NOTA 563 24 juni 1970

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

AFVOERBEREKENING UIT GEREGISTREERDE PEILEN

H. Humbert

INHOUD

	blz.
Inleiding	1
Probleemstelling	3
Gebruikte gegevens en verwerking	3
Conclusies	5
Samenvatting	6
Literatuur	6

Inleiding

Sinds medio 1969 wordt binnen het kader van de Overijsselse Provinciale Commissie 'Jaar 2000', een intensief onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden van waterwinning voor huishoudelijk en industrieel gebruik.

Door het instellen van een aantal subcommissies en werkgroepen, waarin een groot aantal diensten en instellingen zijn vertegenwoordigd, is de mogelijkheid geschapen om tot een zeer ver doorgevoerde taakverdeling te komen. Op deze wijze kunnen alle voorkomende facetten binnen dit onderzoek hun volle aandacht krijgen. Een van de facetten, waarmee de werkgroep afvoer te maken heeft, is de vraag op welke wijze een inzicht wordt verkregen in de afgevoerde overtollige neerslag voor elke leiding afzonderlijk, dan wel gesommeerd voor een aantal leidingen uit een groter gebied. In een later stadium kan dit namelijk één van de factoren zijn welke de basis vormen voor het nemen van de beslissing, welke maatregelen moeten worden getroffen teneinde een optimale verdeling van de beschikbare waterhoeveelheden, zowel voor drinkwater en industriële winning als voor agrarisch en recreatief gebruik, zeker te stellen.

Als gebieden van onderzoek werden voorlopig het waterschap 'Salland' en het waterschap 'Bezuiden de Vecht' gekozen. In deze gebieden is, in overleg en in samenwerking met deze waterschappen, een indeling gemaakt naar de stroomgebieden van de verschillende waterlopen. Deze stroomgebieden werden verdeeld over de deelnemende diensten en instellingen, te weten, L.H. Wageningen, K.N.H.M., P.W. Overijssel, R.W. en I.C.W.

Elke deelnemende instelling heeft een aantal meetpunten, meestal in de benedenloop van de grotere waterlopen, ingericht voor een continue afvoerbepaling met behulp van zelfregistrerende peilschrijvers. Door enkele instanties wordt hiervoor gebruikgemaakt van elektronische apparaten, waarbij de omrekening van peilen in afvoerhoeveelheden uit de ponsbandgegevens geen problemen geeft. Op een groter aantal meetpunten worden de waterhoogten geregistreerd door mechanische peilschrijvers. De verwerking van de door deze apparaten geregistreerde

gegevens vraagt nogal veel tijd. Dit onderzoek is er dan ook speciaal op gericht na te gaan met hoeveel aflezingen per 24 uur op de registratiestroken kan worden volstaan, om toch nog aan de vereiste nauwkeurigheid van de berekende afvoerhoeveelheden te kunnen voldoen.

Naast afvoermetingen bij de peilschrijvers wordt op dezelfde dag op een groot aantal plaatsen ook de afvoer op de meetpunten waar geen registratie apparaten staan, gemeten. Uit de op deze wijze verzamelde basisgegevens kan later aan de hand van correlatieberekeningen voor elk meetpunt een verhoudingsgetal betreffende de afgevoerde waterhoeveelheid worden gevonden ten opzichte van een meetpunt waar de afvoer continue wordt gemeten (BON, 1968).

Op een enkele uitzondering na zijn alle meetpunten gekozen bij beweegbare of vaste stuwen. Het debiet op de verschillende meetpunten kan dan gemakkelijk worden berekend uit de gemeten overstorthoogte van de stuwen, met behulp van de overstorthoogtemeter (BON, 1965). Deze overstorthoogte wordt bepaald uit het hoogteverschil tussen het gemeten peil van de waterspiegel boven de stuw en de gewaterpaste kruinhoogte. Op de registratiestroken van de meetpunten waar continu de peilen worden geregistreerd, kan de kruinhoogte worden ingetekend waardoor de overstorthoogte direct is af te lezen.

Het debiet wordt uit de gemeten overstorthoogte berekend door toepassing van de formule

$$Q = k.m.B.h.^{3/2}$$

Hierin is Q = debiet in m^3/sec.
k en m = constanten, afhankelijk van onder andere type en vormgeving van de stuw
B = breedte van de overstortende waterstraal in m
h = overstorthoogte in m.

De constanten k en m moeten voor elke stuw afzonderlijk door middel van ijkmetingen worden bepaald. IJkingen aan een paar identieke stuwen in het waterschap 'Lunterse Beek' gaven een goede aanpassing bij k = 1,705 en m = 1,05. Voor een groot aantal stuwen in Salland en omgeving gaat de formule over in

$$Q = 1,8\ B.h^{3/2}$$

Probleemstelling

Door de afvoeren van een aantal peilregistraties te berekenen is het mogelijk uit de incidentele afvoermetingen een inzicht te krijgen in het afvoerverloop op die meetpunten waar geen peilen worden geregistreerd.

De afvoeren zullen doorgaans per dag (24 uur) bekend moeten worden. Ook de andere gegevens als neerslag en verdamping zijn namelijk per dag bekend. Bovendien worden de meeste berekeningen op dagbasis uitgevoerd.

