

NOTA 1254

februari 1981

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

DE MOGELIJKE INVLOED VAN AFVOEREN TIJDENS DOOI PERIODEN EN
TIJDENS HET GROEISEIZOEN OP HET ONTWERPEN EN ONDERHOUDEN VAN
AF- EN ONTWATERINGSSTELSELS

ir. P.J.T. van Bakel

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. GEBIEDSBESCHRIJVING	2
3. RESULTATEN VAN VELDWAARNEMINGEN	3
3.1. Afvoeren tijdens de dooiperiode in het voorjaar van 1979	3
3.2. Afvoeren en waterstanden tijdens de natte periode in de zomer van 1980	11
4. EFFECTEN VAN EEN AANTAL HYDROLOGISCHE MAATREGELEN OP DE GRONDWATERSTAND IN JUNI/JULI 1980	20
4.1. Beschrijving van het model	21
4.2. Parameterwaarden, invoergegevens	22
4.3. Resultaten	23
4.4. Aanbevelingen voor praktisch waterbeheer	28
5. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	31
LITERATUUR	34
BIJLAGEN	35

1. INLEIDING

Afwateringsstelsels worden meestal ontworpen aan de hand van berekeningen die maatgevende neerslagdichtheden tijdens winterperioden transformeren naar maatgevende afvoeren. Het is echter onvoldoende bekend of andere hydrologische processen aanleiding kunnen geven tot andere ontwerpen. Vanuit de praktijk is bijvoorbeeld bekend dat dooi-periodes soms zeer hoge afvoeren tot gevolg kunnen hebben. Over de gevolgen van hoge neerslagen tijdens de zomerperiode is nog minder te zeggen.

In een gedeelte van het waterschap 'De Veenmarken' wordt door het ICW een onderzoek verricht naar de mogelijkheden om door middel van stuwpelbeheer de voor de plant beschikbare hoeveelheid water te doen vergroten. In het kader van dit onderzoek worden onder meer sinds april 1978 wekelijks de overstorthoogtes van een twintigtal stuwen gemeten. Met behulp van deze gegevens is het mogelijk de hydrologische situatie in maart 1979 (na de strenge winter) en tijdens de natte periode in juli 1980 redelijk te reconstrueren. Beide periodes mogen worden beschouwd als zijnde vrij extreem voor afvoeren tijdens een dooiperiode respectievelijk tijdens het groeiseizoen. Aan de hand van de resultaten van de afvoerberekeningen kunnen dus redelijk onderbouwde uitspraken worden gedaan aangaande de invloed van andere verschijnselen dan de maatgevende neerslag dichtheden tijdens winterperioden op het maatgevend ontwerp. Blijkens de aanbevelingen van de WERKGROEP AFVOERBEREKENINGEN (1979) is hieraan behoefte.

Tevens zal een hoofdstuk worden gewijd aan het effect van een aantal hydrologische maatregelen op de wateroverlast tijdens het groeiseizoen van 1980.

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

Het waterschap 'De Veenmarken' in Drenthe beslaat een oppervlakte van $\pm 25\ 000$ ha, hoofdzakelijk veenkoloniaal akkerbouwgebied. Ten behoeve van een betere watervoorziening voor de landbouwgewassen zijn of worden voor het veenkoloniale gebied waterconserverings- en aanvoerplannen uitgevoerd. Door de relatief vlakke ligging van het gebied en de aanwezigheid van een uitgebreid wijk- en kanalenstelsel zijn de mogelijkheden daartoe in principe aanwezig. Het gebied 'De Monden' van ± 8000 ha kwam als eerste in 1979 gereed. In fig. 1 is de plattegrond van dit gebied getekend met daarop de waterlopen in onderhoud bij het waterschap en de kunstwerken bestaande uit stuwen en inlaatwerken. Met behulp van deze stuwen worden peilvakken gecreëerd waarin het peil kan worden afgestemd op de gemiddelde maaiveldshoogte (streefpeil in de zomer 70-110 cm -mv; in de winter ± 50 cm lager). Blijkens de naamgeving van de kunstwerken kan het gebied 'De Monden' worden opgedeeld in een westelijk, midden en een oostelijk deelgebied.

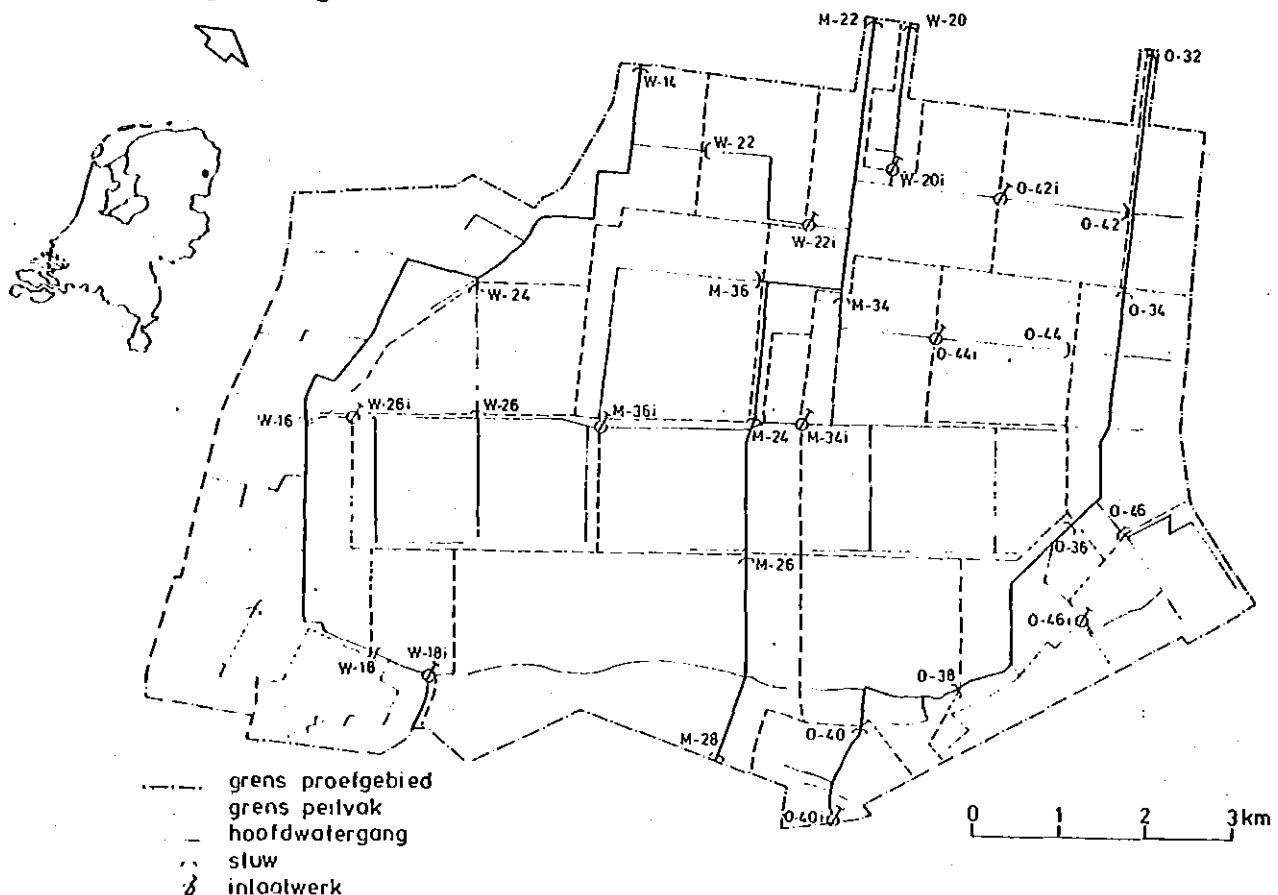


Fig. 1. Plattegrond van het wateraanvoergebied 'De Monden'

Sinds 1978 wordt in dit gebied door het ICW, in samenwerking met het waterschap en de Landinrichtingsdienst van Drenthe, onderzoek verricht met als doel een basis te verschaffen voor een goed peilbeheer. Anders gezegd, om de mogelijkheden, door het nieuwe aanvoerplan geboden, zo volledig mogelijk te benutten. Deze 'nacalculatie' kan tevens van nut zijn bij eventueel elders uit te voeren waterconserverings- en aanvoerplannen.

In het kader van dit onderzoek worden, naast het meten van grondwaterstanden, gewasgroei, verdamping, neerslag en vochtspanningen, met een speciaal daarvoor ontworpen meter wekelijks de overstorthoogtes bij de stuwen en inlaten gemeten. Deze kunnen via in het veld vastgestelde $Q(h)$ -relaties worden herleid tot afvoeren. Bovendien zijn in de loop van 1979 en 1980 de hoofdin- en uitlaten van de reeds eerder genoemde deelgebieden continu registreerbaar gemaakt. De afvoercijfers vormen een belangrijk onderdeel van het totale waterbalansonderzoek dat zal gaan dienen om de resultaten van modelberekeningen te kunnen verifiëren. Als 'nevenprodukt' kunnen echter de afvoeren van interessante perioden worden gevolgd. In het volgende hoofdstuk zullen daarom de afvoeren van maart 1979 (na strenge winter) en tijdens de natte periode in juli 1980 nader worden besproken.

3. RESULTATEN VAN VELDWAARNEMINGEN

3.1. Afvoeren tijdens de dooi periode in het voorjaar van 1979

De winter van 1979 is vooral bekend om de vele dagen met ijzel en de hevige sneeuwstormen, die vooral het noorden van ons land teisterden.

Naar de voorspelling van mogelijke hoge afvoeren bij het smelten van deze sneeuw- en ijsmassa's is in Nederland nog weinig onderzoek verricht. Belangrijke factoren zullen in ieder geval zijn:

- a) Topografie
- b) De geaccumuleerde hoeveelheid neerslag op de grond en in het afwateringsstelsel

- c) Het temperatuur- en neerslagverloop tijdens de dooiperiode
- d) De infiltratiecapaciteit van de grond
- e) De grondwaterstand aan het begin van de dooiperiode in relatie tot de drainageweerstand.

In hoeverre deze factoren een rol spelen bij de analyse van de afvoeren in maart 1979 zal hierna in het kort worden behandeld. Veelal zal moeten worden volstaan met kwalitatieve uitspraken. In enkele gevallen zal een vergelijking worden gemaakt met de dooi-periode van 1963.

Ad (a). De hoogtelijnenkaart in fig. 2 geeft een goede indruk van de topografie van het gebied. De westkant wordt gevormd door de flank van de Hondsrug met een relatief steile helling. Voor de rest is het gebied erg vlak. Op grond hiervan kan men dus in situaties van dooi met oppervlakkige afvoer de hoogste afvoerdichtheden verwachten in het westelijk deelgebied.

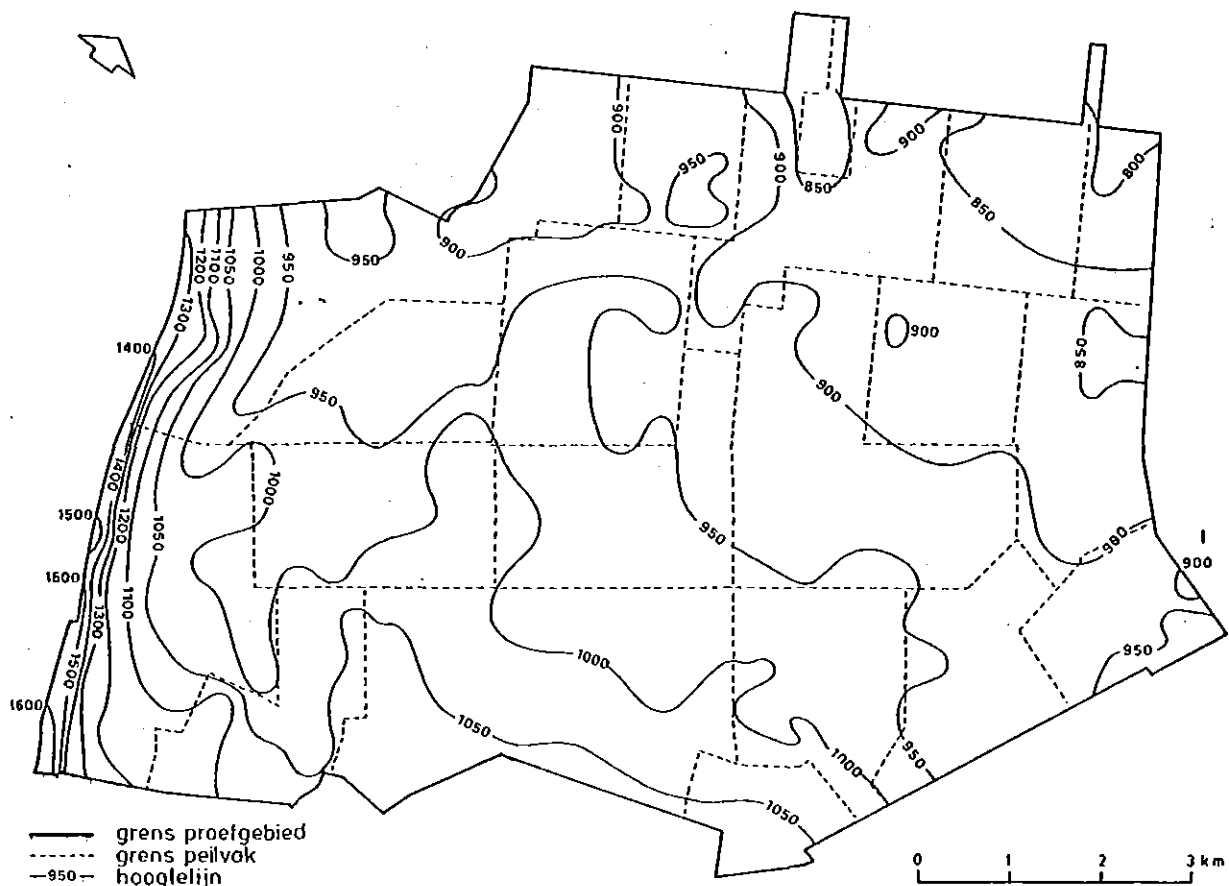


Fig. 2. Hoogtelijnenkaart (cm +NAP) van 'De Monden'

Ad (b). Een maximale schatting van de geaccumuleerde hoeveelheid neerslag kan worden afgeleid uit de in Eelde geregistreerde hoeveelheid neerslag(-verdamping) tijdens de vorstperiode voorafgaande aan de dooi. Deze bedraagt ± 22 cm (ter vergelijking: in 1963 was dit ± 20 cm). Dit cijfer komt redelijk overeen met gegevens verstrekt door KNMI-waarnemers. Volgens de vuistregel dat 1 cm sneeuw overeenkomt met 1 mm water betekent dit een afvoerbare hoeveelheid water van 22 mm.

