

Prof. Ir J.W. Bonebakker.

ANALYSE VAN DE BEDRIJFSRESULTATEN VAN HET DUBBELSCHROEFMOTORSCHIP

"WILLEM RUYS"

R.J.C. Dobson

ir J. Gerritsma

ir J. Pereboom

I. DOEL

Bij een eerste analyse van de reisgegevens door Pereboom, werd geen rekening gehouden met het feit, dat variatie van de volgstroom (veroorzaakt door variatie in de diepgang en de huidruwheid) de regressievergelijking beïnvloedt.

Uitgaande van de veronderstelling, dat de huidruwheid en de diepgang per reis constant zijn, wordt in deze studie getracht de regressievergelijking per reis op te stellen.

Verwacht mag worden, dat de vermogens, die met deze regressievergelijkingen bepaald worden, een betere benadering vormen, dan wanneer men gebruik maakt van één regressievergelijking, afgeleid uit de gegevens van alle reizen.

De regressievergelijkingen stellen ons in staat om uit de bedrijfsresultaten toeslagen op APK_{tank} te berekenen; deze toeslagen zijn nader geanalyseerd.

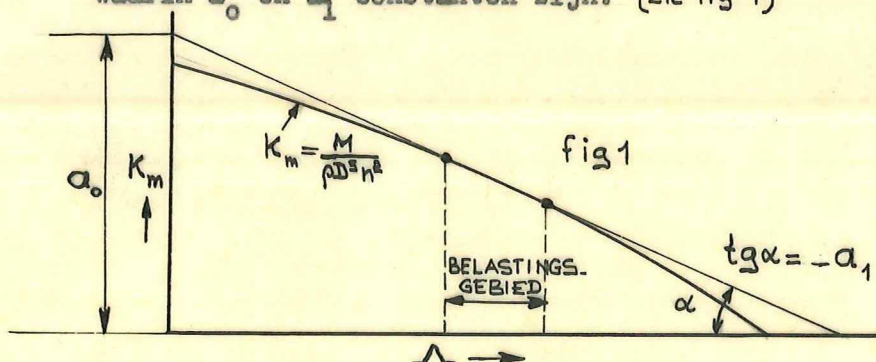
II. DE ALGEMENE VORM VAN DE REGRESSIEVERGELIJKING

Om een schatting te maken van het vermogen, dat door de schroef opgenomen wordt, kan men uitgaan van de K_m kromme van de schroef.

Voor het in de praktijk optredende belastingsgebied kan de K_m kromme met voldoende nauwkeurigheid benaderd worden door een rechte lijn, voorgesteld door

$$K_m = a_0 + a_1 \cdot \Delta \quad (1)$$

waarin a_0 en a_1 constanten zijn. (zie fig 1)



Formule (1) wordt nu verder uitgewerkt.

$$K_m = \frac{M}{\rho D^5 n^2} = P \frac{APK}{(0.1N)^3} \quad (2) \quad \text{waarin } P = \frac{60^3 \times 75}{2\pi \rho D^5}$$

immers $APK = \frac{2\pi M n}{75}$ dus $M = \frac{75 APK}{2\pi n}$ waaruit men gemakkelijk

(2) afleidt.

$$\text{Verder is } \Lambda = \frac{v_e}{nD} = \frac{v(1-\psi)}{nD}$$

$$\text{of } \Lambda = \Lambda'(1-\psi) \quad (3)$$

$$\text{waarin } \Lambda' = \frac{v}{nD} \quad (4)$$

Substitutie van (2) en (3) in (1) geeft:

$$P \frac{APK}{(0.1N)^3} = a_0 + a_1 \Lambda'(1-\psi) \quad (5)$$

Uit (4) volgt:

$$\Lambda' = \frac{v}{nD} = \frac{v}{nH} \cdot \frac{H}{D} = (1-s_s) \frac{H}{D} \quad (6)$$

$$\text{Uit (5) en (6) volgt } P \frac{APK}{(0.1N)^3} = a_0 + a_1 (1-s_s) (1-\psi) \frac{H}{D} \quad (7)$$

Formule (7) kan nog in de volgende vorm geschreven worden:

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = c_1 S_s + c \quad (8)$$

$$\text{waarin } c_1 = \frac{-20\pi \rho D^4 H}{60^3 \times 75} \cdot a_1 (1-\psi)$$

$$\text{en } c = \frac{2000\pi \rho D^5}{60^3 \times 75} \left\{ a_0 + a_1 (1-\psi) \frac{H}{D} \right\}$$

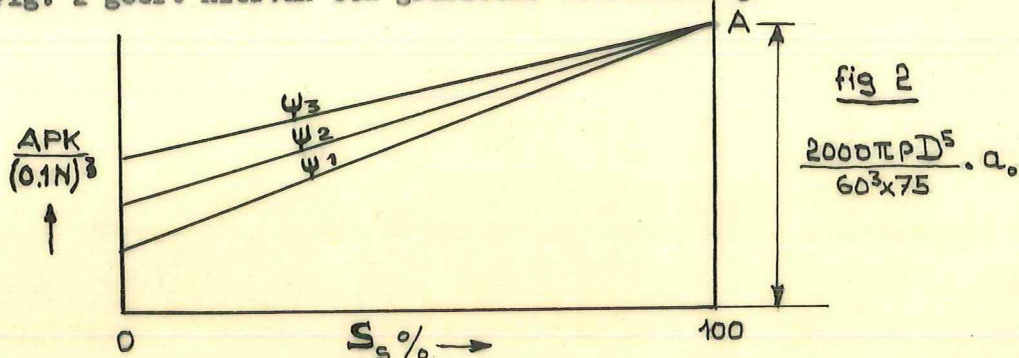
Als ψ varieert dan stelt (8) een lijnenbundel voor. Alle lijnen gaan bij $S_s = 100$ door één punt; immers, substitueert men $S_s = 100$ in (8) dan krijgen we:

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = \frac{2000\pi \rho D^5}{60^3 \times 75} \cdot a_0 \quad (9)$$

De uitdrukking (9) heeft een constante waarde en is dus onafhankelijk van ψ , m.a.w. alle regressielijnen volgens (8) gaan door het punt A dat bepaald is door:

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} = \frac{2000\pi D^5}{60^3 \times 75} \cdot a_0 \quad S_s = 100$$

Fig. 2 geeft hiervan een grafische voorstelling.



Opm. De waarde van $\frac{APK}{(0,1N)^3}$ voor $S_s = 100$ heeft geen fysieke betekenis en moet alleen als een rekengrootheid beschouwd worden. Het aangenomen rechtlijnige verband tussen K_m en λ geldt immers alléén voor het belastingsgebied dat in de praktijk optreedt, dus niet voor $S_s = 100$ (overeenkomend met $\lambda = 0$)

Het punt A kan als volgt bepaald worden:

1) Men beschikt over een aantal in dienst gemeten waarden van

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} \quad \text{en} \quad S_s \quad \text{waarbij:}$$

- a) aangenomen kan worden, dat ν niet varieerde als gevolg van verandering in huidruwheid of door verandering in diepgang.
- b) voldoende spreiding van de schijnbare slip S_s aanwezig is om de richtingscoëfficiënt c_1 van vergelijking (8) juist te kunnen bepalen.

De gevonden regressielijn wordt dan geëxtrapoleerd tot $S_s = 100$ om het punt A te vinden.

- 2) Met de gegevens van een overbelastingsproef kan men voor het model op dezelfde wijze het punt A bepalen.
- 3) Uitgaande van de vrijvarende schroefproef kan men a_0 bepalen, waaruit A volgt. (zie fig. 1 en formule (9)).

De waarden volgens 2 en 3 zullen onderhevig zijn aan schaafeffect. Hierbij wordt opgemerkt, dat het schaafeffect in de waarde van a_0 slechts tot kleine fouten aanleiding kan geven. Want de regressielijn

is bepaald door twee punten, nl. A en B; B is het gemiddelde van de gemeten waarden voor $\frac{APK}{(0,1N)^3}$ en S_g .

Het punt B is uitsluitend gebaseerd op dienstgegevens en is dus niet behept met schaafeffect.