Bij de omrekening van peilen tot dagafvoeren doen zich nu een tweetal problemen voor en wel:

a. In hoeverre is een enkele afvoermeting per dag nog representatief voor de opgetreden afvoer op die dag en hoeveel afvoermetingen per dag zullen noodzakelijk zijn om deze afvoer redelijkerwijs vast te stellen;
b. Hoeveel punten van een peilregistratie zijn noodzakelijk voor een omrekening van peil in afvoer. Hierbij wordt uiteraard afgezien van het gebruik van elektronische hulpmiddelen, die direct uit het peil de afvoer voor elk moment vaststellen, omdat hiervoor een niet altijd beschikbare hulpapparatuur nodig is.

In deze nota zal dan ook, uitgaande van een aantal geregistreerde afvoergolven worden nagegaan hoeveel peilmetingen per dag noodzakelijk moeten worden afgelezen om een betrouwbaar inzicht te krijgen in de afvoer, uitgedrukt in een aantal eenheden per 24 uur. Hiervoor is een aantal geregistreerde afvoergolven van het meetpunt 1 in de Raalter Wetering gebruikt.

Gebruikte gegevens en de verwerking

Van de geregistreerde peilen van de Raalter Wetering is een 12-tal 24 uursregistraties weergegeven in de figuren 1a en 1b. Getracht is een zo groot mogelijke variatie in peilfluctuaties en overstorthoogte bijeen te brengen. Wanneer namelijk een min of meer grillig peilverloop bij gelijkblijvende kruinhoogte gaat optreden, zal het tijdstip dat is gekozen voor de aflezing van de peilen bepalend worden voor de berekende afvoeren.

Uiteraard mag worden verwacht dat, naarmate het aantal aflezingen per 24 uur stijgt, het eindresultaat van de berekende afvoerhoeveel-

heden nauwkeuriger wordt. In onderstaand schema is een overzicht gegeven van de tijdstippen welke zijn gekozen om het peil op de registratiestroken af te lezen, bij het gebruik van verschillende aantallen aflezingen en indien de periode van 24 uur samenvalt met een kalenderdag. Wanneer deze 24-uurs periode niet samenvalt met een kalenderdag is een evenredige verschuiving toegepast.

Aantal aflezingen per 24 uur	Tijdstippen van peilaflezing	Tijdsinterval in uren
24	0.30; 1.30; 2.30.....21.30;22.30;23.30	1
12	1.00; [redacted]; 3.00.....21.00;[redacted];23.00	2
8	1.30; 4.30.....19.30;22.30	3
6	2.00;6.00;10.00;14.00;18.00;22.00	4
4	3.00; 9.00; 15.00; 21.00	6
3	4.00; 12.00; 20.00	8
2	6.00; 18.00	12
1	12.00	24

Hierbij is er van uitgegaan dat het moment van peilaflezing midden in het gekozen tijdsinterval valt, waardoor statistisch het beste resultaat mag worden verwacht.

De geregistreerde peilen werden tot op millimeters nauwkeurig afgelezen van de registratiestroken. Voor de berekening van de overstorthoogte is verder het bekend zijn van de kruinhoogte noodzakelijk. Deze kruinhoogte werd met behulp van het waterpastoestel ingemeten. De gemeten kruinbreedte van de desbetreffende stuw is 2,5 m.

Voor elke aflezing werd uit het peil en de kruinhoogte de overstorthoogte berekend. Met deze overstorthoogte wordt het debiet in l/sec op het moment van aflezing bepaald. Vermenigvuldiging met het aantal seconden voor het tijdsinterval levert de totaalafvoer in m^3 voor die tijdsduur. Door deze bewerking, afhankelijk van het aantal aflezingen, te herhalen, is door sommatie de totaalafvoer in m^3 per 24 uur te bepalen.

In tabel 1 zijn de aldus berekende afvoerhoeveelheden per onderzochte periode van 24 uur voor de verschillende aantallen aflezingen weergegeven. Aangezien de afvoerhoeveelheden per 24 uur in de tienduizenden m^3 lopen is een inzicht in de verkregen verschillen moeilijk te vinden. Daarom zijn de verschillende afvoerhoeveelheden per 24 uur omgerekend tot een afvoerpercentage ten opzichte van de dagafvoer bij 24 aflezingen en tot een gemiddelde afvoer in l/sec ha. Uit deze afvoerpercentage cijfers (tabel 1, kolom 4) blijkt nu dat de afwijking ten opzichte van de meest nauwkeurige berekening

(1 aflezing per uur) in het algemeen toeneemt naarmate het aantal aflezingen per 24 uur afneemt. In het algemeen blijkt dat deze afwijking in % maar zeer gering is. Alleen bij 1 en 2 aflezingen per 24 uur is te zien dat er forse verschillen gaan optreden. Wanneer de afvoerhoeveelheden worden omgerekend tot l/sec ha blijken, bij een afronding op 2 decimalen, voor haast alle tijdsintervallen, de verschillen te zijn verdwenen. Normaliter wordt de afvoer in mm/dag berekend als het produkt van de afvoer in l/sec ha x 8.64. Hier is, vanwege het verdwijnen van de verschillen in l/sec ha, de afvoer in mm/dag berekend uit de totaal-afvoer in m^3/dag volgens

$$\frac{Q(m^3/dag) \times 1000 \times 8,64}{86400 \times \text{oppervlakte in ha}} = \frac{Q\ (m^3/dag)}{13800} = \text{mm/dag.}$$

