Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

ONDERZOEK BEREGENINGSINSTALLATIE
(onderzoekproject no. 70/2)

H.T. Douwes

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van Dr. Ir. R.W.R. Koopmans

augustus 1970

I N H O U D

	Blz.
1. Samenvatting	5
2. Voorwoord	5
3. Inleiding	6
3.1. Redenen voor de aanschaf van de beregeningsinstallatie	6
3.2. Het water voor de beregening	6
3.3. Uitgangspunten naar aanleiding waarvan de vorm en capaciteit van de huidige installatie werden vastgesteld	7
4. Overzicht beregeningsinstallatie	7
4.1. Beregeningspomp	7
4.2. Ondergrondse leiding	8
4.3. Verplaatsbare leidingen	10
4.4. Slangen	10
4.5. Sproeiers	10
5. Probleemstelling	11
6. Sproeierkarakteristiek	11
6.1. Methodiek	12
6.2. Resultaten en discussie	12
7. Regenverdeling van de sproeiers	15
7.1. Inleiding	15
7.2. Methodiek	16
7.3. Resultaten en discussie	16
8. Pompkarakteristiek en opgenomen vermogen van de pomp	27
8.1. Methodiek	27
8.2. Resultaten en discussie	29
9. Drukverliezen in de leidingen en de ventielen	32
9.1. Inleiding	32
9.2. Berekening	33
9.3. Resultaten en discussie	36
10. Literatuur	39

1. SAMENVATTING

In tijden van droogte kunnen de diverse gewassen op het CELOS-terrein van water worden voorzien door beregening. De installatie is zodanig gekozen dat het gehele terrein in 4 dagen van 25 mm water kan worden voorzien. Deskundige behandeling van de verplaatsbare onderdelen is bijzonder belangrijk daar zeer snel beschadiging kan optreden van o.a. de slangen (knikken) en de afsluiters (rubber afdichting). De diameters van de leidingen zijn voldoende groot gekozen, waardoor de druk op en dus de opbrengst van de diverse sproeiers niet veel verschilt. Bij een groot opbrengstverschil in de sproeiers is de waterverstrekking op een perceel onregelmatig verdeeld.

De sproeierkarakteristiek laat zien dat de druk evenredig is met het kwadraat van de opbrengst.

Bij de bepaling van de regenverdeling van de sproeier leverde het opstellingsverband 12 x 12 meter het beste resultaat op bij verschillende drukken en windsnelheden. Hoewel het verband 12 x 18 meter minder arbeidsintensief is en de regenintensiteit geringer dient deze opstelling te worden vermeden wegens de slechte regenverdeling.

Er wordt verder op gewezen dat er een aanzienlijk verlies optreedt door de wind. Bij een enkele sproeieropstelling kan tengevolge van drift en verdamping tot 25% van de watergift verloren gaan.

Aangezien er een te grote waaier in de pomp is geplaatst zijn de metingen voor de bepaling van de pompkarakteristiek en het opgenomen vermogen van de pomp als exacte cijfers niet meer te gebruiken wanneer binnenkort een nieuwe waaier wordt gemonteerd.

Door de grote waaier is de geleverde druk groter. De leidingen kunnen deze druk nog doorstaan doch de sproeierstandaarden hebben te weinig steun in de bodem en vallen dikwijls om. Wanneer dit bij de kleinere waaier nog het geval zal zijn, zullen de standaarden moeten worden gewijzigd.

De drukverliezen in de leidingen en gerekend tot de sproeier, zijn 50-65% van de begindruk, als alle sproeiers zijn aangesloten. Een aanzienlijk deel van de verliezen wordt veroorzaakt door de ventielen welke zijn geplaatst op de snelkoppelbuizen.

2. VOORWOORD

Onder leiding van de heer R.W.R. Koopmans, medewerker van het CELOS, is dit onderzoek verricht door student H.T. Douwes, als onderdeel van zijn praktijktijd in Suriname.

3. INLEIDING

3.1. REDENEN VOOR DE AANSCHAF VAN DE BEREGENINGS-INSTALLATIE

De regenval in Suriname is niet regelmatig over het jaar verspreid. Als gevolg van verplaatsing van luchtdrukgordels zijn er een viertal seizoenen te onderscheiden:

december -januari	korte regentijd
februari-maart	korte droge tijd
april-juli	lange regentijd
augustus-november	lange droge tijd

Het hele jaar door kunnen grote neerslagen optreden.

Met het oog hierop werd besloten voor het CELOS-terrein een bemaling toe te passen. Door een diepe ontwatering wordt voorkomen dat de grondwaterspiegel te hoog stijgt. Dit is een goede oplossing gedurende de regenseizoenen. Voor de watervoorziening in de droge tijden werd voorgesteld het greppelstelsel te verdichten en het water op te zetten. Door infiltratie van water door de greppel- en slootwanden in de bodem zou de plant van water kunnen worden voorzien. Bij de suikerrietcultuur past men o.a. deze methode toe.

Er zijn echter nadelen aan verbonden:

a. door de hoge grondwaterstand is de berging sterk verminderd en treedt bij regenval snel wateroverlast op;
b. het is zeer de vraag of de zijdelingse infiltratie voldoende is;
c. grond- en gewasbewerking met machines worden sterk bemoeilijkt.

De bezwaren onder a en b genoemd komen te vervallen bij gebruik van een kunstmatige beregening.

Voor de ontwatering blijft echter vooralsnog een greppelstelsel noodzakelijk. Op grond van bovenstaande overwegingen werd besloten over te gaan tot de aanleg van een beregeningsinstallatie.

3.2. HET WATER VOOR DE BEREGENING

Voor de beregening van het CELOS-terrein wordt water gepompt uit de Kasabaholokreek. Dit water werd tenslotte verkozen boven bronwater, aangezien dit laatste een tamelijk hoog zoutgehalte bezit (± 260 mg Cl/l). De bronnen, welke zijn geslagen door de Surinaamse Waterleiding Mij., bevinden zich op een terrein grenzend aan het CELOS-terrein en dienen voor de watervoorziening van het CELOS. Sinds 29 oktober 1969 wordt dagelijks het geleidingsvermogen van het bron- en kreekwater bepaald. De reeds genoemde 260 mg Cl/l van het bronwater blijken overeen te komen met ongeveer 1000 µmho. Het geleidingsvermogen van het kreekwater schommelt tussen 50 en 850 µmho, doch bevindt zich overwegend in de buurt van de 250 µmho, wat overeenkomt met 50 mg Cl/l.

Het kreekwater bevat vrij veel slib, of dit bij langdurig gebruik van invloed is op de doorlatendheid van de bodem valt nog niet te overzien.

3.3. UITGANGSPUNTEN NAAR AANLEIDING WAARVAN DE VORM EN CAPACITEIT VAN DE HUIDIGE INSTALLATIE WERDEN VASTGESTELD

De gehele installatie is berekend op een watergift van 25 mm netto (bruto 27,5 mm) op het totale oppervlak in 4 dagen.

Er wordt alleen beregend tijdens de werkuren (12½ uur/dag).

De aanleg van de beregeningsinstallatie wordt beschreven in het praktijkverslag van de heer Noordhoek Hegt.

4. OVERZICHT BEREGENINGSINSTALLATIE

4.1. BEREGENINGSPOMP

De pomp is een niet-zelfaanzuigende centrifugaalpomp van het merk Stork, type NU 22-10.

Voor de keuze van de pomp en de opzet van de gehele installatie werd advies ingeroepen van de heer Baars van de afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de Landbouwhogeschool.

Nadere gegevens pomp:

capaciteit	: 97 m^3/uur bij 6 atmosfeer waterdruk
vermogen	: 40 pk
motor	: 60 perioden draaistroommotor voor 220 volt driehoek of 380 volt ster
zuigleiding	: 5" met 5" voetklep
ringopening pomp	: 4"
persleiding	: 4" met 4" afsluiter
waaier	: Ø 210 mm

Het pomphuis is opgetrokken naast de Kasabaholokreek en de pomp is zodanig opgesteld, dat het midden van de waaier in de pomp ± 1.20 m boven het gemiddelde kreekniveau ligt.

De zuigbuis mondt uit in een gemetselde zuigput die d.m.v. drie buizen Ø 30 cm in open verbinding staat met de Kasabaholokreek.

Van de persbuis, tussen pomp en afsluiter, loopt een buisje van Ø 16 mm terug naar de zuigput. Wanneer de afsluiter is gesloten, gaat er voldoende water door de pomp om de koeling te verzorgen.

Vóór de inwerkingstelling dient eerst met een handpomp, welke is aangebracht op de persbuis tussen pomp en afsluiter, de zuigbuis en waaierkamer ontlucht te worden.

Om te voorkomen dat de pomp overbelast raakt, wat het geval kan zijn als b.v. één van de bovengrondse leidingen losschiet, is in de ampèremeter bij de pomp een beveiliging aangebracht. Wanneer een zelf in te stellen hoeveelheid ampères wordt overschreden slaat de pomp nl. af.

De heer Baars arriveerde 6 januari 1970 in Suriname voor een laatste controle en de ingebruikneming van de installatie.

Voor het testen van de pomp werden alle sproeiers (47) aangesloten.

Bij het testen bleek de pomp na enige tijd weer af te slaan. Voorts werd een druk op de persleiding van meer dan 7 atmosfeer afgelezen.

De heer Baars kwam tot de conclusie dat er niet een waaier van Ø 210 mm doch een grotere in de pomp geplaatst moest zijn.

Na terugkeer in Nederland werd hierover gecorrespondeerd met de firma Stork.

Op 7-4-'70 berichtte Stork, dat de fabriekgegevens welke indertijd werden gestuurd voor de vaststelling van de capaciteit van de pomp niet korrekt waren. In plaats van de waaier Ø 210 mm had er een waaier Ø 200 mm gemonteerd moeten worden.

Bij de bepaling van de pompkarakteristiek zal hierop worden teruggekomen.

4.2. ONDERGRONDSE LEIDINGEN (fig. 1)

Deze zijn van P.V.C. van de firma Wavin en hebben de volgende afmetingen:

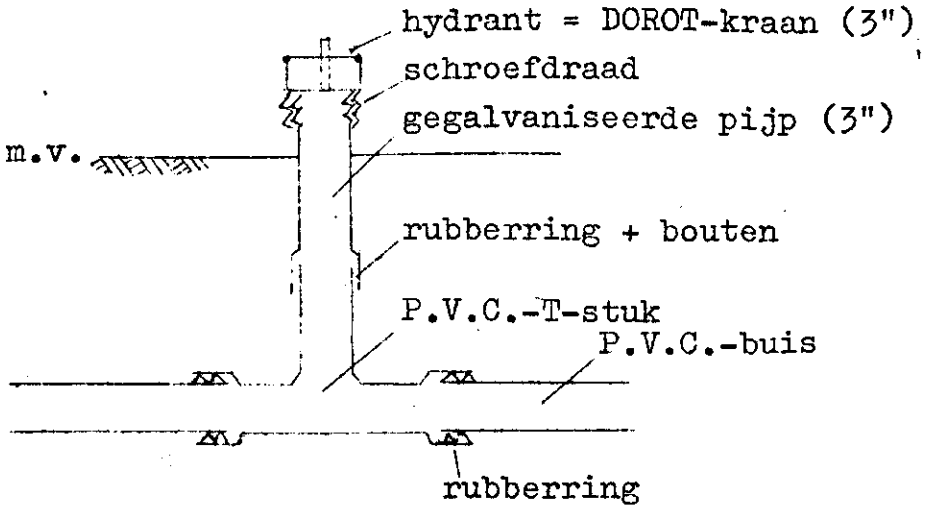
125 x 117,6 mm (5") (buiten x binnendiameter)
110 x 103,4 mm (4")
90 x 84,6 mm (3")

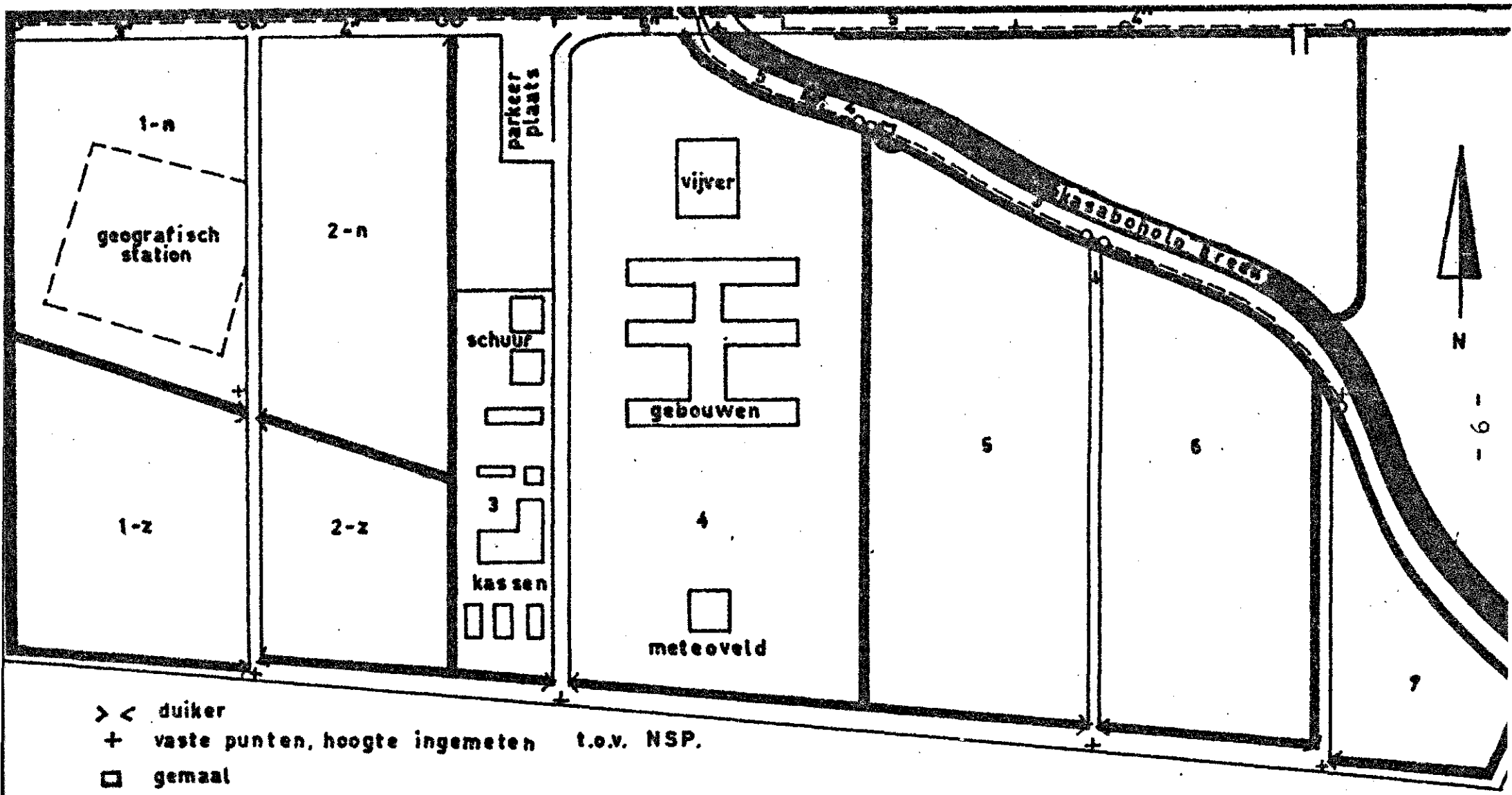
De keuze van de diameters werd mede bepaald door de vrachtkosten; bij toepassing van genoemde maten kan nl. op de vrachtkosten worden bespaard door ze voor verzending in elkaar te schuiven.

