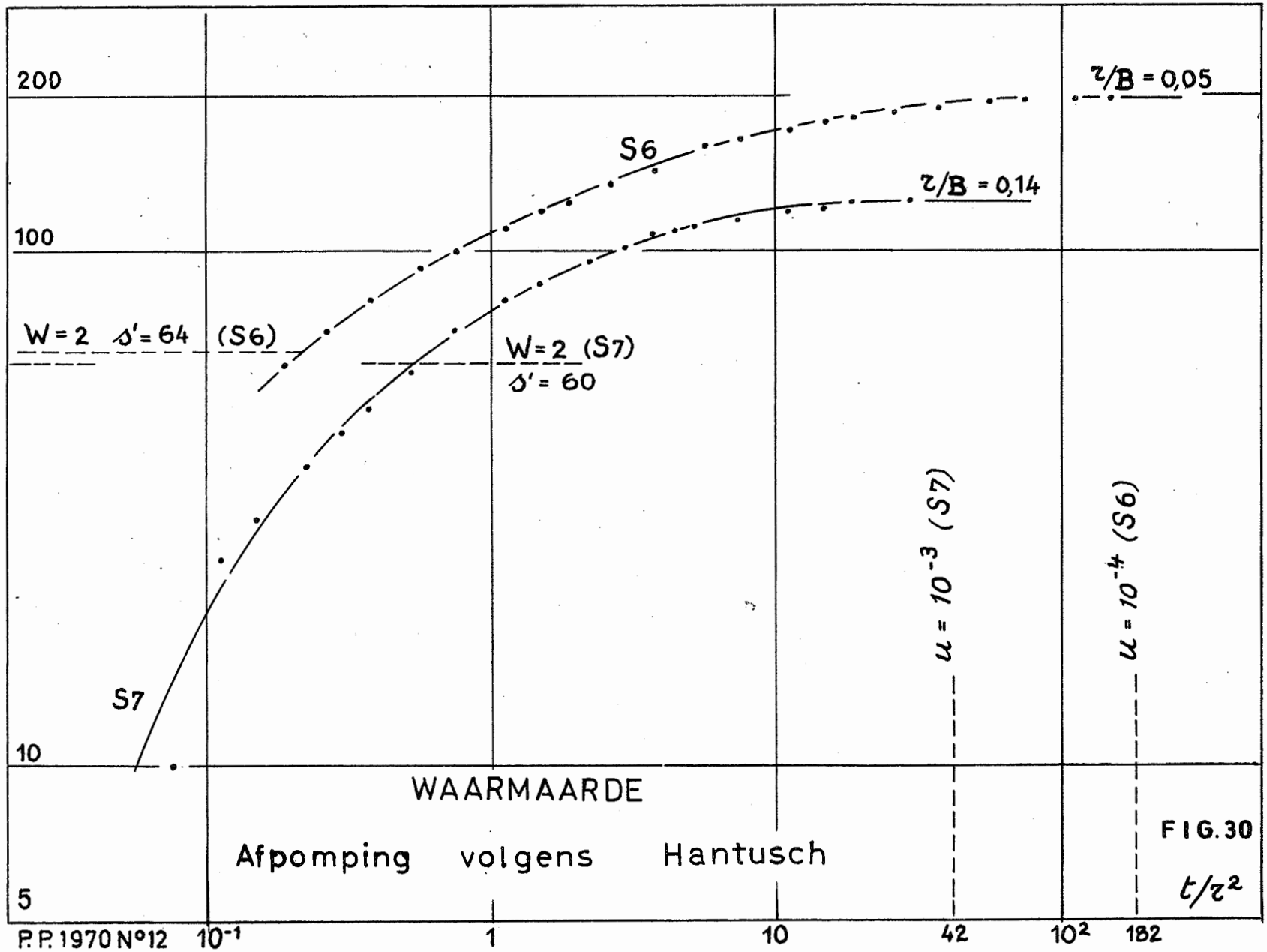
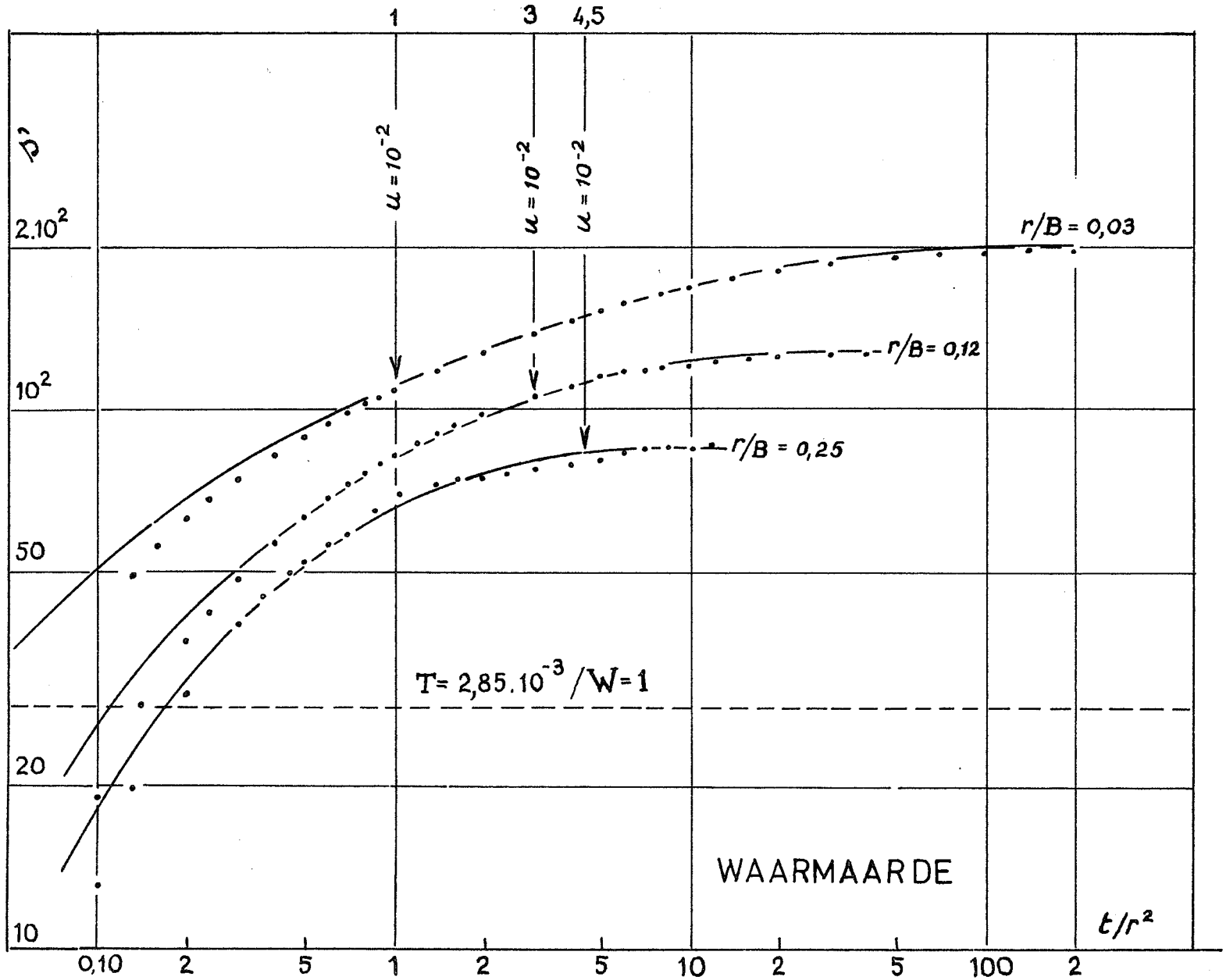
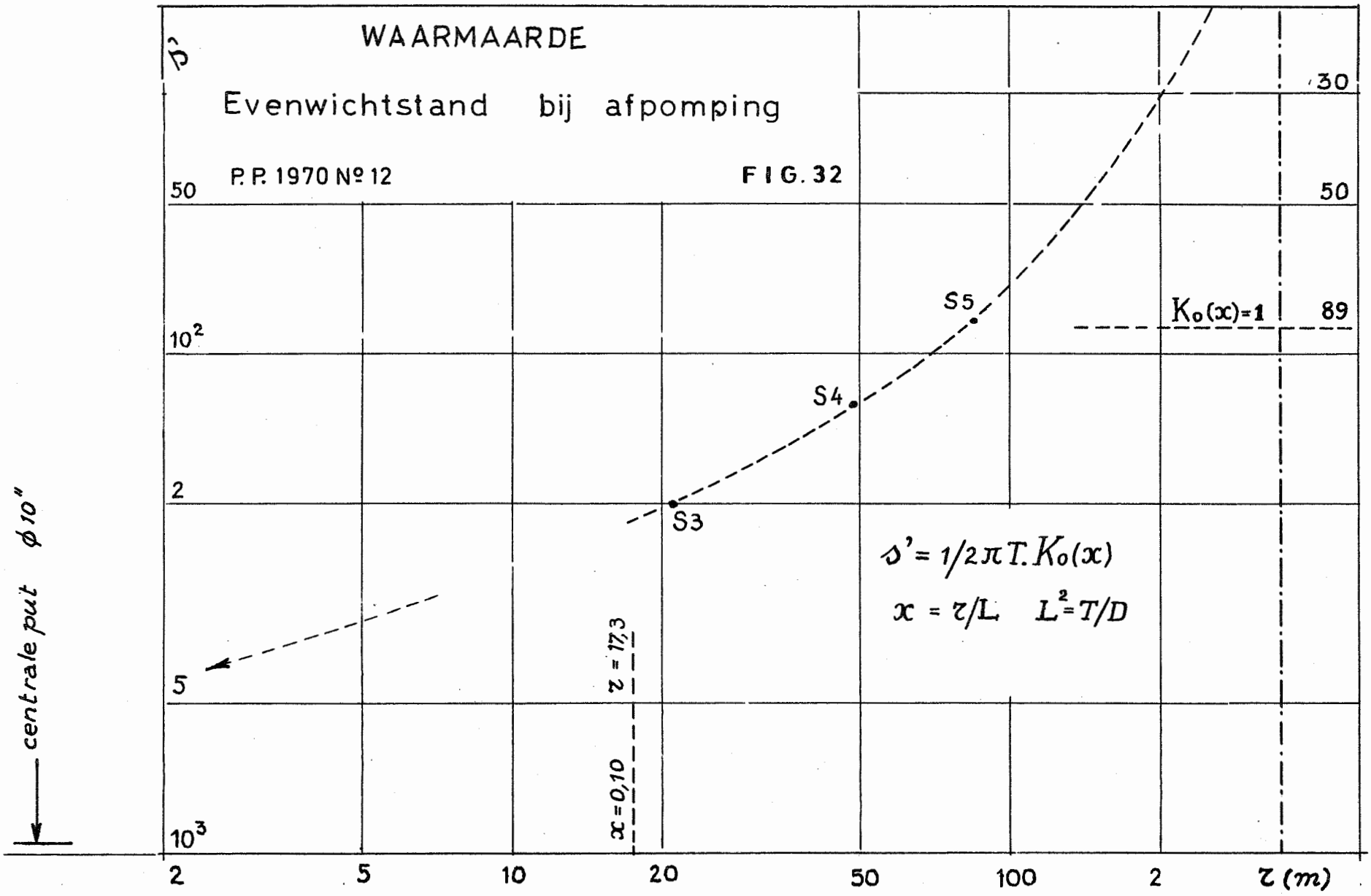

