

EEN VOORBEELD VAN EEN ONDERZOEK NAAR HET EFFECT VAN OPSTUWING VAN EEN RIVIER OP DE HOOGTE VAN DE GRONDWATERSTAND

Drs. L. F. ERNST en dr. ir. TH. J. FERRARI

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut TNO, Groningen

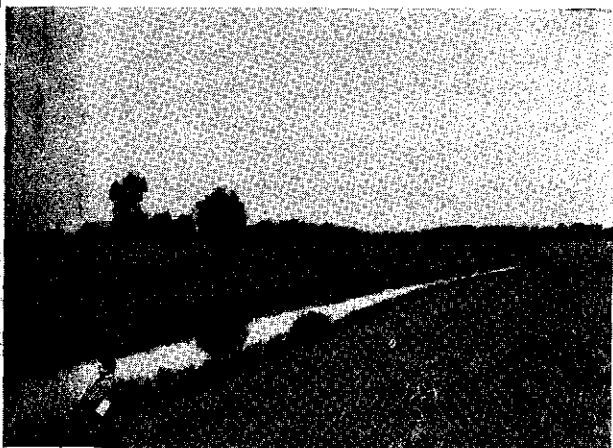
I. INLEIDING

Het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut TNO werd in 1948 door het bestuur van het waterschap „Het Stroomgebied van de Aa” belast met een onderzoek o.a. naar de beantwoording van de vraag, of een in een 1500 ha groot gebied bij Erp optredende verdroging b.v. door het plaatsen van stuwen in de Aa opgeheven zou kunnen worden. Dit verzoek werd gedaan naar aanleiding van klachten van de landbouwers. Door een slechte watervoorziening werden niet alleen opbrengstderingen geleden, maar moest ook grasland in bouwland gelegd worden. Zeer duidelijk was de schade tot een afstand van 500 tot 1000 m op beide oevers in een strook bovenstrooms Erp. De figuren 1 en 2, die de profielen van de beek bij Erp en het buiten het betreffende gebied liggende Beek en Donk aangeven, maken het aannemelijk, dat de boeren in Erp en omgeving over verdroging klagen.

Er zijn in principe 3 mogelijkheden om een watertekort zoals boven is beschreven op te heffen: bevoeiing, beregening en verhoging van de grondwaterstand.

FIG. 1. DE AA IN HET VERDROGENDE GEBIED, 4 KM
STROOMOPWAARTS VAN ERP.
De rivier doorsnijdt het land diep.

FIG. 2. DE AA BIJ BEEK EN DONK, BUITEN
HET VERDROGENDE GEBIED
(6 km stroomopwaarts van de
situatie in figuur 1)



De laatste methode, goedkoper dan beregening, is slechts mogelijk in een gebied, dat groot genoeg is om de randverliezen van weinig invloed en vlak genoeg om de verhoging van de grondwaterspiegel t.o.v. het maaiveld effectief te doen zijn. Op een geaccidenteerd terrein krijgt men bij verhoging enerzijds wateroverlast op de lage plekken en houdt men anderzijds watertekorten op de hoge koppen. In een dergelijk terrein lijkt beregening een veel aantrekkelijker verbetering te kunnen geven. Is het terrein betrekkelijk egaal, dan verdient de eerste methode de voorkeur, niet alleen omdat zij goedkoper is dan beregening, maar ook omdat daarmee alle boeren – en niet alleen de vooruitstrevende – van de maatregelen profiteren.

De indruk bestaat, dat vele zandgronden in Nederland zich voor een verbetering van de watervoorziening door middel van een verhoging van de grondwaterspiegel lenen. Daar een aantal lezers van dit maandblad in de toekomst direct of indirect bij dergelijke verbeteringen betrokken kan worden leek het ons daarom dienstig op deze plaats een en ander over het uitgevoerde onderzoek mede te delen.

Het onderzoek¹ kan gesplitst worden in drie delen:

- a. een onderzoek naar de betekenis van de grondwaterstand – in afhankelijkheid van de bodemeigenschappen – voor de opbrengst van verschillende in het gebied verbouwde gewassen;
- b. een onderzoek naar het effect van opstuwing van de Aa op de hoogte van de grondwaterspiegel en tenslotte
- c. een onderzoek naar de landbouwkundige en economische betekenis van de resulterende grondwaterstandsverhoging.

