

III. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE BEPALING VAN DE GRONDWATERBERGING EN OVER HET GEBRUIK VAN LYSIMETERS IN VERBAND MET DE VOORGENOMEN ONDERZOEKINGEN IN DE ROTTEGATSPOLDER

S. B. HOOGHOUDT

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen

I. INLEIDING

Wanneer ik enkele opmerkingen zal maken over de bepaling van de grondwaterberging en over het gebruik van lysimeters in verband met de voorgenomen onderzoeken in de Rottegatpolder, wil ik beginnen nog even het volgende in herinnering te brengen.

Het doel van de onderzoeken in de Rottegatpolder is de bepaling van de verdamping van de grond samen met de gewassen. Drie methoden zullen daarvoor worden aangewend, nl.:

1. Via de waterbalans van de polder, waarin dus in de desbetreffende vergelijking de term *g r o n d w a t e r b e r g i n g* voorkomt.
2. Door middel van de bepaling van het verticale damptransport, welke bepaling door verschillende omstandigheden slechts in enkelvoud, d.w.z. voor één gewas op één perceel kan plaats vinden.
3. Door middel van lysimeteronderzoek of daarmede verwante onderzoekingsmethoden. Deze methode zal dan voornamelijk de verdampingswaarde van verschillende gewassen ten opzichte van elkaar moeten vergelijken.

Naast de methode, die de gehele polder als het ware als één lysimeter beschouwt, — dus de zo te noemen waterbalansmethode — is het ook mogelijk de gemiddelde verdamping van de gehele polder te bepalen door de verdamping voor de afzonderlijke bestanddelen, waaruit deze polder is samengesteld, afzonderlijk te meten; d.w.z. dus door de verdamping van grasland, van percelen met de verschillende, verbouwde landbouwgewassen en van het wateroppervlak in sloten en tochten ieder voor zich te bepalen. Aangezien de verticale damptransportmethode slechts de verdamping van één gewas bepaalt, dient het lysimeteronderzoek dan ook voornamelijk de onderlinge verhoudingscijfers van de afzonderlijke gewassen vast te stellen. Hierdoor is een onderlinge vergelijking tussen deze methode en de verticale damptransportmethode mogelijk, terwijl dit ook geldt voor de waterbalansmethode, aangezien bij de lysimethode of drainageveldmethode uiteraard ook de hoeveelheid drainwater zal worden nagegaan. Aangezien bij de lysimetermethode, zoals wij deze gemeend hebben te moeten aanbevelen, ook de grondwaterberging bepaald moet worden en dit ook voor de gehele polder het geval zal zijn, is ook hier nog een onderlinge vergelijking mogelijk, waarop ik korthedshalve niet terug zal komen.

Alvorens nu op deze bepaling van de grondwaterberging en op het door ons voorgestelde lysimeteronderzoek nader in te gaan, wil ik opmerken, dat, hetgeen ik hierover mededeel, het resultaat is van onderlinge besprekingen met verschillende wetenschappelijke medewerkers van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. Het is dus mede namens hen, hetgeen ik hierover verder zal opmerken.

Nu is het uiteraard mogelijk deze opmerkingen meer algemeen, dus los van de onderzoekingen in de Rottegatpolder te houden. Ik heb echter gemeend beter te doen mij te beperken tot de omstandigheden, zoals deze zich in de Rottegatpolder voordoen. Dit lijkt mij gezien de uitvoerige publicatie over lysimeters van de hand van MASCHHAUPT en in verband met de kortgeleden verschenen publicatie van DELF in *Hemel en Dampkring*, waarin het lysimetervraagstuk meer algemeen beschouwd is, des te meer geoorloofd.

Bovendien kunnen de omstandigheden, zoals deze in de Rottegatpolder voorkomen, waar de grond tot grote diepte uit klei tot zware klei bestaat, nog steeds gelden voor grote gebieden van ons land. Zandgronden, zavel- en veengronden en de typische moeilijkheden, die deze gronden geven, blijven door mij dus onbesproken.

2. DE GRONDWATERBERGING

Reeds is opgemerkt, dat deze berging een van de termen is, die in de vergelijking, die de waterbalans van een polder aangeeft, voorkomt.

Deze is zeker een van de lastigste te bepalen termen van deze vergelijking. Door grote perioden van één jaar te kiezen, scheidt men de mogelijkheid deze term te verwaarlozen. In deze vergelijking staat immers niet de grondwaterberging als zodanig, maar het verschil van deze berging bij het begin en het eind van de te beschouwen periode. Kiest men nu dit begin- en eindpunt van een jaarlijkse periode midden in het winterhalfjaar, dan verwaarloost men dit verschil ten opzichte van de andere termen, waarvan de neerslag, de verdamping, het drainwater (uitgeslagen water) en het kwelwater wel de belangrijkste zijn.