De helling van de regressielijn volgt uit de voorwaarde dat deze lijn ook door het punt A moet gaan, zodat schaafeffect in de waarde van A alléén de helling van de regressielijn beïnvloedt.

Nu is in de regressievergelijking (8) de waarde van de term $c_1 S_g$ klein t.o.v. $c_1 S_g + C$ (in het geval van de Willem Ruys ongeveer 25%). Een fout van b.v. 5% in c_1 geeft aanleiding tot een fout van ongeveer 1% in $\frac{APK}{(0,1N)^3}$.

III. BEPALING VAN HET PUNT A VOOR DE SCHROEVEN VAN DE "WILLEM RUY'S"

Gebruikt zijn de methoden 1 en 3, zoals deze in II behandeld werden.

Methode 1.

Tijdens de reis 17T varieerde de schijnbare slip van de S.B. schroef van 8,6% tot 17,3%, omdat B.B. en S.B. schroef niet met dezelfde toerentallen draaiden.

Toepassing van de methode der kleinste kwadraten leverde als regressievergelijking:

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} = 0,126 S_g + 3,73$$

met als correlatie coëfficiënt $R = 0,972$ en middelbare fout 1,9%. (zie bijlage 1 en grafiek 1).

Voor $S_g = 100$ vinden we : $\frac{APK}{(0,1N)^3} = 16,33$

Methode 3.

a) De Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt, heeft een gedeelte van de K_m kromme voor de schroef no.2334 bepaald.

Het enige verschil tussen deze schroef en de toegepaste stuurboord-schroef (324a) is de iets kleinere speed van de laatste.

(nl. $H_{0,7R}$ is 50 mm kleiner).

Rekening houdend met dit speedverschil heeft ir Vossnack de K_m kromme van de schroef 324a afgeleid uit die van schroef no.2334.

(zie grafiek 2).

De tot $\lambda = 0$ (overeenkomend met $S_g = 100$) geëxtrapoleerde waarde is:
 $K_m = 0,0640$ (zie grafiek 2).

Dit geeft voor het punt A:

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} = \frac{2000\pi D^5}{60^3 \times 75} \cdot a_0 = \frac{2000\pi \times 104,5 \times 5,720^5}{60^3 \times 75} \times 0,0640 = 15,88$$

b) Ook met behulp van de systematische schroefseries van Wageningen kunnen we a_0 bepalen.

In bijlage 2 zijn de waarden voor a_0 gegeven afhankelijk van H/D , Fa/F en z .

Door interpolatie vinden we $a_0 = 0,0640$ corresponderend met

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} = 15,88 \text{ voor het punt A.}$$

—//—

Het blijkt dus dat met modelschroeven in beide gevallen dezelfde waarde gevonden wordt en dat deze waarde 2,8% kleiner is dan die, welke is afgeleid uit dienstgegevens.

Dit verschil is zeer gering en kan nog verklaard worden uit schaafeffect, terwijl ook de aswrijving een rol speelt. Wat dit laatste betreft wordt opgemerkt, dat de torsiemeter van Muller het koppel midden tussen de beide helften van het meetapparaat meet.

De voorste helft van het apparaat bevindt zich bij het stuwblok, de achterste helft bij de schroefaskoker.

We kunnen dus verwachten, dat in het gemeten koppel 1 1/2 à 2% wrijvingskoppel begrepen is; hiervoor is geen correctie op de APK waarden toegepast.

De voor de S.B.schroef gevonden waarde van $\frac{APK}{(0,1N)^3} = 16,33$ bij $S_g = 100$ werd uitsluitend met behulp van dienstgegevens bepaald en wordt voor de verdere berekeningen aangehouden.

Voor de B.B.schroef moet rekening gehouden worden met het feit, dat de speed na de reparatie kleiner is geworden. We vinden met bijlage 2 de bijbehorende $a_0 = 0,0634$; de overeenkomstige $\frac{APK}{(0,1N)^3} = 15,73$

Vergelijken we deze waarden met die van de S.B.schroef (en wel met die waarden, die we op dezelfde wijze, dus met de serieschroeven gevonden hebben), dan is het verschil 1%.

Hieruit besluiten we, dat ook voor de B.B.schroef de waarde

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = 16,33 \text{ zonder bezwaar aangehouden kan worden.}$$



IV. BEPALING VAN DE REGRESSIELIJN VOOR ELKE REIS AFZONDERLIJK.

Voor elke reis wordt nu de regressielijn op de volgende wijze bepaald:

1e) De lijn gaat door het punt A met coördinaten $S_g = 100$ en

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = 16,33.$$

2e) De lijn gaat door het punt B, waarvan de coördinaten het gemiddelde zijn van de waarden, gevonden voor $\frac{APK}{(0.1N)^3}$ en voor S_g .

We nemen dus aan, dat Y tijdens één reis nauwelijks varieert door verandering van de huidruwheid of variatie in de diepgang.

In dat geval moeten de punten op een rechte lijn voor constante Y liggen.

Door meetfouten zal dit niet het geval zijn. Het gemiddelde van de gemeten waarden moet echter op de lijn liggen, indien het aantal waarden, waaruit dit gemiddelde bepaald werd, voldoende groot is. (De fout van het gemiddelde is dan klein en te verwaarlozen).

In tabel 1 en tabel 2 zijn de gegevens en de resultaten van deze berekeningen weergegeven.

Grafiek 3 geeft een aantal regressielijnen, die alle door het punt

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = 16,33, \quad S_g = 100 \text{ gaan.}$$

TABEL 1

Berekening van $\frac{APK}{(0.1N)^3}$ en \bar{S}_s per reis.

H = heenreis
T = terugreis

Reis No.	Aantal geg.	S. B.				B. B.			
		$\frac{APK}{(0.1N)^3}$	ΣS_s	$\frac{APK}{(0.1N)^3}$	\bar{S}_s	$\frac{APK}{(0.1N)^3}$	ΣS_s	$\frac{APK}{(0.1N)^3}$	\bar{S}_s
11H	13	66,68	170,3	5,13	13,1	67,81	163,3	5,22	12,6
11T	11	58,20	155,1	5,29	14,1	56,44	129,9	5,13	11,8
12H	10	54,03	129,2	5,40	12,9	54,41	124,8	5,44	12,5
12T	13	70,37	180,6	5,41	13,9	71,14	175,6	5,47	13,5
13H	14	73,76	192,6	5,27	13,8	74,43	186,6	5,31	13,3
13T	10	54,05	137,2	5,41	13,7	54,90	132,6	5,49	13,3
14H	12	62,78	164,9	5,23	13,7	63,34	160,0	5,28	13,3
14T	12	66,81	160,9	5,57	13,4	66,72	162,8	5,56	13,6
15H	12	62,13	152,4	5,18	12,7	63,28	144,4	5,27	12,0
15T	15	82,16	230,4	5,48	15,4	84,45	223,7	5,63	14,9
16H	13	70,20	185,0	5,40	14,2	72,11	178,7	5,55	13,7
16T	11	61,17	165,0	5,56	15,0	61,06	160,0	5,55	14,5
17H	11	60,24	159,3	5,48	14,5	61,51	154,6	5,59	14,1
17T	13	67,84	153,9	5,22	11,8	77,17	203,7	5,94	15,7
18H	11	61,57	164,6	5,60	15,0	61,80	159,1	5,62	14,5
18T	8	46,54	123,7	5,82	15,5	41,38	79,2	5,17	9,9
19H	9	51,74	140,0	5,75	15,6	52,51	135,5	5,83	15,1
19T	10	56,43	137,6	5,64	13,8	57,79	134,4	5,78	13,4
20H	11	62,50	160,7	5,68	14,6	63,76	155,6	5,80	14,1
20T	11	62,68	164,7	5,70	15,0	61,94	145,9	5,63	13,3
21H	10	54,51	151,7	5,45	15,2	55,99	146,8	5,60	14,7
21T	8	44,43	123,9	5,55	15,5	46,18	120,2	5,77	15,0
22H	11	62,04	164,7	5,64	15,0	64,71	160,3	5,88	14,6
22T	6	35,25	100,2	5,88	16,7	32,49	66,4	5,42	11,1
23H	9	50,77	138,5	5,64	15,4	52,28	134,2	5,81	14,9
23T	7	40,14	98,1	5,73	14,0	41,01	94,8	5,86	13,5
24H	6	33,84	92,2	5,64	15,4	35,05	89,5	5,84	14,9
24T	10	56,26	153,0	5,63	15,3	58,61	148,6	5,86	14,9
25H	11	62,89	181,6	5,72	16,5	63,18	154,2	5,74	14,0
25T	9	50,97	134,6	5,66	15,0	52,54	130,9	5,84	14,5
26H	8	41,19	119,1	5,15	14,9	42,65	115,6	5,33	14,5
26T	6	31,16	101,3	5,19	16,9	31,82	98,7	5,30	16,5

