



NIET-PERMANENTE GRONDWATER-
PROBLEMEN MET EEN Z.G.
VRIJE GRONDWATERSPIEGEL

Onderzoek van enige twee-dimen-
sionale problemen m.b.v. een
spleetmodel met nieuwe rand-
voorwaarde-apparatuur

AANHANGSEL I EN II, BIJLAGEN

Vloeistofmechanica

Afd. Weg- en Waterbouwkunde
Technische Hogeschool Delft

J. G. SINKE

NIET-PERMANENTE GRONDWATERPROBLEMEN
MET EEN Z.G. VRIJE GRONDWATERSPIEGEL.

Onderzoek van enige twee-dimensionale
problemen m.b.v. een spleetmodel met
nieuwe randvoorwaarde-apparatuur.

AANHANGSEL I EN II EN BIJLAGEN

Deelontwerp Vloeistofmechanica
Delft, maart 1972.
J.G. Sinke.

A A N H A N G S E L.

I. Methoden om de vloeistofstand te regelen.

Bij het instellen van de randvoorwaarde(n) in een spleetmodel dient het vloeistofniveau in het randvoorwaardebakje van het model op elk tijdstip te voldoen aan een bepaalde functie $h(t)$. Enkele methoden om de vloeistofstand te regelen zijn b.v.:

1. Een bak, verbonden met het randvoorwaardebakje van het model, wordt volgens de voorgeschreven functie $h(t)$ op en neer bewogen.
2. In een bak, verbonden met het randvoorwaardebakje van het model wordt een plunjer volgens de functie $h(t)$ op en neer bewogen.
3. In het randvoorwaardebakje wordt een overstort volgens de functie $h(t)$ op en neer bewogen.

De eerste 2 methoden zijn indirecte methoden en de derde methode is direct. In de eerste 2 gevallen wordt het vloeistofniveau ingesteld volgens het principe van de communicerende vaten. Men kan zich nu afvragen met welke nauwkeurigheid het niveau in het randvoorwaardebakje de functie $h(t)$ volgt.

ad 1.

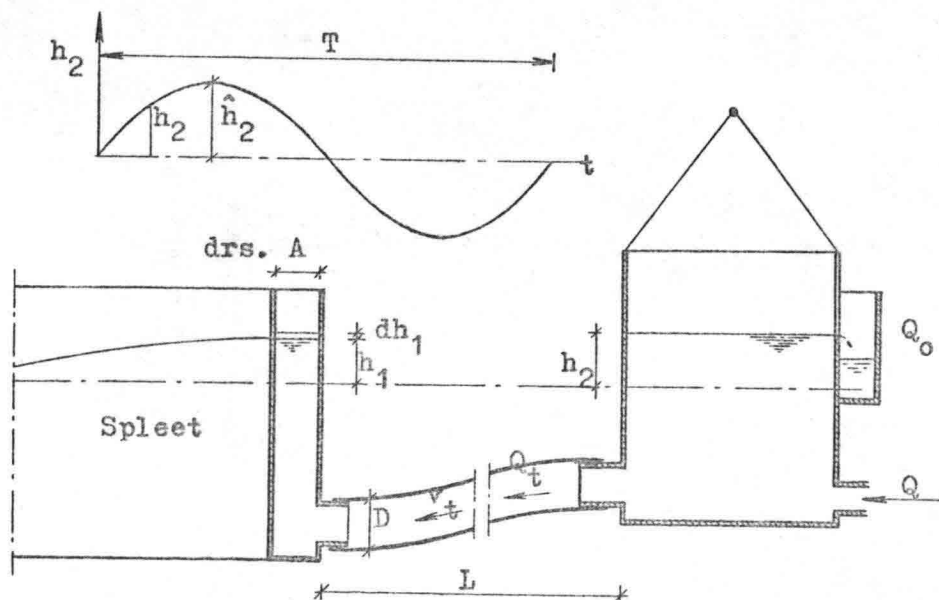


fig. 1

Bij de opstelling van fig. 1 wordt de rechterbak op en neer bewogen volgens een bepaalde functie b.v.

$$h_2 = \hat{h}_2 \cdot \sin \frac{2\pi t}{T} = \hat{h}_2 \cdot \sin \omega t.$$

De bak is met een flexibele buis verbonden met het model. Het vloeistofniveau in de bak wordt constant gehouden door een overstort, terwijl voortdurend een constant debiet Q in de bak wordt toegevoerd.

Bij verwaarlozing van de aan- of afvoer door de spleet geldt:

$$\left. \begin{aligned} Q_t \cdot dt &= A \cdot dh_1 \rightarrow \frac{dh_1}{dt} = \frac{Q_t}{A} \\ \text{In de verbindingsbuis : } v_t &= \frac{4 \cdot Q_t}{\pi \cdot D^2} \end{aligned} \right\} v_t = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot D^2} \cdot \frac{dh_1}{dt} \dots (1)$$

Om te voorkomen dat de sinusvorm (h_1) door de weerstand in de buis vervormd wordt, dient deze weerstand een lineair karakter te hebben. D.w.z. dat de stroming in de buis laminair moet zijn.

Kriterium:

$$\text{Getal van Reynolds } R_e = \frac{\bar{v} \cdot R}{\nu} \quad \begin{aligned} R_e &> 500: \text{turbulente stroming.} \\ R_e &< 500: \text{laminaire stroming.} \end{aligned}$$

Om de orde van grootte van R_e te bepalen, bekijken we het randvoorwaardebakje:

$$\left. \begin{aligned} A &= 10 \times 12 = 120 \text{ cm}^2 \\ O &= 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 = 44 \text{ cm} \end{aligned} \right\} R = \frac{A}{O} = \frac{120}{44} = 2,72 \text{ cm} = 2,72 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Voor de snelheid geldt in eerste benadering:

$$v = \hat{h}_2 \cdot \omega \cos \omega t \rightarrow v_{\max} = \hat{h}_2 \cdot \omega$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Stel } \hat{h}_2 &= 0,10 \text{ m} \\ \omega &= \frac{2 \cdot \pi}{T} \end{aligned} \right\} v_{\max} = \frac{0,2 \cdot \pi}{T} \text{ m/sec}$$

$$\text{Zodat } R_{e(\max)} = \frac{0,2 \cdot \pi}{T} \cdot \frac{2,72 \cdot 10^{-2}}{\nu} = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{T \cdot \nu}$$

De kleinste periodetijd, die bij de proeven gebruikt wordt, is ongeveer 10 sec. Om te voorkomen dat in het randvoorwaardebakje turbulente stroming optreedt moet dan $\nu > 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ zijn. Dit is bij de proeven altijd het geval.

In de verbindingsbuis kan er voor gezorgd worden dat de stroming laminair is, door D groot genoeg te kiezen.

Voor laminaire stroming geldt de wet van Poiseuille:

$$v_{t \text{ gem.}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{\nu} \cdot R^2 \cdot I.$$

Hierin geldt voor de verbindingbuis:

$$R = \frac{1}{4} D \text{ en } I = \frac{h_2 - h_1}{L}, \text{ zodat}$$

$$v_t = \frac{1}{32} \cdot \frac{g}{\nu} \cdot \frac{D^2}{L} \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(2)$$

Uit de vergelijkingen (1) en (2) volgt:

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{\pi \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot A \cdot \nu \cdot L} \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{of } \frac{dh_1}{dt} = a \cdot (h_2 - h_1), \text{ waarin } a = \frac{\pi \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot A \cdot \nu \cdot L}$$

$$\text{en } h_2 = \hat{h}_2 \cdot \sin \omega t$$

$$h_1' + a \cdot h_1 = b \sin \omega t \quad (b = \hat{h}_2 \cdot a) \dots\dots\dots(4)$$

Vergelijking (4) is een lineaire differentiaalvergelijking van de eerste orde. De oplossing verloopt als volgt:

Gereduceerde vergelijking:

$$h_1' + a \cdot h_1 = 0, \text{ met als algemene oplossing}$$

$$h_1 = C \cdot e^{-at}.$$

We vatten nu C op als functie van t en substitueren h_1 in de oorspronkelijke vergelijking (4):

$$-a \cdot C \cdot e^{-at} + C' \cdot e^{-at} + a \cdot C \cdot e^{-at} = b \cdot \sin \omega t.$$

$$C' = b \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t \quad C = \int b \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t \cdot dt$$

We passen toe:

$$\int u \cdot v' \cdot dt = u \cdot v - \int v \cdot u' \cdot dt$$

$$\longrightarrow C = \int b \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t \cdot dt = \frac{b}{a} \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t - \int \frac{b \cdot \omega}{a} \cdot e^{at} \cdot \cos \omega t \cdot dt$$

$$= \frac{b}{a} \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t - \frac{b \cdot \omega}{a^2} \cdot e^{at} \cdot \cos \omega t - \int \frac{b \cdot \omega^2}{a^2} \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t \cdot dt + C_1$$

Hieruit volgt:

$$\left(1 + \frac{\omega^2}{a^2}\right) \cdot C = \left(1 + \frac{\omega^2}{a^2}\right) \int b \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t \cdot dt =$$

$$= \frac{b}{a} \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t - \frac{b \cdot \omega}{a^2} \cdot e^{at} \cdot \cos \omega t + C_1$$

$$\text{Zodat } C = \frac{a \cdot b}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{at} \cdot \sin \omega t - \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{at} \cdot \cos \omega t + C_1 \cdot \frac{a^2}{a^2 + \omega^2}$$

De totale oplossing wordt dus:

$$h_1 = \frac{a \cdot b}{a^2 + \omega^2} \cdot \sin \omega t - \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \cos \omega t + \frac{C_1 \cdot a^2}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{-at}$$

Beginvoorwaarde:

$$t = 0: h_1 = 0 \quad \rightarrow \quad C_1 = \frac{b \cdot \omega}{a^2}$$

$$h_1 = \frac{a \cdot b}{a^2 + \omega^2} \cdot \sin \omega t - \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \cos \omega t + \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{-at} \dots (5)$$

We kunnen deze vergelijking nog op een andere manier schrijven:

$$h_1 = \frac{a \cdot b}{a^2 + \omega^2} (\sin \omega t - \frac{\omega}{a} \cdot \cos \omega t) + \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{-at}$$

Stel nu:

$$\text{tg } \varphi = \frac{\omega}{a}$$



$$h_1 = \frac{a \cdot b}{a^2 + \omega^2} \cdot \frac{\sin(\omega t - \varphi)}{\cos \varphi} + \frac{b \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot e^{-at}$$

Met $\cos \varphi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + \omega^2}}$ en $b = a \cdot \hat{h}_2$ vinden we dan:

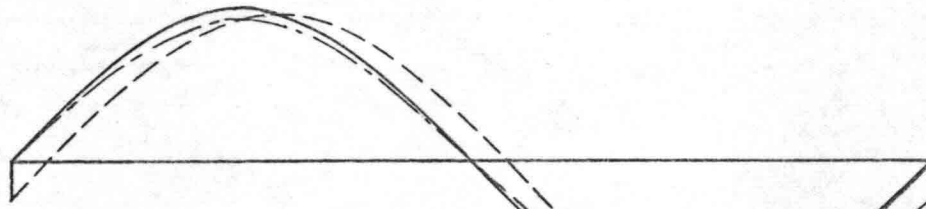
$$h_1 = \frac{a \cdot \hat{h}_2}{\sqrt{a^2 + \omega^2}} \cdot \sin(\omega t - \varphi) + \frac{a \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot e^{-at} \dots (6)$$

Vergeleken met $h_2 = \hat{h}_2 \sin \omega t$ is de amplitude van h_1 een factor

$\frac{a}{\sqrt{a^2 + \omega^2}}$ kleiner dan die van h_2 en bovendien φ ($\text{tg } \varphi = \frac{\omega}{a}$)

in fase verschoven. De 2e term is te zien als inspeelverschijnsel.

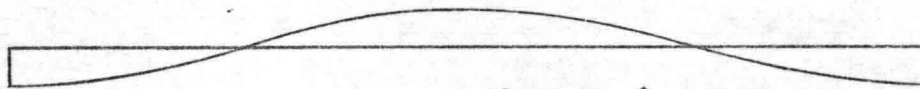
Grafisch kan een en ander als volgt worden weergegeven, zie vergelijking (5):



— $h_2 = \hat{h}_2 \cdot \sin \omega t$

- - - $\frac{a^2}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot \sin \omega t$

- . - $\frac{a^2}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot \sin \omega t - \frac{a \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot \cos \omega t$



- $\frac{a \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot \cos \omega t$



+ $\frac{a \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 \cdot e^{-at}$

Voor een praktijkgeval gelden b.v. de volgende waarden:

$$a = \frac{\pi \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot A \cdot \nu \cdot L}$$

$$D = 0,10 \text{ m}$$

$$A = 120 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\nu = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\hat{h}_2 = 0,10 \text{ m}$$

$$a = \frac{\pi \cdot g \cdot (0,1)^4}{128 \cdot 120 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 40,129$$

Stel $T = 10 \text{ sec} \rightarrow \omega \hat{=} \frac{2 \cdot \pi}{10} = 0,628 \text{ rad/sec}$

Afwijkingen h_1 t.o.v. h_2 volgens vergelijking (5):

$$t = \frac{1}{4} \cdot T : \quad \hat{h}_2 - \hat{h}_1 = \hat{h}_2 - \frac{a^2}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 = \hat{h}_2 - \frac{40,129^2}{40,129^2 + 0,628^2} \cdot \hat{h}_2$$

$$= \hat{h}_2 \cdot (1 - 0,9997) = 0,03 \text{ mm}$$

$$t = \frac{1}{2} \cdot T : \quad h_1 = - \frac{a \cdot \omega}{a^2 + \omega^2} \cdot \hat{h}_2 = - \frac{40,129 \cdot 0,628}{40,129^2 + 0,628^2} \cdot 100 = -1,565 \text{ mm}$$

Daarnaast treden echter nog twee afwijkingen op, n.l.:

1e. Door de toe- en afvoer naar de spleet treedt eveneens een vermindering van de amplitude op. De kwantitatieve grootte hiervan is echter, i.v.m. het gecompliceerde karakter van het verschijnsel moeilijk te bepalen.

2e. De wisselende vloeistofhoogte boven de overstort. Het debiet over de overstort varieert van $Q_o = 0$ (als $Q = Q_t$) tot $Q_o = 2 \cdot Q_t$ (= afvoer uit het model Q_t + constante toevoer $Q = Q_t$), afgezien van de toe- of afvoer naar de spleet.

$$Q_o = 2 \cdot Q_t = 2 \cdot A \cdot \left(\frac{dh_1}{dt} \right)_{\min} \hat{=} 2 \cdot A \cdot \hat{h}_2 \cdot \omega$$

$$\left. \begin{array}{l} A = 120 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \hat{h}_2 = 0,1 \text{ m} \\ \omega = 0,628 \text{ rad/sec} \end{array} \right\} Q_o = 2 \cdot 120 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot 0,628 = 15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$$

Voor een volkomen overlaat geldt: $Q_o = 1,7 \cdot b \cdot H^{3/2}$. Stel $b = 0,20 \text{ m}$

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q_o}{1,7 \cdot b}} = \sqrt[3]{\frac{15 \cdot 10^{-4}}{1,7 \cdot 0,2}} = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

D.w.z. dat de overstorthoogte zal variëren van 0 tot 27 mm.

ad 2. Voor de plunjer die in een bak wordt op en neer bewogen geldt in principe een soortgelijke oplossing als bij ad 1 is gevonden.

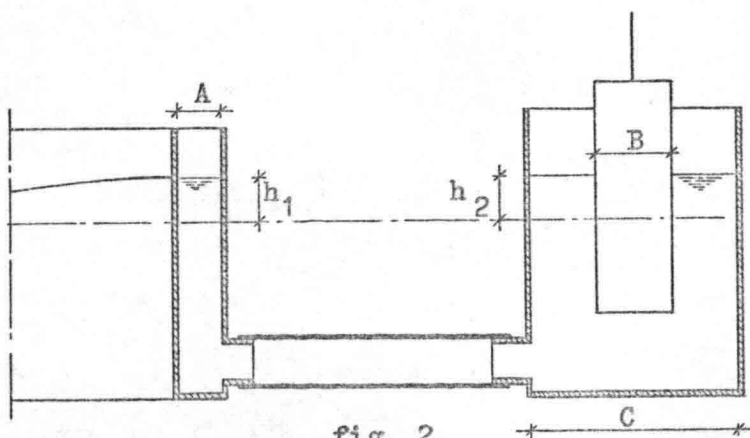


fig. 2

De bovengenoemde factoren a en b (zie(4)) zijn hier resp.:

$$a' = \frac{\pi \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot \eta \cdot A \cdot L} \cdot \frac{A + C - B}{C - B}$$

$$= \frac{A + C - B}{C - B} \cdot a$$

$$b' = a \cdot \frac{B}{C - B} \cdot \hat{h}_2 =$$

$$= \frac{B}{C - B} \cdot b$$

Omdat de factoren $\frac{A + C - B}{C - B}$ en $\frac{B}{C - B}$ (als $B > \frac{1}{2} \cdot C$) groter zijn dan 1, geeft deze methode echter een kleinere faseverschuiving en amplitudevermindering dan bovenstaande oplossing. Ook hierbij treden echter afwijkingen op als gevolg van toe- en afvoer naar de spleet.

Uit het bovenstaande blijkt dat indirecte methoden om het vloeistofstand te regelen niet erg geschikt zijn i.v.m. de optredende afwijkingen.

ad 3. De aan het begin van dit aanhangsel genoemde 3e mogelijkheid om de vloeistofstand te regelen is schematisch weergegeven in fig. 3.

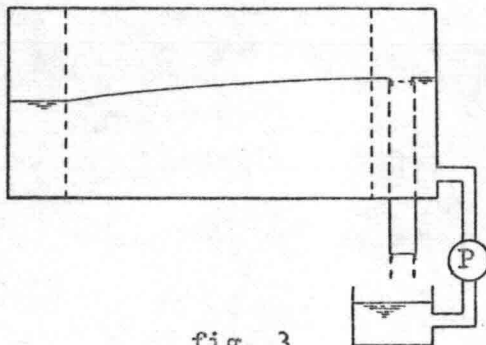


fig. 3

Hierbij wordt door de bodem van het randvoorwaardebakje een buis gevoerd, die volgens de voorgeschreven functie $h(t)$ wordt bewogen. De bovenzijde van de buis doet dienst als overstort en bepaalt op deze wijze, afhankelijk van het over-

stortdebiet, het vloeistofniveau in het randvoorwaardebakje.

Het, bij het omlaag gaan van de buis, overstortende vloeistofoverschot wordt opgevangen in een reservoir. M.b.v. een pomp wordt er voor gezorgd dat ook bij het omhoog gaan steeds vloeistof blijft overstorten.

