

**GRONDWATERPEILREGELING
OF
KUNSTMATIGE BEREGENING**

W. C. VISSER

*Overdruk uit Verslagen Technische Bijeenkomsten 11-12
Versl. Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. No. 3 (1958)*

IV. GRONDWATERPEILREGELING OF KUNSTMATIGE BEREGENING

W. C. VISSER *

Afdeling Onderzoek van de Cultuurtechnische Dienst

Van het regelen van de groeifactor water wordt thans algemeen een belangrijke vergroting van het produktievermogen van de grond en een versterking van de economische kracht van de landbouwgemeenschap verwacht. Een groot aantal specialisten bestudeert de details, waarin de vraag, of deze waterbeheersing door grondwaterpeilregeling dan wel door kunstmatige beregening zal dienen te geschieden, kan worden gesplitst. Het zal van tijd tot tijd van belang zijn de resultaten van deze detailstudies eens te overzien en zich af te vragen, in welke mate men de oplossing van de vraag, hoe de waterbeheersing in de toekomst zal plaatsvinden, reeds kan benaderen.

Dit zal van belang zijn, omdat te voorzien valt, dat de maatregelen, die men zal moeten treffen om waterbeheersing op landelijke schaal mogelijk te maken, bij peilregeling en beregening wel zullen verschillen. Nu voor steeds meer gebieden ontwerpen voor waterbeheersing worden voorbereid, dient men zich telkens opnieuw te beraden, in welke richting men de uiteindelijke waterbeheersingsmethode zal moeten zoeken. Hiertoe zullen zaken van zeer verschillende aard tegen elkander afgewogen moeten worden.

1. DE AARD VAN HET VRAAGSTUK

Wanneer men beregening en peilbeheersing tegenover elkander stelt, dient overwogen te worden wat de betekenis zal zijn van de grootte van het in een enkel project te behandelen gebied. Beregening per bedrijf heeft veel voordelen. Men overweegt echter eveneens door coöperatieve beregening grotere eenheden te vormen. Wanneer de omvang van een enkel project steeds meer zou worden vergroot, mag men verwachten, dat bij beregening de nadelen boven een zekere grens sneller gaan toenemen dan de voordelen.

Voor de peilregeling kan men eveneens projecten ter grootte van een bedrijf maken, eventueel door water uit een put te pompen. Bij kleine oppervlakten zijn de nadelen van een dergelijk systeem ten gevolge van waterverliezen langs de randen echter groot. Laat men de omvang van de projecten toenemen, dan nadert het project steeds meer tot de waterbeheersing van een waterschap in zijn geheel. Bij deze omvang zal in vele gevallen de oplossing kunnen worden gekozen, die de gunstigste verhouding van voordelen tot nadelen heeft.

Behalve het probleem van de grootte van de projecten – in hoofdzaak een organisatorisch probleem – isfijnzicht in een aantal economische, technische, hydrologische en sociale vraagstukken van belang. Het technische probleem is thans vooral hoe men een peilregelingssysteem zal moeten ontwerpen, dat zoveel mogelijk profijt trekt van de mogelijkheden, die deze waterbeheersingsmethode bij goede aanpassing aan het terrein en aan de bodemeigenschappen kan bieden. Op technisch gebied is de ontwikkeling van de beregening aanzienlijk verder gevorderd dan die van de peilregeling.

* Thans: *Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding*

Op het gebied van de hydrologie lijkt het, dat er twee vraagstukken zijn, die het meest bepalend zijn voor de keuze van de methode. Allereerst dient de vraag te worden opgelost, hoeveel water men zal moeten aanvoeren om een gebied voldoende van water te voorzien. Daarnaast dient te worden beoordeeld, wat de gevolgen zullen zijn van plaatselijk onttrekken of van elders aanvoeren van dit water.

Bij de aanvoer van water moet men wel onderscheiden tussen de hoeveelheid water die elke dag verbruikt wordt en de hoeveelheid die men op bepaalde dagen moet aanvoeren. Dat deze twee hoeveelheden sterk kunnen verschillen, vindt zijn oorzaak daarin dat men soms tekorten doet ontstaan, die later in korte tijd moeten worden aangevuld. Hierdoor kan het voorkomen, dat grote hoeveelheden water per tijdseenheid getransporteerd moeten worden, hetgeen bij aanvoer door leidingen tot grote profielen moet leiden.

Ten aanzien van het voorspellen van de gevolgen van onttrekken en aanvoeren van water is op het ogenblik nog geen geschikte routinemethode beschikbaar, volgens welke eventuele nadelige gevolgen vooraf beoordeeld kunnen worden. De omvang van verdroging door onttrekken of wateroverlast door ondergrondse verliezen zullen in het algemeen pas na de uitvoering van het werk blijken.

Ten aanzien van de economische eisen, die door beide waterbeheersingsmethoden worden gesteld, is wat betreft de berekening veel meer bekend dan ten aanzien van de peilregeling. Deze kennis is echter niet volledig. Bij berekening zouden de kosten ongunstig kunnen worden beïnvloed door herstelmaatregelen, die wegens de ongunstige beïnvloeding van de grondwaterstand noodzakelijk zouden kunnen blijken bij gronden, die thans goed zijn. Maar bij massaal watergebruik zou bij deze vroeger goede gronden door grondwaterspiegeldaling verdroging kunnen gaan optreden. Bij peilbeheersing rekent men met grote kosten van grondverzet voor egalisatie en het graven van leidingen, terwijl eveneens door ondergrondse waterverliezen aanzienlijke kosten van waterpompen worden gevreesd.

Ten aanzien van de sociale kant van het waterbeheersingsvraagstuk is vooral van belang hoeveel tijd na het gereedkomen van de werken de bevolking het voor haar haalbare optimale resultaat zal bereiken. Hoe hoog zal dit optimum liggen in vergelijking met wat een in het vak van waterbeheersing volkomen bekwame boerenbevolking zou kunnen bereiken. Op dit sociale gebied is veel minder inzicht en ervaring verzameld dan op het technische terrein. Toch kon het wel eens zijn, dat op dit sociale terrein een veel belangrijker maatstaf voor de keuze van de waterbeheersingsmethodiek zou liggen dan op het technische of economische gebied. De beide typen van waterbeheersing stellen aan de zorgzaamheid en kennis van de boer zeer verschillende eisen. Men zal naar een methode moeten zoeken, die de waterbeheersing zoveel mogelijk automatisch of wel door daartoe aangestelde vakmensen, doet plaatsvinden. Naarmate de goede waterbeheersing meer uit de opzet van het waterbeheersingsplan volgt, behoeft minder beroep op de zorgzaamheid en kennis van de boer te worden gedaan, zodat hij meer aandacht kan geven aan die onderdelen van zijn bedrijf, die zich niet laten automatiseren en die zijn voortdurende aandacht nodig hebben.

Onderzoek en ervaring zullen het inzicht in het waterbeheersingsvraagstuk in de toekomst ongetwijfeld zo verdiepen, dat met zekerheid kan worden aangegeven, welke

richting men moet gaan. Het zal echter zeer gewenst zijn, reeds eerder op wellicht wankele grondslag zich van dit toekomstige standpunt een voorlopig inzicht te vormen door alle detailresultaten te wegen en samen te stellen. In de volgende beschouwing is getracht een aantal bouwstenen voor een dergelijk voorlopig overzicht aan te dragen.

2. OPPERVLAKTE VAN VOOR BEREKENING EN PEILREGELING IN AANMERKING KOMENDE GRONDEN

De belangrijkste argumenten, die de beslissing bepalen, of beregenen dan wel peilregeling als waterbeheersingsmethode het meest in aanmerking komen, houden alle rekening met de verdrogingsintensiteit en de grondwaterdiepte.

Van onze goede kleipolders met gronden, waar vrijwel nooit droogteverschijnselen optreden, is niettemin voldoende bekend, dat variaties in de grondwaterdiepte gepaard gaan met depressies in de oogst. Door de waterstand in de grond op een meest gewenst peil te handhaven, dat van profiel, gewas en klimaat afhangt, is een meeropbrengst van een voor praktische uitvoering voldoende grote betekenis te bereiken. Figuur 1 illustreert dit nog eens.

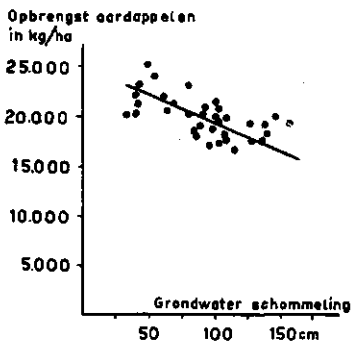


FIG. 1.

De grondwaterschommelingsmaat is een belangrijke groeifactor: de opbrengst loopt bij toenemende schommeling sterk terug.

FIG. 1.

The size of the variation in the groundwater level affects the growth very much: the yield decreases very much by increasing variation.

Quant à la végétation la variation de niveau de la nappe souterraine est un élément important: le rendement amoindrira fortement en cas de variation augmentante.

Opbrengst aardappelen = yield of potatoes.

= rendement de pommes de terre.

In de vlakke polders ligt het voor de hand, de afvoerleidingen voor de peilregeling te gebruiken. Ook voor de zandgronden, waar geen verdroging optreedt of zelfs het land te nat is, treft men overwegend een systeem van afvoerleidingen aan. Een goede waterhuishoudkundige toestand is op de zandgronden zonder een goed functionerend afvoersysteem slechts in bijzondere gevallen mogelijk. Ook op deze goede of te natte zandgronden zal het afvoersysteem voor wateraanvoer bruikbaar zijn. Men mag dan ook generaliseerd stellen, dat de gebieden, waar geen verdroging maar een goede ontwateringstoestand of wateroverlast optreedt, voor een zeer groot deel zullen samen vallen met de gebieden, die zich tot peilregeling lenen. Tabel 1 geeft van de oppervlakten van de verdrogingsklassen voor de zandgronden een indruk en laat uit de grootte van de natte en goede groep het oppervlak van voor peilregeling in aanmerking komende gronden afleiden.

