

Drainage; zijn doel en werking, de aan den drainage te stellen eischen en de bepaling van den drainafstand.*)

door Dr. S. B. HOOGHOUTD.

De drainage en alles wat daarmee samenhangt vormt een te uitvoerig onderwerp om in dit artikel volledig te kunnen behandelen. We zullen ons dus moeten beperken, hetgeen overigens des te eerder geoorloofd is, aangezien ook van andere zijde over dit onderwerp, of althans over daarmee verwante onderwerpen, wordt geschreven (zie het betreffende artikel van Ir. D. R. Mansholt). Ik wil mij er dan ook toe bepalen nader uiteen te zetten, wat het doel en de werking van den drainage is, welke eischen hieraan gesteld moeten worden en op welke wijze men kan komen (en ook gekomen is) tot een bepaling van den benodigden drainafstand.

Ofschoon de drainage op verschillende wijzen uitgevoerd kan worden, willen we hier onder drainage slechts verstaan het leggen van reeksen drainbuizen op bepaalde diepten en op bepaalde, onderlinge afstanden. Iedere reeks bestaat daarbij uit de, met de stootvoeten zorgvuldig tegen elkaar gelegde, drainbuizen met meestal een inwendige doorsnede van 5 en een uitwendige doorsnede van 7 cm. en met een lengte van ruim 30 cm. Verder zullen we veronderstellen, dat alle reeksen direct in de sloot uitmonden; de samengestelde drainage zal dus verder onbesproken blijven.

Vraagt men zich af, wat het doel van den drainage is, dan kan deze in het kort aldus worden samengevat, dat de ontwatering van het betreffende perceel, die dus vóór den drainage onvoldoende was, door den drainage in voldoende mate verbeterd moet worden. We kunnen dus het doel en te gelijker tijd de werking van de drainreeksen beter overzien, indien eerst eens de reden wordt nagegaan, waarom de ontwatering vóór den drainage onvoldoende was, echter na den drainage voldoende is geworden.

Indien de ontwatering van een perceel onvoldoende is, zal dit veroorzaakt worden door een onjuiste waterhuishouding van den grond; blijkbaar is een overmaat van water aanwezig, die niet, of althans niet snel genoeg, wordt afgevoerd.

Een teveel aan water nu is voornamelijk om twee redenen ongewenscht. In de eerste plaats is het voor een goeden groei en goede opbrengst van de cultuurgewassen noodzakelijk, dat onder het maaiveld (dus in de bouwvoor en in de, daaronder gelegen, laag) een laag van voldoende dikte voorkomt, waarin een goede verhouding aanwezig is tusschen de lucht, de gronddeeltjes en het water; een ideale verdeling noemt men wel eens die verhouding, waarin door alle drie eenzelfde ruimte in beslag wordt genomen. Een tweede reden vormt de bedrijfszekerheid, dit wil zeggen de zekerheid, dat het perceel in het voorjaar te bewerken zal zijn, wanneer dit gewenscht is, terwijl bovendien in de wintermaanden bij voldoende diepe grondwaterstanden de structuur van den grond zoo weinig mogelijk aan bederf onderhevig is. Welke van de genoemde redenen de belangrijkste is, doet hier weinig ter zake; beide hangen in elk geval samen met de ligging van den grondwaterspiegel onder het maaiveld.

Zien we af van bijzondere gevallen — deze kunnen hier niet verder besproken worden — dan kan men immers zeggen, dat, indien deze grondwaterspiegel slechts voldoende diep onder het maaiveld blijft, aan beide voorwaarden voor een goede ontwatering is voldaan. Het doel van den drainage kan men dus ook zoo aangeven, dat de afvoer van den overtolligen neerslag zoo snel moet plaats vinden, dat voorkomen wordt, dat de grondwaterspiegel tot boven een bepaalde, maximale hoogte oploopt. Onder overtolligen neerslag verstaan we dat

deel van den neerslag, dat niet verdampt, niet door de gewassen wordt verbruikt en niet door den grond wordt vastgehouden; gevallen, waarbij de drainreeksen kwelwater afvoeren, blijven voorloopig buiten beschouwing.

Alvorens hierop verder in te gaan, willen we eerst eens duidelijk maken, waarom men — afgezien van de genoemde uitzonderingen — algemeen kan zeggen, dat, als de grondwaterspiegel niet tot boven een bepaalde hoogte oploopt, de ontwatering voldoende is.

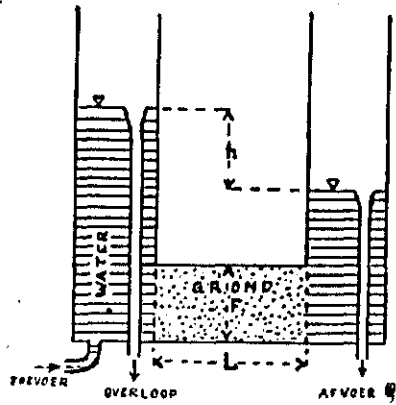
Boort men in een perceel op niet te groote onderlinge afstanden en tot een voldoende diepte boorgaten, dan zullen deze boorgaten zich na eenigen tijd tot een bepaalde hoogte met water vullen. Is de evenwichtstoestand bereikt, dan vormt het vlak, dat men door de waterspiegels in deze boorgaten kan leggen, den grondwaterspiegel (ook wel phreatisch vlak genoemd). Onder het phreatisch vlak zijn de poriën tusschen de afzonderlijke gronddeeltjes uit den aard der zaak geheel of althans practisch geheel met water gevuld. Ook in de laag grond daar vlak boven is dit echter het geval. Op een nog grootere hoogte boven den grondwaterspiegel neemt het vochtgehalte van den grond echter meer of minder snel af en neemt dus het luchtgehalte toe. Dat boven den grondwaterspiegel de poriën in den grond nog geheel of gedeeltelijk gevuld kunnen zijn met water, wordt veroorzaakt door de capillaire werking. De hoogte boven den grondwaterspiegel, tot waar de poriën nog geheel gevuld zijn met water, hangt af van de doorsnede van deze poriën.