De redenering, die daarbij gevolgd was, is dan wel deze, dat midden in het winterhalfjaar de grond verzadigd is met water en dus het verschil in grondwaterberging aan het begin en einde van de genoemde periode klein zal zijn. Indien een gemiddelde van meerdere jaren wordt genomen, is dit zeker het geval. Ook bij de beschouwing van één jaar zal dit waarschijnlijk meestal toelaatbaar zijn. Toch kunnen m.i. nog relatief vrij grote verschillen voorkomen, indien de grondwaterstand bij begin- en eindpunt nogal verschillend is. Ook al heeft de grond dan zijn maximale hoeveelheid sorptiewater opgenomen, vergete men niet, dat met een daling van de grondwaterpiegel de nietcapillaire ruimten als krimpscheuren, wortel- en wormgangen enz. geledigd worden. Over het volumepercentage van deze niet-capillaire ruimten zijn wij echter slecht ingelicht. In goed doorlatende kleigronden zijn deze niet te verwaarlozen; men denke er slechts aan, dat de doorlatendheid van kleigronden voor een niet onbelangrijk gedeelte door deze ruimten wordt bepaald; het andere gedeelte van de doorlatendheid van deze gronden — dit moge terloops worden opgemerkt — wordt door capillaire ruimten bepaald met niet te verwaarlozen capillaire hanghoogten, die echter om misverstand te voorkomen doorsneden hebben, die nog steeds zeer groot zijn ten opzichte van de doorsneden der kleideeltjes, dus uit fijne krimpscheurtjes en dergelijke bestaan.

Vooraf voor het verdampingsonderzoek in de Rottegatpolder is het echter gewenst over kortere perioden — b.v. van 1 of 2 maanden — de verdamping uit de waterbalans van de polder te kunnen afleiden. In dat geval is het verschil in de grondwaterberging niet te verwaarlozen en moet dit dus worden bepaald.

Vragen wij ons daarvoor eerst eens af, van welke factoren deze grondwaterberging afhankelijk is. Deze factoren zijn voornamelijk de volgende:

1. Het slibgehalte, het humusgehalte en de fijnheid van de zandfractie van de grond.
2. De structuur van de grond.
3. De grondwaterstand.
4. De neerslag en verdamping in de periode voorafgaand aan het moment, waarop deze grondwaterberging bepaald wordt.

De invloed van de grondwaterstand is reeds besproken; als aanvulling hierop kan nog worden opgemerkt, dat onder de grondwaterspiegel het poriënvolume van de grond vrijwel geheel met water is gevuld. Het verschil in de grondwaterberging, zoals deze *alleen* bepaald wordt door het verschil in grondwaterstand, wordt, onder overigens gelijke omstandigheden, beheerst door de structuur.

In zeer dichte grondlagen — b.v. kniklagen — is het volume van de niet-capillaire ruimten zeer klein, terwijl in sterk gescheurde kleilagen dit volume aanmerkelijk zal zijn. Zo wijst een snelle daling van de grondwaterstand op niet-gedraineerd land bij overigens een matige verdamping, afgezien van de vorstperioden, b.v. op een slechte doorlatendheid van de grond, aangezien immers voor deze daling van de grondwaterstand slechts weinig water behoeft te verdampen, hetgeen weer wijst op een gering percentage niet-capillaire ruimten. Dit laatste maakt een kleine doorlatendheid van de grond mogelijk, aangezien door deze niet-capillaire ruimten de doorlatendheid van kleigronden immers voor een belangrijk deel wordt bepaald. Overigens wordt door deze structuur ook de hoeveelheid capillair water in kleigronden — dus boven de grondwaterspiegel — op analoge wijze beïnvloed. Ook deze kan dus door een daling van de grondwaterstand afnemen.

Het slibgehalte, het humusgehalte en in mindere mate de fijnheid van de zandfractie bepalen de hoeveelheid sorptiewater.

Ten slotte zal ook de mate, waarin de neerslag en de verdamping in de periode voorafgaand aan het moment, waarop men de grondwaterberging wil bepalen, uiteraard een invloed op de grondwaterberging uitoefenen.

Voor een kleigrond, waarmede wij in de Rottegatpolder te maken hebben, zal de grond heterogeen zijn in verticale en in horizontale richting ten opzichte van enerzijds het slibgehalte, het humusgehalte en de fijnheid van de zandfractie en anderzijds de structuur. De grondwaterberging reageert dus bij wijze van uitdrukking met een hogere macht op de heterogeniteit van de grond en dit maakt juist de bepaling van deze grondwaterberging zo uiterst moeilijk. Men vergete daarbij evenmin, dat de grondwaterstand in dezelfde polder van perceel tot perceel en soms zelfs van plek tot plek eveneens nog aanzienlijk kan verschillen.

In theorie zou men de grondwaterberging, of beter dus het verschil in deze berging aan het begin en eind van de te beschouwen periode, kunnen berekenen uit de waterbalans, indien alle andere termen in de vergelijking bekend zijn. Practisch zal men hieraan weinig hebben, aangezien men juist daarmede andere factoren, als de kwel of de verdamping, wenst te bepalen, nog afgezien van de omstandigheid, dat dit verschil altijd een betrekkelijk kleine grootheid zal blijven en dus als een verschil van uiteindelijk twee grotere getalswaarden zal moeten worden bepaald, waardoor de bepaling op deze wijze uiteraard minder nauwkeurig wordt.