200
100
10
5
r/B = 0,05
r/B = 0,14
S6
S7
W = 2 s' = 64 (S6)
W = 2 (S7)
s' = 60
u = 10^-3 (S7)
u = 10^-4 (S6)
WAARMAARDE
Afpomping volgens Hantusch
t/r²
10^-1
1
10
42
10^2
182

FIG. 30



Afpomping volgens Hantusch - Gemid. verloop P.P.1970 Nº12 FIG. 31


WAARMAARDE
Evenwichtstand bij afpomping
P.P. 1970 Nº 12
FIG. 32
s
50
10²
2
5
10³
30
50
89
S5
S4
S3
K₀(x)=1
s' = 1/2πT.K₀(x)
x = r/L L² = T/D
r = 17,3
x = 0,10
centrale put ϕ 10"
2
5
10
20
50
100
2
r (m)

WAARMAARDE

FIG. 33

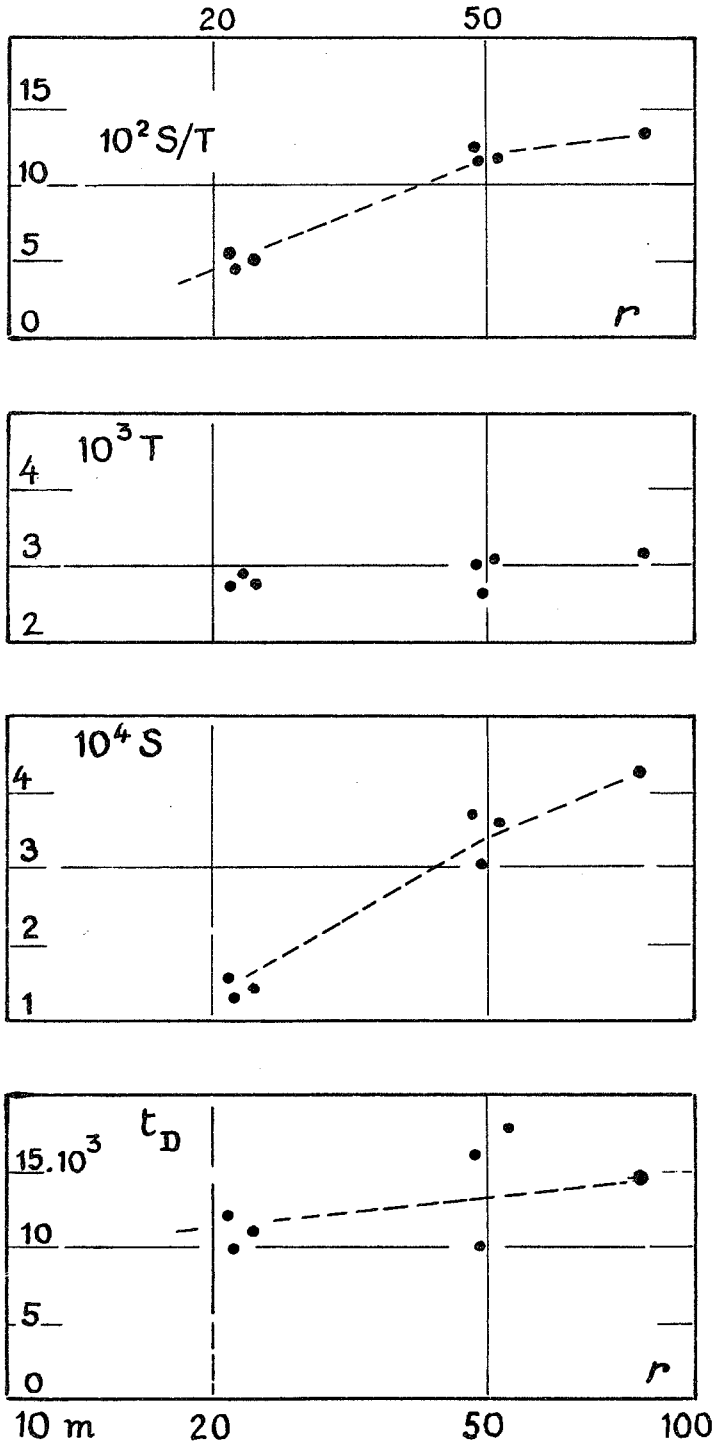
P.P. 1970 №12