Waar echter in de winter het peil diep onder het maaiveld blijft staan, bijvoorbeeld meer dan een meter diep, mag men aannemen, dat een niet onbelangrijke onder-

grondse afvoer zal optreden. Gronden, die zoveel water verliezen, dat zelfs in natte winters het regenoverschot de waterspiegel niet dicht bij het maaiveld vermag te brengen, zullen zich in het algemeen minder voor peilregeling lenen. Wederom kan men generaliserend het oppervlak aan gronden met diepe winterwaterstand als een benadering beschouwen van het oppervlak waar beregening grote voordelen zal hebben.

In tabel 2 vindt men de oppervlakten, waarvan de winterwaterstanden in de opeenvolgende grondwaterdiepteklassen vallen. De diepe grondwaterstandsklassen vallen daarbij min of meer samen met het voor beregening in aanmerking komende areaal.

Uit deze twee tabellen is een derde tabel samengesteld, die aangeeft in welke verhouding op onze zandgronden beregening dan wel peilregeling de beste kansen heeft en in welk gedeelte van de gebieden deze argumenten van verdroging of grondwaterdiepte geen doorslag kunnen geven (C.O.L.N., nog niet gepubliceerd).

Bij het beoordelen van deze verhoudingscijfers van tabel 3 zal duidelijk zijn, dat er geen dwingende redenen bestaan om beregening uit te sluiten in het voor peilregeling geschikter geachte gebied en andersom. Waar men in een diep ontwaterd gebied een watervoorraad wil maken, of waar men het ondergronds afvloeiende water voor lager gelegen gebieden goed kan gebruiken, is het opzetten van een diepe grondwaterstand volkomen aanvaardbaar. Ook zal beregening in een gebied met geringe verdroging van de gewassen te hulp geroepen kunnen worden om vertraagde groei ten gevolge van niet geheel optimale vochtverzorging tegen te gaan.

De verhoudingscijfers geven echter een beeld van de omvang van het areaal, geschikt voor beregenen en peilregelen, die men ter bepaling van de gedachten vooreerst zou mogen aanhouden totdat ten aanzien van alle details, die dit alternatief beheersen een duidelijker inzicht zal zijn verkregen.

3. DE KOSTEN VAN DE WATERBEHEERSING

De rentabiliteit van de waterbeheersing zal sterk afhangen van de meeropbrengsten, die men zal kunnen bereiken. Veel hangt hier af van de vochthoudendheid van de grond. Hiervoor algemene regels te geven valt buiten het bestek van deze beschouwing. Ook is van belang, in welke mate men met beregening of peilbeheersing de theoretisch optimale oogsten zal kunnen benaderen. Gewezen zal nog worden op enkele proefveldresultaten, die op voordelen van de peilregeling lijken te duiden.

Ten aanzien van de kosten van aanleg en gebruik van de waterbeheersingssystemen is bij beregening reeds veel meer ervaring verzameld dan ten aanzien van peilregeling. Deze ervaring is echter niet als richtlijn voor de toekomst te beschouwen, omdat de beperkte toepassing nog niet een volledig inzicht geeft in de moeilijkheden, die bij algemeen gebruik zullen optreden door daling van het grondwaterpeil of door toenemende afvoeren. De huidige ervaring zal iets te gunstig uitvallen vergeleken bij een toekomstige situatie van algemeen gebruik.

Uit kostenbecijferingen voor beregening ontleend aan onderzoek van BAARS (1954) en uit beschouwingen over grondwaterpeilregeling van de hand van MESU (nog niet gepubliceerd) werd een vergelijking van beide waterbeheersingssystemen ontworpen. De kosten voor peilregeling werden nog eens getoetst aan de begroting voor een dergelijke

lijk project dat in de laatste tijd werd opgemaakt. Verder werd gebruik gemaakt van de door VAN ROSSUM (1955) afgeleide regel, dat de kosten van wateraanvoer toenemen met de wortel uit het maximaal door de leidingen te vervoeren debiet.

TABEL 1. V.V.V.-droogteklassen in procenten

| | I | II | III | IV |
|-------------------------|------------|-----------------|------|-----|
| | verdrogend | droogtegevoelig | goed | nat |
| Groningen | 14 | 28 | 35 | 23 |
| Friesland | 11 | 56 | 15 | 18 |
| Drente | 5 | 25 | 43 | 26 |
| Overijssel | 9 | 41 | 44 | 6 |
| Gelderland | 12 | 22 | 56 | 9 |
| Utrecht | 8 | 23 | 64 | 5 |
| Noord-Brabant | 25 | 33 | 39 | 3 |
| Limburg | 6 | 52 | 13 | 1 |

TABEL 2. Wintergrondwaterstanden onder maaiveld in procenten

| | Oppervlakte zand+veen- gebied | 0-20 | 20-40 | 40-70 | 70-100 | 100-400 | 140-200 | > 200 |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------|-------|--------|---------|---------|-------|
| | | Groningen | 60 000 | 16 | 25 | 34 | 16 | 6 |
| Friesland | 68 000 | 53 | 23 | 15 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| Drente | 185 000 | 22 | 19 | 28 | 13 | 8 | 7 | 3 |
| Overijssel | 173 000 | 22 | 26 | 30 | 12 | 6 | 2 | 2 |
| Gelderland | 217 000 | 10 | 56 | 12 | 8 | 6 | 3 | 5 |
| Utrecht | 18 000 | 15 | 27 | 33 | 9 | 7 | 3 | 6 |
| Noord-Brabant | 230 000 | 14 | 20 | 31 | 14 | 9 | 7 | 5 |
| Limburg | 111 000 | 13 | 14 | 18 | 15 | 13 | 20 | 7 |

TABEL 3. Oppervlak met voorkeur voor een waterbeheersingsmethode

| | In procenten | | | In 1000 ha | | |
|-------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------|------------|----------------------------------|-------------------|
| | Berekening | Berekening of peilregeling | Peil- regeling | Berekening | Berekening of peilregeling | Peil- regeling |
| Groningen | 9 | 33 | 58 | 5,4 | 19,7 | 34,8 |
| Friesland | 4 | 63 | 33 | 2,7 | 42,8 | 20,4 |
| Drente | 18 | 13 | 69 | 33,3 | 24,0 | 127,7 |
| Overijssel | 10 | 40 | 50 | 17,3 | 69,2 | 86,5 |
| Gelderland | 14 | 21 | 65 | 30,4 | 45,5 | 141,1 |
| Utrecht | 16 | 15 | 69 | 2,9 | 2,7 | 12,4 |
| Noord-Brabant | 21 | 37 | 42 | 48,3 | 85,1 | 96,6 |
| Limburg | 40 | 46 | 14 | 44,4 | 51,1 | 15,5 |
| Totaal in 1000 ha | | | | 184,4 | 335,1 | 534,3 |
| Totaal in procenten | | | | 17,5 | 31,8 | 50,7 |

Een onderscheiding naar vaste kosten en kosten van onderhoud en gebruik, die met de totaal te vervoeren hoeveelheden water samenhangen, voert tot het volgende overzicht.

Kosten van verstrekken van x mm water per ha en per jaar:

$$\begin{array}{ll} \text{peilregeling} \dots\dots 60\sqrt{x_{\max.}} + 0,10 \times \text{tot.} \\ \text{beregening} \dots\dots 100 \quad \quad \quad + 0,75 \times \text{tot.} \end{array}$$

Hierin geeft $x_{\max.}$ het maximale debiet aan, dat door de leiding vervoerd moet worden en x tot. de aanvoer over het gehele groeiseizoen.

Zou men 150 mm met beregening moeten aanvoeren, terwijl dit bij peilregeling 2 mm per etmaal voor verdamping en 100 mm over het groeiseizoen van 150 dagen ter compensatie van ondergrondse afvoer zou vergen, dan zou de kostenvergelijking als volgt worden:

$$\begin{array}{ll} \text{Kosten: peilberekening: } 60 \sqrt{2 + \frac{100}{150}} + 0,10 (150 + 100) = f 123,- \\ \text{beregening: } 100 \quad \quad \quad + 0,75 \times 150 \quad \quad = f 212,50 \end{array}$$

Men kan berekenen, dat bij 2 mm aanvoer per dag, 150 dagen lengte van het groeiseizoen en 150 mm totale waterbehoefte over de gehele groeiperiode eerst bij een ondergronds vochtverlies van meer dan 550 mm de peilregeling duurder zou worden dan de beregening.

Bij kapitalisatie tegen 5% zou men verder kunnen berekenen, dat aan egalisatie en aanleg van infiltratiedrains men tot f 1 800,— zou kunnen uitgeven eer ook weer in dit geval het punt bereikt wordt, waar peilregeling een hoger totaal kostenbedrag per jaar en ha bereikt dan beregening. Hieruit blijkt wel, dat de ondergrondse verliezen het resultaat van de vergelijking van de beide methoden minder beïnvloeden dan een eventuele noodzaak van egalisatie.

Verder kan men berekenen, dat bij onregelmatige watertoevoer, waarbij om tot eenzelfde totale hoeveelheid x tot. te komen het maximale debiet $x_{\max.}$ hoger dient te worden genomen, bij 11 mm maximaal debiet de kosten van beregenen en peilregelen gelijk worden.

