

LANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT T.N.O.  
GRONINGEN

CENTRAAL INSTITUUT VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK  
WAGENINGEN

STICHTING VOOR BODEMKARTERING  
WAGENINGEN

VERDROGENDE VEENGRONDEN IN WEST-NEDERLAND

IRREVERSIBLY DRYING PEAT SOILS IN THE WEST  
OF THE NETHERLANDS

S. B. HOOGHOUDT †  
D. VAN DER WOERDT  
J. BENNEMA  
H. VAN DIJK

BIBLIOTHEEK  
INSTITUUT VOOR  
BODEMVRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

CENTRUM VOOR

LANDBOUWPUBLIKATIES EN



LANDBOUWDOCUMENTATIE

---

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 66.23 - WAGENINGEN - 1960

142 371

# INHOUD

## Voorwoord

### DEEL I

Fysisch-chemisch onderzoek naar de oorzaken van de irreversibele indroging van veengronden en de mogelijkheden van verbetering

### PART I

A physico-chemical investigation into the causes of the irreversible drying of peat soils and the possibilities of improvement

S. B. HOOGHOUDT †, D. VAN DER WOERDT en H. VAN DIJK

### DEEL II

De veldbodemkundige oorzaken van de verdroging; verbreiding en eigenschappen van de verdroogde veengronden

### PART II

The pedological causes of the drying; occurrence and properties of the dried peat soils

J. BENNEMA en D. VAN DER WOERDT

### DEEL III

De verbetering van verdroogde veengronden

### PART III

Improvement of the dried peat soils

D. VAN DER WOERDT

### DEEL IV

Tabellen

### PART IV

Tables

De auteurs: Wijlen Dr. S. B. HOOGHOUDT was hoofd van de Agro-hydrologische afdeling van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen; Ir. D. VAN DER WOERDT was, ten tijde van dit onderzoek, landbouwkundige aan het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek te Wageningen en is thans verbonden aan de Cultuurtechnische Dienst te Zwolle; Dr. Ir. J. BENNEMA is wetenschappelijk hoofdamtenaar bij de Stichting voor Bodemkartering te Wageningen; Drs. H. VAN DIJK is scheikundige aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. (thans Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) te Groningen.

## VOORWOORD

Na de droogmaking van de Noordoostpolder bleken de aangrenzende polders in Overijssel en Friesland ernstige verdrogingsverschijnselen te vertonen. In 1946 werd een commissie in het leven geroepen, welke tot taak kreeg na te gaan op welke wijze hierin verbetering kon worden gebracht.

In 1947 besloot Ir. H. T. TJALLEMA, directeur van de afdeling Akker- en Weidebouw van het Departement van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, een soortgelijke opdracht te verstrekken aan een commissie, welke zich moest bezighouden met de verdrogende veengronden in West-Nederland. 16 juli werd als inleiding op het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek te Wageningen een vergadering belegd, waarin Prof. Ir. J. HUDIG, Ir. J. S. VEENENBOS, Ir. C. P. SCHEEPERS en Ir. L. J. A. DE JONGE, onderzoeker voor het Randgebied Noordoostpolder, verschillende kanten van dit vraagstuk belichtten.

Aan Ir. D. VAN DER WOERDT, landbouwkundige van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek werd het veldonderzoek opgedragen met als standplaats Gouda.

Het fysisch-chemisch onderzoek geschiedde onder leiding van Dr. S. B. HOOGHOUDT, hoofd van de agrohydrologische afdeling van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen, terwijl de bodemkartering en wat daarmee samenhangt, taak was van Ir. J. BENNEMA, wetenschappelijk hoofdamtenaar van de Stichting voor Bodemkartering te Wageningen.

De eerste vergadering der commissie werd op 2 maart 1948 gehouden, de laatste 26 februari 1953.

Leden der commissie waren verder Prof. Ir. J. HUDIG, de directeurs van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek, Ir. J. WIND en van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Drs. P. BRUIN, de Rijkslandbouwconsulenten voor Zuid-Holland Ir. C. P. SCHEEPERS, voor Utrecht, Ir. J. A. PENDERS, later Ir. Tj. GROENDIJK, de Cultuurconsulenten voor Zuid-Holland Ir. KUIPERI en voor Utrecht Ir. J. D. PERK.

Verschillende deskundigen woonden een of meer vergaderingen bij. Een serie proeven, welke was genomen onder leiding van Ir. 't HART werd tevens dienstbaar aan ons doel gemaakt.

Ondergetekende was voorzitter tot 31 december 1952, waarna hij werd opgevolgd door Ir. J. A. M. PENDERS.

Een extra bijdrage van f 70.000,— uit E.C.A.-gelden maakte het mogelijk op behoorlijke schaal veldproeven te nemen.

Op de laatste vergadering werd het schema voor het verslag opgesteld. Helaas heeft het tot 1958 geduurd voor het kon worden vastgesteld. Een der oorzaken van het uitstel was het overlijden van Dr. HOOGHOUDT in augustus 1953. Deze heeft belangrijk werk verricht door het uitwerken van een methode om de mate van irreversibele indroging van de grond in een getal uit te drukken en een uitvoerig onderzoek te verrichten naar de oorzaken van het verschijnsel.

Een woord van erkentelijkheid aan de nagedachtenis van deze bodemkundige mag hier niet ontbreken.

Wij betuigen onze dank aan de onderzoekers, in het bijzonder Ir. VAN DER WOERDT, Ir. BENNEMA en aan Drs. H. VAN DIJK, die na het overlijden van Dr. HOOGHOUDT zijn medewerking verleende en nog nader onderzoek verrichtte.

*De oud-voorzitter*

C. K. VAN DAALEN

DEEL I

FYSISCH-CHEMISCH ONDERZOEK NAAR  
DE OORZAKEN VAN DE IRREVERSIBELE INDROGING  
VAN VEENGRONDEN  
EN DE MOGELIJKHEDEN VAN VERBETERING

A PHYSICO-CHEMICAL INVESTIGATION INTO  
THE CAUSES OF THE IRREVERSIBLE DRYING OF PEAT SOILS  
AND THE POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT

S. B. HOOGHOUDT †, D. VAN DER WOERDT  
EN H. VAN DIJK

# INHOUD

	Blz.
INLEIDING . . . . .	1
I. HISTORISCH OVERZICHT . . . . .	2
II. METHODEN VAN ONDERZOEK . . . . .	8
1. Probleemstelling . . . . .	8
2. De methode Hudig en de methode Domingo. . . . .	8
3. De bij dit onderzoek toegepaste methode . . . . .	9
4. Betekenis van de Ii-graad in de praktijk . . . . .	15
Samenvatting . . . . .	21
III. ONDERZOEK NAAR DE OORZAKEN VAN DE IRREVERSIBELE INDROGING . . . . .	23
1. Luchtadsorptie . . . . .	23
2. Invloed van vloeimiddelen . . . . .	24
3. Harsen, wassen, vetten . . . . .	25
4. Invloed van peptisatie en kationenbezetting . . . . .	26
5. IJzerverbindingen . . . . .	28
6. Verband tussen kationenbezetting, slootwaterstand en Ii-graad in de praktijk . . . . .	29
7. Invloed van vervanging van water door andere vloeistoffen . . . . .	34
8. Invloed van uitpersen van nog in het geheel niet ingedroogde veen- gronden en van malen van reeds ingedroogde gronden . . . . .	37
Samenvatting . . . . .	38
IV. ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN VAN VERBETERING . . . . .	40
1. Invloed van water en meststoffen . . . . .	40
2. Invloed van mengen met zand en slib . . . . .	44
3. Invloed van bevriezen . . . . .	46
4. Invloed van krilium . . . . .	51
Samenvatting . . . . .	52
V. NABESCHOUWING. HET VERSCHIJNSEL VAN DE „IRREVERSIBELE” INDROGING VAN VEENGRONDEN BESCHOUWD IN HET LICHT VAN HEDENDAAGSE OPVAT- TINGEN OVER IRREVERSIBELE TOESTANDSVERANDERINGEN VAN COLLOIDALE SYSTEMEN . . . . .	53
1. Hydrofobe systemen . . . . .	53
2. Hydrofiele systemen . . . . .	57
3. Het mechanisme van de „irreversibele” indroging van veengronden . . . . .	59
4. Toetsing van het voorgesteld mechanisme aan de resultaten van het onderzoek . . . . .	63

5. Aanvullend onderzoek naar de invloed van vervanging van water door tetra . . . . .	65
6. De invloed van het indrogen van veengrond op de hoeveelheid uitwisselbare basen en op de adsorptiecapaciteit . . . . .	66
7. Enkele opmerkingen over de moeilijke bevochtiging van droge veengronden . . . . .	68
Samenvatting . . . . .	69
SAMENVATTING EN CONCLUSIES . . . . .	70
SUMMARY AND CONCLUSIONS . . . . .	72
EXPLANATION OF SOME SPECIAL SYMBOLS USED . . . . .	74
LITERATUUR . . . . .	75

## INLEIDING

Het probleem van de irreversibele indroging van veengronden is reeds door verschillende onderzoekers behandeld. In Hoofdstuk I werd hieraan de nodige aandacht geschonken. Wanneer men wil nagaan waardoor de indroging veroorzaakt wordt en welke invloed verschillende maatregelen hebben, moet men beschikken over een methode, waarmee men kan vaststellen, of en in hoeverre een veengrond ingedroogd is en hoe de reversibiliteit verandert onder invloed van verschillende behandelingen. Hoofdstuk II is daarom gewijd aan de bij het onderzoek gebruikte methoden.

In Hoofdstuk III worden de resultaten behandeld van het onderzoek naar de oorzaken van de irreversibele indroging, waarbij de verschillende in de literatuur vermelde theorieën getoetst werden.

Hoofdstuk IV geeft de resultaten van het onderzoek naar de mogelijkheden van verbetering van ingedroogde gronden. Hierbij werd de invloed van verschillende behandelingen op de reversibiliteit nagegaan.

Het experimentele onderzoek is, vooral in een later stadium, er sterk op gericht geweest bewijzen aan te voeren voor de gedachte, dat het beeld dat RUSSELL (25) tekent voor de kruimelvorming bij kleien, van toepassing is op het mechanisme van de irreversibele indroging. Zoals in een nabeschuiving in Hoofdstuk V wordt uiteengezet moet dit echter, gezien in het licht van hedendaagse opvattingen over irreversibele toestandsveranderingen van colloïdale systemen, als te simplistisch worden beschouwd.

Aan het slot van deze nabeschuiving wordt, gebaseerd op de huidige kennis van de eigenschappen van de organische stof in de grond een andere, meer waarschijnlijke verklaring besproken.

De bij de proeven gebruikte gronden waren van verschillende herkomst. In het Zuidhollandse en Utrechtse veengebied komen in hoofdzaak de volgende profielen voor (in de tabellen aangeduid met de afkortingen die hieronder achter de verschillende profielen vermeld zijn).

1. *Oude Land*. Dit is het onvergraven veenlandschap, gewoonlijk bestaande uit een bovenlaag van humeuze klei tot kleiveen op bos-, riet- of zeggeveen. Aanduiding: O.L.
2. *Droogmakerijen*. Hier komen voor:
  - a. veenprofielen; een bovenlaag van verteerd veen of kleiveen op een ondergrond van meestal eutroof of mesotroof veen. Aanduiding: V.D. (veen - droogmakerij).
  - b. kleiveen op katekleiprofielen. Een kleiveenlaag ter dikte van  $\pm 20$  tot 50 cm rust op kateklei. Aanduiding: V.K.D. (veen op kateklei in droogmakerijen).

Verder zijn soms monsters van oligotroof veen (in hoofdzaak mosveen) gebruikt. Wanneer dit het geval was, is dit apart vermeld.



## I. HISTORISCH OVERZICHT

Het verschijnsel dat veengronden „irreversibel” indrogen is reeds lang bekend. Verschillende onderzoekers onderscheiden aan het probleem slechts één facet nl. dat van de moeilijke bevochtiging van droge veengronden. Volgens anderen is er echter een tweede, veel belangrijker facet nl. de te lage waterbergingscapaciteit van deze gronden.

PUCHNER (20) merkt in 1896 reeds op, dat de bevochtigbaarheid voor verschillende gronden zeer sterk uiteenloopt. Het slechtst bevochtigbaar bleek volledig droog humusstof. PUCHNER meent, dat dit veroorzaakt wordt door een luchthuidje om het humusdeeltje, terwijl bovendien de in zeer fijne capillairen van het humusdeeltje aanwezige lucht het water verhindert binnen te dringen.

RAMANN (21) veronderstelt echter, dat de aanwezigheid van hars- en wasachtige stoffen, die de bodemdeeltjes na indrogen zouden gaan bedekken, de voornaamste oorzaak voor de weerstand van humeuze gronden tegen bevochtiging is. Dat iets dergelijks het geval kan zijn, blijkt uit het onderzoek van WANDER (33). Deze meent, dat in de door hem onderzochte zandgronden in Centraal Florida (98%  $\text{SiO}_2$ ) hogere vetzuren aanwezig zijn, die met  $\text{Ca}^{++}$ -,  $\text{Mg}^{++}$ - e.a. metaalionen in water vrijwel onoplosbare zouten vormen. Na extractie met aether om vrije vetten en wassen te verwijderen, bleef de grond waterafstotend, maar na extractie met methylalcohol, waarin dergelijke zouten van vetzuren enigszins oplosbaar zijn, bleek de grond gemakkelijk te bevochtigen.

GEOGHEGAN en medewerkers onderzochten de invloed van verschillende stoffen als polysacchariden, eiwitten e.d. op de aggregaatvorming in de grond. Zij vonden o.a. (12), dat aggregaten die behandeld waren met een alcohol-benzeenextract van *penicillium notatum* of van *aspergillus niger* hierdoor „waterproof” waren geworden. Dit wordt door hen toegeschreven aan vetachtige stoffen in deze extracten.

EHRENBERG en SCHULTZE (9) achten met hun proeven de aanwezigheid van een luchthuidje als oorzaak van moeilijke bevochtiging volledig bewezen en de hars- en was-theorie verworpen. Zij extraheren turf met alcohol en aether, waardoor wassen, vetten, harsen e.d. verwijderd worden. De turf bleef echter onbevochtigbaar. Bij samenpersen van turfpoeder, gewikkeld in vochtig filtreerpapier ontweken er veel luchtbellens en het verkregen materiaal was na poederen gemakkelijk te bevochtigen, tenzij het eerst weer aan de lucht gedroogd werd. Werd turfpoeder lang met water geroerd en daarna door uitwassen met resp. alcohol en aether, zonder verhitten, snel gedroogd en onmiddellijk daarna in water gebracht, dan werd het ook gemakkelijk bevochtigd. Werd het eerst weer enige tijd aan de lucht blootgesteld en pas daarna in water gebracht, dan was het weer onbevochtigbaar geworden.

DEVAUX (6) concludeert uit proeven met zand, dat iedere vochtige korrel twee mantels heeft, een binnenste van water en een buitenste van „onzuiverheden”. Bij drogen verdwijnt volgens hem de binnenste mantel en plakt de buitenste stevig op de korrel vast, waarna bevochtiging verhinderd wordt. Hij poneert, dat hetzelfde bij „humuskorrels” het geval zal zijn, alleen in nog veel sterkere mate.

ALBERT en KÖHN (1) onderzochten een zwak humeuze, tamelijk grove diluviale zandgrond (1,17% gloeiverlics), die na drogen grote weerstand tegen bevochtiging vertoonde. De oorzaak hiervan ligt volgens deze onderzoekers niet in de aanwezigheid van harsen of wassen, noch in de aanwezigheid van een luchthuidje. Behandeling met  $\text{CO}_2$  en  $\text{SO}_2$  (zeer goed in water oplosbaar) om de lucht te verdringen en daarna met water had in het geheel geen effect. Echter na behandeling met verdunde ammonia,  $\text{NH}_3$  gas, een  $\text{NaHCO}_3$  oplossing, waterstofperoxyde of Tammse oplossing (31,52 g oxaalzuur + 62,1 g neutraal ammoniumoxalaat per l water) was het zand goed te bevochtigen en dit bleef ook zo na 24 uur drogen aan de lucht. Zij verklaren de onbevochtigbaarheid uit de aanwezigheid van een humushuidje op de zandkorrels, dat irreversibel indroogt, waarbij de humusmoleculen zich misschien regelmatig hebben georiënteerd op het oppervlak van de zandkorrel, zó dat de „lyophobe” groepen naar buiten gericht staan. Omdat bevochtigingsweerstand bij deze gronden vrij zelden voorkomt, veronderstellen zij, dat misschien niet alle humussoorten lyophobe groepen hebben of dat oriëntering slechts onder bepaalde omstandigheden optreedt.

PAGE (18) onderscheidt aan het probleem niet alleen twee facetten, nl. de weerstand van irreversibel ingedroogde grond tegen bevochtiging en een bij de indroging opgetreden irreversibele krimp, maar hij geeft voor deze beide facetten ook verschillende oorzaken aan:

„Under the influence of drying agencies (heat of sun's rays, dry atmosphere, drainage) the humusgel contracts, and if the drying is carried far enough, the change is partly irreversible. The freezing of a wet peat causing the production of finely divided, irreversibly coagulated colloid, followed by drying out, is probably responsible for the formation of unfertile dusty peat soils.” („Staubhumus”)

Wat betreft de weerstand tegen bevochtiging zegt hij:

„There is a curious property exhibited by some soils, which is undoubtedly largely due to the organic matter, namely, the difficulty of wetting such soils . . . The fact that this property of peat soils is not always removed by extraction with organic solvents such as ether and alcohol, which should remove the waxy layer, and that the dusty soil can often be made to take up water by mechanical pressure, point to a possible alternative explanation of the phenomenon, where the presence of air in the fine capillaries of the dusty soil, and of adsorbed air on the humus particles, which have considerable absorptive powers for gases, would be the prime causes of the difficulty of wetting. Probably both these effects obtain in most circumstances their relative influence varying in different soils.”

GÄDEKE (11) geeft een overeenkomstige verklaring.

BRÜNE (4, 5) maakt dit onderscheid tussen zwellen en bevochtigen niet. Hij schrijft, dat humusstoffen bij te sterk indrogen, ten gevolge van hun colloïdale geaardheid iedere bevochtigbaarheid verliezen en merkt op, dat dit vooral het geval is, naarmate de veengronden sterker verweerd zijn.

STADNIKOFF (29) merkt op, dat turf moeilijker waterdamp opneemt, naarmate hij verder is ingedroogd.

„Torf muss folglich der Klasse der irreversibel eintrocknenden Kolloide eingereiht werden.”

Ten onrechte beweren sommige onderzoekers, die STADNIKOFF aanhalen, dat hij als oorzaak voor *irreversibele* indroging een „onvolledige coagulatie van de turf-colloïden” poneert. Het gaat STADNIKOFF er om een efficiënte turfbereiding te be-

vorderen. Aangezien de turf normaal niet snel droogt, omdat de turfcolloïden slechts *langzaam* coaguleren, zocht hij naar middelen om deze coagulatie te bevorderen en vindt dan, dat in dit opzicht ijzeroxyde zeer effectief is. Echter ook de met ijzeroxyde behandelde turf droogt irreversibel in.

POCKELS (19) toonde aan, dat onbevochtigbare vaste oppervlakken van organische oppervlak-actieve verbindingen, zoals was en stearinezuur, evenals van metalen, glas en porselein bevochtigd worden als de oppervlakken maar lang genoeg contact hebben met het water. Omgekeerd kunnen natte oppervlakken door lang contact met de lucht onbevochtigbaar worden. Zij merkt dan op, dat men, als de oorzaak van dit verschijnsel ligt in een oriëntering van de moleculen, moet aannemen dat de moleculen of eventueel de atomen in de oppervlaktelaag zich langzamerhand om-draaien, zodat ze na verloop van tijd al hun hydrophiele polen naar het water, resp. hun hydrophobe naar de lucht keren, maar dat bij metalen misschien ook een ge-adsorbeerd luchtlaagje een rol speelt.

TSCHAPEK (30) komt tot de conclusie dat turf, alhoewel het tot de hoog-hydrophiele, zo niet absoluut hydrophiele stoffen behoort, door water niet bevochtigd wordt, omdat het aan zijn oppervlak een luchtlaag heeft geadsorbeerd, die vrij stevig wordt vastgehouden en gebruikt dan ook liever de term aerophil. Deze conclusie wordt o.a. ontleend aan het feit, dat droge turf in een 50 ml gaspipet bij  $10^{-3}$  mm Hg gretig water opneemt onder warmteontwikkeling (wat volgens TSCHAPEK er op wijst, dat er water geadsorbeerd wordt en niet alleen capillair opgenomen). TSCHAPEK verrichte echter geen nauwkeurige metingen over de adsorptiewarmte van lucht of beter, van de gassen waaruit de lucht is samengesteld (inclusief waterdamp). Uit de resultaten van dergelijke metingen zouden immers bepaalde conclusies kunnen worden getrokken over de sterkte van de adsorptieve binding en over de selectiviteit van de gasadsorptie uit de lucht. Het oppervlak van een vaste stof wordt nl. in het algemeen vrijwel geheel bezet met dat gas, dat van de verschillende gassen in een gasmengsel de grootste adsorptiewarmte geeft, al is het gehalte aan dit gas in het mengsel ook zeer laag. Bij het onderzoek van TSCHAPEK zijn echter desondanks wel enige opmerkingen te maken:

1. Wanneer volledige desorptie reeds optreedt bij  $10^{-3}$  mm Hg dan kan de adsorptieve binding van „lucht” niet erg sterk zijn.
2. Volgens TSCHAPEK wordt de turf goed bevochtigd door het goed met water te schudden of te koken. In het eerste geval zou dan, volgens TSCHAPEK, de geadsorbeerde luchtlaag mechanisch verwijderd worden en in het tweede zou er desorptie bij hogere temperatuur optreden. Ook dit wijst dus in het geheel niet op een sterke adsorptieve binding van „lucht”.
3. Volgens TSCHAPEK wordt de turf zeer goed bevochtigd door de lucht te verdringen door  $\text{CO}_2$  en dan zwak alkalisch water toe te voegen. Hierbij mag echter niet worden vergeten, dat in dit geval een capillaire opzuiging van dit alkalische water optreedt, doordat de  $\text{CO}_2$  hierin goed oplost.

In Nederland is door HUDIG en medewerkers (14, 15, 22 zie ook 8, 23 en 24) het

probleem der irreversibele indroging het eerst bestudeerd. Hun zienswijze kan door het volgende citaat (15) worden weergegeven:

„Wij vonden dan, dat de „irreversibele indroging” bij voorkeur ontstaat in de veengebieden, waar sapropeel-klei is ingemengd en die van huis uit niet kalkrijk zijn en waar door de drooglegging, vertering der organische massa bij luchttoevoer gaat optreden. Bij dit proces wordt het ijzer beweeglijk en verplaatst zich als ijzerhumaat. Bij de indroging van de kleivenen, of veenkleien, gaat dit ijzerhumaat de gronddelen omhullen in kleine korrels van ongeveer 50 micron doorsnede (1 micron is 0,001 mm), zodat men een eigenaardig aggregaat krijgt, met vele spleten en spleetjes, waardoor het regenwater snel wegzakt, terwijl de oppervlakte der gronden niet nat wordt en ook niet meer aan de plantenvoeding deelneemt. De planten zijn dus aangewezen op hetgeen in de spleten en spleetjes zich voltrekt en het geheel is een watercultuur geworden. Typisch is de wortelontwikkeling tussen de bodemdelen in, met alle kronkelingen der spleten, het gebrek aan afbrekende bacteriën, overheersing van zwammen (schimmels), sterke vastlegging van fosforzuur.”

DUYVERMAN (8) omschrijft de rol van het ijzer nog nader:

„Het meeste tweewaardige ijzer wordt zodra het in oxydatief milieu komt, omgezet in het drie-waardige dat steeds als hydroxyde wordt neergeslagen zodra het boven de pH 4 komt. In zuur, organisch milieu komen echter ook de humaten in beweging; deze vormen met het ijzer complexe verbindingen, waarbij zij als „Schutzkolloid” van het ijzer optreden, dat in deze vorm zowel in zuur als in zwak alkalisch milieu diffundeert zonder enige neerslagvorming. Wanneer nu een profiel, waarin tijdens de natte wintermaanden de ijzerhumaten zich konden vormen en diffuus verspreiden, in het voorjaar snel en sterk wordt ontwaterd, stellen wij ons voor, dat in de dunne waterfilm, welke achterblijft in holten en poriën, de colloïdale ijzerhumaten (die volgens DUYVERMAN hydrophoob zijn) door dehydratatie als gevolg van verdamping, een zeer dunne film van irreversibel ingedroogd materiaal vormen, welke de gronddeeltjes omhult en daarmee dan tevens het actief oppervlak scheidt van het grondwater.”

Dat luchtadsorptie er volgens deze onderzoeker ook nog iets mee te maken kan hebben, blijkt uit een opmerking waar de hydrofobie der ijzerhumaten oorzaak der luchtadsorptie genoemd wordt.

VEENENBOS (32) zegt zelfs, dat bij een rodoornachtig kleidek op een veenondergrond de invloed van het ijzerpercentage op de mate van irreversibiliteit van essentieel belang is. Op de mogelijke rol van ijzer bij de „irreversibele indroging” wordt in de nabeschouwing nader ingegaan. Hier kan echter het volgende opgemerkt worden:

1. Bewijzen voor deze theorie worden niet aangevoerd. Er worden slechts aanwijzingen vermeld.
2. De hydrofiële humaten vlokken bij een te hoog gehalte aan ferri-ionen uit, maar zijn daarom nog niet hydrofoob te noemen. De betekenis van de termen hydrofiel en hydrofoob wordt in hoofdstuk V nader uiteengezet.
3. Van een oorzakelijk verband tussen hydrofobie en luchtadsorptie is overigens ook niets bekend.

REDLICH en HUDIG (22) merken op, dat grond die de eigenschap vertoont irreversibel te kunnen indrogen, aan lucht blootgesteld (door ontwatering), spoedig zuur wordt en dan de massa ontkalkt. Naast goede regeling van de grondwaterstand, noemen zij dan ook kalkgebruik en/of kalk- en bacterierijke organische meststof b.v.

stadsvuilnis (bacteriën zouden het ijzerhumaatfilmpje kunnen afbreken) noodzakelijk. Hierbij moet worden opgemerkt, dat humaten microbiologisch zeer moeilijk aantastbaar zijn. Voor zover schrijver dezes bekend, is er geen enkel onderzoek verricht over de afbraak van ijzerhumaten door microben, maar het ligt voor de hand te veronderstellen, dat deze onoplosbare verbindingen nog moeilijker aantastbaar zijn dan oplosbare humaten.

ZUUR (34) onderzocht met de ringmethode van HUDIG (zie hoofdstuk II) de snelheid en de grootte van de wateropname bij gedroogde veengrond.

ZUUR meent dat de aanvankelijk snellere wateropname wordt veroorzaakt door capillaire opstijging, waarna een langzamere wateropname onder zwelling plaats vindt. Bij geringe capillaire opstijging zouden de poriën zeer klein zijn. Deze verklaring kan voor de geringe capillaire opstijging bij gronden, die reeds min of meer irreversibel zijn ingedroogd, niet de enige of zelfs de voornaamste zijn. Wanneer men gedroogde kubi van een zeer zware kleigrond op vochtig gehouden filtreerpapier zet, dan worden deze kubi immers in enkele minuten goed vochtig. Het is niet aan te nemen, dat de poriën hiervan zoveel groter zullen zijn dan in een veengrond, waarbij volgens de methode van HUDIG in 8 uur nog maar weinig water wordt opgenomen. Een en ander wordt echter direct duidelijk als de wanden van de poriën in een dergelijke droge veengrondschijf zich niet of slecht door water laten bevochtigen. In dat geval zal zelfs bij voldoende grote poriën de capillaire opstijging gering zijn of bij volledige niet-bevochtigbaarheid zelfs negatief (capillaire neerdrukking).

Volgens ZUUR speelt bij de eigenlijke waterhuishouding de hoeveelheid capillair water de hoofdrol.

„Wat het irreversibel indrogen van veen betreft: bij wateronttrekking wordt dus vermoedelijk in de eerste plaats het capillaire water aangegepen, dat natuurlijk weer aangevuld kan worden. Indien men dus de wateronttrekking niet te ver doorvoert, is het mogelijk de hele waterbeweging tot het capillaire gebied te beperken en indrogen te voorkomen. Gaat de onttrekking zover, dat ook het colloïdale water aangegepen wordt, dan komt men in het gevaarlijke gebied van de kans op irreversibele indroging; het zal dan van de aard van het veen afhangen, of deze irreversibele indroging inderdaad optreedt.”

Deze opvatting klopt met die van STADNIKOFF (29) en wordt ook gedeeld door DOMINGO (7), die bij het onderzoek uitgaat van de gedachte, de gronden te karakteriseren door na te gaan, hoe het luchtdroge materiaal zich gedraagt bij bevochtiging, waarbij als karakteristiek punt het collapspunt gekozen werd. Wanneer reversibel ingedroogde grond op collapspunt is gebracht, zal het gaan zwellen, zodat na verloop van tijd een nieuwe hoeveelheid water nodig is om de grond weer op collapspunt te brengen. Bij irreversibel ingedroogde grond zal het collapspunt echter niet of vrijwel niet verlopen, omdat deze grond niet of nagenoeg niet zwelt. Hij wijst er op, dat bij sommige venen een belangrijk deel van de volumetoename bij bevochtiging berusten kan op het bol gaan staan van door de indroging plat gedrukte cellen (hyaline cellen), die zich weer met water vullen.

De zwelling wordt bepaald door de hoeveelheid opgenomen water te vergelijken met de voor het vullen van de poriën benodigde hoeveelheid tetrachloorkoolstof of

benzol, die geen zwelling van betekenis geven, wanneer ze met bodemcolloïden in aanraking komen.

DOMINGO maakt ook onderscheid tussen de moeilijke bevochtiging van irreversibel ingedroogde grond, die volgens hem veroorzaakt wordt door een luchthuidje, en irreversibele krimp. Harsen en wassen e.d. hebben volgens hem geen invloed. Een langdurig contact met een overmaat aan water bleek in vele gevallen essentieel te zijn voor de bevochtiging en de zwelling. Na behandeling met ammoniakgas werd het materiaal niet alleen gemakkelijk bevochtigd, maar het vertoonde ook een sterkere zwelling. Een behandeling met CO<sub>2</sub> had een dergelijk, maar veel geringer effect. Hij wijst er op, dat er aandacht zal moeten worden besteed aan de betekenis van de eenwaardige metaalionen voor de verbetering van de indrogende gronden. Het merendeel der monsters bleek zeer arm te zijn aan Na en K.

Samenvattend vindt men als oorzaken van de „irreversibele indroging” in de literatuur dus genoemd:

1. wassen, harsen, vetten e.d.
2. luchtadsorptie alleen
3. een irreversibele krimp van de organische bodemcolloïden, eventueel gepaard gaand met luchtadsorptie
4. de aanwezigheid van ijzerhumaten.

## II. METHODEN VAN ONDERZOEK

### 1. PROBLEEMSTELLING

Een normale grond, in contact gebracht met water (b.v. regenwater), neemt dit water snel op, waarbij in meerdere of mindere mate zwelling optreedt.

Ingedroogde veengronden echter doen dit niet of in geringe mate. Het gevolg hiervan is, dat regenwater niet voldoende vastgehouden wordt en dat een dergelijke grond dus een van zijn belangrijkste functies, namelijk het opslaan van regenwater, uit welke reserve de planten hun behoefte aan water kunnen dekken, niet naar behoren vervult, met als gevolg verdroging van het gewas.

Karakteristiek voor dergelijke gronden moet dus geacht worden, in hoeverre en hoe snel ze in staat zijn water op te nemen en vast te houden. Hierbij gaat het zowel om het zwelwater als om het water in de fijnere capillairen, daar regenwater in de vorm van hangwater in de fijne capillairen door de grond vastgehouden kan worden.

In de colloidchemie zijn verschillende colloïden bekend, die na wateronttrekking niet meer in staat zijn water op te nemen. Wij hebben in veengronden, die dit verschijnsel in meerdere of mindere mate vertonen, ook met dergelijke colloïdale verbindingen te maken.

Een volledig reversibel colloïd neemt na indrogen weer evenveel water op als in de uitgangstoestand aanwezig was. De mate, waarin een colloïd in staat is na drogen weer water op te nemen, hangt in het algemeen af van de mate van drogen. Wanneer na een zekere uitdroging nog een behoorlijke hoeveelheid zwelwater aanwezig is, zal de wateropname gemakkelijker gaan, dan wanneer de droging zeer sterk geweest is. Wanneer men wil nagaan, in welke mate een grondmonster, genomen van een bepaald perceel reeds irreversibel is ingedroogd, dan zal men moeten weten, hoeveel water aanwezig was toen het monster nog in het geheel niet was ingedroogd en hoeveel water nog opgenomen kan worden, wanneer de grond aan zeer sterke uitdroging is blootgesteld (b.v. door drogen bij 105° C).

### 2. DE METHODE HUDIG EN DE METHODE DOMINGO

Bij de aanvang van ons werk was voor het onderzoek van ingedroogde gronden reeds de methode HUDIG bekend. Bij deze methode wordt een grondmonster door toevoegen van water op de vloeigrens gebracht, daarna gedroogd bij 35° C (in een ring) en vervolgens op een vochtig zandbed weer in staat gesteld water op te nemen.

Door metingen van vochtgehalten en volumina tijdens de proef is het mogelijk het verloop van vochtafgifte, krimp, vochtopname en zwelling na te gaan. Wanneer men uitgaat van een *nog in het geheel niet ingedroogde grond*, kan men hiermee nagaan, in hoeverre een dergelijke grond *neiging* tot irreversibel indrogen vertoont. Wanneer een dergelijke grond na het droogproces weer op zijn oorspronkelijke volume en vochtgehalte terugkomt, kan men zeggen dat men te doen heeft met een reversibele grond. De methode is echter niet in staat aan te geven, in welke mate een bepaalde

grond uit de praktijk reeds irreversibel ingedroogd is, daar men de niet ingedroogde toestand niet kent. Men kan er hoogstens mee bepalen, in hoeverre een dergelijke grond nog sterker irreversibel kan indrogen. Komt het monster na drogen bij 35° C bij de bevochtiging weer op zijn vloeigrens-vochtgehalte terug, dan kan men zeggen, dat de grond niet meer verder irreversibel zal indrogen. Dit zal b.v. het geval zijn bij reeds sterk ingedroogde grond. Beschikt men echter niet over verdere gegevens, dan zou men ook kunnen zeggen, dat deze grond volkomen reversibel is en ook niet irreversibel kan indrogen. Er wordt immers na drogen weer evenveel water opgenomen als bij het drogen eerst afgegeven is. De methode HUDIG zou wel bruikbaar worden, wanneer aan een standaardserie van niet-ingedroogde monsters met uiteenlopende humus- en slibgehalten zwel- en krimpproeven werden verricht. Het gedrag van een veldmonster zou dan vergeleken kunnen worden met het gedrag van overeenkomstige monsters uit de standaardserie.

DOMINGO gebruikte het vochtgehalte bij de vloeigrens als maatstaf, waarbij bleek, dat een grond een zekere tijd nodig heeft om op zijn definitieve vloeigrens te komen, een factor waarmee bij de methode HUDIG geen rekening is gehouden.

DOMINGO bepaalde echter evenmin de vochtgehalten in de niet irreversibel ingedroogde toestand. Indien men dit wel zou doen, zou deze methode zeker bruikbaar zijn, temeer omdat DOMINGO erin geslaagd is capillair- en zwelwater van elkaar te onderscheiden.

Wanneer men de invloed van bepaalde factoren b.v. pH verhoging wil nagaan, is het niet beslist nodig de niet ingedroogde toestand te kennen. Men kan dan volstaan met het vochtbindend vermogen b.v. met en zonder toevoeging van  $\text{CaCO}_3$  na te gaan.

### 3. DE BIJ DIT ONDERZOEK TOEGEPASTE METHODE

De bij ons onderzoek toegepaste methode berust op de eigenschap, dat als water met steeds dezelfde kracht aan de beschouwde grond wordt onttrokken, het resterend vochtgehalte, uitgedrukt in procenten op de droge grond (bij 105° C gedroogd) des te groter is, naarmate de grond minder irreversibel is ingedroogd. Deze constante, goed reproduceerbare kracht wordt geleverd via een centrifuge met steeds dezelfde rotatiesnelheid. Aangezien het ons er in de eerste plaats om ging na te gaan in hoeverre de grond zijn vermogen water vast te houden heeft verloren ten gevolge van indroging, werd de grond vóór het centrifugeren enige dagen onder water gezet, waarbij steeds gezorgd werd voor goede bevochtiging. Hierdoor krijgt de grond de gelegenheid het reversibele deel van het in droge perioden eventueel verloren gegane water weer op te nemen. Eventuele verschillen in bevochtigingssnelheid werden dus steeds opzettelijk gemaskeerd. Het vocht, dat na het centrifugeren in de grond achterblijft, wordt het *resterend vochtgehalte* genoemd.

De uitvoering van de bepaling geschiedt met porceleinen kroesjes met filterbodem (volgens KÖNIG) en met gebruikmaking van een gewone bekercentrifuge.

De afstand van de bodem van het kroesje tot de rotatie-as bedroeg in onze centrifuge 15 cm, de rotatiesnelheid 2500 omwentelingen per minuut of 42 per seconde,



zodat de versnelling van de centrifugaalkracht ter plaatse van de bodem van het kroesje gelijk was aan  $4\pi^2(42)^2 \cdot 15 = 1045 g$  ( $g =$  versnelling van de zwaartekracht).

Het resterend vochtgehalte is voor dezelfde grond bij dezelfde mate van irreversibele indroging afhankelijk van:

1. *Het aantal dagen, dat het grondmonster onder gedestilleerd water wordt gezet alvorens te worden gecentrifugeerd.* Uit proefnemingen bleek, dat het resterend vochtgehalte eerst vrij sterk toeneemt met de tijd dat het grondmonster onder water heeft gestaan. Na 4 of 6 dagen is deze toeneming echter zeer gering, zodat volstaan kan worden met ieder monster vóór het centrifugeren steeds 6 dagen onder water te houden.

Dit komt overeen met de resultaten van DOMINGO, die vond, dat wanneer een grond elke dag weer op het collapspunt gebracht wordt, de eindtoestand (het constante collapspunt) na een week grotendeels is bereikt.

2. *De rotatiesnelheid van de centrifuge.* Uit proefnemingen met verschillende rotatiesnelheid, waarbij tevens de middelbare fout van één bepaling bij een serie monsters van verschillende herkomst en indroging werd nagegaan, bleek 2500 toeren per minuut de beste resultaten te geven. Aangezien het hier een empirische methode betreft, behoeft het resterende vochtgehalte van het kroesje zelf (wanden en bodem) niet in rekening te worden gebracht. Dit heeft bovendien het voordeel, dat de gemiddelde fout van duplobepalingen kleiner wordt. De bepaling wordt hierdoor aanmerkelijk vereenvoudigd.

3. *De tijd van centrifugeren.* Uit waarnemingen met verschillende centrifugeringstijden bleek, dat het resterende vochtgehalte met de tijd van centrifugeren afneemt, zij het ook weinig als van 30 tot 60 minuten werd gecentrifugeerd. Belangrijk is echter, dat de middelbare fout van een duplobepaling belangrijk daalt bij een langere centrifugeringstijd. Om deze reden werd dan ook een centrifugeringstijd van 60 minuten aangehouden. Om verdamping te voorkomen, werden de centrifuge-bekers met passende deksels afgesloten.

4. *De hoeveelheid grond.* Bij een serie onderzoeken bleek, dat het resterend vochtgehalte in het algemeen toeneemt, naarmate de hoeveelheid grond groter was. Deze invloed was voor verschillende gronden echter niet gelijk. Bij humusgehalten lager dan 50% en bij reeds min of meer ingedroogde gronden is de invloed gering, bij hoge humusgehalten en niet ingedroogde gronden was de invloed groter. Uit een onderzoek naar de foutengrenzen bij duplobepalingen van een grote serie monsters bleek, dat een hoeveelheid grond overeenkomend met 1,5 gram droge stof de kleinste relatieve fouten gaf. Deze hoeveelheid werd dan ook aangehouden. Alleen voor veengronden met zeer hoge humusgehalten moest soms van iets minder grond worden uitgegaan. Een kleinere hoeveelheid geeft vooral bij reeds irreversibel ingedroogde gronden een te grote fout, waarom dan ook aan een hoeveelheid overeenkomend met 1,5 gram droge stof de voorkeur wordt gegeven. Voor humeuze kleigronden met relatief lage humusgehalten (minder dan 10 à 15%) staat soms na 1 uur centrifugeren nog water op de grond in de kroesjes. Deze bepaling is dan uiteraard waardeloos. De bepaling voor alle gronden wordt daarom zo

uitgevoerd, dat nadat de grond 6 dagen onder water heeft gestaan, 30 minuten wordt gecentrifugeerd. Het water onder in de centrifugebekers wordt dan verwijderd evenals eventueel water boven de grond in de kroesjes, waarna nog eens 30 minuten wordt gecentrifugeerd.

5. *De voorbereiding van het ontvangen monster.* Om goed reproduceerbare resultaten te krijgen bleek het noodzakelijk te zijn de monsters een voorbehandeling te laten ondergaan. De monsters worden daarom in veldtoestand door een zeef met zeefopeningen van 3 mm gedrukt.

6. *De toestand, waarin de kroesjes zich bevinden.* De kroesjes moeten na iedere bepaling goed schoongemaakt worden. De wijze, waarop dit dient te geschieden, zal hier niet verder behandeld worden.

Het op deze wijze bepaalde resterende vochtgehalte is dezelfde grootte als het z.g. „moisture equivalent” (zie BAYER, Soil physics (1948) blz. 254). De bijbehorende pF-waarde<sup>1</sup> is  $\pm 3,0$ .

De bepaling van het resterend vochtgehalte geschiedt als volgt:

Van de te onderzoeken grond wordt een monster genomen van een bepaalde laag. Hierbij kan men, wanneer men althans een gemiddeld monster van een bepaald perceel wil hebben, te werk gaan als bij de normale grondbemonstering, dus 20 steken met een bouwlandboor van de betreffende laag. Ter voorkoming van uitdroging gedurende de verzending moeten de monsters in goedgesloten glazen potten of bussen verzonden worden. In het laboratorium worden na goed mengen in een deel van het monster het vochtgehalte (drogen bij 105° C), het gloeiverlies (organische stof) en de granulaire samenstelling bepaald.

Een ander deel van het monster wordt zonder drogen gebruikt voor de bepaling van het resterend vochtgehalte. Na de voorbereiding (zeven, zie boven) wordt zoveel grond als overeenkomt met 1,5 gram droge stof in viervoud in de centrifuge-kroesjes gewogen. Twee van deze kroesjes worden gedroogd bij 105° C, waarna de inhoud zo nodig nog iets fijngemaakt wordt en met zoveel gedestilleerd water aangeroerd, dat nog een laag water boven de grond aanwezig is. Bij de twee andere kroesjes wordt direct water toegevoegd. Alle kroesjes worden vervolgens gedurende 6 dagen in een exsiccator in een laag gedestilleerd water geplaatst, zodat de grond in de kroesjes niet droog kan komen te staan. Daarna worden ze gecentrifugeerd gedurende tweemaal dertig minuten (zie boven), gewogen en vervolgens gedroogd bij 105° C. De gewichtsvermindering door het drogen geeft direct het resterende vochtgehalte na het centrifugeren.

Bij deze bepaling vinden we dus:

1. het resterende vochtgehalte van het in de veldtoestand verkerende gezeefde monster, dat 6 dagen onder water gestaan heeft (Rt);
2. het resterende vochtgehalte van het bij 105° C gedroogde monster, dat daarna eveneens 6 dagen onder water gestaan heeft ( $R_{\text{minimum}}$ ).

<sup>1</sup> pF = log (energie waarmee het water wordt vastgehouden uitgedrukt in cm H<sub>2</sub>O).

Uit talrijke analyses is gebleken, dat het verschil tussen twee duplobepalingen slechts zelden meer dan 7% van het gemiddelde bedraagt. Bepalingen met groter verschil worden in duplo herhaald. De standaardafwijking berekend uit een grote serie monsters met de formule

$$s = \sqrt{\frac{\text{som } d^2}{2n}}$$

waarin  $d$  het verschil tussen de duplobepalingen en  $n$  het aantal duplobepalingen is (aantal waarnemingen dus  $2n$ ), bedraagt voor  $R_t$  en  $R_{\min}$  resp. 8,65 en 2,50, wat overeenkomt met resp. 2,8 en 3,0% van de gemiddelde waarde van  $R_t$  en  $R_{\min}$ .

Uit de bepaling van het resterende vochtgehalte van veengronden in de indrogingstoestand, zoals deze te velde aanwezig is, blijkt dat de resterende vochtgehalten van de het sterkst irreversibel ingedroogde gronden te velde groter of hoogstens gelijk zijn aan die bepaald met de bij 105° C gedroogde gronden. Om de graad van irreversibele indroging te bepalen hebben we naast  $R_t$  en  $R_{\min}$  nog nodig het resterende vochtgehalte in de nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde toestand.

Dit kan niet aan het veldmonster worden bepaald, daar dit reeds ten dele irreversibel ingedroogd is en juist tengevolge van de irreversibele indroging niet gemakkelijk meer op het vochtgehalte van de niet irreversibel ingedroogde toestand gebracht kan worden.

Ter bepaling van de resterende vochtgehalten in de niet irreversibel ingedroogde toestand is een groot aantal monsters van verschillend humusgehalte en van verschillende veensoorten genomen van lagen die in de buurt van de grondwaterspiegel of daaronder liggen. Aangenomen mag worden dat deze gronden nog in het geheel niet ingedroogd zijn.

Van deze monsters is het resterend vochtgehalte in de veldvochtige toestand bepaald. Dit gehalte zullen we verder met  $R_{\text{maximum}}$  aanduiden. Deze (conventioneel bepaalde) waarde van  $R_{\text{max}}$  is niet constant maar afhankelijk van het humusgehalte van de grond (en in mindere mate ook van het gehalte aan afslibbare delen). Gedeelten van deze monsters zijn gedroogd bij 105° C, waardoor een sterke irreversibele indroging verwacht mag worden, voorzover deze gronden daartoe de neiging vertonen. Na het drogen werd het resterende vochtgehalte bepaald ( $R_{\min}$ ). Het bleek nu dat deze resterende vochtgehalten steeds veel lager waren dan in de niet ingedroogde toestand, d.w.z. dat alle onderzochte veenmonsters irreversibel kunnen indrogen.