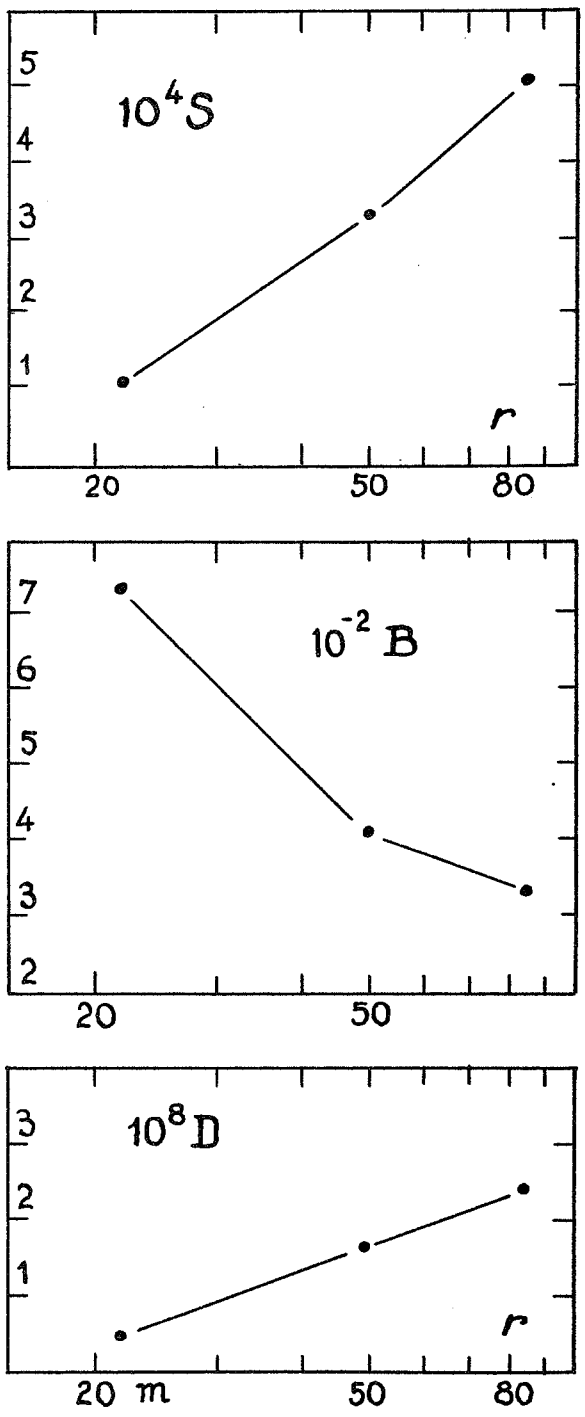
Invloed van r op de parameters

volgens ***Theis***

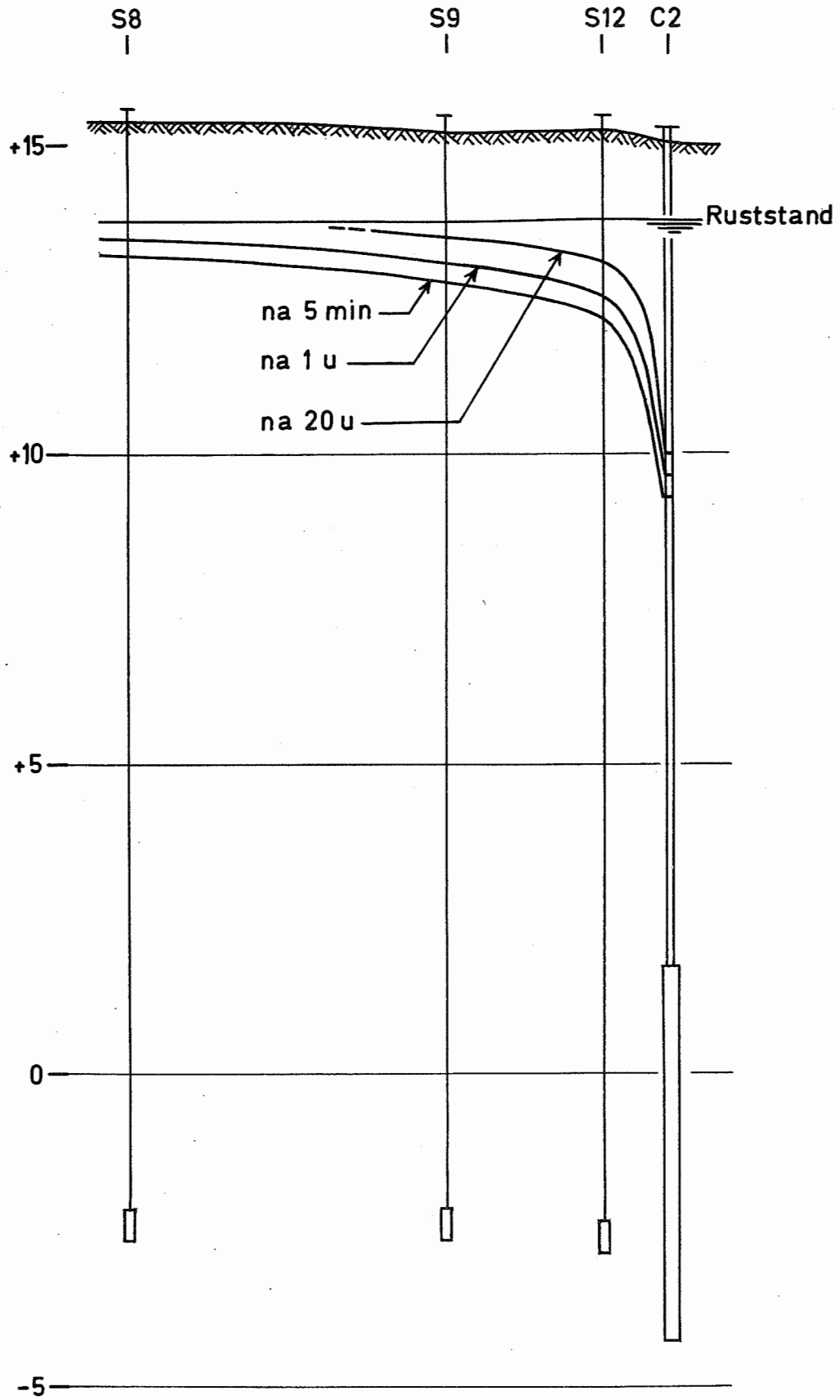
volgens ***Hantusch***

gemiddelde waarden
met $10^3T = 2{,}85$





AVELGEM

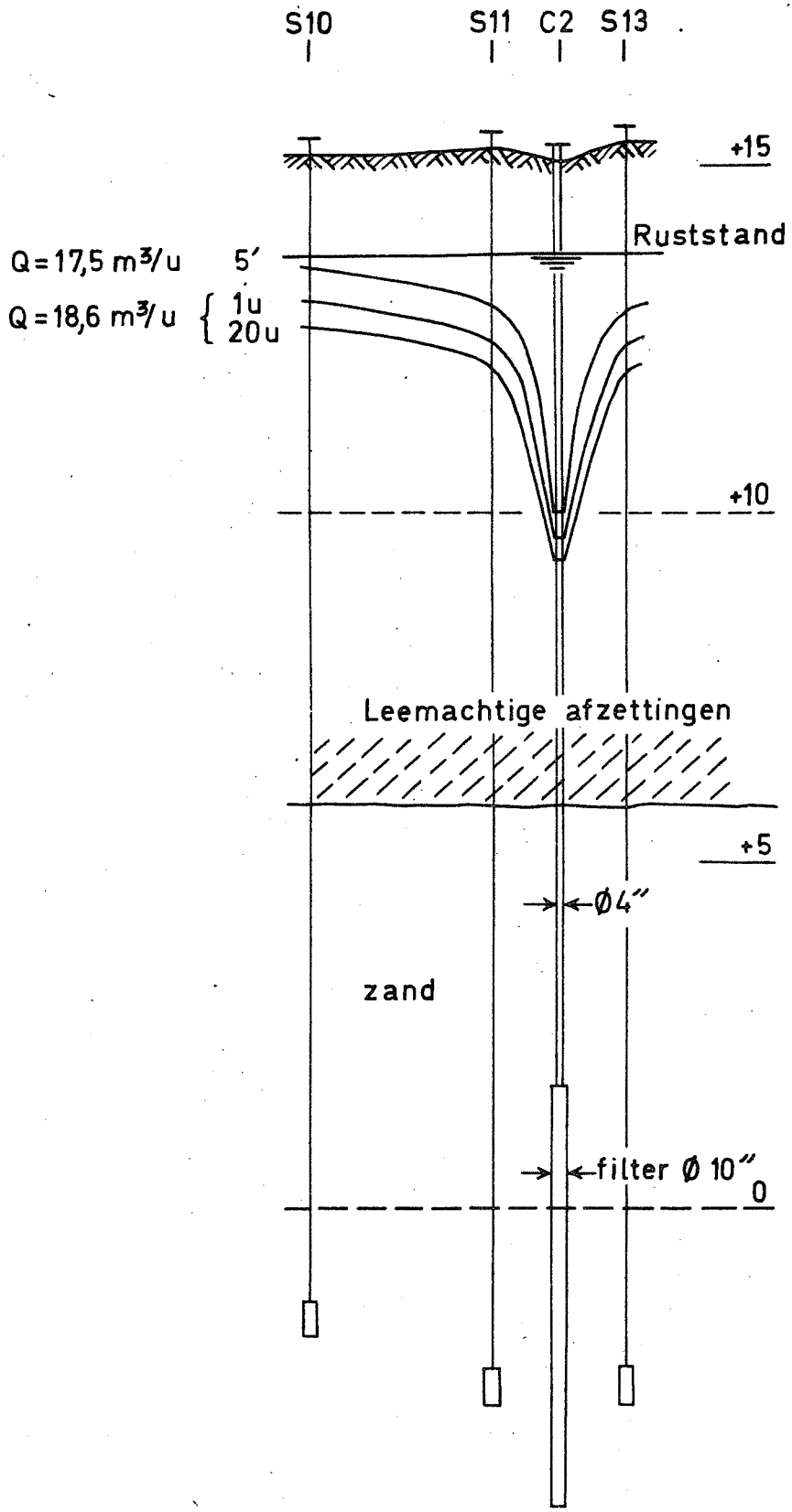


P.P. 1970 Nº 12

FIG. 34

100 m 50 m 0