De betekenis hiervan zal sterk afhangen van het al of niet noodzakelijk gebruiken van het leidingstelsel voor de waterafvoer in de winter.

Men mag uit het voorgaande concluderen, dat aanpassing aan of wijziging van de hoogtetopografie het economisch belangrijkste probleem is. De ondergrondse waterverliezen vormen het economisch probleem, dat in belangrijkheid hierop volgt, terwijl het onregelmatige afnemen van water het in belangrijkheid daarop volgend probleem vormt.

4. DE MAXIMALE AANVOERCAPACITEIT VAN DE LEIDINGEN

Wanneer wateronttrekking aan de ondergrond op omvangrijke schaal niet mogelijk is, zal voor beregening water van buiten moeten worden aangevoerd. Hetzelfde

geldt, indien een afwezigheid van ondoorlatende lagen peilregeling met water uit de ondergrond onmogelijk maakt. In deze gevallen komt de vraag naar voren, hoe groot het stelsel van aanvoeringen moet worden bemeten.

De benodigde aanvoercapaciteit van de leidingen hangt ten dele af van de water-voorraad in de grond en de klimatologische omstandigheden. Daarnaast is echter de ongelijkmatigheid, waarmede men water afneemt van belang. Wacht men in het voorjaar tot de gewassen verwelken en gaat men dan snel het watertekort aanvullen, dan zal de noodzakelijke capaciteit van wateraanvoer vrij wat hoger moeten worden gekozen, dan bij een regelmatige aanvoer die reeds in het vroege voorjaar aanvangt.

Een zo laag mogelijke maximale aanvoercapaciteit kan men het beste baseren op de verdampingscijfers zoals die thans uit klimatologische gegevens kunnen worden berekend (VAN WIJK, DE VRIES en VAN DUIN, 1953; VAN WIJK en DE VRIES, 1954; MAKKINK, 1955). Over de werkelijke verliezen die met het karakter van de vocht-houdendheid van de grond veranderen is nog onvoldoende bekend om daarmede reeds rekening te kunnen houden. Ondergrondse waterverliezen kunnen wegens hun variabiliteit en wegens de omstandigheid dat wat wegzakt elders weer beschikbaar komt, beter als onderdeel van een bepaald project worden berekend en aan de maximale aanvoercapaciteit worden toegevoegd.

De regenvalcijfers vormen een tweede uitgangspunt voor de bepaling van de aanvoercapaciteit. Zij dienen te worden gesorteerd naar de kansen op perioden van opklimmende lengte en afnemende regenval. Ook deze wijze van samenvatten is onderwerp van studie en kan worden gegeven in een vorm die zich speciaal op de waterbeheersing richt (VISSER, 1955).

Als laatste bouwsteen is de bodemkaart van belang, welke de bodemverschillen weergeeft in mm waterhoudend vermogen, dat voor de plant toegankelijk is. Ook deze

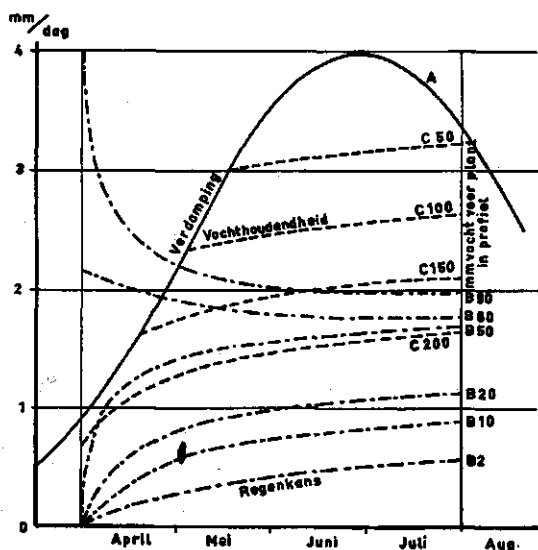


FIG. 2.

Diagram, waarbij uit de samenhang tussen regenval, verdamping en vochthoudend vermogen van de bodem, de hoeveelheid aan te voeren water, vereist om droogteschade te voorkomen, af te lezen is.

FIG. 2.

From this diagram of the relation between rainfall, evaporation and capacity of the soil to retain moisture, one can read the quantity of water necessary to prevent damage during dry spells.

Cette diagramme, indicateur de la relation entre la précipitation, l'évaporation et la capacité de la terre de retenir l'eau, donne aussi la quantité d'eau nécessaire pour prévenir une perte causée par la sécheresse.

kaart wordt thans vervaardigd en zal binnenkort voor het gehele land ter beschikking staan (PONS, 1955).

In figuur 2 zijn deze gegevens in een enkel diagram samengevat. Lijn A geeft de verdampingscurve aan. Uit de regenfrequentiediagrammen zijn de lijnen B2 tot B90 geconstrueerd, die aangeven in welk percentage van de jaren drogere omstandigheden dan door de lijn voor de regenkans aangegeven, verwacht mogen worden. De lijn geeft aan welke gemiddelde dagregenval in mm men mag verwachten, dat deze, tussen 1 april en een te kiezen datum op de horizontale as, niet zal worden bereikt met een kans als bij de lijn aangegeven.

Zo zal men eens per 10 jaar in de maand april minder dan $30 \times 0,6$ mm regen mogen verwachten, over april en mei samen minder dan $60 \times 0,8$ mm en over 4 maanden na 1 april minder dan $120 \times 0,9$ mm.

De vochthoudendheid van de grond wordt verantwoord door de lijnen C50 tot C200. Deze zijn zo in de figuur aangebracht, dat de aan te voeren waterhoeveelheid, die men kan uitmeten als de verticale afstand tussen de B- en C-lijnen een constante waarde voor de opeenvolgende maanden aanneemt. De getalwaarden achter de C geven het aantal mm vocht in het profiel aan dat men aan het profiel maximaal wil laten onttrekken. Dit bedrag zal over het algemeen lager zijn dan het vochthoudend vermogen van het profiel.

Wanneer men een droogte, die eens per 10 jaar verwacht mag worden, als uiterste geval neemt en in nog minder regenrijke jaren dus een zekere droogteschade aanvaardt en uit het profiel tot 100 mm water maximaal wil laten onttrekken, kan afgelezen worden, dat dagelijks 1,7 mm water zal moeten worden aangevoerd. Bij ondergronds waterverlies moet hieraan dan nog een toeslag worden gegeven. Tot begin mei zal deze hoeveelheid van 1,7 mm zelfs niet nodig zijn wegens de geringe verdamping. Men zou dus, naar uit figuur 2 uitgemeten kan worden, nog een vochttekort van 50 mm kunnen aanvullen wanneer dat tekort na een droog voorjaar op 1 april eventueel zou blijken te bestaan. Voor elke 10 mm groter of kleiner vochthoudend vermogen van het profiel neemt de maximale behoefte aan wateraanvoer met 0,1 mm af of toe.

Uit figuur 2 kan men velerlei gevallen uitmeten. Begint men met de wateraanvoer bijvoorbeeld een maand te laat en wil men deze achterstand in de volgende maand inhalen dan moet bij dezelfde veronderstellingen als in het vorige cijfervoorbeeld de dagaanvoer van 1,7 mm tot 2,9 mm worden verhoogd.

Ook kan men uitmeten, dat een grond met 100 mm beschikbaar water eens per 10 jaar meer dan 187 mm wateraanvoer zal behoeven om droogteschade te voorkomen.

Het diagram in figuur 2 lijkt een zeer eenvoudig overzicht van de waterbehoefte te geven en het lijkt gewenst te overwegen, dit voor alle provincies te vervaardigen.

5. DE VERGELIJKING VAN WATERBEHEERSINGSMETHODEN

Berekening is in ons land veel jonger dan peilregeling. Het is misschien daarom, dat de berekening zoveel beter bestudeerd is, zowel wat ontwerp, als wat gebruik en bedrijfsaanpassing betreft, dan dat dit bij de zoveel oudere peilregeling het geval is. De kennis, zowel door onderzoek als door ervaring verkregen, is echter nog te een-

zijdig. Berekening is vooral toegepast als een bedrijfsmaatregel op lichtere zandgronden, met water dat aan de ondergrond wordt onttrokken. Verder is deze ervaring opgedaan onder omstandigheden, waarbij de wateronttrekking van de ene put nog niet door die aan vele andere wordt gestoord.

De peilregeling kennen wij het beste met water van buiten het gebied, in waterschapsverband op grote oppervlakten vlakliggend goed polderland toegepast.

Voor een goede vergelijking van beide methoden zal het van belang zijn, te weten hoe het resultaat wordt beïnvloed door de wijze van waterontlening, de grootte van het gebied, de bodemkundige toestand wat betreft vochthoudendheid, doorlatendheid en hoogtetopografie. Tegenover de bedrijfsberekening met water uit de ondergrond zou men gaarne willen stellen de gezamenlijke berekening van grote gebieden met van buiten aangevoerd water. Naast de waterschapsgewijze peilregeling zou gesteld moeten worden het opzetten van sloten en greppels in eigen bedrijf met water uit een put.

a. De herkomst van het water

Bij aanvoer van water van buiten het gebied dienen werken van grote omvang te worden aangelegd wanneer men althans waterbeheersing op grote gebieden wil gaan toepassen. Veelal zal gepompt moeten worden. De kosten van dit pompen worden veelal als een ernstig bezwaar gezien, maar dit zal blijken, sterk mee te vallen. De aanleg van de aanvoerkanalen zal wel zeer kostbaar zijn (HUBERTS, 1955). Men zal van bestaande kanalen gebruik moeten maken dan wel de vergroting van afvoercapaciteit, waar die nodig mocht zijn, in een zodanige vorm moeten uitvoeren, dat hiervan ook de aanvoer profiteert.