Naar het mij voorkomt is er slechts één methode, die, rekening houdend met de reeds genoemde heterogeniteit van de bodem, deze grondwaterberging vermag te bepalen, nl. door op zeer veel plaatsen in het beschouwde gebied — dus hier in de

Rottegatspolder — vochtmonsters te nemen uit alle lagen van het profiel tot aan de diepst voorkomende grondwaterstand aan het begin en eind van de beschouwde periode. Aangenomen kan verder worden, dat onder de grondwaterspiegel het vochtgehalte constant is. Voor de Rottegatspolder wil dit zeggen, dat de lagen tot hoogstens ongeveer $1\frac{3}{4}$ m bemonsterd zullen moeten worden. Worden nu, eens voor goed, op dezelfde plaatsen, als waar de grondmonsters worden genomen, ook de volumegewichten in dezelfde lagen bepaald, dan kan dus op iedere monsterplek de hoeveelheid water berekend worden, die zich in een kolom grond van 1 cm doorsnede en tot de beschouwde diepte bevindt. Uiteraard moet het bedoelde aantal plekken zo groot zijn, dat de middelbare fout van het gemiddelde en met name ook van het verschil van twee bepalingen voldoende klein is.

In de Rottegatspolder werd de nauwkeurigheid van een dergelijke bepaling eens oriënterend onderzocht, door op een 80-tal plekken vrijwel regelmatig over de polder van ca 80 ha verdeeld vochtmonsters te nemen van de lagen van 0-10, 10-20, 20-50, 50-80, 80-120 en 120-200 cm onder het maaiveld.

Voor de laag van 0-120 cm resp. van 0-200 cm bleek de fout van het verschil van twee bepalingen 50 resp. 100 mm te bedragen, niettegenstaande het feit, dat tot de beschouwde diepte geen veen voorkomt en het humus- en slibgehalte niet al te veel verschilt, evenals de structuur van plek tot plek. Het is onnodig op te merken, dat deze fout nog te groot is. De methode moet dus worden verbeterd, waarvoor verschillende wegen open staan. Zo kan men de gehele polder splitsen in kleinere afdelingen, waarin zowel de samenstelling en structuur van het profiel als de grondwaterstand zo weinig mogelijk verschillend zijn. Uiteraard zal een hoogtekaart hierbij goede diensten kunnen bewijzen, welke hoogtekaart inmiddels gereed is gekomen. Verder kan het aantal boorplekken worden uitgebreid, b.v. door op iedere monsterplek het aantal boringen te vergroten en door te velde reeds een gemiddeld monster van overeenkomstige lagen te maken, waardoor het aantal vochtmonsters niet stijgt. Wellicht is deze fout ook te verkleinen door het correlatief verband na te gaan tussen het vochtgehalte van iedere laag en haar humus- en slibgehalte en de hoogte boven de grondwaterspiegel. Een gunstiger combinatie van de verschillende lagen zou hieruit wellicht kunnen volgen. Aangezien de fout groter wordt, naarmate de totale te bemonsteren laag dikker wordt, moet het onnodig bemonsteren van lagen worden voorkomen. Dit wil zeggen, dat bij de bemonstering rekening moet worden gehouden met de grondwaterstand, die dan ook moet worden bepaald. Naar mijn mening bestaat er dan een redelijke kans, dat na de besproken verbetering van deze methode hiermede het verschil in grondwaterberging aan het begin en eind van de te beschouwen periode met een voldoende nauwkeurigheid kan worden bepaald.

Ofschoon niet rechtstreeks samenhangend met de onderzoeken in de Rottegatspolder kan nog worden opgemerkt, dat volgens deze methode ook het waterbergend vermogen van een polder kan worden bepaald, d.w.z. de hoeveelheid water in mm, die de polder op ieder moment nog kan bergen.

Aangezien immers op allerlei tijdstippen van het jaar de grondwaterberging wordt bepaald, zal ook de maximale berging in het winterhalfjaar bekend zijn, d.w.z. de maximale hoeveelheid water, die de grond bij de dan optredende grondwaterstand bevat. Het verschil tussen deze grondwaterberging en de grondwaterberging op een ander tijdstip, geeft dan het grondwaterbergend vermogen van de polder op dit tijdstip aan. Ook de open waterberging moet hierbij dan uiteraard nog

worden opgeteld. Ofschoon hierover nog wel enkele verdere opmerkingen te maken zouden zijn, zal ik hierop niet verder ingaan.