Aangezien nu kleigronden, waartoe we ons hier zullen bepalen — voor veengronden gelden analoge opmerkingen — zijn opgebouwd uit deeltjes van verschillende doorsneden en verder in deze gronden scheuren en scheurtjes enz. van alle mogelijke afmetingen voorkomen, zal het duidelijk zijn, dat vlak boven den grondwaterspiegel alle poriën (afgezien van de grootere scheuren) nog gevuld zijn met water, maar dat dit met een toenemende hoogte boven den grondwaterspiegel in steeds mindere mate het geval moet zijn.

Beschouwen we nu hetzelfde perceel met een hooge en een voldoende diepe ligging van den grondwaterspiegel (men spreekt gewoonlijk van een hoogen resp. van een voldoende diepen grondwaterstand), dan vormt dus in het eerste geval de bouwvoor, of — bij een iets dieperen grondwaterstand — de daaronder liggende laag, de laag, waarin nog vrijwel alle poriën gevuld zijn met water, terwijl dit bij een diepen (voldoend diepen) grondwaterstand niet meer het geval is. In het eerste geval zal het luchtgehalte van den grond in de bouwvoor en van de daaronder gelegen laag dus te laag zijn, terwijl de grond bovendien te week is en daardoor verdere eigenschappen verkrijgt, waardoor hij niet bewerkt, of althans slecht bewerkt, kan worden. Verder zal de grond in het voorjaar des te langzamer opdrogen, naarmate de grondwaterspiegel dichter onder het maaiveld ligt. Opdrogen van den grond wil immers niets anders zeggen dan dat de verdamping van water per dag grooter is dan de hoeveelheid water die door de capillaire opstijging weer vanuit dieper gelegen lagen (vanuit den grondwaterspiegel) wordt aangevuld. Naarmate de grondwaterspiegel hooger ligt, zal het water over een kleinere hoogte, of dus sneller, opstijgen, waardoor het dus tot later in het voorjaar zal duren, alvorens de verdamping het wint van de capillaire opstijging en dus de grond indroogt en tenslotte van kleur verandert (dit laatste geschiedt voor iederen grond bij een bepaald vochtgehalte).

Het bovenstaande moge voldoende zijn om duidelijk te maken, dat, afgezien van de, niet verder te bespreken, uitzonderingen, in het algemeen gezegd kan worden, dat voldoende ontwaterd land tevens land beteekent, waarin de grondwaterspie-

*) Voor een meer uitvoerige beschouwing zie van schrijver dezès: Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, No. 6 en 7; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 1937 en 1940, en: De Waterhuishouding van den grond uit landbouwkundig oogpunt; Landbouwkundig Tijdschrift, 1941.



FIGUUR I

Geschematiseerd apparaat ter verduidelijking van de wet van Dupuit-Darcy.

gel niet tot boven een bepaalden, maximalen stand onder het maaiveld oploopt. Hierbij aansluitend kunnen we opmerken, dat, als op een perceel de ontwatering onvoldoende is en dit perceel dus gedraineerd moet worden, de slooten om dit perceel blijkbaar onvoldoende zijn om den grondwaterspiegel voldoende diep onder het maaiveld te houden. Blijkbaar is de beheersching van den grondwaterstand door deze slooten onvoldoende en moet dit door het leggen van drainreeksen, die in dit verband wel als overdekte slootjes kunnen worden opgevat, worden verbeterd, waardoor nu de beheersching van den grondwaterstand wel voldoende is.

Het leggen van de drainreeksen beteekent dus feitelijk, dat men den afstand, waarover men het water door den grond laat stroomen, verkleint. Dit ziet er dus reeds naar uit, dat voor een goede beheersching van den grondwaterstand het overtollige regenwater niet dan over een, voor iederen grond en onder gegeven omstandigheden, bepaalden, maximalen afstand door den grond mag stroomen, welken afstand dus tevens den drainafstand bepaalt.

Alvorens hierop verder in te gaan, moeten we eerst enkele andere opmerkingen maken.

Wanneer een perceel onvoldoende ontwaterd is en dus gedraineerd moet worden, zegt men in de praktijk vaak, dat de grond slecht doorlatend is, ofschoon feitelijk bedoeld wordt, dat de ontwateringsbehoefte grooter is dan waaraan de aanwezige slooten om het perceel kunnen voldoen. In werkelijkheid is de doorlatendheid van den grond weliswaar een zeer belangrijke factor, echter geenszins de eenige, die den benodigden drainafstand bepaalt. Het lijkt mij daarom gewenscht eens na te gaan, wat men onder de „doorlatendheid van een grond” dient te verstaan.

De beste en dan ook algemeen toegepaste definitie daarvan berust op de wet van Dupuit-Darcy, die voor stroomend water in alle grondsoorten geldt. Deze wet luidt als volgt, n.l. dat de hoeveelheid water (Q), die door een kolom grond in de eenheid van tijd stroomt, omgekeerd evenredig is met de lengte van deze kolom (l), recht evenredig is met de doorsnede van deze kolom grond (F) en recht evenredig is met den overdruk (h) in het water aan weerszijden van de kolom grond (zie figuur 1),

of dus, dat $Q = k \cdot F \cdot \frac{h}{l}$, waarin k een evenredigheidsfactor (doorlaatfactor) is. Nu noemt men $\frac{h}{l} = I$ het verhang. Deelt

men de genoemde hoeveelheid water Q door de doorsnede van de kolom grond dan krijgt men dus, dat $V = k \cdot I$, waarin V de laag water voorstelt, die per eenheid van tijd door de kolom vloeit, wanneer het verval I is. Hieruit volgt, dat $V = k$ als $I = 1$; d.w.z. de doorlaatfactor k van den grond stelt de laag water voor (gewoonlijk in meters uitgedrukt), die per eenheid van tijd (gewoonlijk 24 uur) door een doorsnede loodrecht de stroomrichting van het water stroomt, indien het verhang 1 is.

Door dezen doorlaatfactor hebben we dus de mogelijkheid

gekregen de doorlatendheid van een grond in cijfers uit te drukken. Van klei- en veengronden is de doorlaatfactor meestal grooter dan 0.01 en meestal kleiner dan 5 m per 24 uur. Er komen echter ook gronden voor met kleinere resp. grootere doorlaattactoren.