Door water van buiten aan te voeren zal men de afvoer doen toenemen en op sommige plaatsen ernstig wateroverlast kunnen krijgen. Ook bij beregenen met water uit kanalen dient hierop te worden gerekend wegens de vermindering van het vochtbergend vermogen bij vochtig gemaakte grond. Men zal de trancheleidingen zo moeten traceren, dat de afvoerleiding van een hoger gelegen gebied gebruikt kan worden als de toevoerleiding van het lager gelegen gebied. De kosten rusten dan niet alleen op de wateraanvoer.

Het kan van belang zijn, diep ontwaterde gebieden in het voorjaar met water te vullen en zo een watervoorraad te vormen en gelijktijdig de vochtuithouding van deze gronden wat te verbeteren. Bij diep ontwaterde gronden heeft een hoge winterstand waarde voor het produktievermogen, ook al is de zomerstand laag (BLOEMEN, 1951).

In een afzonderlijke bespreking van de opzet van een peilregelingsplan zal op waterverdeling en mogelijke onderlinge hinder door watergebruikers nog nader worden ingegaan.

Bij de onttrekking aan putten dreigt bij massaal pompen een daling van de grondwaterpotentiaal. Speciaal bij wat minder doorlatende gronden kan dit moeilijkheden veroorzaken, die slechts door diepe pompkelders of diepwelpompen kunnen worden opgeheven. Waar men water van onder een ondoorlatende laag wegpompt kan eveneens aan het massaal oppompen een grens zijn gesteld. Het zal van belang zijn, van de diepere ondergrond van daarvoor in aanmerking komende delen van ons land een

overzicht te ontwerpen, waaruit kan blijken, of de moeilijkheden die men vermoedt binnen een grens liggen, die voor de landbouw belangrijk is. Waar men voor beregening voldoende water van onder een slecht doorlatende laag kan oppompen, bestaat zowel de mogelijkheid dit water voor beregenen te gebruiken als voor peilregeling.

Omtrent studies betreffende de invloed van wateroppompen op de grondwaterstand in zandgronden met goed grondwaterpeil, alsmede omtrent de onderlinge invloed van onttrekking, regenval en grondwaterdiepte wordt door anderen gerapporteerd (VAN NES, 1957).

b. De eigenschappen van de bodem

De betekenis van het vochthoudend vermogen ter bepaling van de maximale aanvoer van water werd reeds eerder besproken. Bij beregening is echter nog van belang, dat de hoeveelheid water, die men ineens kan geven, bij groter vochthoudend vermogen groter kan zijn, waardoor de behoefte aan werkkraft voor het in bedrijf hebben van de beregeningsapparaten gunstiger uitvalt. Beregening zal minder arbeidsmoeilijkheden geven naarmate de grond vochthoudender is, maar zal, afhankelijk van dezelfde vochthoudendheid, minder opbrengstvermeerdering geven. Er zal dus ergens een waarde zijn aan te geven, waar beregening het beste werkt.

Bij weinig vochthoudende gronden zal men vrijwel steeds een goede doorlatendheid aantreffen, wat een voordeel is voor peilregeling. Wanneer het maaiveld voldoende vlak ligt, lijkt de voorspelling dan ook niet gewaagd, dat bij de lichtste gronden peilregeling het meest in aanmerking komt. De huidige praktijk toont bij de bollengronden de juistheid van deze stelling wel aan. Bij zeer ondoorlatende gronden krijgt onder bepaalde omstandigheden, zoals bij de vroege aardappelbouw in Geestmerambacht, de beregening nog een goede kans. Het minder gunstige resultaat op knipgronden zou wellicht nog eens nader bezien moeten worden.

De grote betekenis van ongelijke hoogteligging is voldoende bekend. Op de mogelijkheden van eenvoudiger egalisatiemethoden zal nog afzonderlijk worden gewezen.

Ten slotte mag er nog op worden gewezen, dat ondoorlatende lagen tot 80 cm diepte bij beregening een voordeel kunnen betekenen, maar bij peilregeling een nadeel vormen. Veel moeilijkheden brengt dit verschil in eisen echter niet teweeg, omdat in de huidige ontwikkeling beregening eerst komt en er voor eventueel later in toepassing brengen van een peilregeling niets is geschied dat weer hersteld zou moeten worden.

c. De grootte van de waterbeheersingseenheid

Bij beregening is de eenheid van aanpakken het bedrijf. Dit heeft vele voordelen. De beslissingen liggen in één hand en zijn snel te nemen. De vooruitstrevende landbouwer is vrij en wordt door minder voortuitstrevende vakgenoten niet geremd. Wel staan hier nadelen tegenover. Het versnipperde bedrijf is technisch moeilijk te helpen. Een goed aaneengesloten vorm is veel minder kostbaar te beregenen. Verder valt de beregeningsactiviteit in een drukke tijd. Een goed gebruik van deze methode van waterbeheersing stelt nogal hoge eisen aan de bedrijfsleiding.

Grotere gebieden kan met coöperatief aanpakken, waarbij de moeilijkheden van de versnippering van het bedrijf of de eisen aan tijd en aan kennis alle een goede oplossing kunnen vinden. Een coöperatie is als organisatievorm echter nog aan enkele bedenkingen onderhevig. Men zou er een oplossing voor moeten vinden dat voor het leggen van de transportbuizen de eigendomsgrenzen van wie niet meedoet geen hinderpaal in de weg kunnen leggen. Ook de mogelijkheid van uittreden uit de coöperatie kan op velerlei wijzen moeilijkheden geven. Een organisatievorm met wat grotere bevoegdheden zou wenselijk zijn.

Bij vergroting van het gebied zal men snel een grens bereiken, waarboven van een coöperatieve opzet weinig voordelen meer zijn te verwachten, maar wel meer nadelen. Beregening is naar zijn aard het meest geschikt voor eenheden van enkele tientallen ha.

Peilregeling is eveneens per bedrijf uitvoerbaar en heeft daarbij behoudens het nadeel van de randverliezen alle voordelen die ook bij beregening werden genoemd, terwijl de nadelen van inpassing van deze methode van water geven in het bedrijf wat minder groot zijn. Versnippering is hier echter ook een groot bezwaar.

Wanneer men tot grotere eenheden overgaat verminderen de nadelen snel, betrekkelijk onafhankelijk van de bereikte grootte. Peilregeling is een waterbeheersingsmethode, die zich bij voorkeur in waterschapsverband zal moeten realiseren. Wanneer men daarbij echter de richting zou uitgaan van watertoewijzing via meetstuwen met tussenkomst van watercontroleurs, zal men de uitvoering in eenheden van geringe omvang moeten opdelen. Een systeem, dat geheel op de automatische regeling van peilen gebaseerd is, kan het zonder de watertoewijzing naar tijd en hoeveelheid stellen en vergt geen staf van controlerende beambten. Deze methode is daardoor niet in grootte beperkt en zal ook verder bepaalde voordelen bezitten, die een regeling heeft die werkt zonder tussenkomst van bepaalde ambtenaren en zonder het nemen van de moeilijke beslissingen, die zich voordoen bij verdeling van begeerde zaken als water en gunstige toevoertijden. Het valt te voorzien, dat de automatische methode van peilregeling lagere maximale debieten zal vergen en in dit opzicht goedkoper zal zijn.

Het lijkt dan ook juist, hierna het peilregelingsstelsel, dat voor nadere uitwerking in aanmerking moge komen, in algemene trekken te schetsen.

6. HET ONTWERP VAN EEN PEILREGELINGSPLAN

Bij het opstellen van een grondwaterpeilregelingsplan dient men aan een aantal punten aandacht te schenken. Deze kunnen in vier groepen worden ingedeeld.

1. De waterstand moet zich binnen een bepaalde variatiebreedte aanpassen aan de maaiveldtopografie. Deze variatiebreedte zal van de orde van 30 tot 40 cm mogen zijn. Wanneer dit door plaatselijke grondwaterpeilcorrecties mogelijk is, zal dit aanzienlijk lagere kosten met zich brengen dan wanneer de ontwateringsdiepte door egalisatie zou moeten worden geregeld. Ten aanzien van de egalisatie zal men zich er wel van dienen te vergewissen hoe het grondverzet, gezien de eisen van grond en gewas, zo goedkoop mogelijk kan worden uitgevoerd.
2. De optimale waterstand zal tijdens regen en droogte zo goed mogelijk moeten worden gehandhaafd. Hiertoe dient het infiltratiesysteem voor alle percelen volgens

gelijke normen te worden berekend, terwijl het slootpeil, dat drainage en infiltratie beheerst, over het gehele gebied op een bij het waterbeheersingssysteem aangepaste wijze dient te worden ingesteld.

3. Het grondverzet voor de leidingen dient zo klein mogelijk te worden gehouden door het aan te passen aan de ondergrondse waterafvoer en door gebruik te maken van plekken waar het water gemakkelijk tot indringing komt. Een goede richtlijn zal daarbij zijn er voor te zorgen dat het bij stroming optredende drukhoogteverlies zoveel mogelijk wordt verbruikt door stroming door de grond en zo weinig mogelijk door stroming door open leidingen.
4. Het plan dient wat betreft het aantal en de aard van de kunstwerken rekening te houden zowel met de kosten van aanleg als met de waarschijnlijkheid dat het gewenste zeer zorgvuldige gebruik van alle waterbeheersingsmiddelen zal lijden onder een teveel aan te verzorgen stuwen.

a. De tolerantie in de ontwateringsdiepte

Ten aanzien van de nauwkeurigheid, waarmede grondwaterspiegel en maaiveld evenwijdig aan elkander lopen, mogen geen te extreme eisen worden gesteld. Afgewogen zal moeten worden, wat men wint aan produktievermogen door de nauwkeurigheid van de vlakke ligging van het maaiveld te vergroten en welke kosten dit zal vergen. De ontwateringsdieptecurve voor de gewassen kan een inzicht geven in de invloed op het produktievermogen, zie figuur 3.