De zo bepaalde resterende vochtgehalten zijn in figuur 1 uitgezet tegen het humusgehalte. Hieruit blijkt dat er een goed verband is, zowel tussen humus en  $R_{\text{max}}$  als tussen humus en  $R_{\min}$ .

De spreiding in de  $R_{\text{max}}$ -punten blijkt ten dele veroorzaakt te worden door verschillen in de veensoort. Detritusgronden uit de N.O.P. en rietvenen hebben een afwijkende curve. In figuur 1 zijn daarom drie lijnen getrokken, nl.:

1. voor detritusgronden
2. voor rietvenen
3. voor alle andere veensoorten (algemene lijn).

FIG. 1. Standaard grafiek

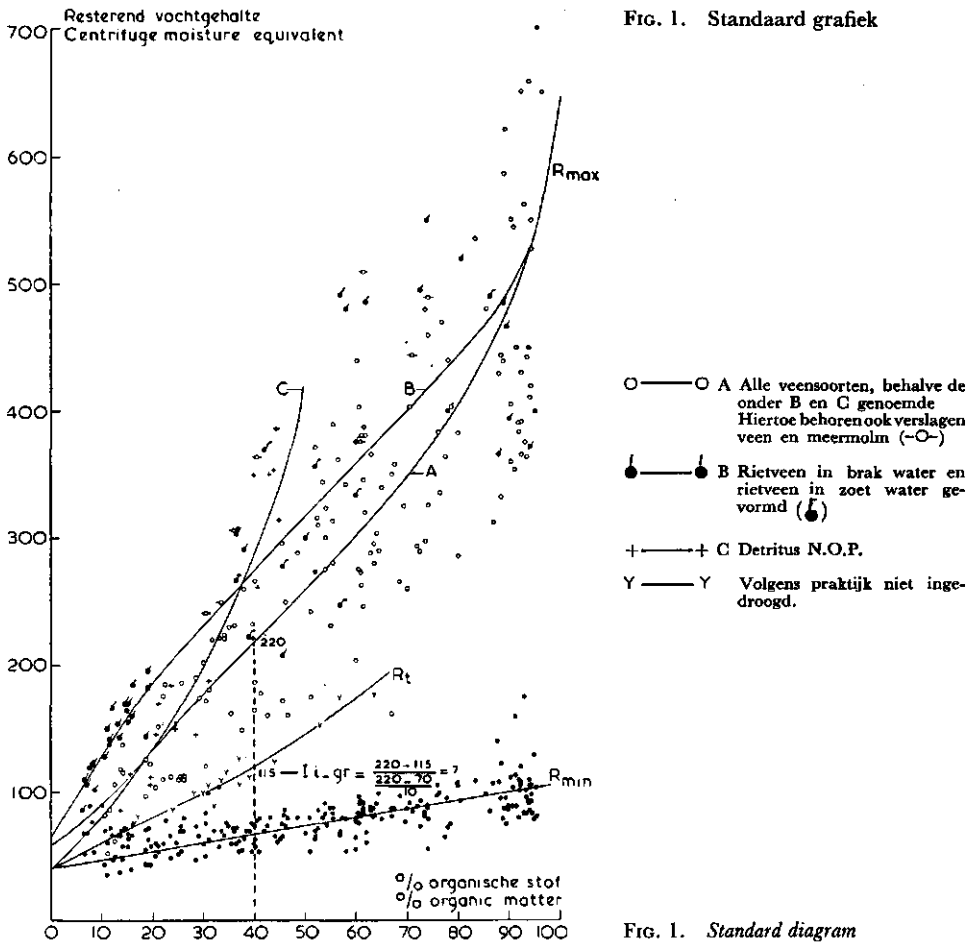


FIG. 1. Standard diagram

Vergeleken met het verschil met de  $R_{min}$ -lijn zijn de verschillen tussen de curven onderling niet groot.

Een ander deel van de spreiding is veroorzaakt door het feit, dat het niet steeds zeker is geweest, dat de monsters nog in het geheel niet ingedroogd waren (soms misschien iets te hoog in het profiel genomen).

Een correctie van de  $R_{max}$ -getallen voor het gehalte aan afslibbare delen blijkt alleen mogelijk voor gronden met humusgehalten kleiner dan 20%. Bij hogere humusgehalten is dit onmogelijk, doordat er geen verband bestaat tussen de afwijking van de punten en de algemene lijn in fig. 1 en het gehalte aan afslibbare delen of doordat er een (zelfs nauwe) correlatie bestaat tussen de humus- en slibgehalten (bij humusgehalten groter dan 55%).

Voor humusgehalten kleiner dan 20% luidt deze correctie: correctie  $R_{max} = -47 + 0,9s$ , waarin  $s$  het gehalte aan slibfractie in % voorstelt. Deze correctie is

echter niet toegepast, omdat moeilijkheden ontstonden, wanneer de gronden met minder dan 20% organische stof wel gecorrigeerd werden en de gronden met meer dan 20% organische stof niet.

Aan de hand van de curven uit fig. 1 kan een graad van indroging worden vastgesteld. Volgens fig. 1 behoort bij een grond met 40% organische stof een  $R_{\max}$  (algemene lijn) van omstreeks 220. De  $R_{\min}$  kan aan het monster zelf bepaald worden; hiervoor wordt b.v. 70 gevonden. Het verschil tussen  $R_{\min}$  en  $R_{\max}$  kan in een schaal van 10 gelijke delen (in dit geval van  $150 : 10 = 15$  gram vocht per 100 gram droge grond) verdeeld worden. Vindt men nu voor het monster in de veldtoestand een resterend vochtgehalte ( $R_t$ ) van 115, dan kan men aan deze grond een irreversibele indrogingsgraad van 7 toekennen (verschil met  $R_{\max}$  is  $105 = 7 \times 15$ ).

De formule voor de berekening van de irreversibele indrogingsgraad wordt dus:

$$\text{Ii-graad} = \frac{R_{\max} - R_t}{\frac{R_{\max} - R_{\min}}{10}} = \frac{10 (R_{\max} - R_t)^1}{R_{\max} - R_{\min}}$$

De Ii-graad geeft dus aan de mate waarin een grond irreversibel is ingedroogd in een schaal van 0 tot 10, waarbij een lage Ii-graad betekent dat de grond nog slechts weinig irreversibel is ingedroogd en een hoge Ii-graad dat de grond reeds sterk irreversibel is ingedroogd.

Bij de berekening van de Ii-graad van praktijkmonsters is steeds uitgegaan van de algemene curve zonder rekening te houden met veensoort en gehalte aan afslibbare delen. Rietveen en detritusmonsters werden nl. vrijwel niet ontvangen. Meestal heeft men te doen met monsters uit de bovenlaag van het profiel, waaraan de veensoort moeilijk te herkennen is en waarbij tengevolge van de vertering ook waarschijnlijk niet meer de  $R_{\max}$ -waarde hoort van goed herkenbaar en weinig verteerd rietveen.

Het niet toepassen van de correctie voor het gehalte aan afslibbare delen geeft uiteraard niet geheel juiste cijfers voor de Ii-graad. Bij hoge Ii-graden (waar het in de praktijk meestal om gaat, zoals nog zal blijken) is deze fout relatief klein, maar kan toch wel een eenheid in Ii-graad bedragen, wanneer de slibgehalten sterk uiteenlopen.

Wanneer aan een bepaalde grond onderzoeken worden gedaan over de invloed van verschillende maatregelen b.v. pH-verhoging e.d., dan spelen de genoemde fouten uiteraard geen rol, daar dan de  $R_{\max}$  steeds dezelfde is.

<sup>1</sup> De door HOOGHOUT (Trans. IVth Intern. Congr. Soil Sci. II 31-35 (1950)) ingevoerde term reversibiliteitsgraad gaf aanleiding tot misverstand aangezien deze term dikwijls werd vertaald als mate waarin een bepaalde grond „nog” reversibel is. Een maat hiervoor zou echter b.v. zijn de hoeveelheid water die in de 6 dagen dat een monster onder water staat wordt opgenomen. De waarde van  $R_{\min}$  b.v. is een maat in hoeverre een grond na volledig te zijn gedroogd, nog weer in staat is water te binden met een kracht  $> 1045$  g m.a.w. een maat in hoeverre volledige indroging reversibel is. De term reversibiliteitsgraad, gedefinieerd als

$$\frac{10 (R_t - R_{\min})}{R_{\max} - R_{\min}}$$

(dus gelijk aan  $10 - \text{Ii-graad}$ ) geeft in feite aan de mate, waarin de grond nog niet irreversibel is ingedroogd. Om echter misverstand te voorkomen leek het ons juist te spreken van irreversibele indrogingsgraad. De aanvankelijk gebruikte symbolen  $R_{10}$  en  $R_0$  zijn vervangen door  $R_{\max}$  resp.  $R_{\min}$  aangezien de laatste doorzichtiger zijn.

## 4. BETEKENIS VAN DE II-GRAAD IN DE PRAKTIJK

In fig. 1 is tevens een aantal bovengrondmonsters opgenomen (laag 5–15 cm) van percelen, die volgens de praktijkervaring geen schadelijke irreversibele indroging vertoonden (bepaald aan het uiterlijk van de grond te velde en de voorkomende grassoorten). Deze monsters blijken een II-graad te hebben in de buurt van 5 à 6. Fysisch-chemisch gezien zijn deze gronden dus reeds ingedroogd; landbouwkundig is deze indroging blijkbaar niet schadelijk. Integendeel, gronden die fysisch-chemisch gezien nog in het geheel niet zijn ingedroogd, zijn te nat en voor cultuurgrond ongeschikt. Ook bij latere onderzoeken bleek, dat zelfs zeer natte percelen zelden een lagere II-graad hebben dan 3 à 4. In het algemeen blijkt een zeer behoorlijke overeenstemming te bestaan tussen de veldwaardering en de II-graad. Dit wordt verder in deel II en deel III behandeld. Ter illustratie volgt hier een figuur, die betrekking heeft op monsters genomen van percelen met variërende indrogingsgraad en slootwaterstand (zie fig. 2).

Hieruit blijkt, dat de veldbeoordeling „ingedroogd” steeds overeenkomt met hoge II-graad cijfers, en verder dat er een goed verband is tussen de ontwateringsdiepte en de graad van indroging. Sterk ingedroogde percelen hebben een II-graad van omstreeks 8 tot 10. Wanneer men de II-graad wil gebruiken om een grond wat de mate van indroging betreft te karakteriseren, moet deze grootte binnen zekere grenzen constant zijn, d.w.z. niet of weinig afhankelijk zijn van het tijdstip van bemonstering. In de loop van het onderzoek rees hieromtrent twijfel, daar in het veld bleek, dat ingedroogde gronden er na een natte winter vochtig uit gingen zien. Om hieromtrent zekerheid te verkrijgen werden van kleine, nauwkeurig bepaalde gedeelten van ingedroogde percelen op diverse bodemtypen in verschillende seizoenen monsters genomen. Ter vergelijking werden ook twee natte, niet ingedroogde percelen bij het onderzoek betrokken.

De voornaamste resultaten zijn in tabel 1 opgenomen. Deze cijfers hebben betrekking op percelen, die in juni 1950 en begin april 1951 bemonsterd zijn, en op een serie andere percelen, die bemonsterd zijn in de zomers van 1951 en 1952 en vervolgens in december 1952/januari 1953. In voorjaar en winter was de grond van de meeste percelen op het oog vochtig, in de zomer droog <sup>1</sup>. In de figuren en in de tabel zijn deze gegevens samengevat. Hieruit blijkt, dat zowel het vochtgehalte als  $R_t$  in de winter- of voorjaarsperiode duidelijk en vrij aanzienlijk hoger zijn dan in de zomer, terwijl de II-graad lager is. Merkwaardig is, dat ondanks het feit, dat de cijfers afkomstig zijn van verschillende jaren en verschillende percelen met zeer variërende humusgehalten, het vochtgehalte in de zomer voor alle gronden tussen 30 en 40 % ligt en in de winter- of voorjaarsperiode tussen 70 en 80 % (de niet ingedroogde gronden zijn hierbij niet inbegrepen). Uit het feit dat het humusgehalte weinig invloed op de vochtopname heeft, blijkt dat het opgenomen vocht in hoofdzaak uit capillair water bestaat; de humus zelf is blijkbaar vrijwel inactief (zwellt niet).

<sup>1</sup> Voor uitvoeriger gegevens zij verwezen naar D. VAN DER WOERDT: De variabiliteit van de R-graad door weersinvloeden. Gestencild Rapp. C.I.L.O. No. 1137 en No. 1508.

FIG. 2. Het verband tussen slootwaterstand en Ii-graad

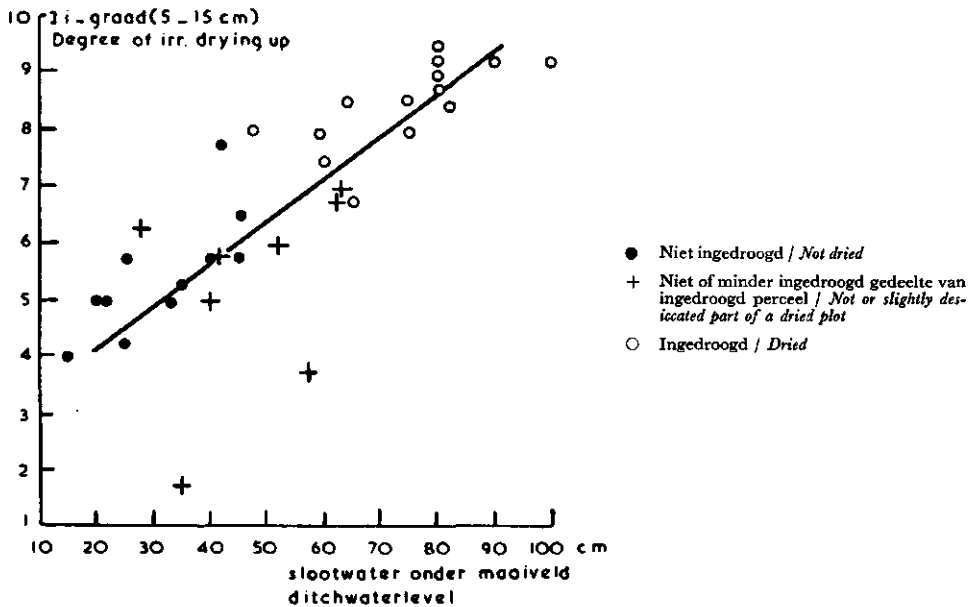


FIG. 2. The relation between ditchwaterlevel and degree of irreversible drying

Gezien deze feiten moet men bij de beoordeling van de Ii-graden wel in aanmerking nemen, in welke periode de monsters genomen zijn. Een verschil van één à twee eenheden in Ii-grad kan voorkomen. Bij vergelijking van percelen zal men de monsters moeten nemen in eenzelfde periode.

Van de in tabel 1 genoemde monsters was ook het luchtdroge vochtgehalte bekend. Wanneer men aanneemt dat de monsters bij een relatieve vochtigheid van de lucht van  $\pm 50\%$  gedroogd zijn, dan komen deze vochtgehalten overeen met een pF-waarde van 6,0. De  $R_t$ -waarden komen overeen met een pF-waarde van  $\pm 3,0$ . Aangenomen kan verder worden, dat bij een pF van 7 het vochtgehalte nul is. Men beschikt dan over drie punten van de pF-curve, waarmee een (uiteraard zeer globale) schatting gemaakt kan worden van het voor de planten beschikbare water in de voorjaars- en zomertoestand. Voor enkele monsters zijn de zo geconstrueerde pF-curven in fig. 3 weergegeven.

Bij de sterk ingedroogde gronden 607-A en 613-A (figuur 3A en B) ziet men, dat in de zomer het A-cijfer zover is gedaald (tot resp. 43 en 34), dat de corresponderende pF-waarde hoger is dan het verwelkingspunt (pF 4,2). In de beschouwde laag (5-15 cm) is dus geen water meer voor de planten beschikbaar.

Beschouwt men de pF-curven van dezelfde gronden 607-A en 613-A in voorjaars-toestand, dan ziet men dat de met de A-cijfers 84, resp. 73 corresponderende pF-

waarden lager zijn dan 4,2. In de voorjaarstoestand is dus wel water aanwezig, dat voor de planten beschikbaar is. Gemiddeld bedroeg dit voor alle in tabel 1 genoemde ingedroogde gronden ongeveer 40 gram vocht per 100 gram droge grond (105° C). Bij een droog volumegewicht van 0,5 betekent dit een hoeveelheid beschikbaar water van  $\pm 20$  mm. Hetzelfde zal minstens gelden voor de totale laag van 0–20 cm en zeer waarschijnlijk in sterkere mate voor de laag van 20–30 cm, waarin echter minder wortels voorkomen. We mogen dus wel aannemen, dat in het voorjaar in de ingedroogde gronden een hoeveelheid voor de plant beschikbaar water van  $3 \text{ à } 4 \times 20 \text{ mm} = 60 \text{ à } 80 \text{ mm}$  aanwezig is, wat de betrekkelijk goede voorjaarsgroei op deze gronden kan verklaren (zie deel III).

Wanneer men nu de curven voor de niet ingedroogde percelen in fig. 3 C en D beziet, dan blijkt dat hier zowel in de zomer als in het voorjaar een aanzienlijke hoeveelheid voor de planten beschikbaar water aanwezig is. In de zomer nl. resp. 43 en 64 gew. % (= 22 en 32 mm), in het voorjaar resp. 75 en 96 gew. % (= 38 en 48 mm). Wanneer we deze cijfers weer met drie vermenigvuldigen komen we in het voorjaar op een hoeveelheid beschikbaar water van ongeveer 130 mm. De nog beschikbare hoeveelheid water in de zomer kan gedeeltelijk veroorzaakt zijn door de nalevering van water uit de op deze gronden vrij hoge grondwaterspiegel. Verder was 1951 geen droog jaar.

De slootwaterstanden van de niet ingedroogde percelen lagen op ongeveer 20 cm onder het maaiveld; deze percelen zijn in het voorjaar te nat. De ingedroogde percelen hebben slootwaterstanden van  $\pm 60\text{--}80$  cm onder het maaiveld. In de bepaling van pF-curven hebben we ook nog een mogelijkheid om gronden wat de graad van indroging betreft te karakteriseren. Als voorbeeld zal hier behandeld worden een onderzoek, dat door Ir. BOEKEL verricht werd. Hierbij werden van drie nog niet ingedroogde monsters de pF-curven bepaald en wel in veldvochtige toestand en na drogen bij 105° C.

Van ieder monster werd een gedeelte van het veldvochtige veen volledig met water verzadigd, waarna met dit materiaal een ring van  $\pm 50 \text{ cm}^3$  gevuld werd. Een ander deel van de monsters werd bij 105° C gedroogd, vervolgens wat fijn gemaakt en daarna tot constante vloeigrens vochtig gemaakt. Ook met dit materiaal werd een ring gevuld. Hierna werden de ringmonstertjes geplaatst op de apparatuur ter bepaling van de poriënverdeling. De grond werd daarbij in contact gebracht met filters waarin water onder verschillende onderdrukken. Op geregelde tijden werd het gewicht van de monsters bepaald. Uit de verkregen cijfers konden de hoeveelheden water, die bij iedere onderdruk achterbleven berekend worden. Na bepaling van het s.g. en met behulp van de ringinhoud en het gewicht van de lege ring kon ook het totale poriënvolume worden bepaald. Het water, dat voor de plant beschikbaar is, ligt tussen de veldcapaciteit, die voor niet te diep ontwaterde gronden (grondwaterstand van 40–60 cm onder het maaiveld) bij ongeveer 1,6 zal liggen en het verwelkingspunt (pF 4,2), terwijl het gedeelte met een pF < 1,6 van belang is voor de luchtvoorziening.

In tabel 2 zijn de volumepercentages water in de genoemde pF-trajecten opgenomen, terwijl figuur 4 de curven geeft. Het vochtgehalte bij hogere pF-waarden dan



FIG. 3 A-D. Enkele globale pF-curven van de in tabel I genoemde gronden

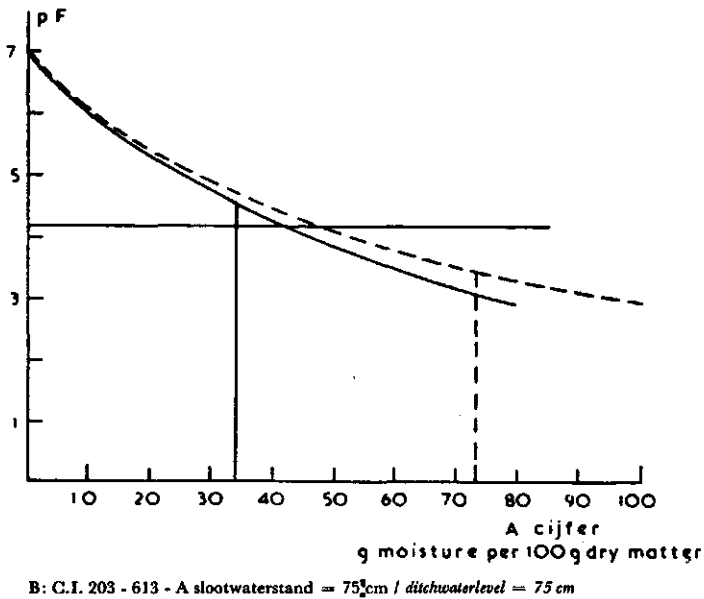
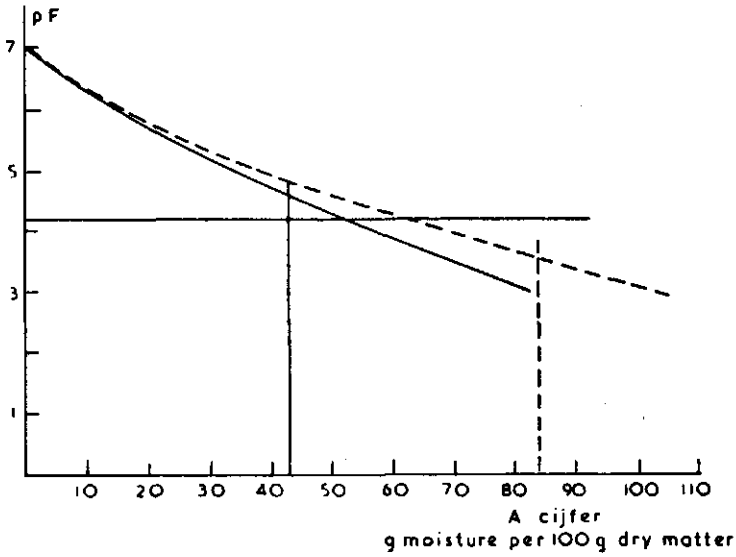
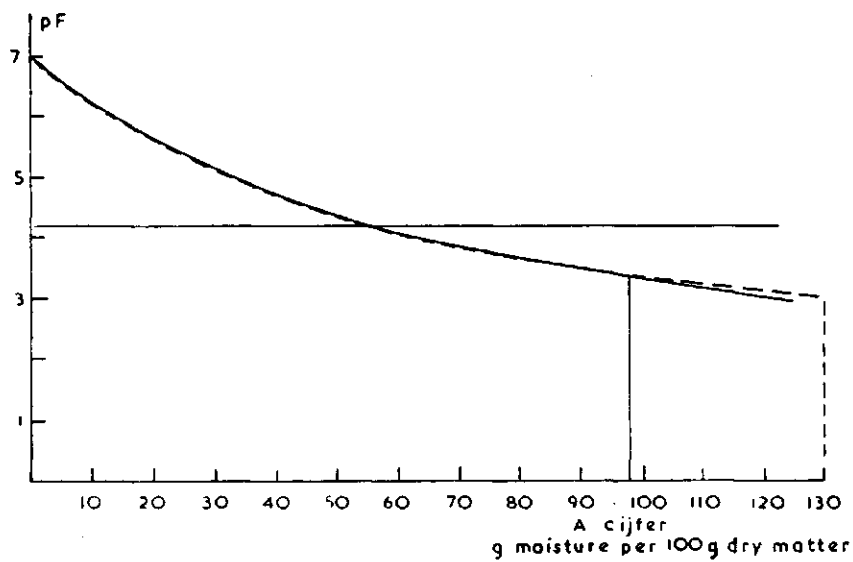
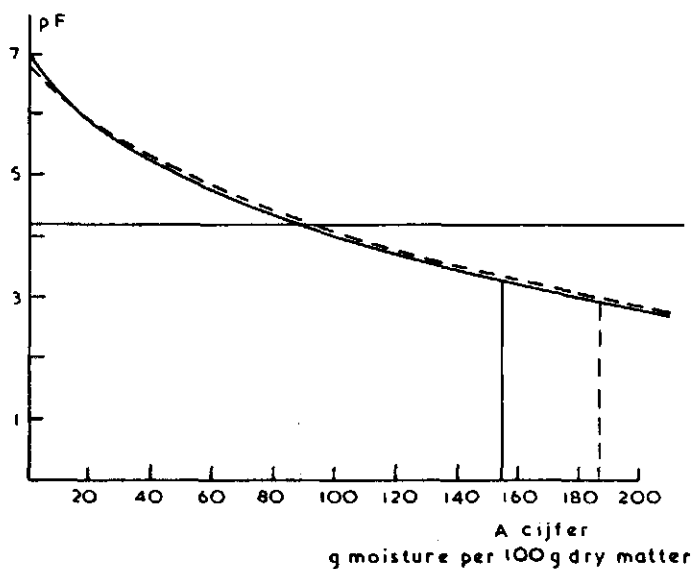


FIG. 3 A-D. Some approximate pF-curves of the soils mentioned in table 1



C: C.I. 203 - 613 - B sloopwaterstand = 22 cm / ditchwaterlevel = 22 cm



D: C.I. 203 - 616 - A sloopwaterstand = 21 cm / ditchwaterlevel = 21 cm

————— Bemonsterd op 14-6-'51 / Sampled on 14-6-'51

- - - - - Bemonsterd op 1-4-'51 / Sampled on 1-4-'51

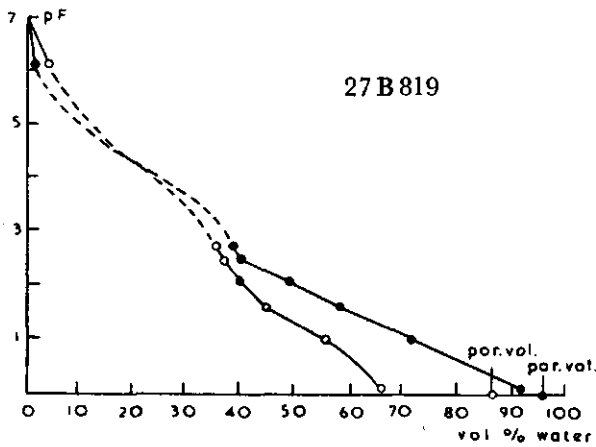
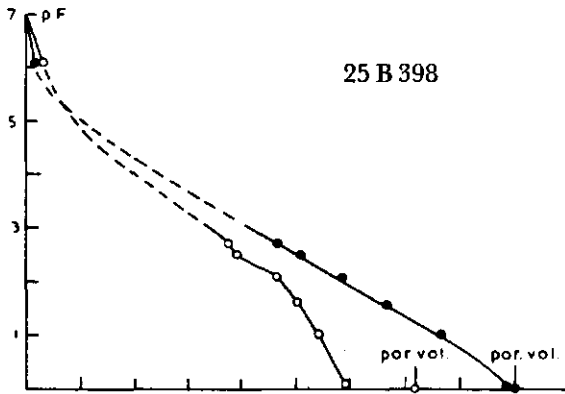
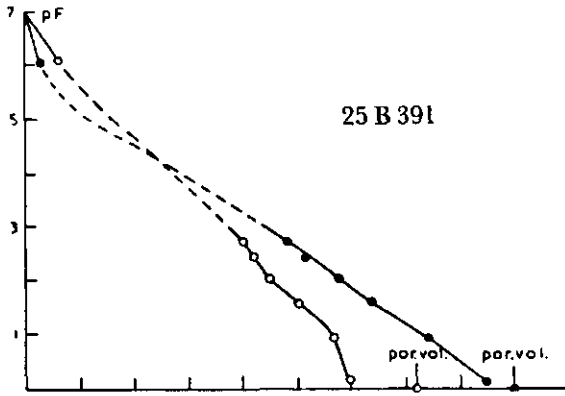


FIG. 4. De vochtcharacteristieken van de gronden van tabel 2

- Na drogen en weer bevochtigen / After drying and rewetting
- In natuurlijke vochtige toestand / In natural moist condition

FIG. 4. The moisture characteristics of the soils of table 2

2,7 is niet bepaald. Alleen is van het niet ingedroogde materiaal het vochtgehalte van de luchtdroge grond bepaald. Neemt men aan, dat de grond gedroogd is bij een relatieve luchtvochtigheid van 40 %, dan komt het luchtdroge vochtgehalte overeen met een pF van 6,1. De bij 105° C gedroogde monsters hebben vermoedelijk een iets lager luchtdroog vochtgehalte. Daarvan is een ruwe schatting gemaakt, waarna van alle 6 monsters het vol. % water bij pF 6,1 is berekend.

Uit deze cijfers blijkt, dat bij de ingedroogde gronden tussen pF 1,6 en 4,2 aanzienlijk minder water beschikbaar is dan bij de niet gedroogde monsters. In de praktijk zal dit beeld nog ongunstiger zijn, daar de veldcapaciteit voor de ingedroogde gronden door de diepere grondwaterstanden bij een hogere pF zal liggen dan 1,6. Daartegenover staat, dat men de curven voor de niet gedroogde monsters niet zonder meer mag toepassen op de niet ingedroogde gronden uit de praktijk, daar zoals reeds gebleken is, deze gronden in fysisch-chemisch opzicht reeds ongeveer halverwege ingedroogd zijn. De curven voor de gronden, die in de praktijk als niet ingedroogd bekend staan, zullen tussen de in fig. 4 getrokken curven voor niet en wel gedroogde monsters in liggen.

Dit neemt niet weg, dat uit de curven duidelijk blijkt, dat door drogen het vochtbindend vermogen aanzienlijk vermindert. Bij een bepaalde pF (b.v. 2,5) is het vochtgehalte bij de gedroogde gronden aanzienlijk geringer dan bij de niet gedroogde gronden en de hoeveelheid beschikbaar vocht wordt (gerekend beneden pF 4,2) door indrogen lager, welke ondergrens men voor de veldcapaciteit ook aanneemt.

Wanneer men steeds voor elk monster de pF-curve in niet irreversibel ingedroogde toestand zou kennen (de curve na volledig indrogen kan men bepalen aan het bij 105° C gedroogde monster), dan zou men voor elk praktijkmonster kunnen bepalen, welke plaats zijn pF-curve tussen deze twee curven inneemt.

Daarmee zou men dus ook de graad van indroging kunnen bepalen.

In principe is deze methode dezelfde als de centrifugemethode. Bij de centrifugemethode bepaalt men één punt van de pF-curve ( $pF \pm 3$ ) en vergelijkt het vochtgehalte bij deze pF met de vochtgehalten bij dezelfde pF in niet en wel irreversibel ingedroogde toestand. Daar de centrifugemethode voor massaonderzoek beter geschikt is, heeft deze methode de voorkeur.

#### SAMENVATTING

Voor het onderzoek naar de oorzaken van de „irreversibele” indroging van veengronden en naar de mogelijkheden van verbetering werd een methode ontworpen, waarmee het mogelijk is de graad van irreversibele indroging (in een schaal 0-10) van een veengrond te bepalen en voor- en achteruitgang in waterbindend vermogen vast te stellen. Er is een behoorlijke overeenstemming tussen de in het laboratorium bepaalde Ii-graad en de mate van indroging, zoals die in het veld wordt waargenomen. Daarbij is gebleken, dat fysisch-chemisch gezien, alle onderzochte veengronden moeilijk omkeerbaar kunnen indrogen, maar dat de indroging niet volledig irreversibel is, daar ook de sterkst ingedroogde gronden nog een zekere hoeveelheid water kunnen binden, terwijl het vochtbindend vermogen door langdurig contact

met water toeneemt. De irreversibele indrogingsgraad is dan ook geen constante grootheid; in de winter nemen de ingedroogde gronden een zekere hoeveelheid vocht op en gaan er ook uitwendig vochtig uitzien. Hiermee gepaard gaat een geringe daling van de Ii-graad.

De Ii-graad blijkt samen te hangen met de ontwateringsdiepte; sterk ingedroogde gronden blijken als regel pas op te treden bij een slotwaterstand van ongeveer 60 cm of meer beneden het maaiveld.

De gronden, die in de praktijk als niet ingedroogd worden beschouwd, zijn fysisch-chemisch gezien, reeds ongeveer halverwege ingedroogd. Nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde gronden vindt men slechts onder of in de directe nabijheid van de grondwaterspiegel. Deze gronden met een Ii-graad van 0 zijn voor cultuurgrond niet geschikt, daar ze veel te nat zijn.

### III. ONDERZOEK NAAR DE OORZAKEN VAN DE IRREVERSIBELE INDROGING

#### 1. LUCHTADSORPTIE

Om na te gaan, of luchtadsorptie de oorzaak kan zijn van de irreversibele indroging, werd een aantal monsters met verschillende Ii-graad aan de lucht gedroogd bij 105° C (waardoor ze dus droogden tot hun  $R_{\min}$ -waarde) en daarna in een hoogvacuum apparaat ontluicht bij verschillende onderdrukken. Vervolgens werden de monsters nog bij de toegepaste onderdruk (dus in het vacuum apparaat) bevochtigd, waarop een  $R_t$ -bepaling volgde. Door de verwijdering van de lucht zou, wanneer luchtadsorptie de oorzaak is, een  $R_t$ -waarde gevonden moeten worden, die aanzienlijk hoger is dan de  $R_{\min}$ -waarde (bij 105° C aan de lucht gedroogd). Bij volledig verwijderen van de lucht zou de  $R_t$ -waarde theoretisch zelfs de  $R_{\max}$ -waarde moeten benaderen.

Van dezelfde gronden werden monsters in de uitgangstoestand gedroogd bij onderdrukken tot  $10^{-4}$  mm Hg (dus in het vacuum apparaat). Na het drogen werden de monsters weer bij de onderdruk bevochtigd, waarna de  $R_t$ -waarden werden bepaald. De mogelijkheid tot luchtadsorptie was hier uiteraard gering en hier zou dus geen of vrijwel geen irreversibele indroging mogen optreden. De resultaten van deze proeven zijn in tabel 3 aangegeven.

Uit de cijfers van de eerste proef blijkt, dat de  $R_t$ -waarden na ontluichten zelfs nog kleiner zijn dan de  $R_{\min}$ -waarden van de oorspronkelijke monsters, zodat dus van een verbetering van de reversibiliteit geen sprake is.

Door het drogen in vacuum (proef II) is er in aanzienlijke mate irreversibele indroging opgetreden, al zijn de  $R_t$ -waarden wel hoger dan de  $R_{\min}$ -waarden van de oorspronkelijke monsters. Dit komt echter, doordat de droging in vacuum minder ver is gegaan dan wanneer bij 105° C gedroogd wordt, zoals blijkt uit de, na de proef aan enkele parallel monsters die na het drogen in vacuum niet bevochtigd werden, bepaalde vochtgehalten.

Men kan dus zeggen, dat ontluichten van reeds sterk ingedroogde monsters de reversibiliteit niet doet toenemen, terwijl drogen bij onderdruk toch irreversibele indroging veroorzaakt. Hieruit blijkt, dat luchtadsorptie niet als oorzaak van de irreversibele indroging beschouwd mag worden.

Met de centrifugemethode wordt de hoeveelheid opgenomen en gebonden water bepaald, niet of een grond al of niet snel bevochtigd wordt (al is het maar met een geringe hoeveelheid capillair water). Het is vrijwel zeker, dat de meer of minder snelle bevochtiging wel door de aanwezigheid van een luchthuidje beïnvloed wordt. Het vochtig worden van deze gronden in een natte winter wijst echter niet op een sterke adsorptieve binding.

Uit nog te bespreken onderzoeken zal blijken, dat mengen met voldoende zand irreversibele indroging van veen bij drogen aan de lucht voor een groot deel kan verhinderen. Dit wijst er ook op, dat luchtadsorptie geen rol speelt, daar de mogelijkheid om lucht te adsorberen ook na mengen met zand volledig aanwezig blijft.

Er bestaat nog een andere mogelijkheid om na te gaan, of luchtadsorptie een rol speelt. Indien dit namelijk het geval is, is te verwachten, dat drogen in verschillende gassen verschillende resultaten oplevert. Deze proef werd uitgevoerd met drie nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde gronden. De gronden werden gedroogd in een apparaat, waarbij het mogelijk was te drogen bij  $105^{\circ}\text{C}$  in een bepaald gas bij uitsluiting van lucht. Na het drogen werden de gronden, weer bij uitsluiting van lucht, bevochtigd met uitgekookt water, waarna de  $R_t$ -waarde werd bepaald. Hierna werd de grond gewoon aan de lucht bij  $105^{\circ}\text{C}$  gedroogd en werd weer het resterende vochtgehalte bepaald. De resultaten zijn aangegeven in tabel 4.

In de eerste plaats blijkt dat de resterende vochtgehalten bij drogen in het apparaat met als gas *lucht* wat hoger zijn dan de  $R_{\min}$ -waarden van de oorspronkelijke grond (gedroogd bij  $105^{\circ}\text{C}$  in droogstoof). Blijkbaar gaat de droging in het apparaat minder ver dan in de droogstoof. De cijfers voor de andere gassen moeten vergeleken worden met de cijfers onder de kolommen voor „lucht” aangegeven.

In  $\text{H}_2\text{S}$  gedroogd blijven de resterende vochtgehalten iets hoger dan aan de lucht gedroogd, voor  $\text{CO}_2$  is dit in mindere mate en voor stikstof praktisch niet het geval. Kleine verschillen moeten op rekening van proeffouten gesteld worden. Verschillen door heterogeniteit en verschillen in indrogen bij doorstroming van de verschillende gassen zijn mogelijk. Voor  $\text{H}_2\text{S}$  lijkt echter wel een zekere specifieke invloed aanwezig te zijn.

$\text{NH}_3$  blijkt een bijzondere plaats in te nemen; na drogen in  $\text{NH}_3$  blijven de resterende vochtgehalten hoog, soms zijn ze zelfs hoger dan de oorspronkelijke  $R_{\max}$ -waarden. Men zou dit kunnen verklaren door aan te nemen, dat  $\text{NH}_3$  niet geadsorbeerd wordt en lucht wel (met als gevolg irreversibel indrogen in lucht en niet in  $\text{NH}_3$ ). Ook kan men aannemen, dat  $\text{NH}_3$  wel wordt geadsorbeerd, maar dat dit geen irreversibele indroging tengevolge zou hebben, doordat  $\text{NH}_3$  snel in water oplost en zodoende de gasmantel verdwijnt wanneer de grond met water in aanraking komt. Hiermee is echter niet verklaard, dat de  $R_t$ -getallen na drogen in  $\text{NH}_3$  soms hoger zijn dan de  $R_{\max}$ -getallen van de onbehandelde gronden. Waarschijnlijk is dan ook, dat men hier te doen heeft met een peptiserende werking van  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Uit nog te bespreken onderzoeken zal blijken, dat verkitting van de veendeeltjes bij de irreversibele indroging waarschijnlijk een rol speelt. Door een peptisatiemiddel (als  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) wordt deze verkitting opgeheven, waardoor weer een grote wateropname en waterbinding mogelijk is. Wanneer de monsters na drogen in  $\text{NH}_3$  en weer bevochtigen, aan de lucht bij  $105^{\circ}\text{C}$  gedroogd worden, blijken de resterende vochtgehalten weer sterk teruggelopen te zijn, nl. tot beneden het normale  $R_{\min}$ -peil, behalve voor monster No 25B400 waarvan de  $R_{\min}$ -waarde hoger blijft. Deze uitzondering is moeilijk te verklaren, al valt het op, dat dit monster een zeer hoog gehalte aan organische stof heeft.

In paragraaf 4 zal de invloed van peptisatiemiddelen nader behandeld worden.

## 2. INVLOED VAN VLOEIMIDDELEN

De moeilijke vochtopname van ingedroogde veengronden is wel geweten aan een te

grote grensvlakspanning tussen de fasen veenwater. Om na te gaan, of hiervan inderdaad sprake is, zijn proeven genomen, waarbij ingedroogde gronden werden geroerd of beregend met water, waarin verschillende vloeimiddelen waren opgelost. De gebruikte vloeimiddelen waren:

1. Lissapol N (inactief)
2. dimethyl C10-18 sec. alkyl sulfoniummethyلسulfaat (diasul, kationactief)
3. curmisol (anionactief)
4. T-pol (Shell-produkt)

In de eerste plaats zijn proeven genomen met weinig of niet ingedroogde gronden, waaraan al of niet vloeimiddelen werden toegevoegd, waarna op de gewone wijze de resterende vochtgehalten werden bepaald. Hiermee krijgt men dus een indruk van de invloed van vloeimiddelen op het vochtbindend vermogen.

Deze proeven zijn verricht met de volgende gronden (tabel 5). De resultaten zijn in tabel 6 vermeld.

Over het algemeen is het effect gering, al lijkt een geringe werking van enkele middelen niet onmogelijk. In de tweede plaats zijn proeven uitgevoerd, waarbij grondzuilen van weinig en sterk ingedroogde gronden werden beregend met water en met water, waarin verschillende vloeimiddelen waren opgelost. De eigenschappen van de gebruikte gronden zijn in tabel 7 vermeld.

De grondzuilen hadden een lengte van 16–20 cm en een diameter van 2,8 cm. De bovenkant was afgedekt met een laagje fijn grind. Aan de onderkant werden de grondzuilen eveneens afgesloten met fijn grind dat tussen twee kopergaasjes opgesloten was.

Gedurende drie weken werd op de grondzuilen elke dag behalve op zon- en feestdagen een hoeveelheid water of oplossing gebracht, overeenkomende met een neer-neerslag van 6,5 mm. In totaal is dus per zuil gegeven 97,5 mm. Aan het begin en het eind van de proef werden de vochtgehalten van de gronden bepaald. De resultaten zijn vermeld in tabel 8.

Ook hieruit blijkt, dat de vloeimiddelen geen invloed van betekenis hebben uitgeoefend op de hoeveelheid vastgehouden water. De  $R_{\min}$ -waarden zijn bij deze proeven wel iets gestegen door de vloeimiddelen. In het algemeen is slechts een deel van het gegeven water vastgehouden en wel minder, naarmate het aanvangsvochtgehalte hoger was (en de aanvangs-II-graad lager).

Uit deze proeven blijkt, dat de irreversibiliteit van de indroging niet veroorzaakt wordt door een te grote grensvlakspanning tussen de fasen veen-water. Wel worden de ingedroogde gronden iets sneller bevochtigd wanneer er vloeimiddelen aan het water worden toegevoegd, maar de hoeveelheid vastgehouden water is vanaf het moment dat ook de gronden waaraan alleen water werd toegevoegd goed bevochtigd zijn, vrijwel gelijk.

### 3. HARSSEN, WASSEN, VETTEN

Wanneer harsen, wassen of vetten de oorzaak zijn van de slechte wateropname en slechte waterbinding, dan moet een reeds ingedroogde grond een sterke verbetering



ondergaan (wat het waterbindend vermogen betreft), wanneer deze stoffen verwijderd worden. Om dit na te gaan werden drie sterk ingedroogde gronden, die eerst nog bij  $105^{\circ}\text{C}$  werden gedroogd, in een Soxhletapparaat geëxtraheerd met absolute alcohol of waterrijke aceton. Een ander deel van elke grond werd 3 uur gekookt met gedestilleerd water. De geëxtraheerde monsters werden met gedestilleerd water uitgewassen waarna de resterende vochtgehalten werden bepaald. Een ander deel van de uitgewassen gronden werd eerst weer bij  $105^{\circ}\text{C}$  gedroogd, waarna eveneens een bepaling van het resterende vochtgehalte volgde. De resultaten zijn in tabel 9 aangegeven.

Het extraheren schijnt een geringe gunstige invloed uit te oefenen. Groot is deze invloed echter niet en er is geen sprake van, dat de  $R_{\max}$ -waarden benaderd worden. Wanneer na extraheren en uitwassen gedroogd wordt bij  $105^{\circ}\text{C}$ , dalen de resterende vochtgehalten trouwens weer vrijwel tot de oorspronkelijke  $R_{\min}$ -waarden. Koken heeft een gunstige invloed; dit moet toegeschreven worden aan de peptiserende werking van het koken (deze invloed zal bij de bespreking van andere proeven nog aan de orde komen).

Bij een andere proef werden vier gronden na drogen bij  $105^{\circ}\text{C}$  fijngemaakt en daarna in een Soxhletapparaat achtereenvolgens geëxtraheerd met aether en methylalcohol. De methylalcohol is bij een gedeelte van de grond met water uitgewassen, terwijl het andere deel na het extraheren eerst bij  $105^{\circ}\text{C}$  is gedroogd, alvorens met water is geroerd. Daarna werden de resterende vochtgehalten bepaald (tabel 10).

Ook hier is van een invloed van het extraheren niet veel te bemerken, zodat wel aangenomen mag worden, dat de irreversibele indroging bij de gronden waarom het hier gaat, niet veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van zouten van hogere vetzuren, wat volgens WANDER de oorzaak is van de onbevochtigbaarheid van bepaalde zandgronden. Door het extraheren zijn deze stoffen, indien ze al aanwezig waren, verwijderd. De resterende vochtgehalten worden hierdoor echter niet hoger.

In het algemeen mag men uit deze proeven wel de conclusie trekken, dat harsen, wassen, vetten of vetzure zouten niet verantwoordelijk zijn voor het irreversibel zijn van de indroging.

#### 4. INVLOED VAN PEPTISATIE EN KATIONENBEZETTING

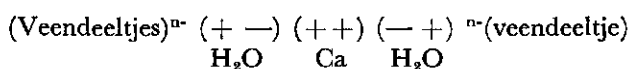
In het algemeen is de kationenbezetting van invloed op het waterbindend vermogen. Om de invloed hiervan bij veengronden na te gaan, werden van 4 sterk ingedroogde gronden de  $R_t$  en  $R_{\min}$  getallen bepaald in de uitgangstoestand, na koken met gedestilleerd water en na koken met resp.  $0,003\text{ M Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $0,003\text{ N NH}_4\text{OH}$  en  $0,1\text{ N NH}_4\text{OH}$  ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  en  $\text{NH}_4\text{OH}$  zijn peptisatiemiddelen). Tabel 11 geeft de resultaten.