Tijdens de sneeuwstormen zal echter een gedeelte in de wijken en kanalen zijn gewaaid. Dit geeft enerzijds een stremming van het afvoerproces, anderszijds een vertraging van het dooi-proces (op hopen gewaaide sneeuw blijft langer liggen).

Wat het netto resultaat ervan kan zijn is niet aan te geven.

Ad (c). Het verloop van de gemiddelde dagelijkse temperatuur en de dagelijkse neerslaghoeveelheid van de periode 25 februari t/m 10 maart van het station Eelde (afstand hemelsbreed 35 km), is weergegeven in fig. 3.

Vanaf 26 februari loopt de temperatuur sterk op, waarna op 3 maart weer een daling volgt. De neerslaghoeveelheden zijn daarbij niet extreem hoog. Ter vergelijking zijn in de figuur ook de overeenkomstige gegevens van 1963 opgenomen. Uit deze vergelijking volgt dat 1963 een snellere dooi heeft gekend en vooral in het begin hogere neerslagdichtheden.

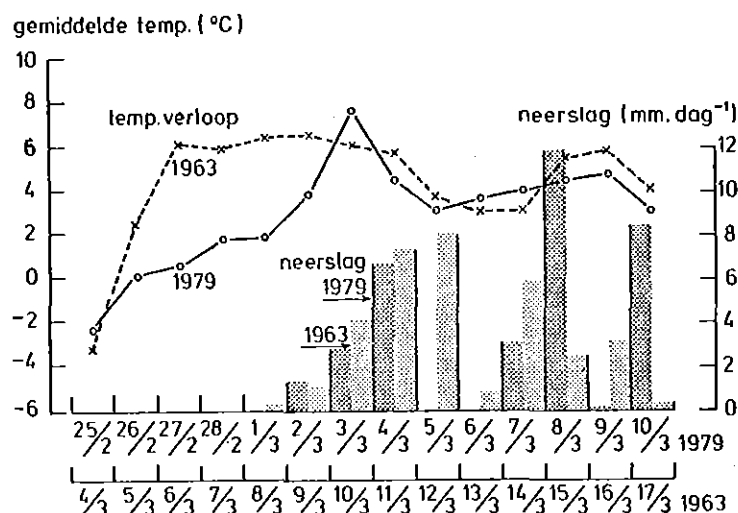


Fig. 3. Vergelijking van temperatuur- en neerslagverloop tijdens de dooiperiodes van 1963 respectievelijk 1979

Ad (d). De infiltratiecapaciteit van de grond kan in een situatie van dooi ontoereikend zijn om al het smelt- (en regen)water in de grond te laten dringen, waardoor oppervlakkige afvoer kan optreden. Deze oppervlakkige afvoer is de hoofdoorzaak van de soms zeer hoge afvoerdichtheden.

De infiltratiecapaciteit wordt onder andere bepaald door:

- bodemfysische eigenschappen. In de Veenkoloniën is zelden of nooit sprake van oppervlakkige afvoer ten gevolge van onvoldoende infiltratiecapaciteit.
- vorst in de grond. Hiervoor zijn alleen gegevens beschikbaar van De Bilt. In tabel 1 is een vergelijking gemaakt tussen de grondtemperaturen op verschillende diepten van 1963 en 1979. Hieruit kan worden afgeleid dat de situatie in 1963 veel ongunstiger was dan in 1979. Ongetwijfeld was in het noorden van het land de vorst strenger, maar veel vorst heeft ook daar in 1979 niet in de grond gezeten.

Tabel 1. Vergelijking van de grondtemperaturen op verschillende dieptes voor en tijdens de dooiperiodes van 1963 en 1979, gemeten om 8.00 uur te De Bilt, in graden Celsius

Datum	Diepte(cm)									
	10		20		50		75		100	
	1963	1979	1963	1979	1963	1979	1963	1979	1963	1979
15/2	-0,2	0,2	-0,3	0,4	0,7	1,3	1,7	2,3	2,8	3,0
20/2	-1,0	0,1	-0,6	0,3	0,7	1,4	1,7	2,4	2,8	3,0
25/2	-3,1	0,1	-2,4	0,3	0,3	1,2	1,7	2,2	2,7	2,9
2/3	-1,7	0,2	-1,6	0,4	-0,1	1,3	1,5	2,2	2,5	2,8
7/3	0,1	2,9	0,1	2,7	0,3	2,9	1,5	3,3	2,7	3,4

Ad (e). Door het wijkstelsel gecombineerd met hoge kD -waarden heeft het onderzoeksgebied vrij lage drainageweerstand van globaal 100 à 200 dagen. Is nu de opbolling bekend dan kan de afvoer via het grondwater worden geschat.

In het proefgebied is op 1 plaats continu de grondwaterstand midden op het perceel (filter + 2.00 m -mv) en het peil van de bijbehorende wijk geregistreerd.

Fig. 4 geeft hiervan de resultaten. Daaruit blijkt dat de opbolling maximaal ± 40 cm is geweest, hetgeen aanleiding geeft tot een afvoer van ± 4 mm dag^{-1} . Uit het uitzakkingsverloop is namelijk een drainageweerstand van 110 dagen afgeleid.

In het begin echter gaan grondwaterstand en wijkpeil gelijk op, hetgeen wijst op stremming in de afvoer. Door het Waterschap is in het begin van de dooiperiode het peil in de watergangen ook daadwerkelijk hoog gehouden om het ijs niet te laten breken.

Dit om schade aan taluds en kunstwerken te voorkomen.

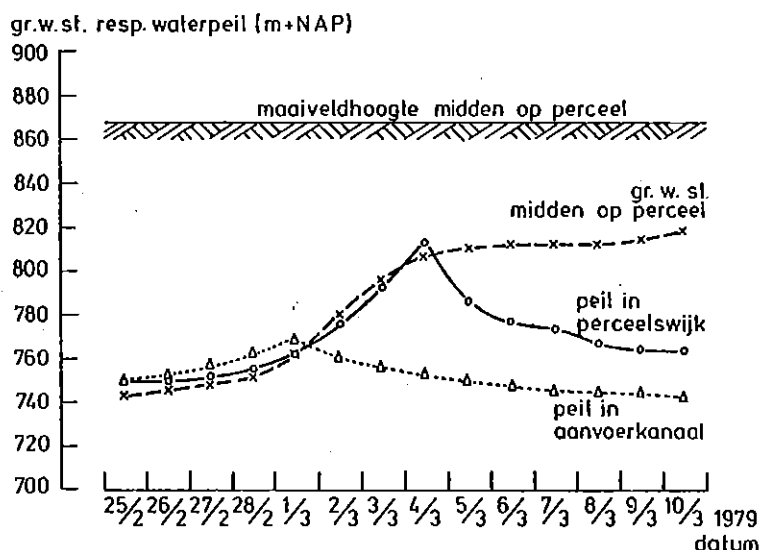


Fig. 4. Verloop van grondwaterstand en open waterpeilen tijdens de dooiperiode van 1979

Ook elders in het gebied blijkt, dat zowel grondwaterstand als wijkpeil sterk zijn gestegen. In fig. 5 staan de grondwaterstandsverlopen van enkele andere meetpunten getekend. Er zijn echter geen gegevens bekend waaruit zou kunnen blijken dat de grondwaterstand tot aan het maaiveld is gestegen. In dat geval treedt, ook al zit er geen vorst meer in de grond, toch oppervlakkige afvoer op.

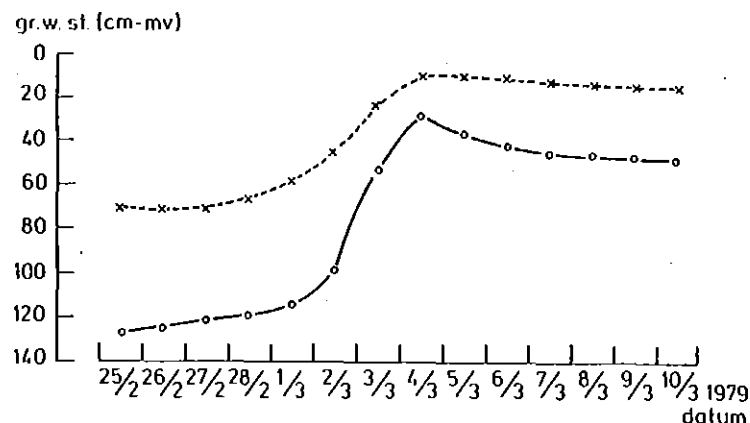


Fig. 5. Verloop van enkele grondwaterstanden elders in het proefgebied

Een eerste indruk naar aanleiding van de analyse van de mogelijke factoren die van invloed kunnen zijn op hoge afvoerdichtheden zou kunnen zijn dat de situatie tijdens de dooiperiode van 1979 in vergelijking met die van 1963 niet erg extreem is geweest, in vergelijking met de tussenliggende periode echter wel. Tot welke afvoeren dit nu heeft geleid is weergegeven in tabel 2. Hierin zijn de resultaten weergegeven van stuwen waarvan met zekerheid kan worden aangenomen dat ze niet verdrongen waren tijdens de meting. Via de oppervlaktes van de afwateringsgebieden zijn de afvoeren te herleiden tot afvoerdichtheden. Het tegen elkaar uitzetten van afvoerdichtheid en oppervlakte afwateringsgebied levert fig. 6 op. Teneinde te laten zien of er een evenredigheid

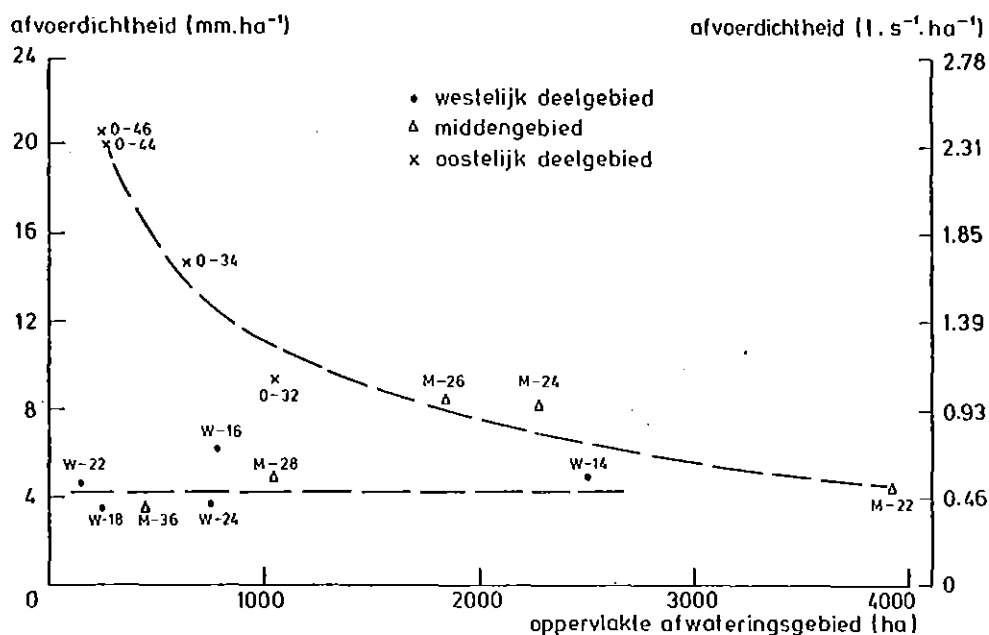


Fig. 6. Relatie tussen oppervlakte afwateringsgebied en hoogst gemeten afvoerdichtheid tijdens de dooiperiode van 1979 van een aantal peilvakken in 'De Monden'

is tussen afvoerdichtheid en de reciproke van de wortel uit het afwateringsoppervlak zijn dezelfde gegevens van fig. 6 uitgezet op dubbel logaritmisch papier; zie fig. 7.