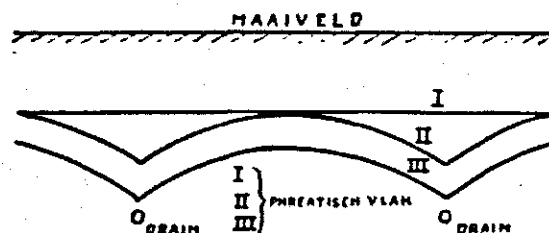
Alvorens nu na te gaan door welke factoren de drainafstand bepaald wordt, moeten we eerst den, aan den drainage te stellen, eisch nog iets scherper omschrijven. We hebben reeds gezien, dat de grondwaterstand tusschen de drainreeksen niet hooger mag oploopen dan tot een bepaalde maximale waarde. Gezien nu het feit, dat de overtollige neerslag moet worden afgevoerd, kunnen we den bovengenoemden eisch reeds scherper omschrijven, indien bekend is hoe groot deze hoeveelheid overtollige neerslag is. Uit diverse waarnemingen is gebleken, dat deze hoeveelheid zelden grooter is dan 5 mm per 24 uur, zoodat, als de drains deze hoeveelheid water afvoeren, de grondwaterspiegel niet boven de genoemde, maximale hoogte mag oploopen, wil de drainage aan de eischen voldoen. De vraag, die dus nu nog overblijft, is, tot hoe hoog deze grondwaterstand mag oploopen. Ofschoon hierover zeker nog niet voldoende gegevens bekend zijn kan men wel zeggen, dat, indien de grondwaterstand niet hooger oploopt dan tot 50 cm onder het maaiveld, de grond (althans bouwland op klei- en dergelijke gronden) als voldoende ontwaterd kan worden beschouwd.

Ten slotte moeten we in dit verband nog eens nagaan, welken vorm de grondwaterspiegel heeft, indien de drainreeksen water afvoeren. Daartoe denken we ons in een gedraineerd perceel de drains bij de sloot, waterdicht afgesloten. Na eenigen tijd en op een niet te kleinen afstand uit de sloot, zal de grondwaterspiegel dan een horizontaal vlak vormen; er vindt daar immers geen afstroming van water meer plaats. In een doorsnede loodrecht de drainreeksen (zie figuur II) wordt dit phreatisch vlak aangegeven door lijn I. Maken we nu de drainreeksen weer open, dan zal eerst water uit den grond vlak om deze drains heen naar deze drainreeksen vloeien. De grondwaterspiegel wordt dan aangegeven door lijn II. Eenigen tijd later zal echter ook midden tusschen de drainreeksen water uit den grond naar de drainreeksen vloeien, zoodat ook daar de grondwaterspiegel merkbaar begint te dalen; het phreatisch vlak wordt dan voorgesteld door lijn III.

Uit deze beschouwing volgt, dat, indien de drains water afvoeren, de grondwaterspiegel een bollen vorm moet hebben.

Dit is ook op een andere wijze in te zien. Immers zal door de strooming van het water naar de drains de weerstand van den grond tegen deze strooming moeten worden overwonnen, waarvoor een kracht noodig is. Deze kracht wordt nu geleverd door het verschil in den grondwaterstand midden tusschen en loodrecht boven de drainreeksen, waaruit dus eveneens de genoemde bolle vorm volgt.

Verder hebben we in figuur II het geval aangegeven, dat grondwater boven de drains voorkomt. Dit behoeft echter geenszins altijd het geval te zijn en zelfs indien dit het geval is — zeer eenvoudig te constateeren door in een natte periode boorgaten loodrecht boven de drainreeksen en tot bijna deze drainreeksen te boren en door na te gaan, of hierin water komt te staan — wijst dit er op, dat er iets met de drainreeksen niet in orde is. Het feit, dat immers grondwater boven de drains voorkomt, — tenzij natuurlijk de drainreeksen onder den wa-



FIGUUR II

Doorsnede loodrecht de drainreeksen.

terspiegel in den sloot uitmonden — wijst er op, dat het water sneller naar de drains toestroomt dan het daarin kan wegzakken. Aangezien nu de openingen tusschen de afzonderlijke drainbuizen groot genoeg zijn, moeten hiervoor andere oorzaken aansprakelijk zijn.

Deze zijn: (1) de drainreeksen zijn zelf geheel of gedeeltelijk verstopt; (2) de stootvoegen zijn geheel of gedeeltelijk verstopt, en (3) er heeft zich boven de drainreeksen in de oude drainsleuven een slecht doorlatend laagje gevormd. Door schoonmaken en doorspoelen der buizen en dergelijke maatregelen zijn deze gebreken (alleen de beide eerste) geheel of althans grootendeels op te heffen. Met de vermelding daarvan moge hier worden volstaan.