2. DE BETEKENIS VAN DE GRONDWATERSTAND VOOR DE PLANTENGROEI

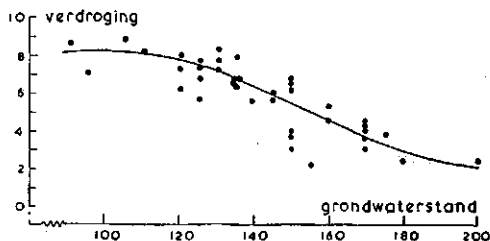
De grondwaterstand, die de maximale opbrengst geeft, is geen constante grootheid. Hij wisselt niet alleen met het gewas, maar ook met de aard van verschillende bodemlagen tot een diepte van ongeveer 1 m; een zandgrond, die veel water vasthoudt, kan met een lagere grondwaterstand volstaan dan een schrale zandgrond. Het is dus duidelijk, dat men om de betekenis van de grondwaterstand te kunnen aangeven met de aard van de grond rekening moet houden. De hiervoor noodzakelijke bodemkartering is van eenvoudige aard geweest. De meeste aandacht is aan een tweetal eigenschappen besteed, die in hoge mate bepalend bleken te zijn voor de hevigheid van de verdroging en voor de reactie van het gewas op de grondwaterstand: de *dikte van de humushoudende laag* en de *capillaire stijghoogte van het grondwater*, uitgedrukt in de mate van fijnheid van het zand (U-cijfer).

In het droge jaar 1949 werd de landbouwkundige waarde van deze twee bodemeigenschappen nagegaan, waarbij de nadruk werd gelegd op de vraag, wat de optimale grondwaterstand is bij verschillende bodemkundige toestanden. Hiertoe zijn enkele gewassen (gras, rogge, haver) op een aantal percelen, die in een goede bemestings-

¹ Wijlen dr. S. B. HOOGHOUTD kreeg de leiding over het onderzoek, waaraan drs. A. J. WIGGERS en schrijvers meegewerkt hebben.

HET EFFECT VAN OPSTUWING VAN EEN RIVIER

FIG. 3. DE BETEKENIS VAN DE GRONDWATERSTAND (IN CM BENEDEN MAAIVELD) OP DE MATE VAN VERDROGING VAN GRASLAND IN JULI, BIJ GEMIDDELDE BODEMKUNDIGE OMSTANDIGHEDEN



toestand verkeerden, op verschillende data op stand en verdroging beoordeeld. In de gegeven cijfers, lopende van 0 tot 10, kwam vooral de mate van verdroging tot uiting, hoewel de beoordeling bij de rogge en de haver ook als een opbrengsttaxatie beschouwd kan worden. Het cijfer 10 betekent „geen verdroging”.

Uit de eenvoudig gehouden verwerking van de cijfers bleek, dat de hoogte van de grondwaterspiegel van grote betekenis is voor de mate van verdroging van het grasland en de akkerbouwgewassen. Bij een grondwaterstand beneden een bepaald niveau treedt droogteschade op, die groter is naarmate het water dieper staat. Een indruk van de betekenis krijgt men uit figuur 3, waarin de mate van verdroging van het grasland bij een gemiddelde toestand van de bodemfactoren is uitgezet tegen de grondwaterstand.

Bij de eventuele verbeteringsplannen hebben de dikte van de humeuze laag en de fijnheid van het zand een andere betekenis dan de grondwaterstand, omdat zij niet te veranderen zijn. Zij zijn echter van belang voor het vaststellen van de optimale grondwaterstand, die nl. van deze factoren afhangt. Dit blijkt uit tabel 1, waarin de grondwaterstand is aangegeven, die nog juist 10% oogstderving veroorzaakt, in afhankelijkheid van de dikte van de humeuze laag (klassen 1, 2, 3 en 4 resp. 20-40, 41-60, 61-80 en >80 cm) en van het U-cijfer (1, 2 en 3, resp. 40-70, 71-80 en >80). De grondwaterstand mag dus, naarmate het perceel een dikkere humeuze laag heeft en het zand fijner is, lager zijn voordat meer dan 10% oogstderving door droogte optreedt.