De nadelen van deze methode zijn:

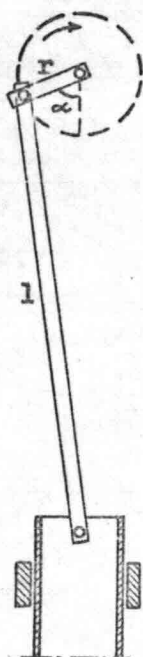
1. Er moet veel vloeistof worden toegevoerd, n.l. de maximale aanvulling in het randvoorwaardebakje, vermeerderd met het maximale debiet dat de spleet ingaat. Als gevolg hiervan mag worden verwacht, dat het niveau erg onrustig zal zijn.
2. Als gevolg van de grote vloeistofdebieten die moeten worden afgevoerd, zal een grote variatie van de overstorthoogte optreden.

I.v.m. deze bezwaren is bij de uiteindelijke oplossing het principe van de variërende overstort gecombineerd met een zuiger, zie rapport IV.3.1. Door het op en neer bewegen van de hele vloeistofkolom boven de zuiger wordt hierbij voorkomen dat grote debieten moeten worden toegevoerd.

A A N H A N G S E L II.

Bij het onderzoek naar een nieuwe randvoorwaarde-apparatuur zijn een aantal mechanische oplossingen voor de programmagever naar voren gekomen, die hieronder kort besproken zullen worden. Géén van deze methoden werd uiteindelijk bruikbaar geoordeeld, wegens de beperkte bruikbaarheid, te omvangrijke opstelling en/of de vrij hoge kosten.

1. Krukas met drijfstaag



Hiervoor geldt:

$$1. \text{ Voor } l = \infty : x_u = r \cdot (1 - \cos \alpha)$$

$$2. \text{ Voor } l = \text{eindig: } x = x_u \pm f$$

$$x = r \cdot (1 - \cos \alpha) \pm \\ \pm l \cdot (1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha})$$

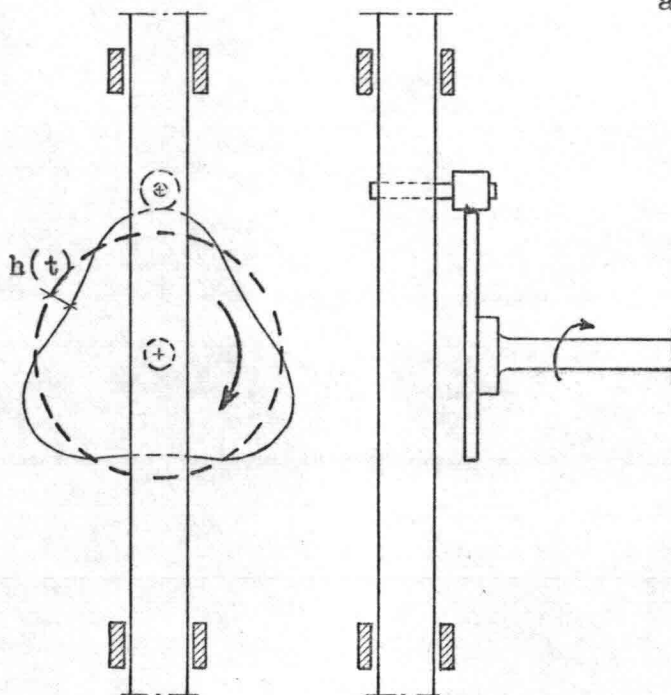
($\lambda = \frac{r}{l}$) Minteken geldt voor de teruggang.

$$\text{B.v. } \left. \begin{array}{l} l = 300 \text{ cm} \\ r = 10 \text{ cm} \end{array} \right\} \lambda = \frac{1}{30}$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= \pm 300 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{900}} \right\} \\ &= \pm 300 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{899}{900}} \right\} = \\ &= \pm (300 - 299,8) = \pm 0,2 \text{ cm.} \end{aligned}$$

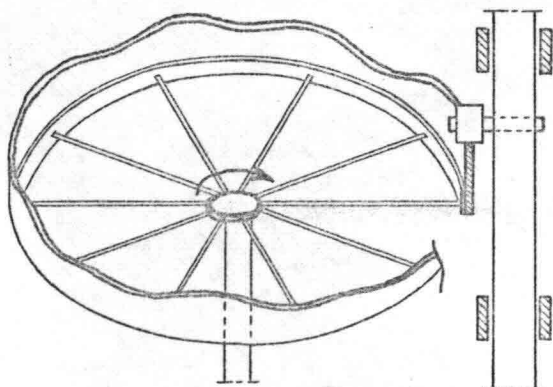
Door de beperkte mogelijkheden, n.l. alleen voor sinusvormen geschikt, en de optredende afwijkingen is deze oplossing niet erg geschikt.

2. Profielschijven



- a. Een verticale schijf, waarvan de rand is uitgefreesd volgens de voorgeschreven functie, draait met constante hoeksnelheid rond. M.b.v. een wieltje dat over de rand van de schijf loopt, wordt de verticale beweging overgebracht op een staaf. Door aan deze staaf een bak of een overstort te bevestigen kan hiermee het vloeistofniveau in het randvoorwaardebakje worden ingesteld.

In principe is het hiermee mogelijk om elke gewenste functie, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, te realiseren. Een bezwaar is echter, dat voor elk probleem een nieuwe profielschijf gemaakt moet worden. Bovendien is het maken van dergelijke schijven een dure zaak, omdat hiervoor een speciale freesbank nodig is.



- b. Hierbij draait een wiel met verticale as met constante hoeksnelheid rond. Aan de rand van het wiel is een plaat bevestigd, die volgens de gewenste functie is uitgefreesd. M.b.v. een wieltje, dat over de rand van de plaat

loopt, wordt de beweging overgebracht op een staaf.

Een voordeel van deze methode t.o.v. bovenstaande (a.) is, dat de plaat gemakkelijker gemaakt kan worden. Om de plaat rond het wiel te kunnen buigen, zal het wiel echter een vrij grote diameter moeten hebben. Evenals bij bovenstaande methode (a.) is het bezwaar, dat voor elke functie een andere plaat nodig is, wat een vrij dure zaak is. Bovendien geeft deze methode aanleiding tot een zeer omvangrijke opstelling.

No. 01144 Mod. BH-2

Fallrohr/Calibrated Glass Tube/Tube calibré en verre No. 42 245

Fallstrecke/Distance of fall/Distance de chute 100 mm

Lichte Weite/Internal diameter/Diamètre intérieur

a) bei der oberen Ringmarke/at upper mark/à la marque supérieure 15,952 mm

b) bei der unteren Ringmarke/at lower mark/à la marque inférieure 15,953 mm

Neigungswinkel/Angle of inclination/Angle d'inclinaison 80,0°

Kugeln/Balls/Boules

Kugel	Kugeldurchmesser in mm bei 20°C	Kugelgewicht in Gramm	Dichte der Kugeln bei 20°C	Kugelkonstante K
Ball	Diameter of ball in mm at 20°C	Weight of ball in grams	Specific gravity of balls at 20°C	Ball constant K
Boule	Diamètre de la boule en mm à 20°C	Poids de la boule en grammes	Densité des boules à 20°C	Constante de la boule K
1	15,803	4,9808	2,410	0,008890
2	15,629	4,8129	2,408	0,07335
3	15,570	16,0472	8,115	0,1176
4	15,030	14,4468	8,126	1,093
5	13,510	10,4774	8,12	10,5
6	10,000	4,2657	8,15	41,6

Die Berechnung der absoluten Viskosität in Centipoise ist gemäß Abschn. 3 der Gebrauchsanleitung zum Höppler-Viscosimeter nach folgender Formel vorzunehmen:

The absolute viscosity in centipoises is calculated as stated in Sec. 3 of the directions for using the Hoepller Viscosimeter in accordance with the following formula:

$$\eta = F \times (S_k - S_f) \times K$$

On calcule la viscosité absolue en centipoises, conformément à l'alinéa 3 du mode d'emploi du Viscosimètre Hoepller, d'après la formule suivante:

$$F = \text{FALLZEIT}$$

Instrument geprüft am/Instrument tested on/Instrument vérifié le 1. März 1967

Prüfer: / By: / Vérificateur: [Signature]

Contr.: [Signature]
(bitte wenden)

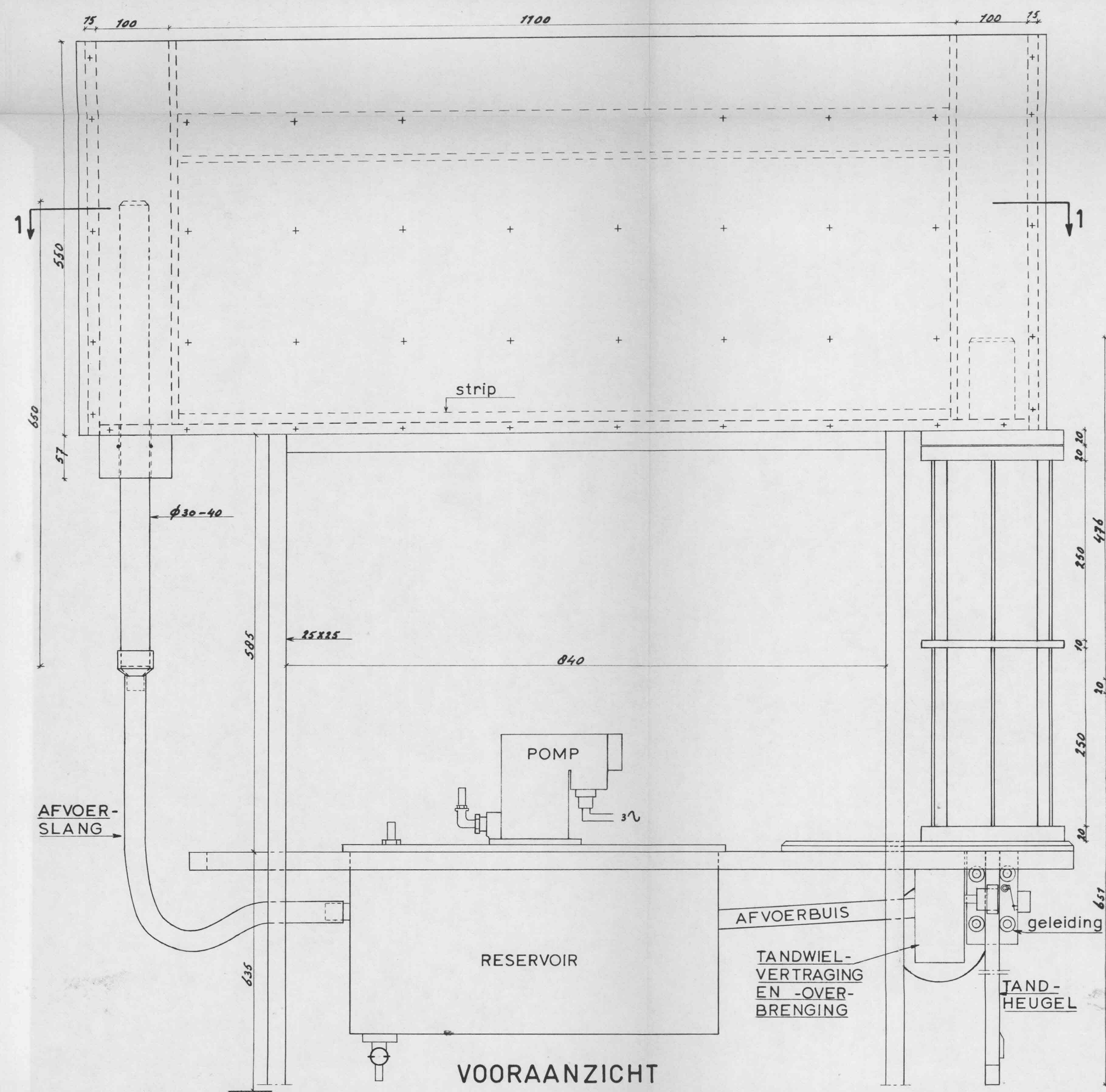
VEB Prüfgeräte-Werk Medingen
Sitz Freital

der Meßergebnisse als 1,0 nicht gefordert wird, so kann die folgende Tabelle benutzt werden. Man sucht in der Tabelle den zur Kugel und zur Dichte der Flüssigkeit (s) gehörigen Kugelfaktor. Dieser ergibt mit der Fallzeit multipliziert direkt die absolute Viskosität der Flüssigkeit in Centipoise. Durch entsprechende Interpolation von Zwischenwerten der Dichte kann die angegebene Genauigkeit erhöht werden.

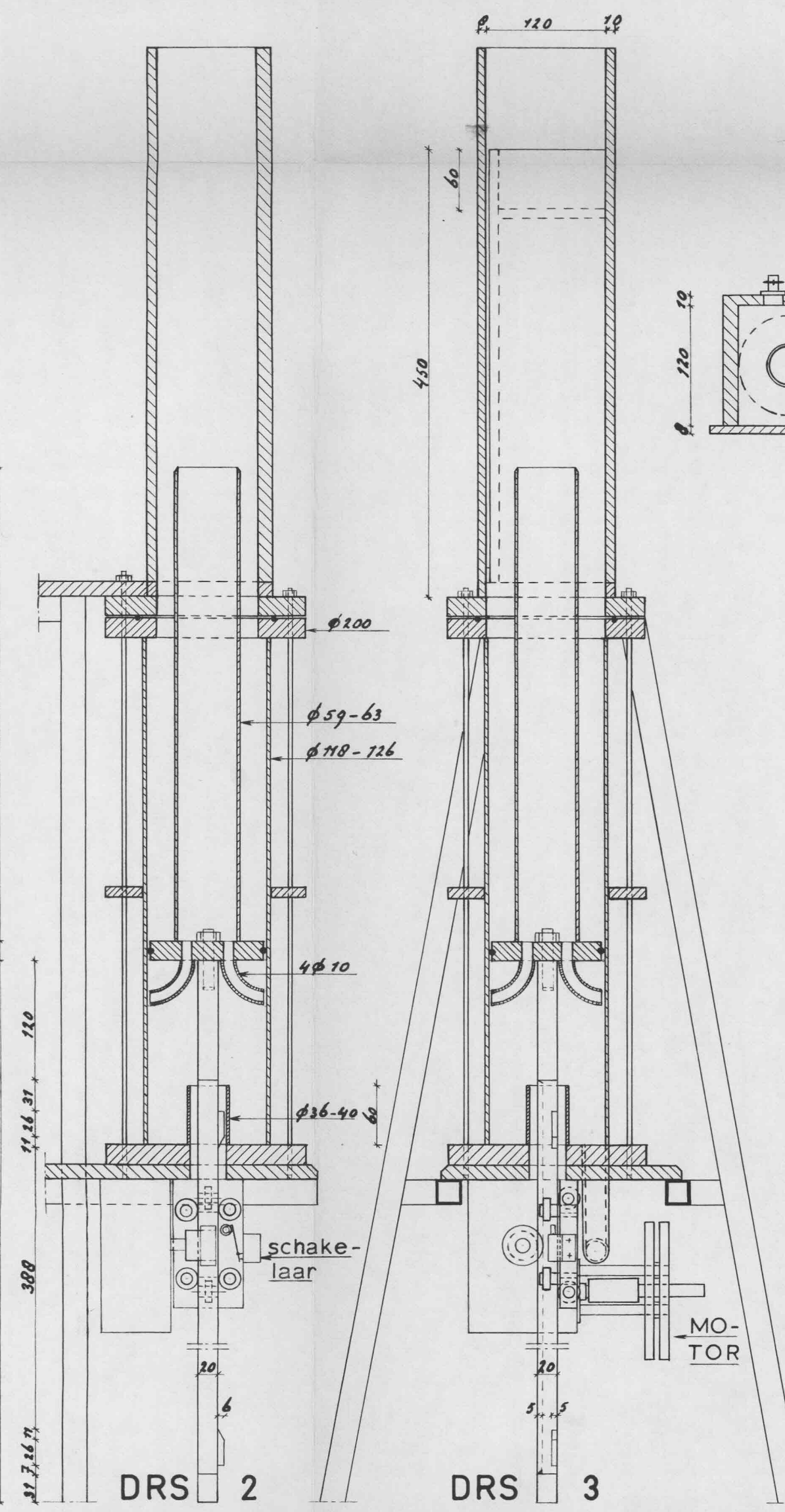
± 1% is required the following table may be used. The Factor in the table relating to the ball used on the specific gravity of the liquid (s) is multiplied by the time interval to obtain the absolute viscosity of the liquid directly in centipoises. The accuracy stated can be increased by corresponding interpolation of intermediate values of the specific gravity.

sur 1% en peut se servir de la table suivante. On cherche dans la table le facteur relatif à la boule et à la densité du liquide (s). Ce facteur, multiplié par le temps de chute, exprime directement la viscosité absolue du liquide en centipoises. La précision indiquée est susceptible d'être augmentée par interpolation des valeurs intermédiaires de la densité.