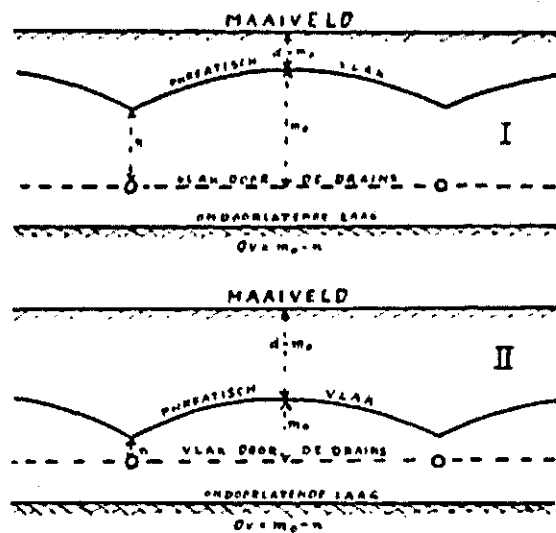
Uit het bovenstaande volgt echter ook, dat, indien de drainreeksen goed gelegd zijn en er voor gezorgd is, dat ook het verstoppingsgevaar zoo gering mogelijk is gemaakt (zoo noodig turfmoel om de reeksen brengen, enz.) en indien de drainsleuven tijdens de wederopvulling daarvan met den uitgegraven grond zoo goed mogelijk doorlatend worden gemaakt (door den grond zoo noodig bij te kalken en niet in te natte perioden te draineeren) men kan bereiken, dat boven de drainreeksen geen water komt te staan. Hieruit volgt dus, dat de eisch, waaraan de drainage moet voldoen (hier is gedacht aan bouwland op klei- en dergelijke gronden), als volgt kan luiden (indien wel water boven den drainreeksen voorkomt — b.v. doordat de drainreeksen om de een of andere reden onder den slootwaterspiegel moeten liggen — wordt deze eisch iets anders, waarop niet verder zal worden ingegaan), n.l., dat bij een afvoer van 5 mm overtolligen neerslag per 24 uur de grondwaterspiegel midden tusschen de drainreeksen niet hooger mag oploopen dan tot 50 cm onder het maaiveld, waarbij aangenomen kan worden, dat geen grondwater loodrecht boven de drainreeksen zal komen te staan. In plaats van den eerst gestelden, op zich zelf beschouwd, zoo uiterst vagen eisch, n.l., dat de ontwatering na den drainage voldoende moet zijn, hebben we daarvoor een scherp omschreven eisch in de plaats gesteld, die hier als uitgangspunt kan dienen voor de vraag, op welke wijze het nu mogelijk is de benodigde drainafstand vast te stellen.

De bovengenoemde vraag is — door den eisch, waaraan de drainage moet voldoen, scherp te stellen — te beantwoorden; we hebben dit vraagstuk immers herleid tot een stroomingsvraagstuk van water in den grond en deze vraagstukken zijn op te lossen, doordat de wet (de reeds genoemde wet van Dupuit-Darcy) bekend is, waaraan de strooming van water in alle gronden gehoorzaamt.

We zullen hier de oplossing van dit vraagstuk slechts in zoverre behandelen, dat we zullen trachten aan te toonen, dat het effect van den drainage beïnvloed wordt door een zeker aantal (8) factoren, waarbij tevens gelegenheid zal bestaan aan te geven, op welke wijze nu eigenlijk het overtollige regenwater door den grond naar de drainbuizen stroomt. Hiervoor moeten we echter eerst vaststellen, dat, gezien het feit, dat rechtstreeks de drainreeksen niets anders kunnen doen dan het overtollige regenwater zoo snel af te voeren, dat de grondwaterstand niet boven een bepaalde hoogte oploopt — de betere verhouding van lucht, water en gronddeeltjes in de bovenste lagen en de voldoende bedrijfszekerheid zijn daar een gevolg van —, het effect van den drainage, indien 7 factoren dezelfde zijn, maar één factor (de achtste) verschillend is, dus des te grooter is, naarmate de bereikte grondwaterstand dieper onder het maaiveld ligt.

De factoren, die het effect van den drainage beïnvloeden zijn de volgende:

- (1) De hoogte van den grondwaterstand loodrecht boven de drains (deze hoogte behoort dus nul te zijn, tenzij de drainreeksen om de een of andere reden onder den slootwaterspiegel zijn gelegd).
- (2) De doorlatendheid van den grond.
- (3) De verandering van de doorlatendheid van den grond met een toenemende diepte onder het maaiveld.



FIGUUR III

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. De doorlatendheid van den grond evenals de verandering van de doorlatendheid met een toenemende diepte onder het maaiveld (de grond is bijv. homogeen doorlatend) zijn in beide gevallen dezelfde. Dit geldt ook: voor de diepte onder de drainreeksen, totwaar de grond een niet te verwaarloozen doorlatendheid behoudt (de ligging van de ondoorlatende laag onder de drains is dus dezelfde); voor de af te voeren hoeveelheid water per tijdseenheid; voor de doorsnede van de drainbuizen en van de drainsleuven; voor de draindiepte d onder het maaiveld en voor den drainafstand. De grondwaterstand loodrecht boven de drains n is verschillend, waardoor ook de diepte van den grondwaterspiegel midden tusschen de drainreeksen ($= d - m_0$) verschillend is en wel voor geval II grooter is dan voor geval I.

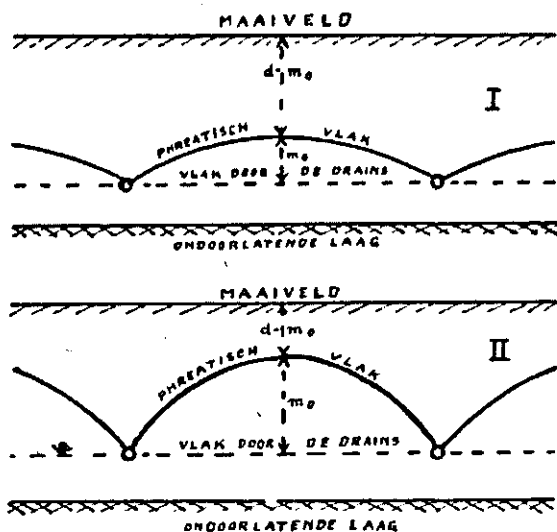
- (4) De diepte onder de drainreeksen, tot waar de grond een niet te verwaarloozen doorlatendheid behoudt.
- (5) De af te voeren hoeveelheid water per tijdseenheid. (Indien kwel voorkomt is deze hoeveelheid dus meer dan 5 mm per 24 uur).
- (6) De doorsnede van de drainbuizen (feitelijk de doorsnede van de drainsleuven op draindiepte).
- (7) De draindiepte.
- (8) De drainafstand.

Om den invloed van deze factoren duidelijk te maken, zullen we telkens 2 (of soms ook 3) gevallen met elkaar vergelijken, waarbij telkens 7 factoren dezelfde zijn, maar de achtste — dus de te onderzoeken factor — echter verschillend is. In verband met de beperkte, beschikbare ruimte kan hierop niet altijd worden teruggekomen, maar zal dit verder stilzwijgend worden verondersteld.