De leiding is ingegraven tot een diepte van 75 cm, langs de kreek 45 cm.

De verbinding van buizen van gelijke diameter geschiedt met steekmoffen, met rubberringen ter afdichting. Bij overgang van b.v. 5" op 4" zijn zgn. verloop-steekmoffen gebruikt.

De construktie bij de hydranten is schematisch weergegeven in onderstaand figuur.





OVERZICHTSKAART VAN HET GROOTSTE DEEL VAN HET CELOS- TERREIN

Fig. 1

Aan het eind van elke leiding is een hydrant aangebracht van bovengeschetste konstruktie, waarbij het P.V.C.-T-stuk is afgesloten door een blinde flens met rubberring en bouten.

4.3. VERPLAATSBARE LEIDINGEN

Evenals slangen en sproeiers werden de verplaatsbare leidingen geleverd door de firma PELEG uit Israël.

De verplaatsbare leidingen worden gevormd door aluminium snelkoppelbuizen van 6 meter lengte en een binnendiameter van 74 mm (3").

De aluminium buizen zijn zeer licht en gemakkelijk aan elkaar te bevestigen. De afdichting geschiedt door een rubberring. Elke leiding wordt via een afsluiter op de hydrant bevestigd. Na de eerste buis wordt een zeef geplaatst, waardoor de kans dat sproeiers verstopt raken sterk vermindert.

De volgende hulpstukken van aluminium zijn verder aanwezig:

bocht van 90°
T-stuk voor vertakking
eind afsluiter.

Van de in totaal 90 aluminium buizen zijn er 47 voorzien van een aansluiting, waarin zich een ventiel bevindt en 43 zonder aansluiting.

Deze 2 soorten buizen worden om en om gelegd zodat er na elke 12 m een aansluiting is.

De heer Baars berekende dat indien 19 sproeiers zijn aangesloten er een maximaal drukverlies optreedt van 0,66 atmosfeer in deze leiding. Dit blijft beneden de grens van 20% drukverlies, wat nog toelaatbaar wordt geacht.

4.4. SLANGEN

Deze zijn gemaakt van polyethyleen, 36 meter lang en hebben een binnendiameter van 20,6 mm. Totaal 47 stuks. De bevestiging zowel aan de aluminium buis als aan de sproeierstandaard geschiedt met een klauwkoppeling.

4.5. SPROEIERS

Type: roterend. Naan no. 233/92 met 2 openingen Ø 4,9 en 2,5 mm.

De sproeiers zijn geplaatst op standaarden, waarvan
20 standaarden voor hoge gewassen
en 27 standaarden voor lage gewassen.

De firma PELEG verstrekte de volgende gegevens over de sproeier:

druk in atm.	opbrengst in m^3/uur	diam. bedekking in m	neerslag bij verband (mm/uur)				
			6 x 12	12 x 12	12 x 18	12 x 24	18 x 18
2,0	1,58	30	21,9	11,0	7,3		4,9
2,5	1,76	31	24,4	12,2	8,1	6,1	5,5
3,0	1,92	32	26,7	13,4	8,9	6,7	5,9
3,5	2,07	33	27,8	14,4	9,6	7,2	6,4

De neerslagen zijn bruto, m.a.w. zonder de verliezen door verdamping, drift etc.
Bij de bepaling van de drukverliezen in de leidingen is een voorbeeld gegeven van het gebruik van de installatie.

5. PROBLEEMSTELLING

Bij gebruik van de beregeningsinstallatie is inzicht noodzakelijk in de volgende onderdelen:

Sproeierkarakteristiek, d.w.z. de waterhoeveelheid die uit de sproeier komt bij verschillende drukken.

Waterverdeling van de sproeiers, waaruit voor de mogelijke sproeiersverbanden de neerslag berekend kan worden.
Tevens kan de gelijkmatigheid (uniformiteit) van de verdeling worden bepaald. In combinatie met gegevens uit de sproeierkarakteristiek kan de efficiëntie van de waterverstrekking worden berekend.
Sproeiverband wil zeggen: de onderlinge afstanden van de sproeiers.

Pompkarakteristiek en opgenomen vermogen bij verschillende debieten.

Drukverliezen in de leidingen en de ventielen.

Met behulp van deze gegevens is te berekenen gedurende hoeveel tijd beregend dient te worden. Er kan worden nagegaan in hoeverre de bepaalde grootheden overeenstemmen met de gegevens welke de fabrikant verstrekt.

6. SPROEIERKARAKTERISTIEK

De opbrengst van de sproeier is afhankelijk van de druk. Door bij verschillende drukken de opbrengst te meten is de sproeierkarakteristiek te bepalen.

6.1. METHODIEK

De druk op de sproeier werd afgelezen met een manometer. Deze was geplaatst op een buisje, welke met klauwen gekoppeld werd tussen standaard en slang. Schaalverdeling manometer 0 tot 100 lbs/in (1 pound/inch = 0,0689 atmosfeer).

Het water uit de sproeier werd opgevangen in een oliedrum met een inhoud van 200 liter. Om uitspatten van water zo gering mogelijk te houden was de opening in de drum net groot genoeg om de sproeier door te laten.

De sproeier werd een bepaalde tijd in de drum geplaatst, waarna de hoogte van de waterspiegel kon worden afgelezen. Aangezien de drum van te voren was geijkt, werd hieruit de opbrengst door interpolatie gevonden. Door de afsluiter bij de pomp meer of minder te openen werden verschillende drukken verkregen.

6.2. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Zie figuur 2. De getrokken lijn geeft het verband weer tussen druk en opbrengst, zoals deze werd bepaald. Verklaring van de uitkomst.

Voor wat betreft de energiehoogte bij de manometer en bij de uitgang van de sproeier geldt het volgende verband:

$$h + \frac{v_1^2}{2g} - \zeta \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}$$

h = drukhoogte in meters waterkolom (m.w.k.) op de manometer

$\frac{v_1^2}{2g}$ = snelheidshoogte ter plaatse van de manometer (m)

$\zeta \frac{v_1^2}{2g}$ = drukverliezen tussen manometer en uitgang (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = snelheidshoogte bij uitgang sproeier (m)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/sec.^{2})

v_1 = stroomsnelheid bij manometer (m/sec.)

v = stroomsnelheid bij uitgang (m/sec.)

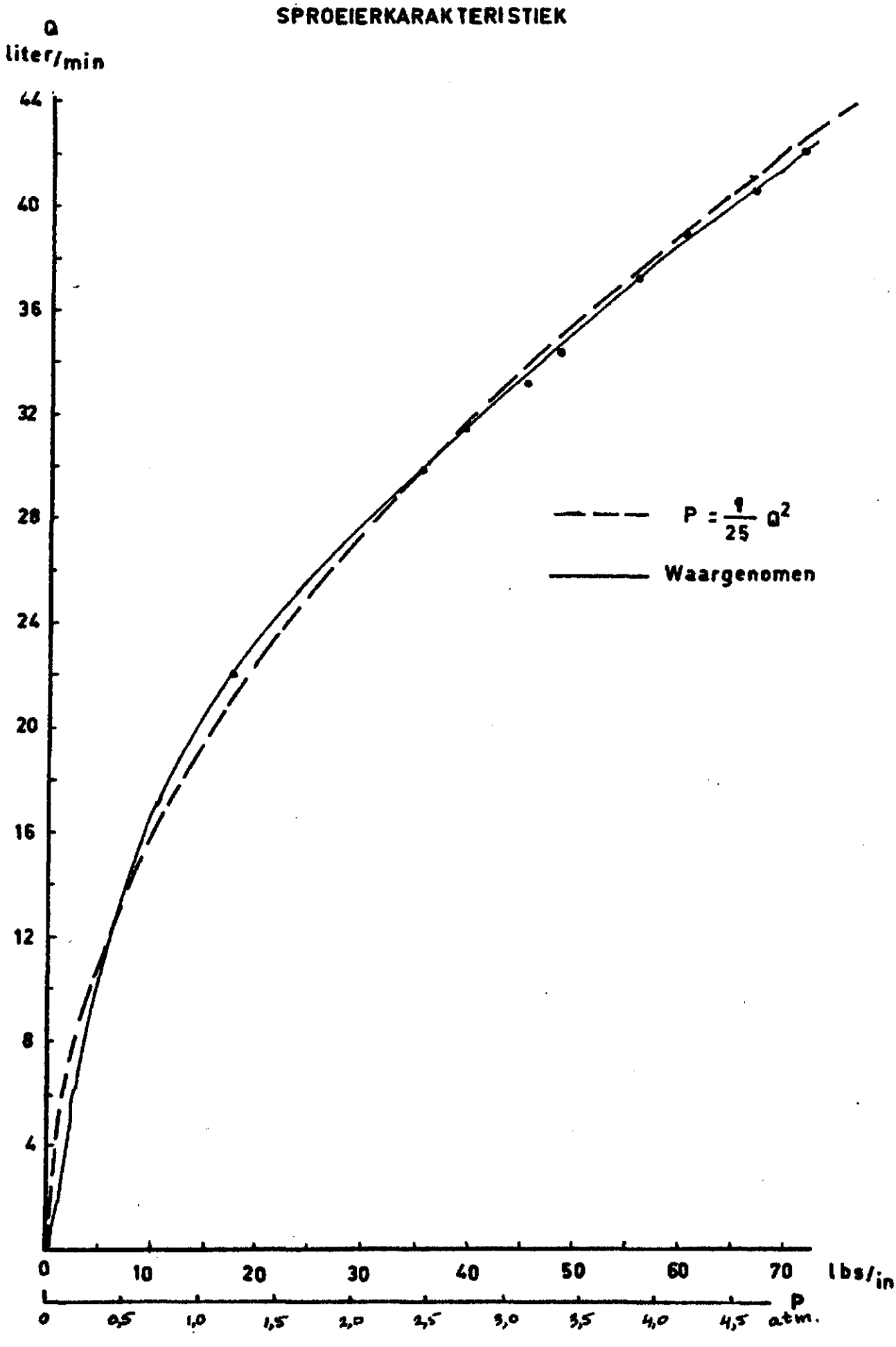
aangezien $v = \frac{Q}{F}$ volgt hieruit voor h:

Q = debiet

F = oppervlak van de sproeieropeningen

F_1 = oppervlak van de doorstroming bij de manometer

Fig. 2


SPROEIERKARAKTERISTIEK
Q
liter/min
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
10
20
30
40
50
60
70
lbs/in
P
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
atm.
P = 1/25 Q²
Waargenomen

$$h + (1 - \zeta)\frac{Q^2}{2gF_1^2} = \frac{Q^2}{2gF^2} \qquad \underline{a}$$

$$F = \tfrac{1}{4} \times 4{,}9^2 + \tfrac{1}{4} \times 2{,}5^2 = 23{,}8 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = \tfrac{1}{4} \times 14{,}0^2 = 121 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{121}{23{,}8} = 5{,}1 \longrightarrow F_1 = 5{,}1\ F \qquad \underline{b}$$

Uit <u>a</u> en <u>b</u> volgt: $h = \left(\frac{25}{26} + \frac{1}{26}\zeta\right)\frac{Q^2}{2gF^2}$

of h = constante x Q^2. De opbrengst neemt dus kwadratisch toe met de druk.

Wanneer de volgende omrekening wordt toegepast:

h van m.w.k. in lbs/in (P)

Q van m^3/sec. in l/min.

$F = 23{,}8 \times 10^{-6}\ m^2$

dan geldt:

$$P = \left(\frac{25}{26} + \frac{1}{26}\zeta\right)\frac{Q^2}{27{,}5} \qquad \underline{c}$$

De bepaalde sproeierkarakteristiek blijkt nagenoeg overeen te komen met het verband:

$$P = \frac{1}{25}\ Q^2 \qquad \underline{d}$$

Uit <u>c</u> en <u>d</u> volgt: $\left(\frac{25}{26} + \frac{1}{26}\zeta\right)\frac{Q^2}{27{,}5} = \frac{Q^2}{25}$, dus $\zeta = 3{,}6$

M.a.w. tussen de manometer en de sproeier uitgangen treedt een verlies op van 3,6 maal de snelheidshoogte. Deze is grotendeels toe te schrijven aan de splitsing van de waterstroom naar de twee openingen.

7. REGENVERDELING VAN DE SPROEIERS

7.1. INLEIDING

Door het plaatsen van blikjes in een vierkantsverband over een oppervlakte welke groter is dan bestreken kon worden door één sproeier werd de waterverdeling bepaald en voorts berekend welk gedeelte van de toegediende hoeveelheid de bodem bereikt. Aangezien niet oneindig veel blikjes geplaatst kunnen worden, wordt vaak gesteld dat de opstelling om de 2 meter voldoende representatief is. Uit de gemeten verdeling van de sproeier is voor elke willekeurige onderlinge opstelling van de sproeiers (sproeiverband) de gemiddelde neerslag, de uniformiteit en de efficiëntie van de waterverstrekking te berekenen. De verdeling werd bepaald bij diverse drukken en windsnelheden. Andere invloeden zoals

scheef staan van de sproeier,
verstopt raken,
verschil in rotatiesnelheid

zijn buiten beschouwing gelaten.

De keuze van de verschillende verbanden zijn gebonden aan de lengte van de slangen (36 m) en de afstand tussen twee aansluitingen op de buis (12 of 18 m).

De volgende sproeiverbanden zijn denkbaar:

verband	aantal malen, dat de sproeier verzet dient te worden
12 x 6	12
12 x 9	8
12 x 12	6
12 x 18	4
12 x 24	3
18 x 18	4

De verbanden 12 x 6 en 12 x 9 werden uitgesloten geacht, aangezien de resulterende neerslagintensiteiten groter zijn dan de infiltratiesnelheden en ze tevens zeer arbeidsintensief zijn. De verbanden 12 x 24 en 18 x 18 werden verondersteld een zeer ongelijkmatige verdeling te geven.

In het onderstaande worden de verbanden 12 x 12 en 12 x 18 nader beschouwd.
Een landbouwer, die de beschikking heeft over een beregeningsinstallatie heeft deze natuurlijk niet op deze manier beproefd.

Hij weet uit gegevens van de fabriek de bruto opbrengst van de sproeiers en de bruto neerslagintensiteit bij het sproeiverband dat hij kiest. Voor de efficiëncy van de waterverstrekking wordt meestal 80-90% genomen.

Hij bepaalt hieruit de tijd gedurende welke hij beregent. De landbouwvoorlichtingsdienst geeft adviezen omtrent tijdstip en tijdsduur van beregening.

Verwelkingsverschijnselen aan de plant of droogte gedurende enige dagen bepalen meestal het tijdstip waarop hij gaat beregenen.

Te vaak wordt er pas opgehouden met beregenen als plasvorming optreedt, hetgeen in de meeste gevallen waterverspilling betekent.

7.2. METHODIEK

De bepaling werd uitgevoerd op het grasveld naast de vijver op het CELOS-terrein.

In een vierkant 30 x 30 m werden om de 2 meter piketjes geslagen tot op het maaiveld. Zodoende ontstond een vierkantennet met loodrechte raaien om de 2 meter. Op deze markeringspunten werden olieblikjes geplaatst voor het opvangen van de regen van de sproeier. De blikjes werden verzameld bij diverse benzinestations in Paramaribo. De oppervlakte van een blikje is 76,9 cm^2.

Bij de bepaling van de verdeling werd als volgt te werk gegaan.