Hieruit blijkt, dat door koken zonder meer en meer nog door koken met peptisatiemiddelen de  $R_t$ -waarden duidelijk en (met Na en  $\text{NH}_4$ ) soms sterk zijn gestegen. Dit kan er op wijzen, dat de grond in de gedroogde toestand min of meer verkit is, d.w.z. dat de deeltjes sterk aan elkaar gebonden zijn, waardoor de wateropname belemmerd wordt.

Na drogen bij 105° C en bepaling van het resterende vochtgehalte ( $R_{\min}$ ) blijken de monsters weer irreversibel ingedroogd te zijn, al zijn de waarden (behalve bij 0,1 N  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) hoger dan de  $R_{\min}$ -waarden voor de uitgangstoestand. Bij het drogen bij 105° C zou de verkitting dus weer optreden en de aanwezige Na- en  $\text{NH}_4$ -ionen kunnen bij de  $R_{\min}$ -bepaling (waarbij de monsters 6 dagen onder water staan) niet voldoende peptisatie meer bewerkstelligen.

De gedachte rees, dat de verklaring van deze verschijnselen naar analogie van de verklaring van meer of minder harde kluitvorming van gedroogde kleigronden door RUSSELL, als volgt gegeven zou kunnen worden. Water heeft een dipoolmoment, d.w.z. dat de zwaartepunten van alle positieve en negatieve ladingen niet precies samenvallen, maar op enige afstand van elkaar liggen. Hierdoor worden deze watermoleculen in een elektrisch veld gericht. Tengevolge hiervan worden de kationen gehydrateerd, terwijl ook nabij de geladen gronddeeltjes watermoleculen gericht zullen zijn. Daar de gronddeeltjes negatief en de kationen positief geladen zijn, zullen dus brugverbindingen tussen gronddeeltjes via de positieve kationen en gerichte watermoleculen gevormd kunnen worden. Zijn deze bindingen sterk genoeg, dan kunnen de grondaggregaten, in water gebracht, niet weer uiteenvallen.

Dit zou misschien bij het irreversibel indrogen van veengronden ook het geval kunnen zijn. De kitting van de veen- en slibdeeltjes na indroging, met behulp van watermoleculen als „kitstof” zou dan zo sterk zijn, dat de in water gebrachte gronddeeltjes moeilijk weer loslaten, waardoor dus een groot gedeelte van het oppervlak van de gronddeeltjes voor de wateropneming onwerkzaam is geworden. Schematisch kan men deze verkitting als volgt voorstellen (kation  $\text{Ca}^{++}$ ):



Nu is het natriumion sterk gehydrateerd en een met  $\text{Na}^+$  bezette grond zou dus bij drogen bij 105° C de mogelijkheid van verkitting geven. Het laatste geldt eveneens voor het  $\text{Ca}^{++}$ -ion vanwege zijn tweewaardigheid. Een weinig gehydrateerd kation als b.v.  $\text{Cs}^+$  zou deze verkitting dan moeilijker moeten geven dan  $\text{Na}^+$  en na drogen bij 105° C zou een  $\text{Cs}^+$ -grond dus, na opnieuw bevochtigen, nog hoge resterende vochtgehalten moeten geven. Dit zou nog in veel sterkere mate moeten gelden voor het zeer grote triisoomylammoniumion  $(\text{C}_5\text{H}_{11})_3\text{NH}^+$ .

Om dit na te gaan werden uit een nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde veengrond (pH 6,1, humusgehalte 56%) de aanwezige uitwisselbare kationen met verdund zoutzuur verwijderd, waarna met water werd nagewassen. Daarna werden de  $R_t$ - en de  $R_{\min}$ -waarden bepaald.

Van deze H-grond werden in verschillende verzadigingsgraden Na-, Cs-, triisoomylammonium- en Ca-gronden gemaakt, waarna eveneens  $R_t$  werd bepaald. Vervolgens werd gedroogd bij 105° C en werd  $R_{\min}$  bepaald (tabel 12).

Hieruit blijkt niet dat de bezetting met kationen van grote invloed is op de resterende vochtgehalten. Geheel duidelijk is het beeld echter niet. De hoge  $R_t$ -cijfers van de gronden met een sterke  $\text{Na}^+$ - en  $\text{Cs}^+$ -bezetting zijn verklaarbaar uit een hierbij

optredende peptisatie. Deze en enkele andere  $R_t$ -cijfers zijn overigens niet betrouwbaar, doordat bij het centrifugeren water op de grond bleef staan, dat moest worden afgegoten. Ook de  $R_{min}$ -waarden van de gronden met een sterke  $Na^+$ - en  $Cs^+$ -bezetting zijn relatief hoog, wat dus wil zeggen dat deze gronden veel minder sterk irreversibel indroogden dan de H-grond. Wanneer men dat voor de Cs-grond zou willen verklaren uit de geringe hydratatie van het  $Cs^+$ -ion dan is het onverklaarbaar dat de  $R_{min}$ -waarde van de triisoamylammoniumgrond met praktisch dezelfde verzadigingsgraad zo laag is terwijl de  $R_{min}$ -waarde van de Na-grond juist hoog is. De overige  $R_t$ - en  $R_{min}$ -waarden wijzen niet op een sterke invloed van de kationenbezetting. Dit werd bevestigd door enkele proeven die naderhand nog zijn genomen met vier niet ingedroogde monsters, waaraan naast elkaar een overwegende H-, Na-,  $NH_4^+$ -, Ca-, Mg-, Ba- en ferri-ionenbezetting gegeven werd.

Wel waren bij de Na- en  $NH_4^+$ -gronden de  $R_t$ -waarden aanzienlijk hoger dan bij de grond in uitgangstoestand, maar de  $R_{min}$ -waarden waren bij alle kationenbezettingen laag.

Deze onderzoeken leveren dus weinig steun voor de gedachte dat de theorie van RUSSELL van toepassing is op het mechanisme van de irreversibele indroging.

## 5. IJZERVERBINDINGEN

In de literatuur wordt soms verondersteld, dat ijzerverbindingen en speciaal hydrophobe ijzerhumaten de oorzaak zouden zijn van de irreversibele indroging. Om dit na te gaan werden vier nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde monsters gekookt met 10% HCl (3 uur in glycerine-waterbad, met terugvloeiakoeler). Na afkoelelen werd gefiltreerd en  $3 \times$  met heet gedestilleerd water nagewassen. Er werd voor gezorgd, dat het residu niet kon indrogen. In het vochtige residu en in het eerst bij  $105^\circ C$  gedroogde residu werden de resterende vochtgehalten bepaald. Daarnaast werden voor en na de zoutzuurbehandeling de totale ijzer-, aluminium- en kiezelzuurgehalten bepaald (tabel 13).

Uit de totaal-analyses blijkt, dat de gehalten aan Fe en Al sterk verminderd zijn door de HCl behandeling. Men mag wel aannemen, dat het Fe dat in de vorm van humaten en hydroxyden aanwezig was, verwijderd is. Het overgebleven Fe (en Al) is zeer waarschijnlijk aanwezig in niet aangetaste ijzerhoudende minerale deeltjes (het resterende ijzergehalte neemt ruwweg toe met het gehalte aan afslibbare delen en zand).

De  $R_t$ -waarden van het met HCl behandelde materiaal liggen lager dan de  $R_t$ -waarden van de oorspronkelijke monsters. Dit is niet verwonderlijk na een dergelijke ingrijpende behandeling. Belangrijk is echter, dat het van ijzer grotendeels bevrijde materiaal toch weer irreversibel kan indrogen; de  $R_{min}$ -waarden zijn veel lager dan de  $R_t$ -waarden.

Dit wijst dus niet op een specifieke invloed van ijzerverbindingen op het irreversibele indrogen.

## 6. VERBAND TUSSEN KATIONENBEZETTING, SLOOTWATERSTAND EN II-GRAAD IN DE PRAKTIJK

In oktober – november 1951 werden van een vrij groot aantal percelen monsters genomen van de laag 5–15 cm (enkele percelen 5–20 cm), waarbij tegelijkertijd de hoogteligging boven normaal slootwaterpeil en andere eigenschappen (grasmat, profiel) opgenomen werden. De percelen liggen verspreid over het oude land en de uitgeveende polders van Zuid-Holland en Utrecht op verschillende bodemtypen. Van deze monsters werden de adsorptiecapaciteit en de kationenbezetting bepaald. In de eerste plaats is uit deze cijfers de adsorptiecapaciteit van humus en lutum ( $<2\mu$ ) berekend. Wanneer men aanneemt, dat de organische stof en de lutumdeeltjes met afmetingen  $<2\mu$  in hoofdzaak voor de adsorptie zorgdragen, dan stelt elk monster met bekend humus-, lutumgehalte en adsorptiecapaciteit per 100 gram droge grond een vergelijking met twee onbekenden, nl. de adsorptiecapaciteit per gram organische stof en lutum, voor.

Men kan deze vergelijkingen oplossen door alle grootheden van een monster (lutum, humus en adsorptiecapaciteit per 100 gram droge grond) met een factor te vermenigvuldigen, zodanig dat een denkbeeldige hoeveelheid grond verkregen wordt met 100 gram lutum ( $<2\mu$ ) en daarbij behorende hoeveelheden humus en adsorptiecapaciteit. Neemt men als voorbeeld een grond met 29% humus, 41% lutum en een adsorptiecapaciteit van 65,7 m aeq. per 100 gram stoofdrome grond, dan kan men zeggen, dat 244 gram droge grond bevat:

100 gram lutum en 71 gram humus, terwijl deze hoeveelheid grond een adsorptiecapaciteit heeft van 160 m aeq. (alle waarden zijn met 2,44 vermenigvuldigd om 100 gram slib te krijgen).

Op deze manier kunnen alle monsters op 100 gram lutum omgerekend worden. De gevonden waarden voor humus en adsorptiecapaciteit kan men nu tegen elkaar uitzetten. Daar alle gronden 100 gram lutum bevatten, is de variatie in adsorptiecapaciteit geheel aan de variatie in de hoeveelheden humus toe te schrijven, terwijl het snijpunt met de horizontale as de adsorptiecapaciteit voor 100 gram lutum aangeeft.

Op dezelfde manier kan men alle monsters op 100 gram humus omrekenen, waarmee men een controle op de eerste berekening krijgt.

In figuur 5 zijn de cijfers op beide manieren tegen elkaar uitgezet, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de monsters van het oude land en van de droogmakerijen. Verder zijn met verschillende tekens aangegeven: monsters van ingedroogde percelen, van niet ingedroogde percelen en van lagere, niet ingedroogde gedeelten van ingedroogde percelen.

Uit de figuur blijkt, dat er een zeer goed verband bestaat tussen hoeveelheid humus en adsorptiecapaciteit. Conclusies over een eventuele invloed van de graad van indroging op de adsorptiecapaciteit kan men uit deze gegevens en uit figuur 5 niet trekken. De bepaling van de adsorptiecapaciteit is nl., zoals gebruikelijk, uitgevoerd aan luchtdrome grond. Bij het drogen aan de lucht hebben de monsters alle een zeer

Fig. 5. De adsorptiecapaciteit van humus en lutum in veengronden

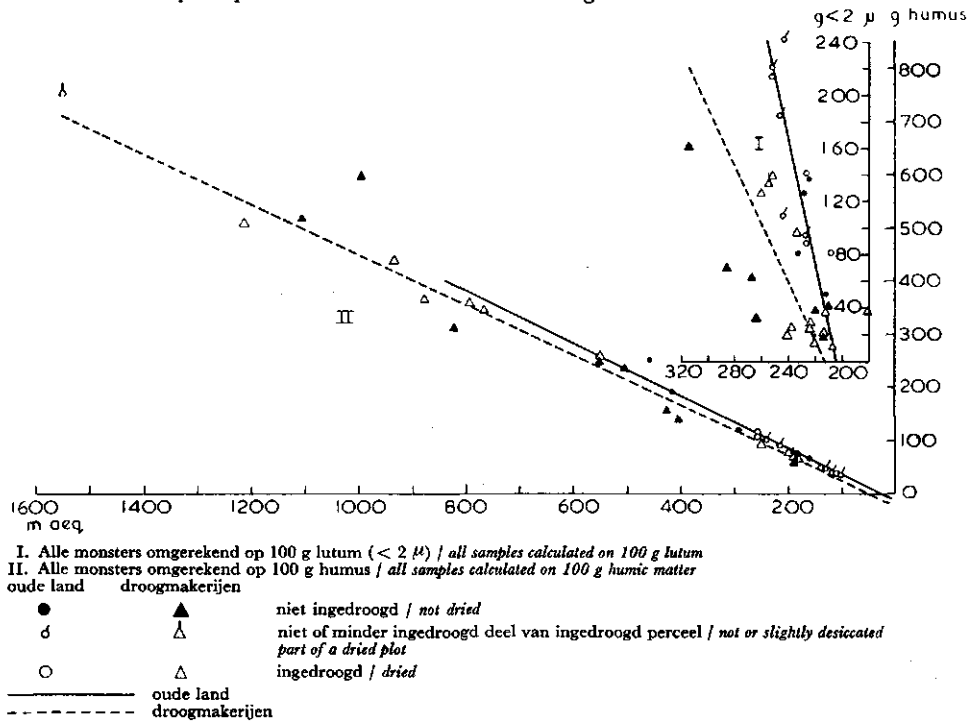


Fig. 5. The exchange capacity of humic matter and lutum in peat soils

hoge indrogingsgraad verkregen<sup>1</sup>.

Het verband tussen lutum en adsorptiecapaciteit is minder mooi. Het maakt wel enig verschil, of we met het oude land of met droogmakerijen te doen hebben, al staat de grootte van dit verschil niet erg vast. Het lutum van het oude land heeft per gram een kleinere adsorptiecapaciteit dan dat van de droogmakerijen. Op de mogelijke oorzaak hiervan zullen we hier niet verder ingaan.

Door de punten zijn gemiddelde lijnen getrokken en hieruit is de adsorptiecapaciteit voor humus en lutum berekend. Men komt dan tot de cijfers in tabel 14.

Als basis voor de verdere berekeningen werd aangenomen, dat 1 gram oud-land-humus = 1 gram actief, waardoor dus:

$$\begin{aligned} 1 \text{ gram oud land lutum} &= 0,1 \text{ gram actief} \\ 1 \text{ gram droogmakerij humus} &= 1,04 \text{ gram actief} \\ 1 \text{ gram droogmakerij lutum} &= 0,22 \text{ gram actief} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Naderhand is nog een onderzoek ingesteld naar de invloed van het drogen op de hoeveelheid uitwisselbare basen en op de adsorptiecapaciteit van veengronden. Dit wordt besproken in hoofdstuk V, § 6.

FIG. 6. Het verband tussen pH-KCl (5-15 cm) en slootwaterstand

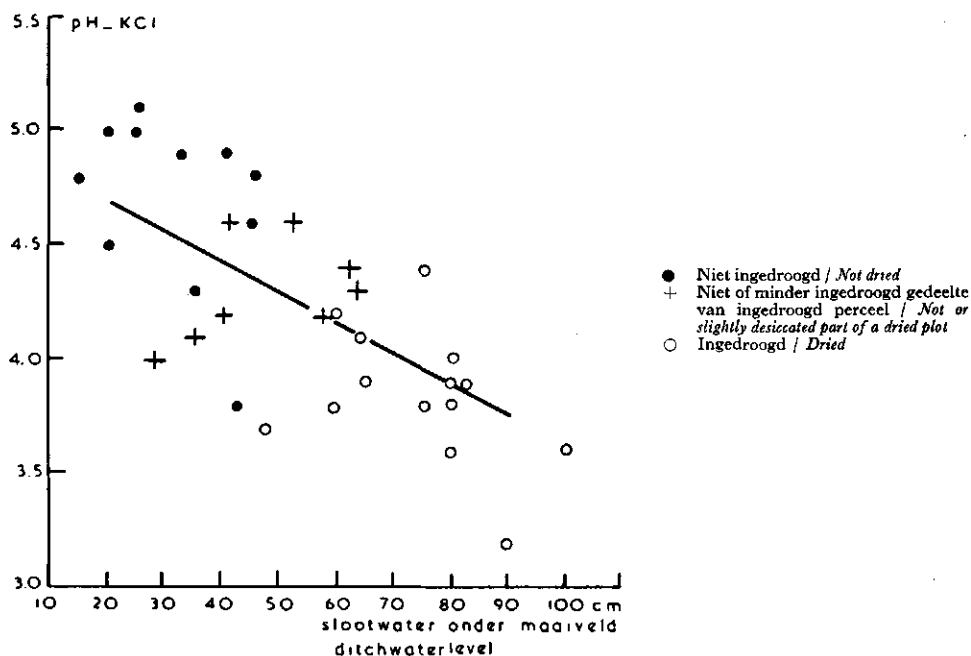


FIG. 6. The relation between pH-KCl (5-15 cm) and ditchwaterlevel

Op deze wijze kon voor elk monster bepaald worden hoeveel gram actief materiaal per 100 gram droge grond aanwezig was. Aan de hand hiervan konden de kationengehalten uit de gehalten per 100 gram droge grond omgerekend worden per 100 gram actief materiaal.

Om een inzicht te krijgen in de samenhang tussen de bezetting met diverse kationen ( $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) aan het sorptiecomplex, de pH-KCl, de slootwaterstand in de zomer en de irreversibele indrogingsgraad werden door Ir. J. T. N. VENKAMP de momenten-correlatie-coëfficiënten berekend (zie tabel 15) en werd de regressie van de Ii-graad op eerstgenoemde factoren nagegaan.

Uit tabel 15 blijkt, dat kwalitatief de volgende aspecten belangrijk zijn:

I (pH-KCl, -  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ )

II (- slootwaterstand,  $Na^+$ , Ii-graad, aspect I)

Dat pH-KCl,  $H^+$  en  $Ca^{++}$  nauw gecorreleerd zijn is logisch. Ze hebben betrekking op dezelfde eigenschap van de grond nl. de zuurgraad.

Dat er geen verband tussen  $K^+$  en een der andere grootheden gevonden wordt, is begrijpelijk uit de invloed van de bemesting met stalmest, gier en K-zouten op de  $K^+$ -bezetting.

In de figuren 2 en 6 t/m 9 zijn de verschillende grootheden van aspect II tegen elkaar uitgezet. Hieruit is te zien, dat er een goed verband bestaat tussen slootwater-

FIG. 7. Het verband tussen li-grad en pH-KCl

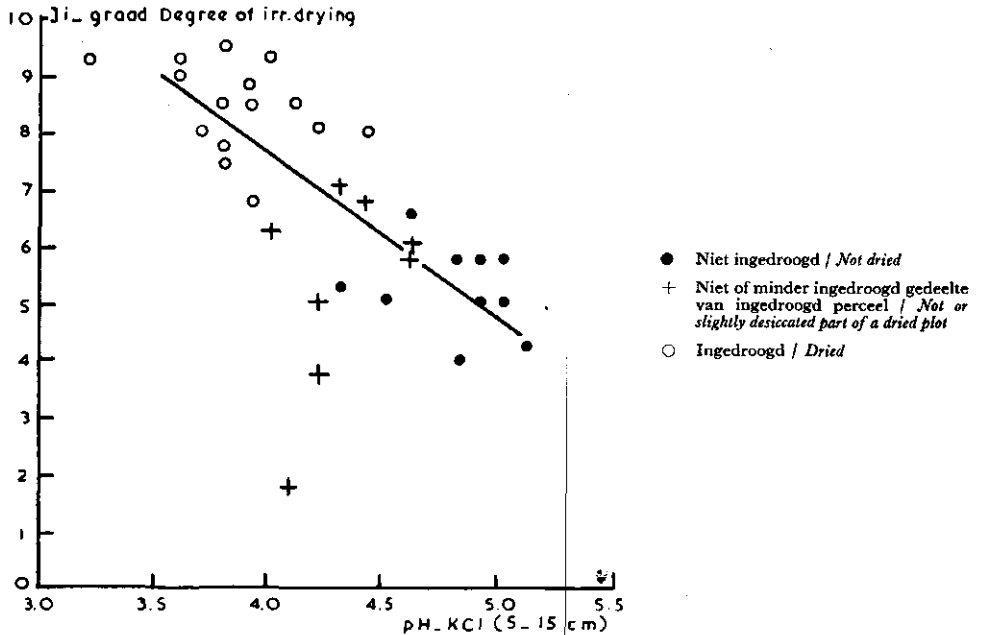


FIG. 7. The relation between degree of irreversible drying and pH-KCl

FIG. 8. Het verband tussen slootwaterstand en natriumbezetting (kw = kationenwaarde = adsorptiecapaciteit in m.e. per 100 gr stoofdrome grond)

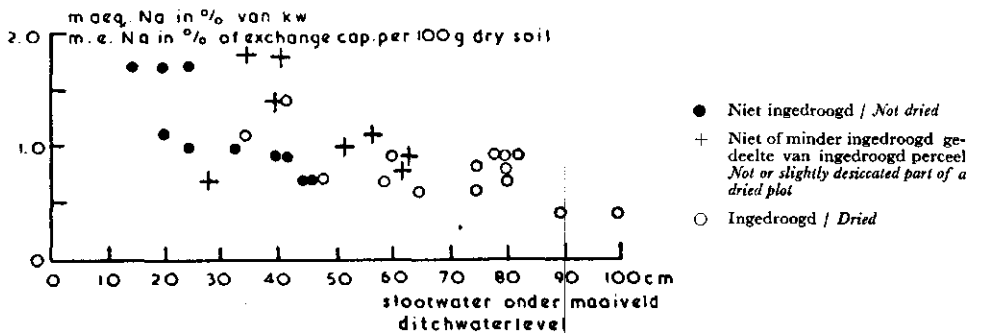


FIG. 8. The relation between ditchwater level and sodiumsaturatation

stand in de zomer en li-grad en verder dat een zeker verband bestaat tussen slootwaterstand en pH in die zin, dat de pH van de percelen met diepe ontwatering (dus de ingedroogde percelen) lager is. De spreiding is echter vrij groot. Door dit verband en

Fig. 9. Het verband tussen Ii-graad en natriumbezetting

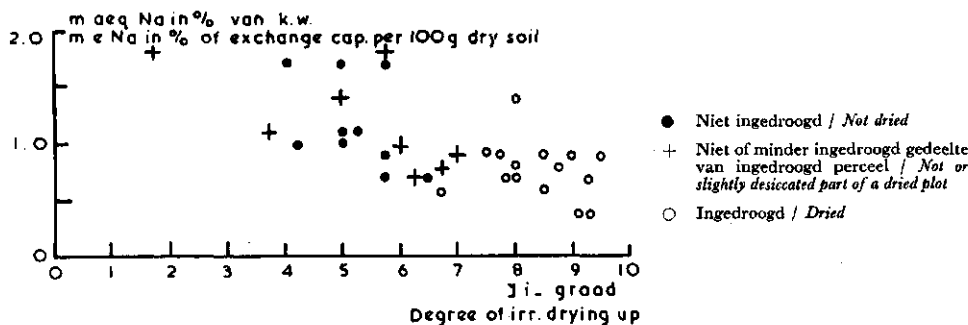


Fig. 9. The relation between degree of irreversible drying and sodiuration

dat tussen slootwaterstand en Ii-grad is er ook een zeker verband tussen Ii-grad en pH, dat echter schijnbaar is, zoals bleek uit andere onderzoeken en uit de regressie-analyse.

De lagere pH van de ingedroogde gronden is ook bij andere onderzoeken gevonden en het mag dan ook wel als vaststaand aangenomen worden, dat de pH daalt, naarmate de ontwatering dieper is. Op de oorzaak daarvan zullen we hier niet dieper ingaan.

In overeenstemming met tabel 15 blijkt het verband tussen Na-bezetting en slootwaterstand resp. Ii-grad niet erg duidelijk te zijn. (Blijkens de regressie-analyse bestaat er geen invloed van pH-KCl op de Na-bezetting). Van een zekere armoede aan  $\text{Na}^+$  bij de ingedroogde gronden mag wel gesproken worden, maar de spreiding is groot. Er komen uitgedroogde gronden voor met 0,4% Na, maar ook met 0,8%. Het verschil tussen ingedroogde en niet ingedroogde gronden bedraagt gemiddeld ongeveer 0,6% van de adsorptiecapaciteit.

In tabel 16 zijn de cijfers gerangschikt naar slootwaterstandsklassen aangegeven. Bovendien is hierin opgenomen een aantal cijfers van weinig of niet ingedroogde lagen uit de ondergrond (30–70 cm onder het maaiveld).

De ondergrondmonsters zijn gemiddeld niet bijzonder rijk aan Na. Twee monsters bevatten resp. 0,7 en 0,8% Na. Deze waren echter afkomstig van ingedroogde percelen uit de lagen van 30–50 cm, waar uitspoeling nog zeer goed mogelijk is. De andere twee monsters bevatten resp. 1,6 en 1,1% Na en waren afkomstig van lage, niet ingedroogde percelen, waar de kans op uitspoeling waarschijnlijk geringer was. Misschien moet men zeggen, dat de aanvulling van Na uit de ondergrond door capillaire opstijging en hoge grondwaterstanden in de winter hier beter is geweest.

Het resultaat van de grafische bewerking van een grote multiple-regressie-analyse was, dat alleen de invloed van een diepe slootwaterstand in de zomer op de irreversibele indrogingsgraad over bleef. Numeriek grafisch bleek de meest efficiënte en eenvoudigste regressie-vergelijking te worden geleverd door slootwaterstand en Na gezamenlijk.



Mede in verband met hetgeen in paragraaf 4 is vermeld, is het zeer onwaarschijnlijk, dat de relatieve armoede van de ingedroogde gronden aan Na, als een oorzaak van de irreversibiliteit van de indroging kan worden beschouwd, temeer omdat het hier slechts om geringe hoeveelheden Na gaat. Men moet de lagere Na-bezetting waarschijnlijk zien als een begeleidend verschijnsel van diepe ontwatering evenals de verzuring.

Een sterk ingedroogde veengrond kan men weer laten zwellen (weer peptiseren) door ammonia of basisch reagerende alkalizouten bijv.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  of  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (en water) toe te voegen.

Van toediening van dgl. stoffen aan ingedroogde gronden in voor de praktijk toelaatbare hoeveelheden is echter niet voldoende effect te verwachten. Een eventueel gunstig effect hiervan kan uiteraard pas optreden bij toevoer van water, terwijl de mogelijke geringe verbetering nog eenmalig is; opnieuw indrogen geeft weer een hoge Ii-graad.

Zoals nog zal blijken, is toevoer van water alleen voldoende om de ingedroogde gronden vochtig te maken en een lagere Ii-graad te geven.

#### 7. INVLOED VAN VERVANGING VAN WATER DOOR ANDERE VLOEISTOFFEN

Daar veengronden irreversibel indrogen door waterverlies bij drogen aan de lucht, is het van belang na te gaan, of ook andere wijzen van wateronttrekking invloed hebben op de reversibiliteit. Men kan dit bijv. bereiken door een nog niet irreversibel ingedroogde grond zolang te behandelen met watervrije alcohol, totdat alle water vrijwel verdwenen is. Na deze behandeling kan men de alcohol weer vervangen door water en door bepaling van het resterende vochtgehalte nagaan, of deze tijdelijke verwijdering van het water waarbij de grond niet droog is geweest irreversibele gevolgen heeft gehad. Hetzelfde kan men doen met andere vloeistoffen, bijv. aceton, benzol, tetrachloorkoolstof.

Bij de proeven krijgen we dus bijv. de fasen:  
veen-water  $\rightarrow$  veen-alcohol  $\rightarrow$  veen-water.

Men kan ook, na vervanging van het water door een andere vloeistof, de grond drogen en vervolgens weer in water brengen en het resterende vochtgehalte bepalen. Dit dient om na te gaan, of het milieu, waarin de grond aan de lucht droogt, van invloed is.

Bij de proeven werd uitgegaan van drie gronden, die nog niet of weinig irreversibel ingedroogd waren. De eigenschappen van de gronden zijn in tabel 17, de resultaten in tabel 18 aangegeven. In de eerste kolom van tabel 18 betekent alcoholgeëxtraheerd-water, dat de gronden eerst met absolute alcohol werden behandeld, vervolgens met absolute alcohol in een Soxhletapparaat werden geëxtraheerd, waarna deze gronden weer met water behandeld werden, totdat de alcohol weer door water was vervangen.

Werd niet geëxtraheerd, dan is dit woord in kolom 1 weggelaten. „Alcohol afgedampt” wil zeggen, dat de gronden na de behandeling met alcohol bij  $105^\circ\text{C}$  werden gedroogd tot constant gewicht, waarna dus de alcohol verdwenen was. Na elke be-

handeling werd het resterende vochtgehalte bepaald op de normale manier, dus door de grond zes dagen onder water te laten staan en vervolgens af te centrifugeren. Bij de bepaling van het resterende vochtgehalte hebben we dus steeds te doen met de faes veen-water. Na de bepaling van het resterend vochtgehalte (in tabel 18 aangegeven als „ $R_i$ ”) werden de gronden (dus in de fase veen-water) gedroogd bij  $105^\circ\text{C}$ , waarna weer het resterend vochtgehalte („ $R_{\min}$ ”) werd bepaald.

Uit tabel 18 blijkt in de eerste plaats, dat de behandeling met alcohol-aceton enz. zonder meer zowel met als zonder extraheren weinig invloed uitoefent op de resterende vochtgehalten. De tijdelijke verwijdering van het water door vervanging door een andere vloeistof heeft dus weinig invloed. Om een grond irreversibel in te drogen moet de wateronttrekking blijkbaar plaatsvinden door verdamping en niet door het vervangen van water door een andere vloeistof. Het drogen van de gronden waaruit het water tijdelijk is vervangen geweest door een andere vloeistof (behandeling 3 t/m 9) is blijkens de waarden voor „ $R_{\min}$ ” even irreversibel als bij de grond, die geen behandeling heeft gehad. Dit wijst er nog eens op, dat vetten of wassen geen invloed uitoefenen op het irreversibel indrogen, daar aangenomen mag worden dat deze stoffen bij de voorafgaande behandeling met alcohol enz. verwijderd zijn. Tijdens het drogen kan dus geen vethuidje ontstaan, en toch drogen de gronden irreversibel in.

De behandelingen 10 t/m 14, waarbij de gronden vanuit de fase veen-alcohol resp. veen-benzol, enz. gedroogd werden (afdampen bij  $105^\circ\text{C}$ ) geven andere resultaten. Na het afdampen (waarbij dus de organische vloeistoffen verwijderd werden) werden de monsters ter bepaling van het resterende vochtgehalte weer in de fase veen-water gebracht (6 dagen onder water). De zo bepaalde  $R_i$ -waarden blijken wel lager te liggen dan de  $R_{\max}$ -waarden, maar van volledig irreversibel indrogen is geen sprake. De  $I_i$ -graden, die uit de gevonden resterende vochtgehalten berekend kunnen worden (in tabel 18 tussen ( ) vermeld) variëren van  $\pm 7$  tot 1. Blijkbaar is het drogen vanuit het milieu van deze organische vloeistoffen veel minder gevaarlijk dan vanuit de fase veen-water.

Hierin werd aanvankelijk een bevestiging gezien van de opvatting, dat het verschijnsel van de irreversibele indroging te verklaren is naar analogie van de beschouwingen van RUSSELL over kleigronden. RUSSELL vond een sterke invloed van het dispersiemiddel op de hardheid van de aggregaten, die hij verklaart uit de grootte van het dispersiemiddelmolecuul en diens dipoolmoment en de daarmee samenhangende sterkte van de brugverbinding tussen kationen en kleideeltjes.

Bij de boven behandelde onderzoeken bleken nu de resterende vochtgehalten, na behandeling met organische vloeistoffen, vervolgens droogdampen, drogen bij  $105^\circ\text{C}$  en 6 dagen onder water zetten, recht evenredig te zijn met de dielektricitetsconstante van de organische vloeistof, waarmee de grond het laatst behandeld is (zie fig. 10). Is de laatste behandeling met benzol of tetrachloorkoolstof geschied, dan zijn de resterende vochtgehalten het hoogst. Deze vloeistoffen hebben bovendien praktisch geen dipoolmoment in tegenstelling met de andere gebruikte vloeistoffen.

In de trant van RUSSELL geredeneerd is hier de binding tussen de deeltjes onderling zo los geworden, dat deze na drogen voor een belangrijk deel nog los van elkaar liggen, waardoor zij, in water gebracht, weer gemakkelijk water kunnen opnemen

FIG. 10. Het verband tussen de dielektricitetsconstante van de vloeistof waardoor het water is vervangen alvorens de grond werd gedroogd en het resterende vochtgehalte na opnieuw onder water zetten, resp. de Ii-graad

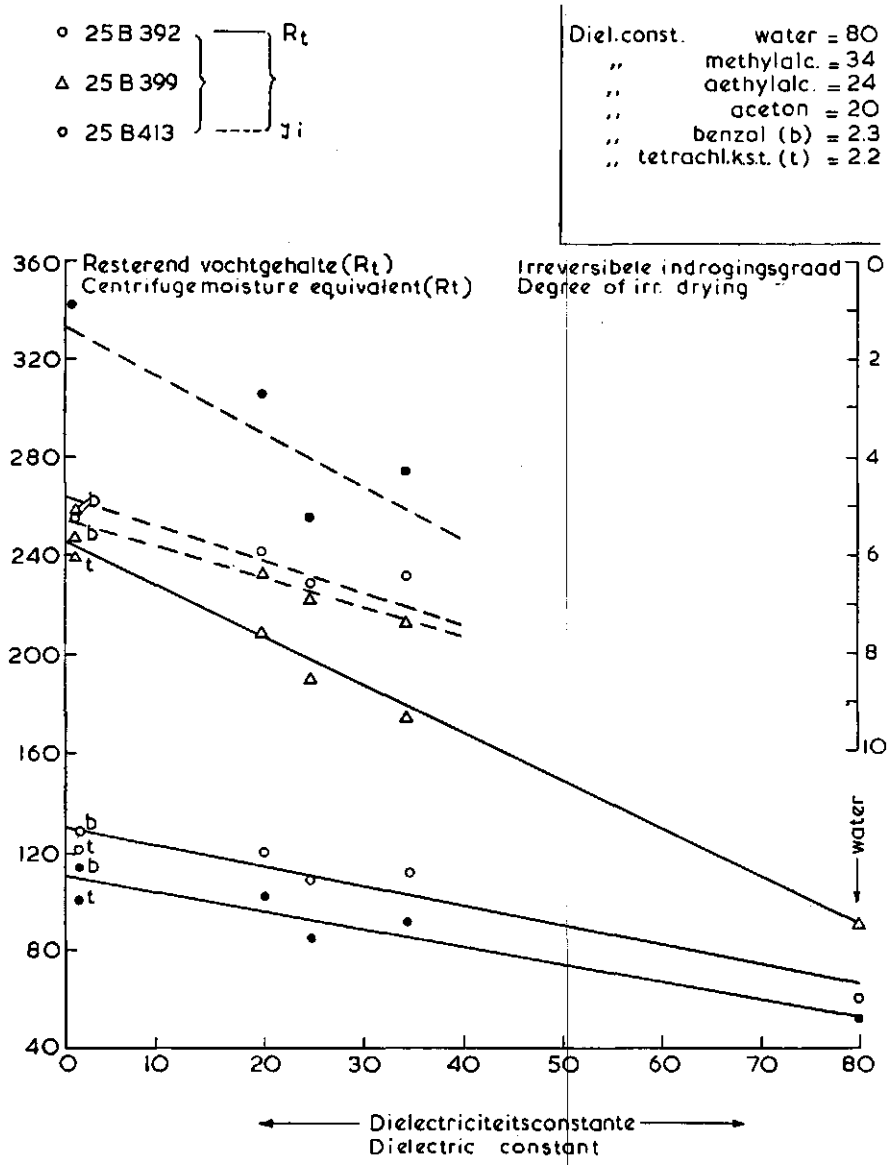


FIG. 10. The relation between the dielectric constant of the liquid which has replaced the water before drying the soil and the centrifuge moisture equivalent after rewetting the soil with water, subs. the degree of irreversible drying

en dus relatief hoge resterende vochtgehalten bezitten. Naarmate de dielektriciteitsconstante groter wordt, is dus de onderlinge binding der deeltjes door gerichte organische vloeistofmoleculen sterker; de deeltjes plakken onderling sterker, waardoor de resterende vochtgehalten kleiner worden. In hoofdstuk V worden echter bezwaren aangevoerd tegen deze zienswijze. Dat de gronden bij afdampen van benzol en tetra en daarna drogen bij 105° C toch nog enigszins irreversibel zijn ingedroogd, kan liggen aan het feit, dat bij de voorafgaande vervanging van water door benzol of tetra (via tussentrappen bijv. aceton) niet al het water is verwijderd. Een andere mogelijke verklaring hiervoor wordt in hoofdstuk V genoemd. Wanneer de gronden 10 t/m 14 na de bepaling van het resterende vochtgehalte („ $R_t$ ”) weer gedroogd werden bij 105° C (dus nu vanuit de fase veen-water), dan blijken de resterende vochtgehalten („ $R_{min}$ ”) weer aanzienlijk terug te lopen, al zijn ze gemiddeld wel wat hoger dan de  $R_{min}$ -waarden van de onbehandelde gedroogde gronden.

#### 8. INVLOED VAN UITPERSEN VAN NOG IN HET GEHEEL NIET INGEDROOGDE VEENGRONDEN EN VAN MALEN VAN REEDS INGEDROOGDE GRONDEN

Een andere wijze van wateronttrekking is het uitpersen van nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde gronden onder hoge druk. Dit werd bij enkele monsters in het Bodemkundig Laboratorium van de Directie van de Wieringermeer te Kampen uitgevoerd, waarbij er voor gezorgd werd dat tijdens het uitpersen (met een druk van  $\pm 370$  atmosferen) geen water door verdamping kon verdwijnen. Het persen werd beëindigd, wanneer nog slechts enkele druppeltjes water afvloeiden.

Uit de harde samengeperste schijven werden vervolgens met behulp van een kurkenboor kleine schijven gesneden, waarin op de gewone wijze  $R_t$  en  $R_{min}$  werden bepaald. In een tweede geval werden de schijfjes fijngemaakt, waarna eveneens op de gewone wijze  $R_t$  en  $R_{min}$  werden bepaald. Later werden zowel schijfjes als fijngemaakte schijfjes eerst 4 weken (in plaats van 6 dagen, zoals bij de gewone Ii-graadbepaling) onder water gehouden, alvorens  $R_t$  en  $R_{min}$  werden bepaald (tabel 19).

Uit deze cijfers blijkt, dat  $R_{min}$  van de uitgeperste gronden steeds iets kleiner is dan  $R_{min}$  van de oorspronkelijke grond. Dit geldt niet of in mindere mate voor de fijngemaakte schijven, welke reeds 4 weken onder water hebben gestaan.

$R_t$  is in alle gevallen door het uitpersen van de grond onder hoge druk flink gedaald, nl. tot een Ii-graad van ongeveer 7,5 (voor  $R_{max}$  en  $R_{min}$  zijn de waarden van de oorspronkelijke grond genomen).

De fijngemaakte grond heeft iets hogere  $R_t$ -waarden, wat verklaard kan worden uit een beter contact met het water tijdens de bepaling (6 dagen onder water). De na 4 weken onder water staan bepaalde waarden zijn weinig verschillend en vaak zelfs iets kleiner dan wanneer  $R_t$  direct werd bepaald. Dit feit kan verklaard worden door een geringe mate van indroging. De uitgeperste gronden hadden reeds enige tijd in gesloten potten gestaan voor met de „4-weken” proef begonnen werd; gedacht kan daarom worden aan indrogen gedurende de bewaartijd. De voor de proef bepaalde vochtgehalten waren iets lager dan bij de direct uitgevoerde  $R_t$ -bepalingen. In elk

geval blijkt uit deze onderzoekingen, dat er ook door uitpersen onder hoge druk water irreversibel aan de grond wordt onttrokken.

Men kan zich in dit verband afvragen, of nog aanwezige plantecellen in veenmateriaal bij drogen platgedrukt worden en daarna niet meer kunnen opzwellen. Hierdoor zou de irreversibele indroging misschien gedeeltelijk kunnen worden verklaard. Door Dr. J. J. SCHURMAN werd hiervoor een microscopisch onderzoek ingesteld, waarbij in de eerste plaats bleek, dat er gewoonlijk weinig intacte cellen aanwezig waren, en in de tweede plaats dat van samenplakken door drogen niets te constateren viel. Bovendien werden deze proeven genomen met ondergrondmonsters. De indroging vindt vrijwel altijd in de bovenlaag van 0-20 à 30 cm plaats en aangenomen mag wel worden, dat in deze laag zeer weinig intacte cellen aanwezig zijn.

Indien het juist is, dat door verlies aan oppervlakte het vochtbindend vermogen terugloopt, moet omgekeerd door fijnmalen van de grond deze vochtopname bevorderd worden. Om dit na te gaan is de bij 105° C gedroogde, fijngemaakte en door een 2 mm zeef gezeefde grond gedurende perioden van 15 en 45 uren in een kogelmolen gemalen.

De resultaten van de proeven zijn opgenomen in tabel 20.

Bij de  $R_{\min}$ -bepaling werd het monster op de normale manier gedroogd bij 105° C, daarna 6 dagen onder water gezet, afgecentrifugeerd en het resterende vochtgehalte bepaald door drogen bij 105° C. Bij de gemalen monsters bleek  $R_{\min}$  (voornamelijk bij droog malen) hoger te zijn dan de  $R_{\min}$ -waarde van de oorspronkelijke, niet gemalen monsters. Na de bepaling van het resterende vochtgehalte (dus nadat het monster gedroogd was bij 105° C) werd deze grond weer met water geroerd, 6 dagen onder water gezet, waarna opnieuw  $R_{\min}$  werd bepaald. Deze waarden zijn onder  $R'_{\min}$  vermeld. De  $R_t$  van de niet gemalen monsters is eigenlijk al een  $R_{\min}$ -waarde, omdat de monsters vóór de proef bij 105° C gedroogd zijn. Daarna zijn de gedroogde monsters echter even blijven staan en was enige vochtopname mogelijk. Daarom is weer gedroogd bij 105° C en  $R_{\min}$  bepaald.

Uit de cijfers blijkt, dat de  $R_t$ -waarden door malen inderdaad sterk gestegen zijn. Nat malen geeft het grootste effect, vermoedelijk omdat hierbij tevens een intensief contact met water tot stand wordt gebracht. Droog malen geeft hogere  $R_{\min}$ -waarden, die bij de tweede  $R_{\min}$  bepaling ( $R'_{\min}$ ) ook hoger bleven. Vermoedelijk vindt dit zijn oorzaak in het feit, dat bij droog malen fijner gemalen wordt, waardoor ondanks de verkitting bij drogen een groter oppervlak voor water toegankelijk blijft.

De duur van het malen heeft weinig invloed gehad; blijkbaar is bij 15 uur malen het effect reeds vrijwel geheel verkregen. In figuur 11 zijn de  $R_t$ -waarden na 15 uur malen uitgezet.

#### SAMENVATTING

Uit het onderzoek is gebleken, dat de geringe vochtbinding van ingedroogde veengronden niet wordt veroorzaakt door luchtadsorptie of in het algemeen door een te grote grensvlakspanning tussen veen en water (ofschoon hierdoor de bevochtiging wel bemoeilijkt wordt), noch door de aanwezigheid van vetten, harsen en wassen,

FIG. 11. Het effect van 15 uur malen in een kogelmolen

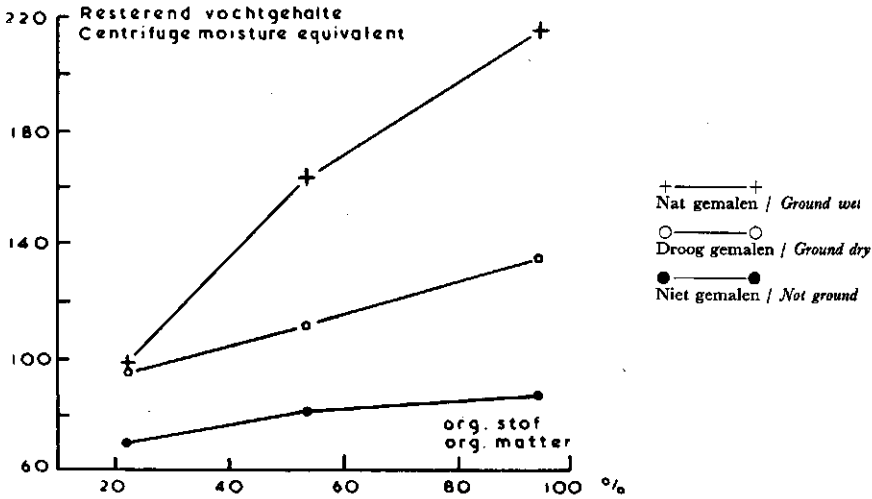


FIG. 11. The effect of ballmilling (15 hrs) on the centrifuge moisture equivalents

terwijl ook ijzerverbindingen geen specifieke invloed bleken uit te oefenen.

De gunstige invloed van peptisatiemiddelen gaf aanleiding tot de gedachte, dat de verklaring van het verschijnsel analoog aan die van RUSSELL voor kruimelvorming bij kleigronden, gezocht moest worden in een aan elkaar kitten van de veendeeltjes door middel van bruggen gevormd door kationen en georiënteerde watermoleculen. Proeven met organische vloeistoffen met verschillende diëlektrische constanten lieten zich eveneens vanuit deze gedachtengang goed verklaren. Hiermee in tegenpraak waren de resultaten van proeven over de invloed van de kationenbezetting welke nl. slechts relatief gering bleek te zijn.

Er werd een goede correlatie gevonden tussen de adsorptiecapaciteit, bepaald aan luchtdroge grond, en het humusgehalte. Verder bleek er behalve tussen Ii-graad en slotwaterstand ook een verband te bestaan tussen slotwaterstand en pH in de praktijk, terwijl er geen duidelijk verband gevonden werd tussen Ii-graad en Na<sup>+</sup>- of K<sup>+</sup>-bezetting.

Uit de gunstige invloed van peptisatiemiddelen en malen van de ingedroogde grond in een kogelmolen op het vochtbindend vermogen en de ongunstige invloed van samenpersen van niet-ingedroogde grond onder hoge druk bleek, dat de afname van het vochtbindend vermogen bij indroging mede veroorzaakt wordt door verlies aan oppervlakte.

## IV. ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN VAN VERBETERING

### 1. INVLOED VAN WATER EN MESTSTOFFEN

Daar het water bij het indrogingsproces de hoofdrol speelt, is het van belang na te gaan, of en hoe ingedroogde gronden reageren op een korter of langer contact met water. Hiertoe werden proeven aangezet, waarbij enkele gronden bij verschillende vochttoestanden en met diverse toevoegingen gedurende geruime tijd bewaard werden.

