

Mussop

NOTA 510

2 juni 1969

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA,
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ENKELE RESULTATEN VAN HET HYDROLOGISCH ONDERZOEK
OP HET ONTWATERINGSOBJECT HOENKOOP

dr J. Wesseling

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. MOGELIJKE KWEL	1
3. HET EFFECT VAN HET ONTWATERINGSSTELSEL	3
4. DE BETEKENIS VAN DE A-WAARDE	5
5. HET BERGEND VERMOGEN	7
6. DE WERKING VAN DE SLOTEN	9
7. DE WERKING VAN DE DRAINS	11
8. SAMENVATTING	12
9. NADER ONDERZOEK	12
10. LITERATUUR	13

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING

Op verzoek van de heer Schothorst werden de door hem op het ontwateringsproefobject te Hoenkoop verzamelde grondwaterstandsgegevens bestudeerd. Het doel hiervan was niet alleen het verkrijgen van meer inzicht in de plaatselijke hydrologie, doch tevens om na te gaan, welke conclusies uit de verzamelde gegevens kunnen worden getrokken. Gehoopt werd uit een eerste bewerking van de gegevens aanwijzingen te krijgen voor de verbetering van het systeem van waarnemingen.

Een volledige beschrijving van het proefobject is door Schotthorst gegeven in nota 503 van het ICW. Ter beschikking staan wekelijkse grondwaterstandswaarnemingen van een 80-tal buizen verdeeld over 14 percelen. Verder werden met dezelfde frequentie de slootpeilen waargenomen. Sinds eind januari 1969 zijn registraties van 5 grondwaterstandsmeters beschikbaar. Hiervan zijn tot nu toe echter geen hoogtecijfers aanwezig.

In deze nota worden enkele resultaten verkregen uit de beschikbare gegevens weergegeven. Tevens wordt een voorstel gedaan over de voortzetting van het onderzoek voor zover het de hydrologische aspecten betreft.

2. MOGELIJKE KWEL

Volgens nota 503 bestaat het profiel ter plaatse uit ca 0,5 meter klei met daaronder 4 à 5 meter veen. Dat veen rust op een kleilaag van ongeveer 2 meter dikte waaronder zich grof zand en grind bevindt. Aangezien de zandlaag een vrij grote KD-waarde van ongeveer 2500 heeft (zie Scholte Ubink 1963) mag worden aangenomen dat de potentiaal van het water in deze laag beheerst wordt door toe- en afvoer van en naar de rivieren. Het veenpakket heeft

volgens Schothorst (1969) een doorlaatfactor van ca 5 m/dag. De kleilaag tussen zand en veen is echter vrij ondoorlatend omdat Scholte Ubijng (1963) als gemiddelde c-waarde van het afdekkende pakket (klei + veen + klei) 2800 aangeeft. Volgens de door laatstgenoemde auteur geproduceerde isohypsenkaarten bedraagt de stijghoogte van het diepe water en de omgeving van het proefobject respectievelijk 1.70 - en 1.50 -N.A.P. voor de zomer en de winter. Stelt men nu de gemiddelde grondwaterstand in de zomer gelijk aan het slootpeil en de gemiddelde winterwaterstand op 0.2 meter boven dit peil, dan zal het potentiaalverschil tussen diep en ondiep water ongeveer zijn als aangegeven in tabel 1.

Tabel 1. Stijghoogteverschillen tussen diep en ondiep water

Perceel	potentiaal					
	zomer			winter		
	diep	ondiep	verschil	diep	ondiep	verschil
E	- 1.70	- 1.90	0.20	- 1.50	- 1.70	0.20
A	- 1.70	- 2.35	0.65	- 1.50	- 2.15	0.65
B	- 1.70	- 2.50	0.80	- 1.50	- 2.30	0.80
C	- 1.70	- 1.90	0.20	- 1.50	- 1.90	0.40
D	- 1.70	- 1.90	0.20	- 1.50	- 2.30	0.80

Bij een potentiaalverschil Δh meter, zal de kwel in mm/dag bedragen

$$q = \frac{1\ 000 \cdot \Delta h}{c}$$

als c wordt uitgedrukt in dagen. Voor $c = 2800$ zal de kwel dus respectievelijk 0.07 en 0.28 mm/dag bedragen voor $\Delta h = 0.2$ en $\Delta h = 0.8$. Uit de latere bewerking zal blijken, dat vooral de kwel op perceel D een niet onbelangrijke rol kan spelen in de waterhuishouding.