Een verplaatsbare aluminiumleiding werd aangesloten op de hydrant het dichtst bij de pomp. Op deze leiding werden drie slangen gekoppeld. Te weten: één slang naar de sproeier, waarvan de verdeling diende te worden bepaald en twee slangen open naar de kreek. Deze twee laatste slangen dienden er voor om nog een behoorlijk debiet te verkrijgen zodat de instelling van de druk op de sproeier door middel van de afsluiter bij de pomp gemakkelijker kon geschieden.

Voor de meting werd de slang van de sproeier aan de aluminium leiding gekoppeld en de tijd opgenomen. De druk op de sproeier, de stand van de anemometer, die in de direkte omgeving stond opgesteld, en de windrichting werden genoteerd.

Na twee uur werd de druk ter controle nogmaals opgenomen en de sproeier afgezet, waarna de stand van de anemometer werd opgenomen. (Uit de afgelegde windweg is de gemiddelde windsnelheid per tijdseenheid te berekenen).

Hierna werd de inhoud van alle blikjes met een maatglas van 100 ml gemeten.

7.3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Een voorbeeld van de bepaling van de regenverdeling en de berekening hieruit van de uniformiteit zijn weergegeven in de figuren 3a, b, c en d. Om de getallen meer voor zich te laten spreken zijn in dit voorbeeld de gemeten hoeveelheden in de blikjes omgerekend in mm neerslag per uur, volgens:

$$\frac{\text{gemeten hoeveelheid (ml)} \times 100}{\text{tijd van meting (uur)} \times \text{opp. blikje (cm}^2\text{)}} = \text{neerslag in mm/uur}$$

In fig. 3b zijn voor het sproeiverband 12 x 18 meter de getallen overgenomen uit fig. 3a. De sproeiers staan opgesteld in de hoekpunten. De waarnemingen behorende bij de sproeier die linksboven staat zijn afkomstig van het kwadrant rechtsonder uit fig. 3a. Idem voor de sproeier rechtsboven van het kwadrant linksonder. De sproeiers overlappen elkaar gedeeltelijk. De sommatie van de afzonderlijke neerslagen is weergegeven in fig. 3c. Hieruit is de uniformiteit te berekenen. Er zijn

Fig. 3a

bepaling van de regenverdeling

					2	1	1				
		3	7	8	12	12	7	5	1		
		9	14	27	36	32	24	14	3	1	
	3	18	34	58	75	83	63	40	16	4	
1	9	34	62	84	90	109	94	64	34	11	2
1	14	46	88	93	75	73	83	79	46	21	5
1	16	50	95	109	89	75	74	69	51	23	6
	10	40	87	105	100	77	58	60	38	22	8
	7	24	59	87	93	77	59	53	40	19	7
	2	12	32	49	63	62	50	44	31	14	2
		4	13	23	31	34	32	26	11	3	
			2	7	11	14	8	5			
					1						

blikjes geplaatst in vierkantsverband
met zijde 2 meter

neerslag in $mm/_{uur}$ x 10

druk = 57 $lbs/_{in}$ = 3,9 atm.

gem. windsnelheid = 2,04 $m/_{sec}$

Fig. 3b - **Bepaling van de uniformiteit van de regenverdeling.**

Opstelling sproeiers : 12 x 18 m

5 75		73	1	83	14	79	46	46	88	21	93
6 89		75	1	74	16	69	50	51	95	23	109
8 100		77		58	10	60	40	38	87	22	105
7 93		77		59	7	53	24	40	59	19	87
2 63		62		50	2	44	12	31	32	14	49
2		1		1							
31		34		32		26	4	11	13	3	23
12		12		7		5	3	1	7		8
11		14		8		5			2		7
36		32		24		14	9	3	14	1	27
1 75		83		63	3	40	18	16	34	4	58
90		109	1	94	9	64	34	34	62	11	84

Fig. 3c

Bepaling van de uniformiteit van de regenverdeling

Opstelling sproeiers:
12 x 18 m

80	74	97	125	134	114
95	76	90	119	146	132
108	77	68	100	125	127
100	77	66	77	99	106
67	63	53	56	63	63
43	46	39	38	32	34
47	46	32	28	19	35
76	83	66	58	50	62
92	110	103	98	96	95

$n\bar{x} = 4220$

$n = 54$

$\bar{x} = 78$ (7,8 mm/uur)

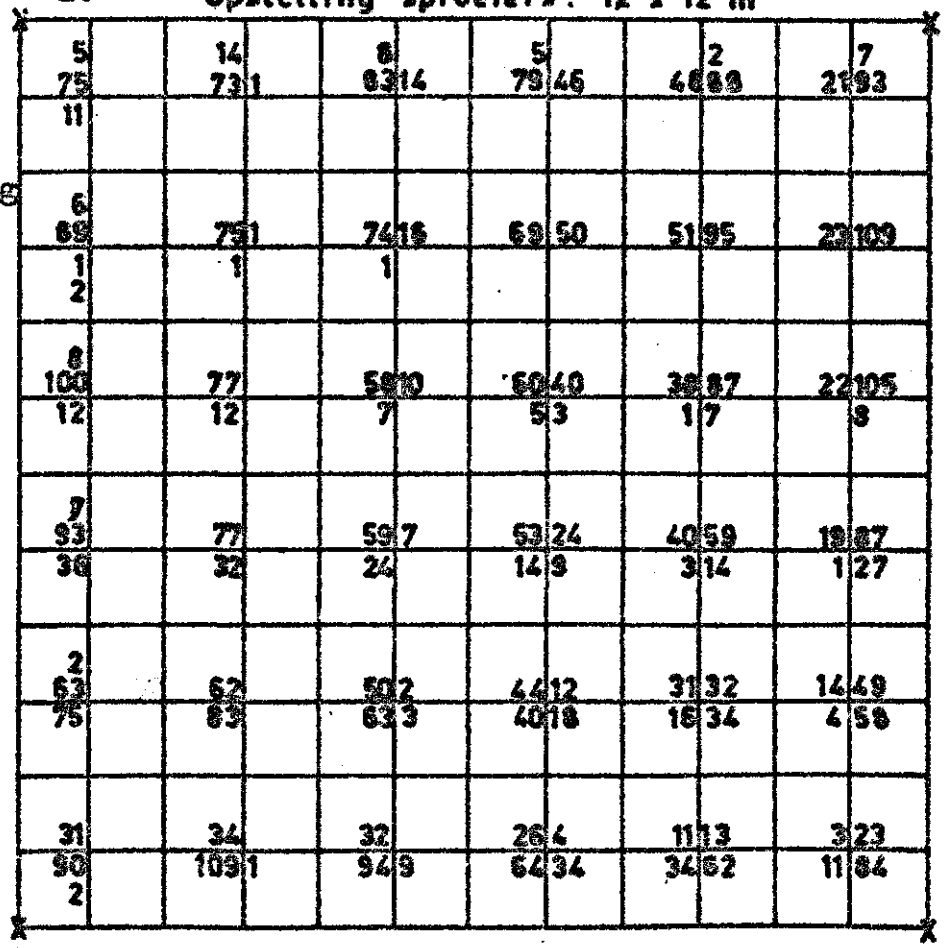
$\Sigma|x_i| = 1312$

$$C_u = 100\left(1 - \frac{\Sigma|x_i|}{n\bar{x}}\right) = 100\left(1 - \frac{1312}{4220}\right) = 68{,}9\ \%$$

Fig. 5d

Bepaling van de uniformiteit van de regenverdeling

Opstelling sproeiers: 12 x 12 m



91	88	105	130	136	121
98	77	91	119	146	132
120	89	75	108	133	135
136	109	90	100	116	124
140	145	118	114	113	125
123	144	135	128	120	121

$n\bar{x} = 4220$

$n = 36$

$\bar{x} = 117$ (11,7 m^3/uur)

$\Sigma |x_i| = 581$

$$C_u = 100\left(1 - \frac{\Sigma |x_i|}{n\bar{x}}\right) = 100\left(1 - \frac{581}{4220}\right) = 86{,}2\ \%$$

meerdere methodes voor deze berekening doch de formule van Christiansen is eenvoudig en geeft een duidelijk inzicht.

$$C_u = 100 \left(1 - \frac{\Sigma \, |x_i|}{n\bar{x}}\right)$$

C_u = uniformiteitscoëfficiënt van Christiansen

n = aantal waarnemingen

$\bar{x}$ = gemiddelde hoeveelheid per blikje (in voorbeeld gemiddelde neerslag)

$\Sigma \, |x_i|$ = gesommeerde absolute verschillen van het gemiddelde van alle waarnemingen

Er wordt algemeen gesteld dat een C_u-waarde van 75 à 80 nog acceptabel is.

In fig. 3c treden grote verschillen in de neerslag op: minimaal 1,9 mm en maximaal 14,6, wat een verschil is van 12,7 mm/uur. Een dergelijke toediening is natuurlijk ontoelaatbaar.

Voor het verband 12 x 12 meter is hetzelfde berekend (fig. 3d) en hieruit volgt een minimale neerslag van 7,5 en maximaal 14,6 mm/uur. Het verschil tussen maximum en minimum is nu veel geringer en de C_u-waarde is veel hoger, nl. 86,2 in plaats van 68,9.

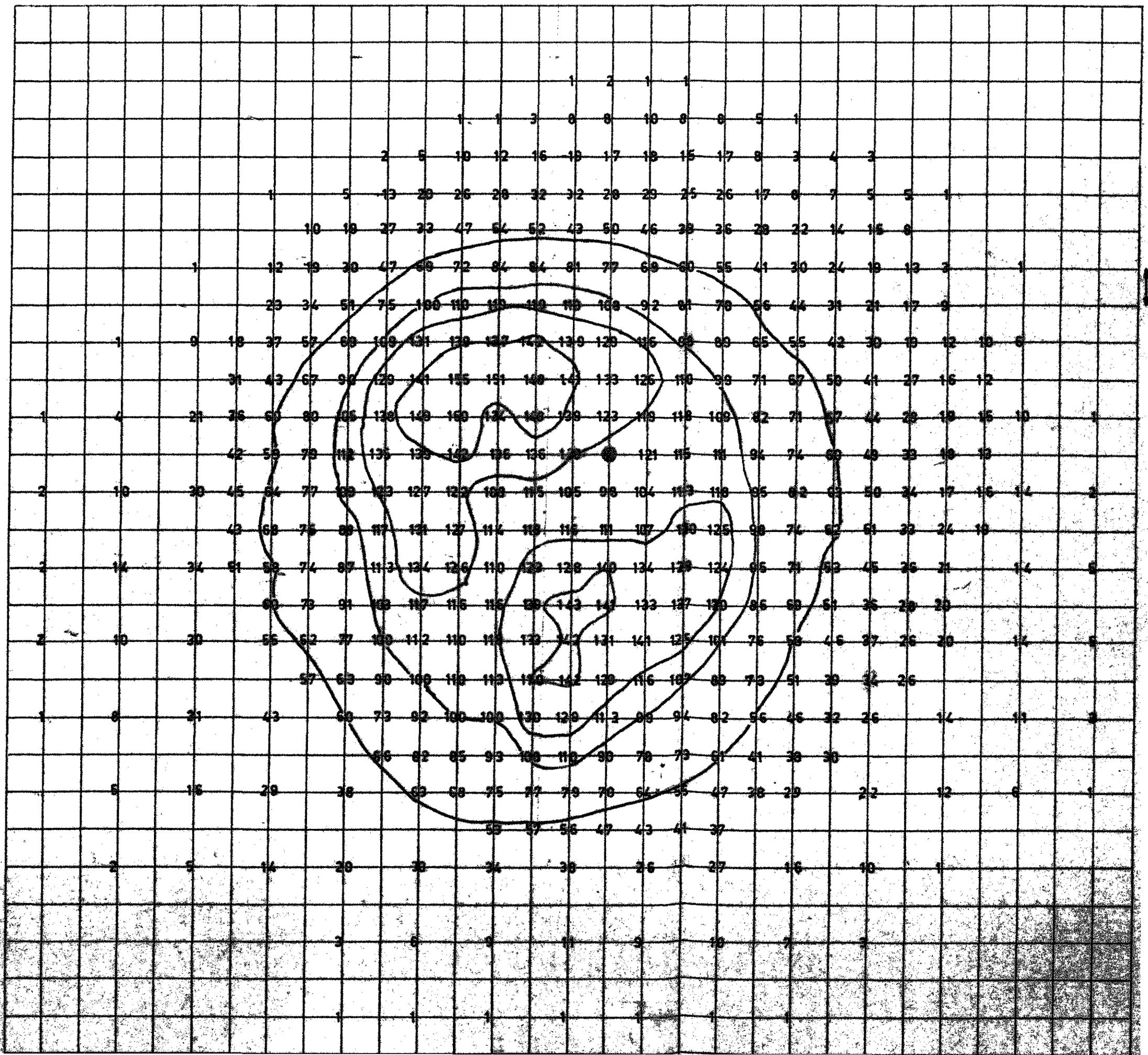
Door de gemiddelde neerslag te vermenigvuldigen met het oppervlak verkrijgt men de totale waterhoeveelheid die de bodem heeft bereikt.

Uit de sproeierkarakteristiek is bekend hoeveel water uit de sproeier komt, aangezien de druk bekend is. Door vergelijking van deze hoeveelheden verkrijgt men de efficiëncy van de waterverstrekking. Het verlies is een gevolg van drift door de wind en verdamping. Aangezien soms verliezen van meer dan $\frac{1}{4}$ van de toegediende hoeveelheid werden berekend, werd gedacht aan de mogelijkheid dat de intensiteit van de blikjes onder de sproeier niet voldoende zou zijn. Om dit na te gaan werd de opstelling van de blikjes verdicht tot 1 meter en wel tot een straal van 10 meter rond de sproeier. Met deze opstelling werd tweemaal een regenverdeling bepaald. In beide gevallen werd echter geen noemenswaardig verschil in de gemiddelde neerslag aangetoond. M.a.w. de plaatsing om de 1 meter, waarbij de neerslag behorende bij 1 m^2 werd genoteerd, is even representatief als bij plaatsing om de 2 meter, waarbij een oppervlak van 4 m^2 behoort. De verdere metingen werden dan ook steeds uitgevoerd met blikjes om de 2 meter.

Door de bepaling van de regenverdeling bij blikjes om de 1 meter krijgt men de prachtige gelegenheid de regenverdeling van 1 sproeier nauwkeuriger te bekijken.

In fig. 4 zijn een 4-tal lijnen getekend die alle afzonderlijk een bepaalde neerslag weergeven. De lijnen stellen voor 60, 100, 120 en 140 ml water dat zou worden opgevangen in een blikje in 2 uur, indien daar geplaatst.

fig. 4



windrichting

1 meter

gemiddelde windsnelheid 1,90 m/sec

druk = 56 lbs/in

1

2

2

2

1

Er blijkt dat loodrecht op de windrichting de grootste neerslag optreedt en tevens dat door de wind een verschuiving optreedt van het middelpunt en de verdeling krijgt de vorm van een ellips.

Bij de bepaling van de invloed van de windsnelheid en de druk op de regenverdeling vormde het niet konstant zijn van de windsnelheid tijdens de meting een probleem. Terwijl de druk nauwkeurig afgesteld kon worden, was voor de windsnelheid slechts een grove voorspelling mogelijk en was het resultaat van de meting tevens een gemiddelde van sterk fluktuerende windsnelheden.

Tijdens de metingen kwam naar voren, dat windsnelheden boven de 3 m/sec. zelden voorkomen en dan slechts gedurende korte tijd.

De windsnelheid is 's morgens tot 6 uur meestal zeer laag. Omstreeks 7 à 8 uur begint de wind op te steken en blijft om de 2 m/sec. of minder. 's Middags van 3-5 uur waait het meestal het hardst.