S	Kugel/Ball/Boule					
	1	2	3	4	5	6
0,70	0,0520	0,1153	0,221	0,33	0,448	0,562
0,75	0,0576	0,1216	0,235	0,358	0,472	0,582
0,80	0,0631	0,1280	0,250	0,376	0,490	0,600
0,85	0,0687	0,1343	0,263	0,392	0,506	0,616
0,90	0,0742	0,1406	0,278	0,411	0,522	0,632
0,95	0,0798	0,1470	0,292	0,428	0,538	0,648
1,00	0,0853	0,1533	0,306	0,446	0,554	0,664
1,05	0,0909	0,1597	0,320	0,464	0,570	0,680
1,10	0,0964	0,1660	0,334	0,482	0,586	0,696
1,15	0,1020	0,1723	0,348	0,500	0,602	0,712
1,20	0,1075	0,1787	0,362	0,518	0,618	0,728
1,25	0,1131	0,1850	0,376	0,536	0,634	0,744
1,30	0,1186	0,1914	0,390	0,554	0,650	0,760
1,35	0,1242	0,1977	0,404	0,572	0,666	0,776
1,40	0,1297	0,2041	0,418	0,590	0,682	0,792
1,45	0,1353	0,2104	0,432	0,608	0,698	0,808
1,50	0,1408	0,2168	0,446	0,626	0,714	0,824
1,55	0,1464	0,2231	0,460	0,644	0,730	0,840
1,60	0,1519	0,2295	0,474	0,662	0,746	0,856

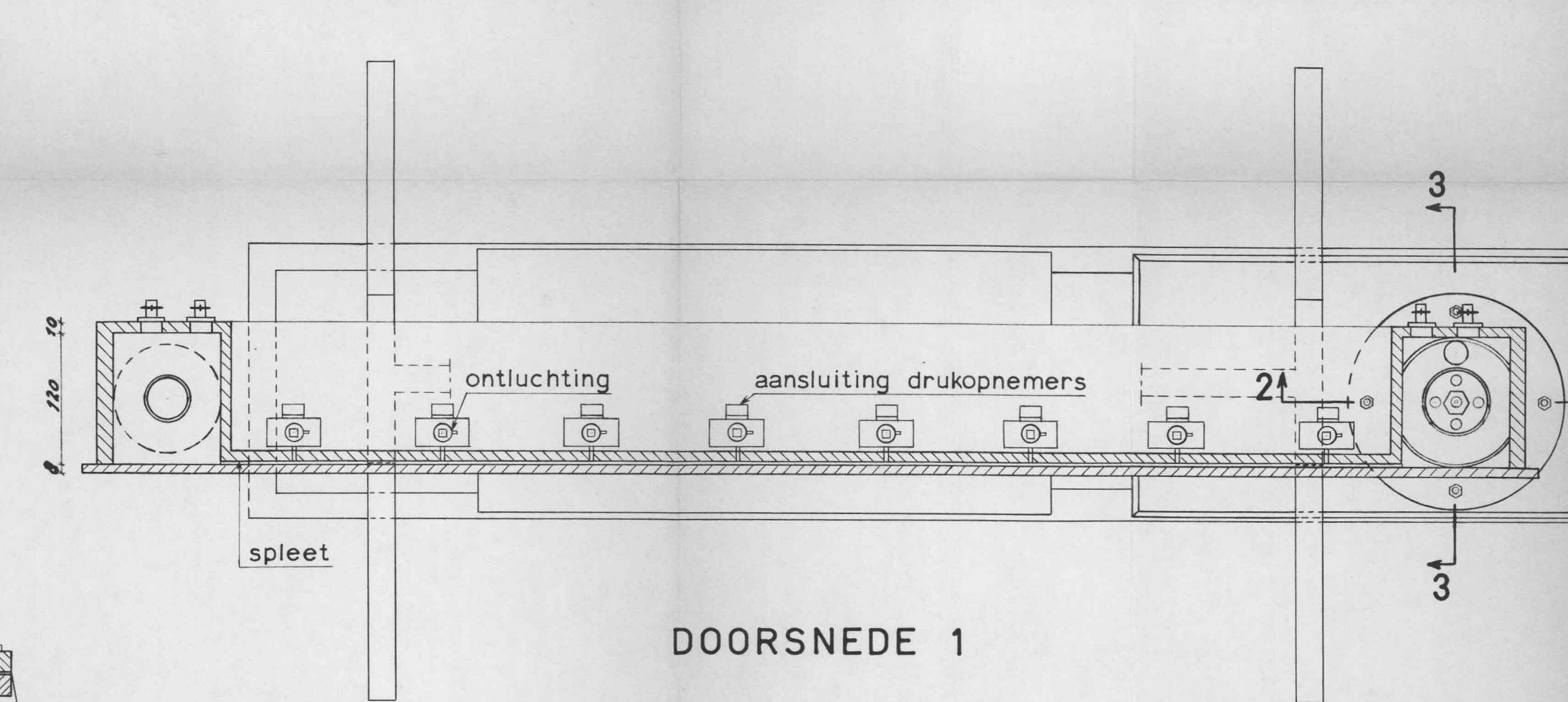


VOORAANZICHT



DRS 2

DRS 3



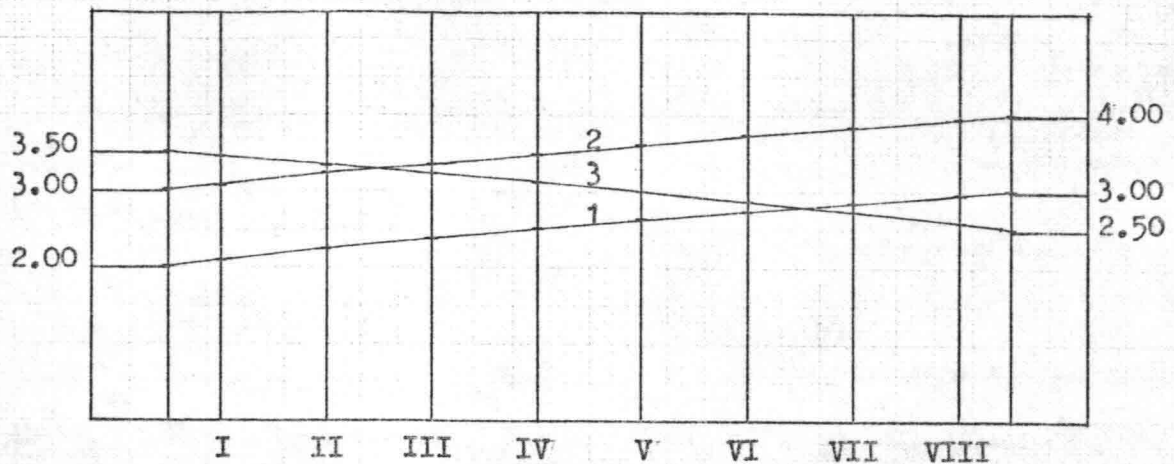
DOORSNEDE 1

MATEN IN mm

TECHNISCHE HOGESCHOOL	
DEELONTWERP VLOEISTOFMECHANICA	
SPLEETMODEL	
SCHAAL 1:5	GET.: J.G. SINKE
BIJLAGE 2	

IJking spleetmodel

Waarnemingen permanente gevallen



Geval 1.

Raai	h cm
r.v.w.l	20,0
I	21,0
II	22,5
III	23,9
IV	25,1
V	26,3
VI	27,4
VII	28,6
VIII	29,7
r.v.w.r	30,0

hoeveelh. uitgestr. vloeistof	tijd	debiet
cm ³	sec	cm ³ /sec
1820	71,7	25,4
1725	67,5	25,6
1750	68,7	25,5
1835	71,6	25,6
1750	68,1	25,7

$$Q_{\text{gem.}} = 25,6 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

Viscositeitsmeting:

$$\rho = 1147 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{temp.} = 20,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{kogel 2: } \rho_k = 2408 \text{ kg/m}^3$$

$$K = 0,07335$$

$$\text{valtijden over 10 cm: } \begin{cases} 85,0 \text{ sec} \\ 85,2 \text{ " } \\ 86,0 \text{ " } \end{cases} \quad t_{\text{gem.}} = 85,4 \text{ sec}$$

$$\nu = 6,89 \text{ cSt}$$

Geval 2.

Raai	h cm
r.v.w.l	30,0
I	30,9
II	32,3
III	33,6
IV	34,9
V	36,1
VI	37,4
VII	38,6
VIII	39,7
r.v.w.r	40,0

hoeveelh. uitgestr. vloeistof	tijd	debiet
cm ³	sec	cm ³ /sec
1810	51,8	35,0
1810	51,9	34,9
1775	50,7	35,0
1780	51,1	34,8
1785	50,9	35,1

$$Q_{\text{gem.}} = 35,0 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

Viscositeitsmeting geval 2 en 3:

$$\rho = 1146 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{temp.} = 20,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{kogel 2: } \rho_k = 2408 \text{ kg/m}^3$$

$$K = 0,07335$$

$$\text{valtijden over 10 cm: } \begin{cases} 83,7 \text{ sec} \\ 84,0 \text{ " } \\ 84,3 \text{ " } \end{cases} \quad t_{\text{gem.}} = 84,0 \text{ sec}$$

$$\nu = 6,79 \text{ cSt}$$

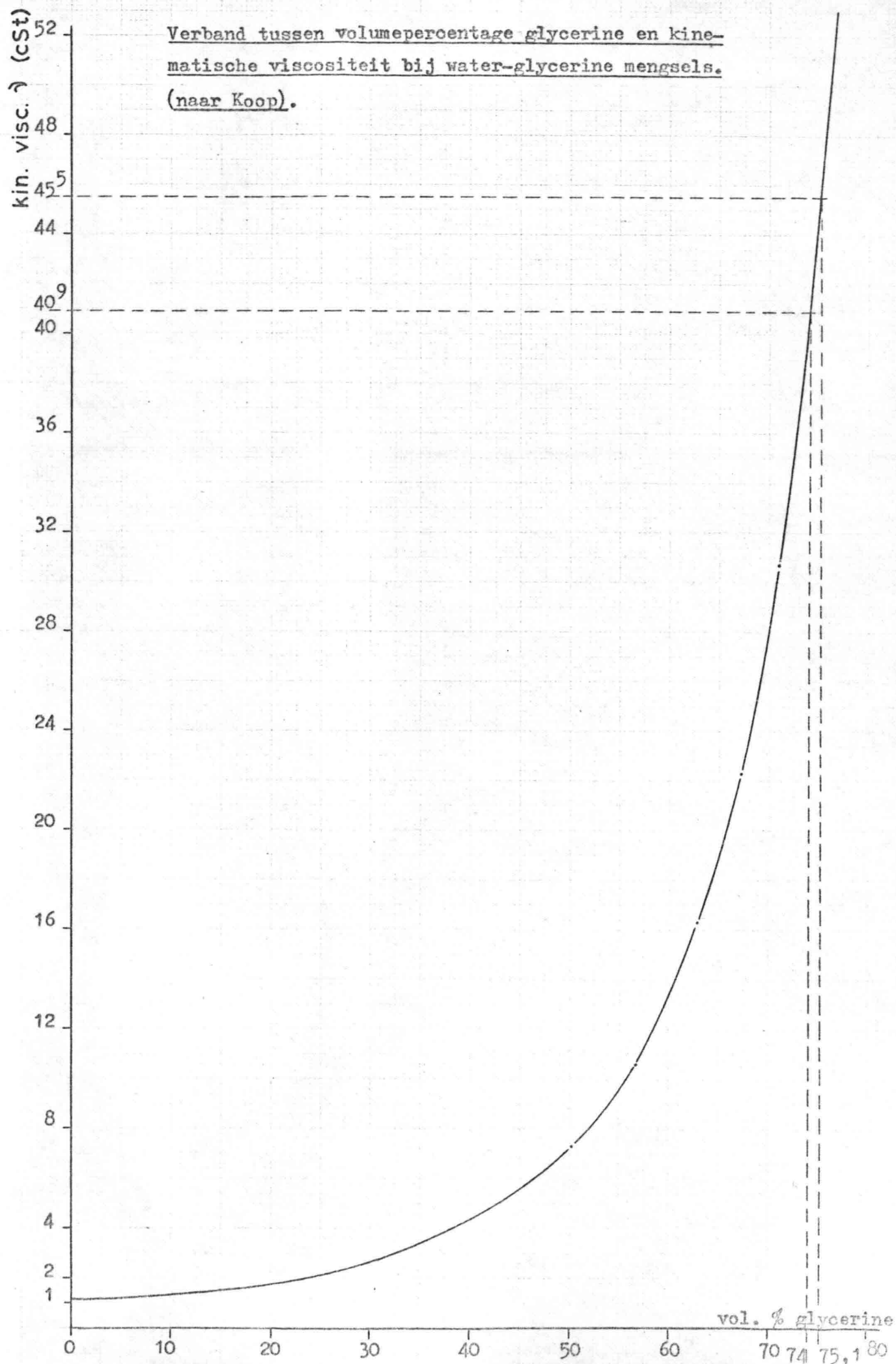
Geval 3.

Raai	h cm
r.v.w.l	35,0
I	34,7
II	33,5
III	32,3
IV	31,2
V	30,0
VI	28,7
VII	27,4
VIII	26,0
r.v.w.r	25,0

hoeveelh. uitgestr. vloeistof	tijd	debiet
cm ³	sec	cm ³ /sec
1865	60,2	31,0
1850	59,5	31,1
1780	57,3	31,1
1770	56,7	31,2
1790	57,7	31,0

$$Q_{\text{gem.}} = 31,1 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

Verband tussen volumepercentage glycerine en kine-
matische viscositeit bij water-glycerine mengsels.
(naar Koop).



Viscositeitsbepaling bij de registratie van de stijghoogten.

Geval	Vóór de registratie			Nà de registratie			$\rho_{\text{gemid.}}$	$t_{\text{gemid.}}$	$\nu_{\text{gemid.}}$
	temp.	ρ	val-tijden	temp.	ρ	val-tijden			
	$^{\circ}\text{C}$	kg/dm^3	sec	$^{\circ}\text{C}$	kg/dm^3	sec	kg/dm^3	sec	m^2/sec
1a	17,9	1,206	73,6 73,4 73,2	19,3	1,206	69,2 68,9 68,8	1,206	71,2	$47,9 \cdot 10^{-6}$
2a	19,9	1,206	66,3 66,6 66,5	20,2	1,206	66,2 66,4 66,2	1,206	66,4	$44,7 \cdot 10^{-6}$
3a	18,7	1,206	68,2 67,9 67,9	19,9	1,206	65,8 65,9 66,2	1,206	67,0	$45,1 \cdot 10^{-6}$
1b	19,9	1,204	62,6 62,5 62,4	20,4	1,204	61,0 61,1 61,2	1,204	61,8	$41,7 \cdot 10^{-6}$
2b	20,4	1,204	61,0 61,1 61,2	20,8	1,204	59,7 59,7 59,8	1,204	60,4	$40,8 \cdot 10^{-6}$
3b	19,7	1,205	63,6 63,7 63,8	20,0	1,205	62,1 62,2 62,3	1,205	62,9	$42,5 \cdot 10^{-6}$

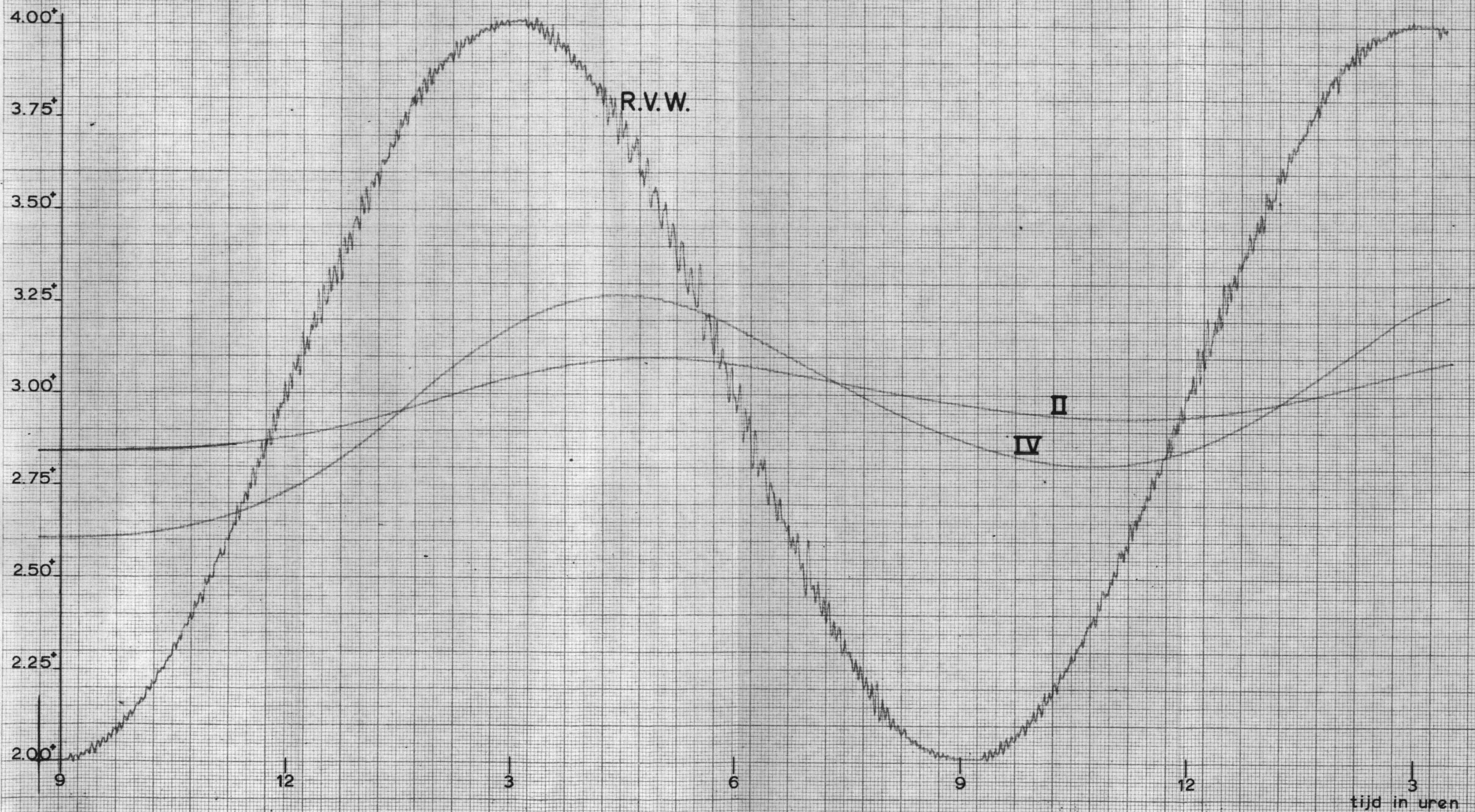
Viscositeitsbepaling bij de registratie van het freatisch vlak.