Deze figuren tonen steeds weer aan, dat men bij slechte ontwatering zeer nauwkeurig op onregelmatigheden in de hoogteligging zal moeten letten, maar dat men bij optimale ontwatering een vrij ruime tolerantie heeft. Afwijkingen tussen de grootste en kleinste ontwateringsdiepte van 30 à 40 cm geven veelal nog geen opbrengstdalingen van ontoelaatbare grootte. De eisen van egalisatie zijn bij peilregeling van geheel andere orde dan bij bevoeiing.

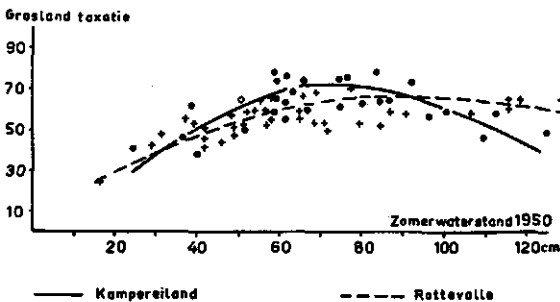


FIG. 3. Indien de ontwateringsdiepte optimaal is, zullen oneffenheden in het terrein geen grote invloed op het produktievermogen uitoefenen.

FIG. 3. *If the depth of drainage is the best, the ruggedness of the soil will have no great influence on the yielding-capacity.*
La profondeur de drainage étant de meilleure, les inégalités du terrain n'influenceront pas fortement les moyens de production.

Men kan de grenzen van zijn afdelingen met gelijk peil dus met enige vrijheid kiezen en alleen de plekken, die meer dan 15 tot 20 cm boven of onder het gemiddelde maaiveldvlak liggen, uitlagen of ophogen.

b. De begrenzing van de peileenheden

De begrenzing van de peileenheden volgt uit de ontwateringsdieptecurven, de grondwaterdieptekaart, de hoogtekaart en de bodemkaart. Uit de bodemkaart en de ontwateringsdieptecurven kan voor elk der waterstandsopnemingspunten in het gebied voor de gemiddelde werkelijke grondwaterdiepte de oogstdepressie worden aangegeven. Hierbij kan worden aangegeven, of de depressie door te hoge of te lage standen ontstond. Dergelijke overzichten kan men tevens maken voor veronderstelde waterstanden, die een opklimmend aantal decimeters hoger of lager liggen dan de gemiddelde ontwateringsdiepte.

Door in deze reeks kaarten de gebieden te omgrenzen met een opbrengstdepressie die binnen vooraf vastgestelde grenzen blijft, krijgt men een overzicht zowel van de stijging of daling, die het huidige grondwatervlak dient te ondergaan als van de grenzen, die men aan de eenheden met een gelijke peilcorrectie dient te geven.

De volgende stap bestaat uit het maken van een kaart, die zowel de peilcorrectieafdelingen als de hoogtelijnen voor de gewenste grondwaterspiegel geven. De aanvoeren afvoerleidingen, die het water moeten vervoeren dat de correctie aan de veelal hellende grondwaterspiegel moet teweeg brengen, zullen in grote trekken evenwijdig aan de hoogtelijnen van het gewenste grondwatervlak moeten lopen. Daar ten aanzien van de ontwateringsdiepte enige tolerantie mogelijk is, zal men voor het tracé van deze leidingen in horizontale richting een zekere speling kunnen toelaten, die afhangt van de toelaatbare verticale speling. Naarmate het terrein meer helt, zal deze horizontale speling geringer, naarmate het terrein vlakker ligt zal hij groter mogen zijn. Van deze horizontale speling in het tracé van de watergangen zal men een goed gebruik kunnen maken, bijvoorbeeld door de nieuwe leidingen aan te passen aan de bestaande perceelsindeling.

Ten slotte dient men op de kaart aan te geven, waar de terreinhoogte binnen het peilcorrectiegebied zoveel van het gemiddelde afwijkt, dat ter voorkoming van te grote oogstdepressie gewenst is, of wel uit nieuwe sloten vrijkomende specie met voordeel kan worden verwerkt.

c. De richtlijnen voor minimale egalisatie

Bij egalisatie wordt in het huidige tijdsbestek vooral veel aandacht gegeven aan de problemen van de mechanische uitvoering en worden in verband met de noodzaak, de kosten zoveel mogelijk te drukken, de vragen van hydrologische en bodemkundige aard niet steeds voldoende als richtlijn voor de uitvoering gekozen. De volgende overwegingen kunnen echter evenzeer van belang zijn om de kosten van uitvoering laag te houden.

1. Egalisatie onder helling. Het doel van egalisatie moet zijn overal een gelijke diepte van ontwatering te scheppen. Waar het grondwater een helling vertoont dient aan het maaiveld eenzelfde helling te worden gegeven. Zou tot horizontale ligging worden geëgaliseerd, dan zou dit vrijwel steeds meer grondverzet vergen, terwijl een deel van het perceel te hoog boven het grondwater komt te liggen, een ander deel een onvoldoende ontwatering krijgt. De kosten nemen toe en het resultaat neemt daarbij af. De andere doelstellingen, die men met egalisatie nastreeft, hebben zelden nadeel van het op helling leggen, zodat het aanpassen aan de grondwaterspiegel wel als richtlijn kan worden genomen.
2. Het terugzetten van de bouwvoor. Wanneer men de bouwvoor terugzet betekent dit 1000 tot 2000 m³ meer grondverzet. Het doel van dit grondverzet is het behouden van het grotere vochthoudend vermogen van de bovengrond en de voorraad meststoffen, die in de bovenlaag aanwezig is. Het zal van belang zijn na te gaan hoe hoog men de waarde van de meststofvoorraad mag aanslaan. Vermoedelijk zal dit bedrag bescheiden zijn tegenover de kosten van het terugzetten van de bovengrond.

Ten aanzien van het vochthoudend vermogen mag worden opgemerkt, dat bij een optimale ontwateringsdiepte de betekenis van een humusgehalte van de bouwvoor maar zeer gering is. Wordt hieraan nog een goede waterbeheersing toegevoegd, dan bestaat er weinig twijfel meer over, dat het vochthoudend vermogen van de grond van geringe betekenis is en wellicht zelfs zonder betekenis zal zijn. Figuur 4 geeft het resultaat van een onderzoek weer waar de invloed van de grondwaterdiepte en de dikte van de humeuze laag op de opbrengst wordt weergegeven, een resultaat dat met meerdere andere zou zijn aan te vullen.

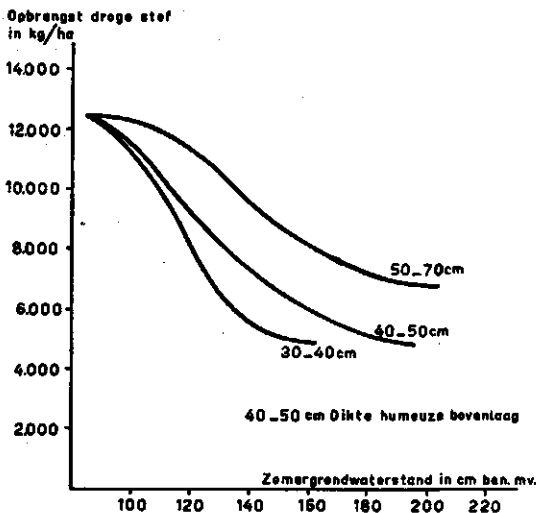


FIG. 4.

Verband tussen zomergrondwaterstand en opbrengst van voederbieten op zandgrond bij verschillende dikte van de humeuze bovenlaag. Overgenomen uit: W. H. SIEBEN: Het verband tussen grondwaterstand en opbrengst in het Veluwegebied ten Z.O. van de toekomstige Oosterpolder. Voorlopig rapport Dir. Wieringermeer, 1950.

FIG. 4.

Relation between the groundwater level in summer and the yield of fodder beets on a sandy soil with variable thickness of the humus-layer.

Relation entre la nappe souterraine en été et le rendement de betteraves en cas d'un sol sablonneux avec une couche d'humus de grosseur variante.

Opbrengst droge stof = yield (dry matter) = rendement (matière à sec).

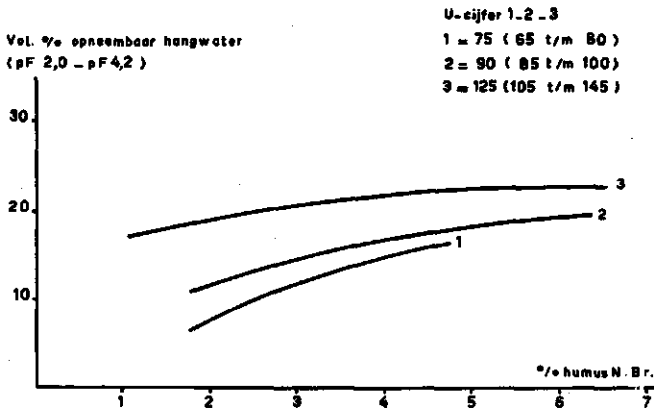


FIG. 5.
Verband tussen de hoeveelheid voor de plant opneembaar water en het humusgehalte bij zandgronden met een verschillend U-cijfer.

FIG. 5. Relation between the amount of water assimilable by the plant and the humus content of sandy soils with a varying U-figure.
Relation entre la quantité d'eau que la plante peut assimiler et la teneur en humus en cas des sols sablonneux avec un chiffre U différent.