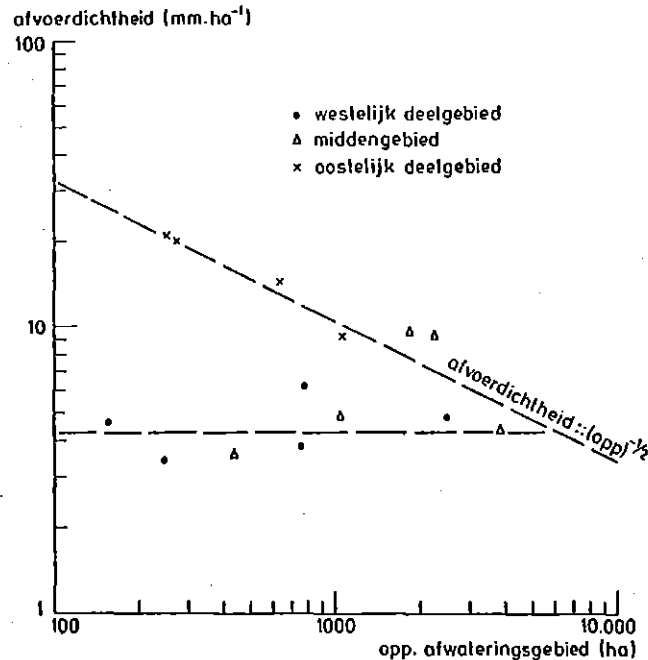


Fig. 7. Idem als fig. 6, maar nu op dubbellog-papier

Nadere bestudering van tabel 2 en de figuren 6 en 7 leidt tot een aantal conclusies:

- in het midden en oostelijk deelgebied treden bij de kleine peilvakken afvoeren op die veel hoger liggen dan de ontwerpafvoer van 10 mm.dag^{-1}
- in beide bovengenoemde deelgebieden is er een redelijk verband tussen afvoerdichtheid en de reciproke van de wortel uit het afwateringsoppervlak.
- de peilvakken in het westelijk deelgebied hebben een veel lagere afvoerdichtheid die tevens onafhankelijk is van het afwateringsoppervlak. Kennelijk is er dus geen oppervlakkige afvoer opgetreden.

Een redelijke verklaring voor de verschillen tussen het afvoergedrag in midden- en oostelijk gebied enerzijds en westelijk gebied anderzijds is gelegen in het feit dat het westelijk gebied hoofdzakelijk wordt gevormd door de flank van de Hondsrug. Er treedt hier een 'constante' kwel op van $1 \text{ à } 2 \text{ mm.dag}^{-1}$. Door deze constante aanvoer van relatief

Tabel 2. Resultaten van afvoermetingen tijdens de dooiperiode in maart 1979

Stuw nr	Soort stuw	Klep- breedte (m)	Type kruin	Type afvoer- relatie	Opp. afw. gebied(ha)	Hoogst gemeten over- stort (cm)	Afvoer (l.s ⁻¹)	Afvoerdichtheid (l.s ⁻¹ .ha ⁻¹) (mm.dag ⁻¹)	Opmerkingen	
W-14	elektr. klepstuw	4,50	scherp, recht	I	2502	28	1422	0,57	4,9	Oppervlakte incl. gedeelte op Hond- rug (384 ha)
W-16	windmolenstuw	3,00	Romijn- Vlugter	IV	782	23	564	0,72	6,2	
W-18	hydr. klepstuw	1,50	scherp getand	V	246	11	95	0,39	3,4	
W-22	hydr. klepstuw	1,50	scherp getand	V	153	10	81	0,53	4,6	Oppervlakte incl. gedeelte op Hond- rug (74 ha)
W-24	hydr. klepstuw	1,50	scherp getand	V	756	22	335	0,44	3,8	
M-22	el. klepstuw	5,00	scherp getand	III	3927	35	2000	0,51	4,4	
M-24	hydr. klepstuw	4,50	rond	I	2290	40	2450	1,07	9,2	Q(h)-relatie niet bepaald; gelijk genomen aan I
M-26	el. klepstuw	4,50	scherp getand	II	1855	41	2023	1,09	9,4	
M-28	handbediende klepstuw	3,00	rond	I	1055	21	602	0,57	4,9	
M-36	hydr. klepstuw	1,50	scherp getand	V	448	16	183	0,41	3,5	Q(h)-relatie niet bepaald
O-32	hydr. klepstuw	4,50	scherp getand	II	1062	28	1140	1,07	9,3	
O-34	elektr. klepstuw	4,50	scherp getand	II	641	27	1080	1,69	14,6	
O-44	hydr. klepstuw	1,50	scherp getand	V	277	31	609	2,20	20,0	
O-46	el. klepstuw	1,50	scherp getand	V	256	31	609	2,40	20,6	

Typen afvoerrelaties:

I $Q = b \times 2,17 \times h^{1,51}$

II $h \leq 2$ $Q = b \times 0,17 \times h^{3,28}$

$3 \leq h \leq 10$ $Q = b \times 0,89 \times h^{1,81}$

$h > 10$ $Q = b \times 1,80 \times h^{1,49}$

III $h \leq 2$ $Q = b \times 0,24 \times h^{3,28}$

$3 \leq h \leq 12$ $Q = b \times 1,10 \times h^{1,79}$

$h > 12$ $Q = b \times 2,17 \times h^{1,48}$

IV $Q = b \times 1,705 \times h^{1,50}$

V $h < 3$ $Q = b \times 0,21 \times h^{3,5}$

$h \geq 3$ $Q = b \times 1,09 \times h^{1,74}$

waarin: Q is afvoer in l.s⁻¹

b is effectieve klepbreedte in m

h is overstorthoogte in cm

warm water is oppervlaktewater niet of nauwelijks bevroren geweest, waardoor de afvoer tijdens de vorstperiode niet werd gestremd. Elders bevroor het water in de watergangen wel. Tijdens het dooiproces moet eerst het water ontdooien wil het afvoerproces op gang komen.

W-22 en M-36 zijn niet gelegen in een kwelgebied, maar hebben desondanks toch een relatief lage afvoerdichtheid. Beide peilvakken liggen echter in een duidelijk inzijgingsgebied. De berging is hier dan ook groter met als gevolg lagere topafvoeren.

Uit het voorgaande kan de conclusie worden getrokken dat, naast de al eerder genoemde factoren de kwel/inzijgingssituatie van wezenlijk belang is bij het optreden van hoge afvoeren tijdens een dooiperiode. De in dit opzicht neutrale gebieden geven dan de hoogste afvoeren.

In het kader van deze nota past niet de analyse van afvoergolven veroorzaakt door 'normale' hoge neerslagen tijdens de winterperiode.

Om toch enigszins een vergelijking te kunnen maken is in bijlage II een aantal resultaten weergegeven van neerslag-, afvoer- en grondwaterstandsgegevens gedurende het voorjaar van 1981 inclusief de extreem natte periode rond de 11e maart.

3.2. Afvoeren en waterstanden tijdens de natte periode in de zomer van 1980

Het groeiseizoen van 1980 werd gekenmerkt door een droge periode tot ongeveer half juni, gevolgd door een zeer regenrijke periode van ongeveer vijf weken. In fig. 8 is voor de maanden juni en juli een aantal hydrologische grootheden, zoals waargenomen in het proefgebied weergegeven. Hieraan is duidelijk te zien welke gevolgen deze natte periode heeft gehad voor de waterhuishouding.

Uit de frekwentieverdeling van het neerslagoverschot gedurende deze natte periode (DE BRUIN, 1979) is af te leiden dat de overschrijdingskans ervan $\pm 1\%$ bedraagt. Deze periode leent zich dan ook bijzonder goed om te analyseren of hoge afvoeren tijdens het groeiseizoen mede bepalend kunnen zijn voor de ontwerpnormen van afwateringsstelsels. Ten opzichte van een wintersituatie doen zich namelijk twee belangrijke verschillen voor, namelijk:

- a. de begroeiing in de watergangen is meer ontwikkeld met als gevolg grotere stromingsweerstand.
- b. een langdurig te hoge waterstand in de watergangen remt de ontwateringsmogelijkheden, resulterend in hoge grondwaterstanden. Deze hebben tijdens het groeiseizoen mogelijk nadelige gevolgen voor de gewasgroei en bereikbaarheid.

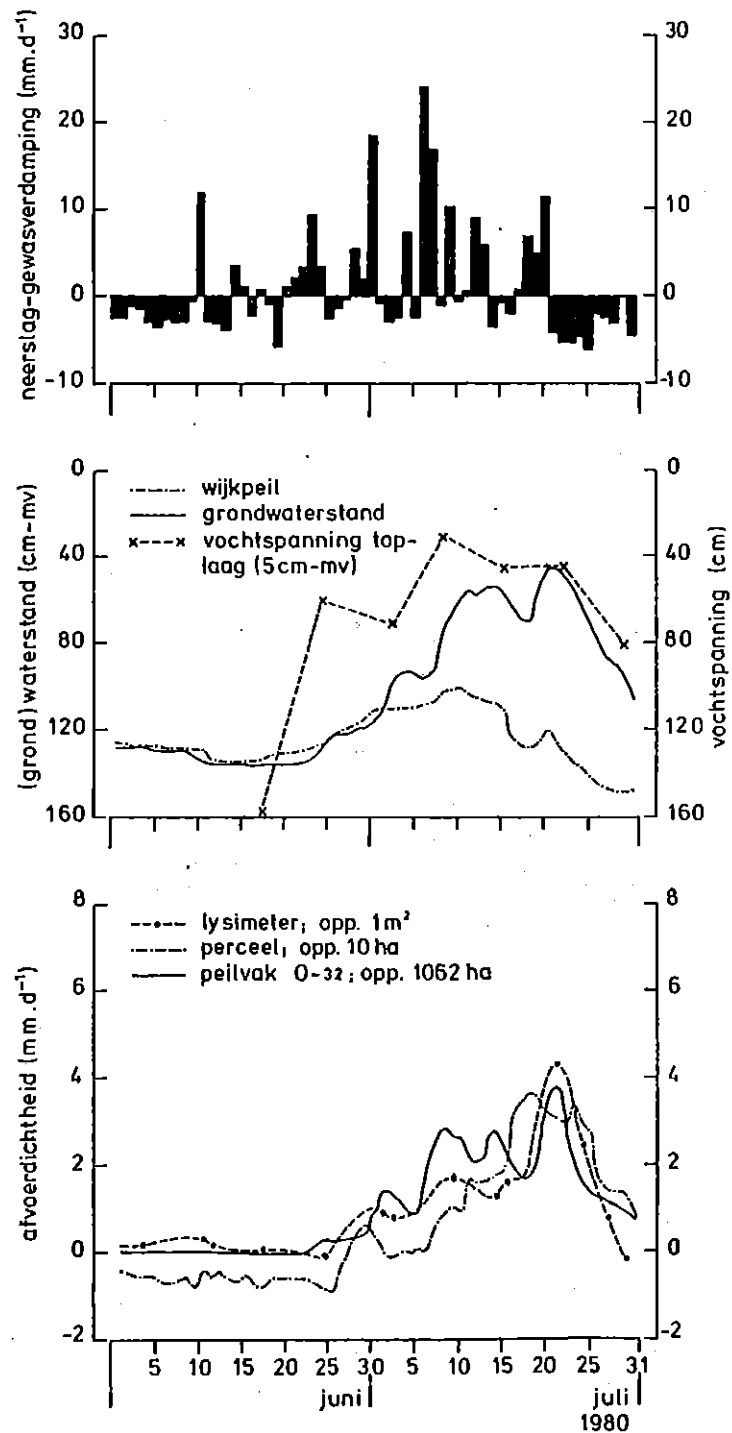


Fig. 8. Verloop van een aantal hydrologische grootheden in het proefgebied 'De Monden' gedurende de maanden juni en juli 1980

Het is dus mogelijk dat afvoerdichtheden die 's zomers kunnen optreden lager zijn dan de maatgevende afvoerdichtheid maar desondanks toch bepalend zijn voor het ontwerp.

De analyse van de waarnemingen van de zomer van 1980 zal zich dus niet alleen moeten richten op afvoerdichtheden, maar ook op opstuwingen in de watergangen en op grondwaterstanden.

- Afvoerdichtheden

In fig. 9 is het verloop van de afvoerdichtheden van een drietal continu waargenomen meetpunten weergegeven. Duidelijk is te zien dat kwelgebieden altijd hogere afvoerdichtheden hebben. Maar vooral deelgebied W-14 reageert zeer heftig op de neerslag. Aangezien een

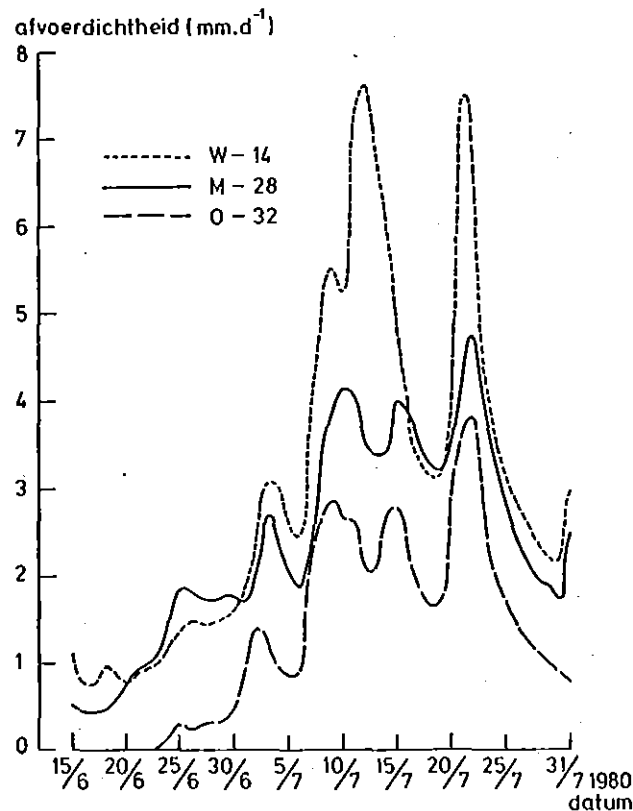


Fig. 9. De geregistreeerde afvoerdichtheden van een drietal deelgebieden gedurende de periode 15/6/1980 t/m 31/7/1980

W-14: kwelgebied

M-28: gedeeltelijk kwelgebied

O-32: neutraal tot licht inzigingsgebied

gedeelte van dit gebied bestaat uit hellende gronden op de flank van de Hondsrug (zie fig. 1 en 2) is er mogelijk oppervlakte-afvoer opgetreden. Dit is echter niet als zodanig waargenomen. Wel blijkt uit de dwars-raaien van de grondwaterstanden (zie hierna) dat vooral in de kwelstrook op de helling van de Hondsrug grondwaterstanden tot aan het maaiveld zijn opgetreden. Daar is vrijwel zeker oppervlakkige afvoer (over het maaiveld dan wel door de bouwvoor) opgetreden.