Geval	Vóór de registratie			Nà de registratie			$\rho_{\text{gemid.}}$	$t_{\text{gemid.}}$	$\nu_{\text{gemid.}}$
	temp.	ρ	val-tijden	temp.	ρ	val-tijden			
	$^{\circ}\text{C}$	kg/dm^3	sec	$^{\circ}\text{C}$	kg/dm^3	sec	kg/dm^3	sec	m^2/sec
1a 2a 3a	19,9	1,206	65,8 65,9 66,2	20,5	1,206	64,1 63,9 64,0	1,206	65,0	$43,8 \cdot 10^{-6}$
1b 2b 3b	20,0	1,205	61,6 61,3 61,2	20,6	1,205	60,3 60,4 60,2	1,205	60,8	$41,0 \cdot 10^{-6}$

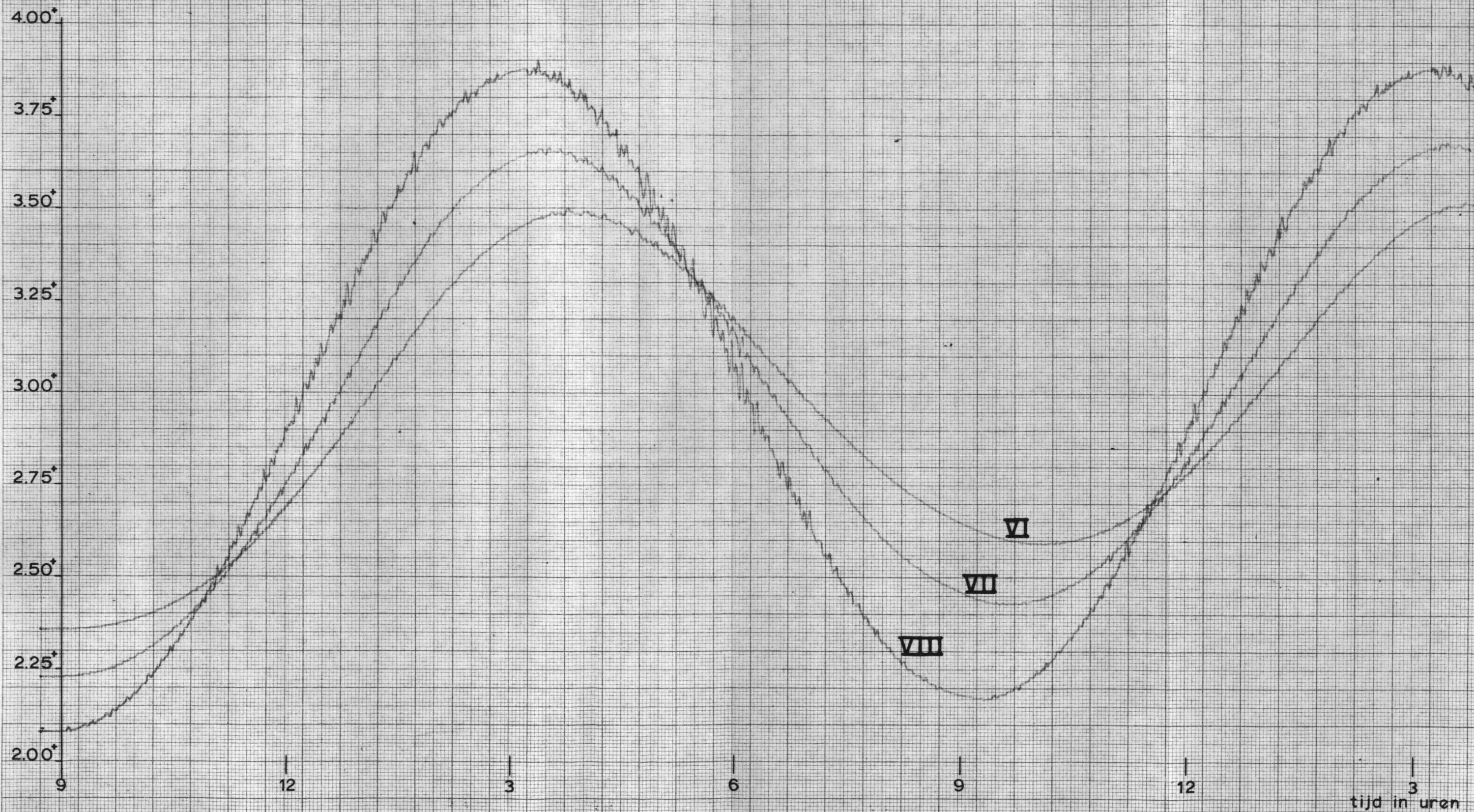
N.B. Bij alle viscositeitsbepalingen is gebruik gemaakt van kogel 3 met $\rho_k = 8,115 \text{ kg/dm}^3$ en $K = 0,1176$. (zie bijlage 1).

De viscositeit is berekend met de formule: $\nu = \frac{t \cdot (\rho_k - \rho) \cdot K}{\rho}$.

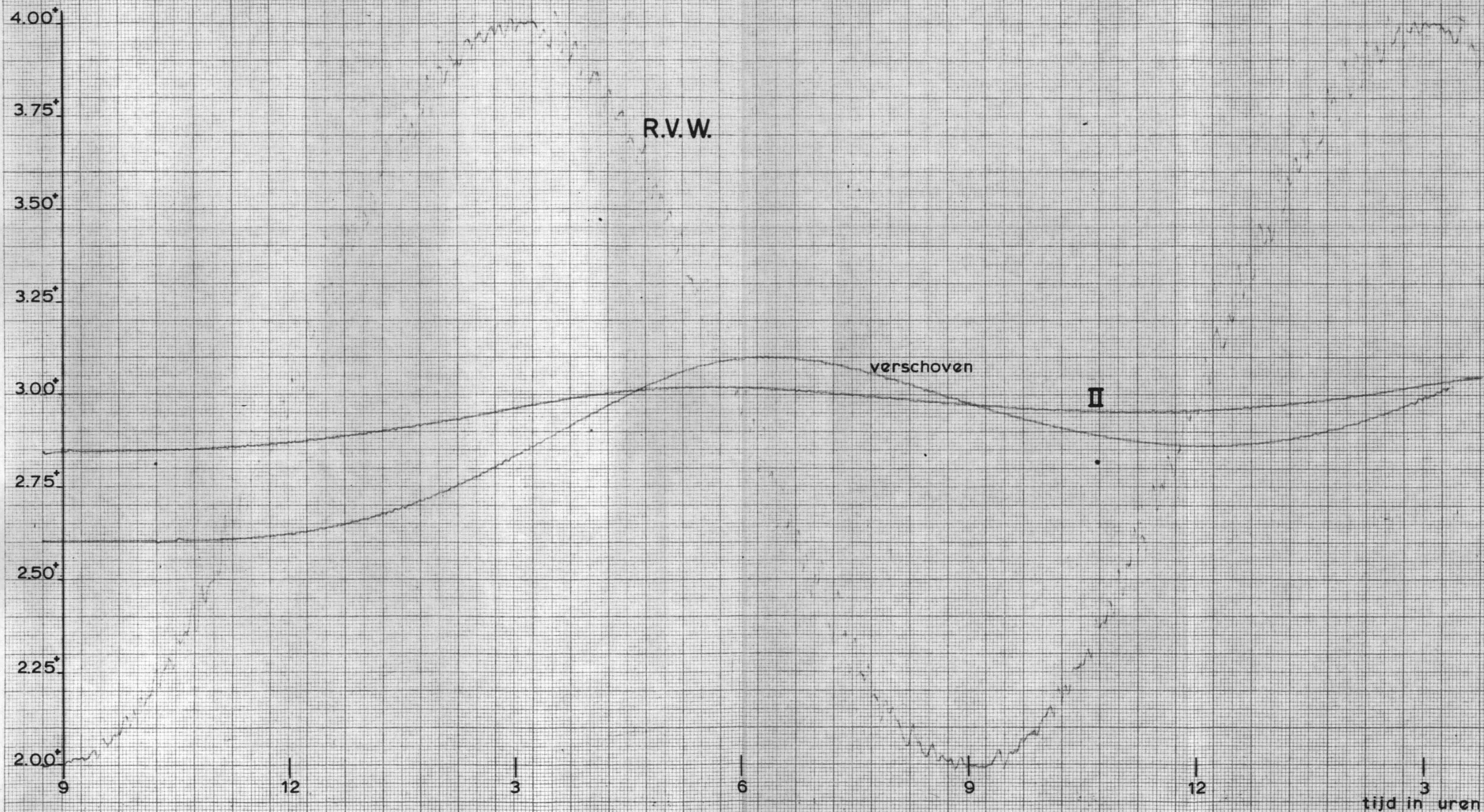
Registratie stijghoogten geval 1a ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 27 \text{ sec}$; $\nu = 47,9 \text{ cSt}$.



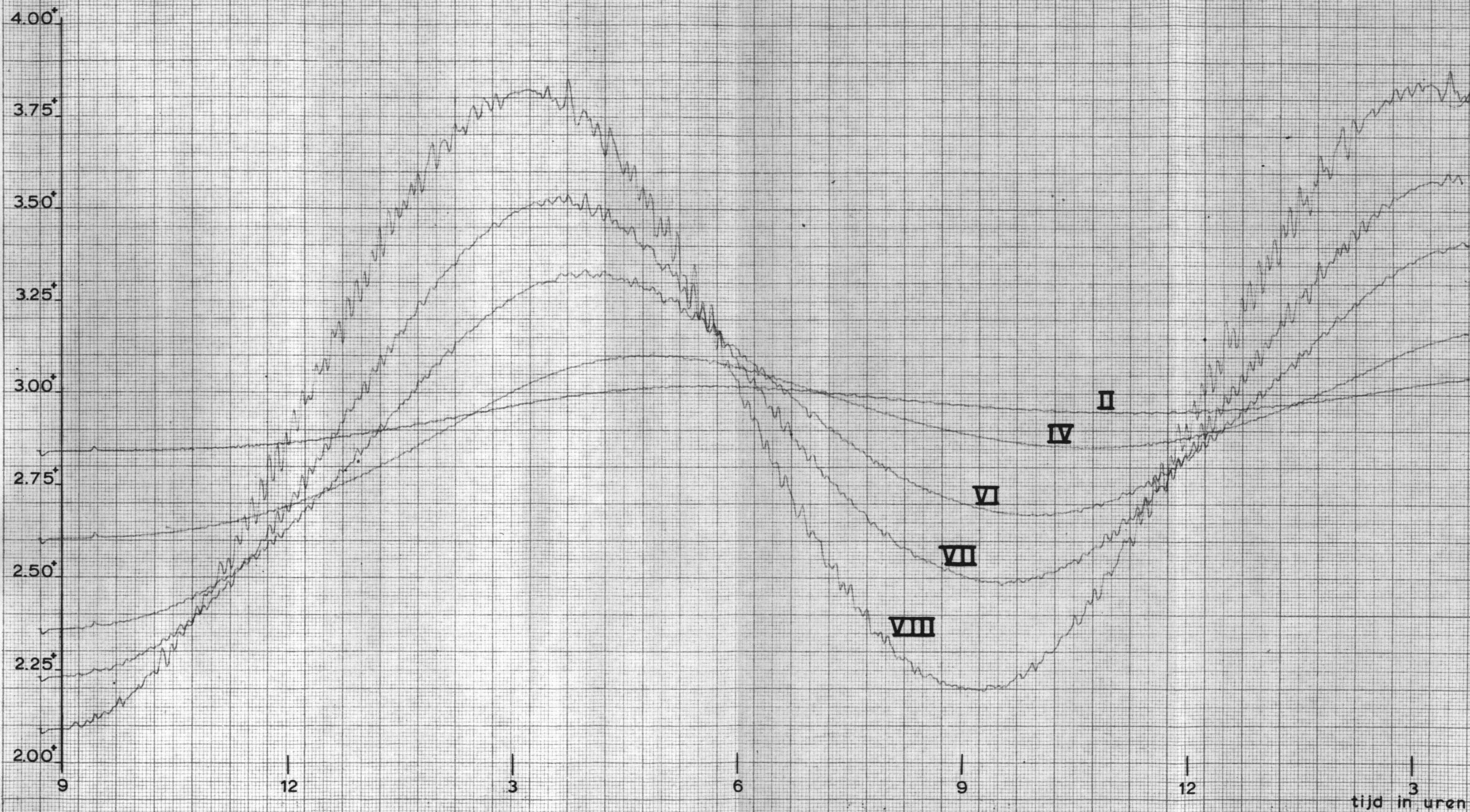
Registratie stijghoogten geval 1a ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 27$ sec ; $\nu = 47.9$ cSt.



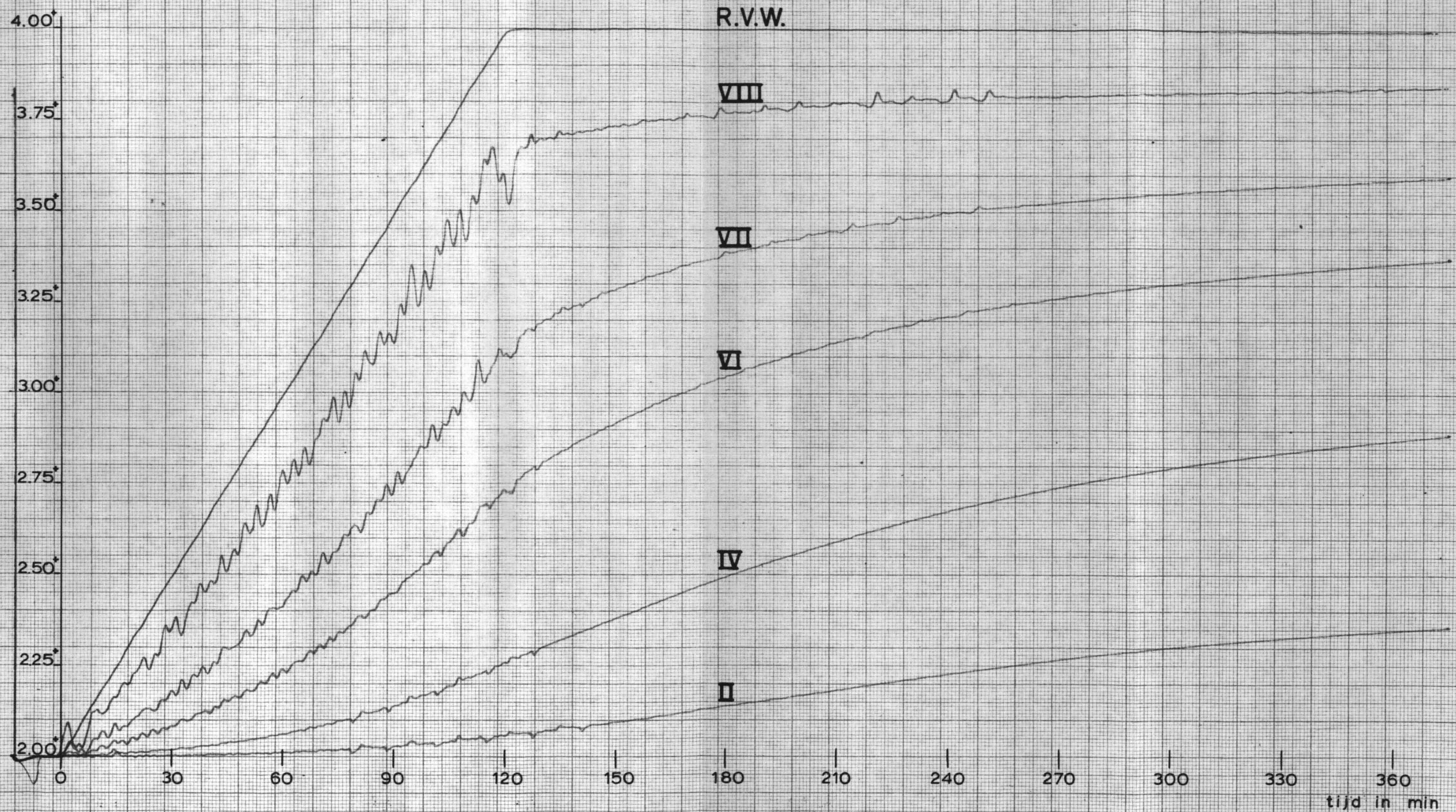
Registratie stijghoogten geval 2a ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,4$)
 $t_m = 13,5$ sec; $\gamma = 44,7$ cSt.



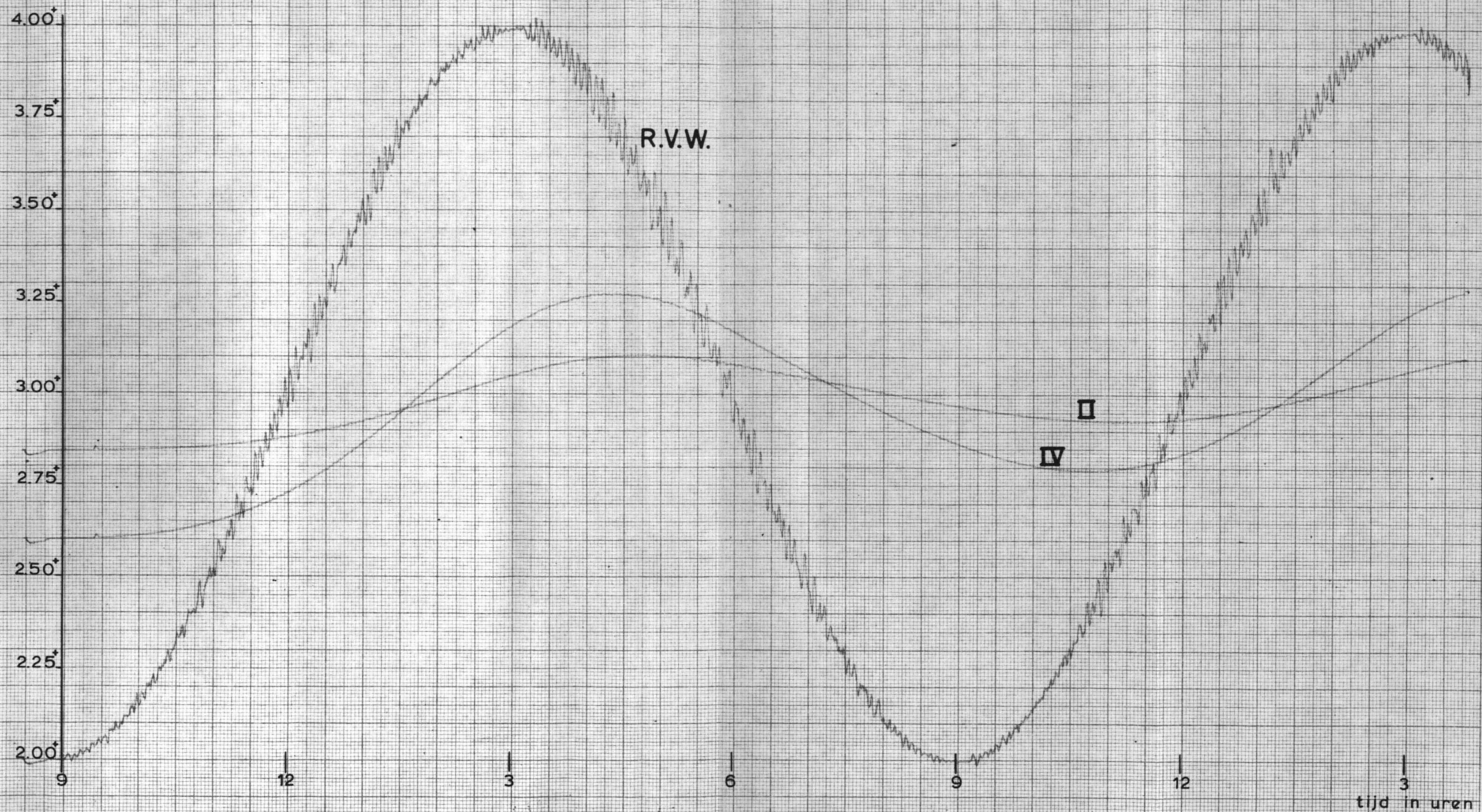
Registratie stijghoogten geval 2a ($k_p = 10^{-6}$; $n_e = 0,4$)
 $t_m = 13,5$ sec; $\nu = 44,7$ cSt.