Behalve de kwel uit de ondergrond, zal moeten worden gerekend met een zijdelingse toestroming uit de omliggende percelen met een hoger peil. De grootte van deze toestroming is moeilijk te bepalen.

Het betreft hier, gezien de geringe dikte van het watervoerende pakket (de veenlaag) echter hoofdzakelijk water dat direct in de randsloten zal stromen. Als zodanig is het alleen van belang bij de bepaling van de totale afvoer. Aangezien in deze nota echter niet op dit aspect zal worden ingegaan, kan een beschouwing van deze stroming achterwege blijven.

3. HET EFFECT VAN HET ONTWATERINGSSYSTEEM

Een verlaging van het peil in de sloten wordt wenselijk geacht om een betere ontwatering van het grasland te verkrijgen. Door de peilverlaging kan een snellere afvoer optreden (grotere drukverschillen) doch het ontwateringssysteem zelf verandert niet. De vraag is, of het bestaande slotenstelsel voldoende is, of dat drainage moet worden toegepast. Voor de beantwoording van deze vraag, moet het effect van het ontwateringssysteem worden nagegaan. Dit kan het beste gebeuren door middel van een intensiteitsfactor. Deze factor kan vrij eenvoudig worden bepaald indien waterstandsgegevens in droge perioden beschikbaar zijn. Immers dan geldt bij benadering

$$Y_t = Y_0 e^{-at}$$

waarin Y_t de stijghoogte (t.o.v. de sloot) op tijdstip t , Y_0 die op tijdstip nul is. Voorts stelt a de intensiteitsfactor en t de tijd voor.

De langste droge periode waarin grondwaterstandsgegevens beschikbaar zijn bleek te liggen tussen 15 en 29 maart 1969. Verder werd een aantal kortere perioden van minstens een week gevonden, waarin de verdamping geen rol speelt. Ook hieruit werd de a -waarde bepaald. In fig. 1 zijn de gegevens van 15, 22 en 29 maart uitgezet tegen de tijd. De beschikbare gegevens leveren inderdaad een rechte lijn, met uitzondering van buis E_5 die aan het begin van de genoemde periode onder water stond. In tabel 2 zijn de aldus verkregen a -waarden voor de verschillende percelen weergegeven.

Tabel 2. Waarden van de intensiteitsfactor a voor de verschillende percelen berekend uit grondwaterstandsgegevens.

Periode	Ao	Aw [*]	Aw	Bw	Ba
19/10-26/10	0.041	0.041	-	0.049	0.014
2/11-23/11	-	0.042	0.021	0.043	0.043
30/11- 7/12	0.037	0.044	0.031	0.036	0.047
4/1 - 1/1	0.086	0.043	0.027	0.029	0.029
15/3 -29/3	0.027	0.043	0.040	-	-

	Co [*]	Cw	Ca	Do [*]	Dw	Da	Eo	Ew
19/10-26/10	0.092	0.092	-	0.017	0.033	0.031	-	-
2/11-23/11	-	0.035	0.108	0.007	0.029	0.043	0.064	0.081
30/11- 7/12	0.113	0.069	-	0.07	-	-	0.075	0.045
4/1 -11/1	0.117	0.049	0.210	-	0.014	-	0.125	0.019
15/3 -24/3	0.096	0.064	-	-	-	-	0.085	0.062

^{*} is perceel met drainage

Er komen aanzienlijke verschillen in a -waarden voor hetzelfde perceel voor. Dit is voornamelijk te wijten aan het feit dat de a -waarden moesten worden bepaald uit twee achtereenvolgende weekwaarnemingen. Een geringe fout in één van de waarnemingen geeft meteen een belangrijk verschil in a -waarde. Bovendien zullen geringe niet-stationnaire effecten in de berging direct doorwerken op de grondwaterstand.