De oppervlakte van het desbetreffende stroomgebied is 1380 ha. De aldus gevonden waarden zijn opgenomen in de laatste kolom van tabel 1 en afgerond op eenhonderste mm/dag. In figuur 2 zijn deze afvoerhoeveelheden in mm/dag voor de verschillende aantallen aflezingen per 24 uur gegroepeerd en uitgezet tegen de gevonden waarden bij 24 aflezingen per 24 uur. In de eerste afbeelding van figuur 2 werden naast de 45°-lijn nog de lijnen getrokken welke een afwijking van 10% aangeven ten opzichte van de meest nauwkeurige berekening.

Conclusies

Zowel uit tabel 1 als uit figuur 2 blijkt dat:

a. overeenkomstig de uitgangsgedachte de nauwkeurigheid in de berekende afvoerhoeveelheden uit peilregistratie toeneemt naarmate er in het algemeen wordt gewerkt met grotere aantallen peilaflezingen per 24 uur;

b. afhankelijk van het al dan niet snel veranderen van het peil binnen de doorgerekende 24 uur er meer of minder grote afwijkingen kunnen optreden in de berekende afvoerhoeveelheden. Naarmate het aantal aflezingen per 24 uur groter wordt, verdwijnen deze afwijkingen zeer snel (28/8,-29/8 '69; 23/3 - 24/3 '79; 6/4"70);

c. één enkele aflezing per 24 uur onvoldoende is om een nauwkeurigheid van 0,1 mm/dag te waarborgen;

d. bij 2 aflezingen per 24 uur een afwijking van 10% niet meer wordt overschreden;

e. voor een nauwkeurigheid in de afvoer tot op 0,1 mm/dag met 3 à 4 peilaflezingen per 24 uur kan worden volstaan, mits althans de afleestijdstippen dan evenredig over deze 24 uur worden verdeeld;

f. een aantal van 6, 8, 12 en 24 aflezingen per 24 uur nauwelijks nauwkeuriger resultaten geven dan 3 of 4 aflezingen per 24 uur;

g. de afvoerhoeveelheden, uitgedrukt in mm/dag, berekend moeten worden uit de berekende afvoer in m^3/dag en niet uit de berekende l/sec ha;

h. er, afhankelijk van het aantal peilaflezingen, een vrij grote variatie in berekende afvoerhoeveelheden per 24 uur kan voorkomen. Wanneer deze afvoerhoeveelheden echter worden uitgedrukt in l/sec ha, worden de verschillen nagenoeg geheel genivelleerd. De afvoer uitgedrukt in l/sec ha geeft dus geen goed inzicht in het werkelijke afvoerverloop.

Samenvatting

Voor een afvoeronderzoek in het waterschap 'Salland' werd onderzocht welke tijdsintervallen moeten worden gebruikt bij het aflezen van de peilgegevens van de mechanische zelfregistrerende peilschrijvers. Hiervoor werden een 12-tal 24 uursperioden van meter 1 in de Raalter Wetering doorgerekend. Aangetoond werd dat 3 dan wel 4 peilaflezingen per 24 uur een voldoend nauwkeurig resultaat opleveren. Gebleken is dat de op deze wijze verkregen gegevens uitermate geschikt zijn om te dienen als referentie-niveau voor die meetpunten, waar binnen het kader van dit onderzoek, alleen maar momentopnamen naar de afvoerhoeveelheden worden gedaan. Aan de hand van de berekende afvoerhoeveelheden in mm/dag kon worden geconstateerd, dat deze rechtstreeks uit de totaal berekende m^3/dag moesten worden berekend. De onderlinge verschillen werden namelijk teveel genivelleerd wanneer deze afvoerhoeveelheden eerst in l/sec ha werden uitgedrukt.

Litaratuur

BON, J. 1965. Enkele hulpmiddelen voor debietmeting bij stuwen. Cultuurtechn. Tijdschr. 5.2 en Meded.I.C.W. 83.

———, 1968. Afvoer en berging in verband met beekverbetering, toegelicht aan het stroomgebied van de Lunterse Beek. Meded. I.C.W. 107.

———, 1968. Gebruik van afvoerverhoudingen bij het bepalen van de maatgevende afvoer in grotere stroomgebieden. Waterschapsbelangen 53.3. 1968 en Verspreide Overdrukken I.C.W. 63.