Met den eerst genoemden factor, n.l. de hoogte van den grondwaterstand loodrecht boven de drains, hebben we reeds kennis gemaakt. Het zal duidelijk zijn, dat, als in twee gevallen alle overige factoren gelijk zijn, maar in het eene geval de grondwaterstand loodrecht boven de drains hooger is dan in het andere geval, in dit eerste geval de grondwaterstand midden tusschen de drains hooger moet zijn dan in het andere geval (zie figuur III). Men bedenke dus: Indien grondwater loodrecht boven de drains voorkomt, beteekent dit een minder effectieve werking van den drainage.

De invloed van den tweeden factor is op zich zelf reeds duidelijk. Is in het eene geval de doorlatendheid van den grond grooter dan in het andere geval, dan is in het eerste geval een kleinere kracht (dus een kleiner verschil tusschen den grondwaterstand midden tusschen en loodrecht boven de drains) noodig dan in het tweede geval om eenzelfde hoeveelheid water naar de drains te doen stroomen (zie figuur IV). Kan men den drainafstand nog kiezen, zooals bij nieuw te leggen drainreeksen het geval is, dan kan de drainafstand dus des te grooter zijn, naarmate de grond beter doorlatend is.

De invloed van den derden factor, n.l. de verandering van de doorlatendheid van den grond met een toenemende diepte onder het maaiveld, is minder eenvoudig in te zien. Om den in-

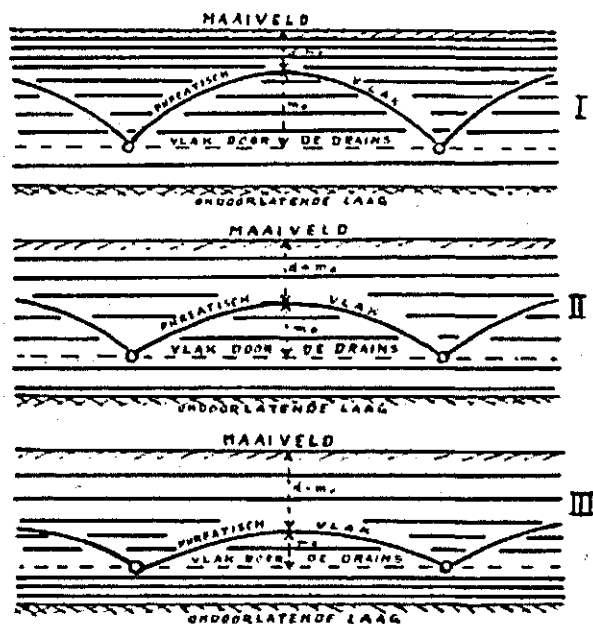


FIGUUR IV

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. In geval I is de doorlatendheid van den grond echter grooter dan in geval II en dus ligt in geval I de grondwaterspiegel dieper onder het maaiveld dan in geval II; in geval I is $d - m_0$ dus grooter dan in geval II.

vloed daarvan te begrijpen, moeten we even vooruitloopen op hetgeen verder hieronder zal worden duidelijk gemaakt, n.l. dat de streaming van water in den grond — bij kleigronden althans, waartoe we ons beperken — naar de drains in de laag optreedt (men noemt deze laag „wervoerende laag”), die van boven door den grondwaterspiegel en van onderen (meestal) door een onderdoorlatende laag begrensd wordt.

Indien we nu 3 gevallen vergelijken, waarin in het eerste geval de doorlatendheid naar de diepte afneemt, in het tweede geval gelijk blijft en in het derde geval toeneemt, maar de gemiddelde doorlatendheid van den grond vanaf het maaiveld tot de ondoorlatende laag dezelfde is, dan zal de grondwaterstand midden tusschen de drains (de andere 7 factoren zijn dezelfde) in deze drie gevallen niet gelijk kunnen zijn (zie



FIGUUR V

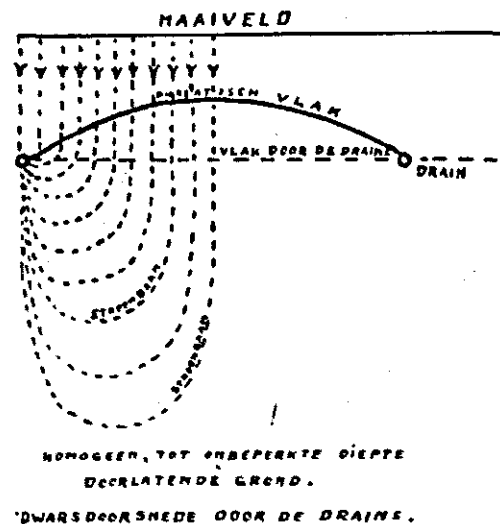
Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. In geval I neemt de doorlatendheid met een toenemende diepte onder het maaiveld af; in geval II blijft de doorlatendheid gelijk en in geval III neemt zij in de genoemde richting toe. In alle 3 gevallen is de gemiddelde doorlatendheid van den grond vanaf het maaiveld tot de ondoorlatende laag dezelfde. In geval I is nu midden tusschen de drains de grondwaterstand de hoogste en in geval III de laagste.

fig. V); naarmate de arceering dichter is, is de doorlatendheid van den grond grooter). Was de grondwaterstand midden tusschen de drainreeksen immers gelijk, dan zou de gemiddelde doorlatendheid van de wervoerende laag dezelfde moeten zijn, hetgeen niet het geval kan zijn en waarom, zooals reeds is opgemerkt, ook de grondwaterstand midden tusschen de drainreeksen niet dezelfde kan zijn en in het eerste geval dan ook het hoogste en het laatste geval het laagste is.