Het is voorts denkbaar dat de bergingsfactor afhangt van de grondwaterstandsdiepte. Een kleinere bergingsfactor zal een grotere a -waarde tot gevolg hebben. Er blijkt echter geen systematisch verschil in a -waarden bepaald bij verschillende grondwaterstanden te zijn.

De a -waarden zijn, met uitzondering van die voor de C-percelen over het algemeen klein tot zeer klein. Men kan zich nu afvragen wat hiervan de oorzaak is.

4. DE BETEKENIS VAN DE A-WAARDE

Gebruik makend van de drainageformule van Hooghoudt, kan de a-waarde worden geschreven als

$$a = \frac{8kd}{L} \frac{1}{p} = \frac{\alpha}{p}$$

waarin p de bergingsfactor voorstelt. Uit deze formule blijkt, dat er een verband moet bestaan tussen de a-waarde en de slootafstand L. Daarom zijn in fig. 2 de berekende a-waarden uitgezet tegen de slootafstand. Het blijkt nu, dat er van een verband geen sprake is. Daarom zijn in fig. 3 de gemiddelde a-waarden nog eens uitgezet tegen de afstand. Hierbij werd aan de gedraineerde percelen de helft van de slootafstand toegekend omdat de drains daarin midden tussen de sloten zijn gelegen. Ook nu blijkt er nauwelijks verband te bestaan. Hiervoor zijn verschillende oorzaken en wel

- Een verschil in doorlaatfactor tussen de verschillende percelen
- Een geringere werking van de drains zodat de afstand te klein is gekozen
- Verschillen in bergingsfactor tussen de verschillende percelen.

De a-waarden kunnen getoetst worden aan bekende gegevens mits p bekend wordt verondersteld. Tabel 3 geeft voor de verschillende percelen α -waarden voor deze waarden van p.

Tabel 3. Waarden van $\alpha \cdot 10^4$ berekend uit de gemiddelde a-waarden en gegeven p-waarden

Perc.		Afst. p)				Perc.		Afst. p			
		0.02	0.03	0.05				0.02	0.03	0.05	
Ao	30	7	11	18	Co [±]	65	20	30	50		
Aw [±]	60	8	13	21	Cw	50	13	20	33		
Aa	90	6	9	15	Ca	60	25	37	62		
Bo [±]	50	7	11	18	Do [±]	65	2	3	5		
Bw	60	10	16	26	Dw	55	5	7	12		
Bu	30	7	10	17	Da	30	8	13	22		

Voor bijvoorbeeld $L = 50$ meter, $d \approx 5$ meter volgt uit de α -waarde van het perceel Cw bij $p = 0.05$ een k van 0.4 m/dag. Dit is aanzienlijk lager dan de resultaten van de boorgatenmethode (zie Schothorst 1969) geven. Men moet de reden hiervoor waarschijnlijk zoeken in het geringe effect van de sloten. Daarom is het beter te werken met de formules van Ernst. Volgens deze formule geldt

$$m = \frac{sL^2}{8KD} + sLw$$

waarin s de afvoer en w de radiale weerstand van de sloten is. Schrijft men deze formule in de vorm

$$s = \alpha m$$

dan geldt voor α

$$\alpha = \left(\frac{L^2}{8KD} + Lw \right)^{-1}$$

Nemen we voor de radiale weerstand van de sloten $w = 3$ etm./m, zoals door Scholte Ubing (1963 a) gevonden werd in de Lopikerwaard, dan geeft tabel 4 α -waarden voor enkele perceelsbreedten.