Hoewel men op grond van de neerslagverdeling (zie fig. 8) anders zou verwachten, is op 22 juli vrijwel overal de hoogste afvoer bereikt. In tabel 3 zijn dan ook de resultaten van de metingen van overstorthoogtes van 21 juli weergegeven. Blijkens resultaten in fig. 9 zal de afvoer op deze dag 5 à 10% beneden de topafvoer op 22 juli zijn geweest.

De afvoerdichtheden van de verschillende peilvakken laten globaal het volgende beeld zien: de hoogste afvoerdichtheden van niet-kwelgebieden heeft circa 5 mm per dag bedragen en voor typische kwelgebieden circa 8 mm per dag (vergelijk: ontwerpnorm is 10 mm per dag). Verder blijkt er weinig samenhang te bestaan tussen topafvoerdichtheid en oppervlakte van het afwateringsgebied. Dit laatste verschijnsel bleek ook al zeer duidelijk uit de in fig. 8 weergegeven afvoerdichtheden.

- Opstuwingen

Op basis van waarnemingen van open waterpeilen boven- en benedenstrooms bij de stuwen en van per peilvlak representatieve wijkpeilen is na te gaan welke opstuwingen rond de 22e juli zijn opgetreden. Tabel 4 geeft de resultaten. De opstuwingen in de hoofdleiding in elk peilvak zijn afgeleid uit het verschil in peilschaalwaarnemingen boven- en benedenstrooms in de hoofdleiding. De opstuwing in hoofdleiding en wijk samen is in elk peilvak afgeleid uit het verschil in peilschaalwaarneming bovenstrooms van de bijbehorende stuw en de peilschaalwaarneming in de wijk. De peilschalen in de wijken zijn altijd op het bovenstroomse eind geplaatst. Via interpolatie is te achterhalen wat de waterstand in de hoofdleiding bij de uitmonding is geweest en is een schatting te maken van de opstuwing in de wijk alleen. Bovendien moet nog een correctie worden aangebracht

Tabel 3. Resultaten van afvoermetingen tijdens de regenrijke periode in de zomer van 1980

Stuw nr.	Opp.afw. gebied (ha)	Overstort op 21 juli (cm)	Afvoer (l.s ⁻¹)	Afvoerdichtheid l.s ⁻¹ .ha ⁻¹ (mm.d ⁻¹)	Opmerkingen	
W-14	2118	33	1823	0,86	7,4	Oppervlakte exclusief gedeelte op de Hondsrug
W-16	708	24	600	0,85	7,4	
W-18	246	19	247	1,00	8,7	
W-24	756	26	448	0,59	5,1	
M-22	3927	27	1362	0,35	3,0	
M-24	2290	26	1278	0,56	4,8	
M-26	1855	23	854	0,46	4,0	
M-28	1055	19	518	0,49	4,2	
M-36	448	14	145	0,32	2,8	
O-32	1999	24	907	0,45	3,9	
O-34	1576	18	591	0,37	3,2	
O-36	820	20	370	0,45	3,9	
O-38	457	16	227	0,50	4,3	
O-40	1111	9	67	0,61	5,2	
O-44	277	18	237	0,85	7,3	
O-46	256	14	152	0,60	5,2	

Tabel 4. Resultaten van waterstandsmetingen op 21 en 23 juli 1980

Stuwvak	Lengte hoofd- leiding (m)	Opstuwing in hoofd- leiding op 21/7 (cm)	Opstuwing in hoofd- leiding + wijk (cm)	1) Geschatte opstuwing in alleen de wijk op 21/7 (cm)	Waardering onderhouds- toestand in wijk 1 = slecht 10 = goed	Lengte waarover opstuwing in wijk is gemeten (m)	Soort duiker	Opbolling grondwater boven wijk- peil (cm)
W-14	7250	15	- 8	- 5	6	1000	kort	80
W-16	3270	56	51	20	8	900	lang	75
W-18	750	9	12	13	5	1200	lang	
W-22	1700	1	- 2	4	7	750	kort	55
W-24	1420	51	13	3	9	1050	kort	
W-26	1750	-	57	47	7	1200	kort	65
M-22	5570	- 1	0	2	9	700	kort	65
M-24	1750	- 2	5	13	4	1100	kort	62
M-26	2300	38	38	5	9	1100	lang	50
M-34	2000	48	33	14	1	850	kort	78
M-36	3375	37	14	28	6	1500	kort	
O-32	2900	- 8	-	-	1	700	kort	65
O-34	3020	29	39	44	3	650	kort	30
O-36	2500	7	61	55	9	1100	lang	
O-38	1450	10	29	34	5	1400	lang	
O-40	1050	-20	5	25	5	750	kort	
O-42	1320	- 4	- 1	20	7	800	kort	60
O-44	1700	10	-32	-32	5	750	kort	
O-46	1950	28	-	-	-	-	-	

1) Waterstand in hoofdleiding gemeten op 21/7; waterstand in wijk gemeten op 23/7

voor het verschil in meetdatum. Aldus ontstaat een reële waarde voor de opstuwing op 21 juli in de verschillende wijken. Getracht is om de zeer uiteenlopende waarden in verband te brengen met de onderhoudstoestand van de wijk, de lengte waarover de opstuwing wordt gemeten en de soort duiker waardoor de wijk afwatert op de hoofdleiding.

Nadere bestudering van de cijfers van tabel 4 leidt tot de volgende opmerkingen:

- de spreiding in de opstuwingen in de hoofdleidingen is zeer groot. Dit kan, naast meetfouten, veroorzaakt zijn door het niet samen- vallen van het waarnemingstijdstip
- de gemiddelde opstuwing in de hoofdleidingen bedroeg circa 7 cm per 1000 m. Dit cijfer ligt ruim beneden de bij ontwerpen gehanteerde norm(en). Incidenteel echter zijn de opstuwingen onaanvaardbaar hoog
- er is ogenschijnlijk weinig of geen samenhang tussen de opstuwing in de wijk en waardering van de onderhoudstoestand
- het blijkt noodzakelijk de opstuwing in de duiker in de beschouwing te betrekken. Wijken die via een lange (en meestal krappe) duiker afwateren op de hoofdleiding geven meestal veel opstuwing te zien
- gecorrigeerd op bovengenoemd verschijnsel bedroeg de opstuwing in een slecht, matig en goed onderhouden wijk respectievelijk 50, 20 en 5 cm per 1000 m. Aanzienlijke verschillen dus.

- Grondwaterstanden

In fig. 8 was reeds te zien hoe onder invloed van het neerslagoverschot de grondwaterstand zich vrij langdurig hoger dan 60 cm -mv handhaafde. Dit werd op vrijwel alle meetpunten in het proefgebied waargenomen. Vooral langdurig te hoge grondwaterstanden tijdens het groeiseizoen geven schade aan de gewassen.

In fig. 10 is op een andere wijze aangegeven hoe in relatief korte tijd de grondwaterstanden stegen. Hierin zijn voor een drietal tijdstippen de grondwaterstandsraaien getekend van zes aaneengesloten percelen in het proefgebied. Een toestand met geringe infiltratie gaat over in een situatie met forse opbolling en bijbehorende hoge afvoeren.

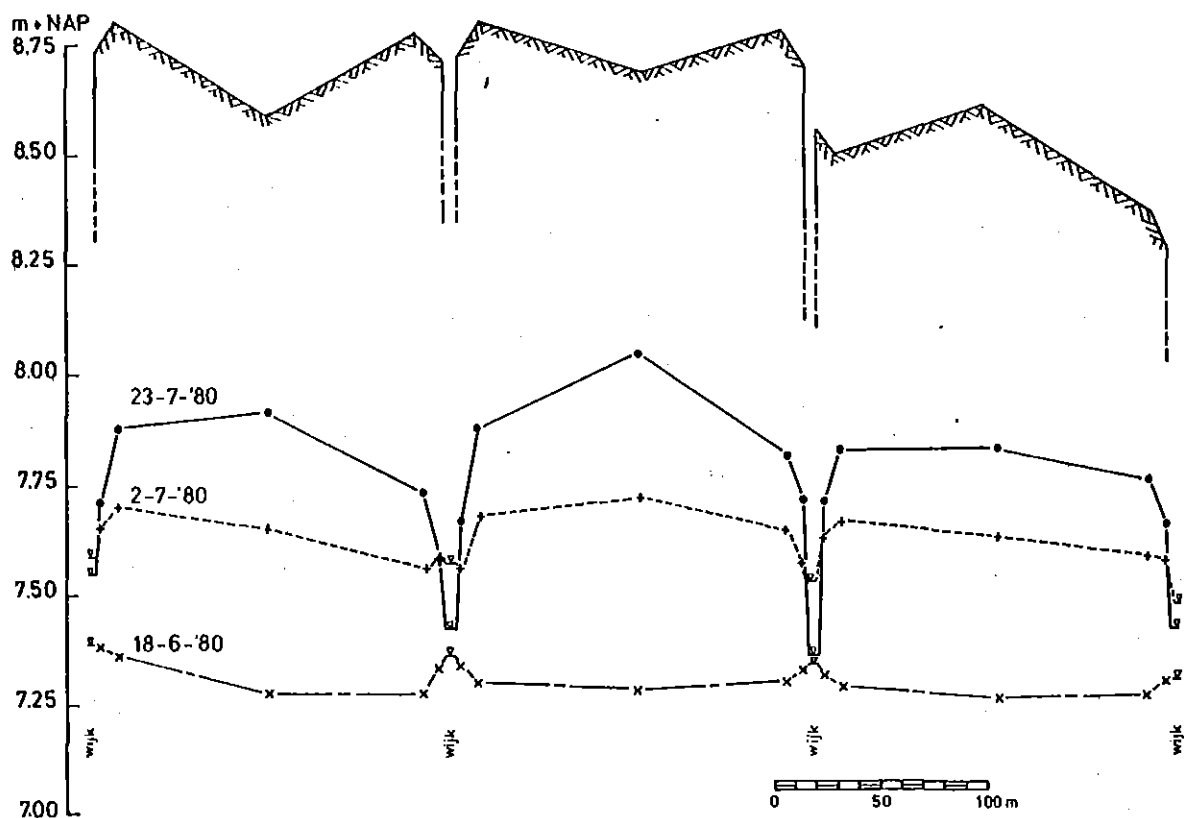


Fig. 10. Dwarsraaien van grondwaterstanden en wijkpeilen op de proefpercelen op 18/6/1980, 2/7/1980 en 23/7/1980

In de figuren 11 en 12 worden de op 23 juli gemeten grondwaterstanden in twee raaien weergegeven. Beide raaien lopen vanaf de Hondsrug naar de provinciegrens met Groningen evenwijdig aan Valtermond respectievelijk 2e Exloërmond. Blijkens de in de figuren aangegeven grenzen heeft in de laagste delen van het terrein het grondwater praktisch tot in het maaiveld gestaan. De kwelstrook op ± 2000 m afstand van de Hondsrug is relatief nog natter geweest. Vergelijking van de in de figuren weergegeven grondwaterstanden met het open waterpeil bovenstrooms van de bij het desbetreffende peilvak behorende stuw zou geen realistische schatting opleveren van de opbolling van het grondwater boven het open waterpeil. Zoals hiervoor al is gebleken, is er in de wijken nog een aanzienlijke opstuwing. In een aantal peilvakken echter is vergelijking mogelijk tussen de grondwaterstand midden op het perceel en het peil in de belendende wijk. De resultaten staan vermeld in de laatste kolom van

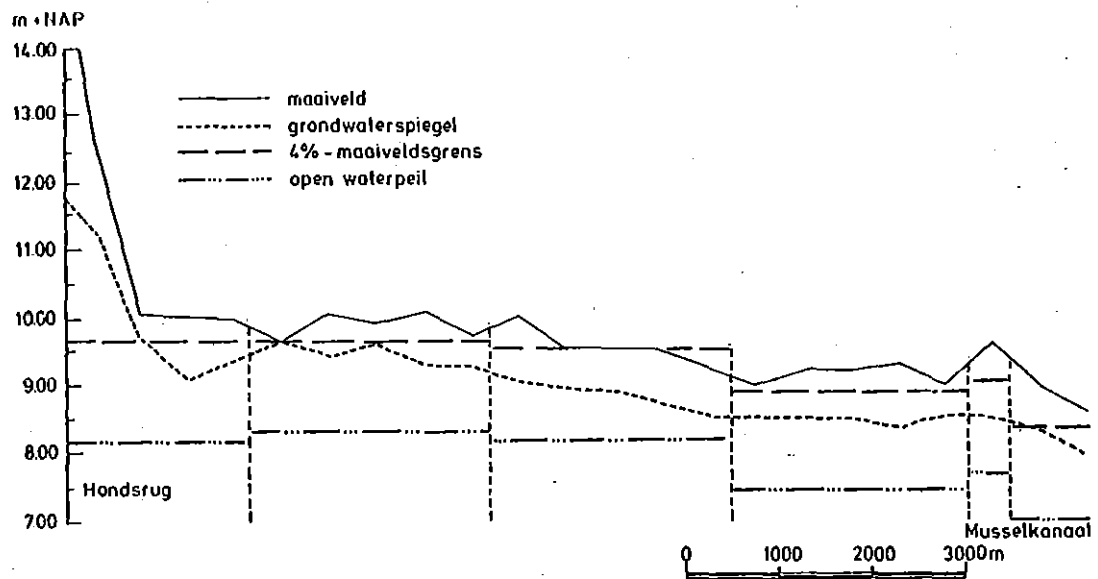


Fig. 11. De op 23 juli 1980 gemeten grondwaterstanden in een raai langs Valthermond