TABEL 1. Grondwaterstand in cm beneden maaiveld, waarbij bij haver nog juist 10% oogstderving door droogte optreedt

U-cijfer	Dikte humeuze laag			
	1	2	3	4
1	90	110	130	150
2	100	120	140	160
3	110	130	150	170

Voor de uitvoering van de verbeteringsplannen is een overzicht nodig van de grondwaterstanden, die op elk perceel nog juist geen verdroging geven. Met behulp van bodem-, cultuur- en hoogtekaarten en met de gewenste grondwaterstandsdiepte, zoals deze volgens het onderzoek bleek af te hangen van bodemeigenschappen en gewas, is het mogelijk een kaart te maken, waarop voor het gehele gebied (1500 ha) de gewenste grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. of maaiveld aangegeven staat. Voor het

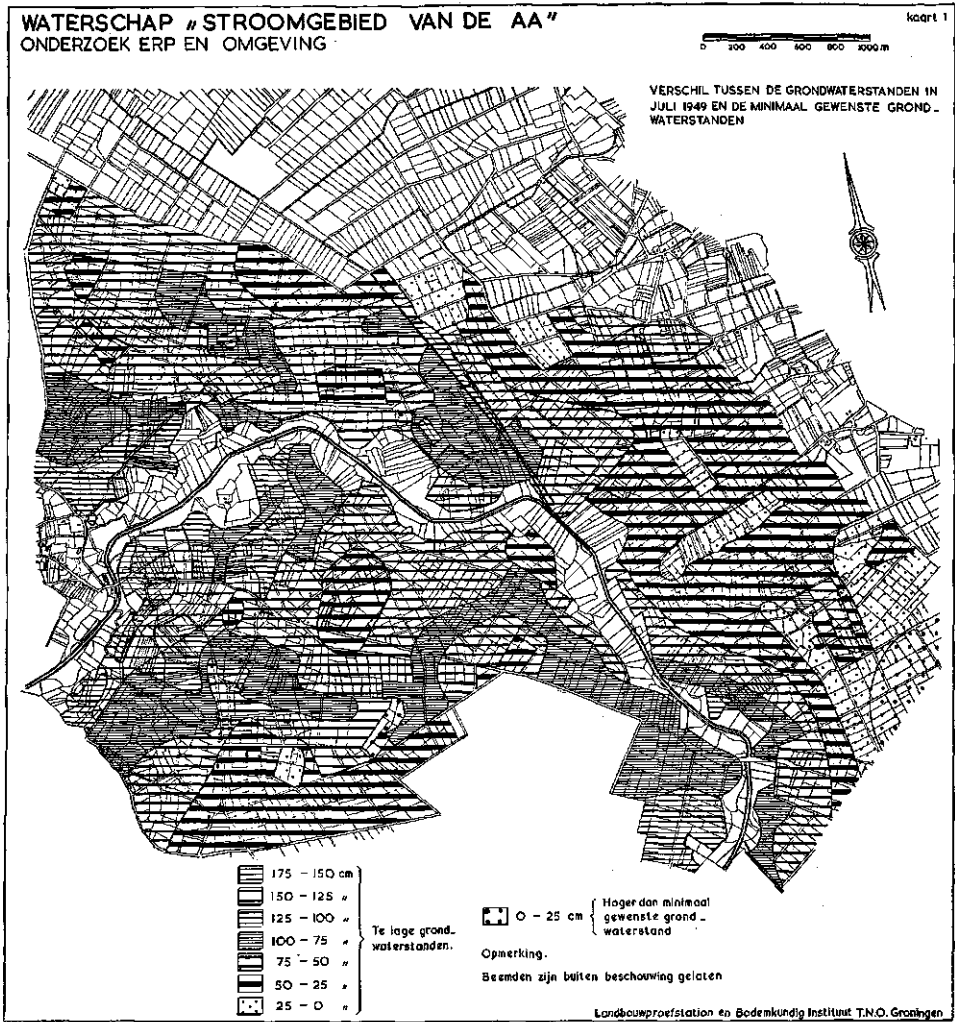


FIG. 4. KAART, DIE DE GEBREKEN IN GRONDWATERSTAND IN JULI 1949 AANGEeft.
Op de meeste plaatsen is de grondwaterstand 50 cm of meer te laag.

grootste deel van het gebied zijn grondwaterstanden tussen 90 en 130 cm beneden maaiveld gewent.