3. HET LYSIMETERONDERZOEK

Het doel van dit lysimeteronderzoek is dus, zoals ik reeds opmerkte, de relatieve verdamping van met verschillende gewassen beteelde gronden, waaronder dus ook grasland, na te gaan. Uiteraard dient daarbij ook de hoeveelheid drainwater bepaald te worden. Is de neerslag bekend, evenals het verschil in de grondwaterberging aan het begin en het einde van de te beschouwen periode, dan is dus de verdamping te berekenen. *Uiteraard dienen deze bepalingen te geschieden in omstandigheden, die vergelijkbaar zijn met die in de Rottegatpolder.*

Om deze omstandigheden te kunnen overzien, lijkt het mij gewenst eerst iets over de bouw en de samenstelling van het profiel in de Rottegatpolder mede te delen, aangezien het te gebruiken type van lysimeter hiermede samenhangt.

Onder de bouwvoor, bestaande uit klei tot zware klei, volgt meestal een stijve knikkige tot soms kniklaag van wisselende dikte (tot 50 à 60 cm of dieper) eveneens bestaande uit klei tot zware klei.

Hieronder treedt een bruingrijze klei tot bruingrijze zware klei op, die naar onderen weker wordt. Op nog grotere diepte treedt blauwgrijze klei tot blauwgrijze zware klei op. Soms bestaat deze laatste laag ook uit zavel tot zware zavel. De gehele kleilaag is 4 tot 8 m dik. Veen komt op geen geringere diepte dan 3 m onder het maaiveld voor. Het slibgehalte varieert in de voor de lysimeteronderzoekingen van belang zijnde lagen over het algemeen betrekkelijk weinig, hetgeen eveneens voor het humusgehalte het geval is, afgezien van de graslanden, waar dit humusgehalte in de zode uiteraard groter is dan in de bouwvoor van bouwlanden.

Wil men bij de lysimeteronderzoekingen vergelijkbare omstandigheden hebben met die in de Rottegatpolder, dan dienen de profielbouw en samenstelling dezelfde te zijn.

Aangezien door het verschil in hoogteligging ook de grondwaterstanden onder het maaiveld verschillend zijn, dient verder zo mogelijk ook met deze verschillende grondwaterstanden rekening te worden gehouden, aangezien de invloed daarvan op de verdamping niet met zekerheid bekend is.

Gezien de zwaarte en de bouw van het profiel, is men in de keuze van de te gebruiken lysimeters beperkt. Gezien het feit, dat de doorlatendheid van dergelijke gronden ten zeerste door krimpscheuren en dergelijke grotere niet-capillaire gangen beïnvloed wordt, kunnen geen kleine lysimeters worden gebruikt. Het kleinste te gebruiken type zal o.i. minstens een oppervlakte van 4 m² moeten hebben. Dit laatste geldt in verband met het loslaten van de grond langs de wanden. Zowel bij dit type van lysimeter als bij het type, dat een oppervlakte heeft van enkele are, zoals dit door het Prov. Waterleidingbedrijf van Noordholland bij Castricum in gebruik is, zal de grond hierin in vergraven toestand moeten worden gebracht.

Ook al zijn de volgorde en samenstelling van de lagen dezelfde als in de natuurlijke omstandigheden, dan vertoont de structuur toch grote verschillen met die in de natuurlijke omstandigheden. Nu mag men wellicht aannemen, dat na een jaar of 5 of wellicht pas na een nog langere tijd de structuur van vrijwel alle lagen weer zo ongeveer zal zijn als in de natuurlijke omstandigheden het geval is; tenminste wat

betreft de drainwaterafvoer. Voor de kniklaag is dit m.i. zeker niet het geval. Zelfs voor een gewone kleilaag is het feit, dat zij vergraven geweest is, immers na 20 jaar en soms nog na een veel langere tijd, aan het profiel te zien, zij het dan ook, dat het waarschijnlijk is, dat de drainwaterhoeveelheid dan ongeveer weer dezelfde is als voor de vergraving. Voor knikgronden lijkt dit onwaarschijnlijk; de mogelijkheid van een belangrijke, blijvende verandering der doorlatendheid van deze laag lijkt ons zeer groot. Mocht door het vergraven van de kniklaag bovendien de opbrengst der gewassen (men denke b.v. aan de betere beworteling) en daardoor tevens de verdamping veranderd worden, dan lijkt het praktisch nut van dergelijke lysimeters gering. Toegegeven moet echter worden, dat een en ander kan meevallen. Men denke er echter in elk geval aan, dat een jaar of 5 of wellicht nog langer gewacht zal moeten worden, voordat bruikbare gegevens hiermede verkregen zullen worden. Ook bij de door ons voorgestelde en nog te bespreken methode van lysimeteronderzoek rekene men er op, dat in de eerste jaren wellicht minder bruikbare cijfers worden verkregen. Veel aanwijzingen omtrent deze kwestie vindt men niet in de literatuur, aangezien de meeste lysimeteronderzoekingen met lichtere gronden zijn uitgevoerd. Bij de zware leemgrond van de lysimeters te Rothamsted (70% slib) nam de eerste 12 jaar na de aanleg de hoeveelheid drainwater regelmatig toe van 35 tot 53% van de neerslag.