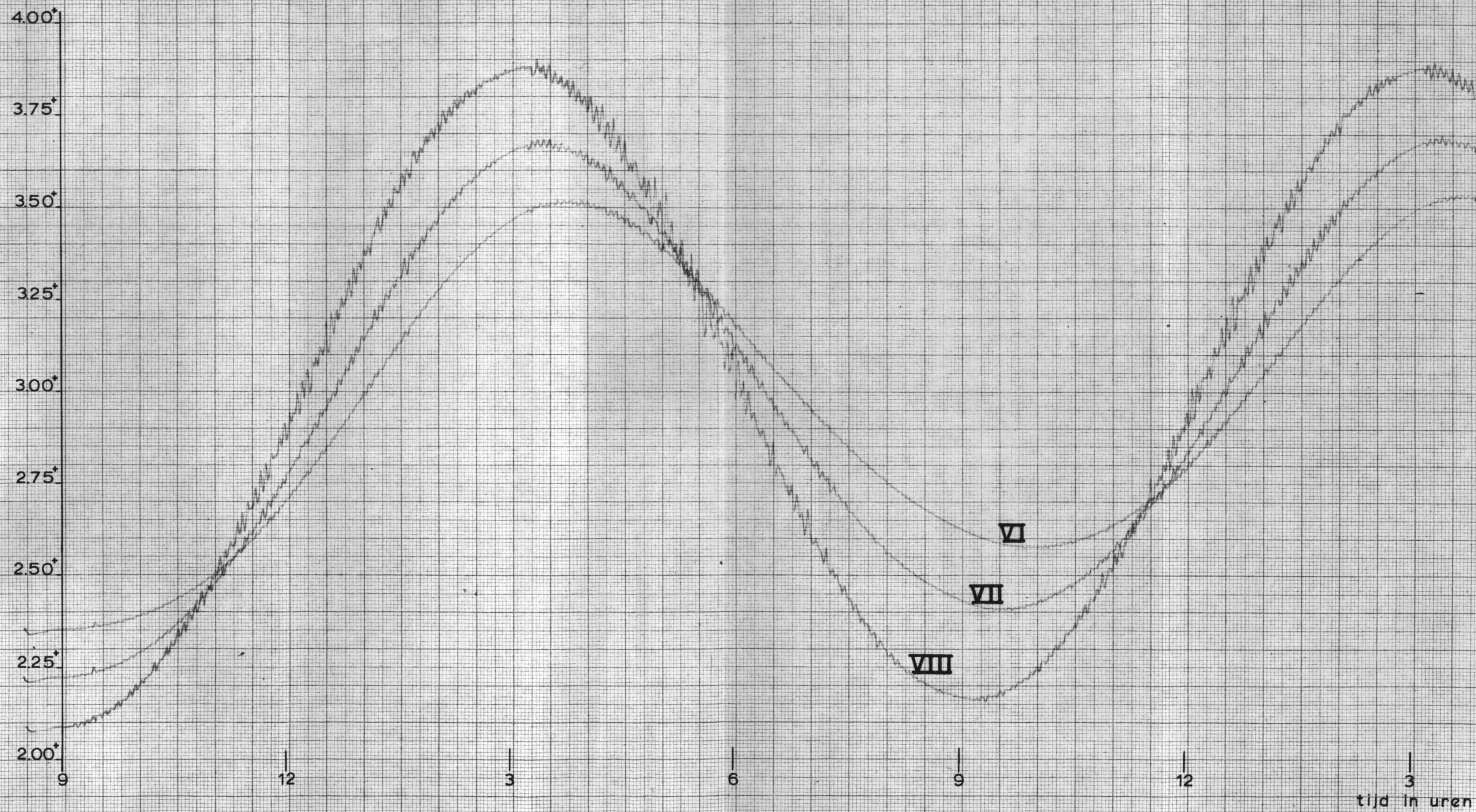
Registratie stijghoogten geval 3a ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 4,5$ sec; $\gamma = 45,1$ cSt.



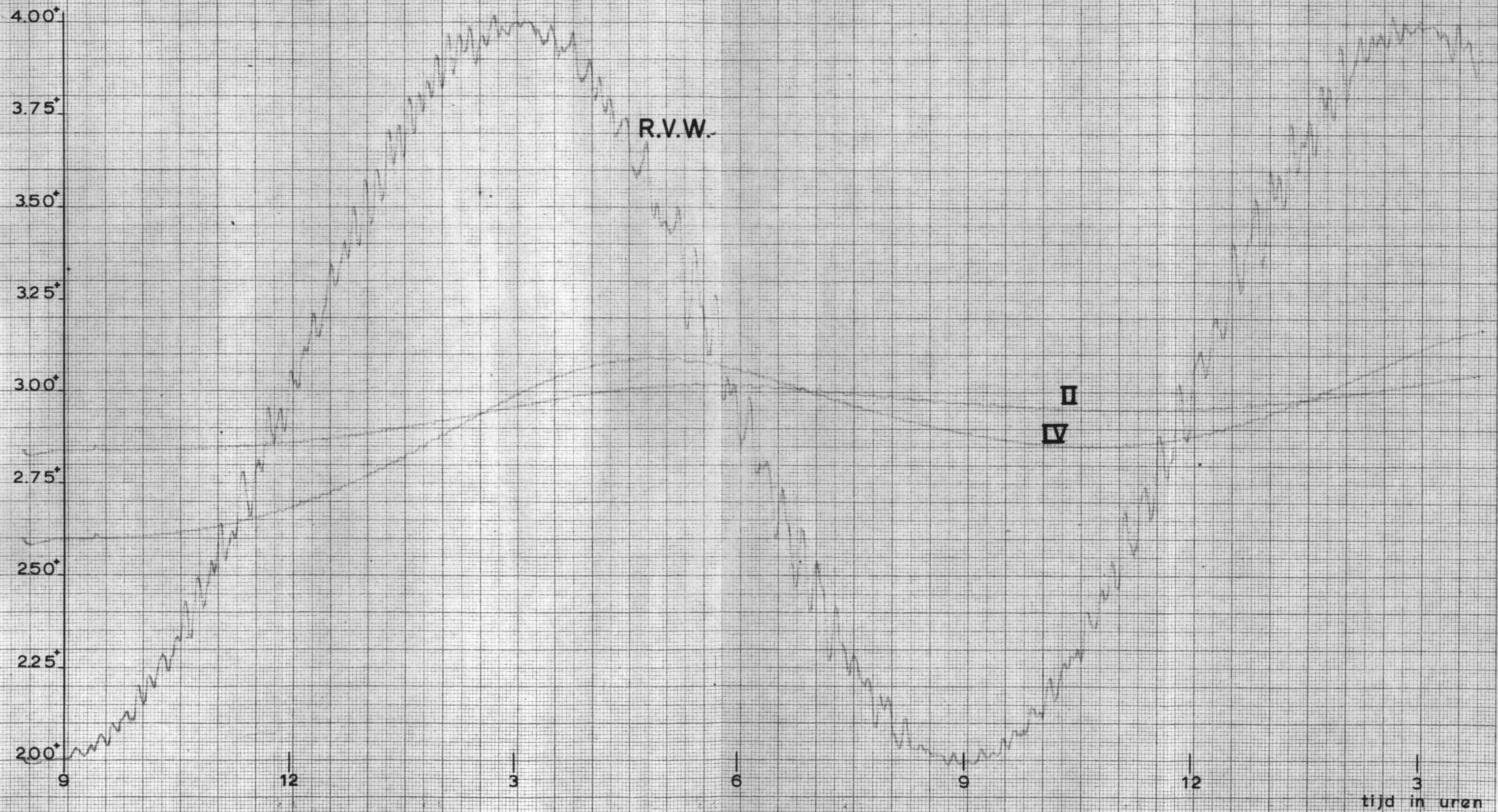
Registratie stijghoogten geval 1b ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 24,3$ sec; $\nu = 41,7$ cSt.



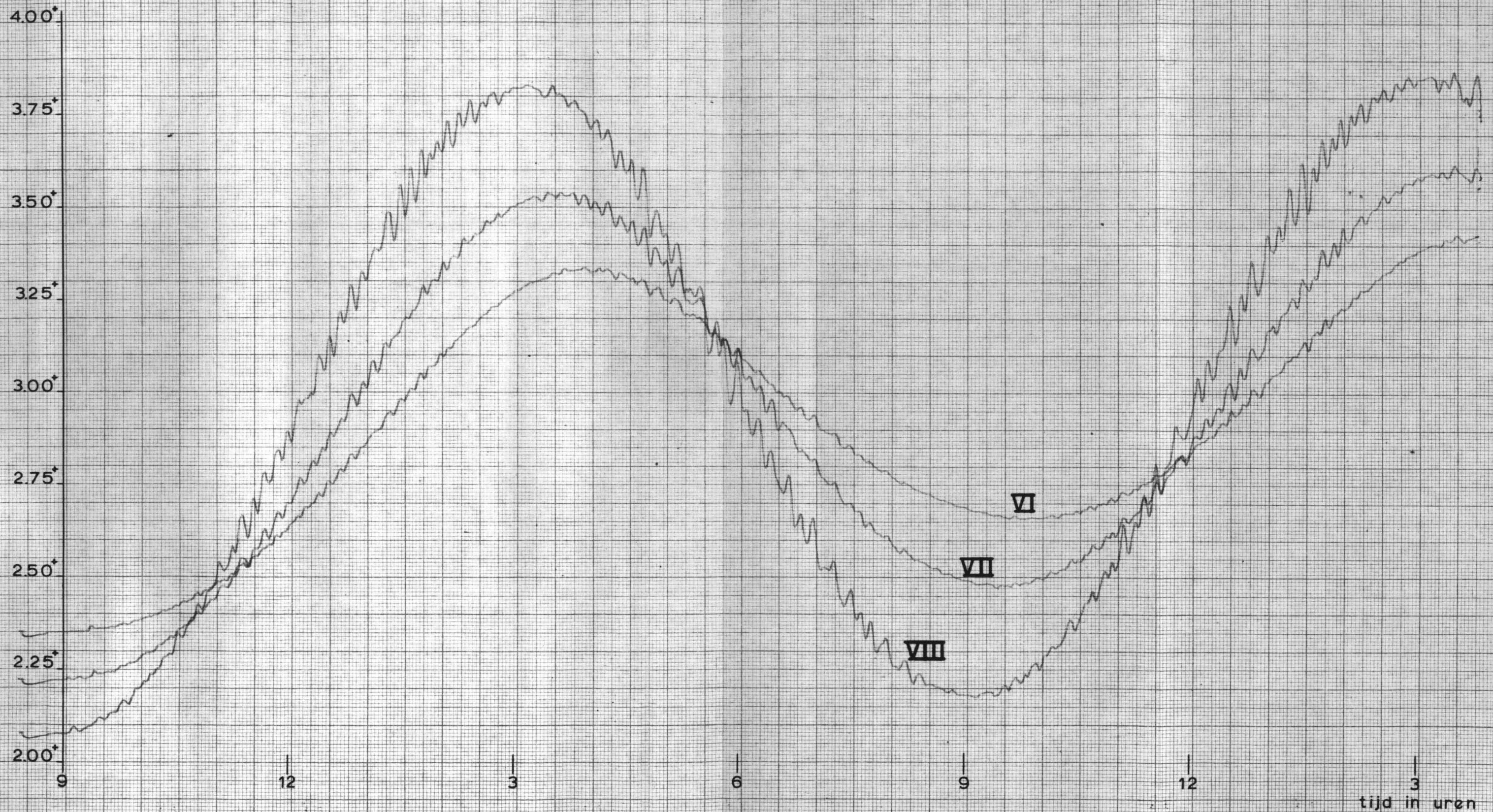
Registratie stijghoogten geval 1b ($\kappa_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 24,3$ sec; $\nu = 41,7$ cSt.



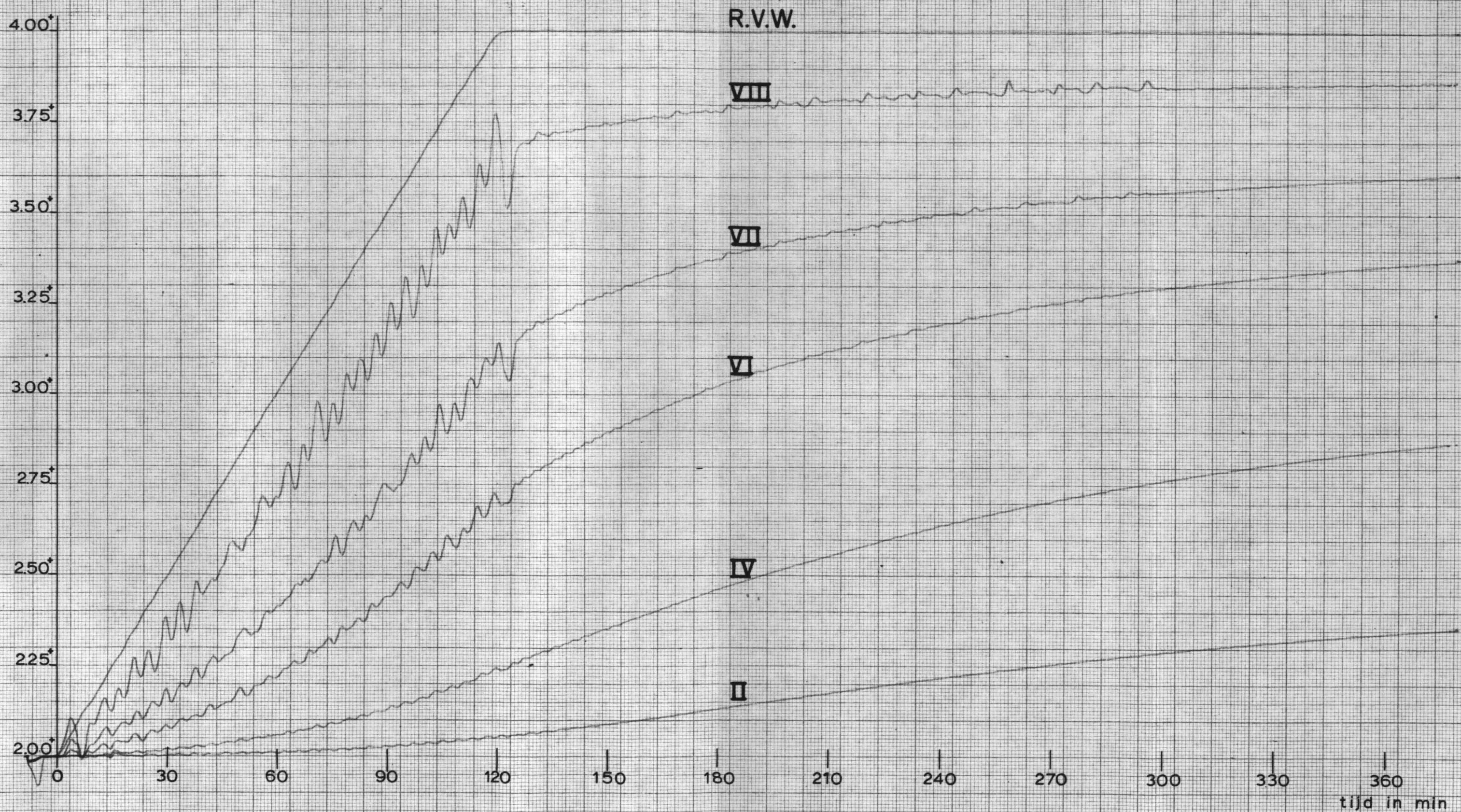
Registratie stijghoogten geval 2b ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,4$)
 $t_m = 12.15 \text{ sec}$; $\nu = 40.8 \text{ cSt}$.



Registratie stijghoogten geval 2b ($k_p = 10^{-4}$; $\eta_e = 0,4$)
 $t_m = 12,15$ sec; $\nu = 40,8$ cSt.



Registratie stijghoogten geval 3b ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)
 $t_m = 4,05$ sec; $\eta = 42,5$ cSt.



VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ PERIODIEK VERLOPENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie film geval 1a: $t_m = 27 \text{ sec}$, $\nu = 43,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

tijd uren	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
9.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,39	2,26	2,12	2,00
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,27	2,13	2,03
10.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,53	2,41	2,28	2,17	2,13
.30	2,98	2,87	2,76	2,65	2,54	2,42	2,32	2,26	2,29
11.00	2,98	2,88	2,77	2,66	2,56	2,46	2,39	2,40	2,50
.30	2,98	2,88	2,78	2,68	2,59	2,52	2,50	2,58	2,74
12.00	2,98	2,88	2,79	2,70	2,63	2,61	2,63	2,80	3,00
0.30	2,99	2,90	2,82	2,76	2,72	2,72	2,78	3,04	3,26
1.00	3,00	2,92	2,86	2,82	2,80	2,84	2,96	3,27	3,50
.30	3,01	2,94	2,91	2,88	2,90	2,98	3,16	3,51	3,71
2.00	3,01	2,96	2,95	2,95	3,00	3,12	3,32	3,68	3,87
.30	3,02	3,00	3,00	3,03	3,12	3,26	3,46	3,81	3,97
3.00	3,03	3,03	3,06	3,10	3,20	3,36	3,57	3,88	4,00
.30	3,04	3,06	3,11	3,17	3,28	3,44	3,65	3,92	3,97
4.00	3,04	3,08	3,14	3,22	3,34	3,50	3,68	3,88	3,87
.30	3,05	3,10	3,17	3,26	3,37	3,52	3,67	3,80	3,71
5.00	3,06	3,12	3,19	3,28	3,38	3,50	3,63	3,67	3,50
.30	3,06	3,12	3,19	3,28	3,37	3,46	3,54	3,53	3,26
6.00	3,06	3,12	3,19	3,26	3,34	3,40	3,42	3,32	3,00
.30	3,06	3,11	3,17	3,23	3,28	3,32	3,28	3,12	2,74
7.00	3,06	3,10	3,16	3,20	3,22	3,21	3,14	2,93	2,50
.30	3,05	3,09	3,12	3,14	3,14	3,10	2,99	2,73	2,29
8.00	3,04	3,08	3,09	3,10	3,07	3,00	2,86	2,57	2,13
.30	3,04	3,06	3,06	3,04	2,99	2,90	2,73	2,40	2,03
9.00	3,04	3,04	3,02	2,98	2,92	2,81	2,63	2,31	2,00
.30	3,03	3,02	2,98	2,93	2,85	2,72	2,53	2,25	2,03
10.00	3,03	3,00	2,96	2,90	2,81	2,68	2,50	2,25	2,13
.30	3,02	2,98	2,94	2,86	2,75	2,65	2,49	2,32	2,29
11.00	3,02	2,97	2,91	2,84	2,75	2,64	2,52	2,44	2,50
.30	3,02	2,96	2,90	2,83	2,75	2,67	2,60	2,62	2,74
12.00	3,02	2,96	2,90	2,84	2,78	2,72	2,72	2,82	3,00
0.30	3,02	2,96	2,91	2,86	2,82	2,80	2,85	3,06	3,26
1.00	3,02	2,96	2,93	2,90	2,88	2,91	3,00	3,28	3,50
.30	3,02	2,98	2,96	2,96	2,98	3,05	3,19	3,52	3,71
2.00	3,03	3,02	3,00	3,02	3,07	3,17	3,36	3,69	3,87
.30	3,03	3,04	3,05	3,09	3,17	3,30	3,51	3,82	3,97
3.00	3,04	3,07	3,11	3,17	3,28	3,42	3,63	3,90	4,00

VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ PERIODIEK VERLOPENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie film geval 2a: $t_m = 13,5 \text{ sec}$, $\nu = 43,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

tijd uren	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
9.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,39	2,26	2,12	2,00
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,27	2,13	2,03
10.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,28	2,15	2,13
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,53	2,41	2,30	2,22	2,29
11.00	2,98	2,88	2,76	2,64	2,54	2,43	2,34	2,34	2,50
.30	2,98	2,88	2,77	2,65	2,55	2,46	2,41	2,51	2,74
12.00	2,99	2,88	2,78	2,67	2,58	2,51	2,51	2,70	3,00
0.30	2,99	2,88	2,78	2,69	2,60	2,58	2,62	2,92	3,26
1.00	2,99	2,89	2,80	2,72	2,66	2,66	2,76	3,16	3,50
.30	2,99	2,90	2,83	2,76	2,72	2,76	2,92	3,38	3,71
2.00	3,00	2,92	2,84	2,80	2,79	2,86	3,07	3,55	3,87
.30	3,00	2,93	2,88	2,86	2,88	3,00	3,24	3,73	3,97
3.00	3,00	2,94	2,91	2,90	2,94	3,08	3,34	3,81	4,00
.30	3,01	2,96	2,93	2,94	2,99	3,14	3,40	3,83	3,97
4.00	3,02	2,98	2,96	2,98	3,04	3,20	3,46	3,83	3,87
.30	3,02	2,99	2,98	3,02	3,09	3,25	3,48	3,79	3,71
5.00	3,03	3,01	3,01	3,05	3,13	3,28	3,48	3,70	3,50
.30	3,03	3,01	3,02	3,06	3,14	3,28	3,44	3,56	3,26
6.00	3,03	3,02	3,03	3,08	3,16	3,26	3,39	3,40	3,00
.30	3,04	3,03	3,04	3,09	3,16	3,24	3,32	3,25	2,74
7.00	3,04	3,04	3,05	3,09	3,13	3,18	3,22	3,08	2,50
.30	3,04	3,04	3,05	3,08	3,11	3,14	3,12	2,93	2,29
8.00	3,04	3,04	3,04	3,06	3,08	3,09	3,03	2,78	2,13
.30	3,04	3,04	3,04	3,04	3,05	3,02	2,93	2,64	2,03
9.00	3,04	3,03	3,02	3,02	2,99	2,93	2,79	2,50	2,00
.30	3,04	3,02	3,01	3,00	2,96	2,88	2,74	2,40	2,03
10.00	3,03	3,01	3,00	2,97	2,92	2,84	2,68	2,36	2,13
.30	3,03	3,00	2,98	2,96	2,90	2,80	2,64	2,37	2,29
11.00	3,03	3,00	2,97	2,94	2,88	2,78	2,64	2,45	2,50
.30	3,03	3,00	2,96	2,94	2,87	2,78	2,66	2,59	2,74
12.00	3,03	3,00	2,96	2,93	2,86	2,79	2,71	2,75	3,00
0.30	3,03	3,00	2,96	2,92	2,88	2,82	2,79	2,96	3,26
1.00	3,03	3,00	2,97	2,94	2,90	2,87	2,90	3,17	3,50
.30	3,03	3,00	2,98	2,96	2,94	2,94	3,04	3,39	3,71
2.00	3,03	3,00	2,99	2,98	2,98	3,03	3,17	3,58	3,87
.30	3,03	3,01	3,00	3,01	3,04	3,13	3,32	3,75	3,97
3.00	3,03	3,03	3,03	3,06	3,10	3,22	3,44	3,84	4,00

VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ PERIODIEK VERLOPENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie film geval 1b: $t_m = 24,3$ sec, $\nu = 41,0 \cdot 10^{-6}$ m²/sec.

tijd uren	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
9.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,39	2,26	2,12	2,00
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,27	2,13	2,03
10.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,53	2,41	2,28	2,17	2,13
.30	2,98	2,87	2,76	2,65	2,54	2,42	2,32	2,26	2,29
11.00	2,98	2,88	2,77	2,66	2,55	2,46	2,39	2,39	2,50
.30	2,98	2,88	2,78	2,68	2,59	2,53	2,49	2,57	2,74
12.00	2,98	2,88	2,79	2,70	2,63	2,61	2,62	2,80	3,00
0.30	2,99	2,90	2,82	2,75	2,70	2,70	2,77	3,04	3,26
1.00	2,99	2,92	2,86	2,80	2,79	2,81	2,94	3,26	3,50
.30	3,00	2,94	2,89	2,86	2,87	2,95	3,12	3,50	3,71
2.00	3,00	2,97	2,94	2,94	2,98	3,09	3,29	3,68	3,87
.30	3,02	3,00	3,00	3,02	3,09	3,22	3,44	3,80	3,97
3.00	3,03	3,02	3,04	3,10	3,18	3,34	3,56	3,88	4,00
.30	3,03	3,04	3,08	3,14	3,24	3,41	3,63	3,90	3,97
4.00	3,04	3,08	3,12	3,20	3,32	3,47	3,66	3,89	3,87
.30	3,04	3,09	3,15	3,24	3,35	3,50	3,66	3,80	3,71
5.00	3,05	3,10	3,17	3,25	3,36	3,48	3,60	3,68	3,50
.30	3,06	3,12	3,18	3,26	3,36	3,45	3,54	3,52	3,26
6.00	3,06	3,12	3,18	3,25	3,32	3,40	3,42	3,33	3,00
.30	3,05	3,11	3,16	3,22	3,28	3,31	3,29	3,13	2,74
7.00	3,05	3,10	3,14	3,18	3,22	3,21	3,14	2,93	2,50
.30	3,05	3,09	3,12	3,14	3,14	3,11	3,00	2,74	2,29
8.00	3,04	3,08	3,10	3,09	3,08	3,02	2,88	2,58	2,13
.30	3,04	3,06	3,06	3,04	3,00	2,91	2,74	2,42	2,03
9.00	3,04	3,04	3,02	3,00	2,94	2,83	2,65	2,32	2,00
.30	3,04	3,02	2,99	2,94	2,86	2,74	2,54	2,25	2,03
10.00	3,03	3,00	2,96	2,90	2,82	2,69	2,50	2,25	2,13
.30	3,02	2,98	2,93	2,87	2,78	2,66	2,50	2,32	2,29
11.00	3,02	2,98	2,92	2,86	2,76	2,66	2,53	2,44	2,50
.30	3,02	2,97	2,91	2,85	2,76	2,68	2,60	2,62	2,74
12.00	3,02	2,97	2,92	2,85	2,78	2,73	2,71	2,82	3,00
0.30	3,02	2,97	2,92	2,87	2,82	2,80	2,84	3,06	3,26
1.00	3,02	2,98	2,94	2,90	2,88	2,90	3,00	3,28	3,50
.30	3,03	2,99	2,96	2,96	2,97	3,03	3,18	3,52	3,71
2.00	3,03	3,01	3,00	3,02	3,06	3,15	3,34	3,69	3,87
.30	3,03	3,04	3,04	3,08	3,15	3,28	3,48	3,82	3,97
3.00	3,04	3,07	3,10	3,16	3,25	3,40	3,60	3,90	4,00

VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ PERIODIEK VERLOPENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie film geval 2b: $t_m = 12,15 \text{ sec}$, $\gamma = 41,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

tijd uren	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
9.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,26	2,12	2,00
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,27	2,13	2,03
10.00	2,98	2,87	2,76	2,64	2,52	2,40	2,28	2,15	2,13
.30	2,98	2,87	2,76	2,64	2,53	2,41	2,30	2,22	2,29
11.00	2,98	2,87	2,76	2,65	2,54	2,43	2,34	2,33	2,50
.30	2,98	2,87	2,77	2,66	2,54	2,46	2,40	2,49	2,74
12.00	2,99	2,88	2,78	2,67	2,57	2,51	2,50	2,68	3,00
0.30	2,99	2,88	2,78	2,69	2,60	2,58	2,60	2,90	3,26
1.00	2,99	2,89	2,80	2,72	2,66	2,65	2,72	3,12	3,50
.30	2,99	2,90	2,82	2,75	2,72	2,74	2,88	3,36	3,71
2.00	3,00	2,92	2,84	2,79	2,77	2,83	3,03	3,54	3,87
.30	3,00	2,92	2,87	2,84	2,85	2,95	3,20	3,73	3,97
3.00	3,00	2,94	2,90	2,89	2,92	3,06	3,32	3,81	4,00
.30	3,00	2,96	2,92	2,93	2,96	3,11	3,38	3,84	3,97
4.00	3,00	2,96	2,94	2,96	3,00	3,16	3,42	3,83	3,87
.30	3,01	2,98	2,96	2,98	3,05	3,20	3,46	3,79	3,71
5.00	3,02	2,98	2,98	3,01	3,08	3,24	3,46	3,70	3,50
.30	3,02	3,00	3,00	3,04	3,11	3,25	3,43	3,56	3,26
6.00	3,02	3,00	3,02	3,05	3,12	3,24	3,37	3,43	3,00
.30	3,02	3,01	3,03	3,06	3,12	3,20	3,31	3,26	2,74
7.00	3,03	3,01	3,03	3,06	3,10	3,17	3,22	3,10	2,50
.30	3,03	3,02	3,03	3,05	3,08	3,12	3,12	2,94	2,29
8.00	3,03	3,02	3,03	3,04	3,06	3,07	3,02	2,80	2,13
.30	3,03	3,02	3,02	3,02	3,03	3,01	2,92	2,64	2,03
9.00	3,02	3,01	3,01	3,01	3,00	2,96	2,85	2,52	2,00
.30	3,02	3,01	3,00	2,99	2,96	2,89	2,75	2,42	2,03
10.00	3,02	3,00	2,99	2,97	2,92	2,84	2,69	2,38	2,13
.30	3,02	3,00	2,99	2,96	2,90	2,82	2,67	2,39	2,29
11.00	3,02	3,00	2,97	2,94	2,88	2,79	2,65	2,45	2,50
.30	3,02	2,99	2,96	2,93	2,87	2,78	2,66	2,58	2,74
12.00	3,02	2,99	2,96	2,92	2,87	2,79	2,72	2,74	3,00
0.30	3,02	2,99	2,96	2,93	2,88	2,82	2,79	2,95	3,26
1.00	3,02	2,98	2,96	2,93	2,90	2,86	2,89	3,16	3,50
.30	3,02	2,99	2,97	2,95	2,94	2,94	3,02	3,38	3,71
2.00	3,02	3,00	2,99	2,98	2,98	3,02	3,16	3,58	3,87
.30	3,03	3,01	3,00	3,01	3,04	3,11	3,30	3,75	3,97
3.00	3,03	3,01	3,03	3,06	3,10	3,20	3,42	3,84	4,00

VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ LINEAIR STIJGENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie geval 3a: $t_m = 4,5 \text{ sec}$, $\gamma = 43,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

tijd min.	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
0	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,00
15	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,05	2,06	2,10	2,25
30	2,04	2,05	2,05	2,06	2,06	2,08	2,11	2,26	2,50
45	2,04	2,05	2,06	2,06	2,08	2,11	2,19	2,46	2,75
60	2,04	2,05	2,06	2,08	2,10	2,16	2,29	2,65	3,00
75	2,04	2,06	2,07	2,10	2,13	2,23	2,42	2,87	3,25
90	2,05	2,06	2,08	2,12	2,18	2,32	2,58	3,11	3,50
105	2,05	2,07	2,10	2,16	2,24	2,42	2,74	3,32	3,75
120	2,06	2,08	2,12	2,20	2,32	2,54	2,92	3,56	4,00
135	2,06	2,09	2,15	2,24	2,38	2,63	3,04	3,70	4,00
150	2,06	2,10	2,18	2,29	2,47	2,76	3,18	3,82	4,00

VERLOOP VAN HET VLOEISTOFNIVEAU (m) BIJ LINEAIR STIJGENDE RANDVOORWAARDE.

Registratie geval 3b: $t_m = 4,05 \text{ sec}$, $\gamma = 41,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

tijd min.	raai I	raai II	raai III	raai IV	raai V	raai VI	raai VII	raai VIII	rand- voorw.
0	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,00
15	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,05	2,06	2,10	2,25
30	2,04	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	2,10	2,26	2,50
45	2,04	2,05	2,06	2,06	2,08	2,10	2,18	2,46	2,75
60	2,04	2,05	2,06	2,08	2,10	2,15	2,28	2,65	3,00
75	2,05	2,06	2,07	2,10	2,14	2,22	2,41	2,87	3,25
90	2,05	2,06	2,08	2,12	2,18	2,31	2,56	3,10	3,50
105	2,05	2,06	2,10	2,14	2,23	2,39	2,70	3,32	3,75
120	2,05	2,08	2,12	2,18	2,30	2,50	2,87	3,56	4,00
135	2,05	2,08	2,14	2,20	2,36	2,60	3,02	3,70	4,00
150	2,05	2,10	2,16	2,26	2,44	2,70	3,14	3,80	4,00

Schatting van de relatieve, de procentuele en de mogelijke fout bij de viscositeitsbepaling voor de niet-permanente gevallen.

$$\eta = \frac{t(\rho_1 - \rho_2) \cdot K}{\rho_2} \longrightarrow \frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta \rho_1 + \Delta \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} + \frac{\Delta \rho_2}{\rho_2} + \frac{\Delta K}{K} \quad (\rho_1 = 8,115 \text{ kg/dm}^3, K = 0,1176)$$

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta t}{t} + \frac{0,0005}{8,115} + \frac{0,0005}{1,206} + \frac{0,0005}{1,206} + \frac{0,00005}{0,1176}$$

$$= \frac{\Delta t}{t} + 0,0001 + 0,0004 + 0,0004 = \frac{\Delta t}{t} + 0,0009$$

Viscositeitsbepaling bij de registratie van de stijghoogten.

Geval	$\eta_{\text{gem.}}$	ρ_2	$t_{\text{gem.}}$	R_t ')	$\Delta t = 1,2 \cdot R_t$ ")	$\frac{\Delta t}{t}$	$\frac{\Delta \eta}{\eta}$	$\frac{\Delta \eta}{\eta}$	$\Delta \eta$
	m ² /sec	kg/dm ³	sec	sec	sec			%	m ² /sec
1a	47,9 · 10 ⁻⁶	1,206	71,2	4,8	6	0,08	0,08	8	4 · 10 ⁻⁶
2a	44,7 · 10 ⁻⁶	1,206	66,4	0,4	0,5	0,008	0,009	1	0,4 · 10 ⁻⁶
3a	45,1 · 10 ⁻⁶	1,206	67,0	2,4	3	0,04	0,04	4	2 · 10 ⁻⁶

1b	41,7 · 10 ⁻⁶	1,204	61,8	1,6	2	0,03	0,03	3	1 · 10 ⁻⁶
2b	40,8 · 10 ⁻⁶	1,204	60,4	1,5	2	0,03	0,03	3	1 · 10 ⁻⁶
3b	42,5 · 10 ⁻⁶	1,205	62,9	1,7	2	0,03	0,03	3	1 · 10 ⁻⁶

Viscositeitsbepaling bij de registratie van het freatisch vlak.

Geval	$\eta_{\text{gem.}}$	ρ_2	$t_{\text{gem.}}$	R_t ')	$\Delta t = 1,2 \cdot R_t$ ")	$\frac{\Delta t}{t}$	$\frac{\Delta \eta}{\eta}$	$\frac{\Delta \eta}{\eta}$	$\Delta \eta$
	m ² /sec	kg/dm ³	sec	sec	sec			%	m ² /sec
1a 2a 3a	43,8 · 10 ⁻⁶	1,206	65,0	2,3	3	0,05	0,05	5	2 · 10 ⁻⁶

1b 2b 3b	41,0 · 10 ⁻⁶	1,205	60,8	1,4	2	0,03	0,03	3	1 · 10 ⁻⁶

') R_t is de spreidingsbreedte = het verschil tussen de grootste en de kleinste waarde in een serie waarnemingen.

") De mogelijke fout kan worden gesteld op 3 x de standaardafwijking. Een goede schatting voor de standaardafwijking is $s = A_n \cdot R$, waarbij $A_n = 0,4$ voor $n = 6$. Hieruit volgt dus $\Delta t = 3 \cdot 0,4 \cdot R_t = 1,2 \cdot R_t$.

Berekening van de verhouding k_p/n_{ep} voor de verschillende gevallen en een schatting van de relatieve en de mogelijke fout in k_p bij bepaalde waarden van n_{ep} .

$$\frac{k_p}{n_{ep}} = \frac{g \cdot B^2}{12} \cdot \frac{N_z}{t_p} \cdot \frac{t_m}{v} \longrightarrow \frac{\Delta k_p}{k_p} = 2 \cdot \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta t_m}{t_m} + \frac{\Delta v}{v}$$

$$\frac{\Delta k_p}{k_p} = 2 \cdot 0,01 + 0,005 + \frac{\Delta v}{v} = 0,025 + \frac{\Delta v}{v}$$

Bij de registratie van de stijghoogten.