De 4%-maaienveldsgrens geeft het niveau aan waarbeneden, binnen elk peilvak, de natste plekken zich bevinden. Het open waterpeil is de gemeten waterstand in de hoofdleiding bij de stuw

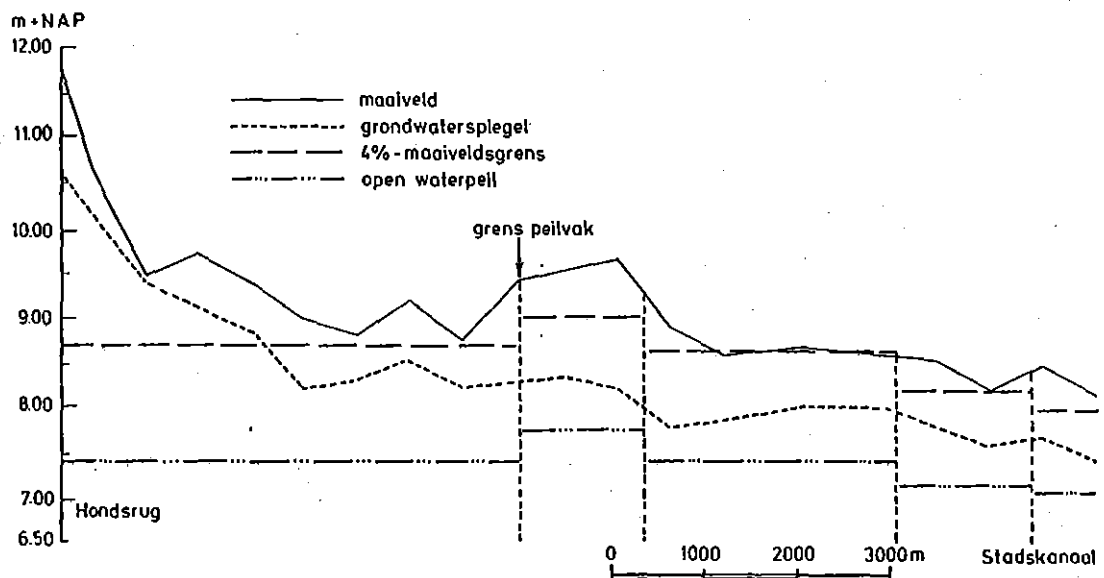


Fig. 12. De op 23 juli 1980 gemeten grondwaterstand in een raai langs 2e Exloërmond

De 4%-maaienveldsgrens geeft het niveau aan waarbeneden, binnen elk peilvak, de natste plekken zich bevinden. Het open waterpeil is de gemeten waterstand in de hoofdleiding bij de stuw

tabel 4. De opbollingen zijn niet gering en komen overeen met de bij een drainageweerstand van circa 150 dagen behorende afvoer van circa 4 mm per dag.

Uit het voorgaande kan de conclusie worden getrokken dat de opstuwingen in de hoofdleidingen (die in beheer zijn bij het waterschap) redelijk binnen de perken zijn gebleven, de opstuwingen in de wijken soms zeer aanzienlijk waren en de opbollingen tussen de wijken ook zodanig zijn geweest dat op vooral de lagere terreingedeeltes wateroverlast is opgetreden.

Een vraag van praktisch belang is nu of door maatregelen van Waterschap en/of agrariërs deze wateroverlast verminderd c.q. opgeheven had kunnen worden. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.

4. EFFECTEN VAN EEN AANTAL HYDROLOGISCHE MAATREGELEN OP DE GRONDWATERSTAND IN JUNI/JULI 1980

Met behulp van modellen is het mogelijk de werkelijkheid na te bootsen (simuleren). Afhankelijk van de vraag waarin we zijn geïnteresseerd worden alleen die kenmerken van de werkelijkheid in het model gestopt, die ook daadwerkelijk van invloed zijn op de uitkomsten. Deze wezenskenmerken van een model worden parameters genoemd. Ook zijn regels nodig hoe deze parameters onderling samenhangen. Veelal zijn dit wiskundige relaties.

Een model transformeert invoergegevens naar uitvoergegevens. De benodigde invoergegevens worden ook wel beginvoorwaarden genoemd.

Tenslotte moeten de uitkomsten worden geverifieerd. Dit kan gebeuren door ze te vergelijken met waargenomen gegevens of met uitkomsten van een ander model. Deze vergelijking moet voldoen aan zekere normen, weergegeven in een zogenaamde doelstellingsfunctie. Voldoet het model aan de doelstellingsfunctie dan kunnen andere (hypothetische) gevallen worden gesimuleerd. We hebben dan een operationeel model.

Bovenstaande gedachtengang zal worden toegepast om een model te ontwerpen waarmee inzicht kan worden verkregen in de effecten van een aantal maatregelen die getroffen zijn of getroffen hadden kunnen worden om de wateroverlast in juni/juli 1980 te verminderen.

4.1. Beschrijving van het model

De parameters waaruit het model is opgebouwd zijn:

- de onverzadigde zone. Deze zone is voor te stellen als een reservoir. Aan het begin van de simulatieperiode kan nog een zekere hoeveelheid neerslag geborgen worden voordat de grond in evenwicht is: het zogenaamde evenwichtstekort. Bij neerslag neemt het evenwichtstekort af, bij verdamping neemt het dan toe, Simuleren we een periode met veel regen, dan zal op een gegeven moment het evenwichtstekort nul worden. Alle neerslag die nu meer valt wordt verondersteld met een vertraging van circa een halve dag het grondwater te bereiken. Hierdoor ontstaat in eerste instantie een grondwaterstandsverhoging die afhankelijk is van a) de grootte van de voeding van boven en b) de bergingscoëfficiënt. De bergingscoëfficiënt wordt verondersteld een functie te zijn van de grondwaterstand, als volgt:

$$\mu = f(GW)^n \quad 0 \leq GW \leq 2$$

waarin:

μ = bergingscoëfficiënt (-)

GW = grondwaterstand (m -mv)

f, m = empirische constanten

- de verzadigde zone. Tegelijkertijd met de grondwaterstandsverhoging treedt afstroming door de grond naar de wijken op.

De grootte van deze afstroming wordt berekend uit:

$$q = \frac{WP - GW}{Y}$$

waarin:

q = drainageflux (m.d⁻¹)

WP = wijkpeil (m -mv)

Y = drainageweerstand (d)

- de wijk. De aldus berekende drainageflux komt in de wijk en moet worden afgevoerd. Bij dit afvoerproces ontstaat, al naar gelang de onderhoudstoestand van de wijk en de grootte van de afvoer, een

opstuwing waardoor het wijkpeil hoger wordt. Opstuwing is in dit geval het verschil in wijkpeil en peil in de hoofdwatgang (= stuwpeil). De opstuwing wordt verondersteld evenredig te zijn met het kwadraat van de afvoer. Berging van water in de wijk wordt verwaarloosd. Dus alles wat via de grond op de wijk komt moet op hetzelfde moment worden afgevoerd.

Het oplopende wijkpeil zal het verschil in grondwaterstand en wijkpeil kleiner maken. Daardoor vermindert weer de drainageflux, loopt de grondwaterstand weer hoger op, enz.

Het zal duidelijk zijn dat de verschillende processen onderling samenhangen. Het is dus niet mogelijk ze apart te beschouwen. Met zogenaamde iteratieve rekenwijzen kan dit echter wel. Door de berekeningen een aantal keren voor hetzelfde tijdstip te herhalen kan via aanpassingen de onderlinge samenhang kloppend worden gemaakt. Deze werkwijze leent zich bij uitstek voor computerberekeningen. Daarom is voor het hierboven beschreven model een computerprogramma ontwikkeld. Met gebruikmaking van veldgegevens zijn de parameters geschat of 'berekend' uit vergelijking van gesimuleerde en waargenomen grondwaterstanden. Dit proces van identificatie en verificatie levert een model waarmee de effecten van een aantal hydrologische ingrepen kunnen worden berekend.

4.2. Parameterwaarden, invoergegevens

Aan de hand van waarnemingen zullen parameterwaarden worden gebruikt die representatief zijn voor de situatie in het proefgebied.

- . Het evenwichtstekort. Gesimuleerd wordt de periode 15 juni t/m 31 juli. Het tijdvak voor 15 juni was weliswaar droog, maar door geringe gewasontwikkeling was de capillaire nalevering nog in staat de grond praktisch in evenwicht te houden. Daarom is voor het evenwichtstekort op 15 juni een waarde van 10 mm aangenomen.
- . f- en m-waarden ter bepaling van de bergingscoëfficiënt.
Op grond van veldwaarnemingen en literatuurgegevens werden hiervoor de waarden genomen van: $f = .08$
 $m = .63$

- . Drainageweerstand. Hiervoor is 100 dagen genomen
- . Onderhoudstoestand wijk. Op grond van onder andere de gegevens in tabel 4 wordt aangenomen dat in een gemiddelde wijk de opstuwing 16 cm is bij een afvoerdichtheid van 4 mm per dag.

Bij een niet-stationair model zijn begin- en randvoorwaarden nodig.

- . Beginvoorwaarden. Op 15 juni is het wijkpeil gelijk aan de grondwaterstand (geen af- of aanvoer). Tevens is het stuwpeil gelijk aan het wijkpeil. Een gemiddelde waarde voor het proefgebied is 110 cm -mv.
- . Randvoorwaarden. Hiervoor worden gebruikt dagelijkse neerslag min verdampingscijfers (afgeleid uit meteorologische gegevens en weergegeven in fig. 8) en dagelijkse stuwpeilgegevens in cm -mv (het verloop hiervan staat weergegeven in fig. 13) van peilvak M-22.

De uitkomsten van de met bovenstaande parameterwaarden en invoergegevens ingevulde model zullen dienen als referentiesituatie. Als maat waarin effecten worden uitgedrukt zal het grondwaterstandsverloop worden gebruikt. Weliswaar kan in natte periodes in gronden die te sterk verdicht zijn de situatie bovenin de grond door de grondwaterstand onvoldoende worden verklaard, maar een betere benadering zou dan moeten inhouden het meer gedetailleerd modelleren van de onverzadigde zone. Dit is voorlopig achterwege gelaten. Vooral echter als relatieve maat voldoet het grondwaterstandsverloop goed.

4.3, R e s u l t a t e n

In fig. 13 is het berekende grondwaterstandsverloop van de referentiesituatie vergeleken met het grondwaterstandsverloop zoals waargenomen op een proefperceel. De overeenkomst is goed met uitzondering van de piek rond 22 juli. De voor het model gebruikte neerslag rond die datum is waarschijnlijk lager dan de in werkelijkheid gevallen neerslag. Waarnemingen in de naaste omgeving wijzen op een grote variatie in neerslaghoeveelheden.

Door nu een of enkele invoergegevens dan wel parameterwaarden te veranderen en de aldus verkregen resultaten te vergelijken met de referentie-simulatie, wordt een indruk verkregen over de gevoeligheden

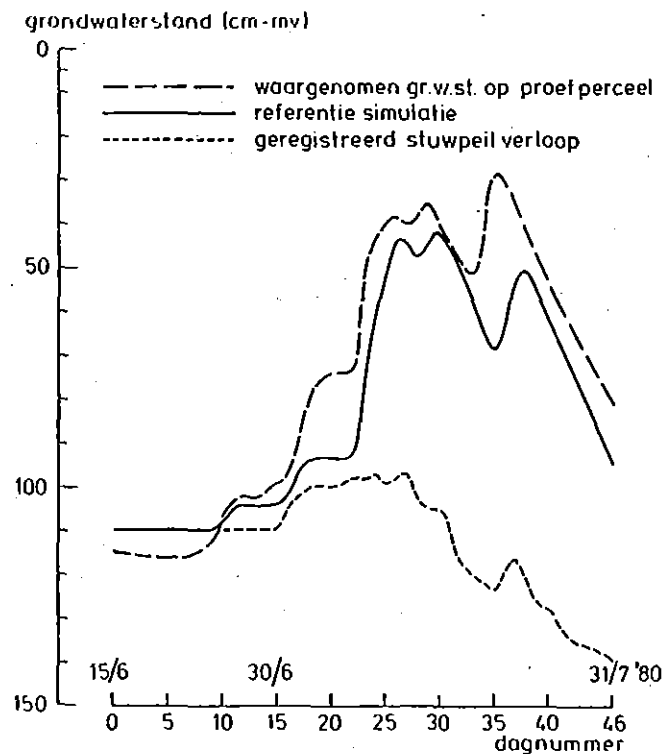


Fig. 13. Vergelijking tussen waargenomen en gesimuleerde grondwaterstand in de periode 15/6/1980 t/m 31/7/1980 en weergave van het geregistreerde stuwpeilverloop

en/of over de hydrologische gevolgen van bepaalde ingrepen. Dit laatste staat bij de hierna te bespreken gevallen voorop.

- Invloed van het ontwateringsniveau.

In de referentiesituatie is de begintoestand gesteld op 110 cm -mv. In fig. 14 zijn hiermee vergeleken de situaties waarin dit niveau 40 cm hoger en 30 cm lager zou hebben gelegen. Duidelijk blijkt dat de beginsituatie een zeer duidelijke invloed heeft op het grondwaterstandsverloop.

Uit de figuur is dus af te leiden wat het effect zou zijn geweest indien het stuwpeil hoger of lager zou hebben gelegen of wat de verschillen zijn tussen hoge en lage plekken.