Een ander punt van belang is of de ondergrond inderdaad wel een veel geringer vochthoudend vermogen heeft dan de bouwvoor. Wanneer het profiel uit fijne zanden bestaat, zijn vergissingen op dit punt niet uitgesloten.

In figuur 5 wordt weergegeven, hoe de hoeveelheid voor de plant opneembaar water afhangt van het humusgehalte, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de grofheid van het zand, weergegeven door het U-cijfer. Uit deze figuur blijkt wel dat bij fijnzandige gronden een achteruitgang van het humusgehalte veel minder afneming van het vochtbergend vermogen veroorzaakt dan bij grofzandige gronden. Men dient wel te overwegen of de grotere kosten van het terugzetten van de bouwvoor door een geringe toeneming van het vochthoudend vermogen wordt gewettigd. Een grove maat daarbij kan zijn, dat een toeneming per ha van het vochthoudend vermogen met 1 m³ bij droogtegevoelige gronden ongeveer een toeneming van de waarde van de grond met zich brengt van f 1,—. Wanneer men nu gemiddeld door terugzetten van de bouwvoor omstreeks 5 volumeprocenten vochtbrengend vermogen of 10 tot 15 mm vocht kan winnen, dan bedraagt de winst in waarde van de grond f 100,— tot 150,— en mag er aan dit terugzetten omstreeks f 500,— worden ten koste gelegd.

Het egaliseren zal bij volledige waterbeheersing volgens veel eenvoudiger methoden mogen worden uitgevoerd dan thans gebruikelijk zijn. Zelfs zonder waterbeheersing is het de vraag of de egalisatie volgens de huidige gebruiken niet een te grote investatie nodig maakt.

3. Het egaliseren in algemeen verband. Bij waterbeheersingswerken zal het gewenst zijn het egalisatiewerk aan te pakken zonder beperking door eigendomsgrenzen. Het is de vraag of dit thans reeds mogelijk is binnen een andere wet dan die voor de ruilverkaveling. De minst kostbare oplossing zal vereisen, dat men

grond van het ene perceel naar het andere brengt, dat men de specie uit nieuw gedolven sloten in de lage gedeelten voor ophoging kan gebruiken enz. In dit licht gezien zijn vele van de huidige egalisaties minder doelmatig, omdat na de egalisatie de maaiveldshoogte niet met de meest gewenste boven het grondwaterniveau overeenkomt. Men zou wellicht reeds thans bij kostbare objecten van grondverzet zich een beeld moeten vormen van de toestand, die in een toekomstig waterbeheersingsplan het beste zou passen.

d. De berekening van infiltraties

Het handhaven van de waterstand, die voor elk moment van het jaar als de optimale kan gelden, vereist het instellen van het peil in de sloten op zodanige hoogte, dat een teveel aan water uit het land snel kan afvloeien, of in het tegenovergestelde geval een tekort aan water snel kan worden aangevuld. Dit vereist een zorgvuldige berekening van het drainage-infiltratie-systeem, zodat bij gelijke stijging van het slootpeil overal een ongeveer gelijke capaciteit van infiltratie of drainage wordt verkregen. Daarnaast dient het slootpeil over het gehele gebied snel op het gewenste peil te worden gebracht waardoor de afvoer uit – of het indringen van het water in – de akker wordt gestimuleerd, zodat de grondwaterspiegel na een verstoring weer op de juiste hoogte wordt gebracht.

De slootafstand kan in een aantal gevallen zo worden gekozen, dat geen verdere hulpmiddelen nodig zijn om bij een bepaalde peilverandering in deze sloten 2 of 3 mm water in het land te doen binnendringen. In tabel 4 is aangegeven, welke voorwaarden van leemdiepte en doorlatendheid vervuld moeten zijn om met 50 m slootafstand en een verval van de 3 mm water per etmaal tot indringen te brengen, die voor een constant houden van het grondwaterpeil nodig zijn. De vereiste leemdiepten en door-

TABEL 4. Noodzakelijke doorlaatfactor K bij slootafstand 50 m en hydraulische straal sloot 0,5 m voor opklimmende drukhoogte m en een watertoevoer van 3 mm per etmaal

| Leemdiepte beneden maaiveld | Factor d volgens HOOGHOUDT afgerond | Waarde van m | | | | | | Vermenigvuldigfactor voor K voor slootafstand 100 m |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | |
| 1,00 | 0,50 | 18,8 | 9,4 | 6,2 | 4,7 | 3,3 | 3,1 | 4 |
| 1,25 | 0,75 | 12,5 | 6,2 | 4,2 | 3,1 | 2,5 | 2,1 | 4 |
| 1,50 | 1,00 | 9,4 | 4,7 | 3,1 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 4 |
| 1,75 | 1,25 | 7,5 | 3,7 | 2,5 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 4 |
| 2,00 | 1,50 | 6,3 | 3,1 | 2,1 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 4 |
| 2,50 | 2,00 | 4,7 | 2,4 | 1,6 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 4 |
| 3,00 | 2,40 | 4,4 | 2,2 | 1,5 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 3,9 |
| 3,50 | 2,80 | 3,4 | 1,7 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 3,8 |
| 4,50 | 3,50 | 2,7 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 3,7 |
| 5,50 | 4,00 | 2,3 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 3,6 |
| 6,50 | 4,50 | 2,1 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 3,5 |
| 7,50 | 4,75 | 2,0 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 3,3 |

laatfactoren komen in voldoende grote oppervlakten in ons land voor om door middel van de kavelsloten alleen een belangrijke mogelijkheid tot verwerkelijking van de waterbeheersing te vormen.

Op andere plaatsen zullen drainage- en infiltratiestelsels nodig zijn. Ook deze zal men zo dienen te berekenen, dat men met eenzelfde drukhoogte per tijdseenheid overal evenveel water kan aan- en afvoeren.

e. Het instellen van het slootpeil

De oplossing van de vraag, hoe men over een groot gebied met verschillende peilafdelingen het slootpeil kan regelen ter compensatie van grondwaterdiepteveranderingen door regenval of verdamping, zal in een juiste opzet van het plan gelegen zijn. Het verband tussen regen of verdamping enerzijds en slootpeilregeling anderzijds is wel zeer gecompliceerd om het de landbouwers zelf te laten verzorgen. Onjuiste grondwaterstanden en grote debieten in de toevoersloten zouden hier het gevolg van kunnen zijn.

Het moet nu mogelijk zijn een stuw te construeren, die de peilen van twee peilafdelingen bij afvoer van de hoge afdeling naar de lage zodanig instelt dat tussen de peilen in het midden van de peilafdelingen een constant verschil wordt gehandhaafd. Stroomt geen water af, dan zal de stuw dit constante verschil keren. Stroomt er water af, dan moet de stuw zoveel zwichten als overeenkomt met de door de stroming verloren drukhoogte. Met deze stuwen zal het mogelijk zijn onder aan de hoofdafdeling een regelsluis zodanig te bedienen, dat het water over alle peilafdelingen ongeveer gelijktijdig met eenzelfde bedrag daalt, terwijl de aanvoer van water door de hoofdkanalen boven aan de hoofdleiding een aanvoer kan verzorgen, die wederom, afhankelijk van de regelstuw, in alle afdelingen het peil kan doen stijgen.

De automatisering van de stuwen heeft het voordeel, dat slechts weinige stuwwachters de gecompliceerde samenhang tussen het klimaat en de stand van de stuwen behoeven te beheersen. Deze stuwwachters kunnen de hantering van de stuw met grote nauwkeurigheid leren uitvoeren. Hierdoor kan de bevolking van een stroomgebied dezelfde goede waterbeheersing verkrijgen als die in onze vlakke polders, terwijl de waterbeheersing hun niet stoort in hun werk en de concentratie op de vele overige moeilijke vraagstukken van hun bedrijf.

f. De bodemeigenschappen en de plaats van de leidingen

Alleen het water dat door de grond stroomt komt de peilregeling ten goede. Het water dat door leidingen naar lager gelegen plekken stroomt vertegenwoordigt, hoewel veelal noodgedwongen, een verspilling van drukhoogte en wat betreft de aanleg van de leidingen tevens een verspilling van grondverzet. Men zal de infiltratieleidingen dan ook, zo mogelijk, moeten leggen op de plaatsen waar het water snel tot infiltratie komt. In bepaalde gevallen zal men de diepte van de sloot moeten aanpassen aan de doorlatendheidseigenschappen van het profiel. Op deze doorlatende plekken kan een enkele leiding de grondwatervoorraad meer aanvullen dan een aantal leidingen op plaatsen waar de infiltratie moeilijker verloopt. Hierdoor kan het aantal leidingen worden ver-

minderd terwijl een leiding, die meer water moet transporteren een relatief kleiner grondverzet vergt, dan een aantal leidingen met elk een kleine capaciteit. Men zal de grondwaterdieptekaart en de bodemkaart moeten bestuderen om de plaatsen te vinden waar de leiding het beste kan worden gelegd.

g. Het aantal kunstwerken en de vorm van het leidingennet

Een gedetailleerde aanpassing van de peilen aan de hoogtetopografie vereist een groot aantal kunstwerken. Dit werkt echter wegens het vele werk van zorgvuldige regeling van de waterhuishouding niet in de hand en is kostbaar. Men kan dit ondervangen door het leidingennet in hoofdzaak de hoogte lijnen te laten volgen en slechts enkele leidingen de hoogtelijnen te laten snijden. Voor dit laatste zijn de waterscheidingen de aangewezen plaatsen, omdat daar het volgen van de hoogtelijnen zijn zin gaat verliezen. Ook zal hier het meeste water de grond indringen. De oude beken liggen in dit systeem als wateraanvoerleidingen op de verkeerde plaats. Zij kunnen echter, bijvoorbeeld door op de grenzen van de peilafdelingen hevelstuwen te plaatsen, als hoogwaterafvoer dienen tezamen met de leidingen over de waterscheidingen en dus in functie blijven. Alleen in deze enkele tranche kruisende leidingen zijn stuwen nodig, zodat men met een gering aantal van deze kunstwerken kan uitkomen. Ten aanzien van de mate, waarmede men op deze wijze het aantal kunstwerken kan verminderen zal veel afhangen van de hoogtetopografie van het gebied. In nauwe diepe dalen valt veel minder te bereiken dan in relatief vlakke gebieden, waar vele zijriviertjes zich geleidelijk tot een enkele beek verenigen.