Op geregelde tijden werden monsters genomen om het verloop van de reversibiliteit na te gaan. De proeven werden uitgevoerd met de volgende, te velde sterk ingedroogde gronden (tabel 21).

Van ieder van deze monsters werden drie series gemaakt waarbij de gronden respectievelijk:

- a. in glazen buizen van 30 cm lengte gevuld werden, waarna de buizen in grotere glazen vaten onder water werden gehouden (anaerobe serie);
- b. in glazen buizen van 30 cm lengte gevuld werden, waarna de onderkant van de buizen juist in water geplaatst werd (semi-anaerob);
- c. in een mooi vochtige toestand in glazen potten werden gebracht met een zodanige bedekking, dat lucht vrij kon binnentreden, maar vochtverlies zoveel mogelijk voorkomen werd; zo nodig werd water bijgevoeld.

De series A en B stonden bij kamertemperatuur; serie C in een broedstoof bij 25–35° C. Bovendien werd soms 2,5 gram pepton + 2,5 gram glucose + 0,5 gram  $K_2HPO_4$  per 500 gram luchtdroge grond toegevoegd (voedingsstoffen). Verder werd soms nog gegeven 4,5%  $CaCO_3$  (hiermee wordt een pH van  $\pm 6,5$  bereikt) of 8% toemaak of 8% cacao-afvalkalk (scik) of 2% schuimaarde of 2% kalkslib (afvalprodukt stocartonfabrieken) of een combinatie van deze meststoffen. Tabel 22 geeft het schema van toevoegingen van de verschillende objecten. Het schema was voor de drie series A, B en C gelijk (— = niet toegevoegd, + = wel toegevoegd).

De drie monsters werden met de betreffende stoffen (toemaak,  $CaCO_3$ , enz.) droog gemengd. Voor alle series werden de voedingsstoffen in het mengwater opgelost. De aerobe serie werd elke 6 weken bemonsterd, de andere series na 0, 6 en 15 maanden.

Na het gereedkomen van de mengsels werden hierin direct de  $R_t$  en  $R_{min}$ -getallen op de gewone wijze bepaald. Dit zijn dus de uitgangscijfers. In de tabellen 23 t/m 25 zijn de resultaten voor de drie series gegeven, gemiddeld voor de drie gronden. De uitgangscijfers zijn in de kolommen van 0 weken resp. 0 maanden geplaatst. Het bleek nl., dat het gedrag van de drie gronden principiëel niet verschilde, zoals ook blijkt uit tabel 26, waarin de resultaten van enkele objecten voor de drie gronden afzonderlijk zijn vermeld. De gemiddelde uitgangs- $R_t$ -waarde van de monsters was 68 (tabel 21). Deze waarden zijn enige tijd voor het begin van de proef bepaald. Nadien werden de gronden in jute zakken bewaard, waarbij blijkbaar een zekere

verlaging van de irreversibele indrogingsgraad (vermoedelijk door vochtaantrekking) heeft plaatsgevonden, daar voor de gronden zonder toevoeging in de uitgangstoestand (dus direct na het gereedkomen van de mengsels) gemiddeld een  $R_t$ -waarde van 77 werd gevonden. Daar de diverse toevoegingen weinig verschillende effecten opleverden, zijn de resultaten van enkele objecten, nl. geen toevoeging, 4,5%  $\text{CaCO}_3$ , en 4,5%  $\text{CaCO}_3$  + 8% scik in figuur 12 tegen de tijd van bewaren uitgezet. Uit de tabellen en figuren blijkt in de eerste plaats, dat het toevoegen van voedingsstoffen weinig of geen verschil opleverde. De  $R_{\min}$ -waarden worden in alle series iets hoger, naarmate de gronden langer in de verschillende vochttoestanden verkeerd hebben. Belangrijk is het opmerkelijke verschil tussen de  $R_{\min}$ -waarden van het niet bekalkte object en de  $R_{\min}$ -waarden van de bekalkte objecten. De bekalkte gronden hebben onmiddellijk na het mengen een hogere  $R_{\min}$ -waarde. Het verschil wordt wat kleiner, naarmate de gronden langer bewaard zijn. Deze stijging van  $R_{\min}$  door bekalking is ook bij andere proeven gevonden en heeft gevolgen voor de berekening van de Ii-graad. Wanneer bijv. van twee veldmonsters met gelijk humusgehalte en gelijke  $R_t$ -waarde, maar met verschillende pH, de  $R_{\min}$ -waarde bepaald wordt, dan vindt men in het algemeen een hogere  $R_{\min}$ -waarde voor de grond met hogere pH en dientengevolge een hoger cijfer voor de Ii-graad, daar  $R_{\max}$  voor beide gronden uit de standaardcurve afgeleid wordt en dus gelijk is. De Ii-graad wijst dus op een sterkere irreversibele indroging als gevolg van de hoge  $R_{\min}$ -waarde; een hoge  $R_{\min}$ -waarde moet echter als gunstig worden beschouwd. Men kan hieraan ontkomen door ook de  $R_{\min}$ -waarde uit de standaardgrafiek af te lezen of wel door de gronden voor de  $R_{\min}$ -bepaling op een gelijke pH te brengen (uitwassen met verdund HCl). Om in de tabellen en figuren deze fout te vermijden, is bij de berekening van de Ii-graad voor alle objecten uitgegaan van de  $R_{\min}$ -waarde van het nul-object (dus met lage pH) en niet van de bepaalde  $R_{\min}$  van het object zelf.

Het belangrijkste resultaat van deze proeven is de daling van de irreversibele indrogingsgraad, naarmate de gronden langer en naarmate ze natter bewaard zijn. Bij de semi-anaerobe serie en de anaerobe serie gaat de daling door tot een peil waarbij in de praktijk eigenlijk al niet meer van irreversibele indroging wordt gesproken (Ii-graad 6,5 à 7).

Het blijkt dus mogelijk deze gronden alleen door vochtig houden een beter vochtbindend vermogen te geven. Dit is in overeenstemming met de resultaten van de proefvelden, waarbij bleek dat vochtig maken van de grond door infiltratie mogelijk was, terwijl hiermee een duidelijke stijging van het vochtbindend vermogen gepaard ging (daling van de Ii-graad).

Tussen de verschillende objecten is, afgezien van de invloed van de pH op  $R_{\min}$ , weinig verschil. Enkel vochtig houden heeft vrijwel een even goed of beter resultaat als wanneer nog andere stoffen toegevoegd werden. Het lijkt er wel op, dat het object met scik en ook dat met schuimaarde vooral aanvankelijk wat betere resultaten geven. Dit kan voor scik misschien verklaard worden uit het hoge K-gehalte (peptiserende werking).

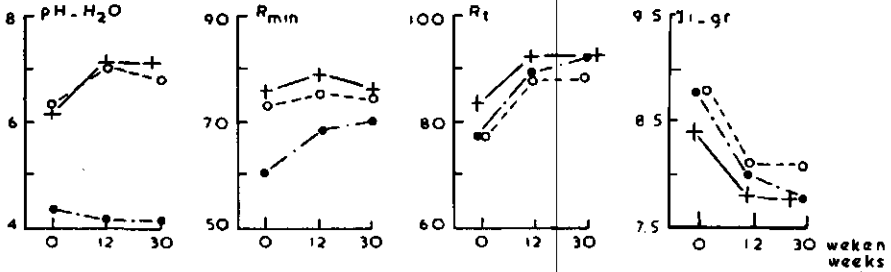
Men kan zich nog afvragen, of de invloed van vochtig of nat bewaren nog afhankelijk is van de uitgangs-Ii-graad. Het is nl. mogelijk, dat de indroging moeilijker



FIG. 12. De invloed van vochtig (aerob), nat (semi-anaerob) en onder water (anaerob)

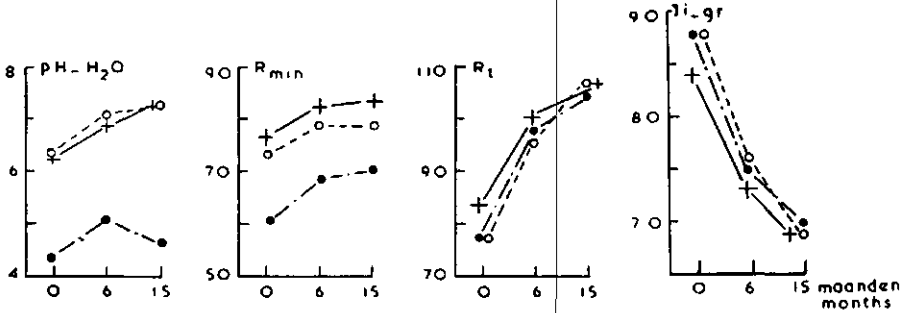
A. De invloed van vochtig (aerob) bewaren

*The effect of a prolonged maintenance in moist (aerobic) condition*



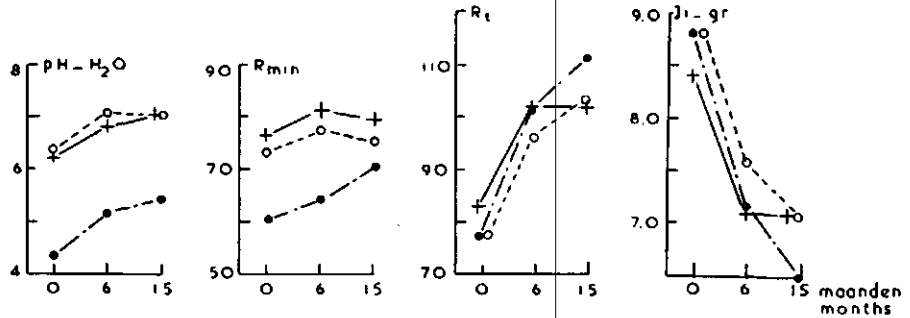
B. De invloed van nat (semi-anaerob) bewaren

*The effect of a prolonged maintenance in wet (semi-anaerobic) condition*



C. De invloed van onder water (anaerob) bewaren

*The effect of a prolonged maintenance under water (anaerobic) condition*



- ————— ● Niets toegevoegd / Nothing added
- ————— ○ 4,5% CaCO<sub>3</sub> toegevoegd / with addition of CaCO<sub>3</sub>
- + ————— + 4,5% CaCO<sub>3</sub> en 8% scik toegevoegd / with addition of CaCO<sub>3</sub>
- R<sub>t</sub> = centrifuge moisture equivalent of the soil as such
- R<sub>min</sub> = centrifuge moisture equivalent after drying and rewetting the soil
- li-gr. = degree of irreversible drying

FIG. 12. The effect of a prolonged maintenance in moist (aerobic) and wet (semi-anaerobic) condition, and under water (anaerobic)

omkeerbaar is naarmate hij verder voortgeschreden is. Dezelfde proeven als boven beschreven (echter alleen met de semi-anaerobe en de anaerobe behandeling) werden herhaald met vier gronden met verschillende Ii-graad; daarbij werd al of niet  $\text{CaCO}_3$  toegevoegd. De uitgangstoestand van de monsters is in tabel 27, de resultaten zijn in tabel 28 weergegeven. Hieruit blijkt, dat het uitgangspunt niet van grote invloed is.

Het beeld is vooral bij de anaerobe serie onregelmatig. De nummers 28B687 en 28B689 geven een veel hogere daling van de Ii-graad te zien. Dit zijn twee gronden van het oude land (resp. Meije Zegveld en Stolwijk), terwijl de nummers 28B686 en 28B688 afkomstig zijn uit droogmakerijen (resp. kleiveen op kateklei en veenprofiel). Het is echter niet te zeggen, of dit wel of geen toeval is. Overigens zijn de resultaten dezelfde als bij de eerder beschreven proeven. Bij al deze proeven had bekalking weinig invloed op de stijging van het vochtbindend vermogen; alleen de  $R_{\min}$ -waarden stegen iets. Bij de bepaling van de resterende vochtgehalten worden de monsters intensief met water in aanraking gebracht (6 dagen onder water). De gevonden cijfers zeggen dus wel iets omtrent het vochtbindend vermogen, maar weinig over de snelheid waarmee een zekere hoeveelheid vocht opgenomen en gebonden wordt. In de praktijk is deze opnemingsnelheid nog wel van belang; wanneer bijv. op een veengrond een regenbui van enkele millimeters valt, dan is het niet in de eerste plaats van belang hoe groot het totaal vochtbindend vermogen is na geruime tijd contact met water (resterend vochtgehalte), maar wel of deze geringe hoeveelheid (1 mm vocht betekent een toename in vochtgehalte in een laag van 20 cm van  $\pm 1\%$  van de droge grond wanneer we een stoofdrog volumegewicht van 0,5 aannemen) opgenomen kan worden in de tijd dat de regenbui valt, d.w.z. in enkele uren. Men kan zich voorstellen, dat op deze opnemingsnelheid allerlei factoren zoals de pH van invloed kunnen zijn. Om dit na te gaan werd een proef aangezet, waarbij glazen buizen van 2,8 cm diameter werden gevuld met grond in „veldvochtige” toestand, al of niet gemengd met 1 gram  $\text{CaCO}_3$  per 100 gram, van twee sterk ingedroogde percelen en van een niet ingedroogde grond. Boven op de grondzuilen werd een laagje grof zand aangebracht, terwijl de onderkant werd afgesloten door een laagje fijn grind, dat zich tussen twee kopergaasjes bevond. De gewichtshoeveelheden van de niet en wel bekalkte zuilen van een grond waren even groot; de zuilen waren 16-20 cm lang. Daarna werd gedurende 2 à 3 weken dagelijks bovenop de licht aangestampte zuilen een hoeveelheid water gebracht overeenkomende met 6,5 mm neerslag.

Behalve met grond in „veldvochtige” toestand werd de proef ook uitgevoerd met grond, die tevoren goed nat (ongeveer tot de vloeigrens) was gemaakt, daar verondersteld kan worden, dat de opnemingsnelheid afhankelijk is van de vochttoestand, waarin de grond verkeert. Bij de uitvoering bleek, dat het toegevoegde „regen”-water bij alle zuilen voor een groot deel door de grond liep en dat dus slechts relatief weinig water werd vastgehouden. Zowel aan het begin als aan het eind van de proeven werden de vochtgehalten bepaald. De uitgangstoestand van de gronden is in tabel 29 aangegeven.

De in tabel 29 vermelde waarden zijn bepaald geruime tijd voordat met de hier besproken proeven begonnen werd; bij het begin van de proef kunnen de  $R_t$ - en

$R_{\min}$ -waarden (door het bewaren) iets anders geweest zijn. Dit is echter geen bezwaar daar de uitgangstoestand voor de bekalkte en niet bekalkte grond steeds dezelfde is geweest. Tabel 30 geeft de resultaten van de proef.

Uit deze resultaten blijkt in de eerste plaats, dat de „veldvochtige”, ingedroogde grond (op het oog zeer droge grond) ongeveer de helft van de toegediende „regen” heeft vastgehouden. Dit is vermoedelijk hetzelfde effect als het nat worden van ingedroogde gronden te velde in de winter. Het vastgehouden water zal wel in hoofdzaak capillair water geweest zijn. De gronden, waaraan tevoren extra vocht is toegevoegd, houden minder vast dan de „veldvochtige” gronden, waarschijnlijk omdat hun verzadigingspunt eerder bereikt is, want de eindvochtgehalten zijn voor beide series ongeveer even hoog. De niet ingedroogde grond neemt eveneens veel minder water op, wat veroorzaakt is door het zeer hoge aanvangsvochtgehalte. De bekalking heeft wel enig effect gehad, maar het verschil is gering, zodat wel aangenomen mag worden, dat bekalking voor de opnemingsnelheid van weinig betekenis is. Zoals bij andere proeven treedt ook hier een geringe daling van  $R_t$  en een stijging van  $R_{\min}$  op door verhoging van de pH.

## 2. INVLOED VAN MENGEN MET ZAND EN SLIB

Uit de praktijk was al bekend, dat de typische indrogingsverschijnselen in het veld pas optreden bij gehalten aan organische stof boven de 10 à 15%. Bij lagere percentages gaat het klei (of zand) karakter overheersen. Wanneer de afname van het vochtbindend vermogen mede veroorzaakt wordt door verlies aan oppervlakte bij het indrogen (Hoofdstuk III paragraaf 8), dan zou dit verschijnsel verklaard kunnen worden door aan te nemen, dat de zand- en slibdeeltjes, die zich tussen de veendeeltjes bevinden, verhinderen dat het veen samenplakt.

Deze theorie kan nader getoetst worden door nog niet ingedroogd veen te mengen met zand en slib in verschillende mengverhoudingen en het mengsel vervolgens te laten indrogen. Voor deze proeven werd uitgegaan van twee niet ingedroogde monsters, waarvan de eigenschappen in tabel 31 aangegeven zijn. De mengsels werden samengesteld door een hoeveelheid veen, overeenkomende met resp. 1,5–1,25–1,0–0,75–0,50–0,25 en 0,125 gram droge stof, in een mortier zo goed mogelijk te mengen met 4 gram van de minerale fracties van 50–74  $\mu$ , 35–50  $\mu$ , 2–16  $\mu$  en <2  $\mu$ . Ter voorkoming van indroging tijdens het mengen werd steeds een passende hoeveelheid gedestilleerd water bijgevoegd. Van de verkregen mengsels zijn  $R_t$  en  $R_{\min}$  of alleen  $R_{\min}$  bepaald.

Het vocht, vastgehouden door de 4 gram van de gebruikte minerale fractie en door de bodem van het kroesje, waarin de bepalingen zijn uitgevoerd, is bij de berekening van de uitkomsten in rekening gebracht.

De bepaalde  $R_t$ - en  $R_{\min}$ -waarden van de verschillende mengsels zijn dus de waarden voor het veenbestanddeel van het mengsel, uitgedrukt in procenten van de droge stof van het veenbestanddeel. Ze kunnen dus onderling vergeleken worden. In tabel 32 zijn de resultaten gegeven. Uit deze cijfers blijkt in de eerste plaats, dat de  $R_t$ -waarden voor de monsters zonder minerale fractie wat lager zijn dan in tabel 31

FIG. 13. De invloed van mengen met minerale fracties op de irreversibiliteit van de indroging

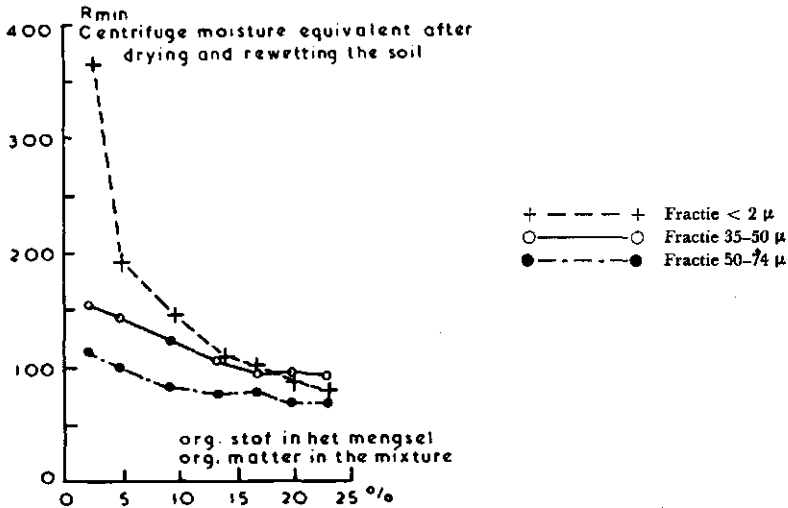


FIG. 13. The effect of mixing peat with different fractions of a mineral soil on the irreversibility of the drying

aangegeven is. Dit is veroorzaakt, doordat de analyses van tabel 30 gemaakt zijn, nadat de monsters in het veld genomen zijn. Daarna zijn de monsters in gesloten blikken bussen geruime tijd bewaard, voordat met de beschreven proeven werd begonnen. Tijdens het bewaren is blijkbaar een geringe verandering opgetreden. Bovendien zijn de cijfers van tabel 31 niet gecorrigeerd op het vocht, dat door de bodem van het kroesje vastgehouden wordt.

In de tweede plaats blijken de  $R_p$ -waarden van het veenbestanddeel van de mengsels kleiner te worden (bij de fractie 2-16  $\mu$  aanzienlijk, bij de andere fracties minder), naarmate het mengsel meer minerale fractie bevat. Een verklaring hiervoor is moeilijk te geven; theoretisch zou  $R_p$  van monster 25B406 bij alle mengsels 361 moeten zijn. Het belangrijkste resultaat is echter, dat de  $R_{min}$ -waarden van het veenbestanddeel duidelijk stijgen, naarmate meer minerale fractie aanwezig is. Merkwaardig is dat de  $R_{min}$ -waarden van de mengsels met 1,50 gram veen per 4 gram fractie in de meeste gevallen lager zijn dan de  $R_{min}$ -waarden van het veen zonder bijmenging. Misschien moet dit verklaard worden uit een verminderde vochtbinding door de minerale fractie doordat deze volledig omhuld is door een laagje irreversibel ingedroogd veen. De correctie voor het door de minerale fractie gebonden water is dan te groot geweest.

In fig. 13 zijn de  $R_{min}$ -waarden voor enkele fracties uitgezet tegen de organische stof-gehalten van de mengsels. Hieruit blijkt duidelijk, dat de  $R_{min}$ -waarden stijgen, wanneer het organische stof-gehalte lager wordt. Bij de fractie <2  $\mu$  blijft het veengedeelte vrijwel geheel reversibel, wanneer veel van de fractie is toegevoegd.

In het algemeen blijkt inderdaad de invloed pas goed merkbaar te worden bij

organische stof-gehalten beneden  $\pm 10\%$ . Dit is in overeenstemming met de resultaten van DOMINGO, die vond dat bij mengen met klei en kwartszand de grens, waarbij de gronden nog indroogden, lag bij resp. ongeveer 11 en 6% organische stof.

De betekenis van deze resultaten voor de praktijk is vermoedelijk niet groot. Door bezanding en/of bekleiing zou men de indroging kunnen voorkomen, althans wanneer men voldoende zand of klei aanbrengt. Het benodigde materiaal is echter in de veenstreken van Holland en Utrecht meestal niet aanwezig. Waar dit wel het geval is, kan door bezanding of bekleiing inderdaad bereikt worden, dat het gevaar van indroging afgewend wordt. Dit kan vooral van belang zijn voor gronden, waarvoor een diepere ontwatering onvermijdelijk is in verband met het verkrijgen van een voldoende ontwatering in lagere gedeelten van dezelfde polder. Men zal er echter naar moeten streven dit te voorkomen door een dergelijke polder in afdelingen met verschillend peil te verdelen.

### 3. INVLOED VAN BEVRIEZEN

Bij bevriezen van een grond wordt water onttrokken in de vorm van ijs. In verband hiermee rees de vraag, of deze wateronttrekking ook irreversibele indroging kan veroorzaken. In de praktijk kent men aan het doorvriezen vaak een gunstige invloed toe. Door ZUUR werd reeds aangetoond, dat door bevriezen van veen de krimp geringer wordt en de hoeveelheid capillair opgezogen water bij de droge ringmethode volgens HUDIG sterk vermeerderd. Dit wordt veroorzaakt door het ontstaan van grovere capillaire ruimten door het bevriezen.

De eerste proeven in dit verband werden uitgevoerd met 6 niet ingedroogde veengronden, welke na roeren met een ruime hoeveelheid water gedurende 1 dag in een exsiccator bleven staan, waarna ze gedurende 1, 3 en 7 dagen bevroren werden gehouden (bij 11–13° C onder nul). Na ontdooien werden op de gewone wijze de  $R_r$  en de  $R_{min}$ -getallen bepaald. Er werd voor gezorgd, dat tijdens het bevriezen geen verdamping optrad. Met dezelfde monsters werd de invloed van afwisselend bevriezen en ontdooien nagegaan, waarbij er eveneens voor gezorgd werd, dat verdamping uitgesloten was. Bij deze proef werden de volgende variaties gemaakt:

- 0 : niet bevroren, 2 dagen met water gemengd in exsiccator
- I : 2 dagen bevroren, 2 dagen ontdooien in exsiccator
- II : idem maar 2  $\times$  bevriezen en ontdooien
- III : als I maar 3  $\times$
- IV : als I maar 4  $\times$

In tabel 33 zijn de resultaten van deze proeven aangegeven.

Uit deze cijfers blijkt, dat de  $R_r$ -getallen over het algemeen slechts weinig afnemen; van een schadelijke indroging door het bevriezen is geen sprake. Herhaald bevriezen en ontdooien heeft een sterkere werking dan éénmaal bevriezen en ontdooien. De  $R_{min}$ -waarden nemen door bevriezen iets toe; op de verklaring hiervan komen we nog terug.

Uit tabel 33 krijgt men de indruk, dat  $R_{min}$  voor de sterk verteerde gronden

minder toeneemt dan voor de minder verteerde. Het lijkt er dus op, dat de minder verteerde gronden zich na bevriezen minder ver irreversibel laten indrogen. Om hieromtrent wat meer te weten te komen werden bevroeringsproeven uitgevoerd met een groter aantal (meest) niet ingedroogde gronden, waarvan de verteringsgraad te velde was beoordeeld. Daarnaast werd van deze gronden de C/N verhouding, het stikstofgehalte in % van de organische stof, het % „stabiële humus” (onoplosbaar in 80 %  $H_2SO_4$ ), het % „verteerbare humus” (oplosbaar in 80 %  $H_2SO_4$ ) en de z.g. „matière noire” bepaald. Bij de bepaling van de matière noire wordt de grond eerst uitgewassen met verdund HCl, vervolgens met water en daarna geschud met 10 %  $NH_4OH$ . De in de  $NH_4OH$  opgeloste organische stof wordt bepaald. De genoemde grootheden hebben de pretentie een min of meer goede maatstaf voor de verteringsgraad te zijn.

Een gedeelte van de monsters werd met ruim water gemengd en gedurende 8 dagen resp. 2 maanden bevroren gehouden ( $-13^\circ C$ ). Hierin werd na ontdooien op de gewone wijze  $R_t$  en  $R_{min}$  bepaald, hetgeen ook geschiedde in de oorspronkelijke monsters. Verder werd met de veenschijfmethode van HUDIG de hoeveelheid water per 100 gram droge stof bepaald, welke na 1 en 200 uur werd opgenomen in de eerst tot de vloeigrens gebrachte en daarna bij  $30^\circ C$  gedroogde veenschijven, die vervolgens op vochtig zand geplaatst werden.

De resultaten zijn weergegeven in tabel 34.

Uit de gemiddelde cijfers in tabel 34a blijkt, dat de verteringsgraad samenhangt met het humusgehalte, d.w.z. dat de variaties in de bepaalde gehalten aan matière noire enz. zowel kunnen samenhangen met de verteringsgraad als met het gehalte aan organische stof.

Hierdoor kan aan de daling van de C/N verhouding en de overigens ook onverklaarbare stijging van het gehalte aan „verteerbare humus” bij toenemende verteeringsgraad slechts weinig waarde toegekend worden daar de factoren organische stof-gehalte en verteringsgraad niet voldoende gescheiden kunnen worden. Verder blijkt de som van de gehalten aan „stabiële” en „verteerbare humus” ver beneden 100 % te liggen, waardoor de waarde van deze bepaling twijfelachtig wordt.

Ook bij deze proeven blijkt  $R_t$  door bevroren weinig te dalen, zelfs na 2 maanden bij  $-13^\circ C$ . Bedenkt men, dat verdamping uitgesloten was en dat ons land slechts zelden vorstperioden van langer dan 2 weken kent, dan volgt hieruit, dat alleen door bevroren geen schadelijke indroging kan optreden. Zou deze toch na een vorstperiode in ons land optreden, dan moet deze in de eerste plaats veroorzaakt zijn door de verdamping tijdens de vorstperiode.

Beschouwt men de daling van  $R_t$  na het bewaren gedurende 2 maanden bij  $-13^\circ C$  ten opzichte van  $R_t$  vóór het bevroren, dan blijkt deze laag te zijn voor die gronden, waarvan de Ii-graden belangrijk hoger is dan 0 (ca. 5-6). Dit ligt voor de hand, daar deze monsters reeds enige indroging hebben ondergaan. Ook de bij de andere monsters aanwezige stijging van  $R_{min}$  vonden we hier niet of in geringe mate. Deze monsters zijn bij de volgende beschouwingen niet in aanmerking genomen.

De daling voor de andere monsters blijkt samen te hangen met de verteringsgraad en het gehalte aan organische stof (zie de gem. cijfers van tabel 34a).

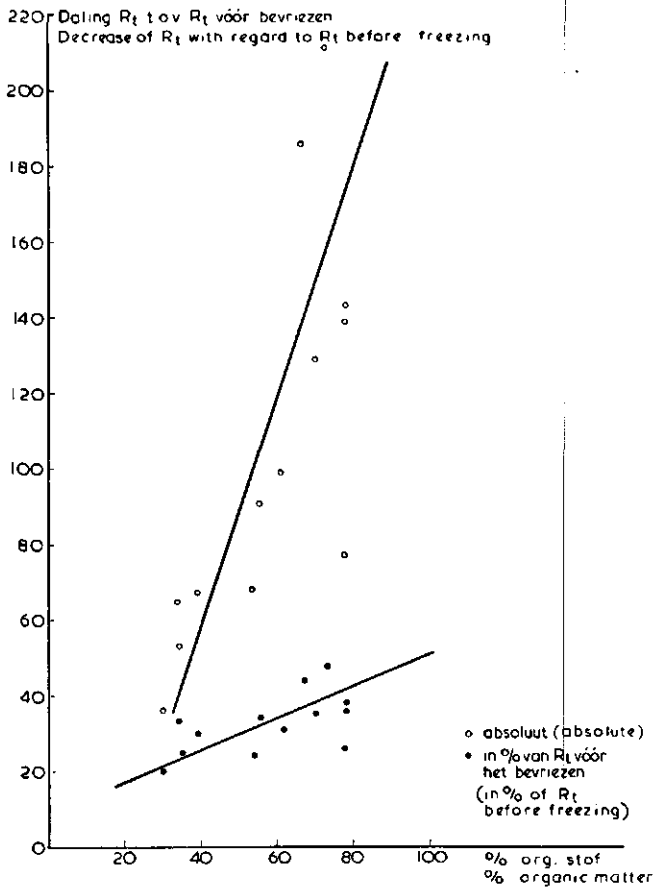


FIG. 14. Het verband tussen de daling van  $R_t$  na 2 mnd bij  $-13^{\circ}\text{C}$  en het percentage organische stof in het monster.

FIG. 14. The relation between the decrease of the centrifuge moisture equivalent ( $R_t$ ) after 2 months at  $-13^{\circ}\text{C}$  and the percentage organic matter in the sample

In figuur 14 is het verband tussen de daling van  $R_t$  (absoluut en relatief) en het gehalte aan organische stof aangegeven. Ofschoon niet is uit te maken, welk gedeelte van de daling van  $R_t$  samenhangt met het gehalte aan organische stof en welk gedeelte met de verteringsgraad, lijkt het waarschijnlijk, dat zowel de absolute als de relatieve daling meer samenhangt met het gehalte aan organische stof dan met de verteringsgraad. Het is immers logisch, dat naarmate  $R_t$  groter is, meer niet capillair water overgaat in capillair water, dat tijdens de bepaling van  $R_t$  (door het centrifugeren) wordt verwijderd.

Ook de stijging van  $R_{\min}$  door bevroren hangt samen met het gehalte aan organische stof (fig. 15). De stijging van  $R_{\min}$  door bevroren wordt vermoedelijk veroorzaakt door een mindere samenhang van de organische stof na het bevroren; de aanwezige bindingen of verklevingen tussen de deeltjes worden gedeeltelijk opgeheven en bij het drogen bij  $105^{\circ}\text{C}$  voor de  $R_{\min}$  bepaling treedt samenbakking minder ge-

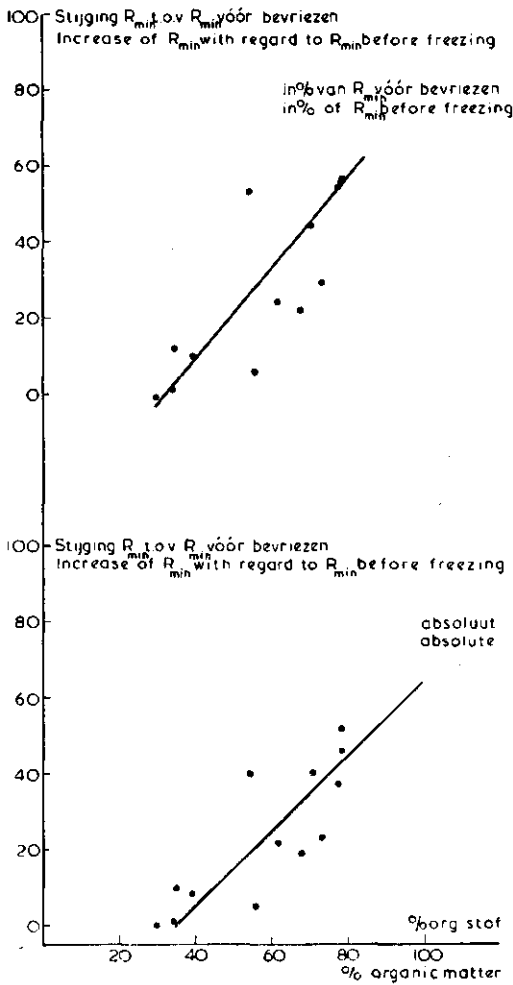


FIG. 15. Het verband tussen de stijging van  $R_{min}$  na 2 mnd bij  $-13^{\circ}\text{C}$  en het percentage organische stof in het monster

FIG. 15. The relation between the increase of the centrifuge moisture equivalent after drying and rewetting the soil ( $R_{min}$ ) after 2 months at  $-13^{\circ}\text{C}$  and the percentage organic matter in the sampled

makkelijk op dan vóór het bevroren. Deze verbetering van de structuur zal om dezelfde reden als bij  $R_t$  sterker zijn, naarmate het organische stof-gehalte hoger is. Ten slotte werd ook de veenschijfmethode van HUDIG toegepast, zowel vóór als na het bewaren gedurende 8 dagen bij  $-13^{\circ}\text{C}$ . Aangezien de veenschijven bij deze methode, nadat de grond eerst op de vloeigrens is gebracht, eerst worden gedroogd bij  $30^{\circ}\text{C}$ , voordat ze op nat zand worden geplaatst, heeft de oorspronkelijke grootte van de Ii-graad geen invloed meer. Men kan dus bij deze beschouwingen ook de gronden met hogere uitgangs-Ii-graad in aanmerking nemen. Het bevroren vond plaats, nadat de grond in de ringen tot de vloeigrens was gebracht. Daarna werden ze gedroogd bij  $30^{\circ}\text{C}$  (evenals de niet bevroren veenschijven) en op een vochtig zandbed geplaatst.

Uit de gemiddelde cijfers van tabel 34a blijkt wel, dat de opzuigcapaciteit zonder



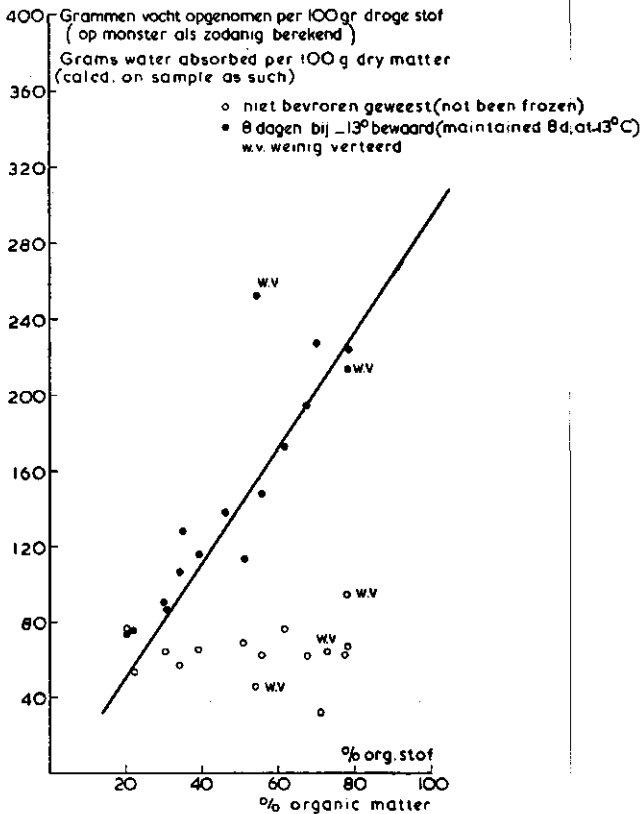


FIG. 16. Het verband tussen de opzuigcapaciteit (na 200 uur) en het percentage organische stof in het monster

FIG. 16. The relation between the absorbing capacity for water (after 200 hrs) and the percentage organic matter in the sample

vooraf bevroren (na 200 uur, berekend in grammen water per 100 gram droge stof) noch samenhangt met de verteringsgraad, noch met het gehalte aan organische stof (fig. 16). Na bevroren gedurende 8 dagen bij  $-13^{\circ}\text{C}$  is er zowel een verband met de verteringsgraad als met het gehalte aan organische stof. Ook hier is het gehalte aan organische stof waarschijnlijk bepalend.

Uit het feit, dat de opzuigcapaciteit na 1 uur weinig kleiner is dan na 200 uur, volgt dat de opzuiging snel geschiedt. De stijging van de opzuigcapaciteit door bevroren wordt veroorzaakt door de vorming van grotere capillaire ruimten (des te meer in aantal en grootte, naarmate het organische stof-gehalte en dus het watergehalte hoger is), waardoor snel capillair water opgenomen kan worden. Gelijksortige proeven werden uitgevoerd met 2 series gronden, nl.:

1. gronden met ongeveer gelijk humusgehalte en met variërende verteringsgraad (visueel beoordeeld),
2. gronden met variërend humusgehalte en ongeveer gelijke verteringsgraad (eveneens visueel beoordeeld).

Bij deze proeven werden temperaturen van  $-1$ ,  $-3$ ,  $-5$ ,  $-9$  en  $-13^{\circ}$  C toegepast (gedurende 8 dagen). De temperatuur van  $-1^{\circ}$  C bleek een relatief gering effect te hebben. Bij  $-5^{\circ}$  C werd het maximale effect ongeveer bereikt; de temperaturen van  $-9$  en  $-13^{\circ}$  C gaven ongeveer dezelfde resultaten. De resultaten voor de temperatuur van  $-5^{\circ}$  C zijn in tabel 35 weergegeven. Hierin is bovendien aangegeven, hoeveel procent de verschillende waarden daalden of stegen ten gevolge van het bevroren. Uit deze cijfers blijkt in de eerste plaats, dat de C/N verhouding wel iets zegt over de graad van vertering althans bij één veensoort. Een verband tussen de dalingen en stijgingen van de verschillende waarden met de verteringsgraad is echter niet te vinden. Wel blijkt weer, dat het bevroren vooral de snelle wateropname (zie de cijfers betreffende de opzuigcapaciteit) bevordert; de stijgingspercentages zijn bij de 1 uur-waarden veel hoger dan bij die voor 200 uur.

Serie II geeft wel enig verband te zien tussen het humusgehalte en de stijging en daling van resp.  $R_{\min}$  en  $R_t$ . Dit verband wordt echter doorkruist door de invloed van de Ii-graad (bij hogere uitgangs-Ii-graad geringere stijging en daling). Het is dus niet gelukt een verband te leggen tussen verteringsgraad en invloed van vorst.

Ten aanzien van de resultaten van de opzuigcapaciteitsbepalingen moet wel enige voorzichtigheid betracht worden, daar bij het tot de vloeigrens brengen van de gronden de natuurlijke structuur verstoord wordt, terwijl deze bepaling in feite een structuurbepaling is, waarbij dus de uitgangsstructuur van belang kan zijn. Men mag dus niet zonder meer zeggen, dat de vorstinvloed te velde even groot zal zijn als bij deze proeven. Aangenomen mag echter wel worden, dat de bij de proeven gevonden effecten in analoge zin in het veld zullen optreden. Samenvattend kan men concluderen dat:

1. vorst op zichzelf geen schadelijke indroging veroorzaakt, al dalen de  $R_t$ -waarden er wel iets door. Wanneer indroging bij vorst optreedt, moet dit grotendeels geweten worden aan verdamping tijdens de vorstperiode. De daling van  $R_t$  wordt veroorzaakt, doordat bij vorst niet capillair water overgaat in capillair water, dat bij de bepaling van  $R_t$  gedeeltelijk afgecentrifugeerd wordt.
2. de resistentie tegen irreversibel indrogen door bevroren groter wordt (stijging van  $R_{\min}$ ). Dit wordt veroorzaakt, doordat de vorst bindingen tussen de deeltjes opheft, waardoor het materiaal lossier en poreuzer blijft bij indrogen.
3. vorst de structuur gunstig beïnvloedt in die zin, dat het aantal capillaire ruimten wordt vergroot, waardoor sneller en meer water opgezogen kan worden (opzuigcapaciteitsbepalingen).
4. de stijging van  $R_{\min}$  en de daling van  $R_t$  door vorst in het algemeen groter is, naarmate het gehalte aan organische stof hoger is en de Ii-graad lager is.

#### 4. INVLOED VAN KRILIUM

Daar bij proeven met andere gronden is gebleken, dat de structuurregelaar „krilium” een zekere invloed op de structuur kan uitoefenen, werden enkele proeven uitgevoerd, waarbij zuilen grond op dezelfde wijze als bij de in paragraaf 1 besproken proeven, al

of niet gemengd met krilium en/of  $\text{CaCO}_3$  gedurende 21 dagen werden berekend met 6,5 mm neerslag per dag. De eigenschappen van de voor deze proeven gebruikte gronden zijn in tabel 36 vermeld.

Gebruikt werd het krilium Merloam van de Monsanto Chemical Company te Missouri (U.S.A.). Het krilium en de kalk zijn vooraf goed met de grond gemengd. Er werd zoveel  $\text{CaCO}_3$  toegevoegd, dat een pH van  $\pm 7$  werd bereikt; aan krilium werd steeds 0,3 gew. % toegevoegd. De resultaten zijn in tabel 37 weergegeven.

Uit deze resultaten blijkt, dat er geen duidelijke invloed van krilium merkbaar is op de vastgehouden hoeveelheid water. Ook de kalk geeft vrijwel geen resultaat (misschien bij monster 30B102 iets). Ook hier blijkt weer, dat de hoeveelheid vastgehouden water sterk afhangt van de uitgangstoestand. De ingedroogde grond 30B102 heeft ongeveer 30% van de gegeven hoeveelheid water vastgehouden. De minder of niet ingedroogde gronden hadden uiteraard een veel hoger aanvangsvochtgehalte en hebben daardoor veel minder water vastgehouden (eerder verzadigd).

De  $R_t$ -waarden schijnen zowel door krilium als door  $\text{CaCO}_3$  iets verlaagd te zijn. De  $R_{\min}$ -waarden nemen weer iets toe door kalk en iets af door krilium. Er is dus geen sprake van, dat toevoeging van krilium de resistentie tegen indroging verhoogt; het tegendeel is eerder het geval. Een lage  $R_{\min}$ -waarde betekent immers, dat de grond na drogen bij  $105^\circ \text{C}$  (en vervolgens 6 dagen onder water) een laag resterend vochtgehalte (d.i. een laag waterbindendvermogen) heeft. Ook de cijfers voor de opzuigcapaciteit vertonen slechts geringe verschillen; in het algemeen doet krilium ook deze waarde iets dalen. Samenvattend mag men dan ook wel zeggen, dat van krilium voor de verbetering van ingedroogde gronden of voor het verhinderen van indroging weinig verwacht kan worden.

#### SAMENVATTING

Langdurig contact met water geeft een belangrijke stijging van het waterbindend vermogen; het maakt daarbij weinig verschil, of al dan niet kalk, schuimaarde, scik of voedingsstoffen (ter stimulering van microbiologische omzettingen) worden toegevoegd. Wel wordt de resistentie tegen irreversibele indroging iets verhoogd door bekalking. Intensieve menging van niet-ingedroogd veen met voldoende zand of slib, waardoor het veen niet kan samenbakken, bleek de irreversibele indroging te verhinderen. Het gevaar van irreversibele indroging kan dus door bezanding of kleiing sterk verminderd worden.

Vorst zonder verdamping veroorzaakt geen irreversibele indroging van betekenis; de resistentie tegen irreversibele indroging wordt door vorst verhoogd (stijging van  $R_{\min}$ ), terwijl de meerdere en grotere capillaire ruimten, die door vorst ontstaan, een vergroting van de opzuigsnelheid ten gevolge hebben.

Krilium bleek geen invloed van betekenis te hebben.

## V. NABESCHOUWING

### HET VERSCHIJNSEL VAN DE „IRREVERSIBELE” INDROGING VAN VEENGRONDEN BESCHOUWD IN HET LICHT VAN DE HEDENDAAGSE OPVATTINGEN OVER IRREVERSIBELE TOESTANDSVERANDERINGEN VAN COLLOIDALE SYSTEMEN<sup>1</sup>

Het is nog maar ongeveer 25 jaar geleden, dat KRUYT, BUNGENBERG DE JONG e.a. een theorie over de stabiliteit van colloïdale oplossingen ontwikkelden, die kort gezegd hierop neerkwam: Hydrofiele en hydrofobe colloïden hebben beide als stabiliteitsfactor een elektrische dubbellaag, maar de hydrofiele colloïden hebben nog een extra stabiliteitsfactor in de hydratatie (watermantel).

Tegenwoordig is dit standpunt geheel verlaten. Men onderscheidt nu twee hoofdgroepen van soltoestanden nl.:

1. de soltoestand is principieel een *niet-evenwichtstoestand*. De solen veranderen voortdurend in de richting van uitvlokking. Hiertoe behoren o.a. de hydrofobe solen. De stabiliteit wordt hier bepaald door de elektrische dubbellaag.
2. de soltoestand is principieel een evenwichtstoestand en kan spontaan worden bereikt door uit te gaan van het droge colloïd en een geschikt oplosmiddel. Hiertoe behoren o.a. de hydrofiele colloïden. We kunnen hier met evenveel recht spreken van een *oplossing*, waarin de deeltjes „toevallig” colloïdale afmetingen hebben, een stabiliteitstheorie hebben we hier feitelijk even weinig nodig als voor een oplossing, waarin de deeltjes kleinere afmetingen hebben bijv. een glucoseoplossing of een oplossing van natriumacetaat. Toestandsveranderingen als bijv. uitvlokken zijn het gevolg van verlaging van de oplosbaarheid.