Gedurende twee opeenvolgende dagen werd op verschillende tijdstippen de afgelegde windweg genoteerd en daaruit de gemiddelde windsnelheid voor de betreffende tijdsduur berekend. In fig. 5 is het verloop van de windsnelheid weergegeven.
Om bij de lage windsnelheden de regenverdeling te meten was het dus noodzakelijk 's morgens om 6 uur te beginnen. Voor de hoge windsnelheden werd 's middags gemeten.

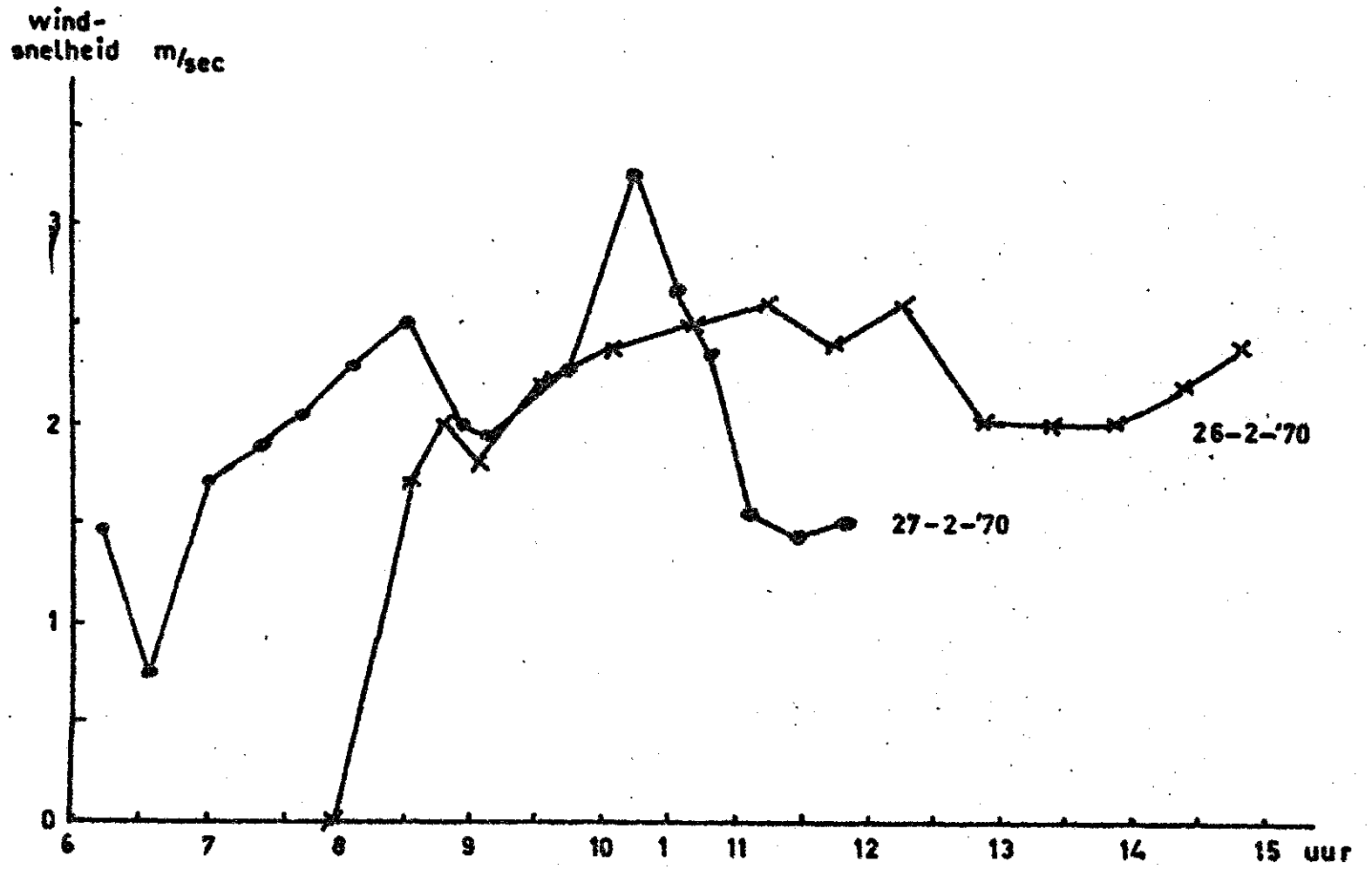
Tabel 1 geeft een overzicht van de uitkomsten, welke daarna grafisch zijn weergegeven in fig. 6.

In het licht van deze resultaten zijn de volgende conclusies mogelijk:

a. invloed van de druk op de sproeier
   1. op de C_u-waarde:
      Hiervoor is geen duidelijk verband aan te wijzen. Er zijn enige verschillen doch deze kunnen evenzeer aan andere invloeden worden toegeschreven.
   2. op de efficiëncy van de waterverstrekking:
      Ook hier is er geen duidelijk verband aan te tonen.

b. invloed van de windsnelheid
   1. op de C_u-waarde:
      Voor de opstelling 12 x 12 meter neemt de C_u-waarde bij toenemende windsnelheid iets af, doch komt niet onder de 85%. Bij windsnelheden groter dan 2 m/sec. is er zelfs een lichte stijging van de C_u-waarde te constateren. De opstelling 12 x 12 meter geeft dus een goede verdeling van de neerslag.
      Wat betreft de opstelling 12 x 18 meter zijn de resultaten minder gunstig.
      Is bij lage windsnelheden de C_u-waarde nog zeer hoog (80-95%), bij toeneming van de windsnelheid treedt er een geleidelijke daling op. Bij 1,8 m/sec. is de C_u-waarde tot 75% gedaald. Deze waarde wordt al niet meer toelaatbaar geacht. Bij hogere windsnelheden zijn de C_u-waarden steeds laag.
      Er dient opgemerkt te worden dat de scherpe daling zich toch niet voortzet bij hogere windsnelheden.

Fig. 5


wind-
snelheid m/sec
3
2
1
0
6
7
8
9
10
1
11
12
13
14
15 uur
26-2-'70
27-2-'70

Tabel 1. Invloed van windsnelheid en druk op de uniformiteit van de regenverdeling; efficiency van de waterverstrekking.
De metingen werden uitgevoerd met de hoge sproeierstandaard

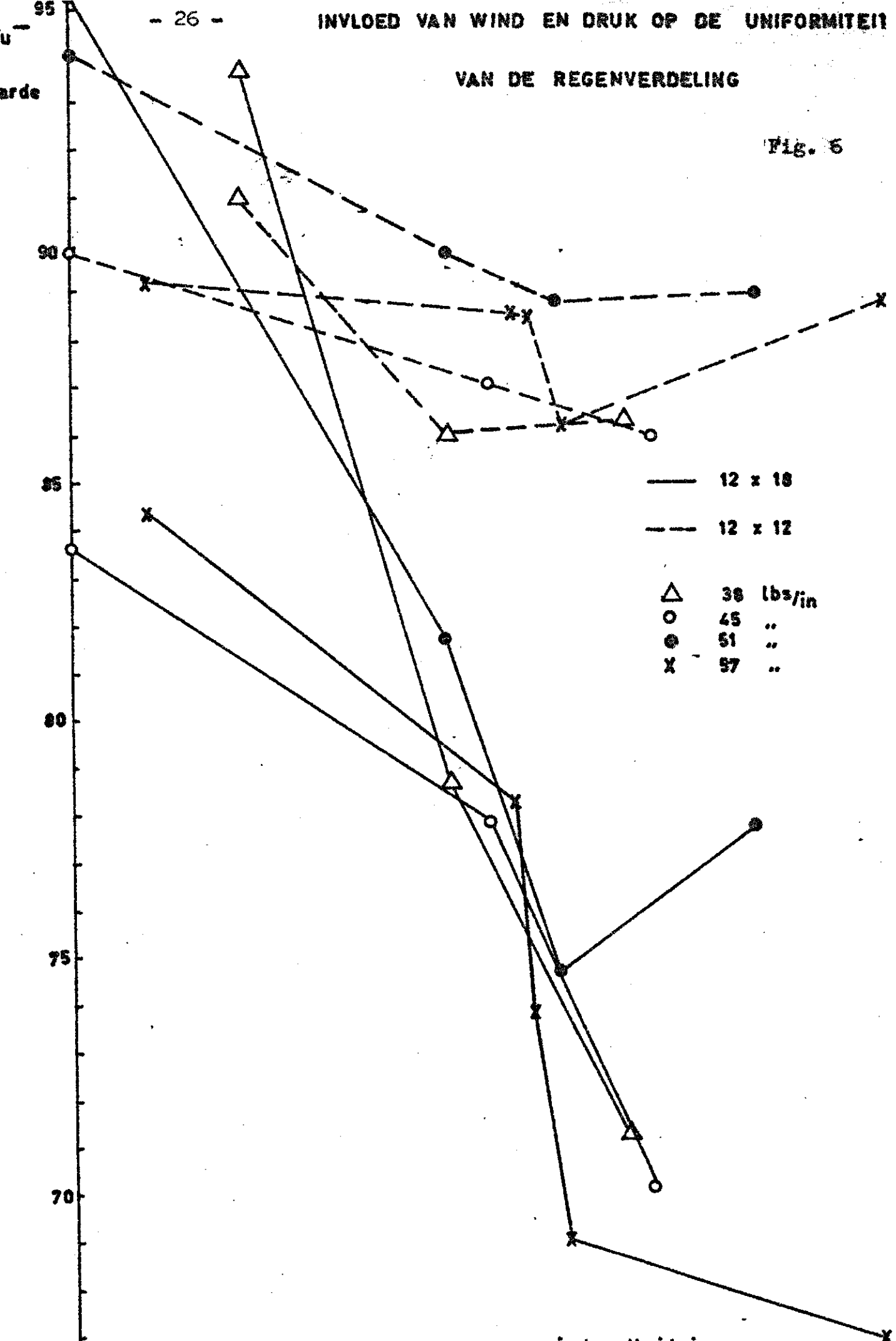
druk in lbs/m	gemiddelde windsnelheid m/sec.	gem. neerslag mm/uur 12 x 18	gem. neerslag mm/uur 12 x 12	C_u-waarde 12 x 18	C_u-waarde 12 x 12	bruto neerslag bij 12 x 12 berekend uit de sproeier-karakteristiek mm/uur	efficiency %
38	0,69	8,2	12,2	93,8	91,0	12,9	94
38	1,56	7,3	11,0	78,7	86,0	12,9	85
38	2,3	6,8	10,0	71,2	86,3	12,9	78
45	0	7,9	11,9	83,7	89,9	13,9	86
45	1,73	8,1	12,1	77,8	87,1	13,9	87
45	2,41	7,1	10,7	70,0	86,0	13,9	77
51	0	9,1	13,6	95,4	94,1	14,8	92
51	1,55	8,4	12,7	81,7	89,9	14,8	86
51	2,01	8,3	12,5	74,6	88,8	14,8	84
51	2,84	8,4	12,7	77,8	89,0	14,8	86
57	0,3	9,0	13,5	84,8	89,3	15,6	87
57	1,83	8,45	12,7	78,2	88,6	15,6	81
57	1,90	8,2	12,3	73,8	88,5	15,6	79
57	2,04	7,8	11,7	68,9	86,2	15,6	75
57	3,36	8,2	12,2	66,8	88,8	15,6	78
31	2,3	5,7	8,4	72,0	86,3	11,8	71
33	0	6,7	10,1	90,3	89,0	12,2	83

De laatste twee metingen werden uitgevoerd met de lage sproeierstandaard.

INVLOED VAN WIND EN DRUK OP DE UNIFORMITEIT

VAN DE REGENVERDELING

Fig. 6



2. op de efficiency van de waterverstrekking:
   Uit de tabel valt af te lezen dat bij toename van de windsnelheid er steeds meer water door de lucht wordt meegevoerd (drift). Er kan tevens een sterkere verdamping optreden.
   Bij windsnelheden van 2 m/sec. gaat reeds 25% van de watergift op deze manier verloren.
   Evenals bij de C_u-waarde treedt ook hier het merkwaardige verschijnsel op dat bij hoge windsnelheden de dalende tendens zich niet voortzet. De efficiency wordt zelfs weer iets hoger. Een verklaring voor dit verschijnsel kan hier niet worden gegeven.

De conclusies zijn alle getrokken uit proefnemingen met de hoge standaard. Hoewel er slechts 2 verdelingen werden bepaald van de lage standaard, mag er toch wel uit worden opgemaakt (zie tabel), dat er geen grote verschillen optreden met de hoge standaard.

8. POMPKARAKTERISTIEK EN OPGENOMEN VERMOGEN VAN DE POMP

8.1. METHODIEK

Om bij een bepaald debiet de bijbehorende drukken en het opgenomen vermogen te bepalen werden de volgende metingen verricht.

8.1.1. Opbrengst van de pomp

Deze is te regelen door meer of minder sproeiers aan te sluiten. De opbrengst was niet rechtstreeks te meten, doch moest via de druk op de sproeier uit de sproeierkarakteristiek worden afgelezen. Door de opbrengsten van alle aangesloten sproeiers te sommeren, werd de opbrengst van de pomp verkregen.

Aangezien het een zeer omslachtige methode is met de manometer de druk te bepalen bij de sproeiers, werd gemeten tussen het ventiel en de slang. Voor een aantal sproeiers werd zowel bij het ventiel als bij de sproeier gemeten en zo het verband gevonden tussen de druk bij het ventiel en het drukverlies in de slang. Hieruit werd de druk op de sproeier berekend. Er bleek een grote variatie op te treden in de druk op de ventielen, zodat het noodzakelijk was de druk op alle ventielen te bepalen.

Voor respectievelijk 10, 20, 29, 39 en 43 aangesloten sproeiers werd de druk op de ventielen gemeten. Meer dan 43 sproeiers was niet mogelijk, omdat de motor dan afsloeg.

De gesommeerde debieten dienden nog te worden vermeerderd met de hoeveelheid water die door het buisje op de persbuis terug in het reservoir stroomt. (140 l/min.)

8.1.2. Druk

Tussen de pomp en de afsluiter is een manometer aanwezig, zodat de druk direkt afgelezen kan worden. Indien druk moet gelden voor het leidingstelsel, moet de afsluiter geheel geopend zijn.

Voor de bepaling van de totale opvoerhoogte moet de afgelezen druk worden vermeerderd met de hoogte van de manometer boven het kreekniveau. Dit is 1.20 meter.

8.1.3. Opgenomen vermogen

De schakelkast bij de pomp is voorzien van een ampèremeter. Het is bekend dat bij een grotere stroomafname de netspanning daalt. Met de voltmeter werd dit verband bepaald:

	ampère	netspanning
motor uitgeschakeld	0	225 volt
motor draait onbelast	45 A	222 "
	50 "	222 "
	60 "	222 "
	70 "	221 "
	80 "	220 "
	90 "	218 "

Het vermogen wordt als volgt berekend:

ampères x voltage = vermogen in watt.

Voor omrekening in pk: 1 kW = 1,341 pk.

Het rendement wordt berekend met de formule:

$$\eta = \frac{Q.H.}{45 \times N}$$

η = rendement in %
Q = opbrengst in l/min.
H = opvoerhoogte in m.w.k.
N = opgenomen vermogen in pk.

8.2. RESULTATEN EN DISCUSSIE

aantal aange-sloten sproeiers	berekend debiet l/min.	gemeten ampères A	gemeten druk * m.w.k.	net spanning V	opgenomen vermogen AxV = Watt	idem in pk	η in %
43	1583,5	92	63	218	20056	26,9	84
39	1473,5	89	66	218	19402	26,0	85
29	1174,9	76,5	69	220	16830	22,6	81
20	897,4	71	71	221	15691	21,0	69
10	561,8	60	74	222	13320	17,9	52
0	140	46	73	222	10212	13,7	17

* voor de totale opvoerhoogte nog te vermeerderen met 1.20 m.w.k.