7. HET SOCIALE ELEMENT EN DE WATERBEHEERSING

Bij alle plannen van waterbeheersing staat op de achtergrond, dat men technisch een systeem fraai kan opzetten en uitvoeren, maar dat uiteindelijk de landbouwende bevolking er voor moet zorgen, dat alle mogelijkheden worden uitgebuit. In dit opzicht zijn de resultaten tot dusver niet alle even tevredenstellend. Een ruim aantal in Oost-Brabant bezochte beregeningsbedrijven bleek slechts zeer weinig aan intensivering gedaan te hebben (LARDINOIS, nog niet gepubliceerd; HUBERTS, 1955). De peilregeling in Bergeyk heeft wel intensivering ten gevolge gehad, in de Zijpe is dit echter weinig het geval geweest.

In deze ontwikkeling steekt iets tegenstrijdigs. De grote belangstelling en de snelle uitbreiding van de waterbeheersing lijkt niet te rijmen met een geringe neiging, om deze vrij kostbare verbetering zich betaald te laten maken door de nieuwe mogelijkheden geheel uit te putten. Het lijkt van belang zich af te vragen, of het volgende geen verklaring kan zijn.

Het is bekend en door waarnemingen is het wel bevestigd, dat door goede verzorging van grond en gewas de verdroging wordt tegengewerkt, terwijl een te geringe zorg de verdroging versterkt naar voren doet komen. Er zal op deze wat minder zorgzaam gevoerde bedrijven een grotere behoefte aan waterbeheersing bestaan en men meent

deze groep landbouwers bij de beregeningsbedrijven ook iets veelvuldiger vertegenwoordigd te zien dan bij de bedrijven zonder waterbeheersing.

Nu betekent beregening een aanzienlijke toeneming van werk en zorg. Dit zal voor alle bedrijven een aanzienlijke verzwaring van de taak van de bedrijfsleiding betekenen iets wat speciaal op de wat minder zorgzaam geleide bedrijven moeilijkheden kan geven. De groep die thans individueel tot waterbeheersing overgaat is een zekere selectie uit de boerenstand, die zeker doortastender is, maar wellicht iets minder zorgvuldig.

Zou deze verklaring in zekere mate de spijker op de kop raken, dan zal men bij beregening moeten streven naar een coöperatieve werkwijze, waarbij een groot deel van het werk van verplaatsen en het op tijd tewerkstellen van apparaten door personeel van de coöperatie zou kunnen geschieden. Het is overigens de vraag of de problemen van goed hanteren van de beregening niet zo moeilijk zijn, dat een groot deel van de landbouwers vele malen zal afwijken van wat het beste gebruik zou zijn. Het gevolg hiervan zal zijn, dat de optimale oogst niet zal worden bereikt, zodat er alles voor te zeggen zal zijn, specialisten dit werk te laten verrichten. De betekenis van de zorgvuldige toepassing van de beregening en de vergelijking met de resultaten van peilregeling mogen dit en andere problemen hier nader verduidelijken.

Omtrent de vraag, welke invloed beregening en peilregeling op de produktiviteit van de grond heeft, bestaan er twee beschouwingen. Ten voordele van de beregening zou mogen gelden, dat men het water ter plaatse van de hoofdbewortelingszone geeft. Een verdeling van het vocht over het profiel, waarbij de grootste hoeveelheid bovenin voorkomt, zou een voordeel zijn boven een verdeling met de grootste hoeveelheid onderin. Dit laatste toch is de situatie bij peilregeling. In hoeverre dit standpunt van waarde is, staat nog niet vast.

De tweede beschouwing wijst er op, dat bij beregening de vochthoudendheid van de grond tot een minimumwaarde daalt, om dan weer opgevoerd te worden. De vochttoestand wisselt sterk en is gedurende een groot deel van de groeiperiode niet optimaal. Bij peilregeling kan gebruik worden gemaakt van de voortdurende wateraanvoer door capillaire opstijging en kan door grondwaterpeilvariaties toe te passen de vochttoestand van de grond dicht bij het optimum worden gehouden (WIND, 1955). Ten aanzien van de naar de tijd gelijkmatiger vochtigheidsgraad, die door peilregeling kan worden in stand gehouden, vergeleken met wat met beregening praktisch mogelijk is, bestaat weinig verschil van mening. Naarmate de grond een groter vochthoudend vermogen heeft, zullen de vochtvariaties minder groot zijn bij een gelijke frequentie van beregening. Een redelijk vochthoudend vermogen is bij een grond een voordeel bij wateraanvoer door beregening. Voor peilregeling is een wat grovere grond gunstig.

Welke betekenis de voor- en nadelen van de beide methoden voor de bodemproduktie hebben, zou uit een grote reeks vergelijkende proeven eerst met zekerheid kunnen blijken. Deze vele gegevens staan echter nog niet ter beschikking. Enkele gegevens uit de literatuur, samengevat in tabel 5 geven echter een indruk, die wel overeenkomt met wat men veelal verwacht, namelijk dat de ongelijkmatige vochttoestanden bij beregening een zeker produktieverlies veroorzaken. In dit opzicht zal berege-

ning vooral gevoelig zijn voor onvoldoende deskundige of weinig zorgzame hantering van de methode.

Bij peilbeheersing zullen maatregelen per bedrijf door randverliezen alleen in de meer rendabele gevallen of op minder doorlatende gronden een kans maken. Hier zou echter coöperatie ook zeer goed in aanmerking kunnen komen, omdat in dit geval de hoeveelheid werk gering en de controle op het handhaven van de meest gewenste grondwaterstand eenvoudig is.

TABEL 5. De opbrengsten met peilregeling en beregening

| Gewas | Peilregeling | Beregening | Geen water |
|---|-----------------|------------|------------|
| Rogge | 100 = 36,5 q/ha | 78 | 63 |
| Wintergerst | 100 = 30,8 | 93 | 73 |
| Haver | 100 = 44,5 | 91 | 57 |
| Naar C. STEIN DELITZCH, <i>Wasser und Boden</i> , december 1954 | | | |
| Aardbeien | 100 | 80 | |
| Naar VAN DER HELM | | | |

De grotere objecten hebben thans alleen kans in die gebieden waar toevallig water is. Hierdoor zijn nog maar weinig spectaculaire verbeteringen van droge gronden ontstaan. De grote waterbeheersingsobjecten hebben hun uitgangspunt in het polderland. Bij de hoge gronden zal de grondwaterpeilbeheersing pas een kans krijgen, wanneer de grote wateraanvoerkanalen er zijn en de helft van de ingelanden in het gebied de oprichting van een waterbeheersingsplan zijn stem geeft. Bij een dergelijke mate van belangstelling zal de waterbeheersing in waterschapsverband snelle voortgang maken. Het belangrijke verschil is toch, dat voor beregening iedereen afzonderlijk een beslissing kan en moet nemen, terwijl in waterschapsverband de uitvoering niet op de beslissing van de minderheid behoeft te wachten, maar daartegenover een meerderheid dan toch vereist is. Wat in het begin een vertraging veroorzaakt zal later tot de versnelde uitvoering zeer bijdragen.

Daarom ziet men thans de beregening sneller vordering maken dan de peilregeling. Dit zal in de toekomst echter kunnen veranderen. In figuur 6 is dit schematisch aangegeven, daarbij denkende aan de verhouding naar oppervlakte tussen de twee systemen die in tabel 3 als meest waarschijnlijk werd aangemerkt.

Hierbij mag worden opgemerkt, dat de huidige toename van het beregende oppervlak met omstreeks 1000 ha per jaar tegenover de wellicht 300 000 ha, die voor beregening in aanmerking komt nog lang niet snel genoeg gaat.

Wanneer men de toekomst van de waterbeheersing tracht te overzien, dan wordt de landbouwpraktijk voor een aantal problemen en voor een hoeveelheid werk gesteld. Voor zoverre in ons polderwezen de waterbeheersing van oudsher wordt beoefend, werd werk en problematiek in handen gelegd van de polderdeskundigen en kon de

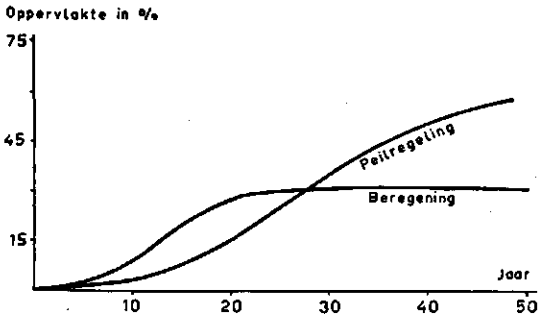


FIG. 6. Schematische voorstelling van de te verwachten ontwikkeling in de waterbeheersingstechniek.

FIG. 6. Diagram of the expected development in the technical skill of water-control.
Diagramme du développement de la technique de contrôle (régularisation) d'eau comme on peut s'y attendre.