Een indruk van de toestand, waarin het gebied wat de grondwaterstand betreft verkeert, wordt het beste uit een andere kaart (fig. 4) verkregen. Deze kaart geeft het verschil tussen de gewenste en de werkelijke toestand aan. Uit deze figuur blijkt, dat de verschillen variëren tussen 0 en 180 cm; het gemiddelde verschil bedraagt 65 cm. Om een het ideaal benaderende toestand te verkrijgen moet de grondwaterspiegel op bijna elk punt niet onbelangrijk verhoogd worden.



FIG. 5. HET EFFECT VAN DE VERHOOGING VAN DE GRONDWATERSTAND WORDT DOOR DE OP KLEINE AFSTAND VOORKOMENDE HOOGTEVERSCHILLEN VERKLEIND. Hier ziet men de z.g. steilwand op de rechteroever van de Aa.

In hoeverre deze het ideaal benaderende toestand bereikt kan worden, hangt o.a. voor een belangrijk deel af van de optredende hoogteverschillen. In verband met de op zelfs korte afstand aanwezige hoogteverschillen (fig. 5), zal men de conclusie trekken, dat op verschillende plaatsen deze toestand niet bereikt kan worden, daar het onmogelijk is de grondwaterspiegel precies evenwijdig aan het maaiveld te doen verlopen.

3. HET EFFECT VAN PLAATSING VAN STUWEN IN DE AA

Wordt de verbetering in het plaatsen van stuwen in de rivier gezocht, dan rijst de vraag, welk effect de stuwing op de hoogte van de grondwaterspiegel zal hebben.

Bij de beantwoording van deze vraag moeten twee processen in rekening gebracht worden. Vanaf het ogenblik dat het peil van de rivier verhoogd is, begint een verhoging van de grondwaterspiegel zich van de Aa uit als een lopende golf langzaam in de grond voort te planten. Bij deze verhoging moet de daling van de grondwaterspiegel opgeteld worden, die plaats vindt, doordat de grondwaterspiegel, door het onbreken van overtollige neerslag, niet in evenwicht is. Wij hebben steeds met de som van beide processen te maken.

De stroming van het grondwater bij opstuwing wordt, behalve door de grootte van de peilverhoging in de rivier, voornamelijk bepaald door de bodemgesteldheid. Voor de berekeningen zijn in principe als gegevens nodig de horizontale doorlatendheid (de z.g. *kD*-waarde), de verticale en radiale weerstanden. Om deze te bepalen kon slechts een gering aantal diepboringen uitgevoerd worden. De waarnemingen in 105 grondwaterstandsbuizen gedurende de zomer van 1949 leverden ook nog gegevens voor de berekening van de *kD*-waarde. Uiteindelijk zijn de beide genoemde weerstanden in de berekeningen verwaarloosd, waardoor alleen rekening gehouden werd met een factor voor de tijd verloopende sedert het ogenblik van de opstuwing, met de afstand tot de rivier, met de *kD*-waarde en met het bergend vermogen van de grond. De gebruikte formule geeft dan aan, dat een verhoging van de grondwaterstand sneller zal gaan naarmate de ondergrond doorlatender is; de snelheid is verder omgekeerd evenredig met de tijd, de afstand tot de rivier en het bergend vermogen.

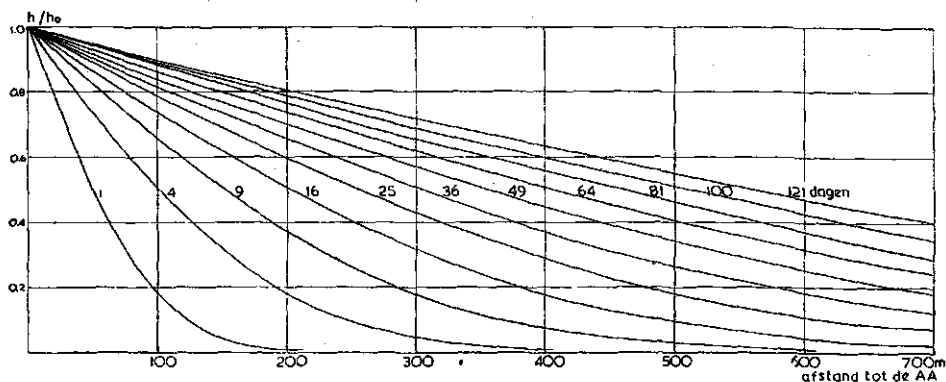


FIG. 6a. HET EFFECT VAN OPSTUWING VAN DE AA OP DE GRONDWATERSTAND IS STERK AFHANKELIJK VAN DE AFSTAND TOT DE RIVIER EN DE TIJD VERLOPENDE NA DE OPSTUWING. GRAFIEK ZONDER VERHOOGING VAN HET WATERVERBRUIK DOOR DE PLANT