Weliswaar was de grond van deze lysimeters voorheen regelmatig bebouwd geweest en bleven de lysimeters onbegroeid, waardoor zich gemakkelijk krimp-scheuren konden vormen; hier staat tegenover, dat de grond niet vergraven werd, zodat de natuurlijke structuur in eerste instantie behouden bleef. Bij een bebouwen van de grond was de toestand wellicht eerder stationnair geworden. In elk geval zal echter op meerdere jaren bij zwaardere gronden gerekend moeten worden, voordat bruikbare gegevens worden verkregen.

Ofschoon naar onze mening deze bezwaren van dien aard zijn, dat de hiervoor genoemde lysimeters, waarbij de grond in vergraven toestand in deze lysimeters moet worden gebracht, voor het onderzoek in de Rottegatpolder niet in aanmerking komen, wil ik hierover toch nog enkele opmerkingen maken.

4. VOOR- EN NADELEN VAN VERSCHILLENDE TYPEN LYSIMETERS

In de *lysimeters met een oppervlakte van slechts enkele vierkante meters* (b.v. 4 m²) kan de grondwaterberging uiteraard niet door het nemen van grondmonsters worden bepaald. Dergelijke lysimeters hebben dan ook alleen zin, *indien deze gewogen kunnen worden*. Bij de onderzoekingen in de Rottegatpolder zal het immers gewenst zijn dergelijke, kleine perioden — b.v. maandelijks — te beschouwen, dat het verschil in grondwaterberging bij het begin en eind van de beschouwde periode niet te verwaarlozen is. Indien een lysimeter een oppervlakte van 4 m² heeft bij een diepte van 1 m, hetgeen wat weinig is, zal toch reeds op een totaal gewicht van 8000 kg gerekend moeten worden. Het gewicht hiervan moet zeker tot op enkele kg nauwkeurig, afhankelijk van de lengte van de beschouwde periode, worden bepaald. Zowel de daarvoor benodigde weegbrug als de installatie om een 6–8-tal dergelijke lysimeters hiermede regelmatig te kunnen wegen (verschillende gewassen in tweevoud) zullen deze methode zeer kostbaar maken. Hierbij blijven dan nog de bezwaren in verband met de gewijzigde structuur van de grond gehandhaafd.

De *lysimeters met een doorsnede van enkele are* hebben ten opzichte van de reeds genoemde kleinere lysimeters voor, dat toevallige krimpscheuren en het loslaten van de grond langs de wand een veel kleinere invloed uitoefenen, terwijl de omstandigheden, waaronder de gewassen groeien, ook meer met de natuurlijke omstandigheden zullen overeenkomen. De grondwaterberging zal hier echter door geregelde vochtbemonsteringen moeten bepaald, hetgeen o.i. overigens zeer goed mogelijk is. Ook voor deze lysimeters vormt de vergraven toestand van de grond o.i. een groot bezwaar. Afgezien daarvan zal de bouw van een 6-8-tal van deze lysimeters met alles wat daarbij behoort, zeer kostbaar zijn.

Ten slotte hebben beide typen van lysimeters het bezwaar, dat met vrijwel constante grondwaterstanden zal worden gewerkt, terwijl in de natuurlijke omstandigheden deze grondwaterstanden in de loop van het jaar aan meer of minder grote schommelingen onderhevig zijn. De invloed daarvan op de verdamping, met name van de hogere grondwaterstanden, staat nog niet vast. Indien de opbrengst van de gewassen daardoor beïnvloed wordt, hetgeen waarschijnlijk is, kan ook een invloed daarvan op de verdamping eveneens als mogelijk worden aangenomen. Mogelijk kan hier via de opbrengst een correctie worden aangebracht (zie ook punt 2, pag. 27). Bij lysimeters van 25×25 m zou echter, door hierin grotere drainafstanden te kiezen, gedeeltelijk aan deze bezwaren kunnen worden tegemoet gekomen.

5. OP SPECIALE WIJZE GEDRAINEERDE PROEFVAKKEN

Gezien de bezwaren, die tegen beide lysimetertypen zijn in te brengen — dus voornamelijk de vergraven toestand van de grond en de kostbaarheid daarvan — hebben wij dan ook gemeend de bedoelde onderzoeken met behulp van op speciale wijze gedraineerde vakken van b.v. 25×25 m in een bestaand perceel binnen de Rottegatpolder te moeten uitvoeren.

Ofschoon ik op de wijze van uitvoering van deze methode nog nader terugkom, kan hier reeds worden opgemerkt, dat deze methode in wezen bestaat in het opvangen en meten van de hoeveelheid drainwater. Is de regenval bekend, dan kan de verdamping worden berekend, als door vochtbemonstering de grondwaterberging bepaald is en infiltratie of kwel te verwaarlozen is.