In fig. 7 is voor verschillende waaierdiameters de bijbehorende pomp karakteristiek getekend. Tevens zijn krommen getekend voor het opgenomen vermogen in pk en het rendement in %. Al deze gegevens zijn afkomstig van de fabriek. De zelf bepaalde punten van de Q-H-kromme zijn met kruisjes aangegeven en onderling verbonden.

Zoals reeds vermeld bij het overzicht van de beregeningsinstallatie is de grafiek, welke de fabriek stuurde, niet juist.

Volgens STORK dienen de volgende korrekties te worden aangebracht:
In de grafiek staan verkeerde waaierdiameters bij de verschillende curven. De pomp, die op het CELOS geïnstalleerd is, heeft een waaier Ø 210 mm. Maar de capaciteit en opvoerhoogte liggen iets hoger dan aangegeven met de curve van de waaier Ø 220 in de grafiek (100 m^3/uur bij circa 70 m.w.k.).

De waaier Ø 200 is de juiste voor de pomp op het CELOS, omdat het debiet voldoende is en de druk ongeveer 6,5 atmosfeer bedraagt, waardoor de ondergrondse leiding niet te hoog belast wordt. Intussen is de nieuwe waaier Ø 200 mm besteld.

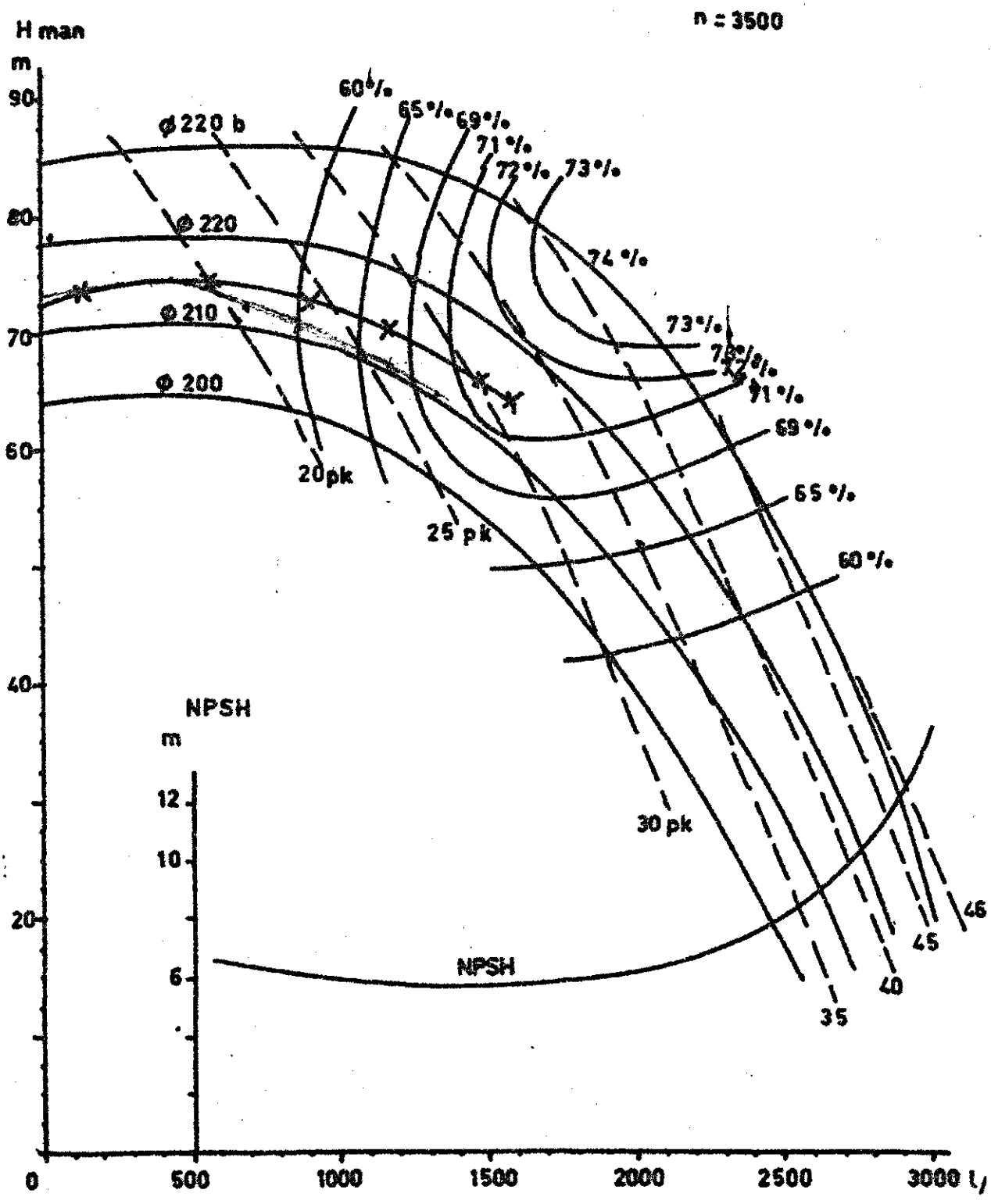
De zelf bepaalde Q-H-kromme ligt lager dan de door de fabriek veronderstelde. Wat hiervan de oorzaak is: nameten van de waaier, welke momenteel in de pomp zit, zal veel kunnen verklaren.

Verder is het mogelijk dat de fabriek wederom foutieve inlichtingen heeft verstrekt.

Vergelijking van de berekening van het opgenomen vermogen en het rendement met de door de fabriek verstrekte waarden uit de grafiek levert het volgende:

Fig. 7 STORK niet-zelfaanzuigende centrifugaalpomp

TYPE NU 22-10



berekende waarde van het opgenomen vermogen in pk	idem uit grafiek	berekend rendement	idem afgeleid uit de grafiek in %
26,9	32	84	71,5
26,0	30,5	85	71
22,6	27	81	67
21,0	24	69	61
17,9	20	52	-
13,7	-	17	-

Over het algemeen is het rendement van een pomp niet hoger dan 70-72%.
De eigen uitkomsten moeten dan ook sterk in twijfel worden getrokken.
De formule van het rendement luidt: $\eta = \frac{Q.H.}{45\ N}$

De manometer en de ampèremeter zijn geijkt en mogen als korrekt worden verondersteld.

Wanneer een te hoog rendement wordt berekend dan betekent dit dat het debiet te groot is berekend. Als een sproeier enigszins verstopt zit, treden in de slang en in de standaardbuis minder wrijvingsverliezen op, daar het debiet geringer is en wordt een hogere druk afgelezen, waaruit bij de berekening juist een hoger debiet wordt afgeleid.

Uitgaande van de lijnen van het opgenomen vermogen en de druk in de grafiek zijn het rendement en het debiet af te lezen:

druk m.w.k.	berekend debiet l/min.	idem via grafiek l/min.	η in %
63	1583,5	1310	70
66	1473,5	1160	67
69	1174,9	860	60
71	897,4	-	-
74	561,8	-	-
73	140	-	-

Wanneer de nieuwe Q-H-kromme wordt uitgezet in de grafiek blijkt deze echter een heel ander verloop te hebben dan de andere krommen. De betrouwbaarheid van de laatste uitkomsten is dan ook niet zo groot.

Indien de opbrengst van de pomp nauwkeurig bepaald wordt met een debietmeter is de Q-H-kromme precies vast te stellen. Daar de verstrekte gegevens van de fabriek niet betrouwbaar zijn is verdere vergelijking op dit moment uitgesloten.

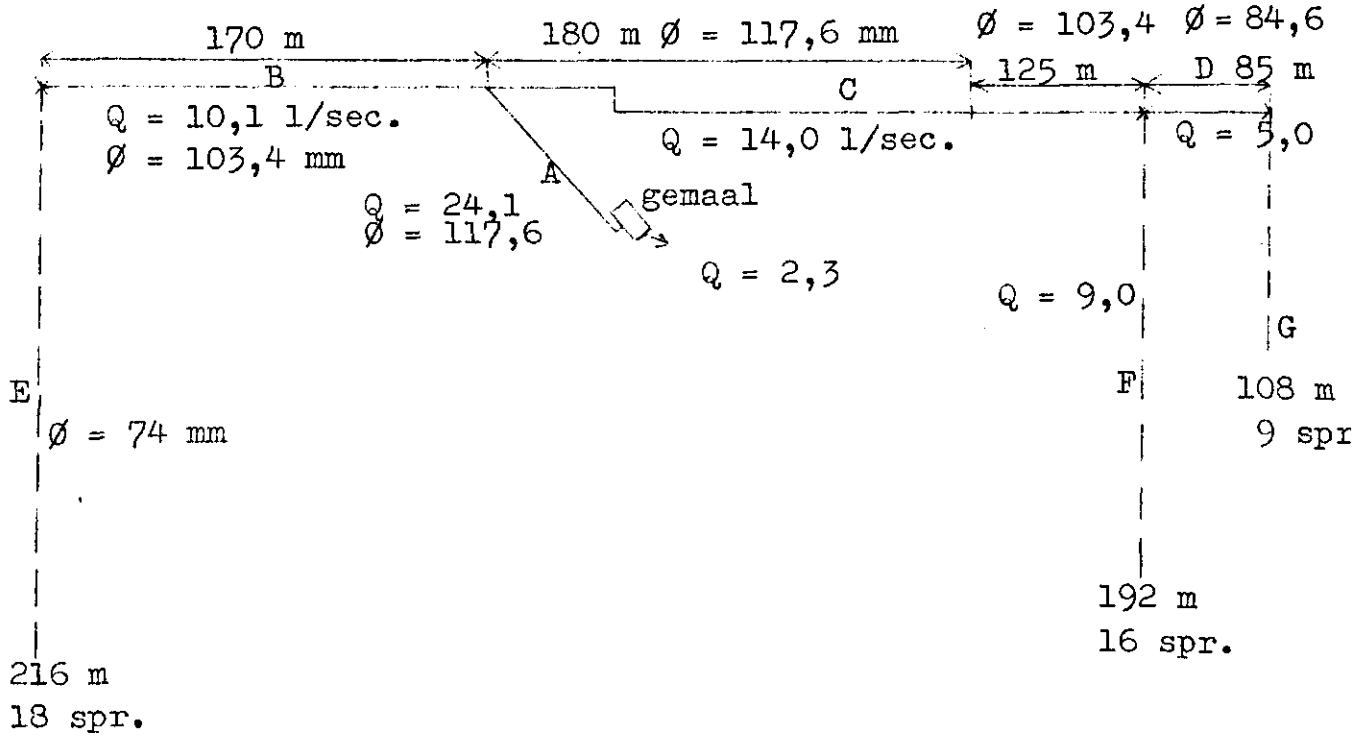
9. DRUKVERLIEZEN IN DE LEIDINGEN EN DE VENTIELEN

9.1. INLEIDING

De drukverliezen, die optreden in de leidingen kunnen door middel van een voorbeeld het best tot uitdrukking worden gebracht. Er is in dit voorbeeld een ongunstige situatie weer te geven, m.a.w. waarbij de drukverliezen groot zijn.

In de tekening zijn leiding A, B en C de bestaande ondergrondse leidingen. Leiding D is nog niet aangelegd, doch bij ingebruikneming van het nieuwe terrein zal dit te zijner tijd wel gebeuren. E, F en G zijn verplaatsbare leidingen, waaraan om de 12 meter de sproeiers gekoppeld zijn.

In de tekening zijn verder aangegeven de verschillende diameters van de leidingen, de lengte en het debiet.



9.2. BEREKENING

De wrijvingsverliezen in gesloten leidingen worden berekend met de formule:

$$z = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad \text{(Weisbach-Darcy)}$$

z = drukverlies (m.w.k.)
λ = evenredigheidsconstante
L = lengte van de buis (m)
D = diameter van de buis (m^2)
v = stroomsnelheid (m/sec.)
g = versnelling van de zwaartekracht (m/sec.^{2})

De uitdrukking $\frac{v^2}{2g}$ is de snelheidshoogte.(m.w.k.)

De evenredigheidsconstante λ is niet constant, doch hangt af van de buisdiameter, ruwheid van de buiswand, stroomsnelheid en de viscositeit van de vloeistof.

Bij laminaire stroming: $\lambda = \frac{64}{Re}$ met $R_e = \frac{v.D}{\nu}$ (Poiseuille)

v = stroomsnelheid (m/sec.)
D = diameterbuis (m)
ν = kinematische viscositeit (m^2/sec.)
R_e= getal van Reynolds

Voor het drukverlies geldt dus:

$$z = 32 \frac{\nu}{g} \cdot \frac{L}{D^2} \cdot v$$

waaruit volgt, dat voor laminaire stroming het wrijvingsverlies evenredig is met het debiet.
Laminaire stroming treedt in ons buizennet niet op.

Bij turbulente stroming langs gladde wand:

$$\lambda = \frac{0,25}{(\log 0,4\, R_e \sqrt{\lambda})^2} \qquad \text{(Prandl en von Karman)}$$

Bij turbulente stroming langs ruwe wand:

$$\lambda = \frac{0,25}{(\log 3,7 \frac{D}{k})^2} \qquad \text{(Prandl en von Karman)}$$

k = ruwheidsmaat

waaruit volgt, dat voor turbulente stroming het wrijvingsverlies evenredig is met debiet in het kwadraat.

Bij bochten, vernauwingen, verwijdingen en splitsingen etc. treden ook verliezen op. Deze worden uitgedrukt in een faktor van de snelheidshoogte, nl:

$$\xi \frac{v^2}{2g} \qquad \xi = \text{verliescoëfficiënt}$$

Voor de totale verliezen geldt:

$$z^1 = \lambda . \frac{L}{D} . \frac{v^2}{2g} + \xi \frac{v^2}{2g}$$

Om de berekening van de wrijvingsverliezen te vergemakkelijken zijn grafieken geconstrueerd. Hieruit kan voor een bepaalde wandruwheid, met behulp van gegevens omtrent diameter van de buis en het debiet, het drukverlies in meter waterkolom (m.w.k.) per lengteeenheid worden afgelezen.

De firma Polva heeft een grafiek voor de P.V.C.-buizen, welke zij levert.

Fig. 8 is overgenomen van deze firma. Uit deze figuur is met behulp van de gegevens uit het voorbeeld zeer eenvoudig het drukverlies af te lezen.

Het drukverlies in de aluminium snelkoppelbuizen is met dezelfde grafiek te bepalen, wanneer wordt aangenomen, dat de wandruwheid van de P.V.C.-buizen en aluminiumbuis ongeveer dezelfde is.