TABEL 2

Regressievergelijkingen per reis

$$\frac{APK}{(0,1N)^3} = c_1 S_s + c$$

Reis No.	Aantal geg	S.B.				B.B.				T _m	T _{Am}
		16,33-	100-S _s	c ₁	c	16,33-	100-S _s	c ₁	c		
		$\frac{APK}{(0,1N)^3}$				$\frac{APK}{(0,1N)^3}$					
11H	13	11,20	86,9	0,129	3,44	11,11	87,4	0,127	3,62	8,17	8,26
11T	11	11,04	85,9	0,129	3,47	11,20	88,2	0,127	3,63	8,46	8,51
12H	10	10,93	87,1	0,125	3,79	10,89	87,5	0,124	3,89	8,55	8,70
12T	13	10,92	86,1	0,127	3,64	10,86	86,5	0,126	3,77	8,40	8,67
13H	14	11,06	86,2	0,128	3,50	11,02	86,7	0,127	3,62	8,21	8,43
13T	10	10,92	86,3	0,127	3,67	10,84	86,7	0,125	3,83	8,26	8,30
14H	12	11,10	86,3	0,129	3,46	11,05	86,7	0,127	3,59	8,11	8,09
14T	12	10,76	86,6	0,124	3,91	10,77	86,4	0,125	3,86	8,24	8,31
15H	12	11,15	87,3	0,128	3,55	11,06	88,0	0,126	3,76	8,13	8,28
15T	15	10,85	84,6	0,128	3,51	10,70	85,1	0,126	3,75	8,48	8,64
16H	13	10,93	85,8	0,127	3,60	10,78	86,3	0,125	3,84	8,47	8,50
16T	11	10,77	85,0	0,127	3,65	10,78	85,5	0,126	3,72	8,44	8,49
17H	11	10,85	85,5	0,127	3,64	10,74	85,9	0,125	3,83	8,42	8,48
17T	13	11,11	88,2	0,126	3,73	10,39	84,3	0,123	4,01	8,44	8,52
18H	11	10,73	85,0	0,126	3,71	10,71	85,5	0,125	3,81	8,42	8,39
18T	8	10,51	84,5	0,124	3,90	11,16	90,1	0,124	3,94	8,32	8,50
19H	9	10,58	84,4	0,125	3,80	10,50	84,9	0,124	3,96	8,46	8,52
19T	10	10,69	86,2	0,124	3,93	10,55	86,6	0,122	4,15	8,30	8,28
20H	11	10,65	85,4	0,125	3,85	10,53	85,9	0,123	4,07	8,60	8,60
20T	11	10,63	85,0	0,125	3,80	10,70	86,7	0,123	3,99	8,34	8,45
21H	10	10,88	84,8	0,128	3,50	10,73	85,3	0,126	3,75	8,46	8,50
21T	8	10,78	84,5	0,128	3,57	10,56	85,0	0,124	3,91	8,20	8,30
22H	11	10,69	85,0	0,126	3,75	10,45	85,4	0,122	4,10	8,57	8,66
22T	6	10,45	83,3	0,125	3,79	10,91	88,9	0,123	4,05	8,46	8,46
23H	9	10,69	84,6	0,126	3,70	10,52	85,1	0,124	3,95	8,34	8,34
23T	7	10,60	86,0	0,123	4,01	10,47	86,5	0,121	4,23	8,67	8,77
24H	6	10,69	84,6	0,126	3,70	10,49	85,1	0,123	4,01	8,52	8,51
24T	10	10,70	84,7	0,126	3,70	10,47	85,1	0,123	4,03	8,74	8,73
25H	11	10,61	83,5	0,127	3,62	10,59	86,0	0,123	4,02	8,42	8,64
25T	9	10,67	85,0	0,126	3,77	10,49	85,5	0,123	4,06	8,62	8,65
26H	8	11,18	85,1	0,131	3,20	11,00	85,5	0,129	3,46		
26T	6	11,14	83,1	0,134	2,93	11,03	83,5	0,132	3,12		

V. BEPALING VAN DE TOESLAGEN OP APK_{Tank} EN ANALYSE VAN DE GEVONDEN WAARDEN.

Met behulp van de afgeleide regressielijnen zijn de vermogens berekend uit de door Pereboom verzamelde gegevens: snelheid en toerental. Zoals in zijn rapport is vermeld, zijn alleen die gegevens gebruikt, waarbij het toerental, tijdens de periode dat de snelheid gemeten werd, nagenoeg constant was.

Men kan anders niet spreken van "bij elkaar behorende waarden van snelheid en toerental".

De berekende toeslagen zijn op de volgende wijzen geanalyseerd:

1) Getracht werd, een indruk te krijgen van de grootte van de toeslag bij mooi weer voor verschillende toestanden van de huid. Daarvoor is per reis de gemiddelde schijnbare slip bepaald bij mooi weer.

Hierbij wordt aangenomen, dat het weer "mooi" is als de windkracht 0 of 1 bedraagt. Waren geen 10 gegevens beschikbaar, die allen aan dit criterium voldeden, dan zijn ook de gegevens bij windkracht 2 en in een enkel geval die bij windkracht 3 gebruikt; echter werd daarbij dan als eis gesteld, dat de windrichting een hoek van ongeveer 90° maakte met de koers van het schip.

Aangenomen is, dat de variatie van de schijnbare slip bij één belastingstoestand en variërende snelheid te verwaarlozen is, wat dus inhoudt, dat het toerental lineair varieert met de snelheid; deze aanname blijkt voor de proeftocht in het door ons beschouwde snelheidsgebied zeker op te gaan.

Het is nu mogelijk, voor $V = 21$ kn en $V = 22$ kn de bijbehorende toerentalen en dus de bijbehorende vermogens te berekenen met de gevonden waarden voor de schijnbare slip en de regressievergelijkingen per reis. (Zie tabel 3)

TABEL 3

Móoi weer prestaties

H = heenreis

T = terugreis

V = 21 kn $APK_{T8,53} = 17500$				V=22kn $APK_{T8,53} = 20800$			T
No.	APK_B	APK_T	$\frac{\text{toeslag}}{\%}$	APK_B	APK_T	$\frac{\text{toeslag}}{\%}$	gem.
11H	20225	16835	20	23234	20010	16	8,17
12H	21503	17535	23	24696	20842	18	8,55
13H	20341	16905	20	23424	20093	17	8,21
14H	21032	16730	26	24193	19885	22	8,11
15H	19499	16765	16	22406	19926	12	8,13
16H	21653	17378	25	24910	20654	21	8,47
17H	22488	17290	30	25877	20550	26	8,42
18H	23543	17290	36	27051	20550	32	8,42
19H	24059	17360	38	27662	20634	34	8,46
20H	22214	17623	28	25499	20946	22	8,60
21H	22294	17360	28	25663	20634	24	8,46
22H	23428	17570	33	26967	20883	29	8,57
23H	23673	17150	38	27201	20384	33	8,34
24H	23326	17465	33	26857	20758	29	8,52
25H	23553	17290	36	27044	20550	32	8,42
11T	19265	17360	11	22135	20634	7	8,46
12T	20791	17255	20	23946	20509	17	8,40
13T	20766	16993	22	23895	20197	18	8,26
14T	21158	16958	25	24369	20155	21	8,24
15T	21849	17395	26	25110	20675	21	8,48
16T	21880	17325	26	25162	20592	22	8,44
17T	22875	17325	32	26297	20592	28	8,44
18T	22402	17097	31	25770	20322	27	8,32
19T	22560	17063	32	25901	20280	28	8,30
20T	19113	17150	11	22138	20384	9	8,34
21T	22701	16888	34	26132	20072	30	8,20
22T	24731	17360	42	28432	20634	38	8,46
23T	22163	17745	25	25526	21091	21	8,67
24T	23819	17885	33	27346	21258	29	8,74
25T	22590	17658	28	25981	20987	24	8,62

Met de tank APK's bij dezelfde snelheden zijn de toeslagen op APK_{tank} berekend.