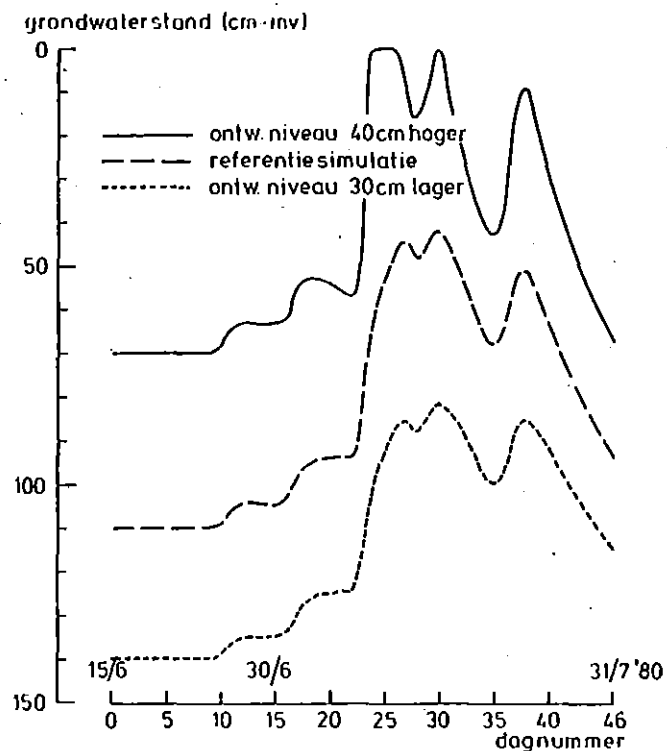


Fig. 14. Invloed van het ontwateringsniveau op de gesimuleerde grondwaterstand

- Invloed van drainageweerstand.

In fig. 15 worden simulaties met drie verschillende drainageweerstand vergeleken, waarbij de onderhoudstoestand van de wijken goed is,

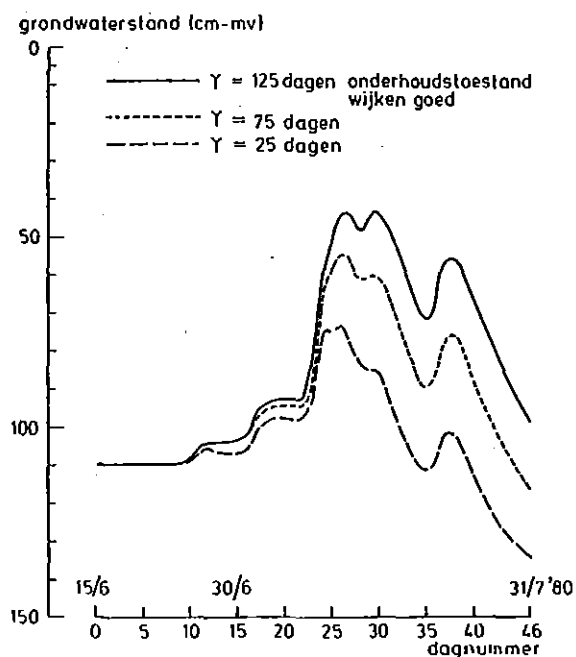


Fig. 15. Invloed van de drainage-weerstand

Het is namelijk niet reëel bij een goed gedraineerd perceel te veronderstellen dat de wijken niet goed zullen worden onderhouden. Duidelijk blijkt dat met een goede drainage veel te verdienen zou zijn geweest.

- Invloed onderhoudstoestand wijken.

De onderhoudstoestand in de referentie-situatie is te kenschetsen als matig. Twee andere gevallen zijn daarmee vergeleken. Bij de zogenaamde slechte onderhoudstoestand is de opstuwing bij gelijke afvoer 3 x zo hoog, bij de goede onderhoudstoestand 10 x zo klein. Fig. 16 geeft de resultaten. De invloed is vooral zichtbaar op het einde van de natte periode. Dit kan worden verklaard doordat dan de peilen veel lager zijn. Bij een goede onderhoudstoestand reageren

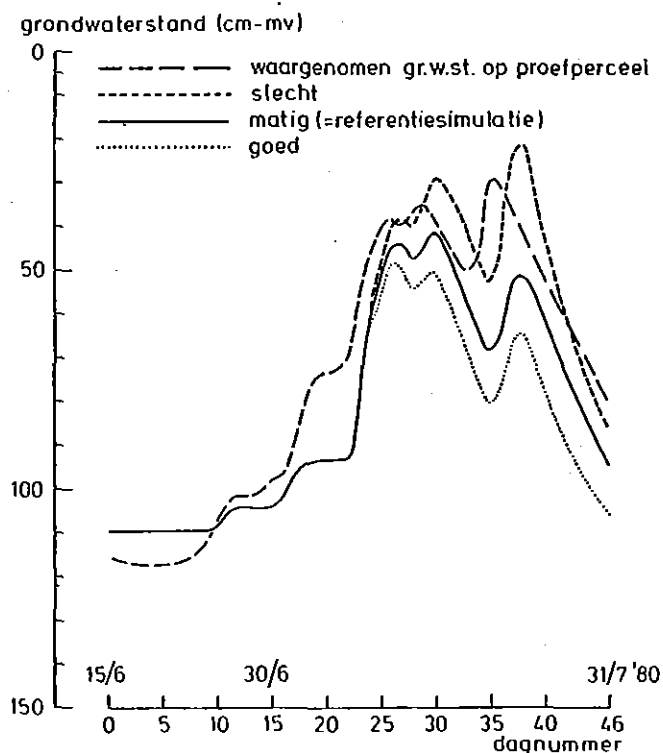


Fig. 16. Invloed van het wijkonderhoud

de wijkpeilen beter. We zien ook dat bij een slechte onderhouds-toestand de derde afvoertop 't hoogste wordt. Een verschijnsel dat ook in het veld is waargenomen. De overeenkomst tussen de hierbij gesimuleerde grondwaterstand en de waargenomen grondwaterstand is zelfs beter dan tussen referentiesimulatie en werkelijke grondwater-stand. Zie fig. 16.

- Invloed peilbeheer

Het in de referentiesituatie gebruikte stuwpeilverloop weergegeven in fig. 13. Stel nu dat het mogelijk zou zijn het stuwpeil aan te passen aan de grondwaterstand. Bijvoorbeeld indien de grondwaterstand hoger komt dan 60 cm -mv wordt het stuwpeil de volgende dag met een zeker bedrag verlaagd. (Uiteraard tot een zekere ondergrens). Komt de grondwaterstand weer lager dan 60 cm -mv, dan wordt weer geleidelijk teruggekeerd naar het oorspronkelijke peil.

In fig. 17 is het effect hiervan op de grondwaterstand weergegeven voor twee strategieën: de verlaging bedraagt 5 cm per dag of 15 cm per dag. We zien dat het effect van zulk een 'geoptimaliseerd' peilbeheer erg beperkt is. Uit fig. 17 blijkt dat in werkelijkheid de peilen ook al redelijk snel op de hoge grondwaterstanden reageren.

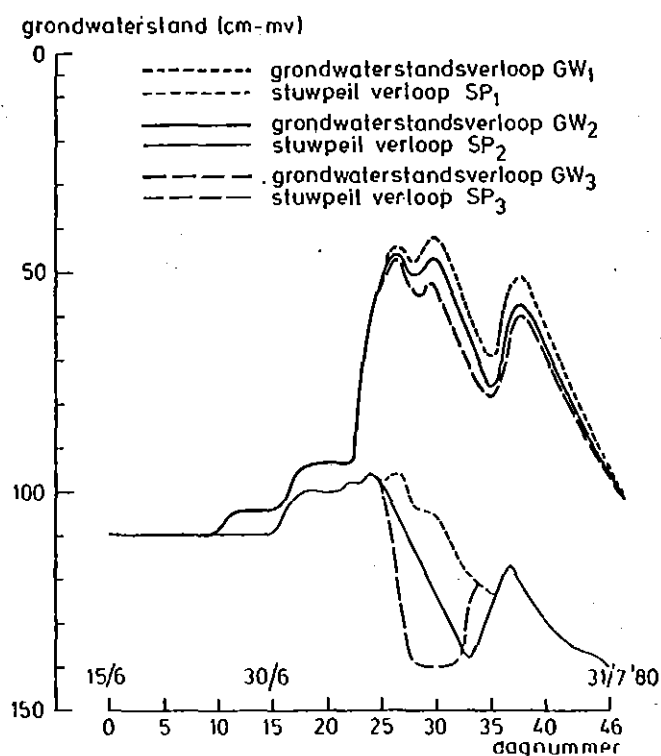


Fig. 17. Invloed van het peilbeheer. (Bij SP_1 hoort GW_1 , enz.)

SP_1 = stuwpeilverloop in referentiesituatie

SP_2 = stuwpeil verloop waarbij de verlaging 5 cm per dag is
 indien het grondwater hoger dan 60 cm -mv komt

SP_3 = idem SP_2 ; maar nu verlaging 10 cm per dag

- Invloed kwelsituatie

Binnen het proefgebied komen duidelijk kwelgebieden voor onder andere in een strook langs de Hondsrug. Uit waterbalansgegevens is ook af te leiden dat er duidelijke inzijgingsgebieden zijn. De invloed van een constante kwelstroom op de grondwaterstand wordt geïllustreerd in fig. 18. Uitgaande van dezelfde begintoestand (hetgeen niet erg reëel is) blijkt duidelijk dat in kwelgebieden bij dezelfde ontwateringsbasis veel hogere grondwaterstanden voorkomen.

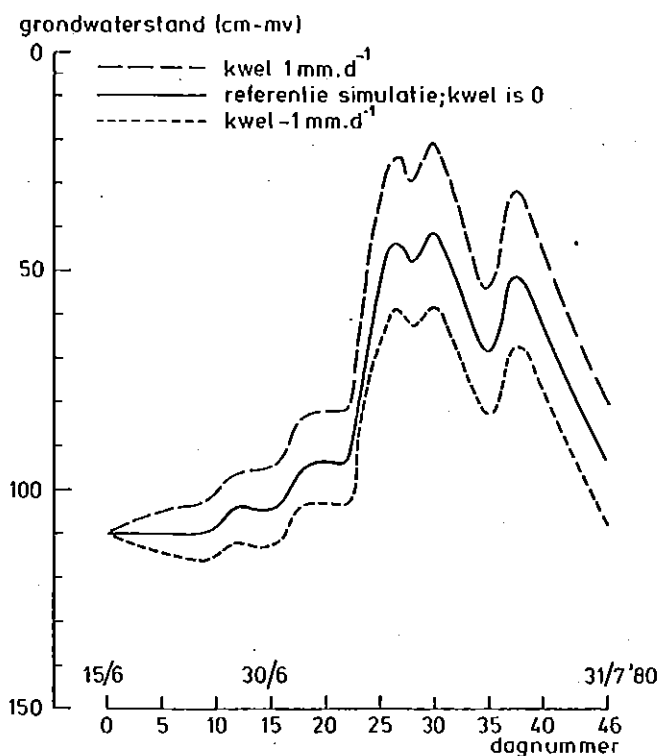


Fig. 18. Invloed kwelsituatie

4.4. Aanbevelingen voor praktisch waterbeheer

Aan de hand van de resultaten van de simulaties kan een aantal aanbevelingen worden opgesteld.

- Wil men wateroverlast in de zomer voorkomen dan is een diepe ontwateringsbasis erg belangrijk. Dit pleit dus voor lagere stuwpeilen. Anderszijds gaat daardoor in droge perioden het voordeel van waterconservering verloren. Aan dit aspect is (nog) geen aandacht

geschonken. Bij vaststelling van het optimale peilbeheer moet uiteraard hiermee wel rekening worden gehouden.

- Een goede buizendrainage kan de wateroverlast sterk doen verminderen. Te denken valt hierbij vooral aan drainage van de lage plekken zodat toch het stuwpeil op een relatief hoog niveau kan worden gehandhaafd. In fig. 19 is een lage plek met buizendrainage vergeleken met de gemiddelde situatie. Beide gesimuleerde verlopen zijn vergelijkbaar.

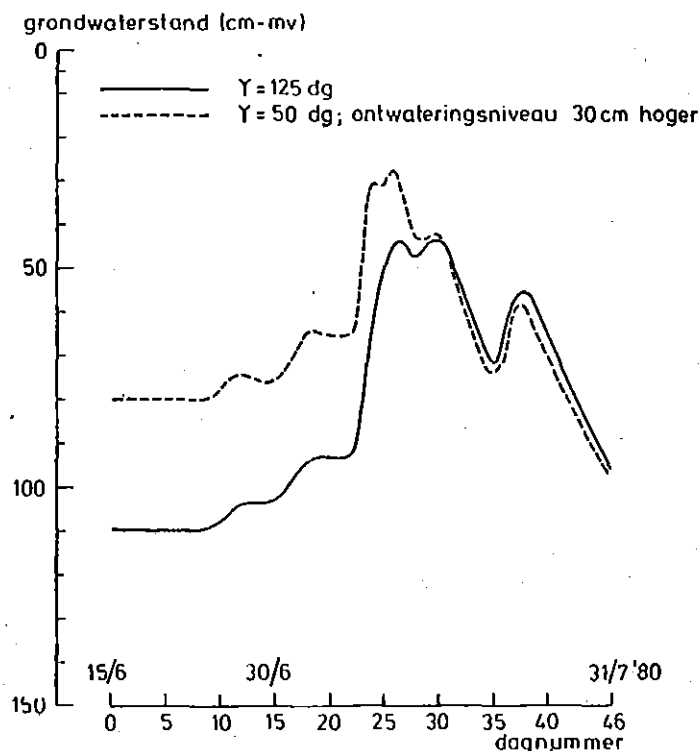


Fig. 19. Illustratie van het complementair karakter van drainage-
 weerstand en ontwateringsniveau

- Goed wijkonderhoud heeft eveneens een duidelijk positieve invloed. Dat in de praktijk hieraan nogal wat schort blijkt wel uit de cijfers in tabel 4.
- Bij het vaststellen van het stuwpeil dient zeer duidelijk met kwelsituaties rekening te worden gehouden. Waarschijnlijk meer dan tot nu toe in de praktijk wordt gedaan. In fig. 20 is te zien dat een diepe ontwateringsbasis en kwel elkaar aanvullen. Een kwel van 1 mm per dag geeft bij een drainage-
 weerstand van 100 dagen globaal 10 cm grondwaterstandsverhoging.