Bij hydrofobe colloïden ontstaat de lading der deeltjes meestal door adsorptie van ionen, bij hydrofiele in het algemeen door ionisatie van stevig gebonden groepen in het macromolecule bijv. de carboxylgroep.

Wanneer treden er nu irreversibele toestandsveranderingen op (Waar men in de grond vrijwel steeds te maken heeft met geladen deeltjes met elektrolytkarakter zullen wij ons hiertoe beperken).

#### 1. HYDROFOBE SYSTEMEN

- a. Wanneer men een hydrofoob sol (dat dus op zichzelf reeds in een niet-evenwichtstoestand verkeert, m.a.w. vroeger of later spontaan coaguleert) zijn stabiliteit, bepaald door de elektrische dubbellaag, ontnemt dan vlokt het „irreversibel” uit, in die zin, dat verdunning van het uitvlokkingmiddel tot even beneden de grenswaarde, waarbij juist uitvlokking optreedt, onvoldoende is om de oorspronkelijke dispersiegraad te herstellen. Vaak kan de oorspronkelijke toestand echter hersteld

<sup>1</sup> Voornamelijk ontleend aan: KRUYT, Colloid Science (Elsevier, Deel I 1952, Deel II 1948).

worden door peptisatie, waarbij het neerslag wordt uitgewassen tot het uitvlokkingsmiddel vrijwel volledig verwijderd is. Peptisatie kan evenwel ook moeilijk of zelfs onmogelijk zijn, bijv. wanneer uitvlokkingsmiddel is bewerkstelligd door polyvalente ionen. Dit wordt veroorzaakt (in ieder geval gedeeltelijk) door de zeer moeilijke uitwisselbaarheid van polyvalente ionen tegen monovalente. Door uitwassen met bijv. een geconcentreerde KCl-oplossing zijn deze ionen echter wel uit de grenslaag te verwijderen, waarna peptisatie gemakkelijk kan optreden.

b. Vele hydrofobe solen vertonen het verschijnsel, dat de deeltjes langzamerhand grover worden of rekristalliseren, waarbij het aantal deeltjes afneemt. Dit dient duidelijk te worden onderscheiden van „normale” coagulatie. Is een sol, waarbij deze rekristallisatie optreedt „normaal” uitgevlokt, dan treedt dit verschijnsel door de plaatselijk grote concentratie van deeltjes nog sterker op. In een coagulum kunnen de deeltjes soms met elkaar verbonden worden door bruggen, wat op de lange duur zelfs een volledige vereniging van de deeltjes tot gevolg kan hebben. Zodra deze bruggen zijn ontstaan is het coagulum volledig onpeptiseerbaar. Vele sulfide solen bijv. geven, pas uitgevlokt een vrij volumineus gelei-achtig coagulum. Bij enige uren of dagen staan krimpt het coagulum echter sterk en verkrijgt het een meer zanderig uiterlijk waarbij veel minder water wordt gebonden.

c. In principe wordt de stabiliteit van suspensies (deeltjes  $> 1 \mu$ ) bepaald door de zelfde factor en als bij solen, maar praktisch zijn er scherpe verschillen. Suspensies sedimenteren betrekkelijk snel. Het verschil tussen sedimentatiesnelheid van stabiele en uitgevlokte suspensies is dikwijls niet zo groot. Het sediment is echter sterk verschillend. Bij bezinken van een stabiele suspensie krijgt men een zeer dicht gepakt sediment, de deeltjes blijven vrij van elkaar en rollen dus over elkaar tot ze in de dichtste pakking liggen. De door uitvlokken verkregen sedimenten zijn veel losser want de gesedimenteerde deeltjes blijven in de volkomen willekeurige stand waarin ze elkaar raken, aan elkaar hangen en zijn niet meer vrij om in een dichtere pakking te geraken. Uitgevlokte suspensies zijn zeer gemakkelijk te peptiseren. Goed schudden is dikwijls voldoende om de oorspronkelijke dispersiegraad te herstellen. Uitvlokken en weer peptiseren is zelfs de gewone methode om kleisuspensies te bereiden. Het is echter zeer moeilijk om een compact sediment van een stabiele suspensie te redisperseren (dit heeft niets met peptisatie te maken, want de deeltjes zijn nog gescheiden door de dubbellaagkrachten). Irreversibel in de volle zin des woords is deze toestandverandering echter niet.

Dit verschijnsel ziet men optreden bij met zeewater overstromde kleigronden. Door uitwisseling ontstaat er een klei met een sterke bezetting aan  $\text{Na}^+$ -ionen. In het zeewater is de elektrolytconcentratie hoog genoeg om de uitgevlokte toestand te handhaven. Komt de grond echter weer droog te staan en valt er daarna een aanzienlijke hoeveelheid regen, dan treedt er een zekere peptisatie op. De deeltjes krijgen dus een zekere vrijheid, waardoor ze in veel dichtere pakking kunnen geraken. Bij indrogen van deze grond wat uiteraard gepaard gaat met een langzame verlaging van de elektrokinetische potentiaal (immers in droge grond is deze nul), krijgt men de gevreesde harde kluiten. Voor zover men bij de door regenval veroorzaakte peptisatie kan spreken van een sol in plaats van een suspensie zul-

len bij indrogen ook de hierna in *d* en *e* besproken verschijnselen kunnen optreden.

*d.* Bij kristallijne deeltjes, die colloïdaal gedispergeerd zijn, kan de wisselwerking tussen de deeltjes ongelijk zijn voor verschillende kristalvlakken of voor verschillende onderlinge oriëntatie van de deeltjes. In dat geval kunnen er bij langzame coagulatie zeer regelmatige en compact gebouwde vlokken ontstaan, waardoor het moeilijker zal zijn de oorspronkelijke toestand door peptisatie te herstellen. Bij snelle coagulatie ontstaat een los en onregelmatig coagulum.

*e.* Bij verschillende hydrofobe solen, vooral die met anisodimensionale deeltjes, kan *gelvorming* optreden bij toevoeging van een hoeveelheid elektrolyt, die niet geheel voldoende is voor normale uitvlokkings. Dit kan ook optreden bij verdamping van het dispersiemiddel, wat immers hier hetzelfde effect heeft als elektrolyt toevoeging. De gedeeltelijk ontladen deeltjes worden op enkele plaatsen aan elkaar verbonden, zó dat een samenhangend netwerk door het gehele systeem wordt gevormd, dat de ingesloten vloeistof immobiliseert.

Ook bij meer geconcentreerde suspensies kan *gelvorming* optreden. Bij indrogen van zo'n gel kunnen zich meer verbindingpunten vormen en waar dit bij hydrofobe colloïden meestal irreversibel gebeurt, kan een dergelijke geheel of gedeeltelijk gedehydrerde massa misschien wel een zekere hoeveelheid water opnemen, maar zwellen onder volumevergroting zal niet gemakkelijk optreden. Uit het feit echter, dat zwellen in een bepaald geval optreedt, mag niet worden geconcludeerd, dat dit een hydrofiel systeem is. Bij kleien bijv. kan, afhankelijk van het aanwezige kation, meer of minder sterk zwellen optreden, hoewel dit volgens de huidige opvattingen hydrofobe systemen zijn.

*De theorie van RUSSELL.* Voordat nu wordt overgegaan tot een bespreking van enkele eigenschappen van hydrofiele systemen moet hier de theorie van RUSSELL (25) worden besproken omdat, zoals in de inleiding bij hoofdstuk I reeds is opgemerkt en zoals ook blijkt uit de beschouwingen in hoofdstuk III paragraaf 4 en 7, aanvankelijk de gedachte opkwam, dat het door RUSSELL getekende beeld van de kruimelvorming bij kleien van toepassing is op het verschijnsel van de „irreversibele indroging”.

Zoals in hoofdstuk III paragraaf 4 reeds werd uiteengezet veronderstelt RUSSELL, dat bij verdamping van water uit een stabiele (d.i. niet-uitgevlokte) kleisuspensie het volgende optreedt: de kationen en de kleideeltjes zijn gehydrateerd d.w.z. ieder kation en ieder kleideeltje is omgeven door een mantel van, dank zij hun polair karakter, georiënteerde watermoleculen. Naarmate er nu door verdamping langzamerhand meer water aan het systeem wordt onttrokken, wordt er relatief een groter deel van de watermoleculen georiënteerd en ten slotte krijgt men een aggregaat, waarin kleideeltjes en kationen hun watermantel samen delen. Er ontstaat dus een binding: – negatief geladen kleideeltje – georiënteerd watermolecuul – kation – georiënteerd watermolecuul – negatief geladen kleideeltje – enz. Bij steeds verder gaande indroging krijgen we volgens RUSSELL steeds meer kationen, die hun watermantel delen met twee kleideeltjes met als gevolg dat het aggregaat harder wordt.

Dit proces nu treedt volgens RUSSELL op bij de kruimelvorming bij kleien, terwijl er volgens hem geen verband is tussen kruimelvorming en de aggregaatvorming, die

men krijgt als men door toevoeging van elektrolyt de stabiele suspensie tot uitvlokking brengt en daarna het sediment hiervan gaat indrogen. In het laatste geval kan een bindingsmechanisme als door RUSSELL geschetst uiteraard niet optreden, omdat er dan geen of vrijwel geen dissociatie van kationen van het kleioppervlak is, waarbij dit een negatieve lading krijgt. Deze opvatting van RUSSELL over de kruimelvorming is bij nieuwere onderzoekingen onjuist gebleken. VAN SCHUYLENBORGH (25) merkt op, dat het beeld, dat RUSSELL tekent van de kruimelvorming misschien opgaat voor de vorming van een kluitstructuur, maar dat een kruimelstructuur slechts kan worden verkregen als de grond in „uitgevlokte toestand” is, m.a.w. als de deeltjes een lage elektrokinetische potentiaal hebben. Overigens schrijft RUSSELL ook zelf later (24):

„crumbformation is thus seen to be a characteristic of a flocculated, and hard clodformation of a deflocculated clay”

en verder nog:

„the mechanism of the interparticle bonds that hold them (nl. de kruimels) together in these stable configurations is unknown. It is only present when the clay is flocculated and, hence, presumably when the diffuse double layer is poorly developed . . .”

Inderdaad lijkt deze opvatting juist, maar hoe dit ook zij, het is in ieder geval duidelijk, dat het bovengeschetste beeld van de onderlinge binding van negatief geladen kleideeltjes door bruggen van kationen en georiënteerde watermoleculen niet opgaat voor een systeem, dat uitgevlokt is. Hieruit volgt onmiddellijk dat, nog afgezien van andere bezwaren, dit ook geen juist beeld kan zijn van het mechanisme van de „irreversibele indroging”. Bij het experimentele onderzoek bleek immers, dat de „irreversibele indroging” niet door bekalken werd voorkomen, terwijl men er dan toch wel zeker van kan zijn, dat de grond in „uitgevlokte toestand” is.

Ook RUSSELL's theorie over de invloed van het oplosmiddel, die oppervlakkig bezien een aannemelijke verklaring geeft voor de invloed hiervan op de „irreversibele indroging” is bij nadere beschouwing onjuist. Geheel analoog aan het door hem geschetste beeld van de „kruimelvorming” in waterig milieu verklaart RUSSELL de vorming van „kruimels” bij aanwezigheid van andere polaire vloeistoffen als alcohol, nitrobenzeen e.d. en zo verklaart hij ook het feit, dat er geen „kruimels” worden gevormd bij aanwezigheid van niet-polaire vloeistoffen als benzeen en tetra. Een laag dipoolmoment of een groot vloeistofmolecuul zou nl. de brugverbindingen tussen kleideeltjes en kationen zwakker maken, waardoor de „kruimel” minder hard is. RUSSELL houdt geen rekening met het feit, dat de elektrokinetische potentiaal verandert en wel in het algemeen lager wordt bij vervanging van water door andere vloeistoffen. Anders gezegd, RUSSELL veronderstelt ten onrechte, dat de dissociatie van kationen van het kleioppervlak in iedere vloeistof even groot is. Vervanging van water door een andere vloeistof zal in het algemeen gehele of gedeeltelijke uitvlokking ten gevolge hebben en dit heeft ongetwijfeld grote invloed op de hardheid van de door indroging ontstane aggregaten. Wanneer het mechanisme van RUSSELL zou opgaan voor de bij indroging optredende onderlinge binding van niet vooraf uitgevlokte kleideeltjes dan zou het dus niet in de eerste plaats de verschillende aard van de vloeistofmoleculen zijn, waardoor de aggregaten een verschillende hardheid hebben, maar het ongelijke aantal brugverbindingen in verschillende vloeistoffen. (Voor

de verklaring van het verschijnsel van de „irreversibele indroging” hebben deze hypothetische beschouwingen over een „niet-uitgevlokte toestand” weer geen betekenis).

Uiteraard is in iedere droge grond de elektrokinetische potentiaal nul. Bepalend voor de bij indroging van zuivere kleien optredende structuur van de aggregaten is dus het moment waarop de elektrokinetische potentiaal nul geworden is en verder, de wijze waarop en de snelheid waarmee dit tot stand gebracht is. Het voert te ver hier nog nader op in te gaan, omdat zoals we nog zullen zien, beschouwingen over kleien toch niet zonder meer mogen worden overgedragen op het verschijnsel van de „irreversibele indroging”. Hier zij slechts nog opgemerkt, dat de in *d* en *e* besproken toestandsveranderingen van hydrofobe systemen bij kleien gecombineerd kunnen optreden, aangezien colloïdaal gedispergeerde kleideeltjes anisodimensionaal en kristallijn zijn. Dit moet in overweging worden genomen bij iedere theorie over de structuur van kleien.

## 2. HYDROFIELE SYSTEMEN

De „colloïdale component” is hier meestal een macromolecule. De bindingen in en tussen macromoleculen kunnen zijn:

### 1. primaire bindingen

*a.* homopolair bijv. C—O en C—H

*b.* heteropolair (ionbinding) bijv. —COO—Ca—OOC—

de energie-inhoud van deze bindingen is zo groot, dat ze niet gemakkelijk door warmte of mechanische kracht kunnen worden verbroken (nl. van de orde van 100 kcal/mol of meer).

### 2. secundaire bindingen

*a.* attractie door permanente dipolen bijv. 2 OH-groepen

*b.* attractie door geïnduceerde dipolen (gevolg van polarisatie van een atoom of atoomgroep onder invloed van een dipool)

*c.* van der Waals-London aantrekking bijv. tussen 2 CH<sub>3</sub>-groepen (gevolg van de dispersie-energie als zodanig)

de energie-inhoud van de secundaire bindingen *a* en *b* is van de orde van 10 kcal/mol, die van *c* ongeveer 1 kcal/mol., *a* en *b* zijn gericht, *c* niet. Er zijn overganggevallen tussen 1 en 2.

Als een droog macromolecule met ketenstructuur in aanraking gebracht wordt met een geschikt oplosmiddel, dan zal het uitzetten tot de „randomly kinked” vorm, waarbij het een betrekkelijk grote hoeveelheid oplosmiddel opsluit, niet gebonden door solvatatiekrachten, maar te beschrijven als „vrij ingesloten” oplosmiddel, uitgezonderd een klein deel, dat dient voor echte solvatatie van bijv. polaire groepen in het macromolecule. (Deze hoeveelheid geïmmobiliseerd water is wat men vroeger de „watermantel” noemde). Draagt het molecule gelijk geladen geïoniseerde groepen, dan neemt het niet zijn meest waarschijnlijke vorm aan, maar een meer volumineuze als gevolg van de afstoting van de geïoniseerde groepen in het molecuul.

De invloed van pH, zouten, temperatuur e.d. is te beschouwen als een reductie



van de oplosbaarheid, waarbij het grootste deel van het colloïd zich in een nieuwe fase kan afscheiden. Dit kan bijv. zijn een uitvlokking, een kristallisatie of een coacervatie. Hierin zijn weer allerlei gradaties mogelijk van zeer luchtig gebouwde vlokken tot grofkorrelig of klompig neerslag of zelfs vaste stoffen (soms kristallen).

Wanneer we bij een hydrofiel sol de oplosbaarheid verlagen door bijv. alcohol toe te voegen, kan het de eigenschappen van een hydrofoob sol krijgen bijv. grote gevoeligheid ten opzichte van elektrolyten.

In principe is uitvlokking bij macromoleculaire solen volledig reversibel. Wanneer het sol „hydrofoob” is gemaakt en daarna uitgevlokt, geldt hiervoor hetzelfde als wat voor hydrofobe solen is uiteengezet.

Op de aparte positie van corpusculaire proteïnen zullen we hier niet nader ingaan.

Er is geen scherpe grens te trekken tussen gelvorming en uitvlokking. De voorwaarden waaronder gelvorming kan optreden, zijn weer die, waarbij de oplosbaarheid verminderd wordt. De gevormde verbindingen in het netwerk kunnen van verschillende aard zijn bijv. gewone cohesie ten gevolge van Van der Waalskrachten, polaire attractie, hetero- of homopolaire bindingen. Naast materieel contact van de oorspronkelijke deeltjes, kunnen ook andere moleculen of atomen bruggen vormen bijv. zwavelbruggen in ge vulcaniseerde rubber. Dit noemt men „cross-linkings”. In een aantal gevallen worden bruggen gevormd door stevig gebonden watermoleculen, dit is dus cohesie van polaire aard.

Gelachtige systemen kunnen ook hier ontstaan in geconcentreerde suspensies van grovere deeltjes, als om een of andere reden de deeltjes zodanig aan elkaar gaan kleven, dat veel vloeistof is ingesloten.

Tussen sorptie en zwellen is geen scherpe grens te trekken, evenmin als tussen condensatie en sorptie. Zwellen is te beschouwen als een gedeeltelijk (beperkt zwellen) of geheel (onbeperkt zwellen) oplossen.

De laatste sporen water zijn soms zeer moeilijk uit een gel te verwijderen. Dit kan veroorzaakt worden, doordat dit water polair gebonden is, maar ook sterische factoren kunnen hierbij een rol spelen in die zin, dat de gaatjes in het door drogen gekrompen netwerk niet meer groot genoeg zijn om de watermoleculen vlot door te laten. Dit kan vooral optreden bij moleculen die geen chemische affiniteit tot de gelstof hebben bijv. benzeen bij cellulose.

Zwellen is afhankelijk van verschillende structuurfactoren en is daarom een vrij ingewikkeld probleem. Allereerst moet worden opgemerkt dat het vermogen om door sterke opzwelling uit de compacte droge toestand samenhangende gelen te vormen een monopolie is van macromoleculaire stoffen met anisodimensionale structuur en anisodiametrische vorm. Anders gezegd: macromoleculaire stoffen waarvan de moleculen regelmatig driedimensionaal zijn opgebouwd of waarvan de moleculen de bolvorm naderen, zwellen niet tot een samenhangend gel (13). (Uiteraard knnenu ze in principe wel oplossen). Verdere factoren die de zwelling bepalen zijn:

1. de mate waarin ketenmoleculen in elkaar gekronkeld zijn vergeleken met de statistisch normale toestand
2. de aard van de bindingen in en tussen de moleculen
3. het geometrisch patroon van deze bindingen.

Een gedroogd silicagel is een klassiek voorbeeld van een irreversibel ingedroogd gel. We krijgen wel 3-dimensionale sorptie, maar geen zwellen. Diffusie van kleine moleculen wordt vrijwel niet belemmerd in een goed gezwollen gel. Als de diffunderende stof echter reageert met het gelnetwerk, of als beide elektrolyten zijn, dan worden de verschijnselen ingewikkelder (basenuitwisseling).

De vloeibare component kan in een gezwollen gel gemakkelijk worden vervangen door een andere vloeistof. Ook als de tweede vloeistof geen zwelmiddel is, treedt geen of slechts geringe volumeverandering op.

Als water ineens door bijv. alcohol wordt vervangen vindt enige contractie plaats, maar bij geleidelijke concentratieverhoging van alcohol gebeurt dit niet. Een belangrijk verschijnsel is, dat als men de vreemde vloeistof (niet-zwelmiddel) laat verdampen eventueel bij hoge temperatuur, de gelen lang niet zo gemakkelijk krimpen als waterige gelen. Brengt men dit droge gel weer in water en gaat men daarna weer drogen, dan treedt weer de normale krimp op.

Chemische reacties in gezwollen gelen, waarbij de macromoleculaire gelcomponent verandert, hebben natuurlijk een topochemisch karakter. Hierdoor kunnen echter grote veranderingen optreden, bijv. cellulose vertoont een beperkte zwelling in water, maar gedeeltelijk gemethyleerd wordt het onbeperkt zwelbaar. Het omgekeerde kan natuurlijk ook plaats vinden. Verder kunnen er bij indrogen van een gel bindingen ontstaan, die niet gemakkelijk weer worden verbroken en waardoor de zwelbaarheid dus afneemt. Bij chemische reacties van een ingedroogde gel, hangt het verloop van de reactie er natuurlijk van af of het reagens tevens zwelmiddel is of niet. Is het dit niet, dan krijgen we eerst een aantasting van het oppervlak, die zich slechts langzaam naar het inwendige verplaatst.

### 3. HET MECHANISME VAN DE „IRREVERSIBELE” INDROGING VAN VEENGRONDEN

Wanneer we de boven gegeven algemene beschouwingen nu willen gaan toepassen op het systeem grond, dan moet dit wel met grote voorzichtigheid en onder voorbehoud gebeuren. Definitieve uitspraken zijn er nog niet te geven, het zijn meer sterke vermoedens, die we zullen uiten. Het systeem grond is immers zeer ingewikkeld, het is samengesteld uit vele componenten, met variërende deeltjesgrootte, die ieder hun eigen invloed hebben.

„In exact science there is no place for a priori predilection for one of the components of a poly-component system, they all being quite as important or unimportant initially . . . a predilection however may have a heuristic value” (BUNGENBERG DE JONG)

Behalve bij „zuivere” veengronden is de „irreversibele indroging” hier in Nederland waargenomen bij de kleivenen en veenkleien. Kleisolen en -suspensies behoren, op grond van hun thermodynamische instabiliteit tot de hydrofobe systemen, terwijl humus, volgens de tegenwoordig vrij algemeen geldende opvatting, voornamelijk bestaat uit macromoleculaire verbindingen met hydrofiële eigenschappen.

In het algemeen treedt bij toevoeging van hydrofiële solen aan een hydrofobe de z.g. beschermende werking op. Het is alsof de hydrofobe deeltjes omhuld worden

door de hydrofiele, waardoor ze bijv. veel minder gevoelig worden voor elektrolyten. Het systeem als geheel krijgt meer hydrofiele eigenschappen. Onder bepaalde voorwaarden kunnen zéér kleine hoeveelheden van een hydrofiel sol het hydrofobe méér gevoelig maken voor uitvlokking, niet alleen bij tegengestelde geladen „colloïdale componenten”, maar soms ook bij gelijke lading. Dit „gevoelig maken” wordt wel verklaard door aan te nemen dat er te weinig hydrofiel sol aanwezig is om ieder der hydrofobe deeltjes een omhulling te geven en dat er daarom agglomeraten van hydrofobe deeltjes gevormd worden, die bij elkaar gehouden worden door de hydrofiele. Verschillende onderzoekers komen op grond van experimenteel onderzoek tot de conclusie, dat de klei-humusbinding niet of niet alleen tot stand komt als gevolg van een normale beschermende werking van de hydrofiele humuscolloïden op de hydrofobe kleideeltjes, maar dat de humus ook op andere wijze aan de minerale bestanddelen gebonden kan zijn.

Het voert te ver hier een overzicht te geven van de literatuur over de klei-humusbinding. Slechts enkele opmerkingen mogen hier worden gemaakt:

PAGE (18) schrijft, dat de beschermende werking van humus op klei plaats vindt in twee etappes: Eerst worden de geaggregeerde kleideeltjes gepeptiseerd door een humussol, daarna gevolgd door de vorming van een envelop van geadsorbeerd humussol om de kleideeltjes, die zich dan ten opzichte van uitvlokkingsmiddelen gedragen als zuivere humus. Bij voldoende kalk in de grond krijgt men gelvorming of uitvlokking, waarbij „krumels” worden gevormd, waarin de kleideeltjes aan elkaar gebonden zijn door humusbruggen. Als de organische stof ongeveer 1/5 deel van de grond uitmaakt, domineren de eigenschappen van de organische stof en worden verschillen ten gevolge van minerale constituenten gemaskeerd.

SIDERI (28) merkt op, dat humus irreversibel geadsorbeerd wordt door klei en dat dit de taatheid van de aggregaten doet stijgen.

„There exist tenacious structures, which are not affected by distilled water and it had been found by the author that such structures are resistant to alkalis as well.

Drogen bij 36° verhoogt de accumulatie van humus in geadsorbeerde toestand. Tegelijkertijd wordt de „oplosbaarheid” van klei verder verlaagd. Dit geldt echter niet voor iedere klei in dezelfde graad, sommige kleien ondervinden volgens SIDERI in het geheel geen invloed van humus.

De binding van humus met klei wordt volgens SIDERI veroorzaakt door de selectieve oriëntatie van humusdeeltjes op klei overeenkomstig het type van een niet-homogeen mesomorf systeem.

De invloed van drogen werd nagegaan bij een klei-zandmengsel, dat was behandeld met een humaatoplossing.

„In drying, these samples acquired the ability to fall into small clumps, reminding one by their shape of the natural structure of soil, unlike the viscous consistence of the samples of sand-sodium-clay mixtures. Moreover, these clumps proved tenacious and water-tight.”

Volgens KHAN (16) is de sorptie van huminezuur door mineralen (zeer sterk bij montmorilloniet, minder sterk bij kaoliniet) voor H- en Ca-mineralen ongeveer even groot, maar neemt de sorptie sterk toe bij verzadiging met Fe of Al.

KROTH en PAGE (17) beweren, dat

„in general, there are two types of forces, that are responsible for binding soil particles into secondary groups and are exemplified by polar organic substances, on the one hand, and by the iron- and aluminiumoxides, fats, waxes and resins, on the other. The polar substances form physico-chemical bonds with the surface-active clays, that are not easily disrupted on rehydration. These substances may be the immediate products of microbial activity or portions of the more resistant and inert humus.”

In verband met de mogelijke invloed van ijzer op de „irreversibele indroging” kan de volgende uitspraak van TYULIN (31) vermeld worden:

„Bei einem bestimmten Verhältnis der hydrophilen organischen Kolloide zu dem Eisenhydrosol erhielten wir einen hydrophoben” (dit moet zijn: onoplosbaar) „Bodenniederschlag, der sich nach Austrocknen bei Zimmertemperatur bei nachfolgender Bearbeitung nur schlecht mit Wasser benetzen lässt” . . .

Iets dergelijks kan volgens TYULIN ook optreden bij de wisselwerking tussen de hydrofiële organische colloïden en solen van aluminiumhydroxyde. Verder is aan een zeer recente publikatie van ALEKSANDROVA (2) over de aard en de eigenschappen van produkten, ontstaan door reactie van huminezuren en humaten, geïsoleerd uit zwarte aarde, met sesquioxyden nog het volgende ontleend:

1. Bij de ijzer-huminezuurverbindingen bleek het ijzer niet uitwisselbaar te zijn, maar opgenomen in het aniongedeelte. Voor Al geldt dit slechts gedeeltelijk, een deel is als driewaardig kation geadsorbeerd.
2. De gehydrateerde Fe- of Al-huminezuurverbindingen kunnen door water gepeptiseerd worden na met  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$  of  $\text{K}^+$  verzadigd te zijn. De graad van peptisatie hangt af van het gehalte aan Fe- of Al-hydroxyde. Bij een hoog gehalte hieraan is peptisatie alleen mogelijk bij inwerking van loog.
3. Dehydratatie der gelen (drogen) verlaagt sterk hun peptiseerbaarheid (ook in loog).

Het staat wel vast, dat de verklaring van het verschijnsel der „irreversibele indroging” bij de hier onderzochte gronden moet worden gezocht in de eigenschappen van de organische stof. In de voorgaande hoofdstukken is meermalen de term „verkitting” gebruikt. Nu is het inderdaad zeer waarschijnlijk, dat er bij indroging een soort verkitting tussen organische stofdeeltjes optreedt (dit wordt verderop nader besproken), maar dat is niet het enige. De organische stof in de grond bestaat niet uit compacte starre deeltjes zoals kristallijne stoffen maar het is een min of meer elastische amorf substantie, die bij indroging in elkaar schrompelt.

Hierbij treedt dus niet alleen een verlies aan uitwendig oppervlak op door verkitting der deeltjes maar daarnaast ook een verlies aan inwendige ruimten waardoor niet meer die hoeveelheid water geïmmobiliseerd kan worden, die vóór indroging aanwezig was.

Mede gezien hetgeen in het voorafgaande over de eigenschappen van hydrofiële systemen in het algemeen is opgemerkt moet o.i. de „irreversibele indroging” worden toegeschreven aan de bij indroging optredende uiterst moeilijk omkeerbare krimp van de humus-substantie.

Een mogelijke verklaring voor de moeilijke omkeerbaarheid van de krimp levert

het analoge gedrag van z.g. huminezuren, die algemeen als de voornaamste colloïdale componenten van de organische stof in de grond worden beschouwd. Meestal worden de huminezuren gedefinieerd als de in koude verdunde loog oplosbare en met zuur weer te precipiteren fractie van de verteerde organische stof in de grond. Uit elektronen-microscopische onderzoeken concluderen FLAIG en BEUTELSPACHER (o.a. 10) dat deze verbindingen bestaan uit luchtig gebouwde deeltjes zonder kristallijne structuur, die in gepeptiseerde toestand (natriumhumaten) min of meer bolvormig zijn, maar zich bij uitvlokken verenigen tot parelsnoervormige of zeer luchtig samenhangende trosvormige aggregaatjes. De door uitvlokking ontstane huminezuur- of humaatgelen nemen na indrogen, waarbij een zeer sterke krimp optreedt, slechts uiterst langzaam weer water op. De oorspronkelijke toestand kan men praktisch alleen weer bereiken door de stof weer op te lossen in loog en opnieuw uit te vlokken, terwijl zelfs dit bij sommige humaten nog niet afdoende is (2).

Zoals reeds is opgemerkt is het zwellen afhankelijk van verschillende factoren. Indien bij alkalihumaten de deeltjes min of meer bolvormig zijn is sterke zwelling tot een samenhangend gel principieel onmogelijk en kunnen hoogstens „vrije” humaatdeeltjes in het oplosmiddel diffunderen. Nu lossen droge humaten, verkregen door indampen van neutrale oplossingen van „zuivere” alkali- of ammoniumhumaten, inderdaad dikwijls vrij goed op in water. Waarschijnlijk moet dit verklaard worden uit de sterke onderlinge afstoting van anionfuncties, die ontstaan door ionisatie van de humaten in waterig milieu. Bij veengronden met een overwegende bezetting van  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - of  $\text{NH}_4^+$ -ionen blijkt dit effect te klein te zijn om de oorspronkelijke  $R_{\text{max}}$ -waarden te kunnen geven. Hierbij moet opgemerkt worden dat het moeilijk is om door percolatie met een neutrale zoutoplossing een volledige bezetting met deze eenwaardige kationen te bewerkstelligen. Polyvalente kationen en  $\text{H}^+$ -ionen worden nl. sterk selectief gebonden. Humaten met een bezetting van meerwaardige kationen zijn praktisch onoplosbaar in water en ioniseren niet of slechts in geringe mate. Het is mogelijk, dat de samenhang in deze uitgevlokte humaten althans gedeeltelijk wordt veroorzaakt door ionbinding bijv.  $-\text{COO}-\text{Ca}-\text{OOC}-$ . Als gevolg van de ontstane samenhang in parelsnoer- of trosvormige aggregaten, die men zou kunnen beschouwen als enorm grote „ketenmoleculen”, is na indroging in principe een zekere mate van zwellen tot een samenhangend gel mogelijk. Ionbindingen als directe oorzaak van moeilijke zwelling zouden alleen kunnen optreden als er bij het indrogen nieuwe ontstaan als „crosslinks”. Uit onderzoek aan humaten is gebleken dat deze mogelijkheid praktisch uitgesloten is. Het zou overigens ook onaannemelijk zijn een in de loop van maanden optredende, uiterst langzame zwelling toe te schrijven aan een dermate trage instelling van het dissociatie-evenwicht. Een verkorting van bindingsafstanden bij het indrogen in die zin zoals RUSSELL veronderstelt bij kleien, kan bij niet of vrijwel niet geïoniseerde ionbindingen geen beduidende invloed hebben.

De oorzaak van de slechte reversibiliteit van de indroging is niet kwantitatief met zekerheid aan te geven. Het is bijv. niet te voorspellen of en in hoeverre een bij indroging „in elkaar kronkelen” van humaataggregaatjes een rol speelt. Een belangrijke factor vormen vermoedelijk bij indroging optredende secundaire bindingen bijv. door polaire groepen of waterstofbruggen zoals ook bij eiwitten en cellulose optreden.

Bij vrije huminezuren resp.  $H^+$ -veengrond is het ontstaan van waterstofbruggen als „crosslinks” bij het indrogen nl. zeer waarschijnlijk. De goede oplosbaarheid van droge vrije huminezuren in dimethylformamide wijst ook sterk in deze richting. In dit verband is het van belang op te merken, dat de pH-water van de veengronden waarom het hier gaat, in het algemeen lager is dan 6. Dit betekent nl. dat een groot deel van de zuurfuncties niet geneutraliseerd zijn.

Bij de eventuele heteropolaire bindingen in het gelnetwerk behoeft niet alleen te worden gedacht aan de aanwezigheid van „vrije” kationen, maar kunnen ook de aan het oppervlak van kleideeltjes gebonden meerwaardige kationen een rol spelen (klei-humusbinding), waardoor deze deeltjes tevens min of meer ingekapseld kunnen worden. Hetzelfde geldt voor metaaloxyddeeltjes.

Zoals reeds is opgemerkt is er een opvallende analogie tussen het gedrag van humaten en dat van veengronden als zodanig. Hiermee is niet gezegd, dat de „irreversibele indroging” alléén te wijten is aan de humaten. De organische stof in de grond bestaat slechts voor een deel uit humaten. Van de rest is nog maar weinig bekend. Er wordt veelal aangenomen dat er een genetisch verband bestaat tussen huminezuren, huminen (alleen nog in hete loog oplosbaar) en humuskool (in het geheel niet meer in loog oplosbaar). Wanneer dit juist is zullen huminen en humuskool vermoedelijk in nog sterkere mate dan humaten irreversibel indrogen. In dit verband is het veelbetekenend op te merken, dat de ijzer-huminezuur-verbindingen van ALEKSANDROVA, voorzover ze niet meer in loog oplosbaar zijn, per definitie vallen onder huminen of de humuskool.

#### 4. TOETSING VAN HET VOORGESTELDE MECHANISME AAN DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Dat gedeeltelijke vervanging van polyvalente kationen door eenwaardige of neutralisatie van vrije zure functies met alkali of ammonia een zekere peptisatie ten gevolge heeft is op grond van het bovenstaande plausibel. Hieruit moet tenminste voor een deel de gunstige invloed van het koken van „irreversibel” ingedroogde gronden met een verdunde  $Na_4P_2O_7$ -oplossing verklaard worden. Door BREMNER c.s. (3) is aange-toond, dat er een goed verband bestaat tussen het vermogen van een extractie-middel om Fe, Mn, Cu etc. aan de grond te onttrekken en zijn doelmatigheid als oplosmiddel voor de organische stof. De meest geschikte extractiemiddelen (o.a. een 0,2 M.  $Na_4P_2O_7$ -oplossing) bleken juist die te zijn, waarvan bekend is dat ze coördinatie-complexen vormen met polyvalente metalen. Op grond hiervan vermoedt BREMNER dat een deel van het meerwaardige metaal in de grond aanwezig is als onoplosbaar metallo-organisch complex. Dit wordt voor wat betreft ijzer o.a. bevestigd door het kwantitatieve onderzoek van ALEKSANDROVA (2).

Deze beschouwingen over de invloed van polyvalente metalen op de reversibiliteit van de krimp zijn niet strijdig met het in hoofdstuk III paragraaf 5 vermelde resultaat, dat uitkoken van de grond met 10%-ig zoutzuur niet verhinderde, dat de grond „irreversibel” indroogde. Voorzover hier inderdaad van een uitwisseling van ferri- tegen waterstofionen gesproken kan worden, bewijst dit hoogstens, dat „irrever-

sibele" indroging ook optreedt bij de ontstane  $H^+$ -grond. Deze proef heeft overigens nog een interessant aspect. Voor zover bekend worden namelijk de colloïdale eigenschappen van huminezuren niet essentieel veranderd door koken met 10 %-ig zoutzuur, maar verschillende koolhydraten, polyuroniden, eiwitten e.d. worden gehydrolyseerd en verwijderd. Deze verbindingen hadden dus blijkbaar geen invloed op de reversibiliteit.

De gebleken gunstige invloed van het koken van „irreversibel" ingedroogde grond met water is in overeenstemming met het feit, dat de meeste gelen meer en sneller zwellen in heet dan in koud water. Dat samenpersen van de grond onder hoge druk, waarbij water wordt onttrokken, soortgelijke gevolgen heeft als een door indrogen optredende krimp is volkomen plausibel.

Ook bevroren is een vorm van wateronttrekking. Hierbij treedt echter geen krimp van het gel op, maar wordt dit integendeel als gevolg van de uitzetting van water bij bevriezen uiteengedreven en wordt de samenhang van de deeltjes in het gelnetwerk dus gedeeltelijk verbroken. Welke veranderingen er bij bevriezen van een gel optreden is nog niet in finesses bekend. De dikwijls gebezigde uitdrukking, dat hierbij het „colloïdaal gebonden water" overgaat in capillair water, gaat zeker niet algemeen op voor gelen van hydrofiele colloïden. Het hangt van de temperatuur af of alle water bevroert. Zo neemt men aan dat gebonden water pas bevroert als de temperatuur is gedaald tot  $-20^{\circ} C$ . Welk deel van het water bij veengronden nog niet bevroren is bij  $-13^{\circ} C$  (de laagste temperatuur, die werd toegepast) is niet precies te zeggen. Ook al is echter het „vrij ingesloten" water bij  $-13^{\circ} C$  grotendeels of geheel bevroren geweest, dan kan het zich nog direct na ontdooien althans gedeeltelijk weer in dezelfde toestand bevinden als voor het bevroren. Bij de hier onderzochte gronden bleek de kracht, waarmee het water is gebonden, niet door bevroren zonder meer zodanig te zijn afgenomen, dat er van een „irreversibele indroging" gesproken kan worden. Wel trad dit op bij drogen van de grond onmiddellijk na het bevroren, waarbij het „colloïdaal gebonden" water wel verwijderd wordt. Het hierbij verkregen materiaal als geheel is ten gevolge van het feit, dat het aantal verbindingpunten in het gelnetwerk is afgenomen en de overblijvende goed gefixeerd zijn, poreuzer en minder gekrompen dan wanneer het gedroogd wordt zonder vooraf bevroren. Hierdoor wordt wel snel en gemakkelijk capillair water opgenomen, maar er treedt geen zwelling op van de deeltjes, waaruit het gelnetwerk is opgebouwd.

Uit het onderzoek bleek verder dat micro-organismen geen rol van betekenis spelen bij het herstel van „irreversibel" ingedroogde gronden. Dit is, gezien het feit dat deze gronden uiterst langzaam zwellen in water en aantasting door micro-organismen dus hoogstens van buitenaf kan plaats vinden, niet te verwonderen. Overigens zijn, zoals reeds opgemerkt is in hoofdstuk I, humaten ook zeer bestendig ten opzichte van microbiologische ontleding.

Een interessante bevestiging van de hier gegeven verklaring voor de „irreversibele indroging" leveren de proeven, waarin de invloed van verschillende vloeistoffen op de reversibiliteit werd nagegaan (zie hoofdstuk III paragraaf 7). Uit het onderzoek bleek, dat er na vervanging van het water door een apolaire vloeistof als tetra of ben-

zeen geen „irreversibele” indroging meer optrad. maar dat integendeel de irreversibele indrogingsgraad laag was. Werd deze uit tetra of benzeen gedroogde grond weer bevochtigd met water, dan was een daarop volgende indroging wel weer „irreversibel”. Dit nu komt uitstekend overeen met de bij de algemene beschouwing van hydrofiele systemen vermelde verschijnselen, die optreden bij vervanging van een zwelmiddel door een niet-zwelmiddel en het daaropvolgend drogen van het gel.

##### 5. AANVULLEND ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN VERVANGING VAN WATER DOOR TETRA

Zoals reeds opgemerkt in hoofdstuk I berekende DOMINGO de zwellung uit het verschil tussen de hoeveelheid water, die door de droge veengronden werd opgenomen en de hoeveelheid tetra of benzeen, benodigd voor het vullen van de poriën (waarbij dus enerzijds aangenomen wordt, dat de grond niet zwelt in deze apolaire vloeistoffen en anderzijds dat de capillaire opname van tetra of benzeen en water gelijk is). DOMINGO ging hierbij dus uit van vooraf gedroogde grond. Het zou echter onjuist zijn, de hoeveelheid z.g. „colloïdaal gebonden water” te berekenen uit het verschil tussen het resterend watergehalte ( $R_t_{H_2O}$ ) en het resterend tetragehalte ( $R_t_{CCl_4}$ ), wanneer in de veldvochtige, nog niet „irreversibel” ingedroogde grond eerst het water door aceton en daarna de aceton door tetra is vervangen. De tetra neemt nu immers, voorzover het de hydrofiele stoffen betreft, ook de plaats in van het grootste deel van het z.g. „colloïdaal gebonden” water nl. van dat gedeelte, dat wel „vrij ingesloten” is, maar niet polair gebonden.

Om dit te demonstrenen zijn de resterende vochtgehalten van zes met water respectievelijk met tetra bevochtigde veengronden, die niet of slechts weinig „irreversibel” waren ingedroogd experimenteel bepaald ( $R_t_{H_2O}$  resp.  $R_t_{CCl_4}$ ). Hetzelfde is gedaan, nadat uit deze gronden vooraf het water respectievelijk de tetra was verwijderd door drogen bij  $105^\circ C$  ( $R_{min H_2O}$  resp.  $R_{min CCl_4}$ ). Het aantal grammen tetra per 100 gram droge grond werd gedeeld door het soortelijk gewicht van tetra, waarmee dus het aantal  $cm^3$  tetra per 100 gram droge grond werd verkregen. Deze hoeveelheid is dan te vergelijken met resterende watergehalten, aangenomen dat het soortelijk gewicht van water hier op 1 kan worden gesteld. Daar de oppervlaktespanningen en de soortelijke gewichten van tetra en water verschillen, mag een met tetra bevochtigde grond niet met hetzelfde toerental worden gecentrifugeerd als een met water bevochtige grond. In het laatste geval is het normale toerental van 2500 omwentelingen per minuut genomen en een eenvoudige berekening leert dat de tetra dan met 1175 omwentelingen per minuut moet worden afgecentrifugeerd. Aangezien de gronden door (koud) extraheren met aceton en tetra ( $3 \times$  of vaker schudden met het droge oplosmiddel) iets kunnen zijn veranderd, werden  $R_t$  en  $R_{min}$  voor water ook bepaald aan gronden, die achtereenvolgens met aceton, tetra, aceton, water waren voorbehandeld. Tenslotte werd de oorspronkelijke, nog niet „irreversibel” ingedroogde grond gedroogd bij  $105^\circ C$  en daarna bevochtigd met tetra (dus zoals door Domingo gedaan) waarna het resterend tetra-gehalte weer werd bepaald ( $R_{min}^*_{CCl_4}$ ).



De verkregen resultaten zijn in tabel 38 weergegeven. Hieruit is het volgende te concluderen:

- a.  $R_{t \text{ CCl}_4}$  is slechts betrekkelijk weinig kleiner dan  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  na behandeling met aceton-tetra - water en voor verschillende monsters ongeveer gelijk aan  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  van de oorspronkelijke grond. Het verschil is, zoals reeds opgemerkt, te verklaren uit het feit dat water ook polair gebonden kan worden en tetra niet en kan tevens gedeeltelijk zijn veroorzaakt door een geringe krimp ten gevolge van het feit, dat de vervanging van de vloeistoffen niet geleidelijk is geschied.
- b. Wanneer met tetra bevochtigde nog niet irreversibel ingedroogde grond gedroogd wordt bij  $105^\circ \text{C}$ , dan blijkt er een zekere krimp op te treden, want opnieuw bevochtigen met tetra en centrifugeren levert waarden voor  $R_{\min \text{ CCl}_4}$ , die kleiner zijn dan  $R_{t \text{ CCl}_4}$ . Deze krimp is, naar blijkt uit het in hoofdstuk III paragraaf 7 vermelde onderzoek niet „gevaarlijk”.
- c. Wanneer de met water bevochtigde grond wordt gedroogd bij  $105^\circ \text{C}$  en daarna bevochtigd met tetra, dan vindt men na acentrifugeren zeer lage resterende tetra-gehalten ( $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$ ). Deze hoeveelheid tetra is dus min of meer een maat voor het volume aan poriën kleiner dan  $3 \mu$  na indrogen (door het centrifugeren wordt de capillaire hanghoogte in capillairen met een doorsnede van  $3 \mu$  verkleind van 1000 cm tot ongeveer 1 cm). Uit een vergelijking van  $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$  en  $R_{\min \text{ CCl}_4}$  blijkt weer het grote verschil in krimp dat optreedt, wanneer met water bevochtigde nog niet irreversibel ingedroogde grond wordt ingedroogd en wanneer men deze grond droogt na vervanging van het water door tetra.
- d. Het verschil tussen  $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$  en  $R_{\min \text{ H}_2\text{O}}$  bewijst nog eens weer, dat de gronden in de zes dagen dat ze vóór de bepaling van  $R_{\min}$  onder water staan behalve capillair ook nog op andere wijze water hebben opgenomen. Dit bleek (zie hoofdstuk II) voornamelijk in de eerste dagen te gebeuren en na 6 dagen vrijwel stil te staan. In fig. 17 is het verschil tussen de waarden voor  $R_{\min \text{ H}_2\text{O}}$  en  $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$  van de verschillende monsters uitgezet tegen het humusgehalte. Tussen de grootheden blijkt een lineair verband te bestaan, alleen 25B394 geeft om onbekende redenen een afwijking te zien. Dit doet vermoeden, dat het in de eerste zes dagen niet-capillair opgenomen water polair is gebonden aan de humus. Dit vermoeden wordt nog versterkt door het feit, dat het verschil tussen de gemiddelde waarden voor  $R_{\min \text{ H}_2\text{O}}$  en  $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$  ongeveer gelijk is aan dat tussen de gemiddelde waarden voor  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  en  $R_{t \text{ CCl}_4}$ . Wel krijgt men een sterke spreiding als men de afzonderlijke waarden voor  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  —  $R_{t \text{ CCl}_4}$  uitzet tegen het humusgehalte, maar hierbij moet in aanmerking worden genomen dat de fout in  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  —  $R_{t \text{ CCl}_4}$  uiteraard groter is dan die in  $R_{\min \text{ H}_2\text{O}}$  —  $R_{\min \text{ CCl}_4}^*$ .
- e.  $R_{\min \text{ H}_2\text{O}}$  verandert niet door de voorbehandeling van de grond met aceton-tetra - aceton-water,  $R_{t \text{ H}_2\text{O}}$  wordt hierdoor echter in het algemeen iets hoger.