Bij de berekening van het tankvermogen is rekening gehouden met het verschil tussen de diepgang per reis en de diepgang waarbij de tankproef is uitgevoerd.

Aangenomen is nl., dat het tankvermogen voor kleine variaties in T varieert met $(\text{displacement})^{2/3}$. Daar de diepgangverschillen klein zijn is de correctie die toegepast wordt, klein.

In grafiek No.4 zijn de moeiweer toeslagen voor $V = 22$ kn uitgezet als functie van het reismummer.

Het tijdstip van het dokken is eveneens aangegeven.

Hoewel deze grafiek quantitatief niet geheel bevredigend is, komt toch de tendens, dat de toeslag toeneemt naarmate het schip langer uit het dok is, duidelijk uit.

Ook is te zien, dat de toeslag vlak na iedere dokking steeds groter is dan na de voorgaande.

Opm. De punten voor de reis 20 vertonen een grote afwijking; waarschijnlijk is dit een gevolg van een systematische fout in de log of in de torsiemeter.

De spreiding van de overige punten is misschien te wijten aan het feit, dat de ter beschikking staande gegevens niet geheel voldoen aan de eis, dat snelheid en toerental tegelijkertijd, althans binnen een klein tijdsbestek, gemeten dienen te worden.

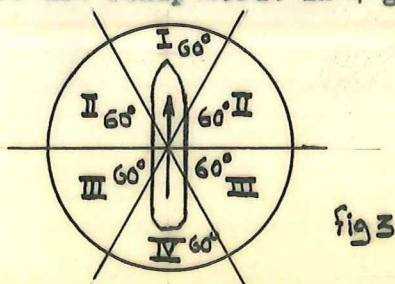
2) In de tweede plaats is de invloed van het weer op de grootte van de toeslag onderzocht.

Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens is de windkracht als maat voor het "weer" aangenomen.

De gevonden toeslagen zijn gerangschikt volgens snelheid en volgens de windrichting t.o.v. het schip.

Er zijn twee snelheidsintervallen beschouwd, nl. $V = 20,5 < 21,5$ kn en $V = 21,5 < 22,5$ kn.

De windrichting t.o.v. het schip wordt in 4 groepen onderscheiden volgens fig. 3.



De gevonden toeslagen zijn verminderd met de toeslagen voor mooi weer, welke in Tabel 3 vermeld staan. (per reis).

Het verschil geeft dus de toeslag die door de weersomstandigheden veroorzaakt wordt.

Vervolgens zijn deze toeslagen voor de snelheidsgroepen $V = 20,5 < 21,5$ en $V = 21,5 < 22,5$ samengenomen. Tabel 4 geeft de resultaten.

TABEL 4

windkracht	I		II		III		IV	
	aantal	toeslag %	aantal	toeslag %	aantal	toeslag %	aantal	toeslag %
0		0		0		0		0
1	2	-0,5	20	-0,2	1	-2,0	5	-6,6
2	26	3,5	41	2,0	33	1,5	28	0,3
3	45	3,0	40	3,0	47	-0,4	84	1,4
4	49	6,8	50	4,9	42	1,1	58	-2,1
5	16	10,0	23	6,9	18	4,2	41	1,8
6	9	16,0	3	11,0	2	-2,0	20	6,0

Voor de betekenis van de Romeinse cijfers zie fig. 3.

In grafiek 5 zijn de waarden voor I en II uitgezet. Dit levert goed gestrookte lijnen.

In grafiek 6 zijn de waarden voor III en IV uitgezet; een bepaald verband tussen de toeslag en de windkracht is hieruit niet af te leiden. Wel blijkt, dat de toeslag bij de groepen III en IV kleiner is dan bij de groepen I en II, wat ook te verwachten is, daar de wind achterlijker dan dwars inkomt.

3) Tenslotte zijn de frequentieverdelingen van de toeslagen, ongeacht de uitwendige omstandigheden van zee en wind, onderzocht voor elk der drie perioden tussen twee dokkingen. Tevens is de frequentieverdeling van alle berekende toeslagen opgesteld.

Hierbij dient opgemerkt te worden, dat de beschikbare gegevens geen doorlopende registratie vormen van de gedragingen van het schip, zoals voor de nu volgende analyse eigenlijk nodig is.

Immers de waarnemingen, waarbij het toerental en de snelheid blijkbaar niet "bij elkaar hoorden" zijn door Pereboom weggelaten bij het verzamelen van de gegevens. (zie eerste rapport).

Echter zullen deze gapingen t.o.v. de te bestuderen variaties van de toeslag een toevallig karakter dragen, zodat dit voor het opstellen van de frequentieverdeling niet zo'n groot bezwaar is.

Tabel 5 geeft de frequenties, de cumulatieve frequenties en de cumulatieve frequenties in % voor de reizen 11 t/m 14 (I), 15 t/m 20 (II) en 21 t/m 25 (III) en voor de reizen 11 t/m 25.

TABEL 5

toeslag %	I			II			III			Totaal		
	f	Σf	Σf%	f	Σf	Σf%	f	Σf	Σf%	f	Σf	Σf%
0 < 5	8	8	2,0				1	1	0,2	9	9	0,7
5 < 10	8	16	4,1				0	1	0,2	8	17	1,2
10 < 15	60	76	19,4	13	13	2,3	0	1	0,2	73	90	6,6
15 < 20	73	149	38,0	28	41	7,2	5	6	1,5	106	196	14,3
20 < 25	106	255	65,1	73	114	20,1	33	39	9,5	212	408	29,8
25 < 30	70	325	82,9	122	236	41,7	46	85	20,7	238	646	47,2
30 < 35	31	356	90,8	117	353	62,4	92	177	43,1	240	886	64,7
35 < 40	23	379	96,7	87	440	77,7	83	260	63,3	193	1079	78,8
40 < 45	7	386	98,5	54	494	87,3	58	318	77,4	119	1198	87,5
45 < 50	4	390	99,5	29	523	92,4	49	367	89,3	82	1280	93,5
50 < 55	2	392	100,0	13	536	94,7	24	391	95,1	39	1319	96,3
55 < 60				14	550	97,2	15	406	98,8	29	1348	98,5
60 < 65				9	559	98,8	3	409	99,5	12	1360	99,3
65 < 70				4	563	99,5	2	411	100,0	6	1366	99,8
70 < 75				3	566	100,0				3	1369	100,0

De waarden Σf% uit Tabel 5 zijn in grafiek 7 op een waarschijnlijkheidsverdeling uitgezet. Hiermee zijn de volgende waarschijnlijkste toeslagen bepaald. (zie tabel 6).

Tevens is de gemiddelde snelheid berekend (gewogen gemiddelde)

TABEL 6

reis no	waarschijnlijkste toeslag %	gemiddelde snelheid in kn
11 t/m 14	21,5	21,3
15 t/m 20	31,5	20,3
21 t/m 25	36,5	20,3
11 t/m 25	30,5	

Uit tabel 6 blijkt, dat de waarschijnlijkste toeslag steeds toeneemt.

Opm. Tervergelijking zijn zowel de gemiddelde snelheid als de waarschijnlijkste snelheid bepaald. Beide methoden gaven vrijwel dezelfde

uitkomsten.

Uit tabel 3 bleek, dat de toeslag voor mooi weer nog afhankelijk is van de snelheid. (Het verschil in toeslag bedraagt $\pm 4\%$ per knoop).

Om dus de waarschijnlijkste toeslagen uit tabel 6 te kunnen vergelijken zou de toeslag voor de reizen 11 t/m 14 bij 20,3 kn bekend moeten zijn i.p.v. bij 21,3 kn. Voor dit verschil van 1 kn is daarom deze toeslag verhoogd met 4%. Dit geeft als waarschijnlijkste toeslag $\pm 25,5\%$.