Tabel 1. (zie ook fig. 1a)

Meetpunt 1 Raalter Wetering Waterschap 'Salland'

1	2	3	4	5	6
dd.	Aantal aflezingen per 24 uur	Berekende afvoerhoeveelheden totaal m^3/dag	% t.o.v.24 aflezingen	l/sec ha	totaal mm/dag
28/8-29/8'69 6.00 - 6.00 uur	24	16520,3	100,00	0,14	1,20
	12	16504,8	99,91	0,14	1,20
	8	16512,0	99,95	0,14	1,20
	6	16470,6	99,70	0,14	1,19
	4	16528,3	100,05	0,14	1,20
A	3	16372,8	99,11	0,14	1,19
	2	17137,4	103,74	0,14	1,24
	1	14290,6	86,50	0,12	1,04
29/8"69 0.00-24.00 uur	24	21111,1	100,00	0,18	1,53
	12	21145,8	100,16	0,18	1,53
	8	21101,1	99,95	0,18	1,53
	6	21180,9	100,33	0,18	1,53
	4	21239,2	100,61	0,18	1,54
C	3	21104,6	99,97	0,18	1,53
	2	21405,6	101,40	0,18	1,55
	1	22248,0	105,39	0,19	1,61
25/3'70 0.00-24.00 uur	24	20706,0	100,00	0,17	1,50
	12	20742,4	100,18	0,17	1,50
	8	20694,9	99,95	0,17	1,50
	6	20685,5	99,90	0,17	1,50
	4	20723,1	100,08	0,17	1,50
E	3	20649,6	99,73	0,17	1,50
	2	20606,4	99,52	0,17	1,49
	1	20476,8	98,89	0,17	1,48

1	2	3	4	5	6
dd.	Aantal aflezingen per 24 uur	Berekende afvoerhoeveelheden totaal m^3/dag	% t.o.v.24 aflezingen	l/sec ha	totaal mm/dag
28/8 69 0.00-24.00 uur	24	13543,8	100,00	0,11	0,98
	12	13485,7	99,57	0,11	0,98
	8	13528,0	99,88	0,11	0,98
	6	13530,2	99,90	0,11	0,98
	4	13484,9	99,57	0,11	0,98
B	3	13184,7	97,35	0,11	0,96
	2	12795,9	94,48	0,11	0,93
	1	13141,4	97,03	0,11	0,95
24/3'70 0.00-24.00 uur	24	26975,0	100,00	0,23	1,95
	12	26953,1	99,92	0,23	1,95
	8	27049,7	100,28	0,23	1,96
	6	27040,4	100,24	0,23	1,96
	4	27207,4	100,86	0,23	1,97
D	3	27547,2	102,12	0,23	2,00
	2	28114,5	104,22	0,24	2,04
	1	28589,8	105,99	0,24	2,07
26/3'70 0.00-24.00 uur	24	16515,5	100,00	0,14	1,20
	12	16524,0	100,05	0,14	1,20
	8	16498,1	99,89	0,14	1,20
	6	16542,5	100,16	0,14	1,20
	4	16573,6	100,35	0,14	1,20
F	3	16539,8	100,15	0,14	1,20
	2	16575,8	100,37	0,14	1,20
	1	16269,1	98,51	0,14	1,18

Vervolg Tabel 1 (zie ook fig. 1b)

Meetpunt 1 Raalter Wetering Waterschap 'Salland'