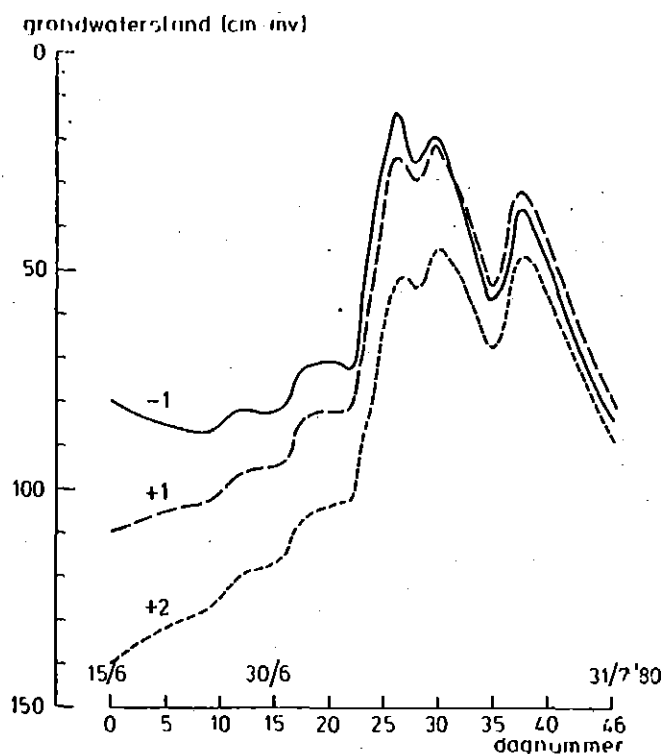


Fig. 20. Illustratie van het complementair karakter van ontwateringsniveau en kwelsituatie

- Indien alle factoren optimaal zijn, is het zeer wel mogelijk risico's van wateroverlast te vermijden of bij gelijkblijvend risico op een hoger peil te gaan stuwen (hetgeen in droge jaren minder watertekort geeft). Zo is in fig. 21 de referentiesimulatie vergeleken met twee situaties met een hoge begintoestand waar alle overige factoren optimaal (drainageweerstand 50 dagen, goede onderhoudstoestand wijken en optimaal peilbeheer). Hieruit blijkt dat zelfs bij een 40 cm hogere ontwateringsbasis veel minder langdurig het 60 cm -mv niveau wordt overschreden.

Hoewel men bij het gebruik van modeluitkomsten altijd de nodige voorzichtigheid in acht moet nemen, sluiten bovenstaande aanbevelingen toch duidelijk aan bij de praktijkervaring.

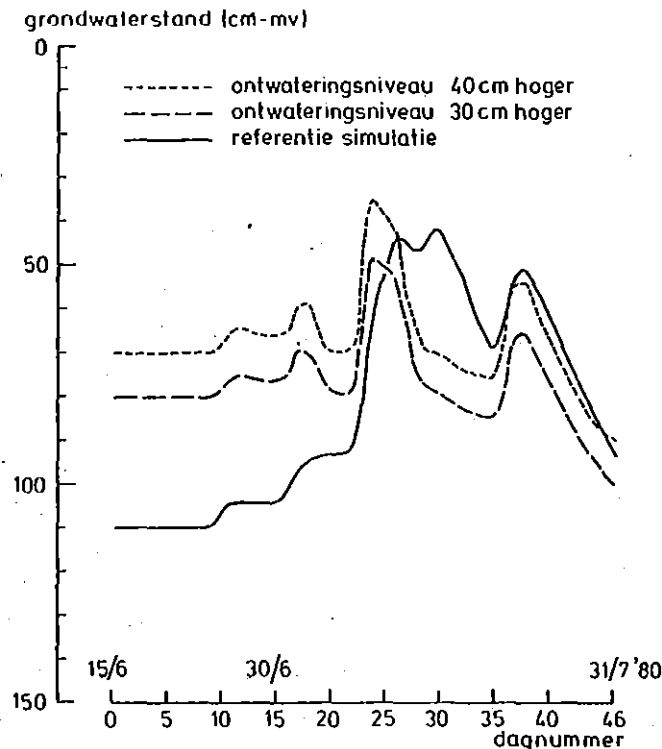


Fig. 21. Vergelijking van de referentiesituatie met twee situaties met ondiepe ontwateringsbasis en alle overige factoren optimaal voor een goede waterbeheersing

5. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Aan de hand van gemeten afvoeren, open water peilen en grondwaterstanden van een proefgebied in de Drentse Veenkoloniën zijn twee perioden nader geanalyseerd, namelijk:

- de dooiperiode in februari/maart 1979
- de neerslagrijke periode in juni/juli 1980

Doel hiervan was om na te gaan of andere hydrologische processen dan de maatgevende neerslagdichtheid tijdens de winter bepalend kunnen zijn voor het ontwerpen en onderhouden van af- en ontwateringsstelsels.

De resultaten laten zich als volgt samenvatten:

- a. de dooiperiode van 1979 heeft aanleiding gegeven tot hoge afvoerdichtheden; deze waren veelal hoger dan de ontwerpaafvoerdichtheid
- b. vergelijking met de dooiperiode in 1963 laat zien dat de situatie in 1979 niet erg extreem is geweest

- c. hoge afvoeren tijdens dooiperioden worden waarschijnlijk hoofdzakelijk veroorzaakt door de smeltende sneeuw- en ijsmassa's in de watergangen
- d. zowel kwel als inzijging gaven tijdens de dooiperiode een afvoerdichtheidsverlagend effect te zien
- e. de neerslagen tijdens het groeiseizoen van 1980 hebben geen afvoerdichtheden groter dan de ontwerpafvoer veroorzaakt
- f. kwelgebieden gaven in de zomer van 1980 de hoogste afvoerdichtheden
- g. de opstuwings in de hoofdwatertgangen bleven tijdens die zomerperiode in de meeste peilvakken ruim beneden de opstuwings volgens de 'winterse' hoogwaterlijn
- h. de opstuwings in de wijken varieerden sterk en waren veelal veel te hoog
- i. mede door deze ontoelaatbare opstuwings trad vooral op de lage terreingedeelten in juli 1980 wateroverlast op
- j. aan de hand van modelsimulaties kon worden aangetoond dat vooral het ontwateringsniveau, de drainageweerstand, het wijkonderhoud en de kwelsituatie grote invloed hebben op het grondwaterstandsverloop. De invloed van een direct op de grondwaterstand reagerend peilbeheer is veel minder.

Aan de hand van deze resultaten kan een aantal aanbevelingen worden opgesteld:

- het KNMI zou cijfers over de geaccumuleerde hoeveelheid neerslag (sneeuw) moeten verstrekken
- er zou meer aandacht moeten worden geschonken aan modelleren van afvoersituaties bij dooi
- om wateroverlast in de zomer zoveel mogelijk te vermijden zal het wijkonderhoud sterk verbeterd moeten worden
- opschonen van de wijken zou in de zomer van 1980 geresulteerd hebben in snellere afvoer naar de hoofdwatertgangen. Deze zouden dan grotere opstuwings te zien hebben gegeven. Gezien de toen opgetreden opstuwings zou dan bij kleinere ontwerpen te hoge opstuwings zijn opgetreden. In de discussie over de toepassing van de hele dan wel halve maatgevende afvoer als ontwerpnorm, dient dit aspect een rol te spelen

- voor het vaststellen van de hoogte van het stuwpeil dient meer dan tot nu toe rekening te worden gehouden met de kwelsituatie
- hoge stuwpeilen tijdens het groeiseizoen geven duidelijk een groter risico voor wateroverlast. Dit risico is sterk te verminderen door een goede drainage, goed wijkonderhoud en in mindere mate door peilbeheer.

Vooralsnog kunnen uit de extreme situatie in de zomer van 1980 geen conclusies worden getrokken om tot nu toe gevoerd peilbeheer fundamenteel te veranderen. Daarvoor dient ook de kans op droge situaties in de beschouwing te worden betrokken. Middels het doorrekenen van een groot aantal jaren kan dan een peilbeheer worden vastgesteld dat gemiddeld het beste voldoet. Dit neemt niet weg dat door het voortdurend volgen van de situatie ingespeeld kan worden op de actuele toestand.

Het wetenschappelijk onderbouwen van dit optimaal peilbeheer vormde de aanleiding voor het opzetten van het onderzoek in 'De Monden', niet het volgen en analyseren van extreme situaties,

LITERATUUR

- BAKEL, P.J.T. VAN, 1979. Onderzoek naar de effecten van waterbeheers-
maatregelen in het waterschap De Veenmarken. De Boerderij 63,50:
BOS, M.G. (ed.), 1976. Discharge measurement structures. ILRI 28-31
publication 20 : 464 pp
- BRUIN, H.A.R. DE, 1979. Neerslag, openwaterverdamping en potentieel
neerslagoverschot in Nederland. Frequentieverdelingen in
het groeiseizoen. W.R. 79-4, KNMI, De Bilt: 90pp
- KNMI, 1979. Maandelijks overzicht der weersgesteldheden, maart 1963,
februari en maart 1979, juli 1980
1958. Frequenties van k-daagse neerslagsommen op Nederlandse
stations. 13, Ter Apel: 1891-1953
- WERKGROEP AFVOERBEREKENINGEN, 1979. Richtlijnen voor het berekenen
van afwateringsstelsels in landelijke gebieden: 104pp

BIJLAGE 1

MOGELIJKE FOUTEN IN DE BEPALING VAN DE HOOGSTE AFVOER- DICHTHEDEN

Er is een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen waardoor de in tabellen 2 en 3 vermelde afvoerdichtheden afwijken van de in werkelijkheid opgetreden hoogste waarden. Een afvoerdichtheid wordt als volgt bepaald. De gemeten overstorthoogte wordt via een $Q(h)$ -relatie omgezet in een debiet, Q . Deling door de oppervlakte van het afwateringsgebied geeft dan de afvoerdichtheid. De $Q(h)$ -relaties van volkomen overlaten (d.w.z. benedenwaterstand heeft geen invloed) hebben een vorm zoals onder andere vermeld onderaan in tabel 2. Dus:

$$Q = a * b * h^c$$

waarin:

a = factor afhankelijk van type stuw, stromingssituatie e.d.

b = effectieve breedte van de stuw

h = overstorthoogte

c = coëfficiënt hoofdzakelijk afhankelijk van de vorm van de kruin

Voor meer informatie wordt onder andere verwezen naar BOS et al. (1976).

Bij het meten van de overstorthoogtes en het transformeren naar debieten kunnen toevallige en systematische fouten worden gemaakt.

De voornaamste zijn:

(a) Fout in de gemeten overstorthoogte.

Tijdens de dooiperiode van 1979 werd de overstorthoogte bepaald door een meetstok op de stuw te plaatsen en af te lezen hoe hoog het water tegen de stok werd 'opgestuwd'. Vooral bij hoge afvoeren treedt hierdoor een systematische onderbemeting van de overstorthoogte op. In de zomer van 1980 werd gemeten met een overstorthoogtemeter. Hiermee wordt als het ware de waterstand 1,00 m bovenstrooms van de kruin van de stuw gemeten ten opzichte van deze kruin. In fig. 22 is een principe tekening gegeven van deze wijze van meten. Bij hoge

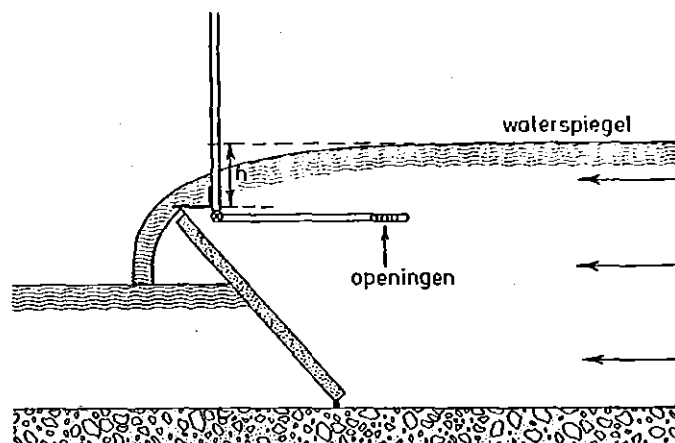


Fig. 22. Overstorehoogtemeting met behulp van een overstorehoogtemeter

afvoer treedt echter een meetbare kromming op tussen de landhoofden. Daardoor zal de met de overstorehoogtemeter gemeten waarde eveneens, zij het minder dan bij de meetstok methode, systematisch worden onderbemeten

(b) Fout in het nulpunt.

De overstorehoogte wordt bepaald ten opzichte van de hoogte van de kruin van de stuw. Door vervuiling kan echter de 'effectieve' kruinhoogte hoger komen te liggen; met als gevolg een systematische overschatting van de overstorehoogte. Bij hoge afvoeren is vervuiling echter zowel absoluut als relatief van minder betekenis.

(c) Fout in de effectieve breedte van de stuw

Vaststelling van een $Q(h)$ -relatie van een stuw gebeurt altijd bij een niet vervuilde stuw. Vervuiling geeft dus een systematische overschatting van het berekende debiet ten opzichte van de werkelijke waarde. Aangezien echter bij hoge afvoeren vervuiling minder gauw optreedt, is deze overschatting eveneens minder belangrijk.