Aangenomen wordt, dat het weer over de reizen 11 t/m 14, 15 t/m 20 en 21 t/m 25 gemiddeld hetzelfde is; dan wordt de toename van de waarschijnlijkste toeslag dus resp. $(31,5 - 25,5) = 6\%$ en $(36,5 - 25,5) = 11\%$, wat dus toegeschreven moet worden aan een toenemende ruwheid van de huid.

Het zal interessant zijn om in de toekomst de reizen 25 t/m de dokking te bestuderen, om te zien of deze toenemende verruwing blijft voortduren.

Tenslotte wordt het volgende opgemerkt.

Aanbevolen wordt, om elke reis ten minste 10 "momentopnamen" te verrichten t.a.v.

- 1) toerental
- 2) snelheid
- 3) meting van het vermogen
- 4) omschrijving van de weersomstandigheden

Deze metingen dienen dus alle in hetzelfde tijdsbestek (b.v. binnen 15 min.) te geschieden.

Het komt ons voor, dat op deze wijze een nauwkeuriger bepaling van de regressielijn per reis mogelijk zal zijn.

Tevens is het van belang, om over minstens 10 momentopnamen van snelheid en toerental te beschikken, waarbij het weer "mooi" is (windkracht < 2).

Delft, November 1952.

NOMENCLATUUR

	DIMENSIE	BETEKENIS
$K_m = \frac{M}{\rho D^5 n^2}$		askoppelconstante van de schroef
$\lambda = \frac{v_e}{nD}$		snelheidsgraad
$\lambda' = \frac{v}{nD}$		snelheidsgraad betrokken op v.
$APK = \frac{2\pi n P_n}{75}$	pk	het aan de schroef toegevoerde vermogen
M	kgm	askoppel van de schroef
n	sec ⁻¹	aantal omwentelingen van de schroef
N	min ⁻¹	aantal omwentelingen van de schroef
v_e	msec ⁻¹	gemiddelde intreesnelheid in de schroef
v	msec ⁻¹	snelheid van het schip t.o.v. het water
V	kn	snelheid van het schip t.o.v. het water
H	m	spoed van de schroef
D	m	diameter van de schroef
ρ	kgm ⁻⁴ sec ²	dichtheid van het water
$\sigma = \frac{V - v_e}{V}$		gemiddeld volgstroomgetal
$s_s = 1 - \frac{v}{nH}$		schijnbare slip
S_s	%	schijnbare slip
T	m	diepgang
z		aantal schroefbladen
F_a/F		oppervlak verhouding van de schroef
R		correlatie coëfficiënt
F	%	middelbare fout

BIJLAGE 1.

Reis 17T; SB schroef.

Traject Deadalus - The Brothers.

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = c_1 S_s + c$$

Y $\frac{APK}{(0.1N)^3}$	X ₁ S _s
5,69	15,5
5,02	10,5
4,92	10,4
5,02	10,5
4,91	9,6
4,91	9,9
4,85	9,0
4,90	8,6
4,91	8,7
5,44	14,3
5,73	14,0
5,74	15,4
5,60	15,7
5,89	17,3

ΣY^2	=	388,2663
ΣX^2	=	2173,16
ΣYX	=	905,26
ΣY	=	73,53
ΣX	=	169,4
ΣY^2	=	2,0763
ΣX^2	=	123,42
ΣYX	=	15,547
c_1	=	0,1260
c	=	3,727
R	=	0,972
F	=	1,9%

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= 5,252 \\ \bar{X} &= 12,10 \end{aligned}$$

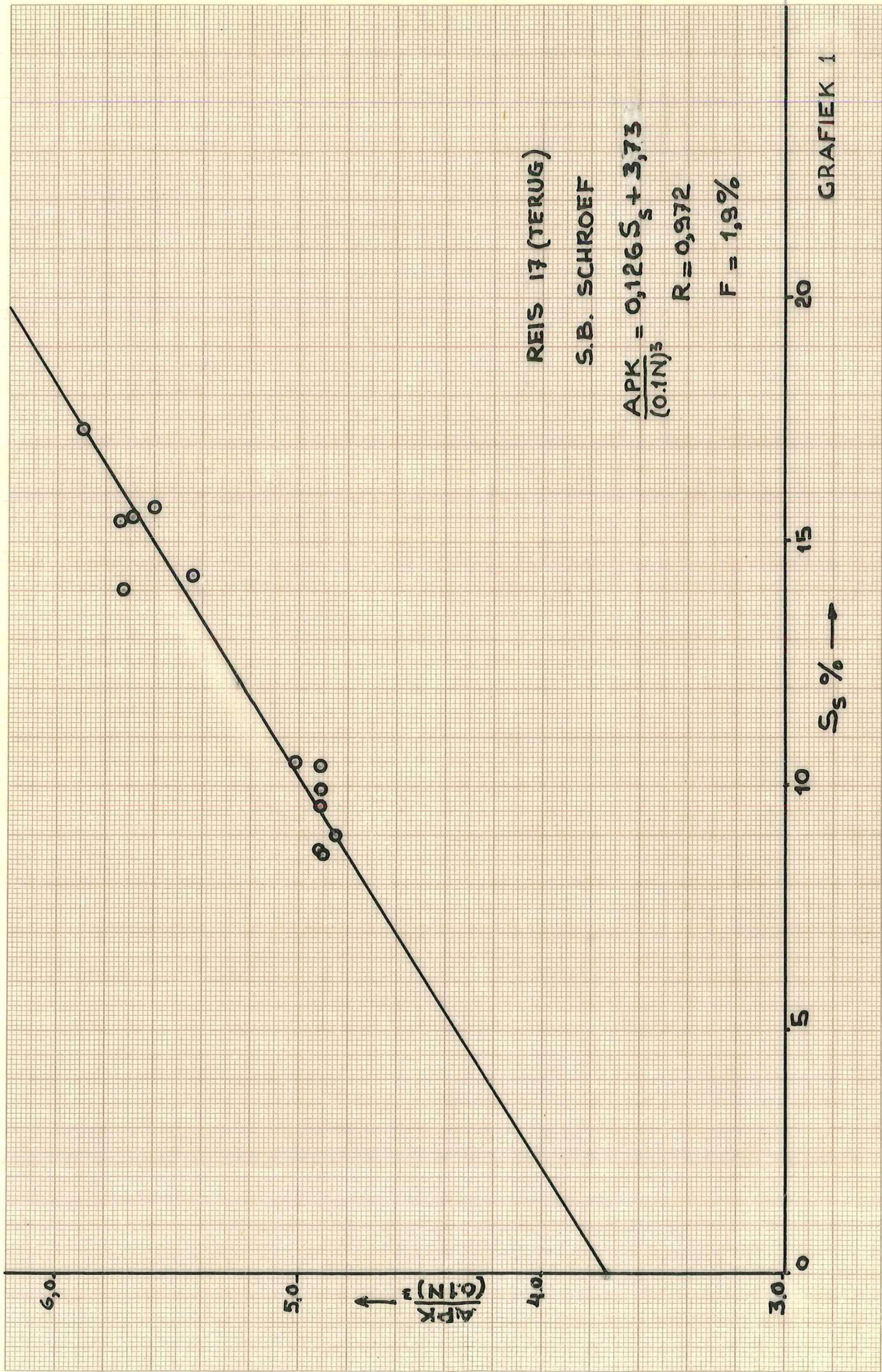
dus $\frac{APK}{(0.1N)^3} = 0,1260 S_s + 3,727.$

Voor $S_s = 100$: $\frac{APK}{(0.1N)^3} = 12,60 + 3,73 = \underline{\underline{16,33}}$