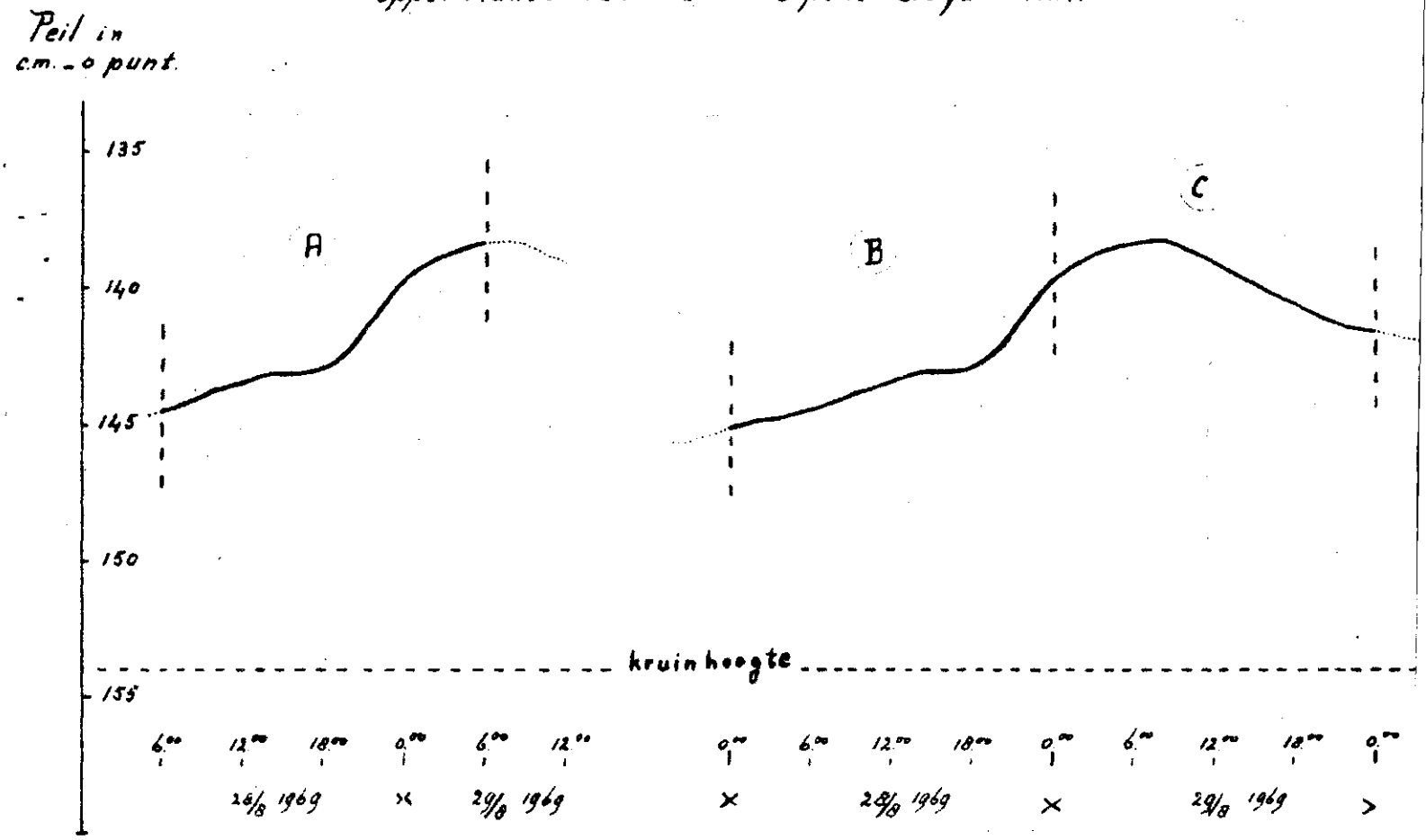
1	2	3	4	5	6
dd.	Aantal aflezingen per 24 uur	Berekende afvoerhoeveelheden totaal m^3/dag	% t.o.v.24 aflezingen	l/sec ha	totaal mm/dag
31/3'70 0.00-24.00 uur	24	28085,3	100,00	0,24	2,04
	12	28154,1	100,24	0,24	2,04
	8	28096,1	100,04	0,24	2,04
	6	28156,3	100,25	0,24	2,04
	4	28090,8	100,02	0,24	2,04
G	3	28085,8	100,00	0,24	2,04
	2	27673,9	98,54	0,23	2,01
	1	30810,2	109,70	0,26	2,23
2/4'70 0.00-24.00 uur	24	30766,0	100,00	0,26	2,23
	12	30795,0	100,09	0,26	2,23
	8	30745,5	99,93	0,26	2,23
	6	30798,8	100,11	0,26	2,23
	4	30838,3	100,23	0,26	2,23
I	3	30669,2	99,69	0,26	2,22
	2	30957,1	100,62	0,26	2,24
	1	29566,1	96,10	0,25	2,14
6/4'70 0.00-24.00 uur	24	33075,7	100,00	0,28	2,40
	12	33084,0	100,03	0,28	2,40
	8	33089,0	100,04	0,28	2,40
	6	33052,4	99,93	0,28	2,40
	4	33050,2	99,92	0,28	2,39
K	3	32915,5	99,52	0,28	2,39
	2	31186,1	94,29	0,26	2,26
	1	27138,2	82,05	0,23	1,97