AVELGEM



P.P. 1970 Nº 12

FIG.35

40 30 20 10 0 10 20m

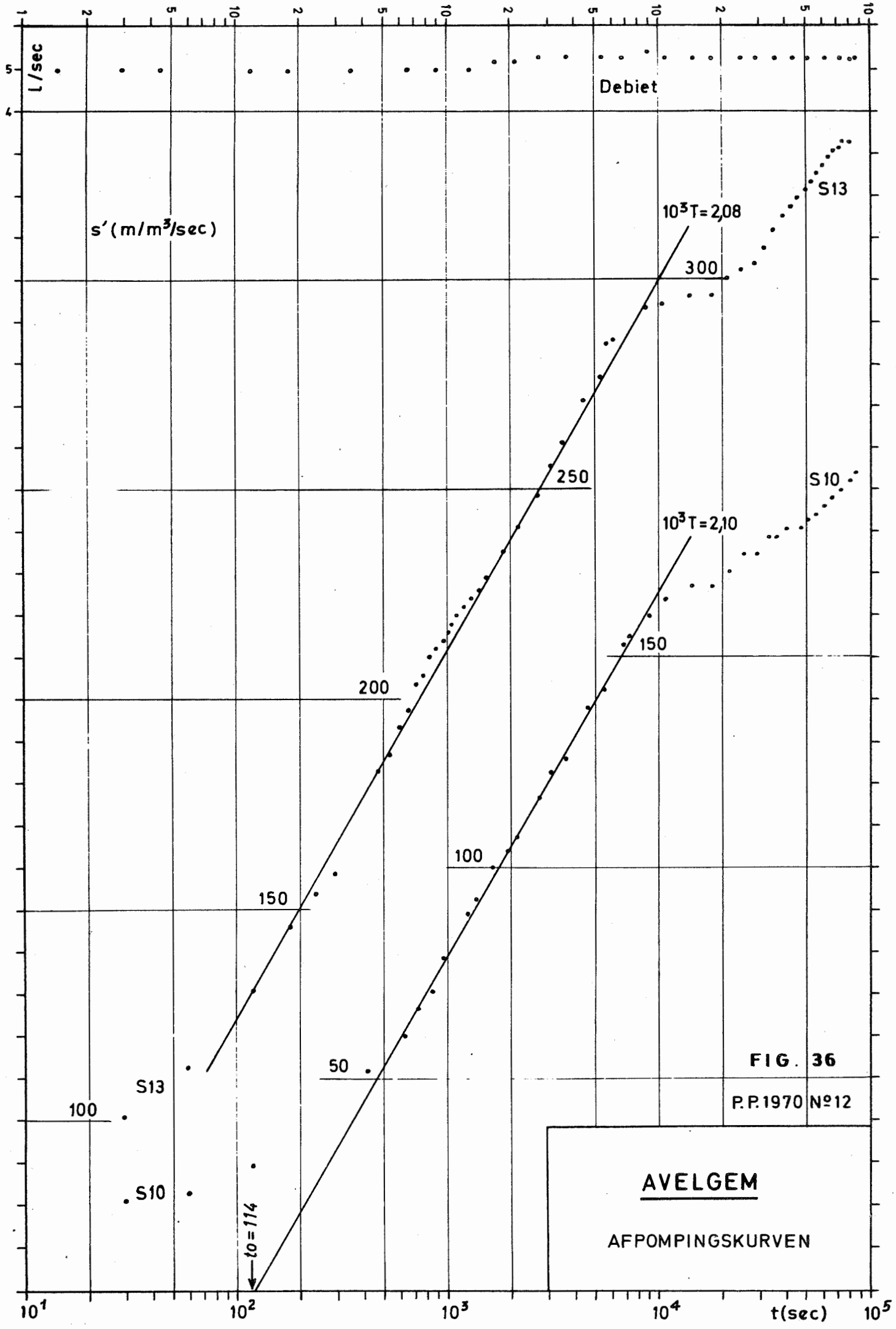


FIG. 36

P.P.1970 Nº12

AVELGEM

AFPOMPINGSKURVEN

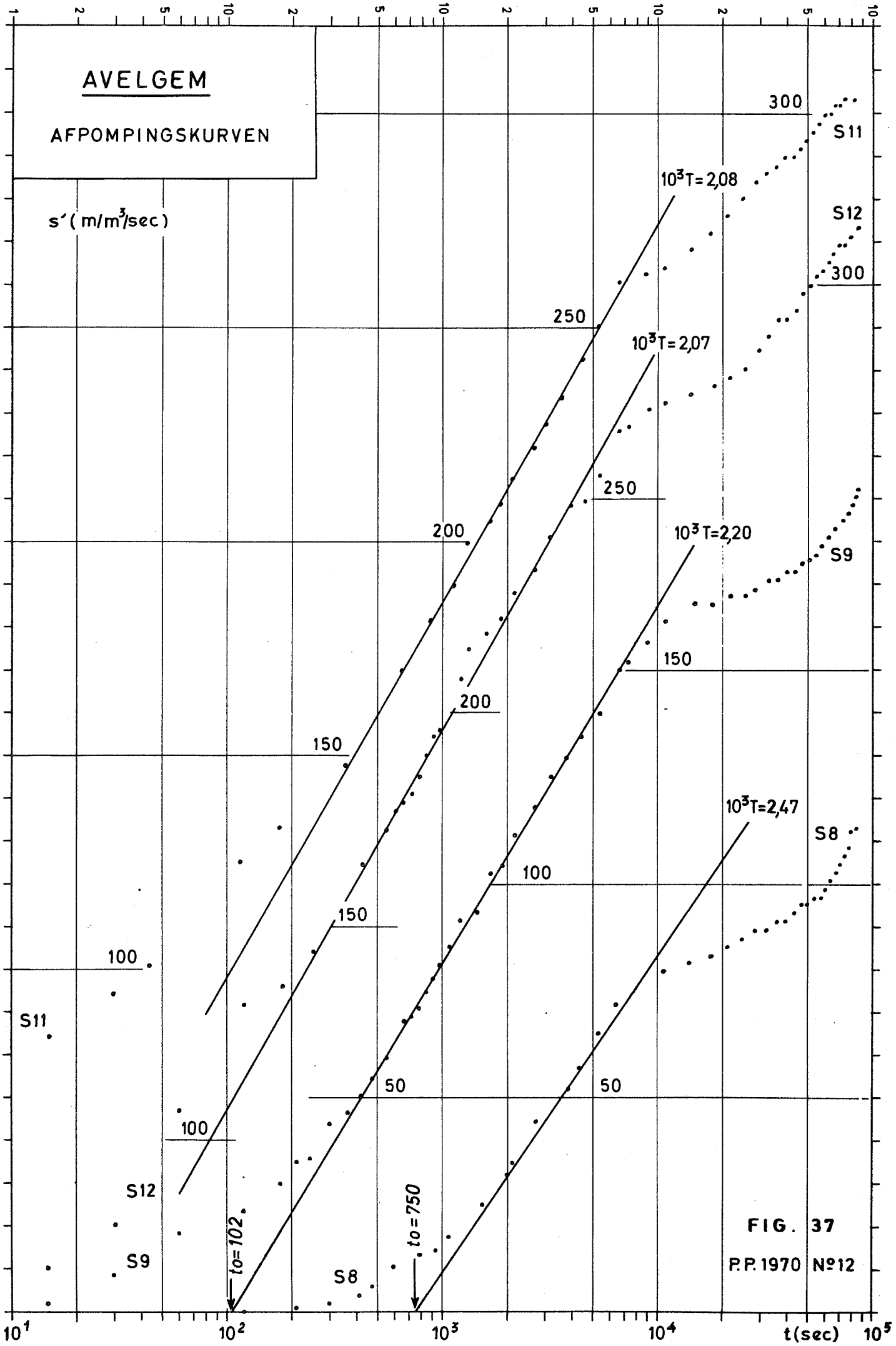
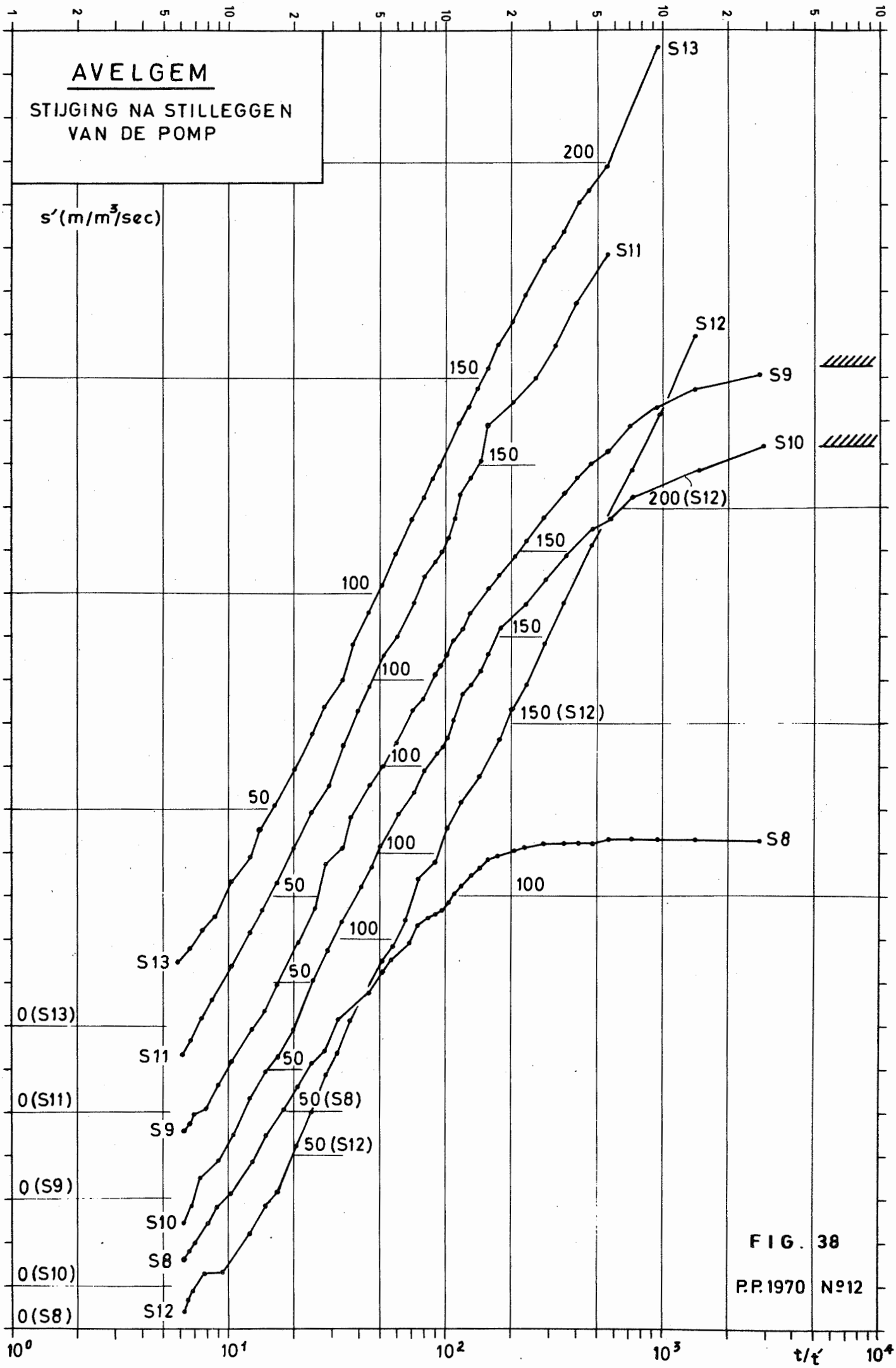
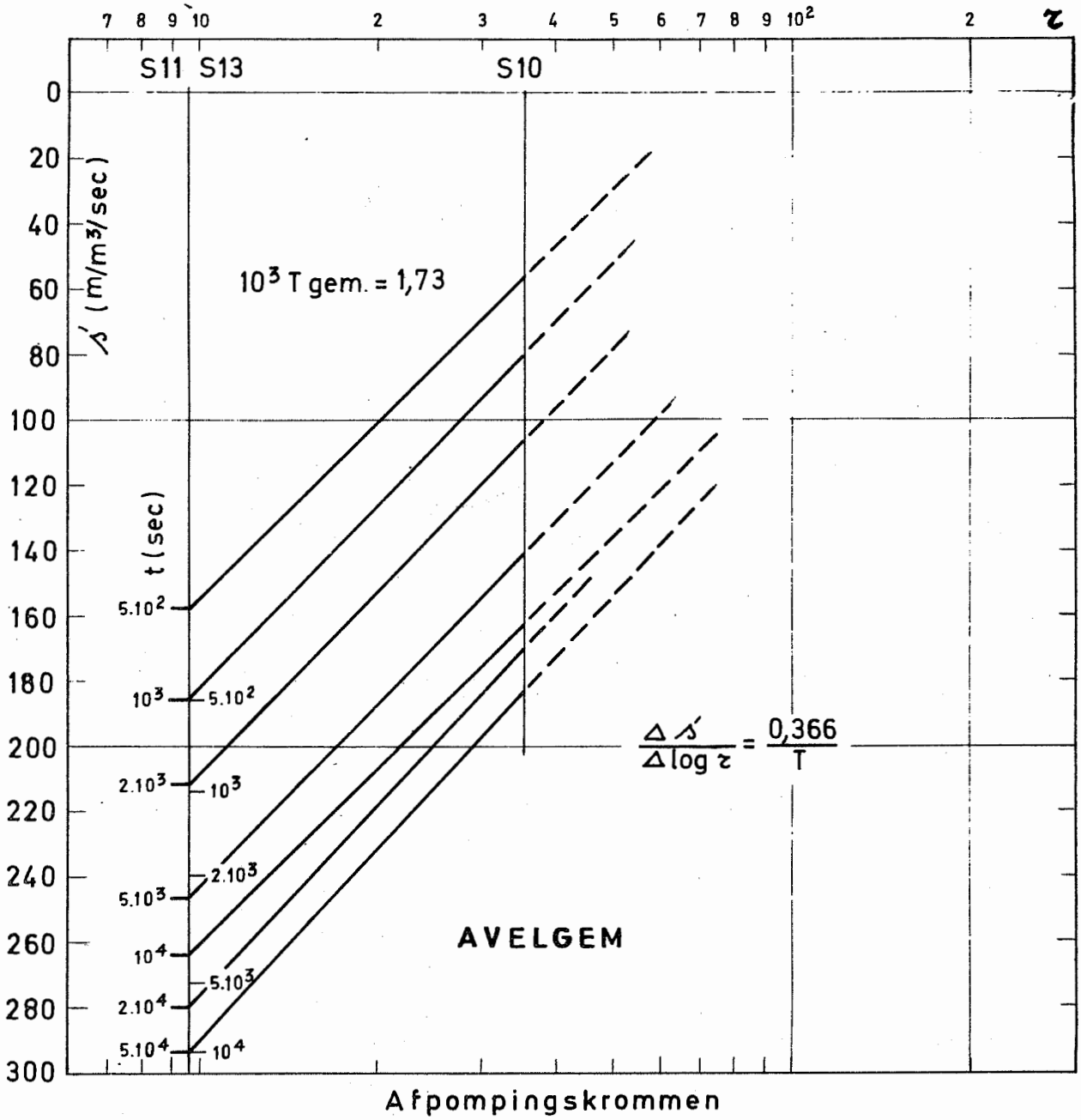