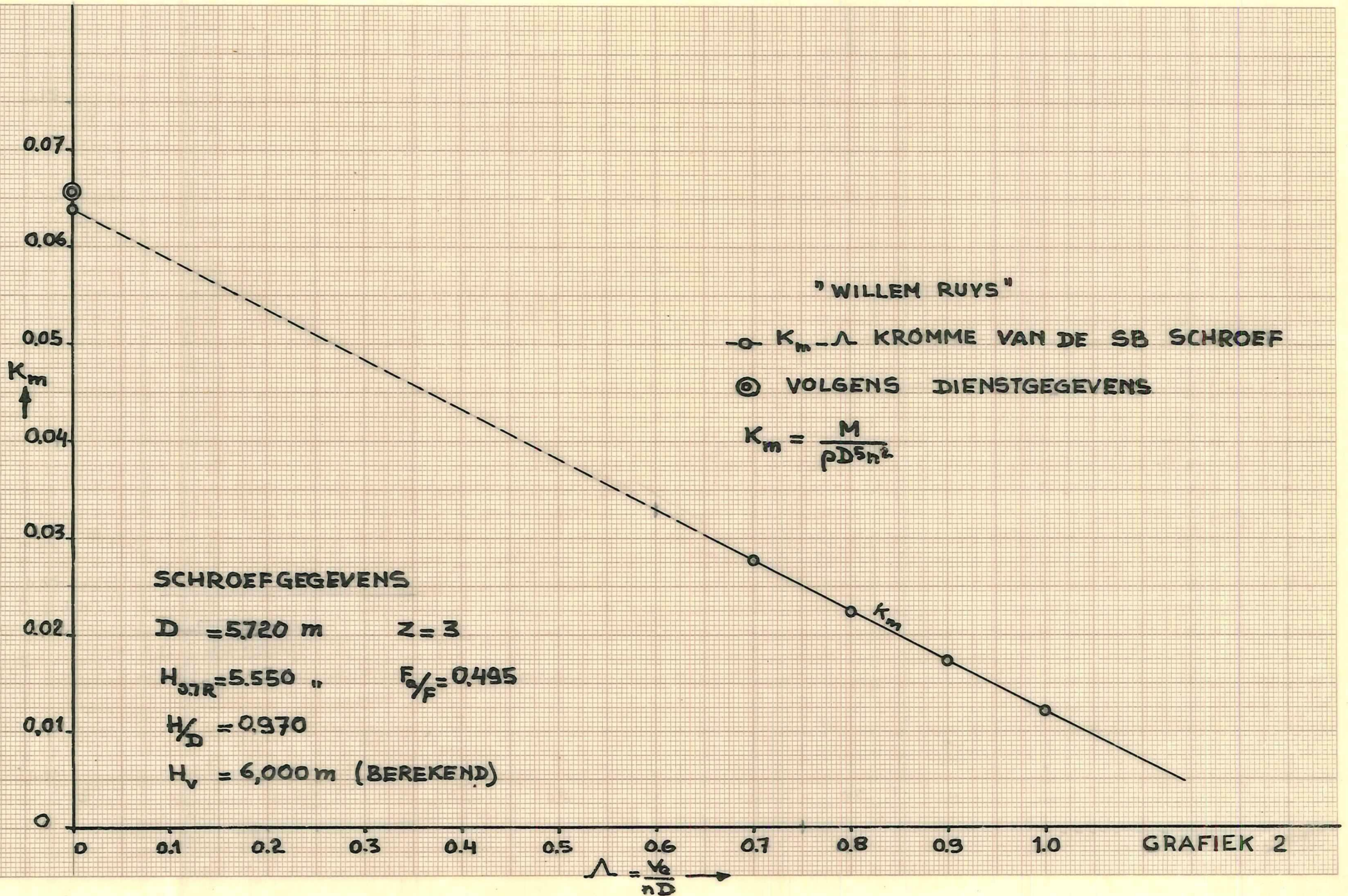
BIJLAGE 2.

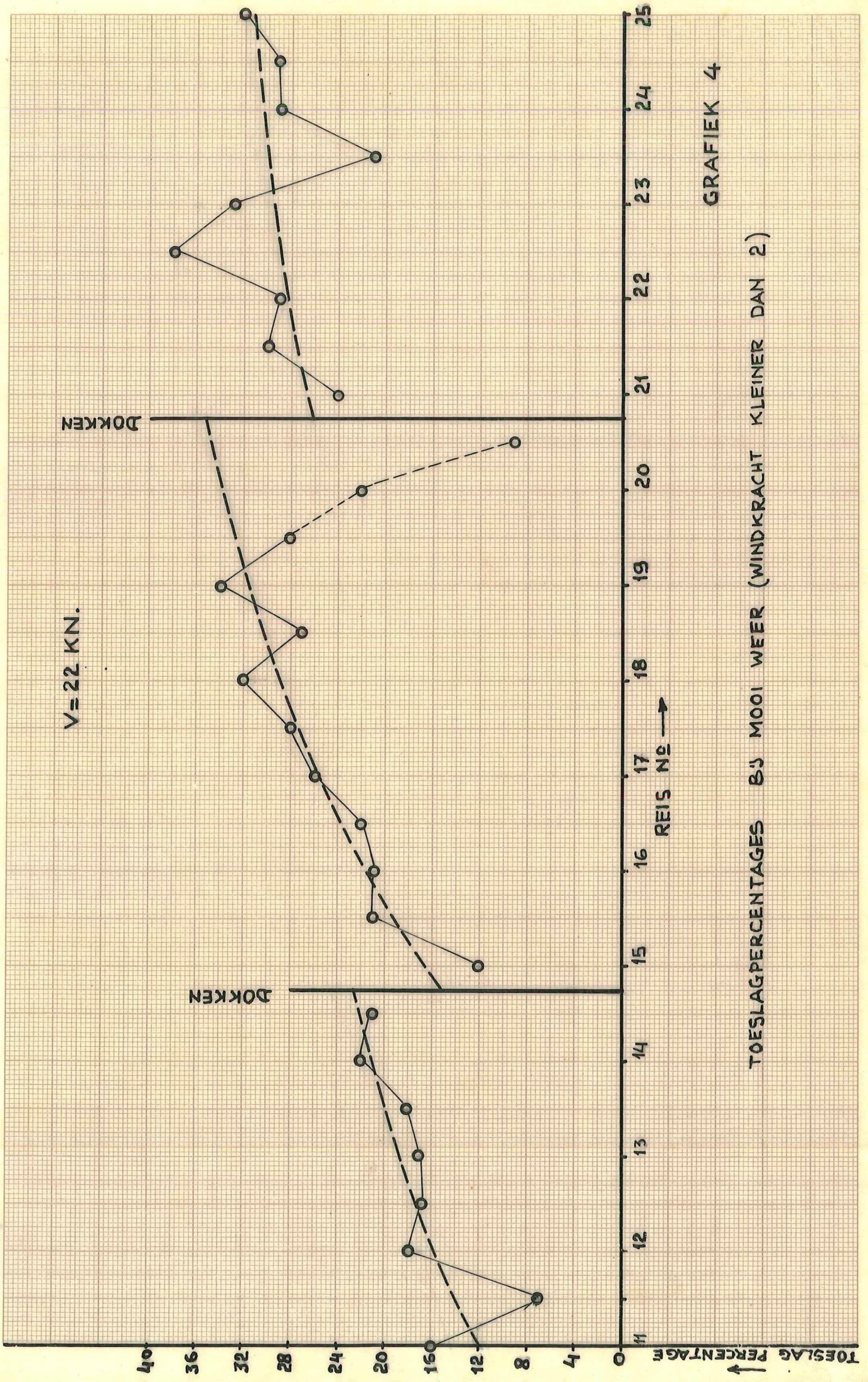
a_0 als functie van F_a/F , H/D en Z .