## 6. DE INVLOED VAN HET INDROGEN VAN VEENGROND OP DE HOEVEELHEID UITWISSELBARE BASEN EN OP DE ADSORPTIECAPACITEIT

In verband met hetgeen in hoofdstuk III paragraaf 6 is uiteengezet over het verband tussen de hoeveelheid organische stof en de adsorptiecapaciteit bij veengronden is

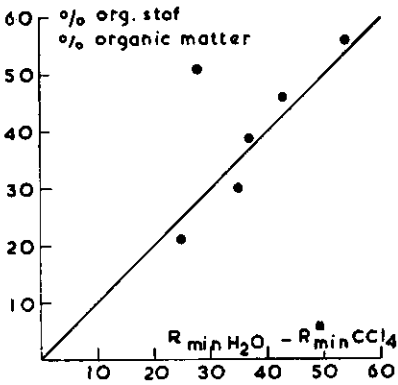


FIG. 17. Het verband tussen het gehalte aan organische stof en de hoeveelheid niet-capillair gebonden water

FIG. 17. The relation between the percentage organic matter and the amount of water not capillary bound

nog een onderzoek ingesteld naar de invloed van het drogen van veengrond op de hoeveelheid uitwisselbare basen (S) en op de adsorptiecapaciteit (T). Van tien veengronden met een organische stofgehalte variërend van ongeveer 10 tot ongeveer 90% werden S en T bepaald aan veldvochtige en aan luchtdroge grond. De samenstelling van de monsters en de gevonden waarden voor S en T zijn in tabel 39 weergegeven. De monsters hadden bij het nemen nog een li-graad van 0, maar op het moment waarop deze bepalingen werden verricht, hadden ze reeds enkele jaren gestaan in bussen, waarbij blijkbaar enige indroging is opgetreden. Uit de cijfers blijkt een duidelijk effect van het drogen aan de lucht op S en T. Dit effect is groter, naarmate het organische stof-gehalte hoger is. Bij de hoogste percentages organische stof dalen S en T zelfs tot ongeveer de helft door het drogen.

In figuur 18 is het verschil in adsorptiecapaciteit van vochtige en luchtdroge grond uitgezet tegen het organische stof-gehalte. Er blijkt hiertussen een goed verband te bestaan, vooral als men bedenkt dat de monsters reeds in verschillende mate waren ingedroogd. Bij gehalten aan organische stof tot 40% is de invloed van het drogen betrekkelijk gering, maar deze neemt sterk toe naarmate het percentage hoger wordt.

De in tabel 39 en figuur 18 naar voren komende geringe verhoging van de adsorptiecapaciteit ten gevolge van het drogen bij de monsters met lagere gehalten aan organische stof moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan de onnauwkeurigheid van de (T-S)-bepaling volgens SCHEIBLER. De S-waarden worden tenminste wel bij alle monsters lager door het drogen. Bovendien werd deze afwijking niet gevonden bij een bepaling van de adsorptiecapaciteit volgens een andere methode.

Na hetgeen in dit hoofdstuk is besproken, is het duidelijk dat de verlaging van de hoeveelheid uitwisselbare basen en van de adsorptiecapaciteit als gevolg van het drogen, moet worden verklaard uit de sterke krimp van de organische stof, waardoor een deel van de ionenbindende functies binnen in de veendeeltjes onbereikbaar wordt voor vocht en uitwisselbare kationen. Deze krimp (en daarmee tevens het verschil tussen  $R_1$  en  $R_{min}$ ) is groter, naarmate het organische stof-gehalte hoger is. Hieruit moet, althans voor een deel, het verloop van de curve verklaard worden. Mogelijk is dit verloop echter mede te verklaren uit het feit, dat de fractie  $< 16 \mu$  afneemt, naar-

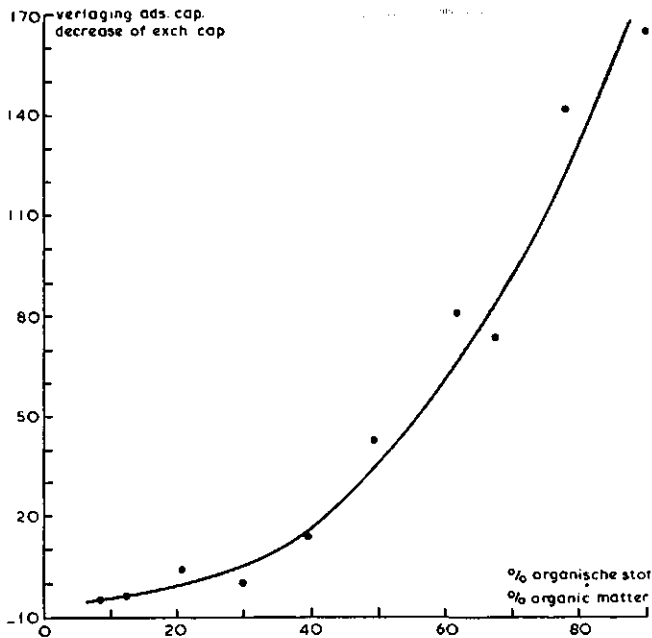


FIG. 18. Het verband tussen de verlaging van de adsorptiecapaciteit tengevolge van drogen en het gehalte aan organische stof

FIG. 18. The relation between the decrease of the exchange capacity upon air drying and the organic matter content

mate het organische stofgehalte stijgt. De adsorptiecapaciteit moet dan immers relatief steeds meer worden toegeschreven aan de organische stof en steeds minder aan de fractie  $< 16 \mu$ , waarvan de adsorptiecapaciteit niet of in geringe mate wordt beïnvloed door het indrogen.

De vraag kan nu gesteld worden of de resultaten van dit onderzoek consequenties hebben voor de in hoofdstuk III paragraaf 6 gegeven beschouwingen over het verband tussen kationenbezetting en li-grad in de praktijk.

Het is duidelijk, dat in figuur 5 II de punten voor niet en voor minder ingedroogde gronden verder naar rechts zouden liggen, indien de adsorptiecapaciteit was bepaald aan de veldvochtige grond. De daarop volgende beschouwingen zijn echter gebaseerd op het gevonden aantal m.e. base in procenten van de adsorptiecapaciteit. Aangezien het aannemelijk is te veronderstellen, dat de waarden voor de uitwisselbare kationen en voor de adsorptiecapaciteit alle in ongeveer dezelfde mate zijn verlaagd door het drogen, kunnen de daar gegeven beschouwingen worden gehandhaafd. Overigens heeft het merendeel van de daar verwerkte monsters ook een organische stofgehalte dat lager is dan 40% (zie tabel 16), waarbij de invloed van het drogen betrekkelijk klein is.

#### 7. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE MOEILIJKE BEVOCHTING VAN DROGE VEENGRONDEN

Tenslotte nog enkele korte opmerkingen over het met de moeilijk omkeerbare in-

droging gepaard gaande onaangename verschijnsel van de moeilijke bevochtiging van deze gronden en de slechte capillaire opstijging van water hierin. Aan dit aspect is in het onderzoek slechts in zoverre aandacht besteed, dat bewezen werd, dat dit een min of meer toevallig nevenverschijnsel is en geen eigenlijke oorzaak van irreversibiliteit. Ook deze moeilijke bevochtiging is kennelijk een eigenschap van de organische stof. In droge toestand schijnt deze een zekere affiniteit voor lucht te hebben waardoor de randhoek, die enerzijds wordt bepaald door de onderlinge aantrekking der watermoleculen (oppervlaktetenspanning) en anderzijds door de aantrekking tussen „wand” en watermoleculen, ongeveer gelijk aan of zelfs groter wordt dan  $90^\circ$ . Verwijdert men de lucht door evacueren dan wordt het materiaal wel snel bevochtigd. De organische stof is dus op zichzelf niet waterafstotend. Hier kan opgemerkt worden dat er bij min of meer bolvormige deeltjes met een vrij regelmatige verdeling van polaire groepen in de deeltjes, zoals bij humaten vermoedelijk het geval is, uiteraard niet van „oriëntatie” gesproken kan worden (1), (19), (28), waarbij „lyofobe” groepen zich naar buiten richten. Anderzijds en voor de praktijk van meer belang kan men snelle bevochtiging bewerkstelligen door verlaging van de oppervlaktetenspanning (verkleining van de randhoek) en door mechanische invloeden. Het is misschien nog van belang op te merken dat bevochtiging gemakkelijker plaatsvindt naarmate de organische stof minder ver is ingedroogd. Of het verband tussen vochtgehalte en snelheid van bevochtiging lineair is of dat er misschien een kritiek punt is, moet nog nader onderzocht worden.

#### SAMENVATTING

Na een summiere uiteenzetting, over irreversibele toestandsveranderingen bij colloïdale systemen in het algemeen, werden overwegende bezwaren aangevoerd tegen de theorie van RUSSELL en toepassing hiervan op het verschijnsel van de irreversibele indroging.

In plaats hiervan werd een mogelijke verklaring van dit verschijnsel, dat nader omschreven werd als de bij indroging optredende uiterst moeilijk omkeerbare krimp van de humussubstantie, gezien in het analoge gedrag van humaten. Hierbij ontstaan, gezien vorm en colloïdale eigenschappen der humaatdeeltjes, bij indroging vermoedelijk secundaire bindingen tussen de deeltjes, waardoor het zwellen resp. weer oplossen sterk wordt bemoeilijkt. Dit proces is mogelijk de voornaamste oorzaak van de irreversibiliteit van de indroging bij veengronden. De resultaten van het verrichte onderzoek bleken hiermee niet in tegenspraak te zijn.

Tenslotte bleek de adsorptiecapaciteit van veengronden en de hoeveelheid uitwisselbare basen te worden verlaagd door indroging en wel sterker naarmate het organische stof-gehalte hoger is.

## SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voor het onderzoek naar de oorzaken van de „irreversibele” indroging van veengronden en naar de mogelijkheden van verbetering werd een methode ontworpen, waarmee het mogelijk is de graad van irreversibele indroging (in een schaal 0-10) van een veengrond te bepalen en voor- en achteruitgang in waterbindend vermogen vast te stellen. Er is een behoorlijke overeenstemming tussen de in het laboratorium bepaalde Ii-graad en de mate van indroging, zoals die in het veld wordt waargenomen. Daarbij is gebleken, dat fysisch-chemisch gezien, alle onderzochte veengronden moeilijk omkeerbaar kunnen indrogen, maar dat de indroging niet volledig irreversibel is, daar ook de sterkst ingedroogde gronden nog een zekere hoeveelheid water kunnen binden, terwijl het vochtbindend vermogen door langdurig contact met water toeneemt. De irreversibele indrogingsgraad is dan ook geen constante grootte; in de winter nemen de ingedroogde gronden een zekere hoeveelheid vocht op en gaan er ook uitwendig vochtig uitzien. Hiermee gepaard gaat een geringe daling van de Ii-graad.

De Ii-graad blijkt samen te hangen met de ontwateringsdiepte; sterk ingedroogde gronden blijken als regel pas op te treden bij een slootwaterstand van ongeveer 60 cm of meer beneden het maaiveld.

De gronden, die in de praktijk als niet ingedroogd worden beschouwd, zijn fysisch-chemisch gezien, reeds ongeveer halverwege ingedroogd. Nog in het geheel niet irreversibel ingedroogde gronden vindt men slechts onder of in de directe nabijheid van de grondwaterspiegel. Deze gronden met een Ii-graad van 0 zijn voor cultuurgrond niet geschikt, daar ze veel te nat zijn.

Uit het onderzoek is gebleken, dat de geringe vochtbinding van ingedroogde veengronden niet wordt veroorzaakt door luchtadsorptie of in het algemeen door een te grote grensvlakspanning tussen veen en water (ofschoon hierdoor de bevochtiging wel bemoeilijkt wordt), noch door de aanwezigheid van vetten, harsen en wassen, terwijl ook ijzerverbindingen geen specifieke invloed bleken uit te oefenen.

Aanvankelijk werd gedacht, dat de verklaring van het verschijnsel analoog aan die van RUSSELL voor kruimelvorming bij kleigronden, gezocht moest worden in een aan elkaar kitten van de veendeeltjes door middel van bruggen gevormd door kationen en georiënteerde watermoleculen. Proeven met organische vloeistoffen met verschillende diëlektricitetsconstanten lieten zich nl. vanuit deze gedachtengang goed verklaren. Hiermee in tegenspraak waren de resultaten van proeven over de invloed van de kationenbezetting welke nl. slechts relatief gering bleek te zijn. Uit de gunstige invloed van peptisatiemiddelen en malen van de ingedroogde grond in een kogelmolen op het vochtbindend vermogen en de ongunstige invloed van samenpersen van niet-ingedroogde grond onder hoge druk bleek, dat de afname van het vochtbindend vermogen bij indroging mede veroorzaakt wordt door verlies aan oppervlakte. Hiermee in overeenstemming bleek intensieve menging van niet-ingedroogd veen met voldoende zand of slib, waardoor het veen niet kan samenbakken, de irreversibele indroging te verhinderen. Het gevaar van irreversibele indroging kan dus door be-

zanding of bekleiing sterk verminderd worden. De verlaging van de adsorptiecapaciteit en van de hoeveelheid uitwisselbare basen bij indroging, die vooral optreedt bij hoge humusgehalten, werd ook verklaard uit een verlies aan oppervlakte.

Verhoging van de pH door toevoeging van kalkmeststoffen heeft slechts geringe invloed; wel wordt de resistentie tegen irreversibele indroging er iets door verhoogd (stijging  $R_{min}$ ). Een sterk ingedroogde veengrond kan men weer laten zwellen (weer peptiseren) door ammonia of basisch reagerende alkalizouten toe te voegen. De voor de praktijk toelaatbare hoeveelheid zal echter te gering zijn om voldoende effect te geven.

Langdurig contact met water geeft een belangrijke stijging van het waterbindend vermogen; het maakt daarbij weinig verschil, of al dan niet kalk, schuimaarde, scik of voedingsstoffen (ter stimulering van microbiologische omzettingen) worden toegevoegd.

Vorst zonder verdamping veroorzaakt geen irreversibele indroging van betekenis; de resistentie tegen irreversibele indroging wordt door vorst verhoogd (stijging van  $R_{min}$ ), terwijl de meerdere en grotere capillaire ruimten, die door vorst ontstaan, een vergroting van de opzuigsnelheid ten gevolge hebben.

Krilium bleek geen invloed van betekenis te hebben.

In een nabeschuiving werden, na een summiere uiteenzetting over irreversibele toestandsveranderingen bij colloïdale systemen in het algemeen, overwegende bezwaren aangevoerd tegen de theorie van RUSSELL en toepassing hiervan op het verschijnsel van de irreversibele indroging.

In plaats hiervan werd een mogelijke verklaring van dit verschijnsel, dat nader omschreven werd als een bij indroging optredende uiterst moeilijk omkeerbare krimp van de humussubstantie, gezien in het analoge gedrag van humaten. Hierbij ontstaan, gezien vorm en colloïdale eigenschappen der humaatdeeltjes, bij indroging vermoedelijk secundaire bindingen tussen de deeltjes, waardoor het zwellen resp. weer oplossen sterk wordt bemoeilijkt. Dit proces is mogelijk de voornaamste oorzaak van de irreversibiliteit van de indroging bij veengronden. De resultaten van het verrichte onderzoek bleken hiermee niet in tegenspraak te zijn.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

On behalf of the investigation into the causes of irreversible drying up of peat soils and into the possibilities of their improvement, a method was designed for the determination of the degree of irreversible drying up of peat soils (in a scale of 0-10) and of the changes in their water binding capacity. The method is essentially described by S.B. HOOGHOUT in *Trans. Intern. Congr. of Soil Sci.* (1950) Vol. II page 31-34. Only the symbols used and the method of calculation are somewhat altered (See Chapter II).

A fairly close agreement was found between laboratory determinations and field observations of the degree of irreversible drying up.

It also appeared, that all examined peat soils, looked upon physico-chemically, under certain conditions dried up more or less irreversibly. But this irreversibility never was complete, since even the most desiccated samples retained a certain capacity to rebind moisture and, besides that, this capacity gradually increased when the soils were kept in contact with water for some months. The degree of drying up irreversibly, consequently, is not a constant value; during the winter such dried up soils absorb a certain amount of water and get a moist appearance, hereby bringing about a certain decline in the degree of irreversible drying up.

It appeared, that the degree of drying up irreversibly depends on the depth of drainage; strongly dried up soils usually appear only at a ditch-waterlevel of about 60 cm or more below the surface.

The soils, which by the farmers are considered not to be dried up irreversibly, must, looked upon physico-chemically, be designated as already half-way that stage. Soils not dried up irreversibly at all are to be found only below or near the watertable. Such soils, being too wet, are unsuited for cultivation.

The investigations, reported in this paper, have revealed that the small moisture retention of the dried up peat-soils examined is brought about neither by adsorption of air or generally by too high a boundary-surface tension between peat and water (although this interferes with the moistening), nor by the presence of fats, resins or waxes. Iron compounds also proved not to play a specific part.

Originally it was considered possible to give an explanation of this phenomenon by a concept similar to that proposed by RUSSELL for the crumbformation in clay soils, i.e. a sticking together of the particles of peat by means of a linking system of cations and orientated water-molecules. Experiments with organic liquids with different dielectric constants could readily be explained following this line of thoughts. In contradiction herewith, however, was the relative small influence of the saturation with different cations on this phenomenon.

Ballmilling of irreversibly dried up soils and the action of peptizing agents increased their water binding capacity, while a heavy mechanical compression of not dried up samples had just the reverse effect. These observations point out that one of the reasons for the irreversibility might be the reduction of the surface by desiccation of peat soils.

In agreement herewith admixture of a high amount of silt or sand to not yet dried

up peat prevented the irreversible drying up of the latter. Consequently, the danger of irreversible drying up can be much diminished by sanding or claying. The decrease of the exchange capacity and of the amount of exchangeable bases upon desiccation of peat soils, especially those with a high organic matter content, was accounted for as a consequence of a reduction of the surface.

Raising the pH by liming proved to exert only a minor effect, although the resistance against irreversible drying up is indeed somewhat raised. A strongly dried up peat soil reswells upon addition of ammonia or alkaline reacting sodium- or potassium salts. The quantity of these compounds admissible in practice will be too small to give a sufficient effect.

Prolonged contact with water increased the waterbinding capacity considerably. It hereby makes but little difference whether lime or nutritional substances for the stimulation of microbial activity are added or not.

Freezing without evaporation does not bring about any appreciable irreversible drying up, whereas the resistance against subsequent drying up irreversibly is hereby increased and the velocity and capacity of water absorption is raised as a result of an augmentation of the total volume and size of capillary pores in the soil.

Krilium proved not to have any effect.

In the discussion irreversible changes of state of colloidal systems in general have been reviewed and preponderating objections were raised against the theory of RUSSELL and its application to the phenomenon of irreversible drying up.

Instead of this theory an other possible explanation of the irreversibility has been proposed. The phenomenon can be defined as a highly irreversible shrinkage of the humic matter, when desiccated. In humates, being one of the main constituents of the organic matter in these soils, the formation of secondary bonds between the molecules on desiccation seems to be very reasonable, considering the shape and colloidal properties of their particles.

As a consequence a subsequent reswelling or redispersion is suppressed.

This process may be assumed as the main cause of the irreversibility of the drying up of peat soils. The results of the investigations reported in this paper are not in contradiction with this theory.



## EXPLANATION OF SOME SPECIAL SYMBOLS USED

A-value = grams of water in the soil at the moment of sampling, calculated per 100 grams of oven-dry soil.

$R_t$  = centrifuge moisture equivalent, (the moisture content of the soil after centrifugating it in a china crucible with porous bottom at a centrifugal force of 1000 g), determined in a portion of the soil sample which is, without any drying after sampling, thoroughly wetted and has stayed in water for 6 days.

$R_{max}$  = maximal centrifuge moisture equivalent, determined as above in soils which have never been desiccated in the field. (Sub-soils near or below the soil water level).

$R_{min}$  = minimal centrifuge moisture equivalent, determined in a portion of the soil sample which is previously dried at 105° C before wetting and staying in water for 6 days.

( $R_t$ ,  $R_{max}$  and  $R_{min}$  are calculated in grams per 100 grams of oven-dry soil).

Ii-degree = degree of „irreversibel“ drying up, calculated as

$$\frac{R_{max} - R_t}{R_{max} - R_{min}} \times 10$$

## LITERATUUR

1. ALBERT, R. und M. KÖHN. Untersuchungen über den Benetzungswiderstand von Sandboden. *Proc. Intern. Soc. Soil Sci.* 1926 II 146–153.
2. ALEKSANDROVA, L. N. Over de aard en de eigenschappen van de producten, ontstaande bij inwerking van huminezuren op de z.g. anderhalf-oxyden. *Pochvovedenie* (1954) 14–29.
3. BREMNER, J. M.; S. G. HEINTZE; P. J. G. MANN; H. LEES. Metallo-organic complexes in soil. *Nature*. 158 790–791 (1946).
4. BRÜNE, FR. Grundsätze für die Regelung des Wasserhaushalts in landwirtschaftlich genutzten Moorböden und ihre technische Durchführung. *Die neuzeitlichen Moorkultur in Einzeldarstellungen*, Heft 2 (1929) Parey, Berlin.
5. BRÜNE, F. Bodenkunde und Moorkultur. *Ztschr. Pfl. ern., Düng., Bodenk.* 45 (90) 106–132 (1949).
6. DEVAUX, H. Sur la présence d'un enduit antimouillant à la surface des particules du sable et de la terre végétale. *C.R. Acad. Sci. Paris* 162 197–199 (1916).
7. DOMINGO, W. R. en J. MAURER. Bijdrage tot de kennis van onomkeerbaar (irreversibel) ingedroogde, moeilijk te bevochtigen gronden. Rapport Bodemk. Afd. Directie Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) 1949.
8. DUYVERMAN, J. J. De landbouwscheikundige basis van het streekplan. Diss. Wageningen 1948.
9. EHRENBERG, P. und K. SCHULTZE. Die „Unbenetzbarkeit“ von Böden und feinen Pulvern überhaupt. *Kolloid. Z.* 15 183–192 (1914).
10. FLAIG, W. und H. BEUTELSPACHER. Zur Kenntnis der Huminsäuren II, Mitteilung. *Z. Pfl. ernähr., Düng., Bodenk.* 52 1–21 (1951).
11. GÄDEKE, F. Untersuchungen über einige physikalische Eigenschaften des Niederungsmoorbodens in Beziehung zum Pflanzenbestand von Wiese und Weide. *Landw. Jahrbücher* 91 266–354 (1941).
12. GEOGHEGAN, M. J. and E. R. ARMITAGE. Influence of some lipoidal substances on aggregate formation in soils. *Nature* 163 29–30 (1949).
13. HERMANS, P. H. Zwelling en gelstructuur. Symp. „Structuur en eigenschappen van macro-moleculaire stoffen“ Utrecht (1943) 88–106.
14. HUDIG, J. en G. C. REDLICH. Onderzoek van indrogende, irreversibele veengronden. *Tijdschr. Ned. Heide Mij.* 52 382–399 (1940).
15. — en J. J. DUYVERMAN. De cultuur der z.g. laagveengronden en hun moeilijkheden. *Meded. Ned. Heide Mij* 7 (1949).
16. KHAN, D. V. Absorption of organic matter by soil minerals. *Pochvovedenie* (1950) 673–680 Ref.: *Bibl. Soil Sci, Fert* . . . 1951 XIV.
17. KROTH, E. M. and J. B. PAGE. Aggregate formation in soils with special reference to cementing substances. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11 27–34 (1946).
18. PAGE, H. J. The part played by organic matter in the soil system. *Trans. Farad. Soc.* 17 272–287 (1921–22).
19. PÖCKELS, A. Über die Abhängigkeit der Benetzbarkeit fester Körper von der Berührungsdauer. *Kolloid Z.* 62 1–2 (1933).
20. PUCHNER, H. Über Spannungszustände von Wasser und Luft im Boden. *Forsch. Agrikulturphysik* 19 1–19 (1896).

21. RAMANN, E. Bodenkunde. Berlin 1911.
22. REDLICH, G. C. en J. HUDIG. Over de indrogende veengronden. *Tijdschr. Ned. Heide Mij* 53 212-224; 279-286; 289-302 (1941).
23. REDLICH, G. C. Droogte en Grondconstructie. Mogelijkheden tot herstel. *Plattelandspost* 3 no. 39/40 20-9-1947; *Boer en Tuinder* 1 no. 43 25-10-'47.
24. — Over het blijvende (irreversibele) indrogingsverschijnsel van gronden, zijn oorzaken en zijn verbetering. *Voort. blad Stichting Ned. Landb. Kalkbur.* no. 3 januari 1949 pag. 3-27.
25. RUSSELL, E. W. Interaction of clay with water and organic liquids as measured by specific volume changes and its relation to the Phenomena of Crumb-formation in Soils. *Philosoph. Trans. Royal Soc. London (A)* 233, 361 (1934).
26. — Soil conditions and plant growth (E. J. Russell, 8e druk, herzien door E. W. Russell, London 1950).
27. SCHUYLENBORGH, J. VAN A study on soil structure. Diss. Wageningen 1947.
28. SIDERI, D. I. On the formation of structure in soil. I. The structure of soil colloids. *Soil Sci.* 42 381-394 (1936). II. Synthesis of aggregates; on the bonds uniting clay with sand and clay with humus. *Ibid.* 461-479.
29. STADNIKOFF, G. Neuere Torfchemie. Dresden 1930.
30. TSCHAPEK, M. W. Zur physikalisch-chemischen Erscheinung des Benetzungswiderstandes von Torf gegen Wasser. *Kolloid. Z.* 66 91-95 (1934).
31. TYULIN, A. TH. Herkunft, Struktur und Eigenschaften organomineralischer Bodenkolloide. *Bodenk. Pfl.ern.* 21/22 544-568 (1940).
32. VEENENBOS, J. S. De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de N.O. Polder. Diss. Wageningen (1950).
33. WANDER, W. An interpretation of the cause of waterrepellent sandy soils found in citrusgroves of Central Florida. *Science* 110 299-300 (1949).
34. ZUUR, A. J., met medewerking van G. BAKKER en B. VERHOEVEN. Enige gegevens, verkregen met de methode-Hudig ter bepaling van de reversibiliteit van veengronden; benevens enkele beschouwingen naar aanleiding daarvan. Rapport Bodemk. Afd. Directie Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) 1948.

DEEL II

DE VELDBODEMKUNDIGE OORZAKEN  
VAN DE VERDROGING; VERBREIDING EN EIGENSCHAPPEN  
VAN DE VERDROOGDE GRONDEN

THE PEDOLOGICAL CAUSES  
OF THE DRYING; OCCURRENCE AND PROPERTIES  
OF DRIED PEAT SOILS

J. BENNEMA EN D. VAN DER WOERDT

# INHOUD

		Blz.
I.	INLEIDING. . . . .	81
II.	HET VERSCHIJNSEL VAN DE VERDROGING IN WEST-NEDERLAND . . . . .	84
	1. De li-graad en „R <sub>1</sub> -waarde” vergeleken met de veldbeoordeling . . .	84
	2. Het verband tussen li-graad, „R <sub>1</sub> ” en hoogteligging . . . . .	89
	3. De verandering van de li-graad met de diepteligging onder maaiveld .	92
	4. De waterhuishouding van de bovengronden in verband met de hoogteligging . . . . .	95
III.	DE INDELING VAN DE GRONDEN, WAAROP VERDROGING VOORKOMT . . . . .	99
	1. Inleiding . . . . .	99
	2. De indeling van de mengsels van organische stof, slib en zand . . . . .	99
	3. De indeling van de veensoorten. . . . .	104
	4. De indeling van de bodemprofielen, waarop verdroging voorkomt in West-Nederland. . . . .	105
IV.	DE OORZAAK EN DE OMVANG VAN DE VERDROGING IN WEST-NEDERLAND . . .	109
	1. De oorzaak van de verdroging op het bovenland. . . . .	109
	2. De omvang van de verdroging op het bovenland. . . . .	110
	3. De oorzaak van de verdroging in de droogmakerijen . . . . .	111
	4. De omvang van de verdroging in de droogmakerijen . . . . .	114
V.	DE VERDROGING IN DE POLDER NOORD-LINSCHOTEN . . . . .	117
	1. Type en bodemkundige opbouw . . . . .	117
	2. Verband tussen de bodemkundige opbouw, hoogteligging en verdroging . . . . .	117
VI.	DE VERDROGING VAN HET OBJECT ZEGVELD . . . . .	123
VII.	DE VERDROGING IN DE POLDER GAASP EN GEIN EN DE OMLIGGENDE POLDERS	131
VIII.	DE VERDROGING VAN DE PUTTEPOLDER . . . . .	140
	1. Inleiding . . . . .	140
	2. Bodemkundige gesteldheid . . . . .	140
	3. Bespreking van een bodemkaartje van een deel van de Puttepolder . .	147
	4. De samenstelling van de grasmat in de Puttepolder. . . . .	148
IX.	DE VERDROGING IN HET OBJECT ZEVENHOVEN . . . . .	152
X.	HET ONDERZOEK VAN DE BOVENGRONDEN VAN HET TYPE WOUBRUGGE. . .	161
	1. Inleiding . . . . .	161
	2. Verschillen tussen de bovengronden van het type Woubrugge en tot verdroging neigende bovengronden uit de droogmakerijen . . . . .	161
	3. Het verband tussen hoogteligging, li-graad, „R <sub>1</sub> -waarde” per gram organische stof en volumepercentage vocht bij de bovengronden van het type Woubrugge en bij de tot verdroging neigende bovengronden	167
	4. Het verband tussen de samenstelling van het grasland en de verdroging bij het type Woubrugge en bij de tot verdroging neigende gronden	171

XI. ENKELE HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE VERDROOGDE VEEN-GRONDEN . . . . .	174
SAMENVATTING . . . . .	193
SUMMARY. . . . .	195
LITERATUUR . . . . .	197

Afgesloten oktober 1954

## I. INLEIDING

In Deel II zullen de veldbodemkundige aspecten van de verdroging van veengronden in West-Nederland het onderwerp van bespreking vormen. Er zal hierbij alleen sprake zijn van gronden met een organische, stofrijke bovengrond.

De gronden, waarvan het gehalte aan organische stof in de bovengrond minder dan 12 à 18 % bedraagt, zullen in het algemeen niet besproken worden. Er zal daarom voorbij worden gegaan aan de vraag, in hoeverre de vaak moeilijke bevochtiging van sommige droge kleigronden ook als een verdrogingsverschijnsel gezien moet worden. Verder is het onderzoek vooral gebaseerd geweest op verdrogend grasland. De gronden in gebruik voor akker- en tuinbouw stonden minder in de belangstelling.

Bij de verdroging van veengronden spelen twee factoren een belangrijke rol, nl.: de eigenschap van de grond om na sterke verdroging minder water van een bepaalde vochtspanning te kunnen opnemen als voorheen en de eigenschap om dit water slechts langzaam op te nemen. Deze laatste eigenschap werd zowel door DUIVERMAN als door HOOGHOUDT belicht, maar heeft toch nog niet die aandacht getrokken, die zij verdient. De eerste eigenschap stond bij het uitvoerig onderzoek, door HOOGHOUDT verricht, in het middelpunt.

Bij het vergelijken van het veen uit de ondergrond met het veen uit de bovengrond bleek, dat alle bovengronden van het cultuurland ten opzichte van de ondergronden iets van de mogelijkheid om water op te nemen hadden ingeboet. Op zichzelf is dat een gunstig verschijnsel, daar anders de luchthuishouding van de veenbovengronden ernstig in gevaar zou komen. Bij vele veengronden, waarbij de eigenschap om veel water op te kunnen nemen, nog zeer sterk is ontwikkeld, is, hoewel ze wel iets irreversibel ingedroogd zijn, de luchthuishouding nog ongunstig. Gronden, die ten opzichte van de veenondergrond wel iets verdroogd zijn, maar onder normale omstandigheden nog voldoende water voor de plantengroei beschikbaar kunnen stellen, zijn nog niet schadelijk irreversibel ingedroogd. Schadelijk irreversibel ingedroogde veengronden zijn gronden, die in de zomer het gewas niet meer voldoende vocht ter beschikking kunnen stellen, waarbij dan vooral aan vocht voor grasland gedacht wordt. Deze gronden zullen korthedshalve verderop worden aangeduid met de term „verdroogde veengronden”. De term „indrogende gronden” zal uitsluitend gebruikt worden voor gronden, die irreversibel ingedroogd zijn of bezig zijn irreversibel in te drogen, waarbij buiten beschouwing wordt gelaten of deze verdroging al dan niet schadelijk is. De gronden, die bij bevochtigen vrij snel weer nat worden, kunnen niet tot de echte verdrogende gronden worden gerekend. De droge gronden, die bij bevochtigen het water slechts zeer langzaam opnemen, zijn de eigenlijke verdroogde veengronden, waaraan bij dit onderzoek de meeste aandacht werd besteed. De gronden van de eerste groep werden in een laatste stadium nog in het onderzoek betrokken (hfdst. X).

De meeste veengronden in West-Nederland, die dieper ontwaterd zijn dan 50 à 60 cm, gaan de eigenschappen van de echte verdrogende veengronden vertonen. Slechts op sommige plaatsen in de droogmakerijen komen gronden voor, die tot de 1e groep

FIG. 1. Ligging van de onderzochte polders

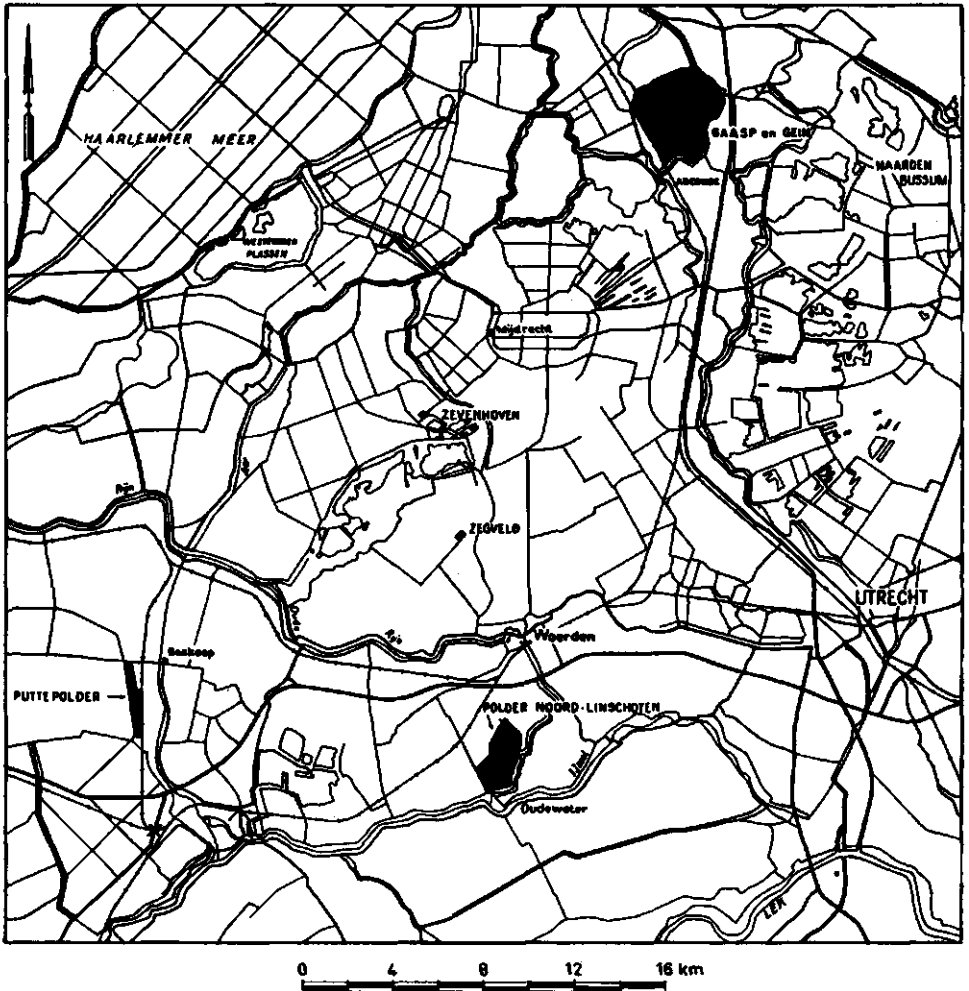


FIG. 1. Location of the investigated polders

behoren. Deze gronden behouden bij een diepere ontwatering veel lagere  $I_i$ -graden terwijl ze bovendien, indien ze wat droog worden, veel gemakkelijker te bevochtigen zijn.

Voor de betekenis van de begrippen  $I_i$ -graad,  $R_i$  en  $R_o$ , die ook in Deel II een belangrijke rol spelen, wordt verwezen naar de uitvoerige bespreking in hoofdstuk II van Deel I. In Deel II zullen eerst de verschillende eigenschappen van de bovengronden, die met de verdroging verband houden, besproken worden, tevens zal op de indeling en de eigenschappen van de verschillende veenprofielen waarop verdroging



kan voorkomen verder worden ingegaan. Daarna zal aan de hand van verschillende gebieden, die gedetailleerder werden onderzocht, één en ander verder uitgewerkt worden. Deze gebieden zijn polder Noord-Linschoten, object Zegveld, de polder Gaasp en Gein met de omliggende polders, de Puttepolder en object Zevenhoven. De ligging van deze objecten is aangegeven in fig. 1. Ten slotte zal nog een beschouwing volgen over de verschillen tussen de bovengronden in de droogmakerijen die niet tot verdroging neigen en de bovengronden die dit wel doen.

De verbetering van de verdrogende veengronden zal niet ter sprake komen. De gegevens en beschouwingen hierover vindt men in Deel III.

## II. HET VERSCHIJNSEL VAN DE VERDROGING IN WEST-NEDERLAND

### I. DE II-GRAAD EN DE „R<sub>1</sub>-WAARDE” VERGELEKEN MET DE VELDBEOORDELING

De verdrogende veengronden vallen in een wat drogere zomerperiode het eerst op door de grasmat. Bij goed onderhouden weidepercelen is de kleur van de grasmat meestal blauwgroen. Deze kleur wordt veroorzaakt door veldbeemdgras (*Poa pratensis*) dat droogte-resistent is. Bij slecht onderhouden percelen waar de grasmat overwegend uit droogte-resistente grassen van slechte kwaliteit bestaat is de kleur meer gelig en bij droogte zelfs bruinig. In de droogmakerijen zijn het dan vooral Struisgrassoorten (*Agrostis spec.*), die veel voorkomen.

Ook de aard van de verdroogde grond zelf is op het oog geheel anders, dan de aard van een niet verdroogde veengrond. Hebben we te maken met een verdroogde venige kleigrond, dan bestaat deze uit zeer harde scherpe kluitjes. Kloppen we een zode uit, dan vallen de, meest bruingrijze, kluitjes als los zand naar beneden en we houden voornamelijk de wortels over. Er is dus zeer weinig verband tussen zode en kluitjes. De kluitjes worden dus blijkbaar niet doorworteld. Bezielt men de beworteling, dan blijkt deze zeer ongunstig ontwikkeld te zijn, er is in de bovengrond een dicht wortelvilt aanwezig, terwijl de afzonderlijke wortels vaak erg dik zijn (fig. 2 en 3).

Bij de verdroogde bovengronden die uit kleiveen bestaan vindt men eenzelfde wortelontwikkeling, de aard van de verdroogde grond is echter iets anders. De kluitjes vallen niet zo sterk meer op, de structuurelementen zijn kleiner en de grond, die bovendien wat donkerder van kleur is, doet meer stoffig aan. Gebruikt men een dergelijke grond als bouwland dan kan men erg veel last van stuiven hebben. De afzonderlijke kleine gronddeeltjes voelen wel, evenals bij de verdroogde veenkleigrond, vaak hard en scherp aan. Ook als ten gevolge van infiltratie of na een lange natte tijd de buitenkant van het deeltje vochtig is gebleven dan is er vaak nog een hard aanvoelende kern aanwezig.

Aan de hand van de bijzondere kenmerken van de verdroogde gronden kan men ze dus in het veld al als zodanig herkennen. In deze paragraaf zal nu het verband tussen II-graden en veldbeoordeling worden nagegaan. Bij het begin van het onderzoek van de II-graden werd om de waarde van de II-graden na te gaan, een 25-tal monsters genomen, die in de praktijk en bij de veldbeoordeling als niet verdroogd bestempeld werden.

Deze monsters hadden de volgende II-graden:

II-graden		II-graden		II-graden	
8,5	1 ×	6,5	3 ×	5	5 ×
8	1 ×	6	3 ×	0	1 ×
7	5 ×	5,5	6 ×		

De II-graden 8,5 kwam op een perceel met zeer veel zand (60%) voor, wat waarschijnlijk de oorzaak is, dat het monster grond als niet verdroogd werd beoordeeld. De II-graden 0 is van een perceel dat te voren nog schraalland was geweest.

FIG. 2 en 3. Beworteling van de zode ongunstig ontwikkeld. In de bovengrond een dicht wortelvielt. De afzonderlijke wortels vaak zeer dik

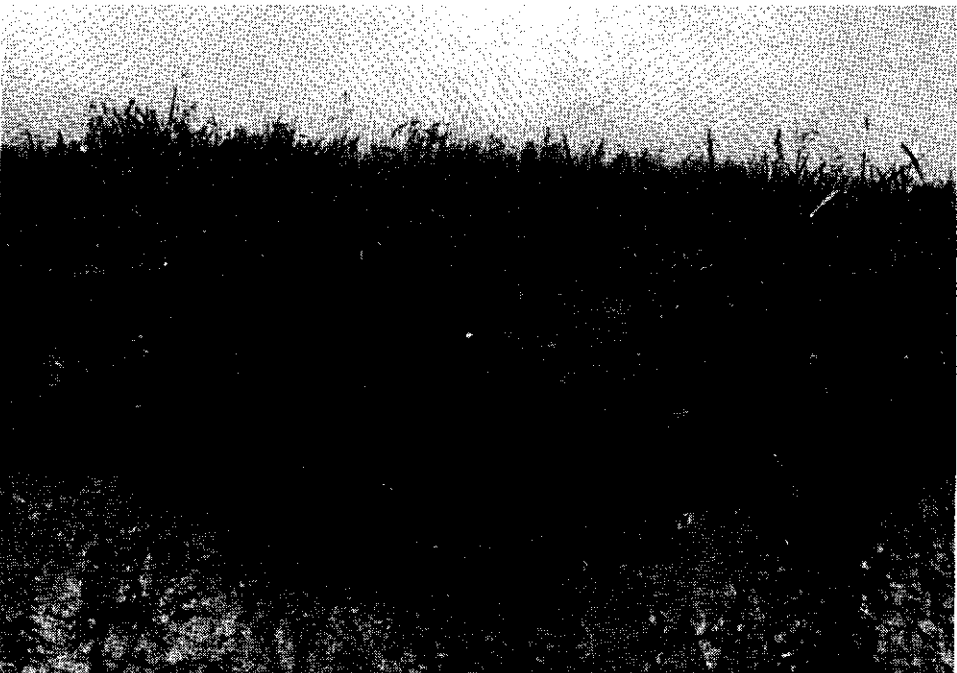
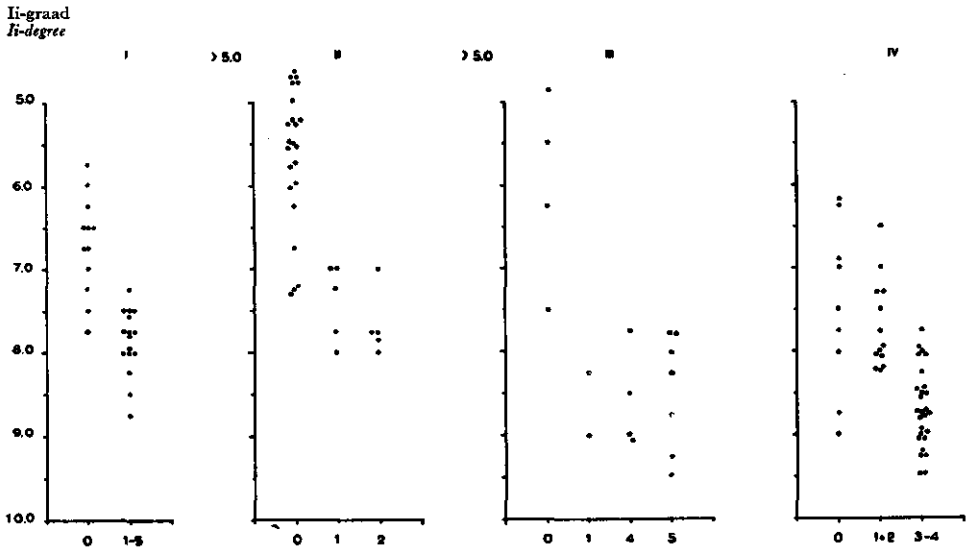


FIG. 2 and 3. *Root system of the sod unfavourably developed. In the topsoil a dense root-felt. The single roots mostly very big*

FIG. 4. Verband tussen Ii-graad en veldschatting



- I. Polder Zegveld, Bovenland mei-juni 1950 / Polder Zegveld „Bovenland” May-June 1950  
 II. Gaasp en Gein, Bovenland juni 1950 / Gaasp en Gein „Bovenland” June 1950  
 III. Laatste monsters uit droogmakerijen augustus 1953 / Latest samples from reclaimed lakes August 1953  
 IV. Puttepolder (droogmakerij) augustus 1950 / Puttepolder (reclaimed lake) August 1950
- 0 Niet verdroogd / Not dried-up  
 1 Licht verdroogd / Slightly dried-up  
 1 + 2 Licht en matig verdroogd / Slightly and moderately dried-up  
 1 — 5 Verdroogd / Dried-up  
 2 Matig verdroogd / Moderately dried-up  
 3 — 4 Vrij sterk en sterk ingedroogd / Fairly strongly and strongly dried-up  
 4 Sterk verdroogd / Strongly dried-up  
 5 Zeer sterk verdroogd / Very strongly dried-up

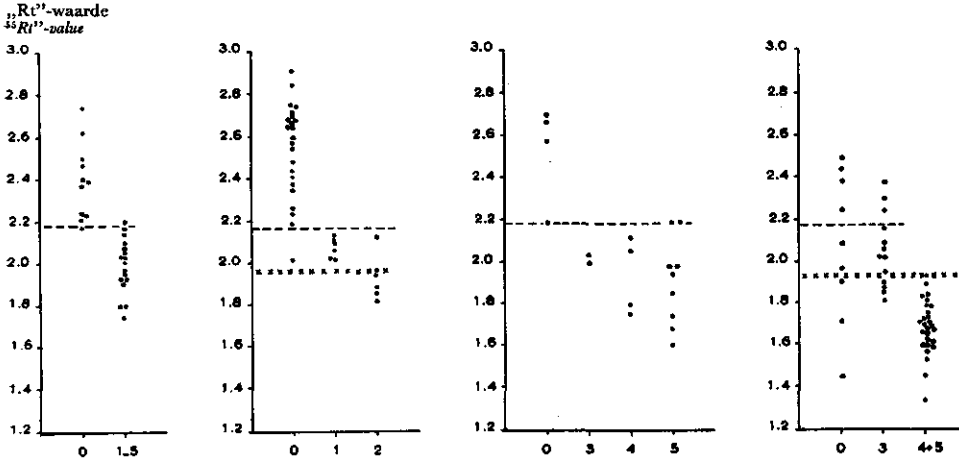
FIG. 4. Relation between Ii-degree and field estimation

De gevonden Ii-graden laten als algemene conclusie toe, dat de meeste als niet verdroogd beschouwde graslanden Ii-graden van 7 en lager bezitten.