Het berekende effect van een plotselinge peilverhoging in de Aa op de hoogte van de grondwaterspiegel is in figuur 6a in beeld gebracht, waarbij voor de eenvoudigheid werd aangenomen, dat geen extra verbruik van water ontstaat. Langs de horizontale as is de afstand tot de Aa uitgezet, langs de verticale de verhouding h/h_0 , d.i. de verhouding tussen de verhoging van de grondwaterspiegel en de peilverandering in de Aa. Om een voorbeeld te geven: voor 100 m afstand tot de Aa bedraagt na 4 dagen de verhoging van de grondwaterspiegel slechts 0,50 m, als de Aa 1 m opgestuwd is. Hierbij wordt opgemerkt, dat dan nog de reeds eerder genoemde, van de opstuwning onafhankelijke grondwaterstands-daling in rekening gebracht moet worden. Deze daling in een droge periode is uit vroegere waarnemingen in grondwaterstands-buizen af te leiden; zij bedraagt naar gelang van de afstand tot de Aa gemiddeld 0 tot 0,65 cm per dag.

Het doel van de opstuwning is het verbruik van water door het gewas uit de capillaire laag te vergroten. Men zou kunnen stellen dat de verhoging van de grondwaterstand en het grotere verbruik door het gewas evenredig zijn. De invloed van dit verhoogde gebruik is in figuur 6b in rekening gebracht. Uit beide grafieken blijkt, dat de invloed betrekkelijk groot is. Bij de veronderstelling dat er geen extra verbruik is, wordt de grondwaterspiegel op b.v. 1000 m en meer, na voldoende lange tijd, belangrijk verhoogd; bij een extra verbruik blijkt deze verhoging zelfs na lange tijd zeer klein te zijn.

Van welk stuwpeil moet uitgegaan worden? Men kan van verschillende eisen uitgaan, b.v. de meest rendabele toestand verlangen. Bij de berekeningen is echter die stand van de Aa genomen, waarbij de lage beemdgronden, die vlak langs de Aa gelegen zijn en waarvoor het effect van de opstuwning (zie figuur 6) juist het grootst is, niet te nat worden.

Het bovenstaande stelt ons nu in staat de grondwaterstandsverhoging bij een opstuwning van de Aa die in het voorjaar begint, voor elk plekje in het onderzochte gebied uit te rekenen. Op deze wijze wordt een tweede kaart verkregen, die de nieuwe toestand aangeeft. Deze nieuwe toestand na opstuwning kan nu weer vergeleken worden met de reeds besproken meest aan te bevelen toestand. Het resultaat is afgebeeld in

HET EFFECT VAN OPSTUWING VAN EEN RIVIER

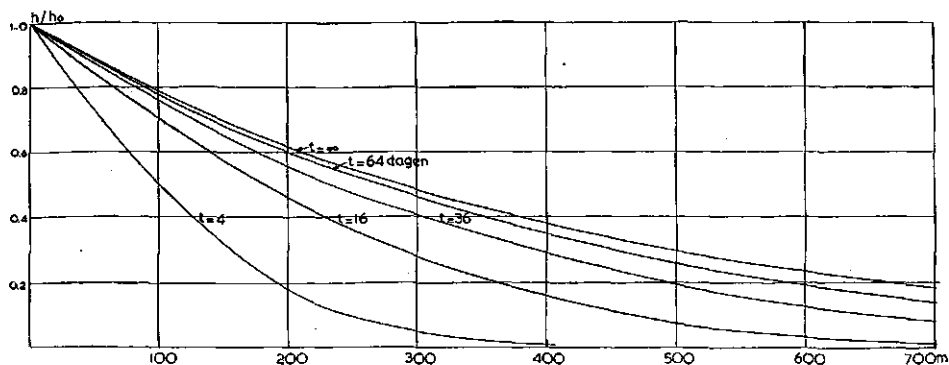


FIG. 6b. HET EFFECT VAN OPSTUWING VAN DE AA OP DE GRONDWATERSTAND IS STERK AFHANKELIJK VAN DE AFSTAND TOT DE RIVIER EN DE TIJD VERLOPENDE NA DE OPSTUWING. GRAFIEK MET VERHOOGING VAN HET WATERVERBRUIK DOOR DE PLANT.