H/D	B 3 serie			B 4 serie		
	$F_a/F=0,35$	$F_a/F=0,50$	$F_a/F=0,65$	$F_a/F=0,40$	$F_a/F=0,55$	$F_a/F=0,70$
	100 a_0			100 a_0		
0,5	1,54	1,60	1,73	1,81	1,90	1,84
0,6	2,22	2,42	2,50	2,48	2,74	2,60
0,7	2,96	3,30		3,32	3,56	3,53
0,8	3,74	4,46	4,64	4,06	4,65	4,63
0,9	4,73	5,60		4,98	5,77	5,95
1,0	5,70	6,78	7,15	6,03	6,80	7,50
1,1	6,92	8,10		7,16	8,16	9,37
1,2	8,06	9,30	10,00	8,50	9,84	11,36
1,3	9,36	10,94				13,15
1,4	10,93	12,38	14,10	11,20	12,96	15,20



GRAFIEK 1

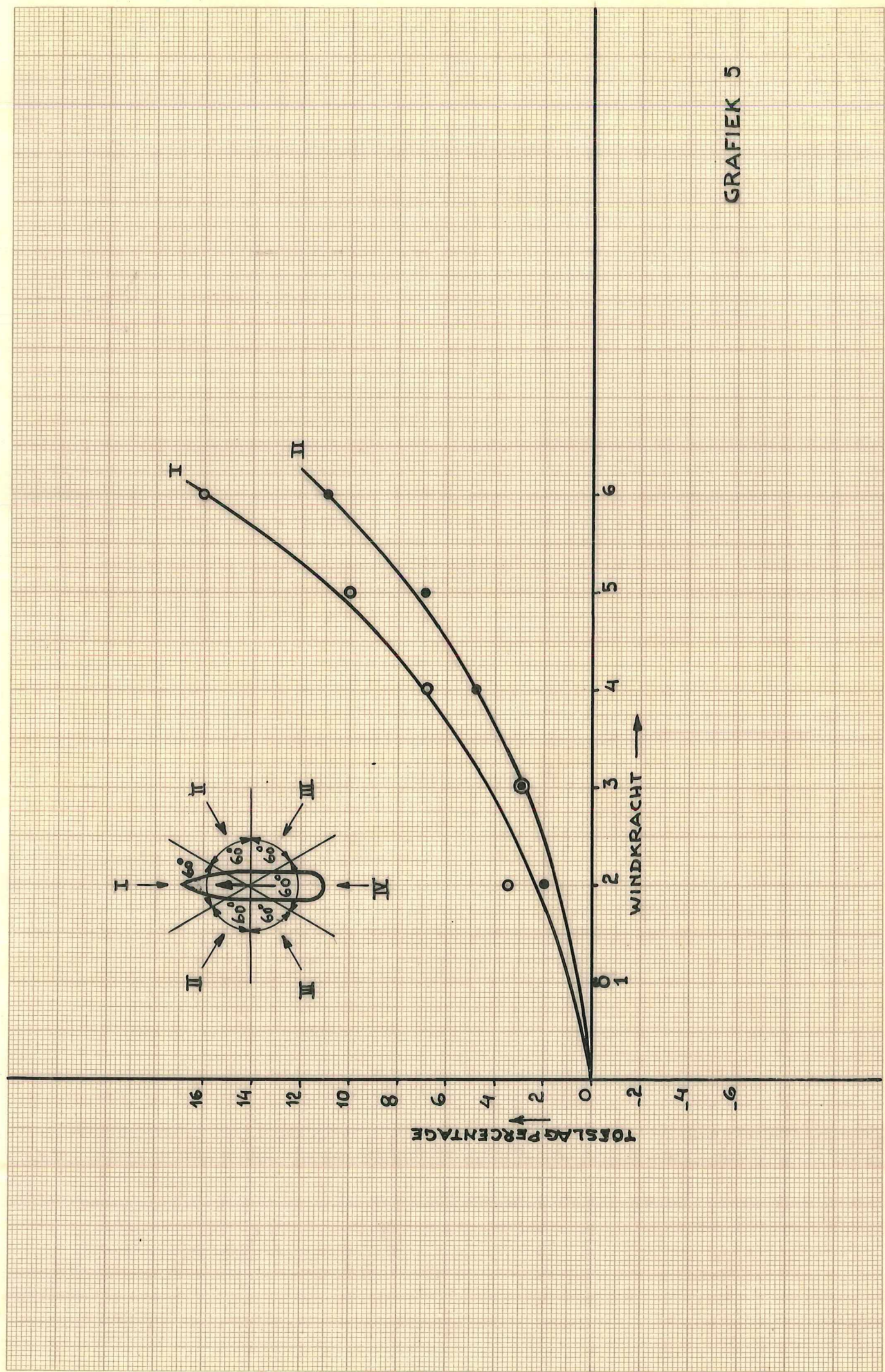




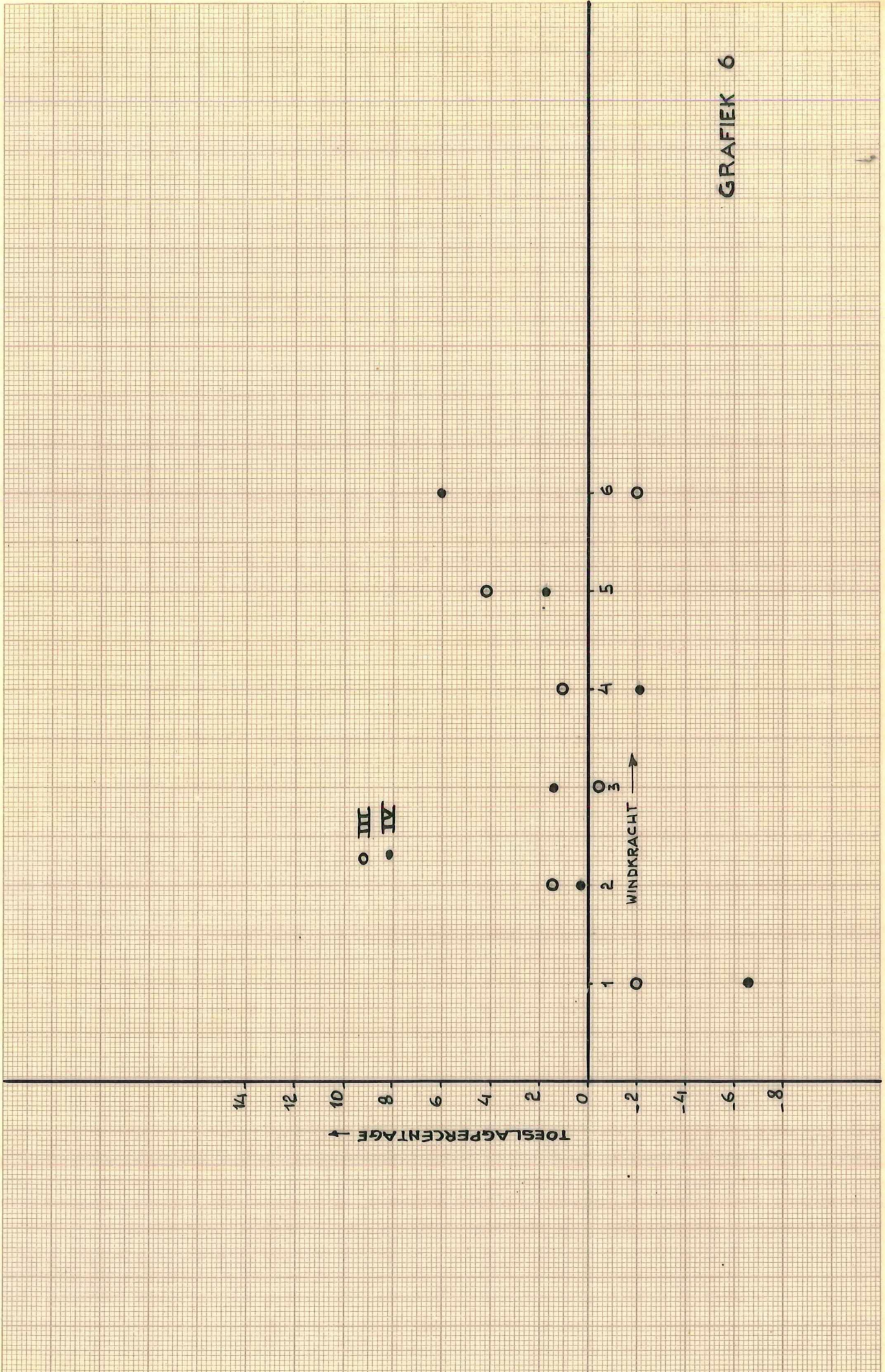