Tabel 4. Waarden van α voor enkele perceelsbreedten gebaseerd op de formule van Ernst met $KD = 7 \text{ m}^2/\text{etm.}$ en $w = 3 \text{ etm./m}$

breedte	25	30	50	60	90 meter
$\alpha \cdot 10^4$	160	95	52	41	24

In fig. 3 zijn nu de hieruit berekende a -waarden voor $p = 0.08$ en $p = 0.10$ aangegeven. Het blijkt nu, dat de a -waarden met $p = 0.08$ goed overeenkomen met de bovenste groep (Co, Cw, Bw en Aa). De andere groep heeft aanmerkelijk lagere a -waarden. Hoe dit komt is niet geheel duidelijk. De gegevens komen ongeveer overeen met $w = 4$. Met behulp van de formule van Ernst blijkt dus een deel van de gevonden a -waarden redelijk verklaarbaar. De lage waarden van a zouden dus niet zozeer gezocht moeten worden in een lage doorlatendheid van het profiel maar in de grote weerstand van de sloten.

De overeenkomst berust echter op een vrij hoge waarde van p en het is de vraag of deze juist is voor het onderhavige profiel.

5. HET BERGEND VERMOGEN

Vanaf half januari 1969 staan geregistreerde grondwaterstanden ter beschikking. Voor zover afzonderlijke regenbuien voorkwamen kan nu de bergingsfactor worden berekend uit de neerslag en de daardoor veroorzaakte grondwaterstandsstijging. Tabel 5 geeft een aantal aldus berekende bergingsfactoren.

Tabel 5. Bergingsfactoren berekend uit neerslag en grondwaterstandsstijging

Perceel	begin	eind	stijging	neerslag	p	p. gem.
A	25	7	18	10.5	0.058	0.057
	33	14	19	6.7	0.035	
	23	12	11	5.9	0.054	
	25	15	10	4.9	0.067	
	29	12	7	3.1	0.044	
	20	15	5	5.3	0.106	
	41	10	31	16.1	0.052	
	48	28	20	8.5	0.043	
	31	15	16	10.5	0.065	
	40	26	14	6.7	0.048	
	30	21	9	5.9	0.055	
	34	28	6	4.9	0.082	
	30	24	6	3.1	0.051	
	28	19	9	3.3	0.037	
	48	41	7	3.8	0.054	
	45	14	31	16.1	0.052	
D	50	23	27	8.5	0.031	0.074
	29	17	12	10.5	0.088	
	26	14	12	6.7	0.056	
	27	18	9	5.9	0.065	
	31	23	18	4.9	0.061	
	33	29	4	3.1	0.078	
	28	21	7	5.3	0.077	
	34	17	17	16.1	0.095	
	58	43	15	11.1	0.074	
E	28	4	24	10.5	0.044	0.051
	21	6	15	6.7	0.045	
	23	14	9	5.9	0.065	

Schothorst (1969) geeft enkele pF-gegevens van profiel C.

Een andere controlemogelijkheid van de bergingsfactor kan worden gevonden en het terug berekenen van de grondwaterstanden met behulp van de gevonden a-waarden en de gemeten neerslag. Immers moet voor de stijghoogte midden tussen de sloten gelden

$$p_{y,t} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{a} R_t \sum \frac{1}{n^3} (1 - e^{-n^2 a}) + \frac{\pi}{2} \frac{1}{a} R_{t-1} \sum \frac{1}{n^3} (e^{-n^2 a} - e^{-2n^2 a}) \dots$$

mits y_t de waterstand op het eind van een periode t voorstelt en $R_t, R_{t-1}, \dots$ de neerslagen in de voorafgaande perioden zijn. Voor de berekening werd de periode 1 november 1968 tot 1 februari 1969 gekozen. Fig. 5 geeft het resultaat voor het perceel Ao. Hierin is y_t de berekende, y de waargenomen waarde. De helling van de gevonden lijn geeft nu de bergingsfactor. Enkele resultaten van soortgelijke bewerkingen voor andere percelen zijn weergegeven in tabel 6.