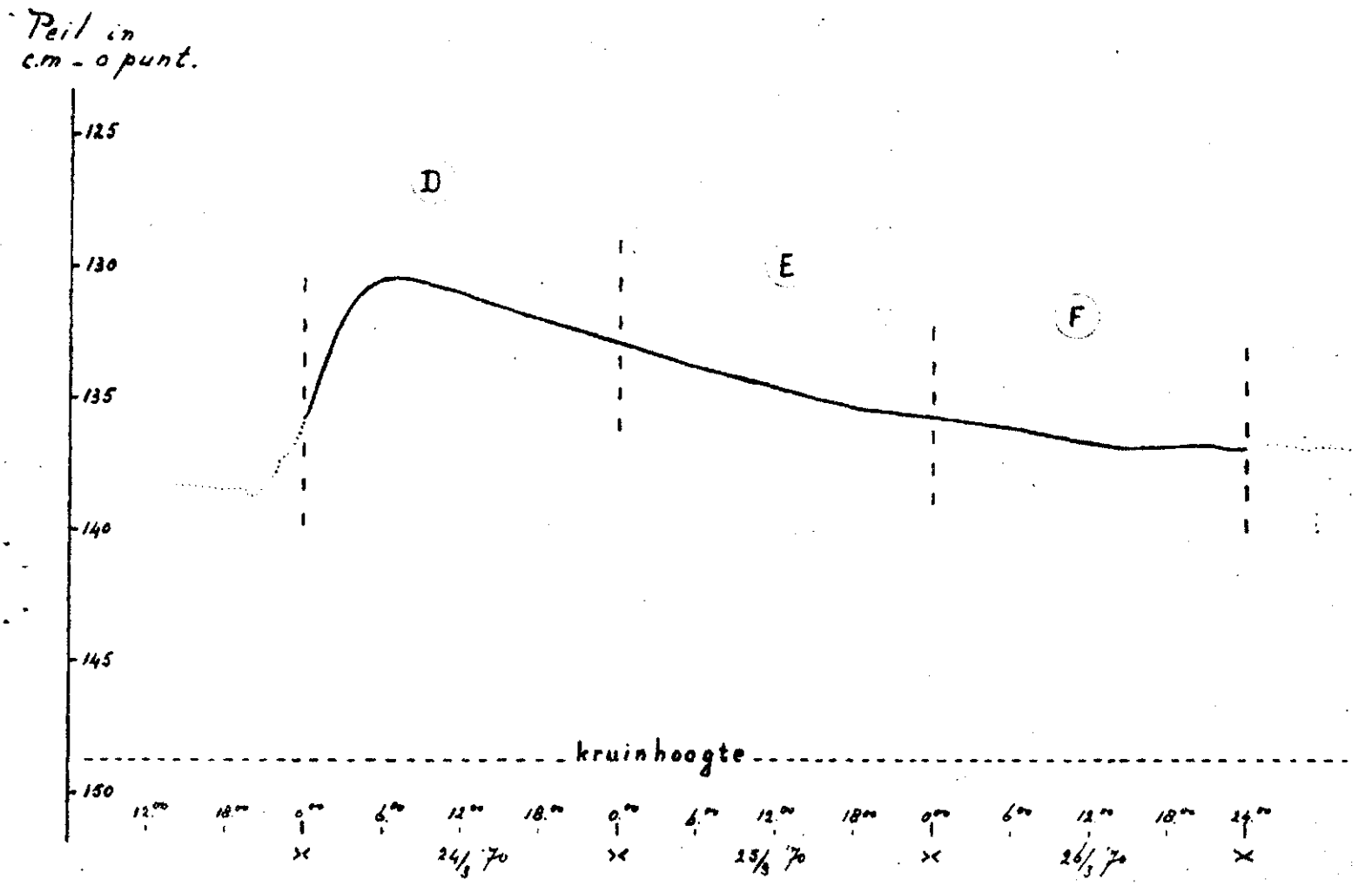
1	2	3	4	5	6
dd.	Aantal aflezingen per 24 uur	Berekende afvoerhoeveelheden totaal m^3/dag	% t.o.v.24 aflezingen	l/sec ha	totaal mm/dag
1/4'70 0.00-24.00 uur	24	30978,8	100,00	0,26	2,24
	12	30948,5	99,90	0,26	2,24
	8	30955,1	99,92	0,26	2,24
	6	31036,4	100,19	0,26	2,25
	4	31190,3	100,68	0,26	2,26
H	3	31291,3	101,01	0,26	2,27
	2	31242,2	100,85	0,26	2,26
	1	29816,6	96,25	0,25	2,16
23/3-24/3'70 18.00-18.00 uur	24	24045,6	100,00	0,20	1,74
	12	24009,1	99,85	0,20	1,74
	8	24117,5	100,30	0,20	1,75
	6	24082,5	100,15	0,20	1,75
	4	24090,5	100,19	0,20	1,75
J	3	24050,9	100,02	0,20	1,74
	2	23250,3	96,69	0,20	1,68
	1	29816,6	124,00	0,25	2,16
6/4-7/4'70 6.00-6.00 uur	24	42811,3	100,00	0,36	3,10
	12	42799,8	99,97	0,36	3,10
	8	42846,9	100,08	0,36	3,10
	6	43008,4	100,46	0,36	3,12
	4	42817,7	100,01	0,36	3,10
L	3	42618,2	99,55	0,36	3,09
	2	45433,4	106,12	0,38	3,29
	1	39441,6	92,13	0,33	2,86

Peilregistratie Meetpunt 1. Solland

oppervlakte 1380 ha o punt 3.572 + N.A.P.