Ook later tijdens het onderzoek werd in vele gevallen bij het nemen van monsters voor het bepalen van de Ii-graad het monster reeds in het veld beoordeeld.

Het verband tussen Ii-graad in de zomer en deze veldbeoordelingen is aangegeven in fig. 4. In grafiek I van deze figuur is de veldbeoordeling van de monsters van Zegveld uitgezet tegen de Ii-graad. Beneden een Ii-graad van 7,5 zijn alle monsters op één na als niet verdroogd beoordeeld; boven een Ii-graad van 7,5 zijn alle monsters op één na als verdroogd beoordeeld. Dit is een goede overeenkomst tussen veldschatting en Ii-graad.

In grafiek II staan de resultaten uit de polder Gaasp en Gein bij Abcoude aangegeven. Hier werd bij de veldbeoordeling van de verdroogde grond onderscheid gemaakt tussen licht en matig verdroogd. Dit onderscheid uit zich echter niet in de Ii-graad. Neemt men de licht en matig verdroogde gronden samen, dan blijkt de grens tussen wel en niet verdroogd bij een Ii-graad van 7,5 à 7 te liggen.

Fig. 5. Verband tussen „R<sub>t</sub>”-waarde en veldschatting

- I. Polder Zegveld. Bovenland mei-juni 1950 / Polder Zegveld „Bovenland” May-June 1950  
 II. Gaasp en Gein. Bovenland juni 1950 / Gaasp en Gein „Bovenland” June 1950  
 III. Laatste monsters uit droogmakerijen augustus 1950 / Latest samples from reclaimed lakes August 1950  
 IV. Puttepolder (droogmakerij) augustus 1950 / Puttepolder (reclaimed lake) August 1950
- 0 Niet verdroogd / Not dried-up  
 1 Licht verdroogd / Slightly dried-up  
 1 — 5 Verdroogd / Dried-up  
 2 Matig verdroogd / Moderately dried-up  
 3 Matig tot sterk ingedroogd / Moderately to strongly dried-up  
 4 Sterk ingedroogd / Strongly dried-up  
 4 + 5 Sterk en zeer sterk ingedroogd / Strongly and very strongly dried-up  
 5 Zeer sterk ingedroogd / Very strongly dried-up

FIG. 5. Relation between „R<sub>t</sub>”-value and field estimation

Bij de groep der zg. laatste monsters (grafiek III van fig. 4) werd ook een nadere indeling van de verdroogde gronden gegeven. Ook hier is geen duidelijk verband van deze nadere indeling met de Ii-graad aanwezig. De grens tussen verdroogd en niet verdroogd valt weer bij een Ii-graad van ongeveer 7,5; vergelijkt men de gegevens nauwkeuriger dan blijkt, dat de grens het best bij een iets hogere Ii-graad dan 7,5 gesteld kan worden.

Grafiek IV van de figuur heeft betrekking op monsters van de Puttepolder bij Boskoop. Neemt men alle verdroogde gronden in deze grafiek tezamen, dan blijkt, dat de grens tussen verdroogd en niet verdroogd het best bij een Ii-graad van 7,5 of iets hoger (bij 8) gelegd kan worden. In dat geval zijn 42 van de 50 monsters goed geschat.

Uit de veldbeoordeling in deze gebieden kan dus in het algemeen geconcludeerd worden, dat voor de zomermonsters de grens tussen de wel en niet verdroogde bovengronden bij een Ii-graad van ongeveer 7,5 gelegd kan worden. Bij de monsters van Zegveld en Gaasp en Gein, dat zijn gebieden van het bovenland, blijkt, dat de juiste grens 7,5 is of er iets beneden ligt. Bij de monsters uit de droogmakerijen, waartoe de monsters uit de Puttepolder en de laatste monsters behoren, kan de grens waarschijnlijk beter iets boven 7,5 gelegd worden.

FIG. 6. Tuinbouw-bovengronden. Verband tussen Ii-graad en veldschatting

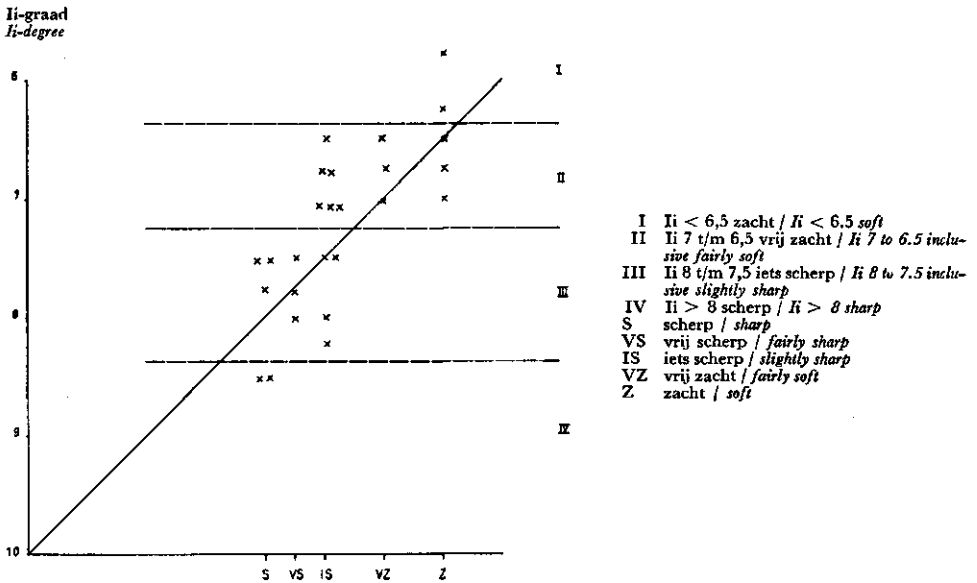


FIG. 6. Horticultural soils, topsoils. Relation between Ii-degree and field estimation

In fig. 5 is het verband tussen de „ $R_t$ -waarde” en veldschatting aangegeven. In Deel II is de „ $R_t$ -waarde” uitgedrukt in grammen  $H_2O$  per gram organische stof. Dit is dus een andere grootte dan de „ $R_t$ -waarde” in Deel I gebruikt en zal verder aangegeven worden als „ $R_t$ ”.

Om ook de rol van het slib in rekening te brengen bij de vochtbinding werd 1 g slib gerekend als 1/3 g organische stof. Of voor de invloed van dit afslibbaar inderdaad 1/3 gedeelte gerekend moet worden, staat niet vast. Mogelijk moet een kleiner gedeelte gerekend worden of mogelijk moet men dit gedeelte veranderen bij een verandering van de verhouding slib/organische stof. Wel blijkt echter uit de grafieken (zie ook fig. 6), dat de hier gevolgde berekeningswijze redelijke resultaten geeft.

Dit verband tussen veldschatting en „ $R_t$ -waarde” valt nog iets gunstiger uit dan het verband tussen veldschatting en Ii-graad. Dit is vooral het geval bij de monsters van Gaasp en Gein, waar nu de licht verdroogde monsters beter tot hun recht komen. Uit de grafieken volgt, dat bij een „ $R_t$ -waarde” van iets minder dan 2,2 (2,17) van verdroging gesproken kan worden. Sterke verdroging treedt vooral op bij waarden beneden 1,95.

De tot nu toe behandelde schattingen hadden alle betrekking op graslandgronden.

Van een aantal monsters van tuinbouwgronden uit de droogmakerijen ten noordoosten van Rotterdam werd het verband tussen schatting en Ii-graad eveneens nagegaan. Hierbij werd een ietwat andere omschrijving van de verdroging gegeven en wel

zacht, vrij zacht, iets scherp en scherp. Het verband tussen deze schatting en de Ii-graad is zeer duidelijk (zie fig. 6). Alleen de twee monsters gemerkt X springen uit het verband. Het is niet onmogelijk, dat hier twee monsters verwisseld zijn. De grens tussen scherp en zacht komt ook in dit geval bij een Ii-graad van ongeveer 7,5 te liggen. Bij een onderzoek van de tuingronden in Boskoop was het verband tussen veldschatting en verdroging minder duidelijk.

Uit het voorgaande valt enerzijds de conclusie te trekken, dat zowel de Ii-graad als de „R<sub>t</sub>-waarde” een goede maat is voor de verdroging. Anderzijds kan de gevolgtrekking worden gemaakt, dat in het veld de verdrogende en niet verdrogende gronden goed te onderscheiden zijn. Een onderscheid in de mate van verdroging blijkt in het veld moeilijker uit te voeren. Vergelijkt men de veldschatting met de Ii-graad dan blijkt er weinig verband, vergelijkt men de schatting echter met de „R<sub>t</sub>-waarde”, dan blijkt de gedetailleerde veldschatting toch ook wel zin te hebben. Bovendien moet men bedenken, dat men in het veld nooit met geheel gelijkmatig verdroogde stukken te doen heeft; er is meestal een zeker mozaïek aanwezig van wat meer of wat minder verdroogde gronden. De gronden die gekarteerd zijn als licht tot matig verdrogend, zullen dan ook vaak als een mozaïek van verdroogde en niet verdroogde gronden beschouwd moeten worden.

## 2. HET VERBAND TUSSEN Ii-GRAAD, „R<sub>t</sub>” EN HOOGTELIKKING

Uit de hoofdstukken VIII en X zal blijken, dat men indien men Ii-graad of „R<sub>t</sub>” beschouwt ten opzichte van de hoogteligging van het beschouwde monster ten opzichte van het gemiddelde slootpeil, men drie soorten bovengronden moet onderscheiden.

1. De bovengronden, die bekend staan als goede „meermolmdekken” en die meestal op profielen te vinden zijn, die reeds binnen 50 à 60 cm diepte beneden maaiveld kalkrijk zijn.
2. De bovengronden op de zeer slappe modderkleiprofielen.
3. De bovengronden op de overige profielen.

Naast deze 3 gevallen zou feitelijk nog een 4e moeten worden onderscheiden, nl. de bovengronden van de onbemeste graslanden de zg. blauwgras- of schraallanden, die bijv. langs de Meye en in de Krimpenerwaard voorkomen, gronden die normaliter onder punt 3 zouden vallen. De schraallanden blijken steeds een zeer lage Ii-graad te hebben, waarschijnlijk als gevolg van slechte ontwatering en misschien ook doordat de grasproductie en daardoor de wateronttrekking gering is. Daar schraallanden in West-Nederland nog maar zeer weinig voorkomen, willen we hier nu geen verdere aandacht aan besteden.

Bovendien moet opgemerkt worden, dat bij de beschouwing van het verband tussen hoogteligging en Ii-graad en tussen hoogteligging en „R<sub>t</sub>”, alleen de gronden die geen afzijging vertonen beschouwd zullen worden. De monsters van Gaasp en Gein, waarbij waarschijnlijk wel afzijging optreedt, (zie hoofdstuk VII) blijven daarom buiten beschouwing.

FIG. 7. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging

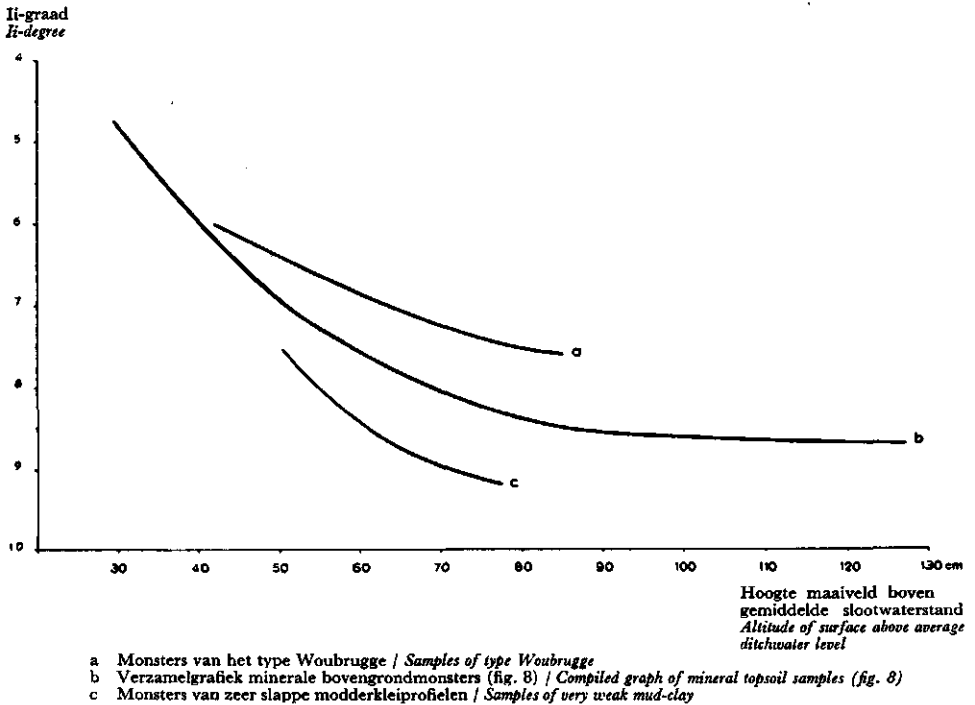


FIG. 7. Relation between Ii-degree and altitude

In fig. 7 is het verband tussen Ii-graad en hoogteligging ten opzichte van het slootwaterpeil voor elk van de drie onderscheiden gevallen aangegeven. Deze verbanden werden gevonden aan de hand van de gegevens die in de volgende hoofdstukken nader worden behandeld. Men ziet, dat bij de goede „meermolmdekken” Ii-graden die op verdrogen wijzen, nauwelijks bereikt worden, terwijl bij het type dat het sterkst tot verdrogen geneigd is, Ii-graden boven 8 al bij waterstanden van  $\pm 50$  cm beneden maaiveld veel kunnen voorkomen.

Wel moet men bij deze grafiek weten, dat de monsters van type Woubrugge en van de zeer slappe modderkleiprofielen zomermonsters zijn, terwijl de lijn van de normale monsters een gemiddelde lijn van alle monsters is; zou men in plaats van deze lijn de „zomerlijn” construeren, dan zou het verschil tussen de normale monsters en de monsters op de slappe modderklei iets kleiner worden, maar toch blijven bestaan.

Op de gegevens van het normaal verdrogende type willen we in dit hoofdstuk reeds wat nader ingaan. In fig. 8 staan de gegevens van deze gronden aangegeven. Hierbij moet opgemerkt worden dat de verschillende series monsters op verschillende tijden zijn genomen. Het verband tussen Ii-graad en hoogteligging wordt dus vertroebeld door de seizoenschommeling in de Ii-graad.



FIG. 8. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging van bovengronden. Verzamelgrafiek

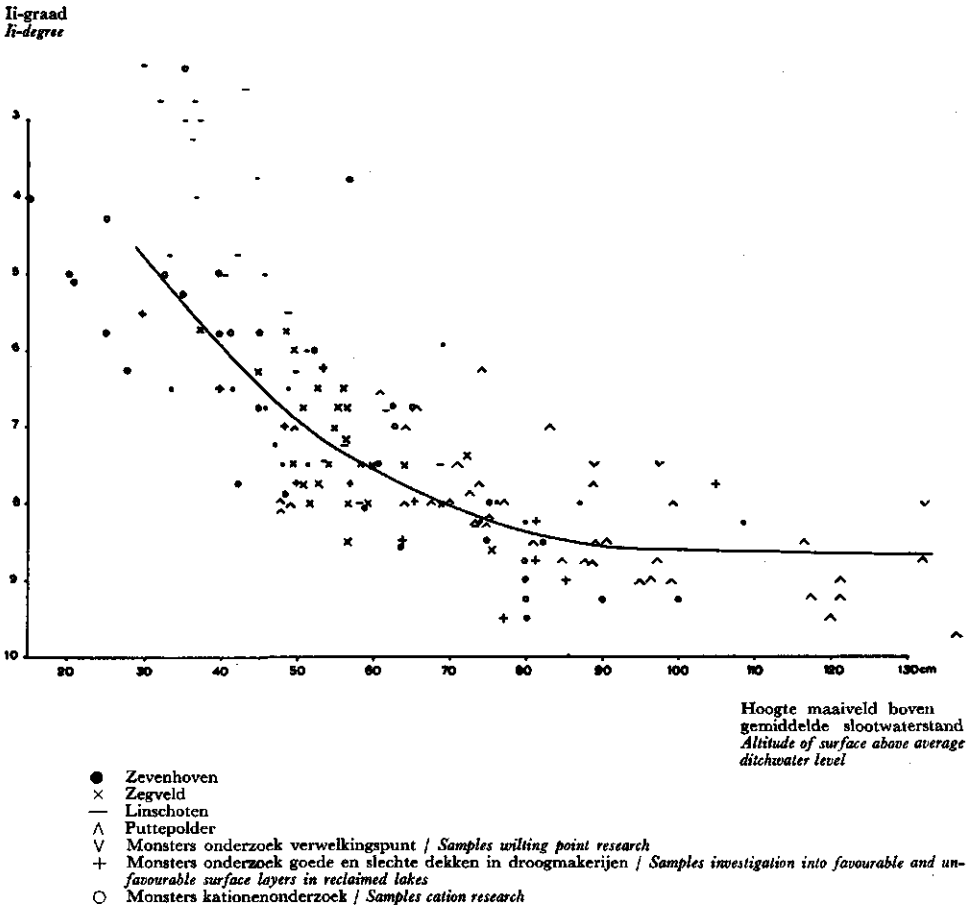
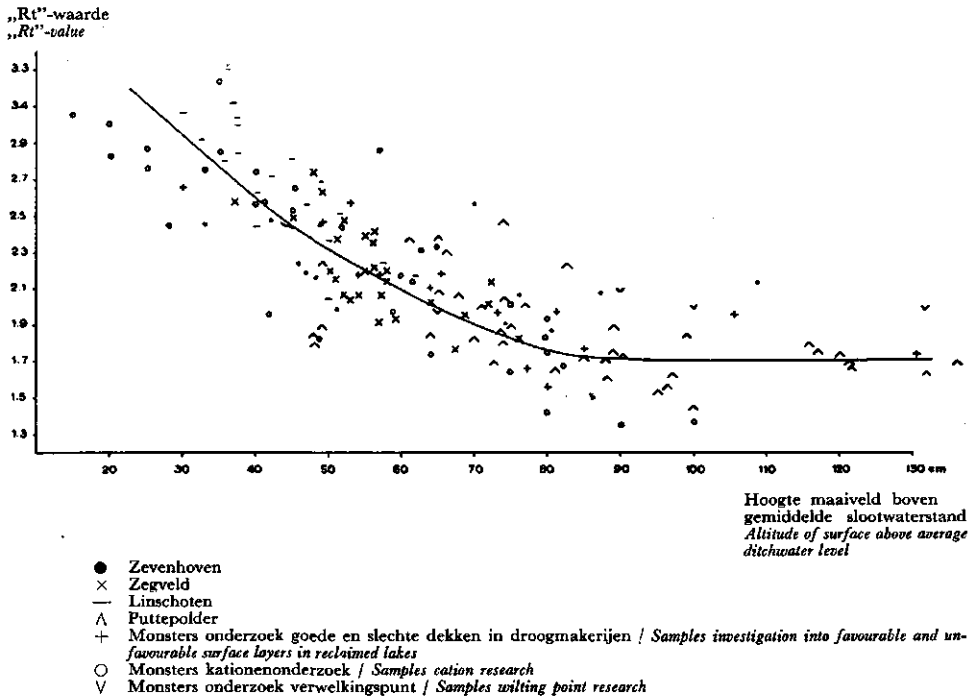


FIG. 8. Relation between Ii-degree and altitude of topsoils. Compiled graph

Het is echter opvallend dat men niettegenstaande de invloed van deze schommeling nog zo'n goed verband vindt, daar hier geheel verschillende soorten profielen aanwezig zijn. Naast klei op veen, venige klei op riet- en bosveen, kleig veen op bos- en rietveen uit het bovenland zijn ook gronden uit de droogmakerijen aanwezig, zowel veen op katteklei als diepe restveenprofielen.

Uit de grafiek zijn de volgende conclusies te trekken. Verdrogingsgraden boven  $\pm 7,5$  die dus op verdroging wijzen vindt men vooral bij slootwaterstanden boven 45 cm. Boven 65 cm is de Ii-graad bijna altijd hoger dan 7,5. Boven 80 cm heeft een diepere ontwatering geen duidelijke invloed meer op de Ii-graad.

In fig. 9 is de „R<sub>i</sub>” van verschillende monsters uitgedrukt per g organische stof uitgezet tegen de hoogteligging. Men ziet dat de „R<sub>i</sub>” een ongeveer even goed ver-

FIG. 9. Verband tussen „ $R_t$ ”-waarde en hoogteligging van bovengronden. VerzamelgrafiekFIG. 9. Relation between „ $R_t$ ”-value and altitude of topsoils. Compiled graph

band met de hoogteligging te zien geeft. De conclusies die men uit deze grafiek kan trekken zijn:

Bij een slootwaterstand tussen 0 en 45 cm beneden maaiveld treft men bijna geen „ $R_t$ -waarden” onder 2,2 aan, dus monsters die, zoals in par. a werd aangeduid, op verdroging wijzen; tussen 65 cm en 80 cm hebben bijna alle monsters een „ $R_t$ ” die lager ligt dan 2,2 en zijn dus alle verdroogd. Boven de 80 cm is niet veel meer van de invloed van een diepere ontwatering op de „ $R_t$ ” te zien. Deze conclusies dekken de conclusies, die uit het verband II-graad-hoogteligging getrokken konden worden, geheel.

### 3. DE VERANDERING VAN DE II-GRAAD MET DE DIEPTELIGGING ONDER HET MAAIVELD

In het algemeen was het onderzoek vooral gericht op de bovengronden. Talrijke II-graden van bovengronden werden bepaald. Hoewel soms andere diepten werden aangehouden, werd toch meestal bemonsterd van 5 tot 15 cm. Hierbij werd de zode (0–5 cm) verwijderd, daar deze soms de indruk gaf een wat andere vochtthoudding te hebben dan de rest van de bovengrond. In enkele gevallen werd de verandering van de II-graad met de diepteligging van het monster onder het maaiveld nagegaan.

FIG. 10. Verandering van de Ii-graad met toenemende diepte in het profiel

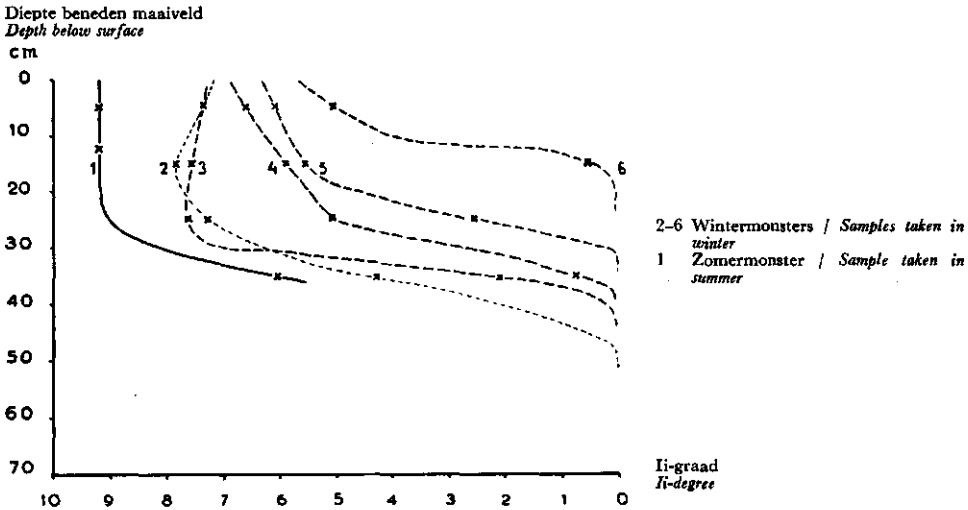


FIG. 10. Variation of Ii-degree with increasing depth in the profiles

Daar dit verloop van de Ii-graad zowel voor een goed begrip van de waterhuishouding als voor het beantwoorden van vragen betreffende de verbetering van deze grond van belang kan zijn, worden deze gegevens hier in het kort besproken.

Fig. 10 geeft een goed overzicht van het verloop van de Ii-graad in het profiel. De profielen 2, 3, 4, 5 en 6 werden in de winter bemonsterd.

Deze profielen bestaan uit:

1. venige klei op veen op modderklei,
2. venige klei op bosveen,
3. venige klei op een verdroogd veenlaagje (20-30 cm) op kateklei,
4. kleilig veen op riethoudende klei,
5. kleilig veen op rietveen,
6. klei op bosveen.

Men ziet, hoe bij het monster met een lage Ii-graad (no. 6) een geleidelijk verloop is in Ii-graad van boven naar beneden, waarbij de Ii-graad 0 al spoedig bereikt is.

Bij iets hogere Ii-graden (no. 4 en 5), neemt de Ii-graad eerst langzaam af om dan op  $\pm 20$  cm diepte zeer sterk af te nemen. Bij Ii-graden boven 7 is het beeld weer anders; hier blijkt de Ii-graad tot 25 à 30 cm diepte vrijwel constant.

In fig. 11 is de verandering in Ii-graad met de diepteligging in het profiel van een aantal veenprofielen in de huidige proefboerderij te Zegveld aangegeven. Deze profielen werden in mei/juni 1950 door HOOGHOUDT onderzocht, voordat de proeven hier gingen lopen. Wil men deze gegevens vergelijken met die in figuur 10, dan moet men er rekening mee houden dat het hier voorjaarsmonsters betreft.

FIG. 11. Verandering van de Ii-graad met toenemende diepte in het profiel. Monsters van proefboerderij te Zegveld (mei-juni 1950) Veenprofielen

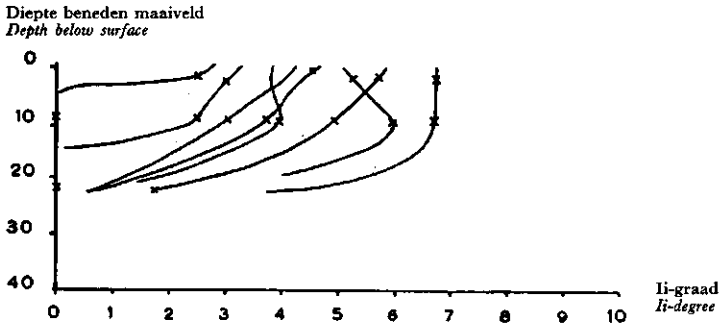


FIG. 11. Variation of Ii-degree with increasing depth in the profiles. Samples of experiment farm Zegveld (May-June 1950). Peat profiles

Men mag verwachten, dat de meeste van deze monsters een iets hogere Ii-graad hebben dan de wintermonsters. Hoewel de uitdroging van de profielen misschien iets minder diep gaat dan die van de profielen van figuur 10, is verder toch dezelfde tendens aanwezig. Een tweetal profielen geeft een iets afwijkend beeld, doordat de bovengrond relatief gezien een te hoge Ii-graad heeft. Wat hiervan de reden is, is ons niet bekend, mogelijk heeft hier de zodelaag gereageerd op een regenbui.

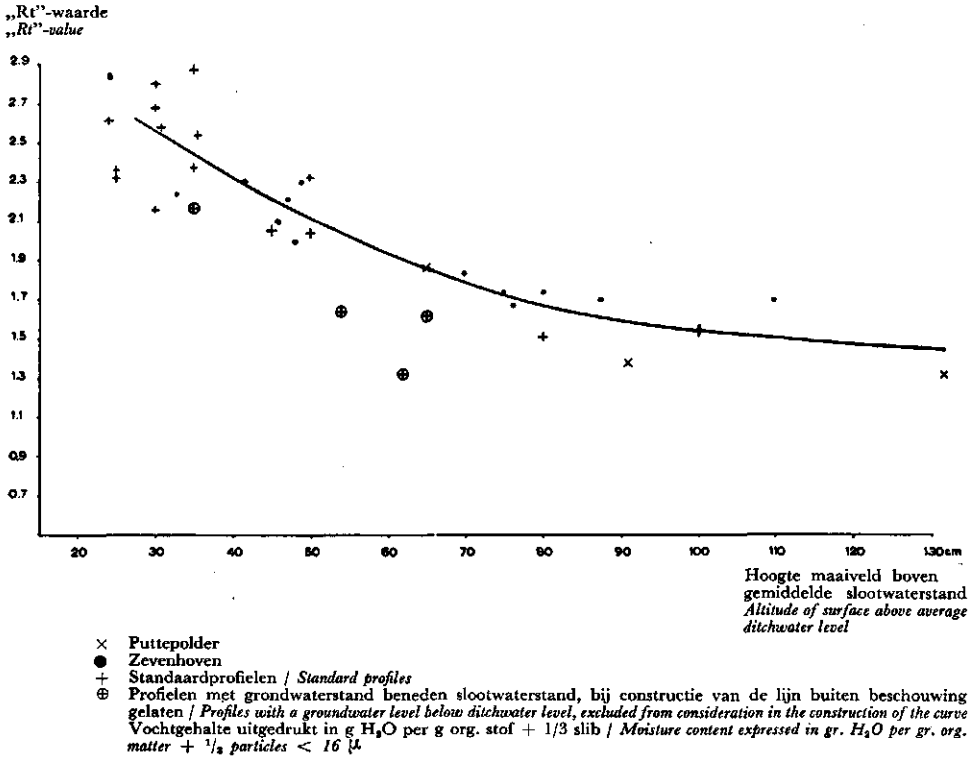
De weergegeven profielen van Zegveld hebben betrekking op profielen van kleilig veen op veen. Bij het onderzoek van HOOGHOUDT waren echter ook enkele venige kleiprofielen betrokken. Deze laten een iets ander verloop in Ii-graad zien:

Diepte	Ii-graad	Ii-graad	Ii-graad
0-5	6,5	7	4,5
5-15	5	6,5	4,5
15-25	5	5	5-
20-30			
15-35			

Op  $\pm 20$  à 25 cm diepte blijkt bij deze profielen een wat hogere Ii-graad voor te komen dan bij de veenprofielen.

Uit de beschouwingen blijkt dus, dat bovengronden met lage Ii-graden over het algemeen zeer dun zijn. Bij het nemen van monsters gaat men bij 5-15 cm vaak reeds te diep om de Ii-graad van de eigenlijke bovengrond goed te kunnen bepalen. Bij bovengronden met hoge Ii-graden is de verdroogde laag soms vrij dik (30 cm), wat voor de verbetering van het grasland een wat ongunstige omstandigheid is.

Bij dunne sterk verdroogde bovengronden, zou men anders kunnen overwegen om behalve infiltratie over te gaan tot het aanploegen van wat grond onder de verdroogde laag. Bij dikkere bovengronden kan men dit ook proberen, de kans op succes is dan echter veel geringer. Bij herontginning is het inderdaad wel mogelijk de verdroogde laag naar beneden te werken en een minder verdroogde laag naar boven te krijgen.

FIG. 12. Verband tussen „ $R_t$ ”-waarde van de bovengrond (wintermonsters) en hoogteliggingFIG. 12. Relation between „ $R_t$ ” value of the topsoil (samples taken in winter) and altitude

#### 4. DE WATERHUISHOUDING VAN DE BOVENGRONDEN IN VERBAND MET DE HOOGTELIKKING

De vochtigheid van de bovengronden op een bepaald tijdstip, dus de hoeveelheid water die de bovengrond bevat, is zoals men in het veld reeds kan zien, in belangrijke mate afhankelijk van de hoogteligging boven de gemiddelde hoogte van het slootwater.

In fig. 12 is dit tot uitdrukking gebracht voor een aantal wintermonsters. De vochtgehalten zijn ook hier uitgedrukt in gram H<sub>2</sub>O per gram organische stof + 1/3 slib. Bij het trekken van de lijn, die het verband aangeeft, werden de punten gemerkt als 0 niet meegerekend, daar bij deze punten (uit Gaasp en Gein) waarschijnlijk afzijging is opgetreden. Hierdoor is bij deze punten de slootwaterstand geen goede maatstaf meer voor de waterhuishouding en voor de vochtgehalten van deze bovengronden.

FIG. 13. Verband tussen „ $R_t$ ” waarde van de bovengrond (zomermonsters) en hoogteligging

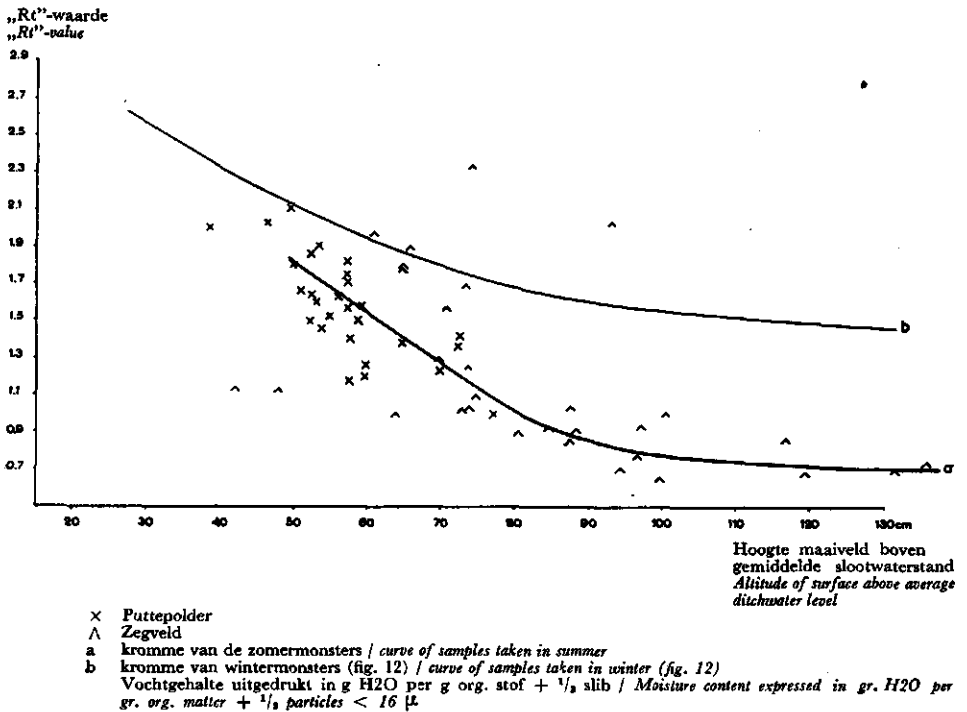


FIG. 13. Relation between „ $R_t$ ”-value of the topsoil (samples taken in summer) and altitude

Bij de overige in de grafiek aanwezige gronden is het verband tussen de hoogteligging boven de gemiddelde slootwaterstand en het vochtgehalte duidelijk.

In fig. 13 is hetzelfde tot uitdrukking gebracht voor een aantal zomermonsters uit Zegveld en de Puttepolder terwijl als vergelijking tevens de lijn uit de vorige grafiek is opgenomen. De hier weergegeven zomermonsters zijn gedurende een vrij normale zomerperiode (zonder extreme droogte) genomen. Bij de punten in deze grafiek moet opgemerkt worden dat bij de monsters van de Puttepolder mogelijk plaatselijk kwel optreedt, terwijl de gemiddelde slootwaterstanden soms iets hoger kunnen zijn dan is aangegeven. Deze slootwaterstanden werden nl. uitgerekend als verschil tussen hoogteligging N.A.P. en gemiddeld polderpeil. In vele gevallen is echter het water in de sloten die vaak vrij dicht zitten, iets hoger. Niettegenstaande deze onnauwkeurigheid is het verband tussen de hoogteligging en het vochtgehalte toch duidelijk aanwezig. Vergelijkt men de lijn, die dit verband aangeeft, dan ziet men dat deze lijn steeds lager ligt, dan bij de wintermonsters. De zomermonsters zijn dus zoals te verwachten droger dan de wintermonsters. Bij de hoger liggende monsters is het verschil tussen winter- en zomermonsters vrij groot nl.  $\pm 0,7$  à  $0,8$  gram H<sub>2</sub>O per gram organische stof + 1/3 slib. Indien de monsters lager liggen, is dit verschil veel kleiner.

De verklaring hiervoor moet men als volgt zien. Bij de hoger liggende gronden speelt het grondwater in de zomer geen of slechts een onbetekenende rol. De watervoorziening van het gewas berust vooral op de bovengrond die slechts weinig water uit de diepere lagen krijgt toegevoerd. Deze bovengrond wordt dan ook door de planten volledig uitgeput. Bij de wat dichtter bij het grondwater liggende gronden is de ondergrond de voornaamste vochtleverancier. Wel zal dit, gezien het feit dat de meeste beworteling in deze gronden in de bovengrond te vinden is, via de bovengrond plaatsvinden.

Uit de vorm van de lijn kan men constateren dat boven 80 à 90 cm de invloed van het grondwater gering is. Een verdergaande ontwatering heeft bij grasland dan ook waarschijnlijk weinig invloed meer op de droogte van de zode in de zomer. Het is te verwachten, dat de meeste bovengronden, die hoger dan 80 à 90 cm boven het slootwater liggen en die volgens de gegevens (zie ook fig. 8) bijna alle een Ii-graden hebben van 8,5 of hoger, vrijwel het verwelkingspunt van pF 4,2 genaderd zijn. Om dit na te gaan kan men de waarden uit deze grafieken (fig. 13), die schommelen tussen 1,0 en 0,65, vergelijken met de pF-waarden van 4,2, die door Ir. BUTIJN met de „pressure membrane” voor veenmonsters werden gevonden. Alvorens dit te doen willen we echter eerst even stilstaan bij de betekenis van de pF-waarden.

De „ $R_t$ -waarde” is min of meer als een pF-waarde te beschouwen (zie hoofdstuk II van Deel I). Theoretisch is dit een pF-waarde van ongeveer 3 (1045 g). Met het oog op het onderzoek, zoals dit zich thans in Nederland ontwikkelt, mag het een gelukkige omstandigheid heten, dat de „ $R_t$ -waarde”, blijkbaar een goede maat is voor de verdroging. Dit betekent waarschijnlijk, dat men in plaats van met de Ii-graden,  $R_o$  en „ $R_t$ ”, ook zal kunnen werken met de op de normale wijze verkregen pF gegevens.

Deze pF gegevens sluiten dan veel beter aan bij de bij andere onderzoekingen verkregen resultaten en zullen de onderzoekers dan ook meer aanspreken. Wel moet men hierbij beseffen dat pF-waarden evenals „ $R_t$ -waarden” en Ii-graden met het seizoen schommelen en verder ook afhankelijk zijn van de ontwateringstoestand van de beschouwde grond. Dit heeft tot gevolg dat, indien men van een laag liggende bovengrond of van een ondergrond bijv. de pF-waarde 4,2 bepaalt, deze niet reëel zal zijn. Indien bij hetzelfde monster in het veld deze waarde (pF 4,2) bereikt zou worden, wat echter alleen mogelijk is bij een verandering van de ontwateringstoestand, dan zal dit bij een ander vochtgehalte zijn dan bij de bepaling van een pF-waarde 4,2 in het laboratorium gevonden. Tijdens het nemen van de monsters voor de bepaling van het verwelkingspunt werd dit nog niet voldoende beseft en werden monsters met allerlei verdrogingsgraden verzameld. Het resultaat ziet men in fig. 14, waar de vochtgehalten bij pF 4,2 weer uitgedrukt per gram organische stof + 1/3 slib, staan uitgezet tegen de Ii-graden.

Bij een lagere Ii-graden vindt men hogere waarden dan bij een hogere Ii-graden. Deze hogere waarden zijn dus echter niet reëel, doordat de monsters die op verwelkingspunt terecht komen, altijd hogere Ii-graden zullen bezitten. Uit het verloop van de lijn die het verband weergeeft kan men afleiden, dat bij Ii-graden boven 8,5 de waarden liggen tussen 0,82 en 0,7. Indien men de spreiding om de lijn in aanmer-

FIG. 14 Verband tussen vochtgehalte bij pF 4,2 en Ii-graad. Vochtgehalte uitgedrukt in g H<sub>2</sub>O per g org., stof + 1/3 slib

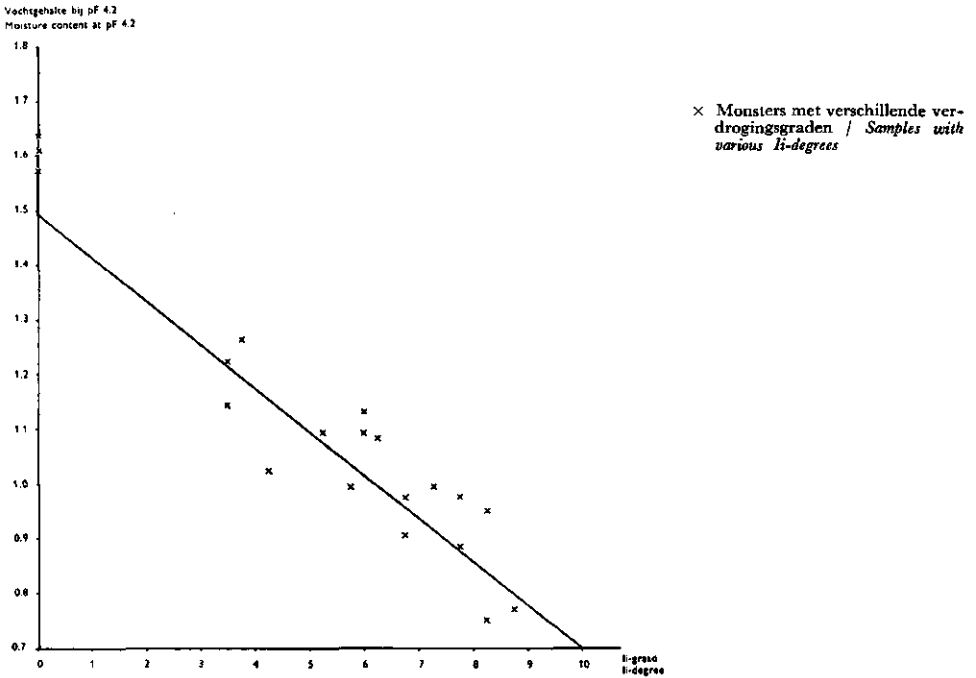


FIG. 14. Relation between moisture content at pF 4.2 and Ii-degree. Moisture content expressed in gr. H<sub>2</sub>O per gr. org. matter + 1/3 particles < 16  $\mu$

king neemt dan blijken de waarden tussen 0,9 en 0,6 te liggen. Vergelijkt men dit met de veldvochtgehalten die voor de monsters met een diepere ontwatering met Ii-graden van meest 8,5 en hoger gevonden werden nl. 1,0 en 0,65 dan blijkt dat de vochtgehalten van de beschouwde gronden niet veel hoger lagen dan de vochtgehalten bij het verwelkingspunt.



### III. DE INDELING VAN DE GRONDEN WAAROP VERDROGING VOORKOMT

#### 1. INLEIDING

Er zal in deze par. een hoofdingeling van de gronden, waarop de verdroging voorkomt, worden gegeven. Bij de hoofdingeling is een drietal onderscheidingscriteria van veel belang en wel:

1. De samenstelling van de grondsoorten; voor de bovengronden is dit vooral de verhouding tussen organische stof, slib en zand, voor de veenondergronden de verhouding tussen organische stof en slib.
2. De aard van de veenondergrond.
3. De dikte en de aard van de bovengrond.

Aan elk van de eerste twee criteria zal een aparte par. gewijd worden, alvorens tot de eigenlijke indeling van de veengronden over te gaan. Het 3e criterium, dat nog slecht bestudeerd is, zal slechts terloops bij de indeling naar voren komen.

#### 2. DE INDELING VAN DE MENGSELS VAN ORGANISCHE STOF, SLIB EN ZAND

Bij deze bespreking van de indeling van de mengsels van organische stof, slib en zand, zal gebruik gemaakt worden van een grafiek die door DOEGLAS (1956) is ontwikkeld. Alvorens op deze indeling in te gaan zal eerst deze grafiek in het kort moeten worden toegelicht. In de grafiek van fig. 15 worden de monsters lineair cumulatief ingetekend. In fig. 15 ziet men een monster, waar in dit geval van bekend is: % organische stof, minerale delen  $< 16 \mu$  en minerale delen groter dan  $16 \mu$ , in procenten lineair cumulatief uitgezet.

De op deze manier uitgezette monsters zullen door ons in de hiervolgende bespreking op een dusdanige wijze in de grafiek worden gesorteerd, dat het punt dat de organische stof aangeeft op de diagonaal terecht komt, die het linker benedenhoekpunt met het rechter bovenhoekpunt verbindt. In de praktijk komt het er op neer dat de ligging van het  $16 \mu$  punt de samenstelling van het monster wat betreft % org. stof, % kleiner dan  $16 \mu$  en % groter dan  $16 \mu$  aangeeft. Het percentage organische stof kan het best afgelezen worden op de verticale as. Hierbij is het niet beslist noodzakelijk dat het punt dat de organische stof aangeeft in grafiek met  $\times$  apart aangegeven wordt.