(d) Fout in de gebruikte $Q(h)$ -relatie.

Van een viertal stuwen zijn de $Q(h)$ -relaties vastgesteld met behulp van een maatemmer bij lage debieten en Ott-molen en drijvers bij hoge debieten. Deze werkwijze is uiteraard behept met toevallige fouten. Meer preciese vaststelling van relevante $Q(h)$ -relaties zal door de Provinciale Waterstaat van Drente worden uitgevoerd.

(e) Fout in het tijdstip van meten.

In het geval niet continu wordt gemeten, zal slechts bij toeval het tijdstip van meten samenvallen met het optreden van de hoogste afvoer. Het discontinu meten heeft dus een systematische onderschatting van het debiet tot gevolg.

(f) Fout in de grootte van het afwateringsoppervlak.

Deze fout zal in het algemeen van weinig betekenis zijn, doordat de waterscheidingen vrij goed vastliggen. Echter bij peilvakken gelegen op de flank van de Hondsrug (W-16 en W-14) kan wel of niet afvoer van de Hondsrug optreden. Daardoor is de oppervlakte moeilijk vast te stellen.

(g) Tijdens het informatietransport kunnen toevallige reken- en schrijffouten worden gemaakt.

Vooraf de fouten genoemd onder (a) en (e) zullen zijn opgetreden. Daardoor zijn de in deze nota gehanteerde afvoeren en afvoerdichtheden eerder te laag dan te hoog.

BIJLAGE II

HYDROLOGISCHE SITUATIE IN FEBR/MRT 1981

Teneinde de afvoeren tijdens de dooiperiode van 1978 en in de zomer van 1980 enigszins te kunnen vergelijken met afvoeren veroorzaakt door hoge neerslagen in een winterperiode, worden hier enkele resultaten vermeld van de periode *met* de extreem hoge neerslaghoeveelheden van begin maart 1981.

In fig. 23 worden de dagelijkse neerslaghoeveelheden weergegeven in februari en maart 1981 en het verloop van grondwaterstand en wijkpeil op de proefpercelen. De gevolgen van de hoge neerslaghoeveelheden rond de 11e maart op de afvoeren zijn getekend in fig. 24.

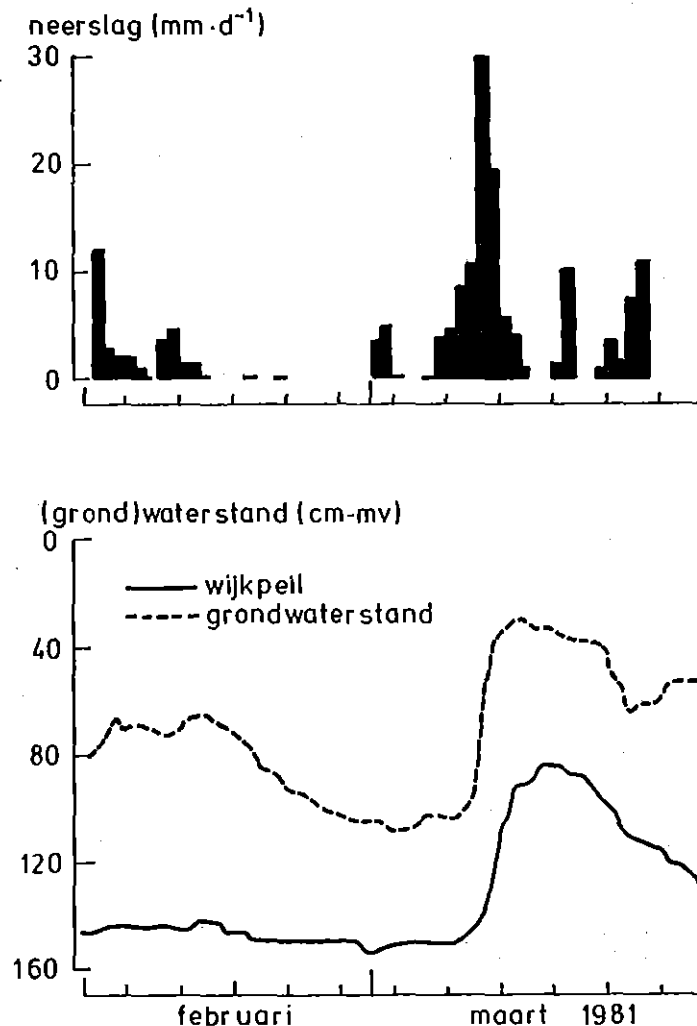


Fig. 23. Dagelijkse neerslaghoeveelheden en het verloop van grondwaterstand en wijkpeil op de proefpercelen gedurende de maanden februari en maart 1981

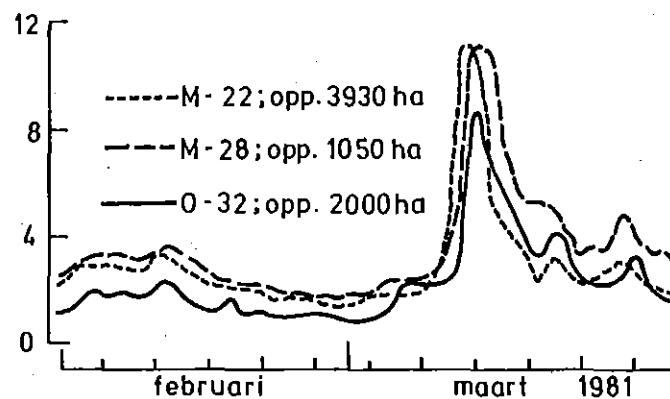
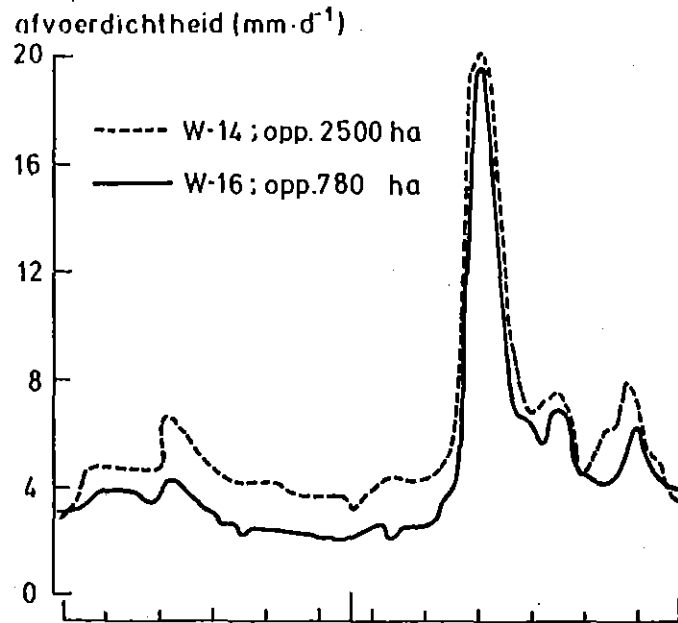


Fig. 24. Het afvoerverloop van een vijftal continu geregistreerde stuwgebieden gedurende de maanden februari en maart 1981

Fig. 25 geeft de maximale k-daagse neerslagsommen van maart 1981. In dezelfde figuur is tevens het werkelijke neerslagverloop getekend van de 8 dagen waarop de 8-daagse neerslagsom betrekking heeft.

Vergelijking van de k-daagse neerslagsommen uit fig. 25 met de frequentietabellen van Ter Apel laat zien dat zulke neerslaghoeveelheden in de periode 1891-1953 nog nooit in maart zijn voorgekomen; zelfs niet in de gehele winterperiode. Uit grafische extrapolatie van het verband tussen k-daagse neerslagsom en herhalingsstijd kan tabel 5 worden afgeleid.

Bijlage II vervolg

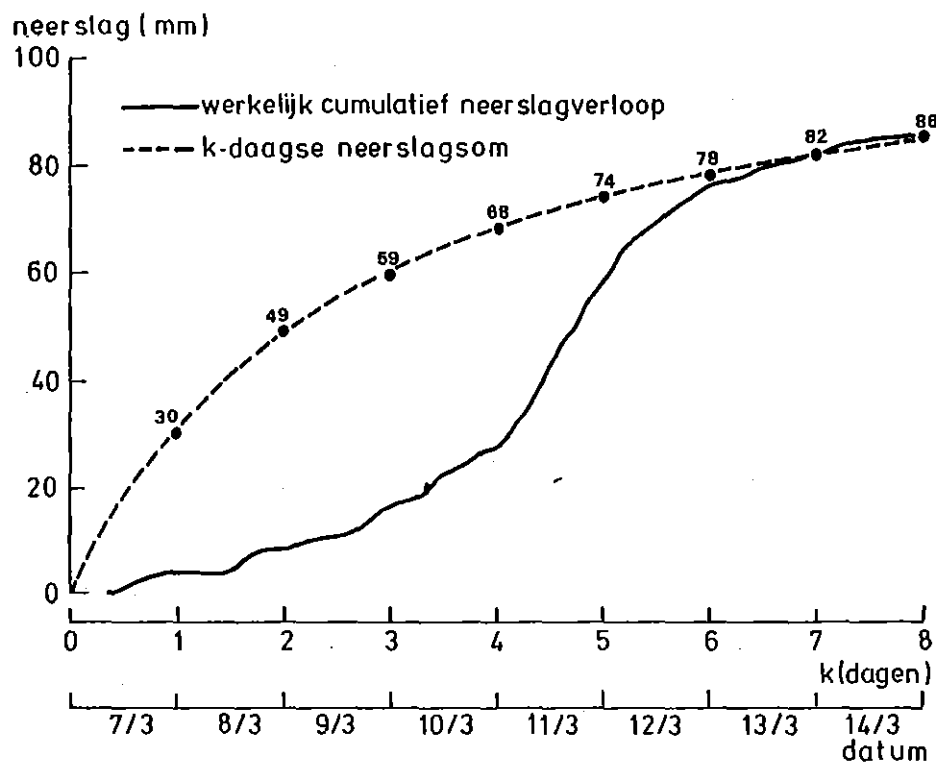


Fig. 25. De maximale k-daagse neerslagsommen en het werkelijke cumulatieve neerslagverloop gedurende de 8 natste aaneengesloten dagen, in maart 1981

Tabel 5. Uit grafische extrapolatie verkregen herhalingstijden van de maximale k-daagse neerslagsommen in maart 1981

k(dagen)	Herhalingstijden (jaren)	
	maart	okt. t/m maart
1	100	6
3	150	15
5	400	30

Overigens is met extrapolatie grote voorzichtigheid geboden. Nemen we aan dat voor het optreden van de hoogste afvoerdichtheden vooral de 3-daagse neerslagsom bepalend is, dan kan worden gesteld

dat het neerslagverloop rond de 11e maart 1981 inderdaad zeer extreem is geweest. Globaal berekend is deze neerslagsom 1,9 x zo groot als de 3-daagse neerslagsom die een herhalingstijd heeft van 1 jaar.

De maximale afvoerdichtheden die tijdens deze hoge neerslagen in het proefgebied optraden konden slechts worden vastgesteld voor de meetpunten waar continu werd gemeten. Tabel 6 geeft de resultaten.

Tabel 6. De maximale afvoerdichtheden van de vijf in fig. 24 weergegeven stuwgebieden

Stuw nr.	Opp. afv. gebied (ha)	Max. overstort (cm)	Afvoer $l.s^{-1}$	Afvoerdichtheid $l.s^{-1}.ha^{-1}$ $mm.d^{-1}$	
W-14	2502	64,2	4980	2,34	20,2
W-16	782	47,6	1764	2,26	19,6
M-22	3927	60,7	5136	1,31	11,3
M-28	1055	36,4	1379	1,31	11,3
O-32	1999	39,3	2001	1,01	8,7

De deelgebieden W-14 en W-16, beide hoofdzakelijk gelegen op de flank van de Hondsrug, geven inderdaad een afvoerdichtheid die circa 2 x zo groot is dan de maatgevende afvoerdichtheid. Naast de hoeveelheid extra kwelwater van 3 à 4 $mm.d^{-1}$ is hoogstwaarschijnlijk oppervlakkige afvoer opgetreden ten gevolge van stijging van het grondwater tot in het maaiveld.

De overige deelgebieden geven een hoogste afvoerdichtheid te zien in de buurt van de maatgevende afvoerdichtheid van 10 $mm.d^{-1}$ (1,2 $l.s^{-1}.ha^{-1}$).

In deze gebieden is eveneens het grondwater tot in het maaiveld gestegen, maar door de vlakkere ligging treedt plasvorming op in ingesloten laagtes. Het gevolg is dat een groot deel van de potentiële oppervlakkige afvoer wordt geborgen. Hierdoor wordt als het ware de neerslaggolf sterk afgestopt. De afvoerdichtheden van circa 10 $mm.d^{-1}$ zijn namelijk heel goed te verklaren door de 'normale' doordegrondse

afvoer. Immers bij een opbolling van 90 à 100 cm en een drainage-
weerstand van 100 dagen hoort een afvoerdichtheid van circa 10 mm.d^{-1} .

Een andere belangrijke vraag of de HW-lijnen (ver) werden overschreden, kan niet bevredigend worden beantwoord omdat slechts waterstandsmetingen beschikbaar waren van 16 maart, 4 dagen na de afvoertop. Bovendien waren, in verband met registreerbaarheid, alle stuwen op handbediening gezet. Dit heeft tot gevolg dat afvoergolven niet automatisch leiden tot verlaging van de stuw maar tot waterstandsverhoging. De waterstanden voor de stuwen liepen in enkele dagen tijd dan ook op met circa 60 cm (met uitzondering van M-28; hier slechts 25 cm).