De voordelen van deze methode boven de reeds besproken lysimetermethoden zijn voornamelijk de volgende:

1. Het bodemprofiel behoudt voor verreweg het grootste gedeelte zijn natuurlijke structuur, behalve in de drainsleuven boven de drainreeksen. Bij een drainafstand van 5 m wordt toch niet meer dan omstreeks 15% vergraven. Ook de grond in deze drainsleuven zal zich weer moeten zetten, waarmede uiteraard ook enige jaren zullen heengaan. De invloed daarvan op het debiet zal echter veel minder groot zijn dan bij genoemde lysimeters, aangezien oppervlakte-ontwatering, voor zover mij bekend, in de Rottegatpolder niet voorkomt.
2. De groei van gewassen en de verdere omstandigheden zijn vrijwel gelijk aan die op andere percelen. Een uitzondering moet hier echter gemaakt worden ten opzichte van de grondwaterstand, wat betreft de gemiddelde diepte daarvan onder het maaiveld. De hoogteligging van het maaiveld in de Rottegatpolder is namelijk nogal ongelijk en daarmee waarschijnlijk ook de grondwaterstand onder het maaiveld. Op de drainagevlakken zal echter slechts één gemiddelde

grondwaterstand zijn aan te houden, tenzij men 2 dergelijke vakkensystemen, nl. één op een hoog en één op een laag gelegen perceel, zou willen aanleggen. Uiteraard is het ook mogelijk eerst enige jaren bij een lagere en daarna bij een hogere grondwaterstand waarnemingen te verrichten, waarbij dus beide grondwaterstanden om deze gemiddelde standen schommelen. De mogelijkheid bestaat, deze invloed te corrigeren via de oogstopbrengst, indien althans per 1 kg droge stof evenveel water wordt gebruikt.

3. Ofschoon de drainafstand om nog te bespreken redenen vrij klein moet en naar onze mening het beste 5 m zou kunnen bedragen en dus met name kleiner is dan op andere percelen is toegepast, indien deze al gedraineerd zijn, zullen toch nog zekere schommelingen in de grondwaterstand in de loop van het jaar optreden. Deze schommelingen zullen echter vermoedelijk belangrijk kleiner zijn dan die in andere percelen in de polder.
4. Ofschoon ook deze methode niet goedkoop is, zal deze vermoedelijk toch ook voor 6-8 proefvakken voor 3 à 4 gewassen in duplo niet onbelangrijk goedkoper uitkomen dan de besproken lysimeters. Het perceel kan na afloop der onderzoekingen bovendien met veel geringer kosten in een voor de landbouwer aanvaardbare vorm worden teruggegeven.

De nadelen zijn, behalve de reeds genoemde, voornamelijk de volgende:

1. De onzekerheid, dat geen infiltratie noch kwel plaats vindt, aangezien deze vakken uiteraard van anderen niet zijn afgesloten.
2. Evenals bij de grote lysimeters met een oppervlakte van enkele are moet de grondwaterberging door vochtbemonsteringen worden bepaald.

In dit verband lijkt het mij gewenst in het kort aan te geven hoe het staat met de mogelijkheid van infiltratie vanuit de polder resp. van kwel naar de polder. Het polderpeil van de Rottegatspolder is hoger dan dat van de omringende polders, daarentegen lager dan van het aangrenzende Damsterdiep. Uit de bouw en doorlatendheid van het profiel tot grote diepte blijkt, dat diepe infiltratie naar de omliggende polders of kwel uit het Damsterdiep te verwaarlozen zal zijn. Ondiepe (rand) kwel of infiltratie is echter mogelijk, aangezien zowel de kleilaag als de daar onderliggende zandlaag tot rond 20 m een doorlaatfactor van 1 of enkele m per 24 uur kan hebben. Over de gehele polder verdeeld, zal dit waarschijnlijk een geringe invloed hebben. Leggen wij de proefvakken op een perceel meer midden in de polder, dan zal hier deze diepe kwel of infiltratie te verwaarlozen zijn.

Iets anders is echter dat toe- of afstroming van water mogelijk is uit of naar de directe omgeving van de proefvakken als uit of naar het perceel, waarop de genoemde drainagevakken komen te liggen. Om dit zoveel mogelijk te verhinderen, zullen althans ook gedeelten van de omliggende percelen om het perceel, waarop de proefvakken komen te liggen, op dezelfde wijze moeten worden gedraineerd als laatst genoemd perceel, terwijl ook het slootpeil in de sloten, waarop deze drainreeksen uitmonden, overal dezelfde moeten zijn. Verder is het het beste, in deze sloten met een afzonderlijke, volautomatische bemaling, een constant slootpeil aan te brengen.

Zowel voor een voldoende nauwkeurige begrenzing van deze proefvakken van 25×25 m als om de afvloeiing van water naar de omliggende gronden zoveel mogelijk te verminderen, moet de toegepaste drainafstand betrekkelijk klein zijn, zodat deze afstanden ook klein zijn ten opzichte van de afstanden van deze proefvakken

tot de sloot om het perceel. Om deze afvloeiing nog verder te verkleinen en bovendien 's zomers geen infiltratie uit de sloot te veroorzaken, moeten de verzameldrainreeksen in de cementen bakken, waarop de drainreeksen van de proefvakken zelf uitmonden, onder water worden gelegd, terwijl dit peil gelijk moet zijn aan dat van de aangrenzende sloot. Liggen verder alle drainreeksen horizontaal, dan is de afvloeiing van overtollige neerslag anders dan via de drainreeksen wel tot een minimum beperkt, terwijl desondanks nog zekere schommelingen in de grondwaterstand in de loop van het jaar mogelijk blijven, zij het dan ook, dat deze klein zijn en trouwens om de afvloeiing van water naar de sloot te voorkomen, ook klein moeten blijven.