De vierde factor, n.l. de diepte onder de drains, totwaar de grond een niet te verwaarlozen doorlatendheid behoudt, is een uiterst belangrijke factor en hij kan den invloed van de doorlatendheid van den grond in betekenis verre overtreffen. Om den invloed van dezen factor te kunnen begrijpen, moeten we eerst eens nagaan, hoe de overtollige neerslag nu eigenlijk naar de drainreeksen stroomt om hierin naar de sloot weg te vloeien. Hiertoe beschouwen we een homogeen doorlatenden grond (doorlatendheid overal en in alle richtingen dezelfde), die tot zoo diep als we maar willen, dezelfde doorlatendheid behoudt. We zullen daarbij nu eens, als het ware, den weg volgen, die de waterdruppels in den grond afleggen (deze wegen noemt men „stroombanen”) om in de drainbuizen te komen. In figuur VI is een doorsnede loodrecht de drainbuizen weergegeven, waarin een zeker aantal stroombanen reeds is aangegeven (duidelijkheidshalve — en dat geldt voor vele van de hier weergegeven doorsneden — is de schaal in de horizontale richting veel kleiner gekozen dan in de verticale richting).

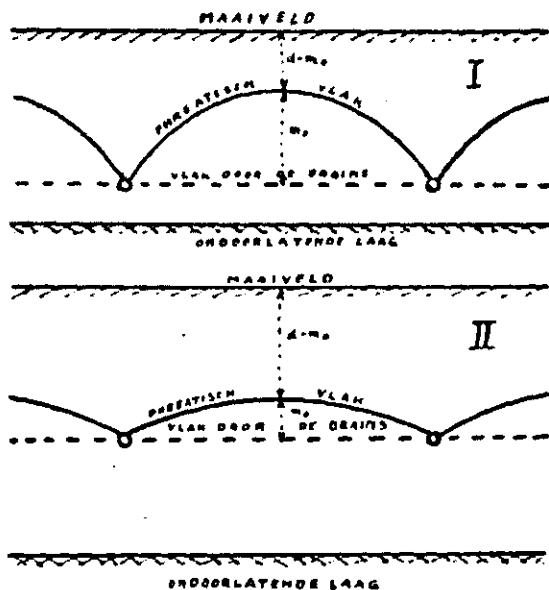
Vanaf het maaiveld tot den grondwaterspiegel zal het overtollige regenwater onder invloed van den zwaartekracht vrijwel loodrecht naar beneden zakken. Is deze grondwaterspiegel bereikt, dan zal door den tegendruk van de daar reeds aanwezige waterdeeltjes de zwaartekracht in zooverre worden opgeheven, dat het water nu stroomt in de richting van het verhang in het water in dit punt; een zijwaartsche beweging — feitelijk beweging met een zijwaartsche component — wordt daardoor mogelijk.

Om nu te begrijpen, hoe het water verder door den grond naar de drainreeksen stroomt, hebben we houvast aan de algemeene wet, dat deze streaming zoo zal plaats vinden, dat de totaal, door al het water tezamen, ondervonden weerstand, zoo gering mogelijk is. Een gedeelte van het water zal dus tot diep in den grond doordringen, daar het zich dan over een grootere doorsnede kan verdeelen, zoodat minder weerstand wordt ondervonden. Niet al de overtollige neerslag zal echter diep in den grond doordringen, aangezien dan de lengte, waarover dit water door den grond stroomt, te groot zou worden, waardoor de weerstand juist weer zou worden verhoogd. De streaming van het water verloopt dan ook in werkelijkheid



FIGUUR VI

De wijze van streaming van het overtollige regenwater door den grond is hierin aangegeven.



FIGUUR VII

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. De ondoorlatende laag ligt in geval II dieper onder de drains dan in geval I, waarom in geval II de grondwaterstand midden tusschen de drains dieper onder het maaiveld ligt dan in geval I.

zoo, dat de, het dichtst bij de drains, gevallen, overtollige neerslag niet diep in den grond doordringt, daarentegen deze diepte grooter wordt, naarmate het water verder uit de drainreeksen is gevallen. In dit geval is namelijk de totaal onderonden weerstand zoo gering mogelijk.

Men kan ook zeggen, dat de intensiteit van de strooming afneemt, naarmate de diepte onder de drains, waar we deze strooming beschouwen, grooter wordt. Bedenkt men nu verder, dat overal tusschen de drains natuurlijk evenveel regen valt en dat de overtollige neerslag, die links van het midden tusschen twee drainreeksen valt, naar den linker drain en die rechts van het midden valt naar den rechter drain stroomt, dan zal het duidelijk zijn, dat de stroombanen den vorm moeten hebben, zooals in figuur VI is weergegeven.

De grootste diepte, totwaar bijv. 95% van den overtolligen neerslag onder de drains doordringt, hangt af van den drainafstand, waarop niet verder kan worden ingegaan. Voor een drainafstand van 5 m is deze diepte onder de drains bij een homogeene, tot onbepaalde diepte, doorlatende grond 1 m; voor een drainafstand van 10 m 2 m; voor een drainafstand van 20 m reeds 3.75 m, enz. Verder beschouwe men de strooming van water door den grond niet aldus, dat het overtollige regenwater, dat op een bepaald moment gevallen is, ook op ditzelfde moment (of even later, als de drains beginnen water af te voeren) uit de drains stroomt. Veeleer zal de overtollige neerslag de reeds aanwezige waterdeeltjes in den grond langs de stroombanen voor zich uit duwen. Het water, dat uit de drains vloeit, kan dus wel veel eerder gevallen zijn (dit tijdsverschil wordt des te grooter, naarmate de drainafstand grooter is). Tevens zal nu de reden duidelijk zijn, waarom drains zoutbevattend water kunnen afvoeren, indien de grond tot draandiepte volkomen ontzilt is, echter daaronder nog zout bevat.