	0.0	0.07	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
NO.0	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	
	0.0	0.0	

Tabel 6. Bergingsfactoren berekend uit de reconstructie van de
afvoer op basis van grondwaterstanden

Perceel	L	a	p	α
Ao	30	0.04	0.09	3.6×10^{-3}
Aw ^{II}	60	0.04	0.10	4×10^{-3}
Aa	90	0.03	0.10	3×10^{-3}
Bo ^{II}	50	0.04	0.07	2.8×10^{-3}
Bw	60	0.03	0.08	2.4×10^{-3}
Cw	50	0.05	0.08	4×10^{-3}

Ook hier worden vrij hoge waarden voor de bergingsfactor gevonden. In hoeverre de afvoer door de greppels hierbij een rol speelt is niet geheel duidelijk.

6. DE WERKING VAN DE SLOTEN

In par. 3 is verondersteld dat de hoge a -waarden zijn te wijten aan de hoge radiale plus intreeweerstand van de sloten. Deze uitspraak is min of meer gebaseerd op de door Schothorst (1969) gegeven dwarsprofielen. Hierin blijkt de grondwaterstand vlak bij de sloten steil op te lopen om midden in de percelen een vlak verloop aan te nemen. Aangezien geen afvoermetingen bekend zijn, kan de weerstand van de sloten niet zonder meer worden berekend. De afvoer kan echter gereconstrueerd worden met behulp van de gevonden α -waarden uit tabel 6. Gebruik makend van de formule van Ernst heeft men

$$\Delta m_h = \frac{sL^2}{8kd}$$

$$m_p = sLw$$

Voor m_h werden de verschillen in grondwaterstand midden op het perceel en die op een afstand van 3 meter uit de sloot genomen. De waarde van m_p is het verschil tussen de laatstgenoemde waar-

nemingen en het slootpeil. Bij bekende s en L volgen dan uit de waarnemingen waarden voor KD en w. Voor een tweetal percelen zijn de resultaten weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. Waarden van KD en w berekend uit grondwaterstanden en

α -waarden					
Datum	Bw	KD	W	KD	W
5/10	13.9	4.1	-	5.3	
12/10	4.1	2.8	2.5	3.3	
19/10	5.2	3.4	2.0	4.7	
26/10	3.6	2.6	-	-	
2/11	4.5	3.1	2.9	2.9	
9/11	7.5	2.7	3.6	3.3	
23/11	5.5	2.8	1.6	4.6	
30/11	4.4	1.8	5.2	3.7	
7/12	3.7	2.3	4.2	6.0	
21/12	7.1	1.9	7.7	4.2	
4/1	4.4	2.5	8.7	4.2	
11/1	5.6	2.8	4.1	2.4	
25/1	4.1	2.3	9.0	2.8	
1/2					
gem.	5.6	2.8	4.6	4.5	

Rekening houdend met niet stationnaire effecten mag een grote spreiding in de resultaten worden verwacht. De radiale weerstand van de sloten blijkt inderdaad hoog te zijn, terwijl de KD-waarde die wordt gevonden in de lijn der verwachting ligt. Deze komt namelijk voor het veen neer op $k \approx 1$ m/dag.

7. DE WERKING VAN DE DRAINS

Drainafvoeren werden niet gemeten. Voor de bepaling van de werking van de drains is daarom dezelfde werkwijze gevolgd als voor de sloten. Het effect van de drains is echter hoofdzakelijk gezocht in de intreeweerstanden. Deze konden worden bepaald, omdat gegevens omtrent de stijghoogte van het water in en naast de drains beschikbaar waren.

Voor de drains geldt:

$$s = \alpha (h_m - h_n)$$

waarin h_m de stijghoogte van het water midden op het perceel en h_n die naast de drains voorstelt.