In de verplaatsbare leiding is het debiet niet overal gelijk, zodat de wrijvingsverliezen trapsgewijs zouden moeten worden bepaald. Om de berekening te vereenvoudigen kan gebruik worden gemaakt van de formule

$$W_z = \frac{W.f.a.\ (n-1)}{100} \qquad \text{(Christiansen)}$$

Hierin is:

W = drukverlies van de eerste tot de laatste sproeier

W_z = drukverlies in 100 m leiding, waardoor een hoeveelheid water stroomt, die overeenkomt met de totale opbrengst van alle sproeiers, die op de leiding zijn geplaatst

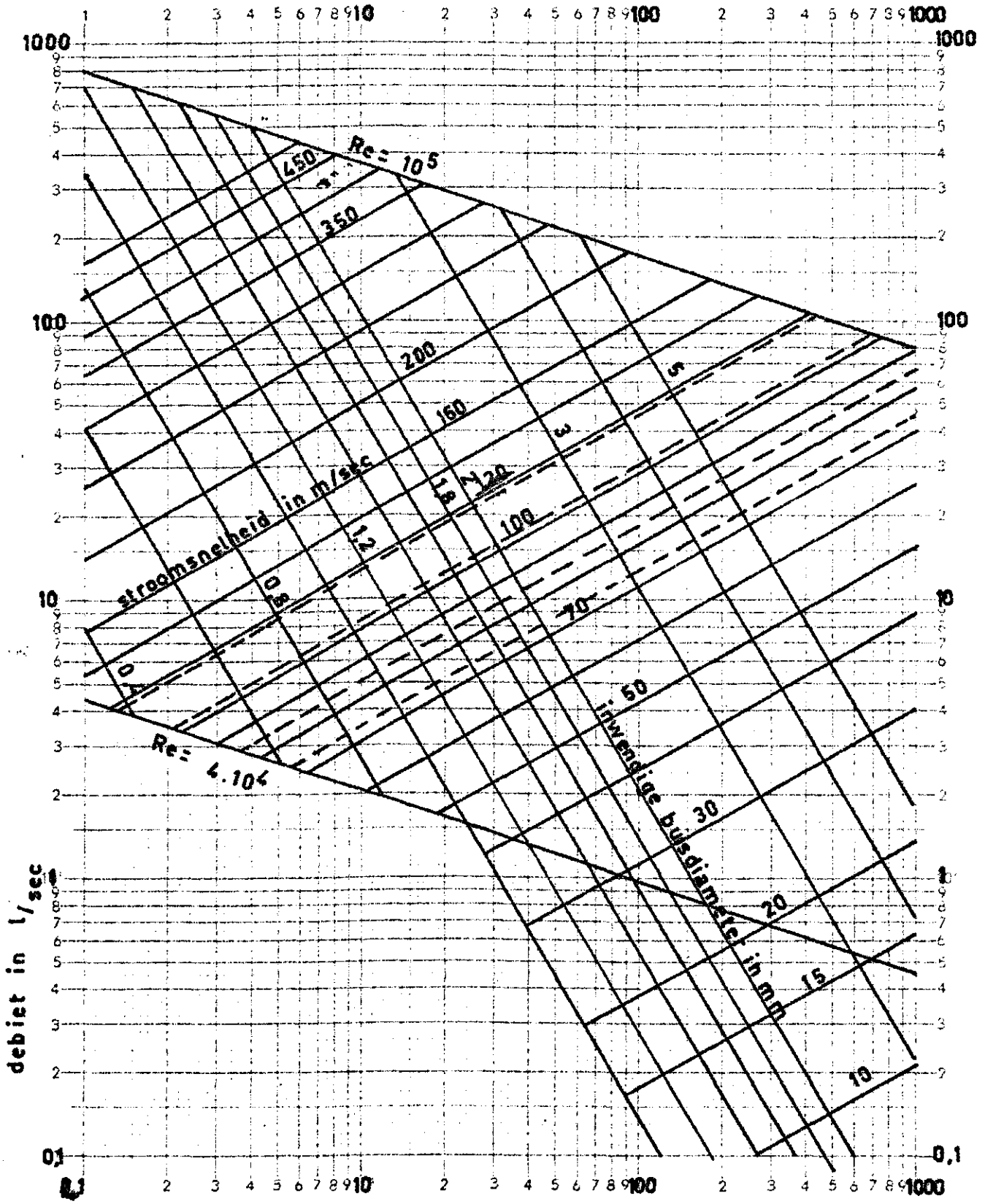
n = aantal sproeiers

a = afstand tussen de sproeiers

f = faktor, afhankelijk van het aantal sproeiers, zie tabel

DRUKVERLIES IN PLASTIEKEN BUIZEN

Fig. 8



N.V. Drukkerij „Mercurius" Wormerveer No. 1473 x-as log. verdeeld 1:10 y-as log. verdeeld 1:10 Eenheid 50 mm

Verband tussen de waarde van f en het aantal sproeiers

aantal sproeiers	f-faktor	aantal sproeiers	f-faktor
2	0,625	13	0,373
3	0,518	14	0,370
4	0,469	15	0,367
5	0,440	16	0,365
6	0,421	17	0,363
7	0,408	18	0,361
8	0,398	19	0,360
9	0,391	20	0,359
10	0,385	25	0,354
11	0,380	30	0,350
12	0,376	40	0,345

9.3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Overzicht verlies-faktoren ζ in de leidingen A t/m G

	ζ	ζ totaal
Leiding A		1,4
T-stuk bij pomp	1,2	
4"-afsluiter bij pomp	0,2	
Leiding B		3,2
splitsing bij A	2,0	
bocht omhoog naar hydrant	1,2	
Leiding C		3,48
splitsing bij A	1,08	
bocht (2x)	2,4	
Leiding D		1,2
bocht omhoog naar hydrant	1,2	
Leiding E, F, G		5
afsluiter op hydrant	3	
zeef	2	

De drukverliezen bij overgangen op andere diameter zijn verwaarloosd.

Overzicht drukverliezen in de leidingen A t/m G

leiding	drukverlies m.w.k./100 m	drukverlies over totale lengte m	stroom-snelheid m/sec.	$\frac{v^2}{zg}$	ζ totaal	$\zeta \frac{v^2}{zg}$	tot. drukverlies m	
A	33	2,64	2,3	0,270	1,4	0,38	3,02	
B	14	2,38	1,28	0,265	3,2	0,85	3,23	
C	12	2,16	1,3	0,086	3,48	0,30	2,46)	
	25	3,13	1,8	0,165	1,2	0,20	3,33)	5,79
D	10	0,85	0,9	0,041	1,2	0,05	0,90	
E	66	5,65 (W_z)	2,5	0,319	5	1,60	7,25	
F	55	4,56 (W_z)	2,3	0,270	5	1,35	5,91	
G	19	0,96 (W_z)	1,2	0,073	5	0,37	1,33	

v.b. leiding E : $W_z = \frac{6,6 \times 0,361 \times 12 \times 17}{100} = 4,86$

met 12 m leiding max. debiet 0,79 m

Totaal 5,65 m drukverlies

Aangezien de begindruk bij de pomp en de druk aan het eind van de verplaatsbare leiding bij de sproeier zijn gemeten, is met behulp van de berekende drukverliezen in de leidingen de enige nog onbepaalde grootheid, nl. het drukverlies in het ventiel, op te lossen.

Wanneer we als voorbeeld de leiding A, B, E nemen, dan is hiervan het volgende bekend:

drukverlies leiding	A	3,02 m
" "	B	3,23 "
" "	E	7,25 "
" slang		7,00 "

Totaal berekend drukverlies 20,50 meter

Gemeten druk op de sproeier 24,8 m tot 30,2 m.w.k. Bij de pomp werd een druk van 63 m.w.k. afgelezen, hetgeen betekent dat er een totaal drukverlies optreedt variërend van 32,8 - 38,2 m.w.k.

Vergelijking met de bovenstaande berekende waarde levert het drukverlies in het ventiel welke varieert van 12,3 tot 17,7 m.w.k., hetwelk zeer aanzienlijk is.

Van de begindruk gaat dus 50-65% verloren aan drukverliezen tot de sproeier.

Om een idee te geven van de drukverliezen in de leidingen bij verschillende debieten volgt hieronder een overzicht. Hierbij is gesteld dat 1 sproeier een opbrengst heeft van 2 m^3/uur (= 0,56 l/sec.). De drukverliezen zijn afgelezen uit fig. 8.

Drukverliezen in m.w.k. per 100 m buislengte

buis-diameter in mm	aantal sproeiers aangesloten	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	debiet in l/sec.	2,8	5,6	8,4	11,2	14,8	16,8	19,6	22,4	25,2
117,6 (P.V.C.)		-	2,4	5	8	12	17	22	28	35
103,4 (P.V.C.)		1,5	4,7	10	17	25	35	46	58	71
84,6 (P.V.C.)		3,5	12	25	40	60	85	115	145	175
74 (aluminium)		7	23	49	80	120	165	220	280	345

10. LITERATUUR

BAARS, C., 1966. Het ontwerpen van beregeningsinstallaties en de toepassing van de beregening op grote landbouwbedrijven.
Syllabus ingenieurscollege. Afd. Cultuurtechniek v.d. Landbouwhogeschool.

HUISMAN, L., 1969. Stromingsweerstanden in leidingen. Mededeling nr. 14 van het keuringsinstituut voor waterleidingartikelen KIWA N.V., 2e dr. febr.

NUGTEREN, J., 1969. Ingenieurscollege veldirrigatie oktober - december 1968. Afd. Weg en Waterbouwkunde in Irrigatie v.d. Landbouwhogeschool.

NOORDHOEK HEGT, S. Praktijkverslag.

POLVA-Nederland N.V., Enkhuizen, 1965. Leveringsprogramma buizen.

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

BEREKENING VAN VOCHTTEKORTEN EN DE FREQUENTIE VAN OPTREDEN VOOR EEN AANTAL BODEMPROFIELEN
(onderzoekproject no. 70/3)

H.T. Douwes

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van Dr. Ir. R.W.R. Koopmans

augustus 1970

I N H O U D

	Blz.
1. Samenvatting	5
2. Voorwoord	5
3. Probleemstelling	5
4. Methodiek	6
4.1. Meteorologische gegevens	6
4.2. Bepaling van de vochtvoorraad in de bodem	7
5. Uitkomst van de berekeningen	8
5.1. Verdampingsberekening met behulp van nomogrammen	8
5.2. De gemiddelde neerslag en de onderschrijdingskans	10
5.3. De vochtvoorraad in de bodem	11
5.4. De frequentie, waarmede beregend dient te worden	15
6. Literatuur	17

1. SAMENVATTING

Over de periode augustus t/m december, waarin de lange droge tijd valt, is een berekening uitgevoerd voor de bepaling van vochttekorten.

Uit decade gegevens van 10 jaar van temperatuur, zonneschijnpercentage, relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid werd de verdamping met nomogrammen bepaald en uit 50-jarige gegevens van de neerslag het decade gemiddelde en de overschrijdingskans.

De beschikbare vochtvoorraad in de bodem werd vastgesteld aan de hand van pF-bepalingen van een klei- en een zandprofiel op het CELOS-terrein met gegevens over de bewortelingsdiepte van enige landbouwgewassen.

Met een overschrijdingskans van 10% blijkt dat per decade gerekend een grond met meer dan 50 mm maximaal voor de plant beschikbaar vocht geen vochttekort ondervindt. Bij dezelfde overschrijdingskans zal op minder vochthoudende gronden of gronden waarop gewassen geteeld worden met een geringe bewortelingsdiepte een irrigatiegift van meer dan 1 keer per decade noodzakelijk zijn.

Met literatuurgegevens is tenslotte de frequentie van de vereiste irrigatiegift gegeven over een maand, terwijl het aanbeveling verdient de berekening uit te voeren over nog langere perioden.

2. VOORWOORD

Onder leiding van de heer R.W.R. Koopmans werden de berekeningen uitgevoerd door student H.T. Douwes als onderdeel van zijn praktijktijd doorgebracht in Suriname. Dank wordt gebracht aan de medewerkers van de Meteorologische Dienst voor het beschikbaarstellen van de meteorologische gegevens en de goede suggesties en voorts aan het Landbouwproefstation welke de bepaling van pF-curves voor een aantal grondmonsters van het CELOS-terrein op zich heeft genomen.

3. PROBLEEMSTELLING

Het Surinaamse klimaat kenmerkt zich door een opvolging van relatief natte en droge perioden. In de droge tijd kunnen de gewassen een vochttekort hebben, waardoor een opbrengstderving optreedt. Vooral tijdens de grote droge tijd, welke duurt van half augustus tot half december, is de kans hierop groot.

Aan het begin van een droogteperiode is de bodem nog voldoende vochtig, zodat de plant enige dagen geen droogteschade ondervindt.

De zuigspanning van de bodem bij veldcapaciteit ligt ongeveer bij pF 2,0 en bij het verwelkingspunt bij pF 4,2. De vochtvoorraad tussen pF 2,0 en pF 4,2 is opneembaar voor de plant. Vooral in de tropen, waar de verdamping

intensief is, heeft de plant grote moeite om bij een pF in de buurt van 4,2 nog voldoende snel water uit de bodem op te nemen. Door een geringe bewortelingsintensiteit en een slecht capillair geleidingsvermogen kan dan ook reeds verwelking optreden voor pF 4,2 is bereikt. Het is dus beter, dat de bodem niet tot pF 4,2 uitdroogt. Hierbij wordt dikwijls de term uitdrogingsgraad gebruikt. Bij veldcapaciteit pF 2,0 is de uitdrogingsgraad 0 en bij het verwelkingspunt pF 4,2 is deze 1,0.

Algemeen wordt gesteld dat bij een uitdrogingsgraad van meer dan 0,5 reeds opbrengstderving kan optreden.

De maximaal beschikbare vochtvoorraad voor de plant is afhankelijk van de grondsoort en de bewortelingsdiepte. Indien de vochtvoorraad wordt vastgesteld voor een aantal bodemprofielen en gewassen is met behulp van gegevens over verdamping en neerslag de frequentie van vochttekorten te berekenen en kan hieruit worden bepaald hoe vaak beregend dient te worden.

De berekening heeft zich beperkt tot de grote droge tijd en wel de maanden augustus t/m december, waarvan de cijfers per decade zijn berekend.

4. METHODIEK

4.1. METEOROLOGISCHE GEGEVENS

Bij de Meteorologische Dienst werden de volgende gegevens van het station Cultuurtuin genoteerd:

a. Neerslag.
Aanvankelijk werd hiervoor 30 jaar genomen (1940-1969) doch bij de bepaling van de onderschrijdingskans in procenten van een bepaalde neerslag ontstond een zeer onregelmatig verloop, waardoor werd besloten over te gaan op de meetgegevens van 50 jaar (1920-1969).
Van de 1e decade van augustus tot en met de laatste decade van december werden de neerslagsommen overgenomen. Hieruit werden de neerslagen bepaald met 10% (1 x per 10 jaar), 20% (1 x per 5 jaar), 50% (1 x per 2 jaar) en 90% (9 x per 10 jaar) onderschrijdingskans. De maanden met 31 dagen werden omgerekend tot 30 dagen. Hiertoe werd de laatste decadesom van deze maanden vermenigvuldigd met 10/11.

b. Temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid.
Aangezien de verschillen in Suriname hierin niet erg groot zijn, werd voor bovengenoemde grootheden het 10-jarig gemiddelde genomen (1960-1969). De dagcijfers zijn het gemiddelde van waarnemingen te 08.00, 14.00 en 18.00 uur.
De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn nauwkeurig gemeten, doch de windsnelheid die is geschat in Beaufort en omgerekend in m/sec., is minder betrouwbaar.

c. Zonneschijn.
Deze is gemeten met de Campbell-Stokes en gedurende enige tijd met de Twin Jordan. De resultaten van deze zonnemeters verschillen enigszins doch het 10-jarig gemiddelde is voldoende nauwkeurig.
De zonneschijn wordt van de dagstrook uitgewerkt en wel in percentages elk uur van 07.00 tot 17.00 uur. Het daggemiddelde dat aldus wordt berekend geldt voor 10 uur. Aangezien voor de verdampingsberekeningen de zonneschijn gedurende de totale daglengte noodzakelijk is, werd hierop een correctie aangebracht.
Door KAMERLING (1963-'69) werd de volgende correctiefactor gevonden:

$$x = 0{,}88\ y - 2{,}2$$

Hierin is x = % zonneschijn over de totale daglengte
y = % zonneschijn berekend over 10 uur.