Tot mijn spijt kan ik hierop niet verder ingaan. We zullen nu eens nagaan, wat er gebeurt, indien er onder de drains op een bepaalde diepte daaronder een ondoorlatende laag voorkomt, die de watervoerende laag natuurlijk van onderen afsluit. Is de diepte, waarop de bovenkant van deze laag onder de drains ligt, kleiner dan de diepte, waartoe nog een niet te verwaarloozende gedeelte van den overtolligen neerslag zou doordringen, indien deze ondoorlatende laag niet aanwezig was, maar de grond tot grootere diepte dezelfde doorlatendheid behield, dan wordt de watervoerende laag dus geheel doorstroomd. In dit geval geldt nu, dat de grondwaterspiegel midden tusschen de drains onder overigens gelijke omstandigheden hoger oploopt (dus dicht onder het maaiveld komt te liggen), naar-

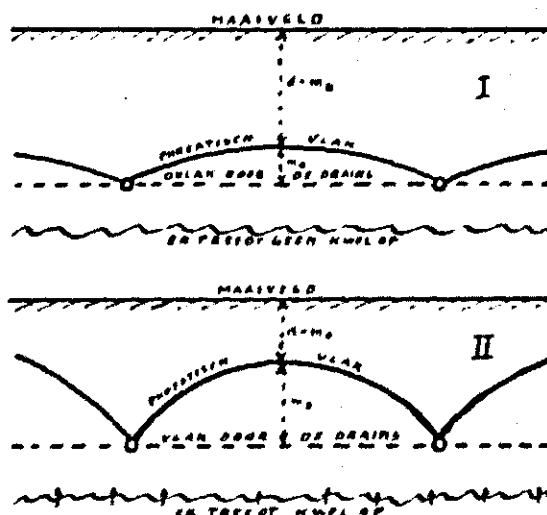
mate deze ondoorlatende laag minder diep onder de drainreeksen ligt.

De verklaring daarvan is eenvoudig; immers is de dikte van de watervoerende laag dikker, naarmate de ondoorlatende laag dieper onder de drains ligt. Er zal dus minder weerstand door het overtollige regenwater, dat naar de drains vloeit, onderonden worden, naarmate de watervoerende laag dikker is. Een kleinere overdruk in het water — dus een minder hooge grondwaterstand midden tusschen de drains —, zal voldoende zijn (zie figuur VII). Tevens zal het duidelijk zijn, waarom zandgronden en zoo ook veenkoloniale gronden over het algemeen niet gedraineerd behoeven te worden, maar de aanwezige slooten, wijken, enz. bij een voldoende diepen waterstand daarin voldoende zijn om den grondwaterstand daartusschen voldoende diep onder het maaiveld te houden. Hier heeft de grond namelijk tot groote diepte — vaak tot 10 m en meer — een niet te kleine tot soms groote doorlatendheid.

De vijfde factor vormt de af te voeren hoeveelheid water. Treedt kwel op, dan zullen de drainreeksen behalve den overtolligen neerslag ook nog dit kwelwater moeten afvoeren. Onder overigens gelijke omstandigheden is daarvoor natuurlijk een grootere overdruk in het water noodig, waardoor de grondwaterstand midden tusschen de drainreeksen dan ook des te hoger oploopt, naarmate deze af te voeren hoeveelheid overtollig water grooter is (zie figuur VIII).

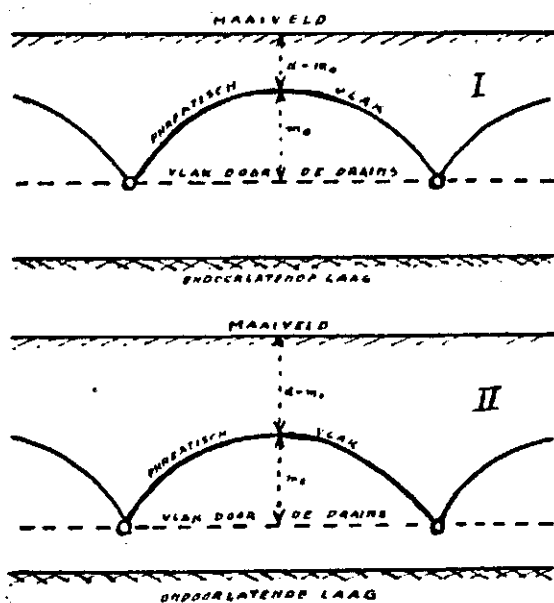
De zesde factor, n.l. de invloed van de doorsnede van de drainbuizen, lijkt van weinig belang, aangezien voor drainage immers vrijwel steeds drainbuizen van dezelfde doorsnede worden gebruikt. Toch is dit niet geheel juist, indien we bedenken, dat de drainreeksen eerst in uitgegraven sleuven worden gelegd, waarna deze sleuven met den uitgegraven grond weer worden opgevuld. Geschiedt dit laatste op de juiste wijze, dan zal de grond in de drainsleuven veel beter doorlatend zijn en ook langen tijd veel beter doorlatend blijven dan de omliggende grond (vooral bij slecht tot tamelijk slecht doorlatende gronden is dit het geval). De drainreeksen vormen dan als het ware overdekte afvoergoten in een veel beter doorlatende massa (n.l. de grond in de sleuven) dan de grond om de drainsleuven heen.

De afmetingen van deze drainsleuven zijn dan ook van belang en wel is het effect van de drainage des te grooter, naarmate de doorsnede van deze sleuven op draandiepte grooter is. Het is dan ook niet onverschillig voor het effect van den drainage, of men op de Groningsche dan wel op de Zeeuwsche methode draineert. De eerste methode heeft door de grootere afmetingen van de drainsleuven op de draandiepte dus in genoemd opzicht voordeelen boven de laatstgenoemde methode. Dit is op de volgende wijze duidelijk te maken:



FIGUUR VIII

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. In geval II treedt echter kwel op en in geval I niet, waarom in geval I de grondwaterstand midden tusschen de drains dieper onder het maaiveld ligt dan in geval II.



FIGUUR IX

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. In geval II is de draindiepte onder het maaiveld (= d) groter dan in geval I, waarom — en wel des te meer naarmate m_0 in beide gevallen dezelfde waarde heeft — in geval II de grondwaterstand midden tusschen de drainreeksen dieper onder het maaiveld ligt dan in geval I. In geval II is $d-m_0$ groter dan in geval I.

De overtollige neerslag moet tenslotte in de drainbuizen komen om naar de slooten te kunnen worden afgevoerd.