Voorts geldt:

$$w_i = \frac{h_n - h_d}{sL}$$

waarin h_d de druk in de drains voorstelt en w_i de intreeweerstand aangeeft.

Tabel 8 geeft de resultaten van de berekeningen

Tabel 8. Intreeweerstanden van de drains

Datum	Aw	Bo	Co	Do
5/10	6.2	-	2.2	4.3
12/10	-	-	1.9	7.9
19/10	4.2	-	2.3	1.7
26/10	4.4	-	2.3	1.3
2/11	4.7	-	2.5	2.3
9/11	10.4	-	2.2	1.5
23/11	9.2	6.1	2.0	9.2
30/11	10.3	6.8	2.2	1.3
7/12	9.2	6.6	2.1	1.3
21/12	5.1	8.0	2.3	-
4/ 1	8.9	11.0	2.2	4.3
11/ 1	4.4	11.4	2.2	4.2
28/ 1	8.3	9.2	2.3	3.3
1/ 2	12.4	-	2.2	2.2

De waarden voor de percelen A en B hebben de neiging iets toe te nemen met de tijd, een verschijnsel dat bij drains vaak wordt waargenomen.

Opmerkelijk is het verschil tussen A en B enerzijds en C en D anderzijds. De drains C en D zijn ca 25 cm hoger gelegd en liggen daarom in gerijpt veen. Mogelijk is dit de verklaring voor de gevonden verschillen.

Het effect van de drains C en D is groter of ongeveer gelijk aan die van de sloten, dat van A en B geringer.

8. SAMENVATTING

1. Mogelijk speelt de kwel uit de diepe ondergrond op de diep ontwaterde percelen een rol in de waterhuishouding (vooral perceel D).
2. Het ontwateringssysteem wordt gekenmerkt door relatief hoge grondwaterstanden. De intensiteitsfactoren (a) zijn dan ook laag.
3. De bergingsfactor van de grond is vrij hoog. Gerekend moet worden met een waarde die ligt tussen 0.05 en 0.08.
4. De KD-waarde van het pakket zal ongeveer 5 zijn.
5. De lage intensiteitsfactoren moeten worden geweten aan de hoge radiale en intreeweerstand van de sloten ($w = 3 \text{ à } 5$).
6. Het effect van de drains zal zeer waarschijnlijk sterk afhangen van de diepteligging. Er bestaan aanwijzingen dat bij ondiepere ligging de drains even goed of beter werken dan de sloten. Bij ondiepe ligging is het effect geringer dan dat van de sloten.