de kaart van figuur 7, die aangeeft, hoeveel de nieuwe toestand nog van de meest gewenste toestand verwijderd is. In deze kaart is geen rekening gehouden met het extra verbruik van water door de plant. De toestand is dus te gunstig voorgesteld. Met behulp van figuur 6 is uit te rekenen, dat de verlaging door extra verbruik in een droog en in een nat jaar gemiddeld resp. 20 en 10 cm bedraagt.

Op deze manier blijkt, dat het resultaat nogal teleurstellend is; zoals wij gezien hebben, hangt dit samen met de langzame voortplanting in de grond van de opstuwing en met de betekenis van het extra verbruik door de plant (fig. 6b). Men kan verwachten, dat een gunstiger effect verkregen wordt door ook in de winter het peil van de rivier omhoog te brengen. Hierover wordt nog onderzoek verricht. Wij wijzen er echter op, dat in principe op deze wijze de oorspronkelijke toestand nooit is terug te krijgen, omdat de radiale weerstand van de Aa door de grotere breedte en diepte van de bedding (grof zand hier en daar in de bodem) sterk verkleind is en ook omdat het peil van de Aa niet overal tot de oude hoogte opgestuwd zal worden; speciaal vlak onder een stuw is dit het geval.

Alhoewel uiteindelijk bovenstaande oplossing gekozen is, kan een verbetering ook op andere wijzen uitgevoerd worden. Een verhoging van de grondwaterspiegel is eveneens door opstuwing van de kleine zijbeken van de Aa te bereiken; hiervoor is uiteraard een groot aantal stuwen nodig. Het is op deze wijze mogelijk in het voorjaar de grondwaterstand hoog te houden. De afvoer van de beekjes wordt daardoor sterk verminderd, maar daar staat tegenover, dat de afvoer door de grond naar de Aa vergroot wordt. Vanaf het moment dat in het voorjaar de verdamping de neerslag gaat overtreffen, is het niet mogelijk op deze manier een daling in de grondwaterspiegel te voorkomen. Het effect is juist andersom als bij opstuwing van de Aa. Daar wordt het bereikte effect met de tijd juist groter. Aanbevelenswaardig zou een combinatie van deze beide methoden zijn.