Zijn de, met grond gevulde, drainsleuven op de draindiepte nu goed doorlatend, dan kan men zeggen, dat het water praktisch gesproken geen weerstand meer ondervindt, zoodra het in de drainsleuven is gekomen. Naarmate de lengte van de wand van de drainsleuven (in een doorsnede loodrecht de drainreeksen) groter is, zal het overtollige regenwater over een grotere lengte in de sleuven kunnen doordringen en zal dit dus minder weerstand vragen; een en ander precies op dezelfde wijze als een menschenmenigte gemakkelijker een winkel kan binnendringen, naarmate de deur wijder is. Hieruit volgt, dat minder overdruk in het water noodig is — de grondwaterstand midden tusschen de drains loopt dus minder hoog op — naarmate de afmetingen van deze sleuf op draindiepte groter zijn, waarmede hier mogen worden volstaan.

De zevende factor vormt de draindiepte. Is de grond tot onder den slootwaterstand doorlatend, dan is de grootste draindiepte de beste; dit wil zeggen, dat de draindiepte bepaald wordt door den slootwaterstand, aangezien als regel de drains boven den slootwaterspiegel moeten liggen; in bepaalde gevallen moet hier echter van worden afgeweken. Het spreekt vanzelf, dat deze ligging ook weer niet zoo diep mag zijn, dat de goede legging en ligging van de drainreeksen daardoor in groot gevaar wordt gebracht. Er komen echter ook gevallen voor, waarbij een grotere draindiepte, ook bij een voldoende diepen slootwaterstand, geen zin heeft. Aangezien deze gevallen slechts weinig voorkomen, zullen we hierop niet verder ingaan.

Dat een grotere draindiepte het effect van de drainage vergroot, als de grond tot onder den slootwaterspiegel doorlatend is, kunnen we gemakkelijk als volgt inzien (zie figuur IX). Vergelijken we weer twee gevallen, waarbij alle andere factoren dezelfde zijn, maar waar in het eene geval de draindiepte groter is dan in het andere geval, dan zal weliswaar in beide gevallen de overdruk in het water (practisch) dezelfde zijn (dit is des te meer het geval, naarmate de grond tot een grotere diepte doorlatend blijft) — d.w.z. het verschil in den grondwaterstand midden tusschen de drains en loodrecht boven de drains (= m_0) is dezelfde — maar ten gevolge van de grotere draindiepte zal in het eerste geval de grondwaterstand midden tusschen de drains dieper onder het maaiveld blijven dan in het andere geval, waarop het tenslotte aankomt. Dit vormt tevens

de reden, waarom bij een grotere draindiepte de drainafstand groter kan worden genomen.

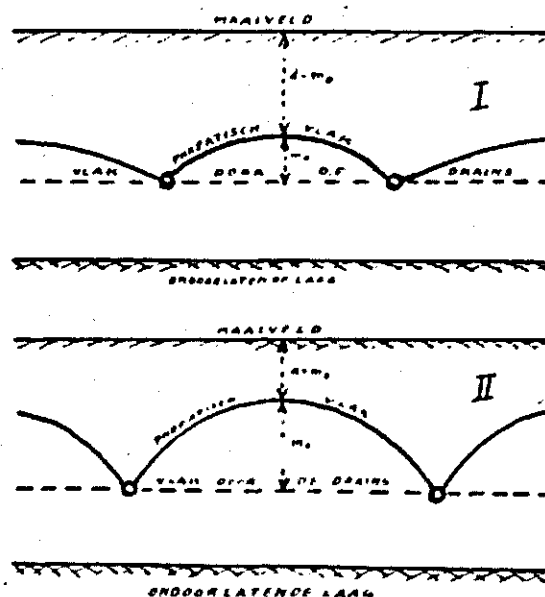
Komen we ten slotte tot den achtsten factor, n.l. den drainafstand, dan is het feitelijk haast niet meer noodig aan te toonen, dat hierdoor het effect van den drainage wordt beïnvloed. Ieder weet immers, dat met den onderlingen afstand van de drainreeksen het effect daarvan terugloopt. Toch willen we dit volledigheidshalve nog even beredeneeren.

Vergelijken we weer twee gevallen, waarbij alle andere factoren dezelfde zijn, maar waar in het eene geval de drainafstand groter is dan in het andere geval (zie figuur X), dan zal in het eerste geval het overtollige regenwater dus over een grooteren afstand door den grond moeten stroomen dan in het tweede geval. Naarmate deze lengte groter wordt, is een grotere overdruk in het water noodig om dezelfde hoeveelheid — n.l. de overtollige hoeveelheid water als een laag water voorgesteld — in denzelfden tijd naar de drains te doen vloeien. Dit wil niets anders zeggen dan dat de grondwaterstand des te hoger zal oploopen, naarmate, in overigens gelijke omstandigheden, de drainafstand groter is.

Uit de beschouwing van den laatsten factor volgt tevens, dat, aangezien de grondwaterstand midden tusschen de drains niet hoger dan tot een bepaalde waarde (voor bouwland op kleien dergelijke gronden tot 50 cm onder het maaiveld) mag oploopen, de drainafstand een bepaalde waarde mag hebben, zoodat nog steeds een voldoende ontwatering wordt verkregen.

Nu hebben we laten zien, dat er 8 factoren zijn, die van invloed zijn op het effect van den drainage en dus natuurlijk tevens den drainafstand bij gegeven draindiepte bepalen. Deze factoren staan in bepaald onderling verband, dat men in een formule tot uitdrukking kan brengen. Hierdoor wordt de mogelijkheid geschapen om, indien zeven factoren bekend zijn, den achtsten factor — en dus bijv. ook den benodigden drainafstand — te bepalen.

In de practijk is hiervoor slechts noodig, dat het betreffende perceel, dat gedraineerd moet worden, op een voldoende aantal plekken wordt gewaterpast ten opzichte van den meest voorkomenden en hoogsten slootwaterstand in den winter; dat verder het perceel op een voldoende aantal plaatsen met een lepelboor wordt afgeboord om den opbouw van het bodemprofiel te leeren kennen en dat op het perceel op een voldoende aantal plekken de doorlatendheid van den grond wordt bepaald.



FIGUUR X

Doorsnede loodrecht de drainreeksen. Zeven factoren zijn dezelfde. In geval I is de drainafstand echter kleiner dan in geval II, waarom in geval I de grondwaterstand midden tusschen de drains dieper onder het maaiveld ligt dan in geval II.

Teekeningen dr. Hooghoudt.