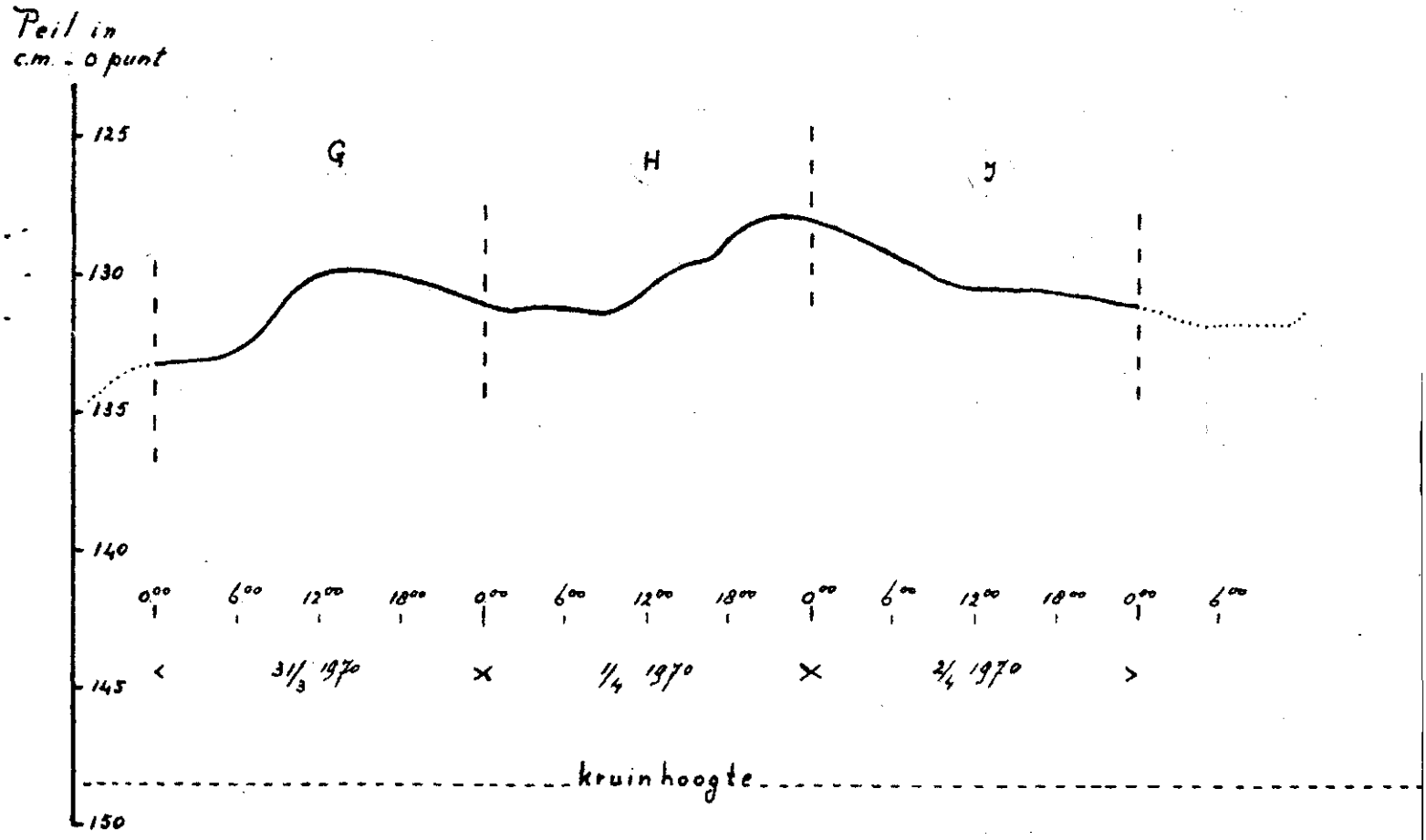
Figuur 1a.