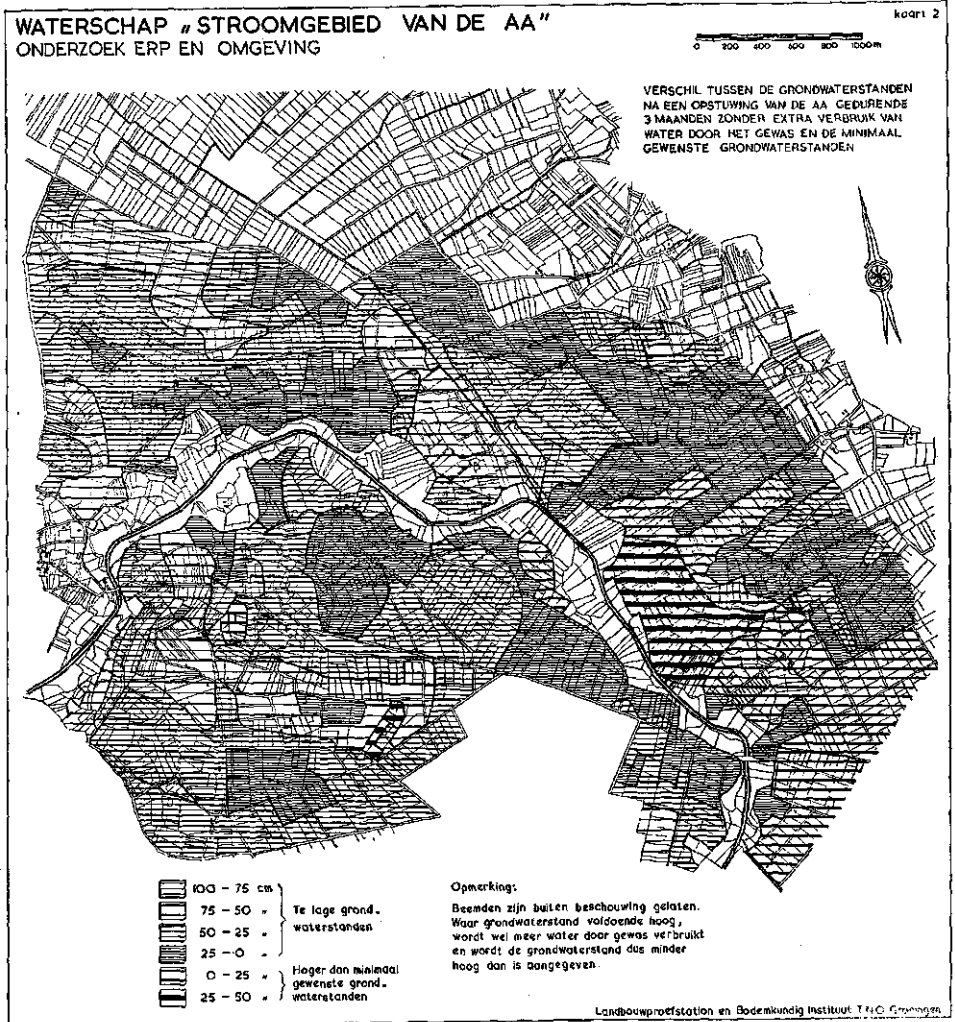


FIG. 7. KAART, DIE DE GEBREKEN IN GRONDWATERSTAND AANGEEFT NA OPSTUWING VAN DE RIVIER IN HET VOORJAAR.

Het blijkt, dat de verbetering op vele plaatsen niet voldoende is.

Een derde methode bestaat uit de aanleg van een voldoende dicht net van sloten, die door wateraanvoer op een constant peil gehouden worden. Om zo min mogelijk stuwtejes nodig te maken, moeten de sloten volgens de hoogtelijnen aangelegd worden. De natuurlijke watergangen lopen meestal loodrecht op de hoogtelijnen en zijn dus minder goed te gebruiken. Het grote voordeel is, dat bij een betrekkelijk korte afstand tussen de sloten de infiltratie veel sneller plaats vindt en een vrijwel ideale toestand bereikt kan worden. De bezwaren tegen deze overigens effectieve methode liggen

voornamelijk in de vrij hoge kosten en in de moeilijkheden om in het hoge waterverbruik te voorzien.

Het is interessant de benodigde hoeveelheden extra water bij de gekozen methode (5 stuwen in de Aa) en bij de derde methode te vergelijken. Men kan uitrekenen, dat deze hoeveelheid bij stuwen van de Aa alléén over een afstand van 6000 m en bij een peilverhoging van gemiddeld 1 m ongeveer 120000 m³ over 60 dagen bedraagt. Deze hoeveelheid is in het begin per dag vrij hoog; nl. 24000 m³/dag, maar neemt met toenemende tijd snel af; na 14 dagen nog slechts 3600 m³/dag, na twee maanden vrijwel niets. Deze afname hangt natuurlijk samen met de geringe snelheid waarmee de peilverandering zich in de grond voortplant. Bij de aanwezigheid van een nieuw slotenstelsel bedraagt de hoeveelheid veel meer. Men kan rekenen op een benodigde aanvoer van 50000 m³/dag. Op zichzelf is een zo hoog waterverbruik geen bezwaar, daar het nuttig aangewend wordt en de opbrengstverhogingen van het gewas de hoge kosten van aanleg rendabel zouden maken. Het is echter de vraag of een dergelijke aanvoer juist in droge zomers wel gegarandeerd zou kunnen worden.

4. HET GELDELIJK VOORDEEL VAN DE GEBRUIKTE OPLOSSING

Het is duidelijk, dat bij de beslissing om tot verbetering over te gaan, het geldelijk voordeel van de voorgestelde maatregelen een belangrijke factor is. Het heeft tenslotte weinig zin om maatregelen te nemen, die niet op een of andere manier in de bedrijfsuitkomsten tot uiting komen.