• NADER ONDERZOEK

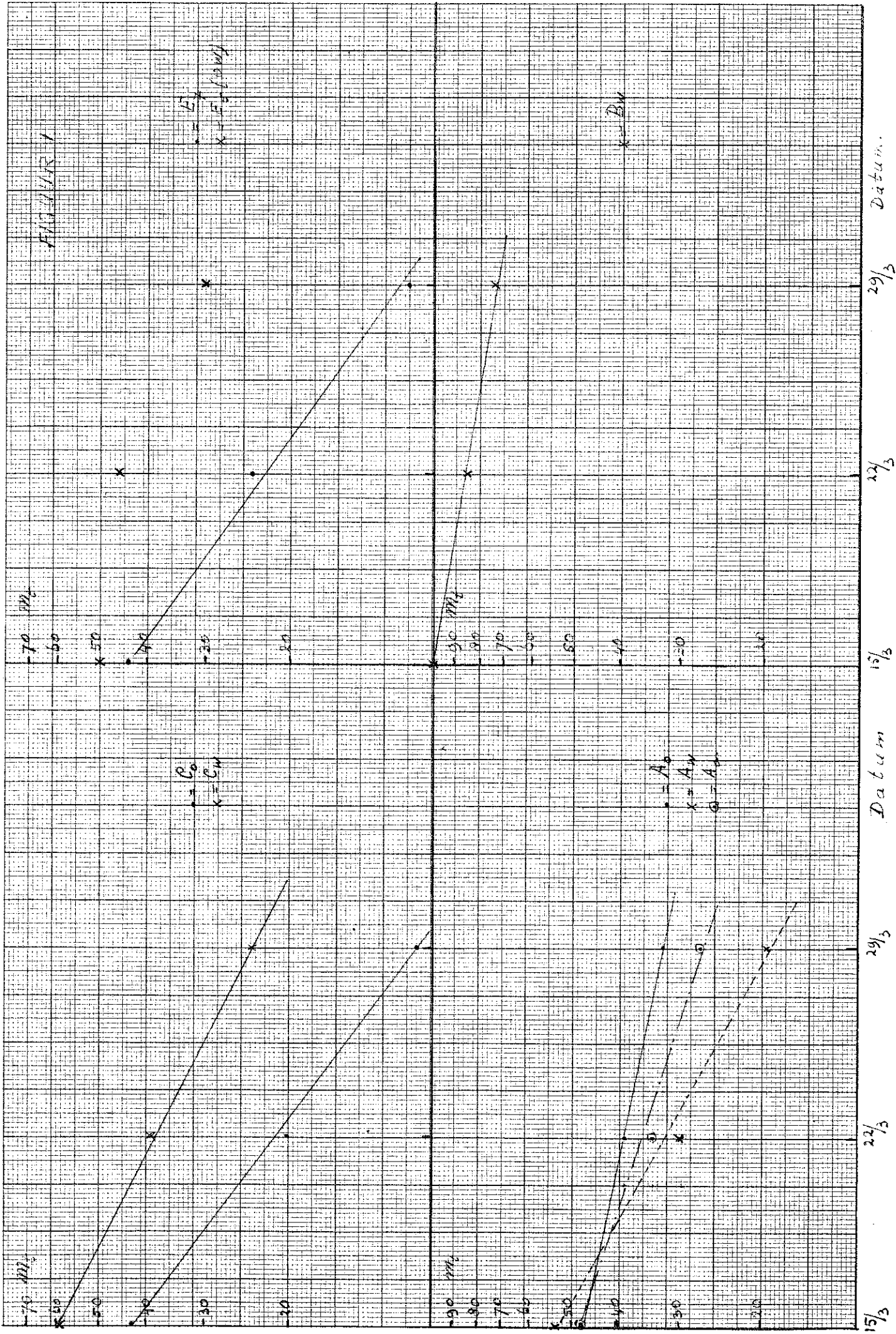
Voor het hydrologisch onderzoek in de verdere toekomst wordt voorgesteld:

- a. Het plaatsen van een diep filter (+ 7 à 8 meter) in perceel D om de grootte van de kwel te bepalen.
- b. Het huidige net van grondwaterstandswaarnemingen te beperken tot
 1. Een registrerende meter midden op de percelen
 2. Waarnemingspunten op 3 meter uit de sloot.
- c. Alvorens af te zien van het waarnemen van de overige peilbuizen een serie dagelijkse of tweedaagse metingen in alle peilbuizen uitvoeren

- na peilverhoging in de sloten (begin juni?).
- d. Het plaatsen van enkele peilbuizen op percelen met meer drains teneinde de werking van de drainage na te gaan.
 - e. Het incidenteel meten of continu registreren van één of twee drainafvoeren.
 - f. Het registreren van één of twee greppelafvoeren.

10. LITERATUUR

- SCHOLTE UBING, D.W. Agro-hydrologische onderzoeken ten behoeve van de landbouwwaterhuishouding en waterbeheersing in Utrecht. Deel I. Z.W. Utrecht, Lopikerwaard. Prov. Waterstaat Utrecht, Utrecht. April 1963, 78 pp. + bijlagen.
- _____ idem, aanvullend rapport. Deel I.
- SCHOTHORST, C.J. Verslag van het ontwateringsproefobject in de Lopikerwaard over 1968. ICW nota 503, 1969.



Datum.

29/3

27/3

15/3

Datum

29/3

22/3

15/3