Oppervlakte = surface.
Peilregeling = water-level regulation.
= régularisation d'eau.
Beregening = sprinkling.
= arrosage.

boer zich geheel op zijn bedrijf concentreren. Bij de beregening als jongere waterbeheersingstechniek worden werk en moeilijkheden aan de boer toevertrouwd.

Bij peilregeling investeert men de deskundigheid van gespecialiseerde ontwerpers en de zorgzaamheid van de weinige daarvoor aangestelde specialisten van het waterschap. Bij de beregening investeert men de werkkraft en het inzicht van velen, die echter nog vele andere zaken op eigen bedrijf moeten nalopen.

Peilregeling vereist een klein aantal goed opgeleide specialisten. Beregening daarentegen vergt de werkkraft van velen.

Nederland kan de specialisten zowel als de goedkope werkkraften thans wel verschaffen. Of men in de toekomst op de goedkope werkkraften mag blijven rekenen, is echter eerder de vraag dan dat de deskundigen beschikbaar zullen blijven. Het zal dan ook gewenst zijn, ook in de toekomst de voor- en nadelen op landbouwkundig technisch, hydrologisch en sociaal gebied tegenover elkander te blijven stellen en na te gaan, in welke richting de afweging van beregening tegenover peilregeling doorslaat.

8. DE RICHTING VAN DE ONTWIKKELING VAN DE WATERBEHEERSING

In de huidige tijd wint de beregening het in belangstelling en de verwachtingen, die men ervan koestert, ongetwijfeld van de peilregeling.

Men mag er echter niet op vertrouwen, dat dit in de toekomst zo zal blijven. Het zal bijvoorbeeld reeds thans van belang zijn, dat meer aandacht wordt gegeven aan peilregeling per bedrijf met water uit putten.

De eerste tijd zal wateronttrekking uit de grond en het kunnen beslissen voor eigen bedrijf de richting voor de verdere ontwikkeling wel bepalen. Men zal daarbij vooral aandacht aan het coöperatief uitvoeren van de waterbeheersing dienen te geven. Hiermede vervalt voor de beregening het nadeel van een slechte verkaveling, van ophoping

van werk in de drukke periode op het bedrijf alsmede van de noodzaak, de boer vele moeilijke beslissingen te laten nemen zoals de tijd van water geven en de te verstrekken hoeveelheden. Op deze wijze zal het mogelijk zijn tot een goede vergelijking van de beide systemen te komen en zal men kunnen bepalen, welk standpunt men ten aanzien van waterbeheersing in waterschapsverband op onze zandgronden zal moeten innemen

Hierbij dient bedacht te worden, dat ons polderland en onze vlakke zandgebieden, waar waterafvoer door open leidingen in de winter nodig is, wel alleen voor peilregeling in aanmerking komen, terwijl de gronden met grote ondergrondse afvoer en sterke geaccidenteerdeheid alleen met beregening te helpen zijn. Het vraagstuk beregenen of wel peilregelen is van belang voor een oppervlak dat voorlopig op 300 000 ha geschat mag worden. Voor het overige deel van ons land ligt de beslissing grotendeels door de de omstandigheden reeds voor de verre toekomst vast.

LITERATUUR

- BAARS, C. De kunstmatige beregening op de droogtegevoelige zandgronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 66 (1954) 625-633.
- BLOEMEN, G. W. Twee aspecten van de grondwaterdiepte. *Maandbl. Landbouwwoorlichtingsd.* 8 (1951) 388-389, fig. 2a en b.
- COMMISSIE Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland Onderzoek nog niet gepubliceerd.
- HUBERTS, M. A. J. Kunstmatige beregening op de gemengde bedrijven in Oostbrabant. *Contactblad voor bedrijfseconomie* 5 (1955) 3 (jan.) 5-10 (alleen voor intern gebruik).
- LARDINOIS, P. J. Enquête van een aantal beregeningsbedrijven in Oostbrabant. Nog niet gepubliceerd.
- MAKKINK, G. F. Toetsing van de berekening van de evapotranspiratie volgens PENMAN. *Landbouwk. Tijdschr.* 67 (1955) 267-283.
- MESU, F. P. Nog niet gepubliceerd.
- NES, B. A. VAN De invloed van grondwateronttrekking ten behoeve van kunstmatige beregening van zandgronden op de stijghoogte van het grondwater. Zie dit verslag (*11e Techn. Bijeenk. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O.*), blz. 41.
- PONS, L. J. De bodemkaart van Nederland op schaal 1 : 200 000. *Landbouwk. Tijdschr.* 67 (1955) 335-343.
- ROSSUM, H. VAN Kosten van wateraanvoer. Interne nota Cultuurtechnische Dienst. 26 januari 1955.
- VISSER, W. C. Een nomogram voor de kansverdeling van de regenval. Voordracht, gehouden voor de 7e technische bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. op 23 november 1950. *Versl. en Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O.* 2 (1955) 50-67.
- WIND, G. P. A field experiment concerning capillary rise of moisture in a heavy clay soil. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 3 (1955) 60-70.
- WIJK, W. R. VAN, D. A. DE VRIES Evapotranspiration. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 2 (1954) 105-120.
- WIJK, W. R. VAN, D. A. DE VRIES en R. H. VAN DUIN Potential evapotranspiration. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 1 (1953) 35-39.

4. WATERTABLE-REGULATION OR SPRINKLING IRRIGATION

by W. C. VISSER

The question, whether sprinkling irrigation or watertable-regulation is in place is still under discussion. The sprinkling is still done entirely with water out of the subsoil. This exhaustion of the groundwater stock does not harm too much, as the practice is very limited and the neighbours, who do not make use of sprinkling do not object to the use of groundwater.

The technical development of the sprinkling irrigation has advanced more than that of the watertable-regulation. Sprinkling can best be practised individually or in small areas. On the contrary watertable-regulation will have to be executed in large areas on a community basis. It is very difficult to reach a decision to start an amelioration of the water management for these larger projects and the experience in this sphere is limited so far.

The different aspects, which are decisive for the most suitable method, are successively dealt with in this article and their significance is considered based on the knowledge so far available.

Watertable-regulation is most suitable for half the Netherlands territory, 20 % is potentially preordained for sprinkling and for the remaining 30 % further study is required before any decision can be made.

On level land watertable-regulation is cheapest. With cost of levelling over f 1.800,— sprinkling may be more advantageous. The same applies if water losses to the subsoil are above 550 mm. a year or 11 mm. maximum daily requirements, for instance due to irregular water take-off.

When making the design the utmost advantage of the properties of moisture holding capacity, permeability and difference in altitude will have to be made, irrespective of the method of water management to be used. The watertable-regulation especially makes, with regard to the construction of the plan, high demands on the designer. For the user, however, the watertable-regulation is the least difficult. Special attention has to be paid to this social factor. Up till now water management was the task of the specialists of the catchment board. Sprinkling might be too difficult a task for the average farmer.

In a survey of the way in which a design of watertable-regulation has to be built up it is tried to find out which points the designer of the plans has to pay special attention to and which are the details, that may be considered of prime interest for the cost and the good functioning of a design.

4. LE RÈGLEMENT DU NIVEAU DE LA NAPPE PHRÉATIQUE OU ASPERSION

par W. C. VISSER

On discute toujours quand c'est le règlement du niveau de la nappe d'eau qui est de mise et quand l'aspersion. L'aspersion se fait encore complètement par le captage des eaux souterraines. Comme l'étendue est encore peu importante et que les voisins, ne se servant pas de l'aspersion, n'y voient pas d'inconvénients, elle ne pourrait nuire déjà à la réserve d'eau souterraine. Le développement technique de l'aspersion est plus avancé que celui du règlement du niveau de la nappe phréatique. En considérant sa nature, l'aspersion est une mesure à prendre pour de petites superficies et pour une exécution individuelle. Le règlement de la nappe d'eau tout au contraire devra être pratiqué sur de grandes régions comme une tâche solidaire. Il est plus difficile de décider à entreprendre ces grands travaux et les expériences faites sur ce terrain sont bien moins nombreuses.

On traitera successivement les différents aspects, qui sont déterminants pour les deux méthodes et on évaluera leur importance pour autant que les connaissances actuelles le permettent.

La moitié de la surface de la Hollande se prête le mieux le règlement de la nappe d'eau, 20 % a été prédestiné à l'aspersion et sur 30 % de la surface on ne peut se prononcer qu'après de plus amples études.

Pour le règlement de la nappe d'eau les frais sont les plus favorables sur des terrains unis. Si les frais d'égalisation s'élèvent à plus de fl. 1.800,— on préférera l'aspersion, ainsi qu'avec des pertes souterraines de plus de 550 mm par an ou un besoin quotidien de 11 mm, p.e. par suite d'un débit d'eau irrégulier.

En formant le projet il faudra tenir compte des particularités de l'humidité, de la perméabilité et de l'altitude des plans à tracer, sans tenir compte de la méthode à appliquer. C'est surtout le règlement de la nappe d'eau qui est très exigeant à la qualité des plans. Cependant, pour l'usager, le règlement du niveau d'eau est moins compliqué. Il faut surtout prêter attention à ce facteur social. La maîtrise d'eau était jusqu'ici la tâche des spécialistes de „l'association d'habitants de polders”. Il se pourrait que l'aspersion soit une tâche trop compliquée pour le fermier moyen.

Dans un aperçu résumant la façon dont il faut faire le plan pour le règlement de la nappe d'eau on a essayé de rechercher les différents points auxquels l'auteur des projets doit surtout prêter son attention et les finesses qui pourraient trancher la question des frais et du bon fonctionnement.