Voor de zonneschijn werd het decade gemiddelde bepaald over de periode 1960-1969.

Met behulp van de grootheden temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, zonneschijn en windsnelheid is de potentiële verdamping te berekenen.

Door Koopmans en Smedema van de afdeling Cultuurtechniek van de Landbouwhogeschool zijn nomogrammen geconstrueerd, waarmede voor verschillende gewasruwheden de verdamping kan worden afgelezen (zie ook KOOPMANS, 1969).

4.2. BEPALING VAN DE VOCHTVOORRAAD IN DE BODEM

Voor de grootte van de vochtvoorraad zijn bepalend de bewortelingsdiepte en het beschikbaar percentage vocht voor de plant in de grond.

Voor enige gewassen werd op het CELOS-terrein de bewortelingsdiepte vastgesteld:

Pinda : klein wortelstelsel, geringe spreiding, tot 20 à 30 cm diep;
Mais : sterke spreiding, tot 55 cm diep;
Sorghum: idem, tot 60 cm;
Bataat : geringe spreiding, tot 40 cm diep.

De samenstelling van de bodem van het CELOS-terrein loopt zeer sterk uiteen, vnl. komen echter fijn zand en zware klei voor. Er zijn profielen waarin de bouwvoor uit fijn zand bestaat, doch het grootste deel van het CELOS-terrein bestaat uit een laag klei op zand. De dikte van de kleilaag varieert van 50-120 cm.

De bewerking van de grond is meestal als volgt uitgevoerd: Na de ontginning werd de grond gefreesd (20 cm) en kudzu op rijen ingezaaid. De kudzu ontwikkelt zich snel en voorkomt dat allerlei onkruiden gaan groeien terwijl tevens door binding van luchtstikstof meststof in de bodem wordt gebracht.

Na de oogst en vóór de nieuwe inzaai wordt opnieuw gefreesd. In de regentijd is deze gefreesde laag ver-

zadigd, aangezien er een geringe oppervlakte-afstroming optreedt en de laag onder de gefreesde laag zeer dicht is, waardoor ondergrondse afvoer sterk belemmerd wordt. In de gefreesde laag ontstaat dan ook vaak een schijn-grondwaterspiegel.

Bij het onderzoek naar de beworteling bleek echter dat deze zich dieper doorzette tot in humusarm materiaal onder de dichte laag. De pinda wortelt alleen in de bovenste laag.

Besloten werd een volledig zandprofiel en een volledig kleiprofiel op verschillende dieptes te gaan bemonsteren en daarvan de pF-curve te bepalen.

Het Landbouwproefstation heeft een laboratorium waar deze pF-bepaling kan geschieden. Aangezien er enige onderdelen van de apparatuur moesten worden vernieuwd, konden voorlopig alleen de vochtgehaltes behorende bij de volgende pF-waarden worden bepaald:

pF 0,4, pF 1,0, pF 1,5, pF 2,0 en pF 2,3.

Met behulp van een aantal publicaties van KAMERLING (1963-'69) betreffende pF-curven, kon een goede schatting worden gegeven van het vochtgehalte bij pF 4,2, zodat de vochtvoorraad toch nog vrij nauwkeurig bepaald is.

5. UITKOMST VAN DE BEREKENINGEN

5.1. VERDAMPINGSBEREKENING MET BEHULP VAN NOMOGRAMMEN

Tabel 1. Overzicht van het 10-jarig decade-gemiddelde van de overdagtemperatuur (t), het zonneschijnpercentage ($^n/N$), de relatieve luchtvochtigheid (h) en de windsnelheid op 2 meter hoogte (u_2) van het meteorologisch station Cultuurtuin (Paramaribo) 1960-1969

		t	$^n/N$	h	u_2	R_A
	1	27,2	56,0	80	0,84	860
aug.	2	27,3	61,4	80	0,89	865
	3	27,7	59,5	78	0,98	870
	1	28,0	65,4	74	1,40	875
sept.	2	27,9	61,9	76	1,07	870
	3	27,9	65,3	76	1,04	865
	1	28,2	67,3	76	1,21	860
okt.	2	27,8	61,3	78	1,04	850
	3	27,7	62,7	78	1,08	825
	1	27,6	60,0	79	0,84	815
nov.	2	27,6	59,2	79	1,01	810
	3	26,8	49,2	82	0,73	800
	1	27,7	48,7	82	1,01	795
dec.	2	26,4	46,0	82	0,93	790
	3	26,0	38,2	83	0,76	790

R_A = totale kortgolvige straling aan de rand van de atmosfeer op 6° N.B. in cal/cm² etm.

Met deze gegevens werd uit de nomogrammen de verdamping afgelezen voor verschillende gewasruwheden, nl.:

z_o = 2 cm, z_o = 4 cm en z_o = 10 cm.

De gewasruwheid van 10 cm geldt alleen voor bos, terwijl voor landbouwgewassen de gewasruwheden z_o = 2 cm en z_o = 4 cm van belang zijn.

Tabel 2. Potentiële verdamping van een gewas E in mm/dag voor gewasruwheden resp. z_o = 2 cm, z_o = 4 cm en z_o = 10 cm

				z_o = 2 cm		z_o = 4 cm		z_o = 10 cm	
		E_1	$0,83E_2$	E_3	E	E_3	E	E_3	E
	1	-0,8	4,6	0,7	4,5	0,9	4,7	1,6	5,4
aug.	2	-0,9	5,0	0,7	4,7	0,95	4,95	1,7	5,7
	3	-0,9	5,0	0,9	5,0	1,3	5,4	2,0	6,1
	1	-1,0	5,2	1,25	5,45	2,0	6,2	3,4	7,4
sept.	2	-0,95	5,1	1,05	5,2	1,5	5,65	2,4	6,55
	3	-1,0	5,1	1,0	5,1	1,5	5,6	2,4	6,5
	1	-0,95	5,2	1,1	5,35	1,6	5,85	2,7	6,95
okt.	2	-0,95	5,0	0,95	5,0	1,3	5,35	2,2	6,25
	3	-0,9	4,8	1,0	4,9	1,3	5,2	2,2	6,1
	1	-0,9	4,6	0,75	4,45	0,9	4,6	1,6	5,3
nov.	2	-0,9	4,6	0,85	4,55	1,3	5,0	2,0	5,7
	3	-0,8	4,1	0,55	3,85	0,6	3,9	1,0	4,3
	1	-0,75	4,1	0,75	4,1	1,1	4,45	1,7	5,05
dec.	2	-0,8	3,9	0,65	3,75	0,9	4,0	1,6	4,7
	3	-0,7	3,6	0,55	3,45	0,6	3,5	0,9	3,8

$E = E_1 + 0,83E_2 + E_3$

E_1 = uitstralingsterm in mm/dag, uit $^n/N,t,h$

E_2 = instralingsterm in mm/dag, uit $^n/N,R_A,t$

E_2 wordt berekend voor open water; voor het gewas is er een correctie nodig van $0,83E_2$

E_3 = windterm in mm/dag, uit u_2,t,h

5.2. DE GEMIDDELDE NEERSLAG EN DE ONDERSCHRIJDINGSKANS

Tabel 3. Berekening uit waarnemingen van 1920-1969 van Cultuurtuin

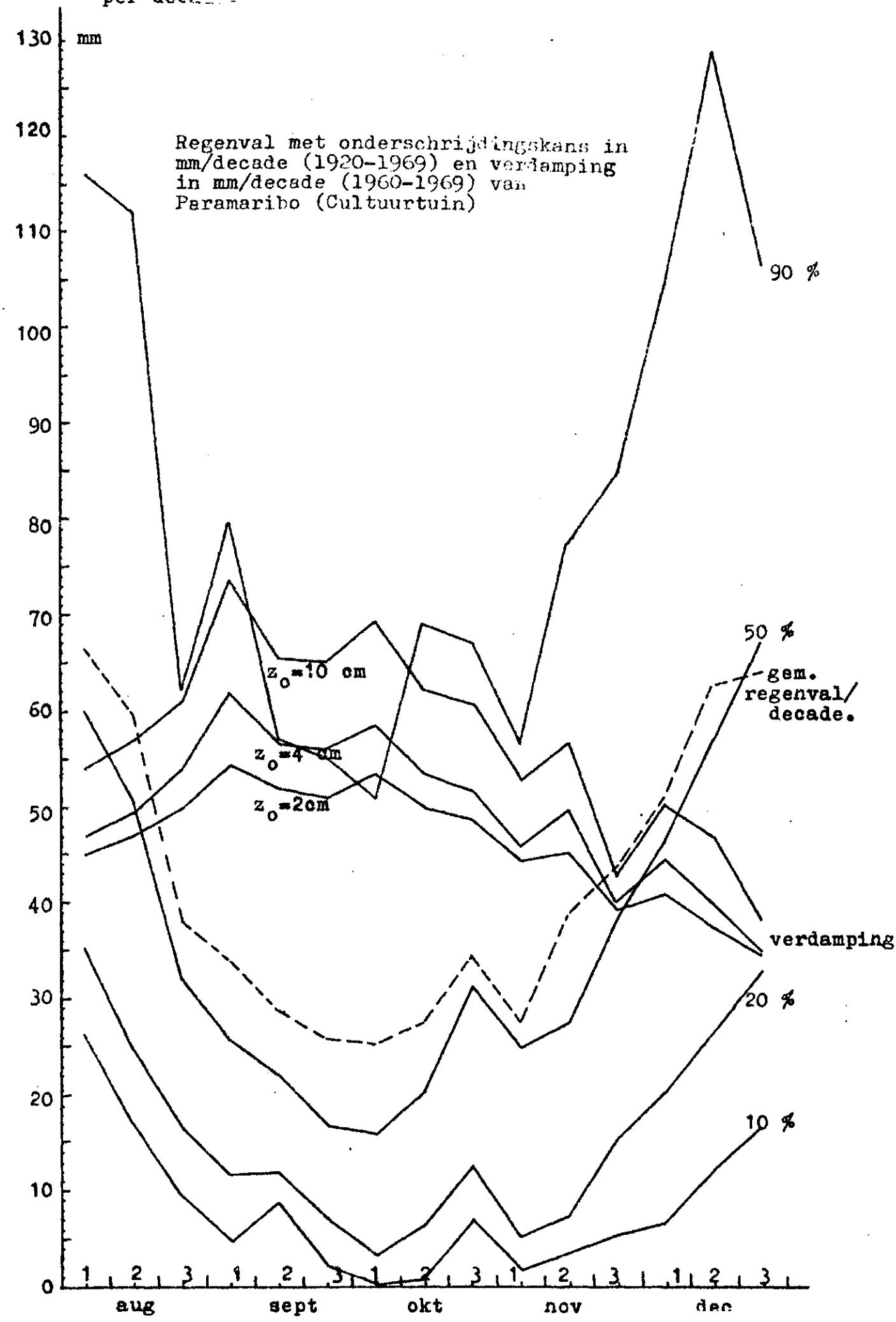
		gemiddelde neerslag mm/decade	kans dat onderstaande neerslag wordt bereikt of wordt onderschreden mm/decade			
			10%	20%	50%	90%
	1	66,5	26,4	35,2	60,1	116,2
aug.	2	59,8	17,0	24,8	50,8	111,8
	3	38,0	9,3	16,7	32,1	62,2
	1	34,0	4,5	11,8	25,7	79,6
sept.	2	28,8	8,9	12,0	22,2	57,0
	3	25,7	2,1	7,2	16,7	55,0
	1	25,1	0,1	3,3	16,0	50,9
okt.	2	27,6	0,9	6,4	20,5	69,2
	3	34,5	7,0	12,5	31,5	67,4
	1	27,8	1,8	5,3	25,0	56,8
nov.	2	39,0	3,6	7,5	27,6	77,7
	3	43,9	5,8	15,5	38,7	84,4
	1	51,2	6,7	20,3	46,6	104,6
dec.	2	62,9	12,2	22,2	57,3	129,1
	3	64,2	16,7	32,9	67,3	106,8

De gegevens van de tabellen zijn grafisch uitgezet in de figuren 1 en 2. Figuur 1 spreekt voor zich. Figuur 2 is afgeleid uit figuur 1 en dient op de volgende wijze geïnterpreteerd te worden. Voor een willekeurige decade kan voor een bepaalde overschrijdingskans het verschil tussen verdamping en neerslag worden afgelezen. Aangezien decades afzonderlijk zijn berekend, mogen de verschillen in verdamping en neerslag van de decades niet worden gesommeerd. M.a.w. lezen we af uit de grafiek voor z_o = 2,0 in de eerste decade van oktober een verschil tussen verdamping en neerslag van 53 mm en in de tweede decade van 48 mm, telkens bij een overschrijdingskans van 50%, dan betekent dat niet, dat gedurende de eerste 20 dagen van oktober er 50% kans bestaat dat er een verschil tussen verdamping en neerslag van 53 + 48 = 101 mm optreedt.

De verdampingsberekeningen in 5.1 zijn in figuur 3 gesommeerd. Over de periode augustus t/m december treedt een totale gemiddelde verdamping op van:

693,5 mm voor z_o = 2 cm
743,5 mm " z_o = 4 cm
858 mm " z_o = 10 cm

De gemiddelde neerslag over dezelfde periode bedraagt 629,8 mm.


mm
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Regenval met onderschrijdingskans in mm/decade (1920-1969) en verdamping in mm/decade (1960-1969) van Paramaribo (Cultuurtuin)
90 %
50 %
gem. regenval/ decade.
z_o=10 cm
z_o=4 cm
z_o=2cm
verdamping
20 %
10 %
1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3
aug
sept
okt
nov
dec