Wat de begrenzing betreft van de eigenlijke proefvakken is het plaatsen van verticale schotten op de scheidingen kostbaar en ons inziens voorlopig onnodig. Zij zouden immers in de eerste plaats zo diep moeten gaan, dat de stroming van het water naar de drainreeksen op nog grotere diepte te verwaarlozen is, hetgeen bij een drainafstand van 5 m en een draandiepte van 1,2 m zeker tot ruim 2 m het geval zou moeten zijn. Afvloeiing of toestroming naar de omgeving resp. naar de proefvakken zou daardoor bovendien nog niet worden opgeheven.

Om de begrenzing van deze proefvakken in verband met de heterogeniteit van de grond scherper vast te stellen, zodat het oppervlak van het proefvak met voldoende benadering op 625 m² kan worden gesteld, zal rondom ieder proefvak 2 drainreeksen worden gelegd. De ene drainreeks ligt 1 m buiten en de andere 1 m binnen deze grens. De eerste sluit aan op het drainagesysteem van het overige perceel en de tweede op het drainagesysteem binnen deze proefvakken.

Ook om in de zomer te voorkomen, dat de grondwaterstanden midden tussen de drainreeksen te diep dalen, waardoor oncontroleerbare infiltratie vanuit de sloot mogelijk wordt, dienen alle drainreeksen horizontaal gelegd te worden en steeds onder water te liggen. Om de waterstand in de bak, waarin de verzameldrainreeks van de drainreeksen van het betreffende proefvak uitmondt constant te houden, moet in de zomermaanden uit een drukleiding (b.v. Prov. Waterleiding) water in deze bak en zo ook in de sloot om het perceel worden ingelaten, hetgeen via een drijver met hefboom en een daarvoor geschikte kraan kan geschieden. Uiteraard dient deze hoeveelheid water te worden bepaald en in de waterbalans van deze proefvakken te worden opgenomen. De grondwaterstand midden tussen de drainreeksen zal dus nu door infiltratie uit deze drainreeksen slechts weinig onder de waterspiegel boven de drainreeksen dalen, waardoor oncontroleerbare infiltratie uit de sloot vermeden wordt. Wel zal door deze infiltratie uit de drainreeksen de grondwaterstand minder diep dalen dan in de normale percelen het geval is. De verandering van de verdamping, althans bij een grondwaterstand van hoogstens 100 cm onder het maaiveld zal echter gering zijn. Bij hogere grondwaterstanden is deze verandering van de verdamping wellicht groter, maar dat zal bij de normale percelen met dergelijke grondwaterstanden ook het geval zijn. Aangezien de hoeveelheid ingelaten water bekend is, is bovendien nog een schatting te maken van de maximale hoeveelheid extra verdampt water. Ondanks deze o.i. niet al te zwaar tellende bezwaren, zullen de relatieve verdampingscijfers van de verschillende gewassen hiermede in elk geval te bepalen zijn, terwijl waarschijnlijk ook bruikbare absolute waarden voor de verdamping zullen worden verkregen. Een en ander is dus het geval als de sloten om het perceel 's zomers steeds water bevatten. Is dit niet het geval, dan behoeft wellicht niet op de infiltratie te worden gelet. Dit punt zal dus door plaatselijke omstandigheden mede worden bepaald.

6. INRICHTING DER PROEFVAKKEN

Wij zullen trachten een indruk te geven van de wijze, waarop wij ons de inrichting van de proefvakken op een willekeurig perceel hadden gedacht. Het aantal proefvakken en vooral hun ligging zullen afhangen van de afmetingen van het beschikbare perceel.

Op een perceel van een willekeurige vorm zijn dus 6 proefvakken aangegeven. Het perceel is op 5 m gedraineerd, evenals de proefvakken. De drainreeksen van deze laatste vakken monden via een verzamelreeks onder water uit op een cementen bak met overstort; de overige drainreeksen rechtstreeks op de sloot rondom het perceel. De over de overstort vloeiende hoeveelheid overtollige neerslag wordt opgevangen in een diepe cementen verzamelput.

De drainreeksen liggen alle horizontaal op b.v. 120 cm onder het maaiveld; de waterstand in de bak ligt gewoonlijk op 110 cm onder het maaiveld en is even hoog als de slootwaterstand in de sloot om het perceel. Bij een grootte van de veldjes van 25×25 m is de oppervlakte van de drainsleuven met vergraven grond bij een drainafstand van 5 m voldoende klein, terwijl deze oppervlakte voldoende groot is om periodieke laagsgewijze vochtbemonsteringen voor de bepaling van de grondwaterberging toe te laten, overigens kunnen deze ook in de grond rondom deze vakken plaats vinden. Om de grenzen van deze proefvakken scherper te maken, of dus om de randeffecten kleiner te maken, zullen de reeds genoemde randdrainreeksen worden aangebracht.