De grootste moeilijkheid bij de berekening van dit geldelijk voordeel hangt samen met de aard van het landbouwbedrijf op de zandgronden. Deze gemengde bedrijven zijn op de voortbrenging van dierlijke produkten ingesteld; de melkproduktie neemt hierbij de eerste plaats in. De akkerbouw staat geheel ten dienste van de veehouderij. De produktie van deze twee bedrijven verloopt dus in twee gedeelten: het eerste gedeelte wordt door de produktie van gras en voedingsgewassen gevormd, het tweede door omzetting van deze produkten in melk, vlees enz. Het meest aantrekkelijke zou dus zijn om de financiële berekeningen te baseren op een verband tussen grondwaterstand en geldelijke opbrengst van deze laatste produkten. Van dezelfde aard is het probleem van de waardering van het grasland t.o.v. het bouwland in het bedrijfsverband. Men moet hiermede wel rekening houden, omdat de reacties op de grondwaterstand van het grasland en van de akkerbouwgewassen verschillend zijn. In de uitgevoerde berekeningen is aan het grasland en aan het bouwland hetzelfde gewicht gegeven wat betreft de voederwaarde. Verder is aandacht besteed aan de vraag wat het bereikbare opbrengstniveau onder optimale omstandigheden is en aan de vraag in hoeverre opbrengstverhogingen bij het gewas zullen doorwerken in de bedrijfsuitkomsten.

Uiteindelijk is de opbrengst van het vee, verminderd met de bijkomende voederkosten als ruwe maat voor de geldelijke opbrengst genomen. Uit de gegevens die bekend zijn over de uitkomsten van gemengde zandbedrijven, konden wij concluderen, dat onder de gegeven bedrijfsomstandigheden de met een optimale bedrijfsvoorziening bereikbare opbrengst f 800 per ha zal bedragen. Met behulp van de aanwezige

gegevens konden vervolgens twee grafieken geconstrueerd worden, voor grasland en voor bouwland, die de opbrengstderving per ha in afhankelijkheid van de hoogte van de grondwaterstand, in een nat en in een droog jaar aangeven. Uitgaande van deze basis werd als uitkomst verkregen, dat de opbrengstdervingen bij de wat de grondwaterstand betreft meest ongunstige omstandigheden in 1949 (droog) en 1950/1951 (nat) voor grasland resp. f 350 en f 90, voor bouwlandgewassen resp. f 290 en f 140 per ha bedragen hebben. Deze bedragen zijn aan de veilige kant gehouden (het ging in dit gedeelte van het onderzoek alleen om het probleem van de rentabiliteit van de vijf te plaatsen stuwen), omdat in de berekening niet opgenomen is o.a. de winst uit de verkoop van verschillende akkerbouwprodukten. Wat moet men trouwens in rekening brengen voor het feit, dat de boer 10% tot 20% van zijn grasland heeft moeten scheuren, wat voor het mislukken voor inzaai? Welke schade veroorzaakt het feit, dat de boer het bedrijf op een droge zomer instelt?

De op de kaarten in fig. 4 en 7 aangegeven gebreken in grondwaterstand zijn nu met behulp van bovengenoemde grafieken in opbrengstdervingen in guldens omgezet. Het uiteindelijke resultaat van deze berekening is, dat de totale opbrengstderving die in het droge jaar 1949 ongeveer f 273000 is geweest, door de opstuwing in het voorjaar tot f 213000 kon dalen. In nattere jaren zijn deze cijfers resp. f 103000 en f 54000. Hieruit blijkt dus weer, dat door een opstuwing die in het voorjaar begint, niet zo'n grote verbetering bereikt wordt. Dit effect was echter al voldoende groot om tot de bouw van stuwen te kunnen adviseren, vooral ook omdat met stuwing nog meer te bereiken is. Wij wezen er reeds op, dat het om een gunstiger resultaat te bereiken nodig is de opstuwing reeds in de winter te doen plaats vinden. In dat geval zal de opbrengstderving voor het grootste deel opgeheven worden, waardoor naar verwachting in een droog en in een nat jaar een opbrengstvermeerdering van resp. 25 en 10% ten opzichte van de huidige toestand verkregen kan worden.

Groningen, september 1955