verdamping - neerslag met overschrijdingskans. fig. 2

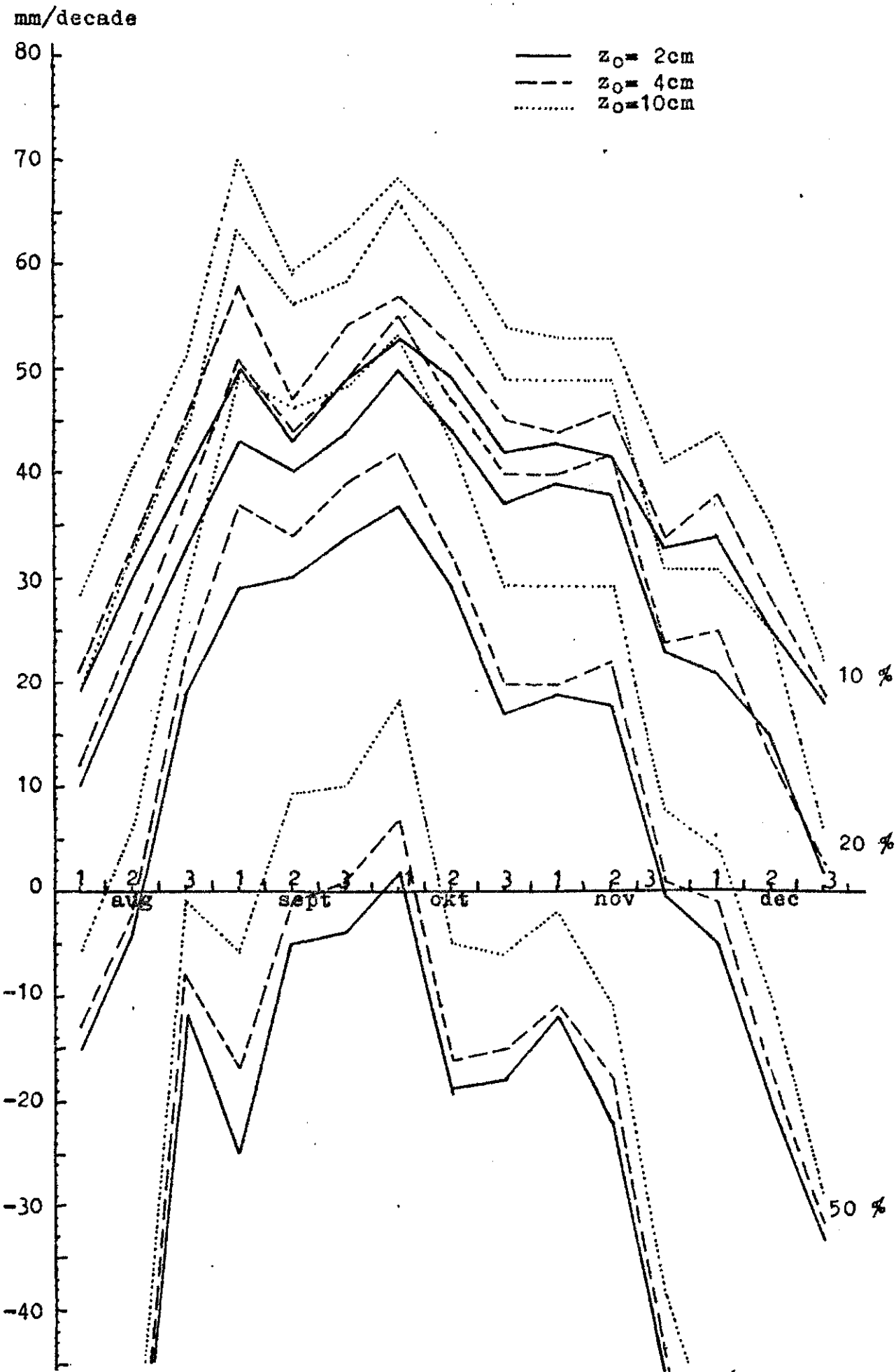
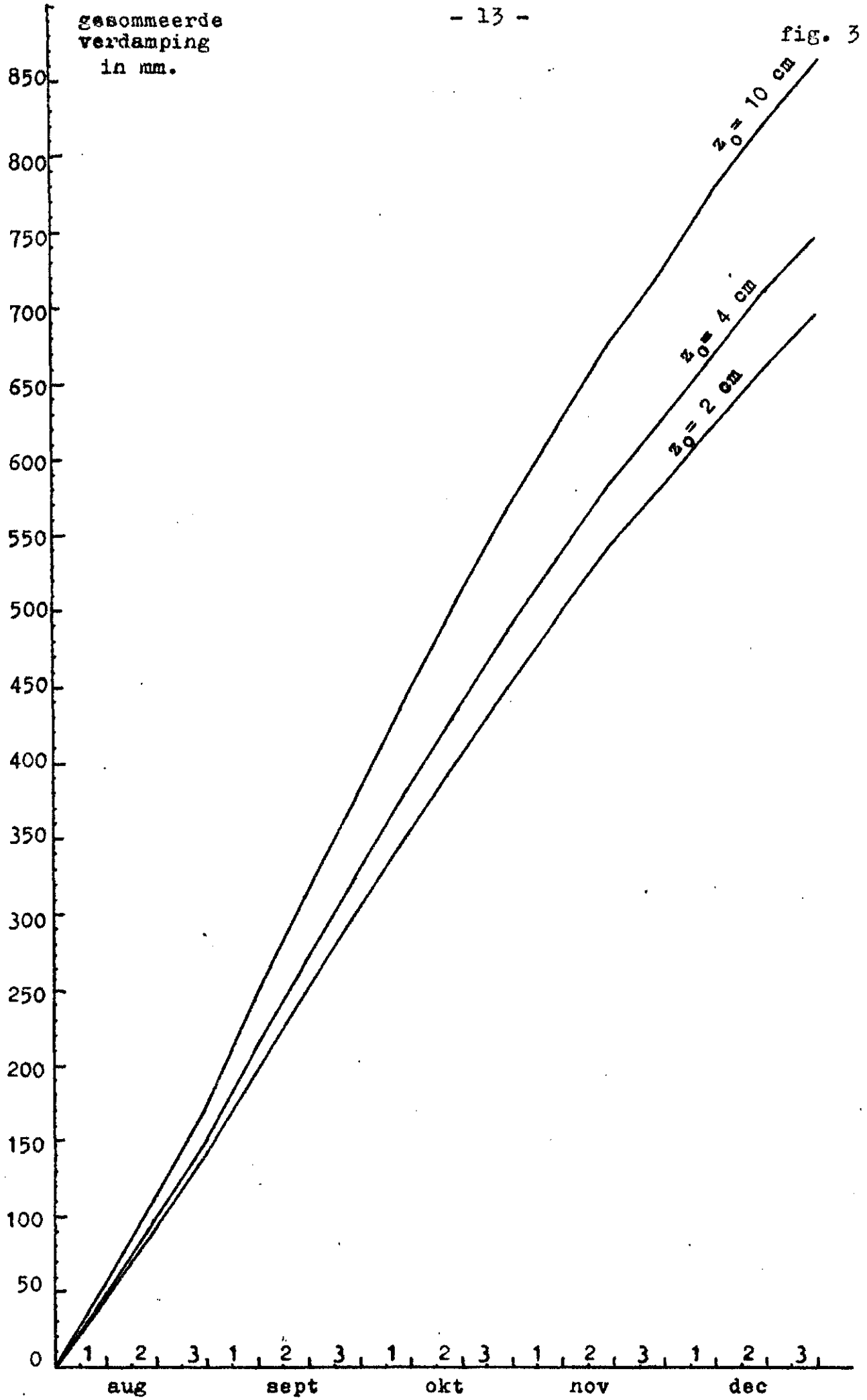


fig. 3


gesommeerde
verdamping
in mm.
850
800
750
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
z_0 = 10 cm
z_0 = 4 cm
z_0 = 2 cm
1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3
aug
sept
okt
nov
dec

Over de gehele periode genomen is de verdamping ongeveer 100 mm groter dan de neerslag.

Voor het berekenen van de irrigatiegift zijn gegevens over de gehele periode van weinig belang. Hiervoor zijn gegevens over de verdeling van de neerslag over het betreffende tijdvak noodzakelijk.

5.3. DE VOCHTVOORRAAD IN DE BODEM

De pF-bepalingen hebben de volgende resultaten opgeleverd.

Tabel 4. Resultaten van pF-bepalingen van een zand- en een kleiprofiel op het CELOS-terrein

zandprofiel

monster-diepte	bijzonderheden	volume % vocht bij						
		veld-vochtig	verza-digd	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3
5-10 cm	zwart, humeus fijn z gefreesd org. materiaal	40,9 42,3 41,6	44,8 45,0 44,2	43,9 44,6 43,0	42,9 43,7 41,4	41,8 42,6 40,3	39,0 39,4 37,8	34,3 34,7 34,7
20-25 cm	idem, niet gefreesd plantenwortels aanwezig	39,2 33,4 39,3	44,5 38,9 44,1	44,7 38,5 43,6	43,5 37,5 42,6	42,5 36,4 41,0	39,4 33,4 38,6	35,4 30,6 35,7
	op 35-50 cm overgang naar geel en grijs zand							
50-55 cm	geel en grijs zand geen wortels	38,8 37,7 38,7	41,8 41,2 40,6	39,6 41,2 40,7	39,6 40,5 39,8	39,6 39,1 38,5	33,6 31,5 34,9	26,3 23,9 28,3

kleiprofiel

5-10 cm	gefreesd mengsel org. stof, zwarte humusklei, klei	55,2 56,3 57,3	55,9 56,7 57,3	56,1 56,7 57,4	55,4 56,3 56,7	54,6 55,4 55,8	51,6 52,5 52,5	49,2 49,8 49,3
20-25 cm	zeer kompakte humeuze klei, met veel kleine wortelrestanten (zwarte aarde loopt van ± 20-± 40 cm)	43,9 43,0	48,3 46,6	45,7 46,8	47,7 48,8	46,6 45,8	45,2 44,7	44,4 43,6
42-47 cm	bruine klei met grijze vlekken; bevat vrij veel wortels, lossere klei	45,9 46,8	50,1 49,9	50,3 50,8	49,5 50,3	49,1 49,9	47,7 48,8	44,9 47,5
60-65 cm	idem, geen wortels meer	48,8 50,6	51,2 ? 53,8 ?	52,3 56,1	52,1 55,6	51,7 54,7	50,4 53,1	49,7 50,8

Voor de bepaling van de vochtvoorraad is alleen het vochtgehalte bij pF 2,0, de veldcapaciteit, van belang.

De vergelijking van bovengenoemde cijfers met enkele pF-curven welke door KAMERLING (1963-'69) werden bepaald geeft met betrekking tot het beschikbaar vochtpercentage voor de plant de volgende cijfers. Voor het zandprofiel varieert bij pF 4,2 het vochtgehalte tussen 6 en 8 volume-%, zodat we het percentage beschikbaar vocht op 29 kunnen stellen. Voor het kleiprofiel daarentegen is bij pF 4,2 nog ongeveer 30 volume-% vocht aanwezig, zodat hier het beschikbaar percentage vocht slechts 20 is. Met behulp van de bewortelingsdiepte is de vochtvoorraad aldus:

	beschikbaar percentage vocht	bewortelings-diepte	vocht-voorraad
zand	29	50 cm	145 mm
klei	20	55 cm	110 mm

Indien we voorts een uitdrogingsgraad van 0,5 nog toelaatbaar achten, dan is de vochtvoorraad voor zand ± 70 en voor klei 55 mm.

5.4. DE FREQUENTIE, WAARMEDE BEREGEND DIENT TE WORDEN

De berekeningen welke zijn uitgevoerd voor de bepaling van het verschil tussen verdamping en neerslag hebben zich beperkt tot het vaststellen van de frequentie per decade in de periode augustus t/m december. Met betrekking tot de irrigatie zijn gegevens omtrent de frequentie van voorkomen van een vochttekort gedurende langere periodes dan een decade noodzakelijk.

Aangezien KAMERLING (1963-'69) veel onderzoek heeft verricht met betrekking tot de frequentie van vochttekorten wordt verder volstaan met een overzicht van diens gevolgde methode van berekening.

Na aanvankelijk voor de neerslag en verdamping maandsommen te hebben genomen, werd de berekening opnieuw uitgevoerd met decadesommen en tenslotte met 3-daagse sommen naar maand totalen.

De maandelijkse vochttekorten met behulp van 3-daagse sommen van neerslag en verdamping werd als volgt bepaald. (KAMERLING, 1963-'69).

1. Neerslag per 3 dagen gesommeerd (uit neerslagcijfers van Paramaribo 1911 t/m 1960).
2. De potentiële verdamping per 3 dagen gesommeerd. KAMERLING heeft hierbij gebruik gemaakt van verdampingsberekeningen van open water door BOITEN met de methode Penman-Rijkoort (1911 t/m 1960). Hierbij werd de potentiële verdamping van een gewas gelijk gesteld aan de verdamping van open water.
3. Per 3 dagen neerslag - pot. verdamping berekend.
4. Verschillende hoeveelheden voor het gewas beschikbaar vocht vastgesteld (50, 100, - - - mm).

5. Het verschil tussen neerslag en verdamping (3-daags) toegevoegd aan de aanwezige hoeveelheid vocht in de bodem na de voorgaande 3 dagen, met als aanname, dat
   a. de hoeveelheid boven de maximale hoeveelheid, die de grond kan bergen (50, 100, - - - mm) wordt afgevoerd,
   b. indien een negatieve waarde ontstaat (vochttekort) er zoveel water wordt toegediend, dat juist dit vochttekort wordt opgeheven.

De vochttekorten worden daarna over de gehele maand gesommeerd. (Indien er in plaats van 3-daagse sommen alleen met maandsommen wordt gewerkt, kan er in werkelijkheid een grotere afvoer optreden dan uit de gevolgde berekeningswijze volgt).

In de praktijk wordt geïrrigeerd als de voor het gewas beschikbare hoeveelheid vocht is uitgeput, waarbij de grond weer op maximale capaciteit wordt gebracht, met het gevolg dat de bui die de dag na de irrigatiegift valt vrijwel geheel wordt afgevoerd, zodat de gevolgde berekening niet geheel juist is.

(In een later stadium zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd, waarbij de aanname onder 5b in die zin werd gewijzigd, dat, indien de maximale hoeveelheid voor het gewas beschikbare vocht is uitgeput, deze hoeveelheid weer helemaal wordt aangevuld).

De berekeningen zijn uitgevoerd vanaf 1 juni 1911, omdat mag worden aangenomen dat de grond toen op veldcapaciteit was. Verkregen werden over 50 jaar de vochttekorten per maand, welke als volgt werden verwerkt:

a. voor vaste perioden juni t/m juli
   juni t/m aug.
   juni t/m sept.
   etc.

   werd voor verschillende gronden het vochttekort bepaald, waaruit de sommatie - frequentieverdeling werd afgeleid. Deze grafieken zijn bv. te gebruiken bij irrigatie uit een waterreservoir: met een van te voren vastgesteld risico (bv. 1 x per 10 j.) kan worden bepaald over hoeveel irrigatiewater men moet beschikken t/m een bepaalde maand;
b. elke maand wordt apart genomen, waaruit de frequentie van de maandelijkse vochttekorten kan worden afgeleid.

In het jaarverslag van 1968 van het Landbouwproefstation geeft KAMERLING (1970) tabellen over de benodigde irrigatie voor enige gronden.

Tabel 5. Benodigde irrigatie voor een grond met maximaal 50 mm voor het gewas beschikbaar water voor het station Paramaribo over de periode 1921-1961 (1 x 50 = 1 x 50 mm toegediend in 40 jaar)

juli	aug.	sept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	mrt.	april	mei
2x50	14x 50	13x 50	17x 50	18x 50	7x50	11x 50	11x 50	8x50	12x 50	2x50
	1x100	21x100	17x100	12x100		1x150	4x100	12x100	3x100	
		4x150	4x150				1x150	2x150	2x150	

Idem voor een grond met maximaal 100 mm voor het gewas beschikbaar water (1 x 100 = 100 mm toegediend in 40 jaar)

ıi juli	aug.	sept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	maart	april	mei
1x100	2x100	25x100	28x100	16x100	4x100	3x100	8x100	17x100	11x100	
		4x200		2x200				2x200		

In de laatste tabel betekent dit dat in september in 40 jaar 25 keer 1 gift van 100 mm water zou moeten worden toegediend en tevens 4 keer 2 giften van 100 mm. M.a.w. er is een kans van 62,5% dat er in september 1 gift van 100 mm moet worden toegediend en een kans van 10% op 2 giften van 100 mm.

De benodigde irrigatie is in de vermelde tabellen per maand gegeven en van toepassing voor twee gronden. Indien gegevens over de benodigde irrigatie over langere of kortere periodes en diverse hoeveelheden maximaal voor het gewas beschikbaar water (bv. met intervallen van 10 mm) worden gevraagd dan is verwerking met de computer noodzakelijk.

Kennis omtrent de frequentie van irrigatiegiften is onontbeerlijk voor de bepaling van o.a. de capaciteit en type van een beregeningsinstallatie.

6. LITERATUUR

KAMERLING, G.E., 1963-'69. Landbouwproefstation Paramaribo, Afdeling Bodemfysisch en Agrohydrologisch Onderzoek; interne rapporten nrs. 8, 9, 14, 15, 77, 119, 120, 124, 238, 256, 260, 262.

KAMERLING, G.E., 1970. Landbouwproefstation Paramaribo. Jaarverslag 1968.

KOOPMANS, R.W.R., 1969. De bepaling van de verdamping met behulp van nomogrammen. Cult. techn. tijdschr. 9, 2.