GRAFIEK 4

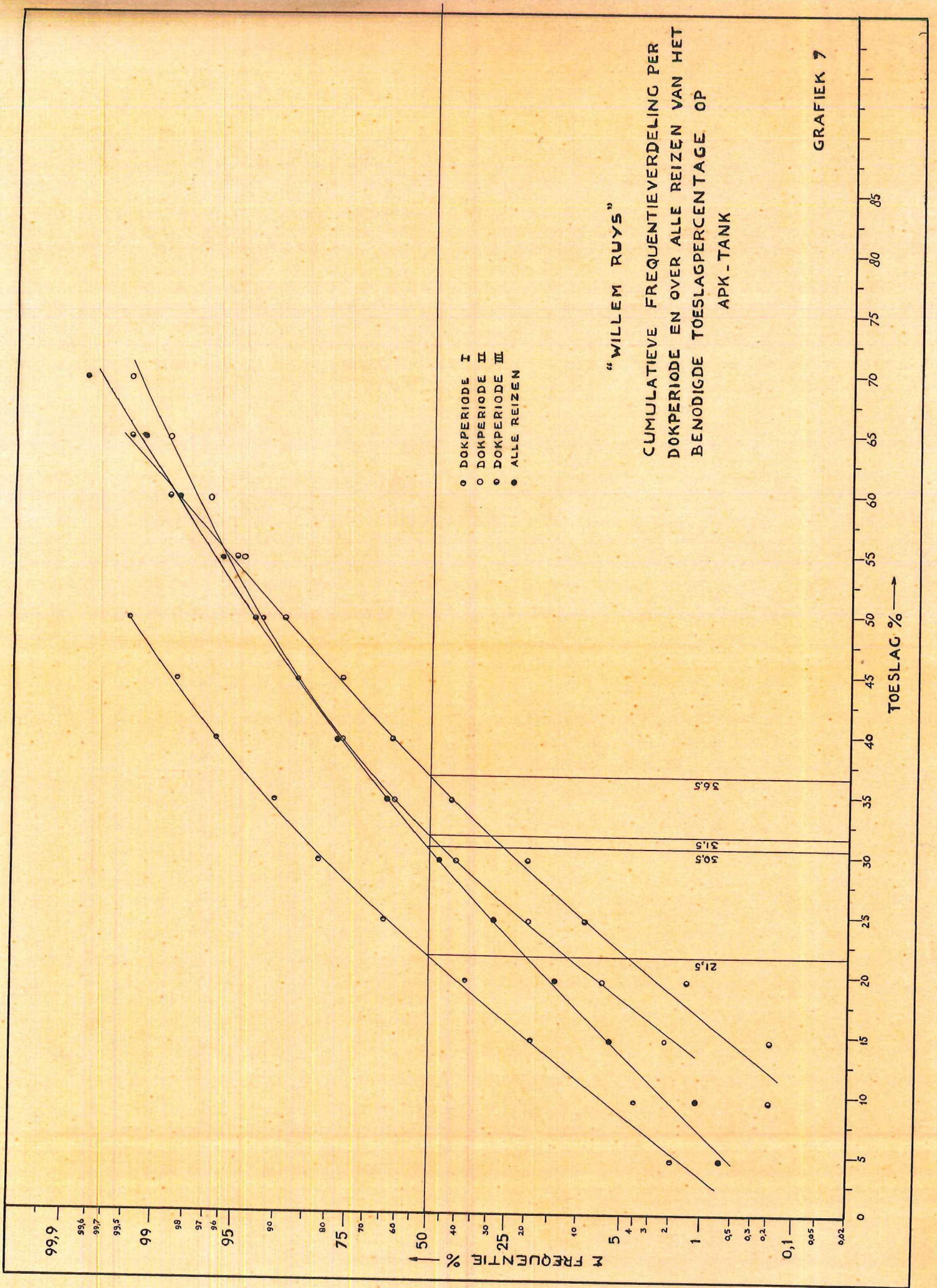
TOESLAGPERCENTAGES BIJ MOOI WEER (WINDKRACHT KLEINER DAN 2)

GRAFIEK 5

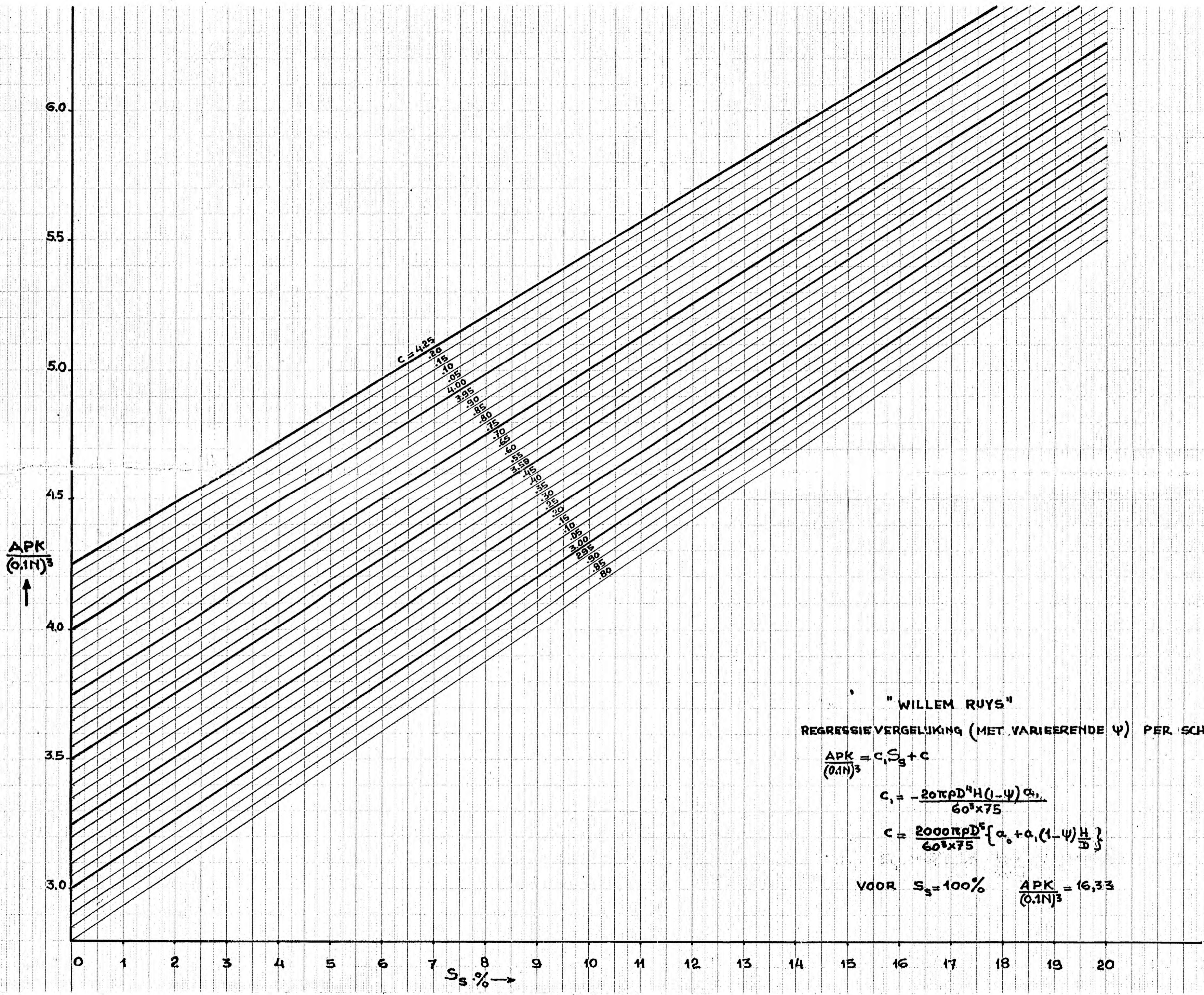


GRAFIEK 6





GRAFIEK 7



" WILLEM RUYSS"
 REGRESSIEVERGELIJKING (MET VARIËRENDE ψ) PER SCHROEF

$$\frac{APK}{(0.1N)^3} = c_1 S_s + c$$

$$c_1 = \frac{-20\pi\rho D^4 H(1-\psi)\alpha_1}{60^3 \times 75}$$

$$c = \frac{2000\pi\rho D^5}{60^3 \times 75} \left\{ \alpha_0 + \alpha_1 (1-\psi) \frac{H}{D} \right\}$$

VOOR $S_s = 100\%$ $\frac{APK}{(0.1N)^3} = 16,33$