Stijgt het water in de verzamelput van het betreffende proefvak boven een bepaalde hoogte, dan wordt door een vlotter een zuigperspompje ingeschakeld, dat via een watermeter water uit de put in de ringsloot pompt, waardoor deze hoeveelheid dus gemeten wordt. Is het wateroppervlak in de verzamelput weer tot een voldoende diepte gedaald, dan stopt de pomp automatisch. Uiteraard moeten de afmetingen van deze verzamelput nog nader worden bekeken; de verdamping van water uit deze verzamelput moet uiteraard zorgvuldig worden vermeden.

Daalt tijdens een droogteperiode het water in de bak met overstort meer dan een bepaald aantal cm beneden de overstort, dan opent zich met behulp van een vlotter met hefboom een kraan en wordt via een watermeter de bak weer tot normale hoogte gevuld met water uit een drukleiding. Ditzelfde is het geval bij een daling van de waterspiegel in de sloot. Het waterpeil in de bak met overstort en boven de drainreeksen wordt op deze wijze automatisch gelijk gehouden aan dat van de omgeving. De hoeveelheden drainwater en infiltratiewater kunnen op de watermeters worden afgelezen, terwijl zo nodig de stand van het water in de verzamelput ook nog kan worden bepaald. Ter contrôle van de grondwaterstand kan ten slotte op de proefvakken nog een aantal waterstandsbuizen worden aangebracht.

NASCHRIFT. Het zal de lezer interesseren, wat de verdere ervaringen met de bepaling van de grondwaterberging en met de drainage-lysimetervakken tot heden is geweest.

Betreffende de grondwaterberging kan worden opgemerkt, dat inmiddels gebleken is, dat de heterogeniteit van het profiel van plek tot plek grote moeilijkheden veroorzaakt om voldoende nauwkeurig de verschillen van de grondwaterberging van maandelijks perioden (toe te laten middelbare spreiding ± 2 mm van het gemiddelde) te bepalen. Hiertoe moest om de invloed voor de heterogeniteit van het bodemprofiel te beteugelen in elk geval telkens op eenzelfde klein bemonsterings-

veldje worden teruggekomen. Op ruim 30 veldjes van deze veldjes van $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ m in de polder verspreid, werden in enkelvoud, in duplo of in triplo de vochtbemonsteringen tot 140 cm diepte uitgevoerd door de lagen van 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120 en 120-140 cm afzonderlijk te bemonsteren. De hiermede berekende maandelijkse verschillen in grondwaterberging bleven echter met een te grote fout belast. Soortgelijke resultaten werden verkregen op het drainage-lysimeterperceel. Alleen door de bemonstering uit te voeren in 30-voud op kleine perceeltjes (3×15 m) bleek de grondwaterberging op deze kleine perceeltjes zelf met voldoende nauwkeurigheid te kunnen worden vastgesteld.

Het gemiddelde verschil in de gemiddelde grondwaterberging van maandelijkse perioden van 4 plekken bij de 4 drainage-lysimetervakken op het overeenkomstige perceel, waarop deze vakken gelegen waren, evenals van 5 vakken in de polder gelegen, gaf nog steeds te grote spreidingen, waarbij deze spreidingen bij de laatste genoemde groter waren dan bij de hiervoor genoemde 4 drainage-lysimetervakken. Deze spreidingen moeten echter nu verklaard worden door verschillen in afzakking (wegvloeiing) van water evenals in evaporatie en transpiratie van plek tot plek en niet meer door de heterogeniteit van het bodemprofiel. Er zal nu naar een uitvoering gezocht worden, waarbij voor de drainage-lysimetervakken voor maandelijkse en voor de polder zelf voor driemaandelijkse perioden deze spreiding klein genoeg is.

Betreffende de drainage-lysimetervakken kan worden opgemerkt, dat de grondwaterstanden in het verloop van het jaar inderdaad slechts zeer weinig schommelden (hoogstens 2 cm), terwijl de verschillen in grondwaterstanden binnen en buiten deze drainage-lysimetervakken eveneens minder dan 2 cm en gewoonlijk veel minder dan 1 cm bedroegen. Desondanks trad een niet te verwaarlozen kwel of inzijging van water in deze drainage-vakken op, nl. naarmate de grondwaterstand in deze vakken lager dan wel hoger was dan buiten deze vakken. Grote verschillen in de afgevoerde hoeveelheden water in de 4 vakken waren hiervan het gevolg. Een en ander demonstreert nog eens duidelijk de goede doorlatendheid van de kleigrond onder de grondwaterspiegel. Om deze op te heffen moesten dan ook wel waterdichte damwanden van 50 tot ca 300 cm onder het maaiveld rondom deze vakken geslagen worden. De overeenstemming tussen de 4 vakken is nu behoorlijk, ofschoon een geringe kwel resp. inzijging nog steeds optreedt, welke echter te verwaarlozen is.