FIG. 37

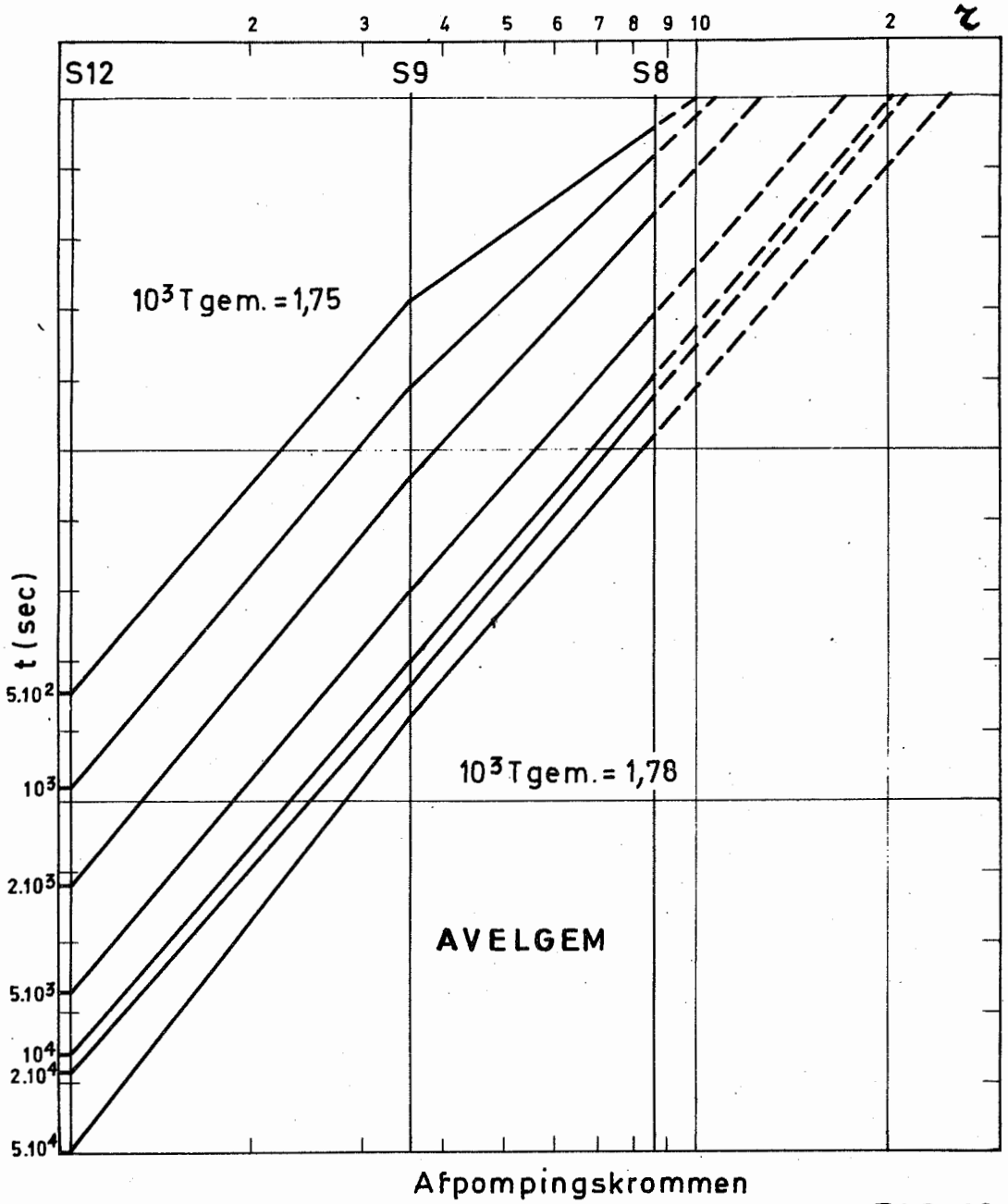
P.P. 1970 Nº12


AVELGEM
STIJGING NA STILLEGGEN VAN DE POMP
s'(m/m³/sec)
S13
S11
S12
S9
S10
S8
200
150
150
200 (S12)
150
100
150
100
150 (S12)
100
50
100
100
50
100
50
0 (S13)
50
0 (S11)
50 (S8)
50 (S12)
0 (S9)
0 (S10)
0 (S8)
t/t'
FIG. 38
P.P. 1970 Nº12