Geval	$v_{gem.}$	t_m	k_p/n_{ep}	n_{ep}	k_p	$\frac{\Delta v}{v}$	$\frac{\Delta k_p}{k_p}$	Δk_p
	m ² /sec	sec	m/sec		m/sec		$\frac{\Delta k_p}{k_p}$	m/sec
1a	47,9 · 10 ⁻⁶	27	4,75 · 10 ⁻⁴	0,2	0,95 · 10 ⁻⁴	0,08	0,1	0,1 · 10 ⁻⁴
2a	44,7 · 10 ⁻⁶	13,5	2,54 · 10 ⁻⁴	0,4	1,02 · 10 ⁻⁴	0,009	0,03	0,03 · 10 ⁻⁴
3a	45,1 · 10 ⁻⁶	4,5	5,04 · 10 ⁻⁴	0,2	1,01 · 10 ⁻⁴	0,04	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴

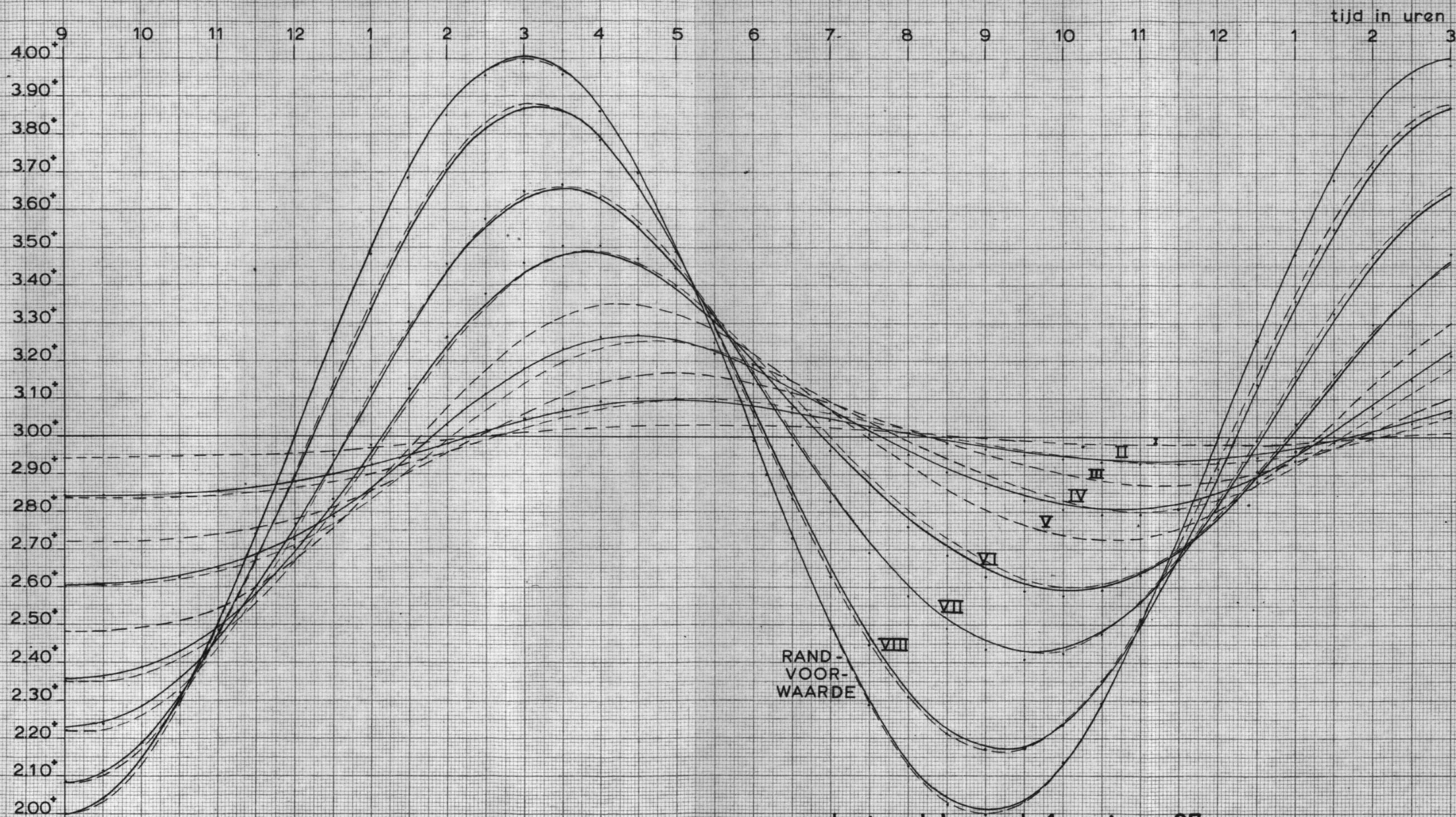
1b	41,7 · 10 ⁻⁶	24,3	4,91 · 10 ⁻⁴	0,2	0,98 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴
2b	40,8 · 10 ⁻⁶	12,15	2,51 · 10 ⁻⁴	0,4	1,00 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴
3b	42,5 · 10 ⁻⁶	4,05	4,82 · 10 ⁻⁴	0,2	0,96 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴

Bij de registratie van het freatisch vlak.

Geval	$v_{gem.}$	t_m	k_p/n_{ep}	n_{ep}	k_p	$\frac{\Delta v}{v}$	$\frac{\Delta k_p}{k_p}$	Δk_p
	m ² /sec	sec	m/sec		m/sec		$\frac{\Delta k_p}{k_p}$	m/sec
1a	43,8 · 10 ⁻⁶	27	5,19 · 10 ⁻⁴	0,2	1,04 · 10 ⁻⁴	0,05	0,08	0,08 · 10 ⁻⁴
2a	43,8 · 10 ⁻⁶	13,5	2,60 · 10 ⁻⁴	0,4	1,04 · 10 ⁻⁴	0,05	0,08	0,08 · 10 ⁻⁴
3a	43,8 · 10 ⁻⁶	4,5	5,19 · 10 ⁻⁴	0,2	1,04 · 10 ⁻⁴	0,05	0,08	0,08 · 10 ⁻⁴

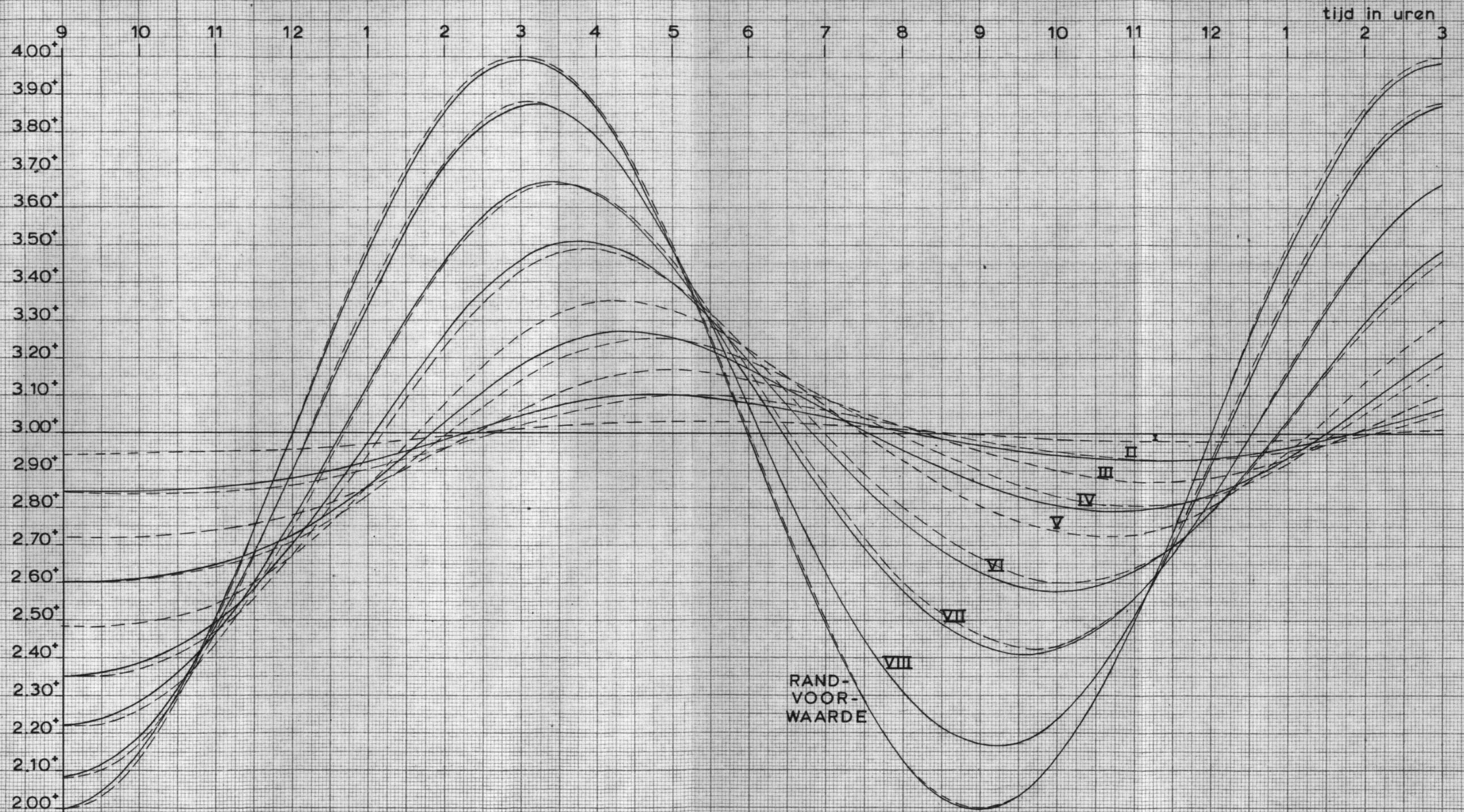
1b	41,0 · 10 ⁻⁶	24,3	4,99 · 10 ⁻⁴	0,2	1,00 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴
2b	41,0 · 10 ⁻⁶	12,15	2,50 · 10 ⁻⁴	0,4	1,00 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴
3b	41,0 · 10 ⁻⁶	4,05	4,99 · 10 ⁻⁴	0,2	1,00 · 10 ⁻⁴	0,03	0,06	0,06 · 10 ⁻⁴

Verloop stijghoogten onder in zandblok bij periodiek verlopende randvoorwaarde.



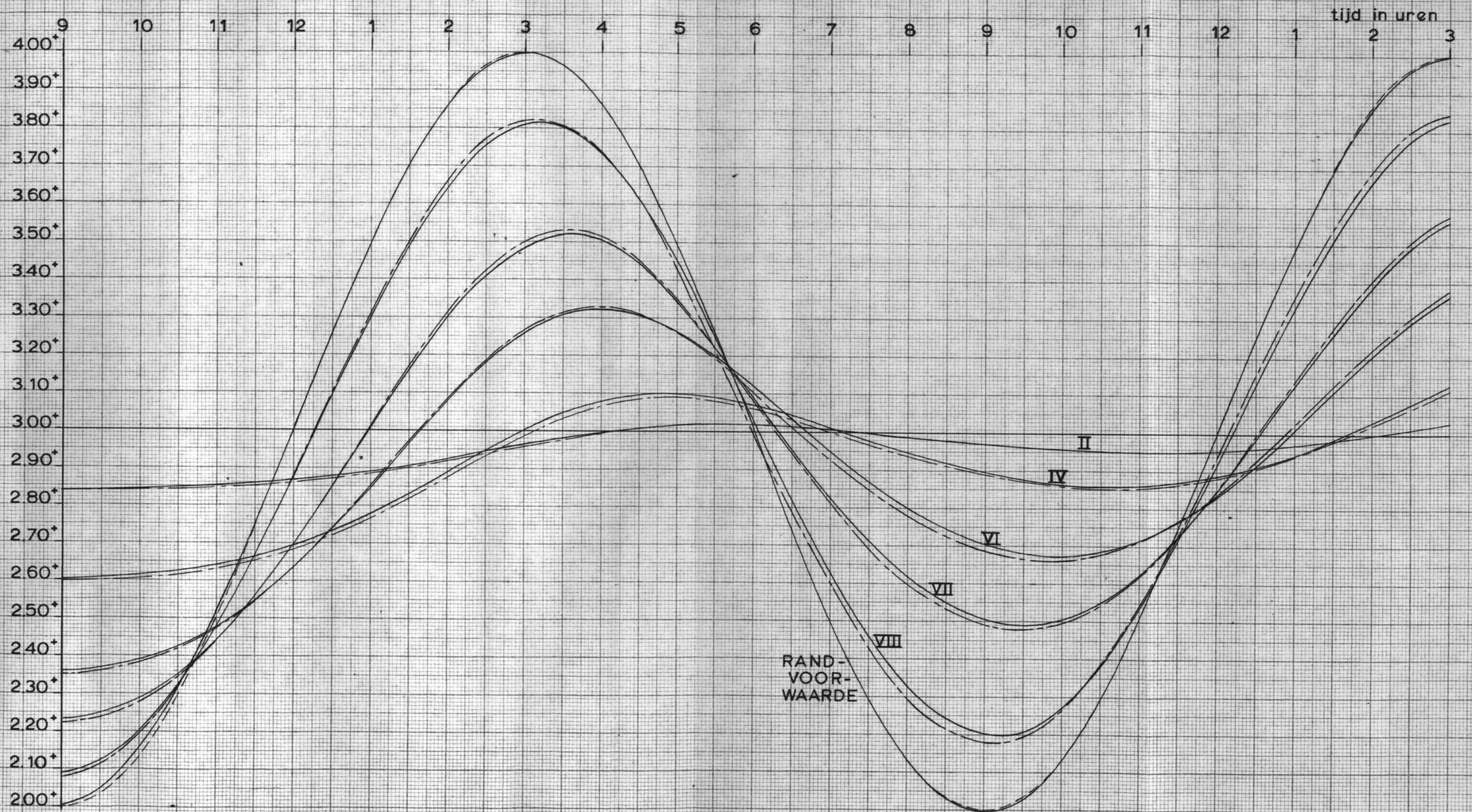
— spleetmodel geval 1a: $t_m = 27 \text{ sec}$
 $\gamma = 47.9 \text{ cSt}$ $k_p/n_e = 4.75 \cdot 10^{-4}$
 spleetmodel geval 1b: $t_m = 24.3 \text{ sec}$
 $\gamma = 41.7 \text{ cSt}$ $k_p/n_e = 4.91 \cdot 10^{-4}$
 --- numerieke oplossing ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0.2$)

Verloop stijghoogten onder in zandblok bij periodiek verlopende randvoorwaarde.



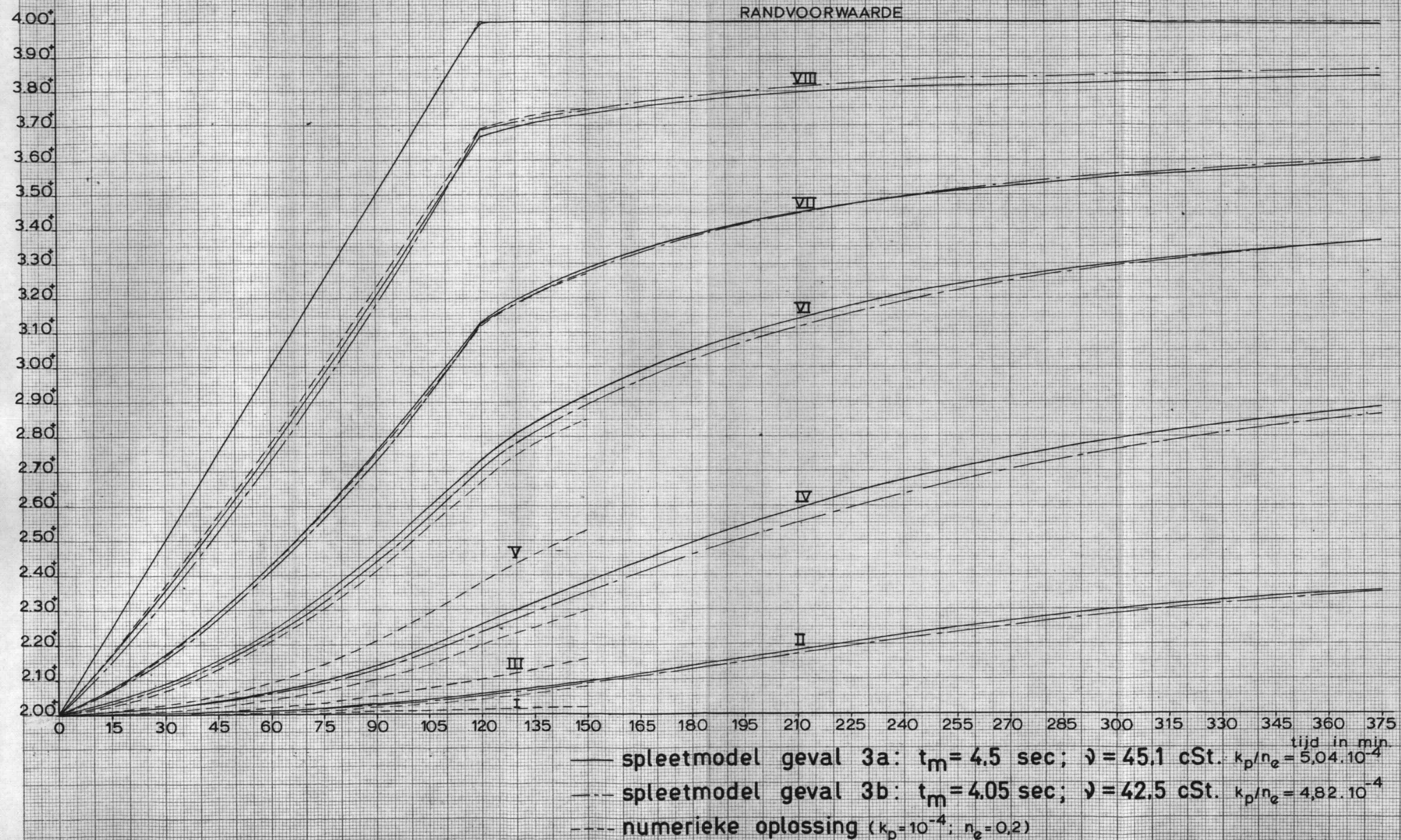
— spleetmodel geval 1b: $t_m = 24.3 \text{ sec}$
 $\nu = 41.7 \text{ cSt}$ $\left. \begin{matrix} k_p/n_e = 4.91 \cdot 10^{-4} \end{matrix} \right\}$
 --- numerieke oplossing ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0.2$)

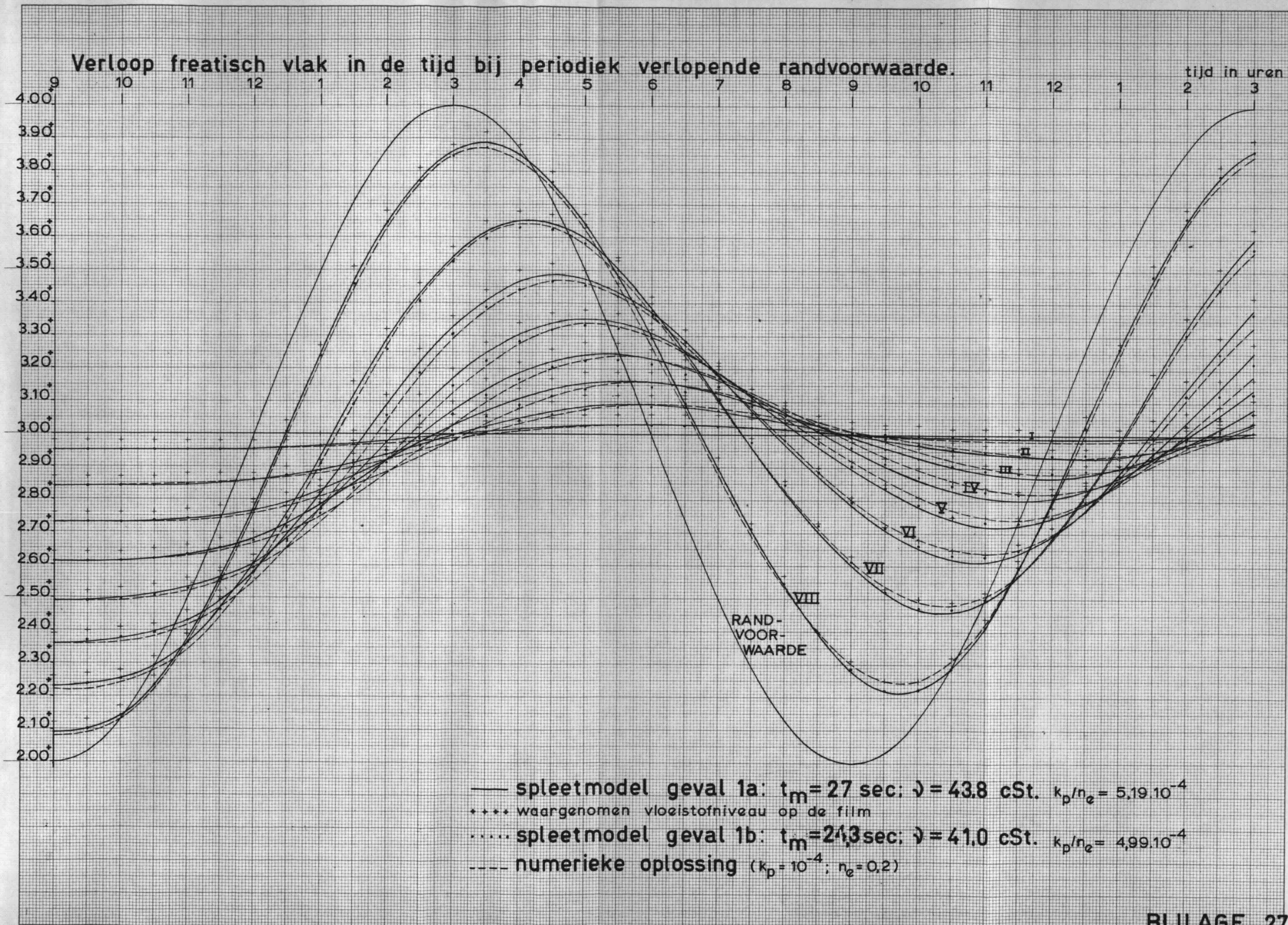
Verloop stijghoogten onder in zandblok bij periodiek verlopende randvoorwaarde.