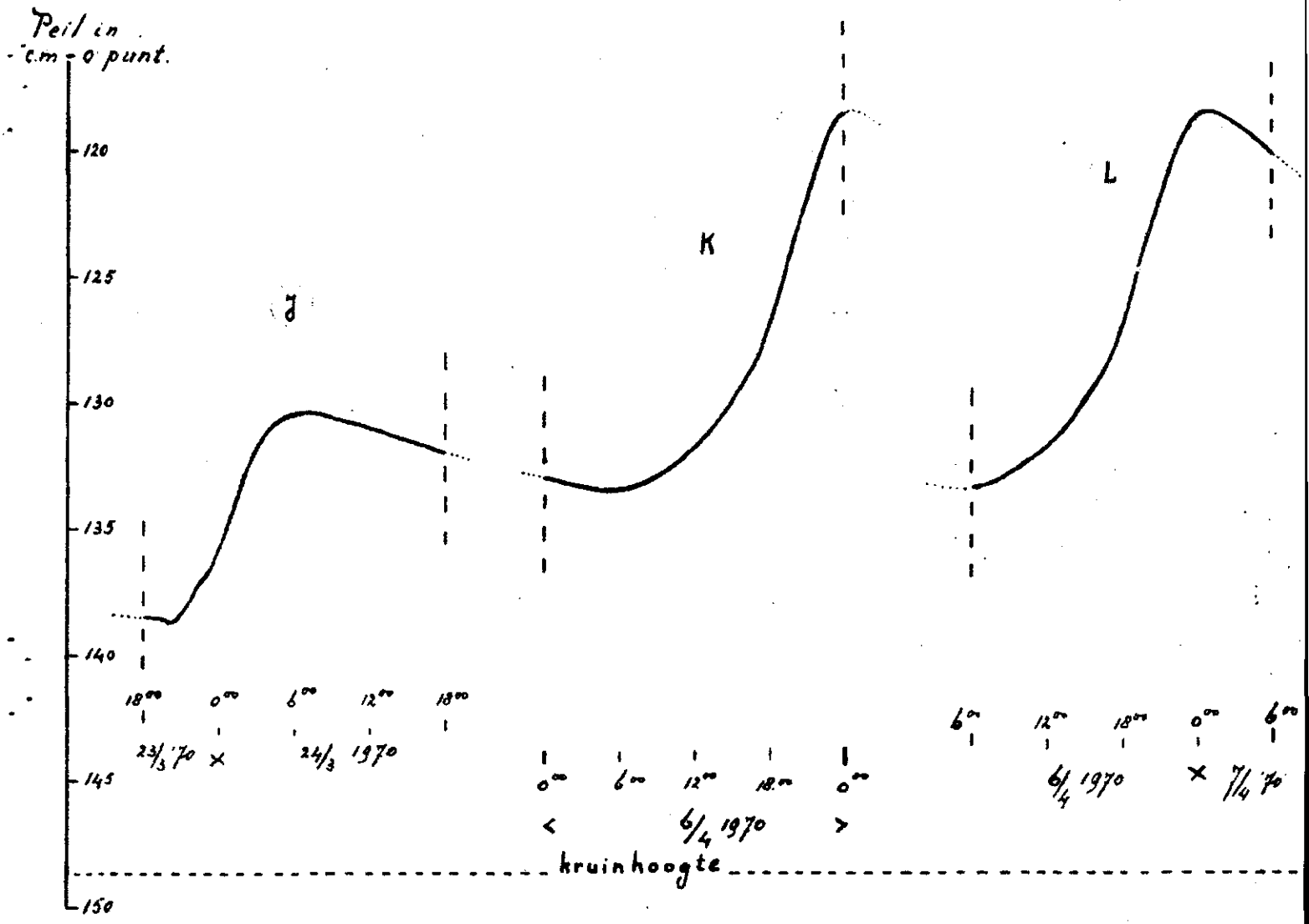




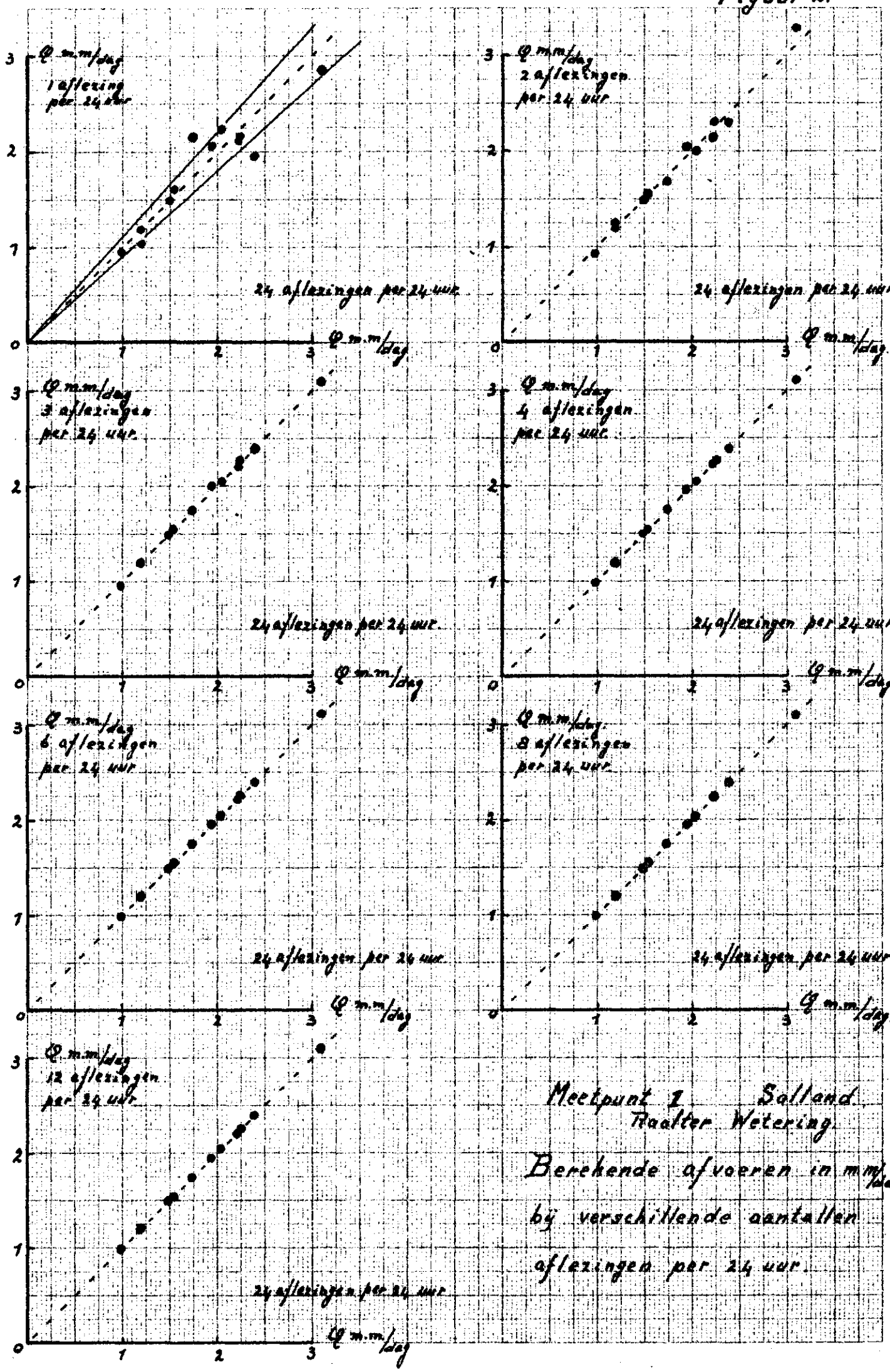
Peilregistratie Meetpunt 1. Salland. Figuur 1 b.

oppervlakte 1380 h.a. o punt 3.572 + N.A.P.





Figuur 2.



Meetpunt 1 Salland
Raalter Wetering.

Berekende afvoeren in mm/dag bij verschillende aantallen aflezingen per 24 uur.