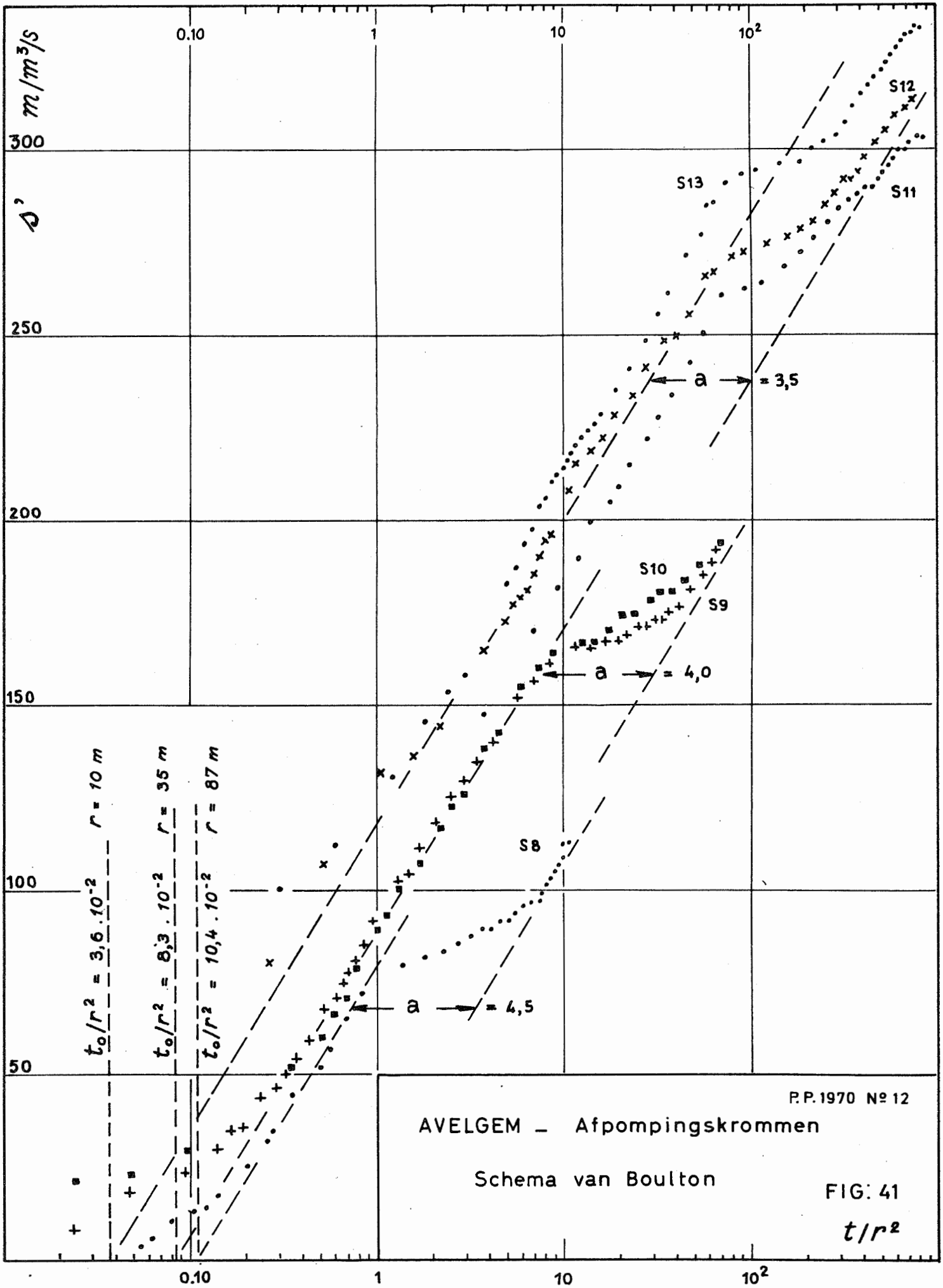
P.P. 1970 № 12

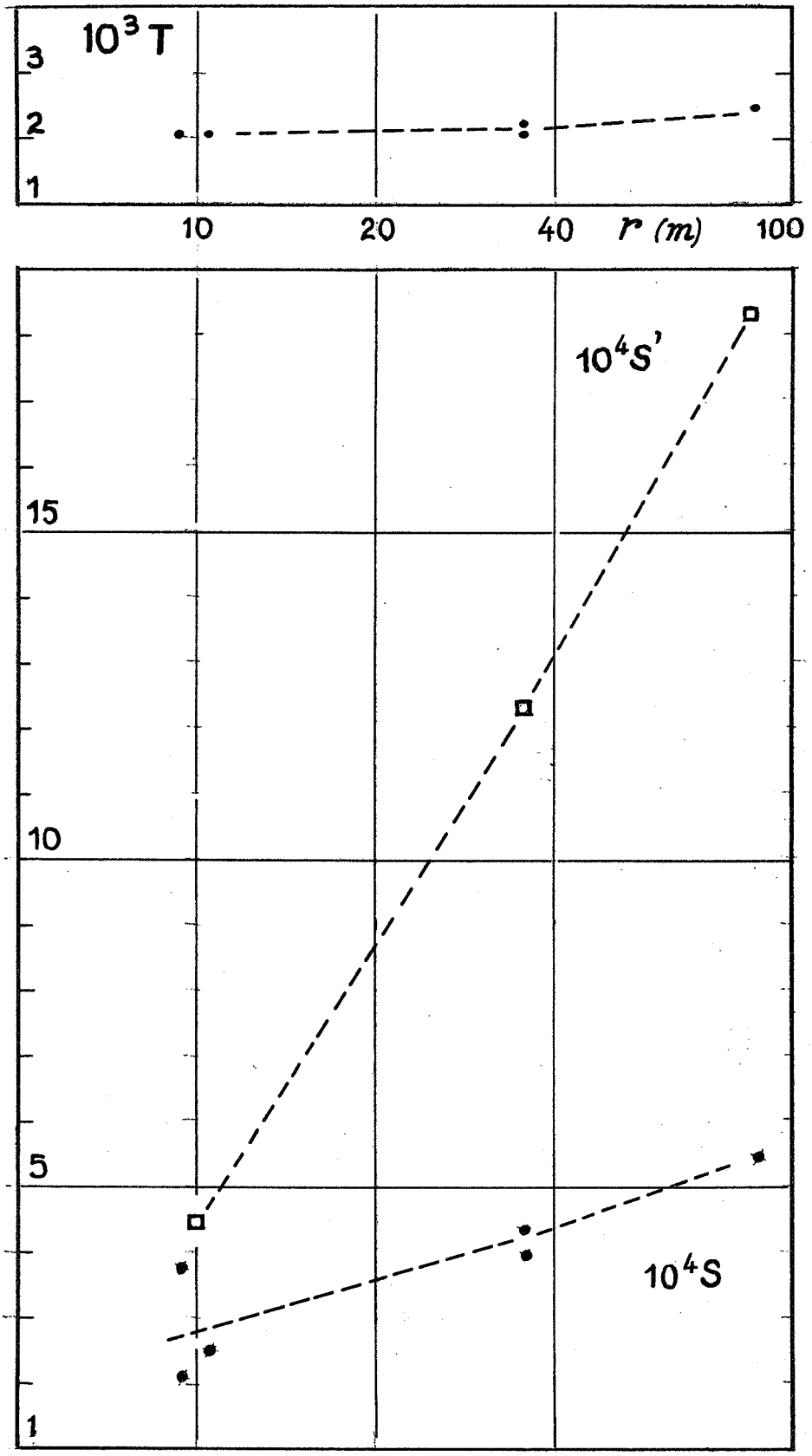
FIG. 39



P. P. 1970 Nº 12

FIG. 40

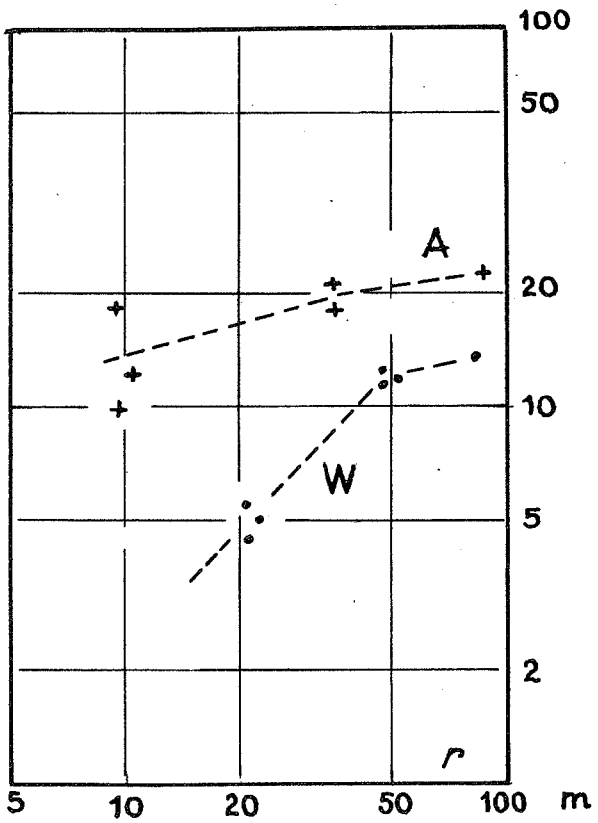

m/m³/s
D'
300
250
200
150
100
50
0.10
1
10
10²
S12
S13
S11
a = 3,5
S10
S9
a = 4,0
S8
a = 4,5
r = 10 m
r = 35 m
r = 87 m
t₀/r² = 3,6 . 10⁻²
t₀/r² = 8,3 . 10⁻²
t₀/r² = 10,4 . 10⁻²
t/r²
P.P. 1970 № 12
AVELGEM – Afpompingskrommen
Schema van Boulton
FIG: 41



AVELGEM Parameters volgens Theis (S) en Boulton (S')

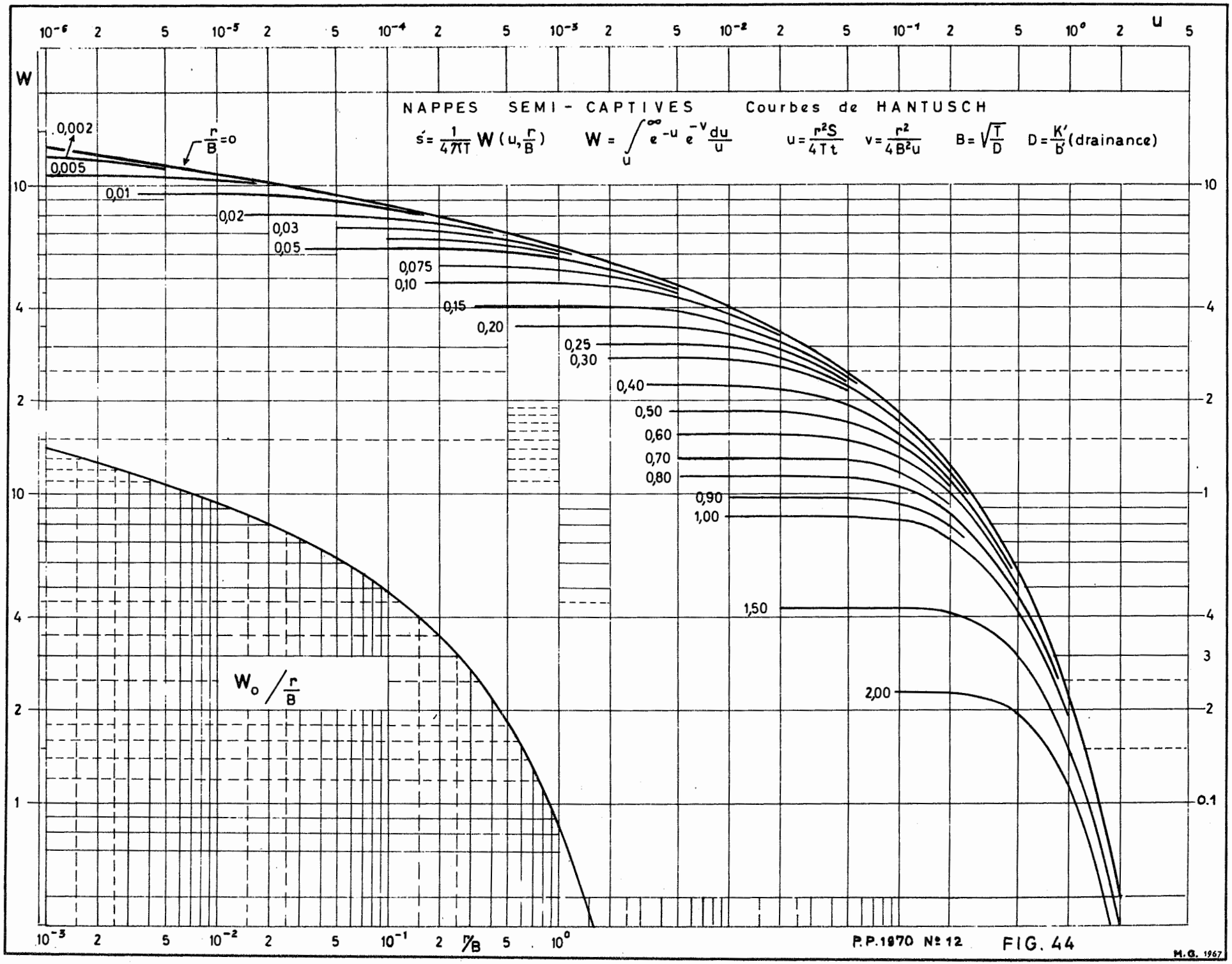
P.P. 1970 Nº 12

FIG. 42



10^2 S/T volgens Theis
te Waarmaarde en Avelgem

P.P. 1970 Nº12 FIG. 43


NAPPES SEMI - CAPTIVES Courbes de HANTUSCH
$s' = \frac{1}{4\pi T} W(u, \frac{r}{B})$ $W = \int_u^\infty e^{-u} e^{-v} \frac{du}{u}$ $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$ $v = \frac{r^2}{4B^2 u}$ $B = \sqrt{\frac{T}{D}}$ $D = \frac{K'}{b'}$ (drainance)
W
u
$\frac{r}{B} = 0$
0,002
0,005
0,01
0,02
0,03
0,05
0,075
0,10
0,15
0,20
0,25
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00
1,50
2,00
$W_o / \frac{r}{B}$
r/B
P.P.1970 N° 12
FIG. 44
M.G. 1967