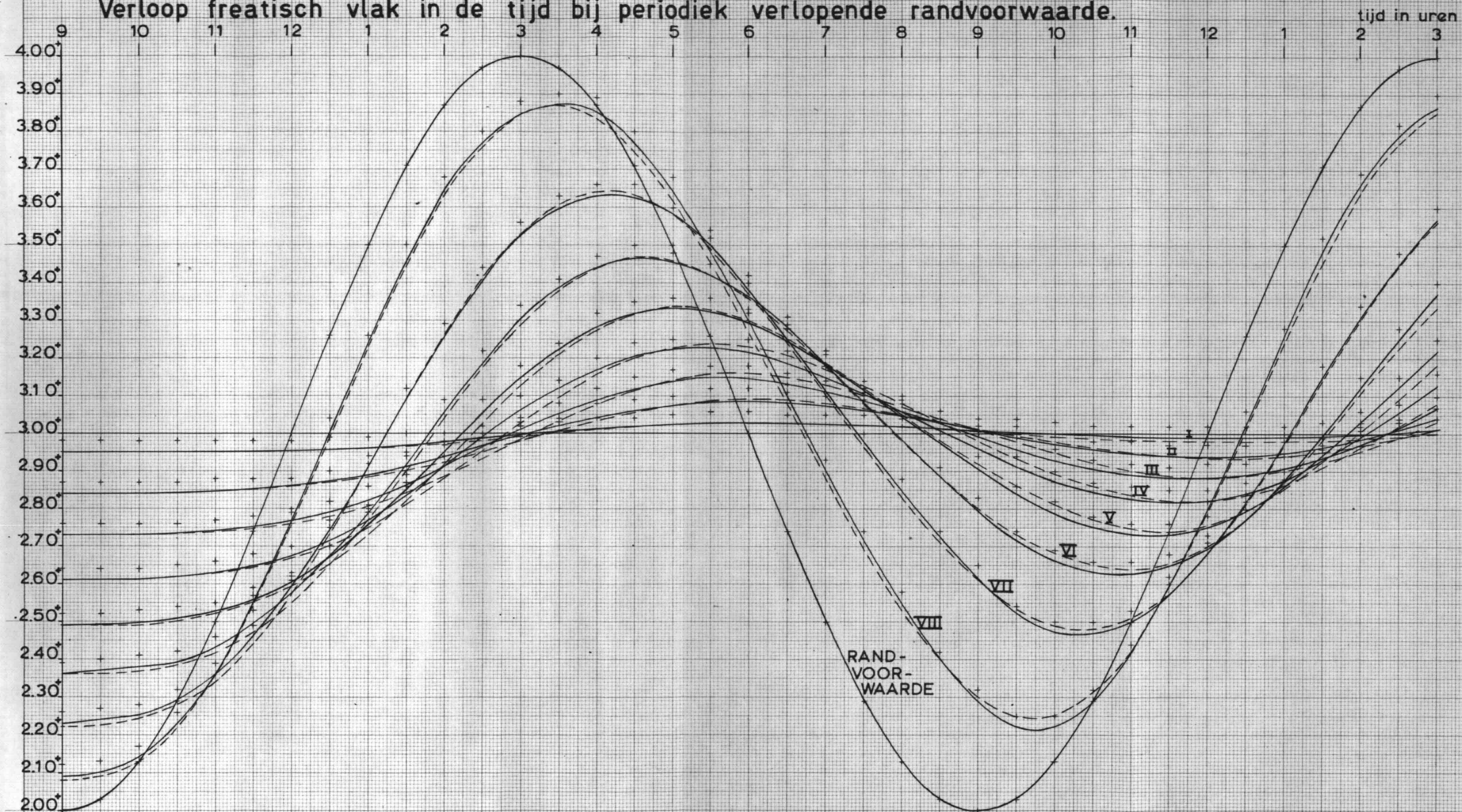
- spleetmodel geval 2a: $t_m = 13,5$ sec; $\eta = 44,7$ cSt.
 $k_p/n_0 = 2,54 \cdot 10^{-4}$
- spleetmodel geval 2b: $t_m = 12,15$ sec; $\eta = 40,8$ cSt.
 $k_p/n_0 = 251 \cdot 10^{-4}$
- RANDVOORWAARDE BIJ ZUIVERE SINUSVORM

Verloop stijghoogten onder in zandblok bij lineair stijgende randvoorwaarde.





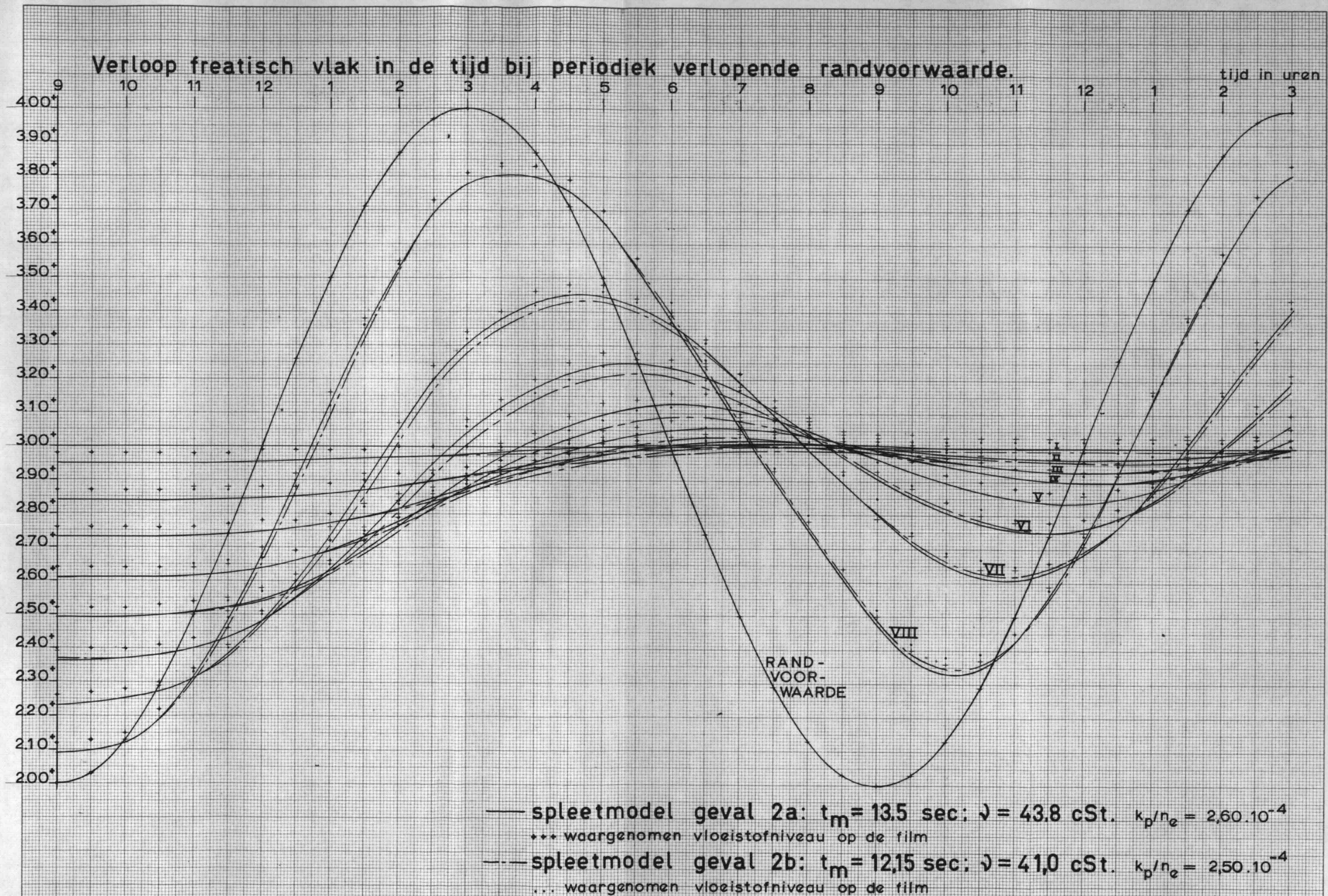
Verloop freatisch vlak in de tijd bij periodiek verlopende randvoorwaarde.



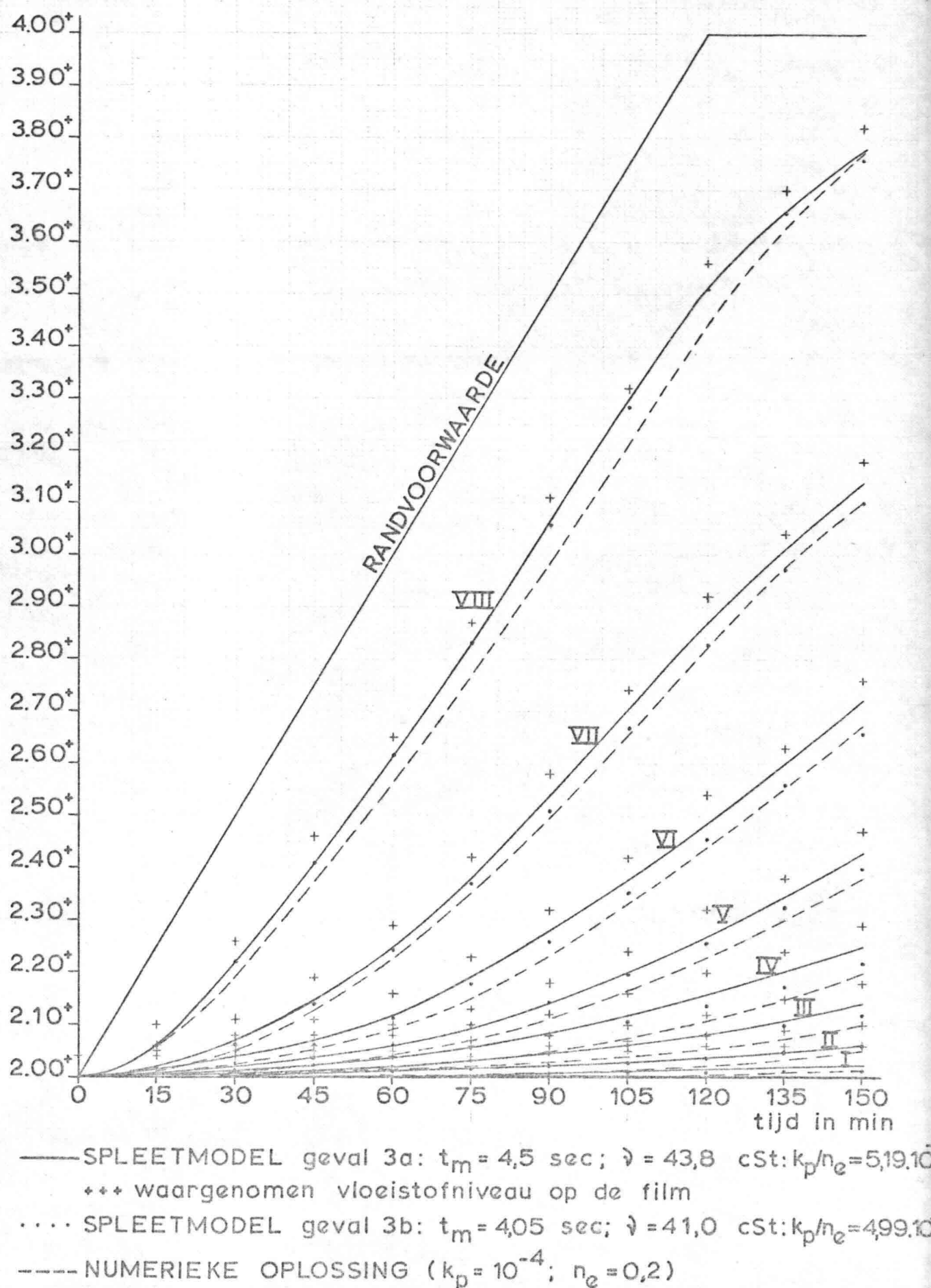
— spleetmodel geval 1b: $t_m = 24.3 \text{ sec}$; $\eta = 41.0 \text{ cSt}$. $k_p/n_e = 4.99 \cdot 10^{-4}$

++++ waargenomen vloeistofniveau op de film

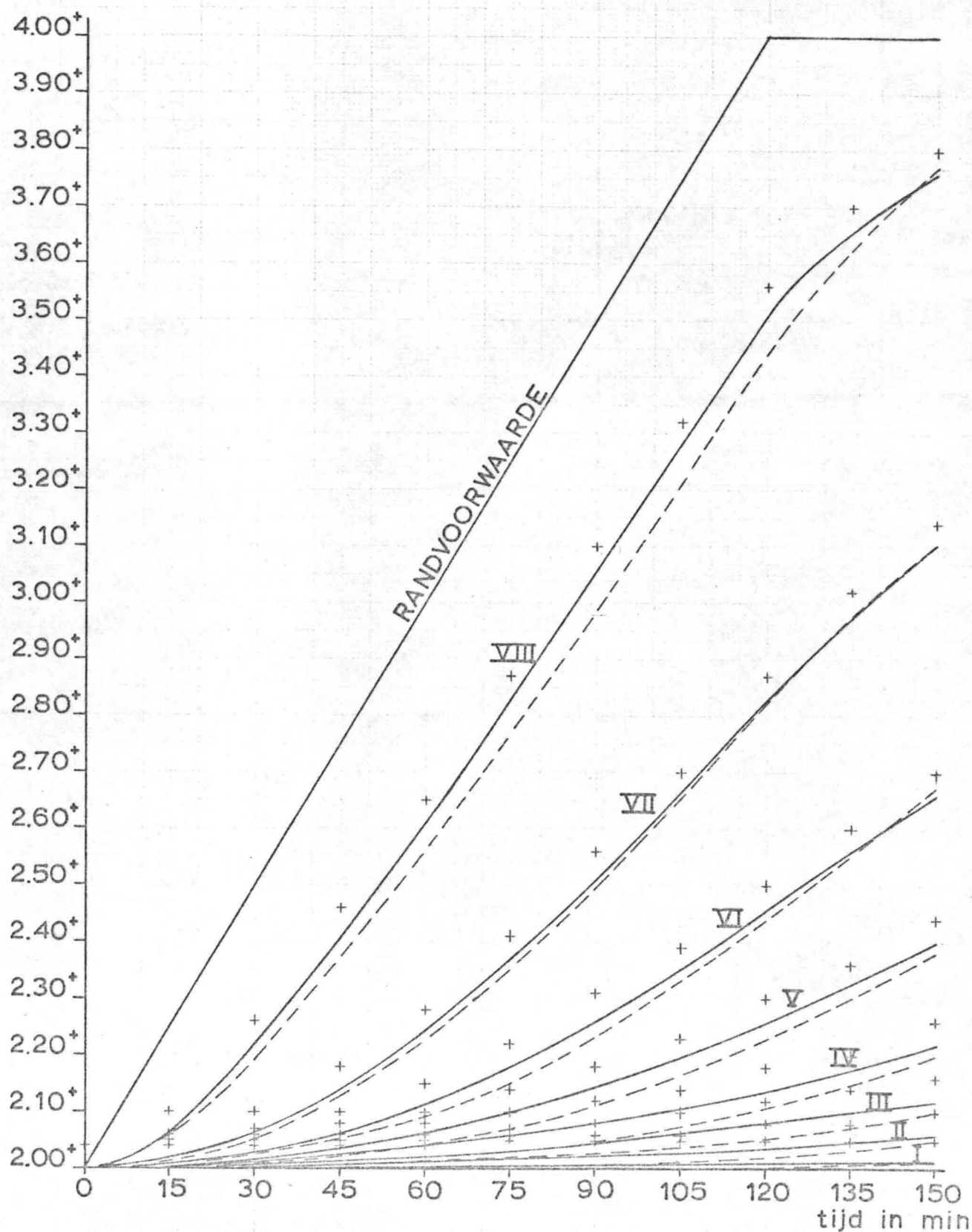
---- numerieke oplossing ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0.2$)



Verloop freatisch vlak in de tijd bij lineair stijgende randvoorwaarde.



Verloop freatisch vlak in de tijd bij lineair stijgende randvoorwaarde.



— SPLEETMODEL geval 3b: $t_m = 4,05$ sec; $\nu = 41,0$ cSt
 +++ waargenomen vloeistofniveau op de film $k_p/n_e = 4,99 \cdot 10^{-4}$
 ---- NUMERIEKE OPLOSSING ($k_p = 10^{-4}$; $n_e = 0,2$)