Een bruikbare indeling van de mengsels van organische stof, klei en zand bestaat in Nederland nog niet. Door DUIVERMAN (1948) wordt getracht een dergelijke indeling te maken, deze indeling vertoont echter zeer veel gebreken en zal hier niet gevolgd worden.

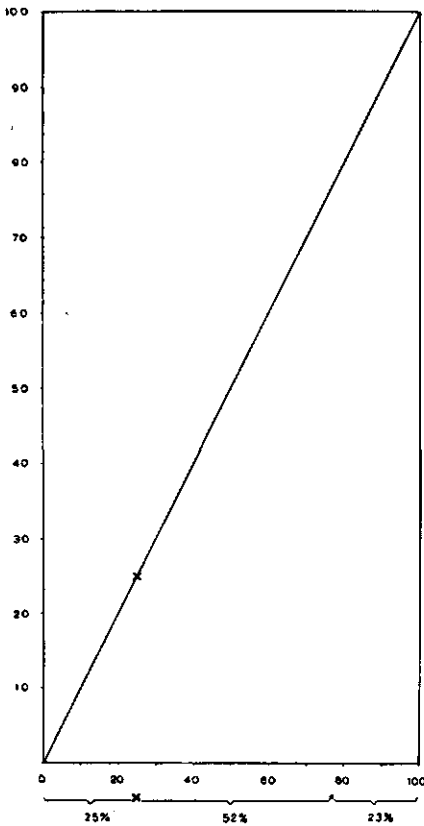


Fig. 15. Sorteergrafiek volgens Doeglas

Monsters bestaande uit:  
Samples consisting of:

25 % { org. stof  
          { org. matter

52 % { minerale delen < 16  $\mu$   
          { mineral parts < 16  $\mu$

23 % { minerale delen > 16  $\mu$   
          { mineral parts > 16  $\mu$

Fig. 15. Distribution graph according to Doeglas

Schat men in het veld de „humositeit”<sup>1</sup> van een monster, dan blijkt, dat bij een mengsel van zand en organische stof een bepaalde humositeit bij een veel lager percentage organische stof bereikt wordt dan bij een mengsel van klei en organische stof. Dit betekent dus dat bijv. de grens tussen de humeuze en sterk humeuze niet gelegd kan worden bij een bepaald humuspercentage, maar dat men rekening moet houden met het gehalte aan kleideeltjes.

Behalve de hoeveelheid kleideeltjes spelen hierbij bovendien de aard van de organische stof en ook het vochtgehalte een rol. Wil men echter tot een bruikbare indeling in humositeitsklassen komen dan zal men deze invloeden moeten verwaarlozen.

Waarom het kleipcentage een zekere invloed op de humositeit van het monster, zoals dat zich in het veld voordoet, heeft, is niet geheel duidelijk. Men kan hierbij echter denken aan de volgende redenen:

<sup>1</sup> Het begrip „humositeit” sluit meer aan bij de landbouwkundige waardering dan het humusgehalte alleen. Eigenschappen als gevoeligheid voor vertrapping, structuur, stevigheid van het profiel, gevoeligheid voor vertering, geschiktheid voor tuinbouwdoeleinden enz., hangen veel meer rechtstreeks samen met het hier bedoelde begrip „humositeit” dan met het humusgehalte.

1. De indruk van de humositeit wordt verkregen door de verhouding van de percentages die de organische stof en minerale delen in de grond innemen en niet door hun gewichtspercentages.
2. Los van het volume kan er ook invloed uitgaan van het totale oppervlak van de deeltjes.

In het laatste geval zou fijn zand met een zeker humuspercentage minder humeus zijn dan grof zand met hetzelfde humuspercentage. Hoewel deze factor zeker niet is uit te sluiten speelt ze waarschijnlijk niet de hoofdrol, daar dit verschijnsel (verband) in de zandgebieden zeker niet opvallend is.

Uit fig. 12 en 13 in hoofdstuk II is te concluderen dat 1 gram organische stof in veldomstandigheden ongeveer 1,6 gram water bindt. We willen er verder van uitgaan dat 1 gram slib  $\frac{1}{3}$  van deze hoeveelheid dus 0,53 gram water bindt en dat in dergelijke organische-stofrijke gronden het zand verder voor de waterbinding geen rol speelt. Nemen we verder aan dat de hoeveelheid water die vastgehouden wordt geheel het natte volume van de organische stofdeeltjes en de kleideeltjes ten goede komt dan neemt 1 gram organische stof 2,6 cc in, 1 gram slib neemt  $\frac{1}{2,7}$  cc + <sup>0,53</sup>~~0,66~~ cc = 0,90 cc in, terwijl 1 gram zand  $\frac{1}{2,7}$  cc = 0,37 cc inneemt.

Voor een gelijke „humositeit” moet nu volgens de eerstgenoemde hypothese de verhouding tussen het veldvolume van de organische stof en de minerale delen gelijk blijven, dus

$$\frac{2,6 \times \% \text{ organische stof}}{0,90 \times \% \text{ slib} + 0,37 \times \% \text{ zand}} = \text{constant}$$

bij gelijke „humositeit”.

Neemt men voor de organische-stofrijke mengsels van organische stof en zand als grenzen van de humusklasse aan 9%, 14%, 24% en 40% organische stof, dan vindt men als grenzen voor de humusklasse bij een theoretisch mengsel van organische stof en slib ongeveer 20%, 30%, 45% en 65%. Dit verloop van de grenzen van zand naar zware grond stermt goed overeen met de veldervaringen. De humusindeling, die door ons bij de beschouwingen van de verdrogende gronden gevolgd zal worden, sluit hierbij dan ook nauw aan.

De verschillende grenzen die aangenomen werden zijn:

De grens van humeuze gronden en sterk humeuze gronden loopt, van zand naar 100% slib, op van 9% tot 18% organische stof.

De grens van sterk humeuze grond naar zeer sterk humeuze of venige grond loopt op van 14% tot 28% organische stof.

De grens van zeer sterk humeuze grond of venige grond naar zandig of kleiig veen loopt op van 24% organische stof naar 45% organische stof. De grens van zandig of kleiig veen naar veen loopt op van 40% organische stof naar 70% organische stof.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat deze indeling als voorlopig gezien moet worden. Enerzijds zal er fundamenteel werk moeten geschieden om de invloed van

FIG. 16. Indeling van organische-stofrijke mengsels van organische stof, slib en zand naar de ligging van het 16 mu punt in de Doeglasgrafiek

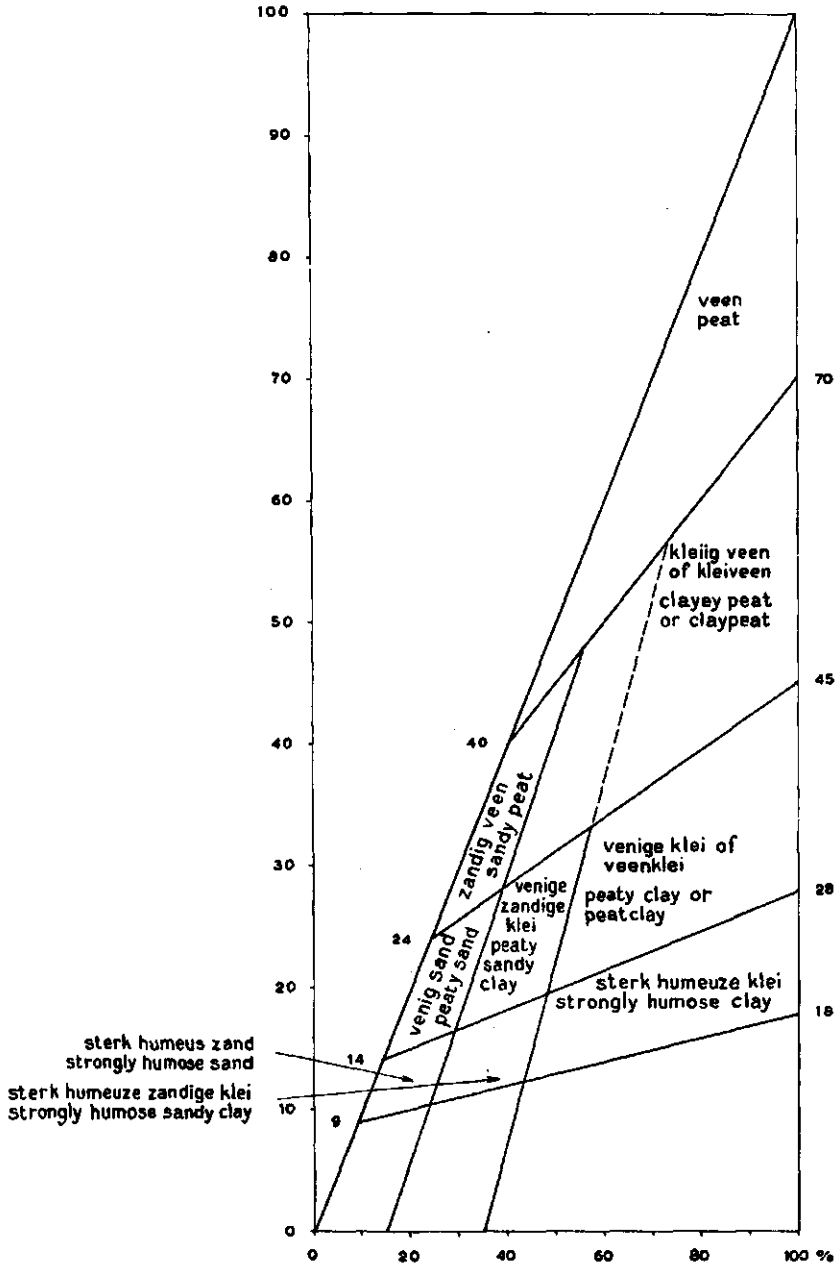


FIG. 16. Classification of mixtures rich in organic matter, of organic matter, clay and sand according to the position of the 16 mu point in the graph according to Doeglas

Organische stof / Organic matter

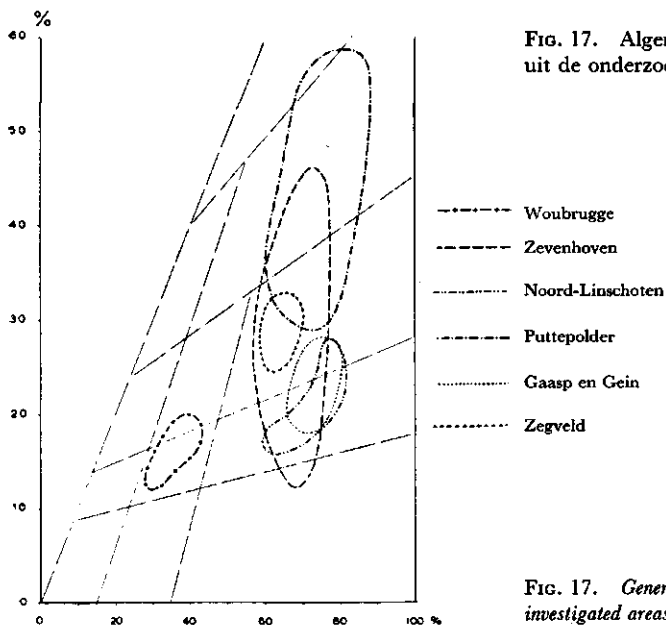


FIG. 17. Algemeen overzicht van de monsters uit de onderzochte gebieden

FIG. 17. General view of the samples from the investigated areas

de slib- en kleideeltjes op de humositeit verder uit te werken. Anderzijds zal in de toekomst de indeling waarschijnlijk beter op de deeltjes kleiner dan 2  $\mu$  in plaats van op de deeltjes kleiner dan 16  $\mu$  kunnen worden gericht.<sup>1</sup>

Een grote verandering zal dit echter niet geven, daar de klei die in het onderzochte gebied met het veen gemengd is, over het algemeen zeer hoge lutum/slibverhoudingen te zien geeft.

In fig. 16 is verder een indeling in zand, zandige klei en klei aangegeven. De grens tussen zand en zandige klei is hierbij gesteld op 15% slibdeeltjes en de grens tussen zandige klei en klei bij 35% slibdeeltjes.

Dezelfde indeling is ingetekend in fig. 17, waarin tevens de gebieden staan aangegeven waarin de 16  $\mu$  punten van de bovengrondmonsters uit de verschillende onderzochte gebieden vallen. Uit deze grafiek zijn verschillende conclusies te trekken. De onderzochte bovengrondmonsters uit de gebieden, waarin verdroging voorkomt, vallen alle in het kleitraject van de grafiek. Ze bestaan uit kleilig veen, venige klei en sterk humeuze klei. De enkele bovengrondmonsters uit de polder Zevenhoven die tot de humeuze klei behoren kunnen buiten beschouwing worden gelaten, omdat ze niet tot de verdrogende gronden te rekenen zijn. De monsters van het type Woubrugge (laatste monsters), die niet geheel meer tot de verdrogende gronden te rekenen zijn,

<sup>1</sup> Na het gereedkomen van dit manuscript heeft de Commissie voor Bodemclassificatie van de Stichting voor Bodemkartering in januari 1957 de hier genoemde grenzen iets gewijzigd en de indeling gebaseerd op lutum ( $< 2 \mu$ ). Tevens zijn toen de namen van de diverse humusklassen veranderd. Fundamentele wijzigingen zijn echter niet meer aangebracht.

behoren voor het grootste gedeelte in het traject van de sterk humeuze zandige klei.

Beschouwen we de bovengrondmonsters uit het kleigebied nader, dan blijkt dat de bovengrondmonsters uit Zegveld geheel tot de venige klei te rekenen zijn, terwijl die uit de polder Noord-Linschoten en uit de polder Gaasp en Gein gedeeltelijk tot de venige kleigronden en gedeeltelijk tot de sterk humeuze kleigronden te rekenen zijn. Deze drie gebieden behoren in tegenstelling tot Zevenhoven en de Puttepolder tot het bovenland. Hieruit moet men echter niet de foutieve conclusie trekken, dat op het bovenland echte klei-veen-bovengronden niet zouden voorkomen. Deze vindt men bijv. in vrij grote uitgestrektheid in het oligotrofe veengebied rond Amsterdam.

De bovengrondmonsters uit de Puttepolder en uit Zevenhoven hebben een vrij grote spreiding, vooral in Zevenhoven is dit het geval.

Daarnaast komen buiten de onderzochte gebieden in de droogmakerijen ook nog humusarmere bovengronden voor.

### 3. DE INDELING VAN DE VEENSOORTEN

Behalve de indeling van de mengsels van organische stof, klei en zand is een indeling van de veensoorten, zoals deze in de ondergrond voorkomen, noodzakelijk.

De indeling van de veensoorten is meest gebaseerd op de plantengezelschappen die het veen vormen. Deze plantengezelschappen groepeerd men veelal in: oligotroof mesotroof en eutroof, al naar het milieu waarin deze plantengezelschappen groeien. Oligotroof betekent voedselarm, eutroof voedselrijk, terwijl mesotroof tussen beide instaat. Ook het veen groepeerd men wel in deze drie groepen. In dit geval is eutroof veen het veen, dat uit een plantengezelschap, groeiend onder voedselrijke omstandigheden, ontstaan is.

Zo is het bosveen langs de grote rivieren eutroof veen, wat af te leiden is uit de plantenresten, die erin voorkomen. Over het algemeen zal oligotroof veen weinig plantenvoedingsstoffen bevatten en eutroof veen vrij veel. Men gebruikt ook wel de pH van het veen voor de indelingen oligotroof, mesotroof en eutroof. Eutroof veen is dan veen met een hoge pH en liefst nog met koolzure kalk. Deze indeling leidt echter tot verwarring, omdat venen, ontstaan uit eutrofe plantengezelschappen, door secundaire oorzaken een lage pH kunnen krijgen.

Ze hebben dan wel een lage pH, maar zowel de ontstaanswijze als de verdere eigenschappen van dit veen zijn die van een veen uit een eutroof milieu. Zo kan bij de eutrofe rietvenen de pH ten gevolge van het voorkomen van pyriet bij oxydatie extreem laag worden. In de Ronde Venen werd bij eutroof rietveen een pH van 1,9 gemeten.

Eutroof veen is in de lage delen van Nederland vaak gemengd met zee- of rivierklei. Alle overgangen van rivierklei over venige klei en kleilig veen naar veen komen voor evenals de overgangen van zeeklei naar veen.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste Nederlandse veensoorten (zie ook BENNEMA 1954).

Deze indeling is slechts grof. De aard van deze verschillende venen kan nog

wisselen. Zo heeft men bijv. rietveen met veel middenstof en weinig rietrhizomen en rietveen, dat voornamelijk uit rietrhizomen bestaat, terwijl ook andere waterplanten uit de rietgordel een belangrijke rol kunnen spelen in dit veen. Ook heeft men rietveen met veel pyriet en rietveen met slechts vrij weinig pyriet. Bovendien komen allerlei tussenvormen voor. Zo is Betulaveen vaak gemengd met Carices of met Sphagna.

In West-Nederland komen verschillende van de hier genoemde veensoorten zoals: dy, overgang van dy naar gytja, Scheuzeriaveen en Pinusveen niet voor, terwijl enkele andere veensoorten in het gebied, dat in het kader van de studie der verdrogende gronden beschouwd werd, zeldzaam zijn.

De belangrijkste veensoorten qua oppervlakte, waarop verdrogende veengronden voorkomen, zijn: bosveen en rietveen. Hier en daar treft men ook verdrogende gronden aan op zeggeveen, mosveen, bagger en op verslagen veen. Ook komt het vaak voor, dat alleen een humeus tot venig dek op een minerale ondergrond aanwezig is.

De veensoort is in het algemeen o.a. van betekenis:

- a. voor de waterhuishouding van het profiel
- b. als moedermateriaal voor de bovengrond
- c. als milieu voor beworteling.

De factor *b.* heeft echter in West-Nederland niet die betekenis die hij elders wel heeft. In het laatste stadium vóór de bedijking is vaak wat klei op het veen afgezet, wat nu in de bovengrond vaak een belangrijke rol speelt. Op dit laagje is in het bovenland door toemaak (bagger + mest) en compost vaak een geheel nieuwe bovengrond ontstaan en het eigenlijke veen is nauwelijks meer als moedermateriaal aan te merken. Daar waar het land later verveend is, dus in de droogmakerijen, is de huidige bovengrond veelal ontstaan uit materiaal, dat in de plas die na de vervening ontstond circuleerde. Dit was o.a. oude bovengrond, die niet geschikt was voor vervening en werd teruggezet, verslagen veen en nieuw materiaal, gevormd uit de organismen die in de plas leefden. Hier heeft men dus ook vaak met bovengronden te doen, die niet uit één bepaalde veensoort zonder meer zijn ontstaan.

#### 4. DE INDELING VAN DE BODEMPROFIELEN WAAROP VERDROGING VOORKOMT IN WEST-NEDERLAND

De gronden waarop verdroging voorkomt kan men in eerste instantie verdelen in veengronden en klei- en zavelgronden.

Onder de veengronden worden dan verstaan de gronden met een veen- of kleiveenlaag, dikker dan 40 cm. Hierbij is het niet noodzakelijk, dat de bovengrond uit veen of venig materiaal in de geest van de in de vorige paragraaf behandelde indeling bestaat, de bovengrond mag ook uit een meer of minder humeus klei- of zanddek bestaan. Dit klei- of zanddek mag dan echter niet dikker zijn dan  $\pm$  40 cm. Dit betekent dus bijv. dat de klei- op veengronden tot de veengronden gerekend worden als

het veen boven de 40 cm voorkomt en de veenlaag dikker is dan 40 cm. Bij een dikker dek worden deze gronden gerekend bij de kleigronden en dan ook kleigronden-op-veen genoemd. Indien de bovengrond uit venige klei of venig zand bestaat dan mag deze laag maximaal 60 cm dik zijn. Voldoet het profiel niet aan bovengenoemde eisen, dan hebben we met klei- of zavelgrond te maken.

De bovengronden van de klei- en zavelgrond waarop verdroging voorkomt bestaan uit sterk humeuze klei, veenklei of kleiveen of veen. Indien de bovengrond geheel of gedeeltelijk als kleiveen of veen ontwikkeld is, dan mag de totale dikte van dit kleiveen of veen niet dikker zijn dan 40 cm, anders zijn ze tot de veengronden te rekenen. Deze klei- en zavelgronden met verdrogende venige bovengronden vindt men vooral in de droogmakerijen. Men kan deze gronden verdelen in:

1. Vaste klei- en zavelprofielen met meest sterk humeuze of venige dekken met slechte herbevochtigingsmogelijkheden.
2. Modderkleiprofielen of profielen met een dikke laag kateklei met meest sterk humeuze of venige dekken met slechte herbevochtigingsmogelijkheden.
3. Vaste klei- en zavelprofielen met sterk humeuze of venige dekken met goede herbevochtigingsmogelijkheden, vaak zijn kalkrijke ondergronden aanwezig.

Het verschil tussen 1 en 3 zal in hoofdstuk X worden besproken. De veengronden van het bovenland kunnen in eerste instantie verdeeld worden in:

4. Veengrond met mineraal dek van zand of klei.
5. Veengrond met goed veraarde veen- of venige bovengrond.
6. Veengrond met slecht veraarde veen- of venige bovengrond.
7. Veengrond met bovengrond bestaande uit slechts gedeeltelijk vergane plantenresten (bijv. rietveen, sphagnumveen).

De veengronden van de droogmakerijen en van het bovenland in West-Nederland hebben over het algemeen goed veraarde bovengronden (5). Het is echter waarschijnlijk dat in de jongste droogmakerijen gronden voorkomen die tot de veengronden met slecht veraarde bovengronden (6) gerekend moeten worden. Dit is echter nog weinig bestudeerd en de verdeling van 2 en 3 is bij de studie van de verdrogende veengronden dan ook nog niet doorgevoerd. Over het algemeen kan echter gesteld worden, dat de ervaringen met de Westnederlandse verdrogende veengronden vooral betrekking hebben op gronden met goed veraarde bovengronden en dat deze ervaringen niet zonder meer overgebracht mogen worden op slecht veraarde veengronden elders in ons land. Zo bleek bij een oriënterend onderzoek van enkele monsters uit de Peel, dat de II-graad op niet veraard veen een geheel andere betekenis heeft dan in West-Nederland werd gevonden.

Bij de indeling van de Westnederlandse veengronden spelen behalve het al dan niet optreden van een mineraal dek de textuur en de humositeit van dit dek een belangrijke rol. Bij een samennemen van de hiervoor genoemde gronden met goed veraarde bovengronden en die met matig tot slecht veraarde bovengronden en bij een verwaarlozing van zandige bovengronden, die in het onderzochte gebied slechts



FIG. 18. De samenstelling van enkele typische profielen

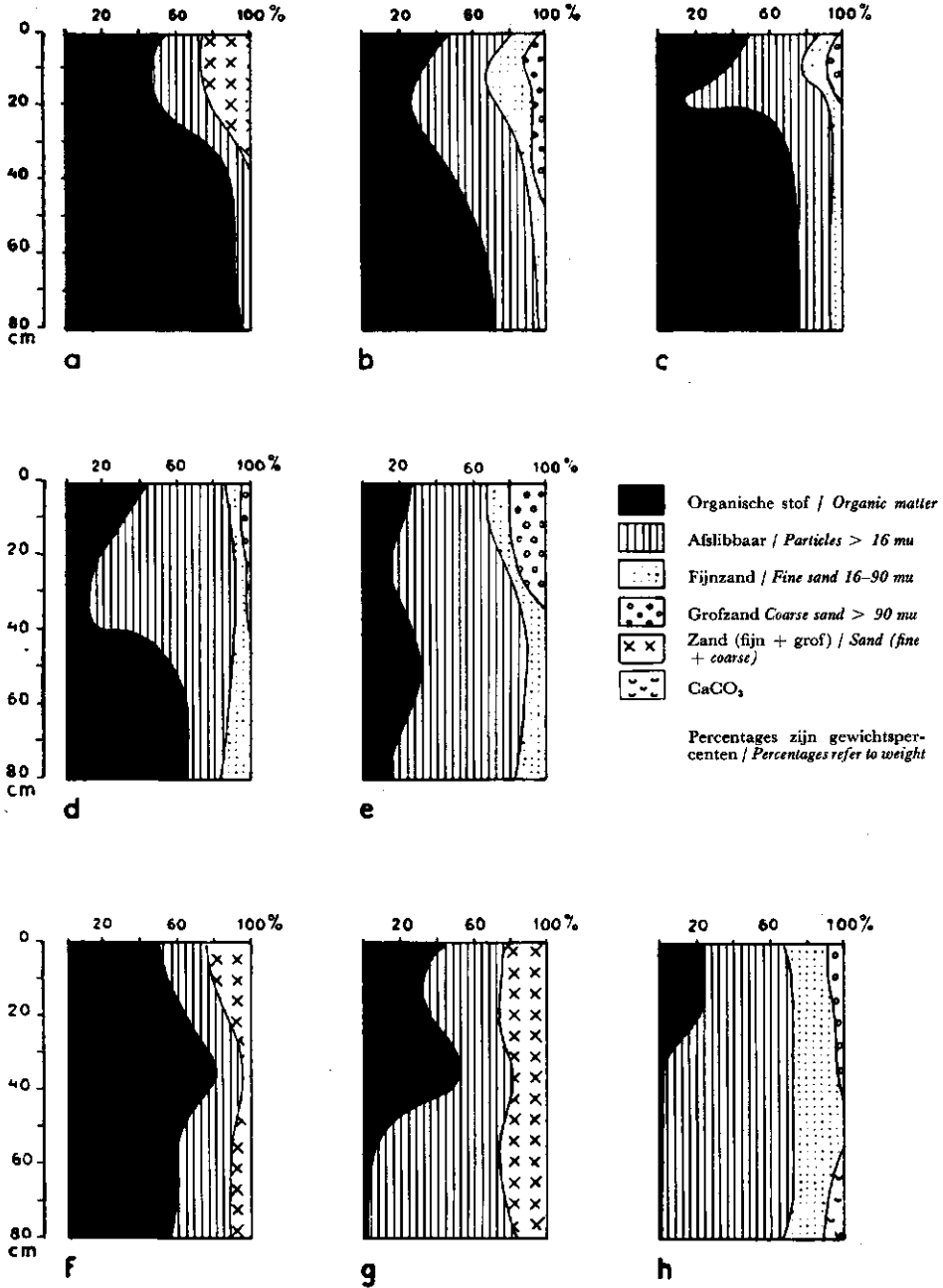


FIG. 18. Composition of some typical profiles

## Legenda bij fig. 18 / legend with fig. 18

- a. Kleiveengrond op morveen. Standaard profiel VIII. Sloterpolder, bovenland  
*Clay peat soil over Sphagnum peat. Standard profile VIII. Sloterpolder, „bovenland“*
- b. Veenkleigrond op bosveen. Veldje CI 203-271. Kamerik, bovenland  
*Peat clay soil over wood peat. Experiment plot CI 203-271. Kamerik, „bovenland“*
- c. Veenkleigrond met dun kleilaagje op bosveen. Veldje CI 242, Reeuwijk, bovenland  
*Peat clay soil with thin clay layer over woodpeat. Experiment plot CI 242, Reeuwijk, „bovenland“*
- d. Klei-op-veengrond. Standaardprofiel XII, Hoenkoop, bovenland  
*Clay over peat soil. Standard profile XII. Hoenkoop, „bovenland“*
- e. Sterk humeuze kleigrond. Veldje CI 203-246. Meye-Zegveld, bovenland  
*Strongly humose clay soil. Experiment plot CI 203-246. Meye-Zegveld, „bovenland“*
- f. Kleiveengrond op rietveen. Standaardprofiel XII, Puttepolder, droogmakerij  
*Clay peat soil over reed peat. Standard profile XII. Puttepolder, reclaimed lake*
- g. Veenkleigrond op middelklei. Standaardprofiel X, Puttepolder, droogmakerij  
*Peat clay soil over mud clay. Standard profile X. Puttepolder, reclaimed lake*
- h. Sterk humeuze kleigrond met kalkrijke ondergrond. Veldje CI 203-296. Ter Aar droogmakerij  
*Strongly humose clay soil, calcareous subsoil. Experiment plot CI 203-296. Ter Aar, reclaimed lake*

weinig voorkomen, komt men tot de volgende indeling (zie ook fig. 18) naar de textuur en de humositeit van de bovengrond:

1. Klei op veengrond. Onder de zode komt een humeuze tot sterk humeuze kleilaag voor, waarvan de dikte 10 tot 30 cm kan bedragen; is de laag dunner dan 10 cm dan komt de grond bij één van de volgende typen, wordt de kleilaag dikker dan 30 cm, wat in het algemeen zeggen wil dat het veen dieper dan 40 cm in het profiel voorkomt, dan komt de grond bij de kleigronden.
2. Veengronden met een bovengrond van venige klei. Onder de zode komt een venige deklaag voor, waarvan de dikte 10 tot 60 cm kan bedragen.
3. Veengrond met een bovengrond van kleiig veen. Onder de zode komt een klei-veenlaag voor, die minstens 10 cm dik is.
4. Veengrond met veenbovengrond. Bij een verdere indeling van deze gronden spelen o.a. de volgende criteria een rol: het zandgehalte van de bovengrond, de verdrogingsgraad van de bovengrond, de dikte van de veraarde bovengrond, de aard van het onderliggende veen, het voorkomen van kleilagen in de ondergrond, de diepte van de vaste ondergrond.

## IV. DE OORZAAK EN DE OMVANG VAN DE VERDROGING IN WEST-NEDERLAND

### 1. DE OORZAAK VAN DE VERDROGING OP HET BOVENLAND

Het bovenland is hoofdzakelijk in gebruik als grasland. De polderpeilen werden dan ook aangepast aan deze vorm van grondgebruik. Dat er niettegenstaande deze aangepaste polderpeilen toch plaatselijk verdroging optreedt, is over het algemeen te wijten aan kleine hoogteverschillen binnen één polder. Heeft men het grootste gedeelte van een polder op de juiste wijze ontwaterd en het slootwater ongeveer 40 cm onder het maaiveld gebracht, dan kan een plaatselijk iets hogere ligging van het maaiveld, bijv. van 20 cm, reeds verdroging veroorzaken.

De hoogteverschillen kunnen in het bovenland het gevolg zijn van:

1. Verschillen op korte afstand in de diepte van de vaste pleistocene zandondergrond. Over het algemeen is deze ondergrond vrij vlak behoudens een helling naar het westen. Om Abcoude en tegen de Utrechtse heuvelrug is de topografie van deze zandondergrond echter onrustiger. Hierdoor zijn de veendikten op korte afstand sterk wisselend hetgeen leidt tot inklinkingsverschillen (zie fig. 41 hoofdstuk VII) en daarmee ook tot hoogteverschillen.
2. Verschillen in klink komen ook voor doordat vastere kleibanen (rivierlopen) in het veen, en wel meest in het bosveen, voorkomen. Kleibanen die tot verdroging aanleiding geven vindt men o.a. om Zegveld, Kockengen, in de polder Noord-Linschoten bij Oudewater en ten zuiden van Boskoop. Deze kleibanen liggen iets hoger dan het omringende veenland, doordat ze vastere profielen bezitten dan het omringende land. Ter plaatse is het maaiveld daardoor minder gezakt.
3. Verschillen in klink vindt men vaak ook op 1 perceel, doordat de grondwaterspiegel in de zomer vanaf de slootkanten naar het midden daalt. Het midden van het perceel is dan dieper ontwaterd, met als gevolg een grotere klink in het midden dan aan de kanten (zie fig. 19). Men denkt wel eens, dat deze holle ligging te wijten is aan ophoging van de randen. Beziat men de figuur goed, dan blijkt wel, dat dit niet het geval is. Op deze holle percelen treft men vaak verdroging aan de kanten aan. Men kan de holle ligging van de percelen op allerlei soorten veen aantreffen. Het sterkst is het verschijnsel echter op de bosvenen en rietvenen en wel vooral op zeer diepe veenprofielen.
4. Ook door sterk opbaggeren kunnen hoogteverschillen ontstaan, die tot verdroging kunnen leiden. Dit treft men nogal eens aan bij perceeltjes die ten behoeve van de vroeger uitgeoefende hennepcultuur opgebaggerd zijn.
5. Een bijzonder geval van het ontstaan van hoogteverschillen is te vinden in de Spieringhornerbinnenpolder ten westen van Amsterdam. Hier is een gering hoogteverschil ontstaan doordat bij een dijkdoorbraak veel zand op het veen werd afgezet. Eenzelfde geval vindt men ook langs de weg van Streefkerk naar Bleskensgraaf in de Alblasserwaard.

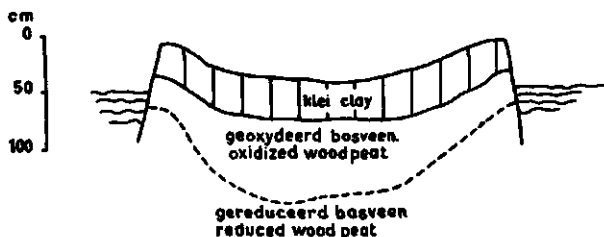


FIG. 19. Doorsnede door een hol liggend bosveenperceel

FIG. 19. Cross-section through a concave shaped wood peat lot

Naast hoogteverschillen kunnen ook ontwateringsverschillen aanleiding geven tot verdroging. Dit treft men wel aan op het bovenland aan de rand van de droogmakerijen en in het Oude Rijngebied tussen Bodegraven en Leiden. De waterstanden kunnen hier plaatselijk sterk verlaagd worden door afzijging naar de lagere polders. Men treft het, behalve in het gebied van de Oude Rijn, o.a. ook sterk aan in de noordwesthoek van de Haarlemmermeer. Deze gevallen, die hier geen grote rol spelen, komen overeen met het bekende geval aan de westrand van de Noord-Oostpolder in de kop van Overijsel, waar door afzijging veel verdroging optrad (VEENENBOS, 1950).

Aan de hand van het object Zegveld en van het object polder Noord-Linschoten zal het verband tussen de hoogteligging en het voorkomen van kleibanen in oude rivierlopen verder toegelicht worden evenals de verschillen in de hoogteligging van de middens en de randen van de percelen.

Met de polder Gaasp en Gein als voorbeeld zal de invloed van de hoogteverschillen in de pleistocene zandondergrond op de hoogteverschillen van het maaiveld en daardoor op de verdroging, gedemonstreerd worden.

## 2. DE OMVANG VAN DE VERDROGING OP HET BOVENLAND

De meest voorkomende oorzaken van de verdroging in het bovenland zijn: de mindere klink van de slootkanten en het voorkomen van smalle kleibanen. Dit heeft tot gevolg, dat de verdroging in het bovenland zeer verspreid voorkomt. Schattingen over het aantal ha van het bovenland, dat aan werkelijke verdroging leidt, zullen dan ook zeer grof moeten blijven. Alvorens echter nader op deze schattingen in te gaan, zullen we echter eerst enkele gebieden noemen waar tamelijk veel verdroging voorkomt. Hierbij wordt niet naar volledigheid gestreefd.

Verdroging ten gevolge van een onrustig reliëf van de zandondergrond treft men o.a. aan in de volgende polders:

1. Gaasp en Gein polder nabij Abcoude met 250 ha matige tot lichte verdroging.
2. Oostzijdsepolder nabij Abcoude met 130 ha matige en  $\pm$  165 ha lichte verdroging.

Verdroging op kleiruggen kan men in vrijwel alle polders waarin bosveen of klei op bosveen voorkomt, aantreffen. Het werd o.a. in vrij grote omvang geconstateerd in de volgende polders:

De Holendrecht- en Waardassackerpolder nabij Abcoude (145 ha matig tot sterke en 120 ha lichte verdroging).

In het Miland rond Zegveld.

In de polder Sprengen en de polder Groot en Klein Oud Aa nabij Kockengen in West-Utrecht.

Het gebied langs de Prinsendijk ten zuiden van Bodegraven.

De polder Noord-Linschoten nabij Oudewater.

Op de grens van Boskoop en Waddinxveen.

Rondom Hoenkoop.

Tot slot volgen hier nog een paar gebieden waar verdroging door andere oorzaken optreedt: De Riekerpolder bij Amsterdam en de Overweesepolder bij Purmerend. Beide polders zijn, zoals uit de bodemkundige gesteldheid blijkt, nadat ze reeds verkaveld waren weer ingelopen. Hierdoor is weer nieuwe veenvorming opgetreden waardoor plaatselijk venige kleilaagjes op het veen zijn afgezet, hetgeen een ongunstige invloed op de bodemgesteldheid ten opzichte van de verdroging heeft gehad. Bovendien is het mogelijk, dat er afzijging optreedt naar respectievelijk de Haarlemmermeerpolder en de Beemster.

Al met al kan men het oppervlak aan matig tot sterk verdroogde veengronden in het bovenland op  $\pm$  2500 ha schatten. Hierbij is afgezien van een taxatie van de gronden die op de grens van verdrogen staan (licht verdroogde veengronden) of die slechts zeer pleksgewijs verdroging vertonen.

### 3. DE OORZAAK VAN DE VERDROGING IN DE DROOGMAKERIJEN

Verdrogend grasland vindt men lang niet in alle droogmakerijen. Ernstige verdrogingsverschijnselen treden slechts op indien er een venige of sterk humeuze bovengrond ligt op een profiel, dat naar beneden niet snel kalkrijk wordt. In grote delen van de droogmakerijen zijn de bovengronden niet voldoende humeus om aanleiding tot verdroging te geven. Bovendien heeft men daar veelal te maken met bouwland. Er zijn echter ook nog vrij grote gedeelten waar het humeuze dek op een goede ondergrond ligt. Hier is echte verdroging dan ook schaars (zie hoofdstuk X). Dit vindt men o.a. in de volgende droogmakerijen: Veenderpolder, Veender- en Lykerpolder, Vrouwengeestpolder, Vierambachtspolder en verder in verschillende polders bij Zoetermeer, Stompwijk en Leidschendam.

Door het ontbreken van de echte verdroging op de kalkrijkere humeuze en venige klei- en zavelprofielen behoeft het geen verwondering te wekken, dat men de verdroging vooral in de randgebieden van de oude zeeklei aantreft. Ook vindt men hier het meeste grasland. De verdroging komt hier meestal voor op venige dekken, die op een kleiige kalkarme ondergrond liggen. Deze ondergrond is soms tot op meer dan 1 m diepte kalkloos. Indien soms boven de 1 m koolzure kalk optreedt, dan is toch altijd een vrij dikke ontkalkte zure kleilaag tussen het venige dek en de kalkrijke klei aanwezig. Het al dan niet aanwezig zijn van een kalkrijke diepere ondergrond is voor de verbeteringsmogelijkheden (diepploegen) uiteraard van veel belang. Behalve op deze humeuze of venige kleiprofielen komt de verdroging ook voor op diepere veenprofielen,

waarbij geen klei in het profiel werd aangeboord of waar dit vrij diep voorkomt. Dit treft men vooral aan in die gebieden gelegen buiten het verspreidingsgebied van de Oude Zeeklei, zoals bijv. in het grootste gedeelte van de Prins Alexanderpolder.

De verdrogingsverschijnselen in de droogmakerijen zijn te wijten aan:

1. verschillen in klink;
2. verschillen in afgraving;
3. het feit, dat bij het vaststellen van de polderpeilen niet alleen met het grasland maar ook met het daarnaast voorkomende bouwland, rekening gehouden moest worden.

*ad 1.* De verbreiding van de klinkverschillen, die aanleiding tot hoogteverschillen en daarmee tot verdroging geven, is in de randgebieden van de Oude Zeeklei vaak geheel anders dan in het bovenland. Terwijl het in het bovenland veelal om enkele stroken gaat met een oude rivierloop in de ondergrond, of om randen van percelen, treft men in de droogmakerijen vaak ingewikkelde kreeksystemen aan die tot hoogteverschillen met de omgeving aanleiding geven. Dit vindt men o.a. in de droogmakerijen van Groot Mijdrecht (fig. 20) in het zuidelijk gedeelte van de polder Zevenhoven en in het zuidelijk gedeelte van de Zuidplaspolder.

Behalve kreeksystemen kunnen het ook vaak grotere vlakken van vastere gronden zijn die tot klinkverschillen aanleiding geven. In de droogmakerij Groot Mijdrecht treft men dit bijv. in de noordelijke helft aan. Hetzelfde verschijnsel treedt ook in de Puttepolder op. In beide gevallen gaat het hier om vastere lagen voorkomende in de diepere ondergrond.

*ad 2.* Naast deze klinkverschillen is het verschil in afgraving van belang. De droogmakerijen ontstonden uit plassen en meren, welke het gevolg waren van een verdwijnen van het veen. Bij de meren verdween dit door natuurlijke omstandigheden nl. door erosie, bij de plassen verdween het door verturving van het veen. Bij dit verturven is men niet altijd even diep gegaan. Er bleven hier en daar gedeelten gespaard. Deze gedeelten werden of niet voor turf geschikt geacht, of men was er niet aan toegekomen. Als voorbeeld kan de Prins Alexanderpolder ten oosten van Rotterdam genoemd worden waar tot een zeer verschillend peil is verveend. Ook in Wilnis Veldzijde bleven grote voor turf ongeschikte stukken (een kleirug met omringend, iets slihboudend bosveen) gespaard. Dit veen werd en wordt echter later grotendeels afgegraven voor de tuinbouw, het staat bekend als Wilnisser veenaarde.

*ad 3.* In de randgebieden van de Oude Zeeklei komen de bouwlanden vooral op de hoogst liggende gronden het meest voor. Indien het nu maar zo zou zijn, dat die gedeelten die voor grasland te diep ontwaterd zijn, goede peilen hadden voor bouwland, dan zouden geen spanningen behoeven op te treden. Een ontwateringsdiepte groter dan 50 à 60 cm, waarbij op grasland verdroging optreedt, is echter nog voor bouwland niet voldoende. Bij het vaststellen van het polderpeil kan men dan ook vaak niet anders dan streven naar een compromis tussen de eisen gesteld door bouwland en grasland.

Bij de behandeling van het object de Puttepolder (hoofdstuk VIII), zal aan het verband tussen klink en hoogteligging enige aandacht worden geschonken, evenals aan de invloed van de verschillen in diepte van vervening. Dit zal eveneens geschieden

FIG. 20. Dwarsdoorsnede in het oude zeekele gebied van de droogmakerij Groot Mijdsrecht

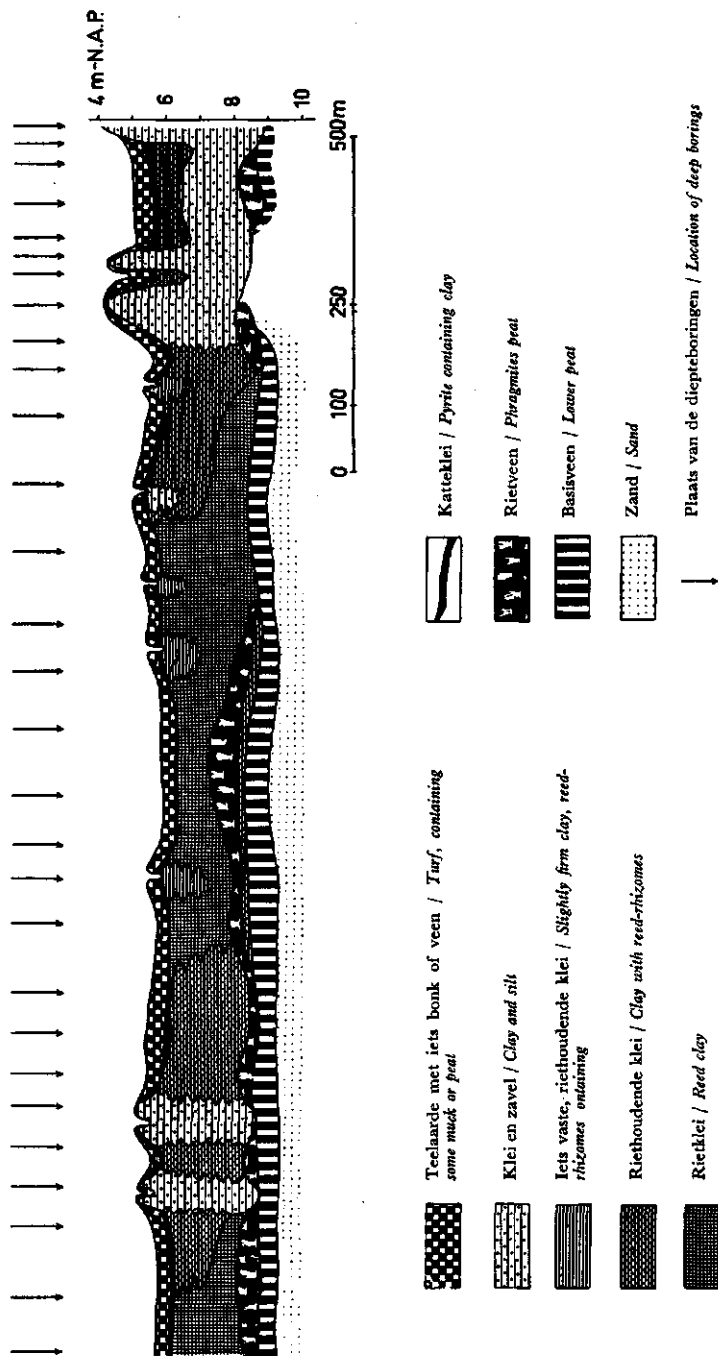


FIG. 20. Cross section through the old sea clay area of the reclaimed lake Groot Mijdsrecht

bij het object Zevenhoven (hoofdstuk IX). De verschillen die optreden tussen de profielen met typisch verdrogende dekken en dekken die verdroging slechts in geringe mate vertonen, zullen ten slotte behandeld worden aan de hand van een serie gelijktijdig genomen bovengrondmonsters (hoofdstuk X).

#### 4. DE OMVANG VAN DE VERDROGING IN DE DROOGMAKERIJEN

Zoals in de vorige paragraaf reeds werd opgemerkt komt het verdrogend grasland in de droogmakerijen vooral voor in de overgangsgebieden van de oude zeeklei naar het veen. Dit hangt samen met het verschil in aard van het oude zeekleiprofiel in de centra en de randgebieden. In de centra waar de gronden in marien milieu werden afgezet vindt men meest vaste kalkrijke profielen.

Aan de randen daarentegen is het profiel vaak slapper en het bovenste gedeelte van de Oude Zeeklei is vaak kalkarm en zuur. De vaste profielen in de centra zijn thans nog vaak als bouwland in gebruik waarbij onder invloed van de bouwlandcultuur en het kalkrijke milieu het restveendek en het baggerdek vaak geheel verdwenen zijn. Op die vaste profielen met koolzure kalk hoog in het profiel, die grasland dragen, is de venige bovengrond meest sterk door het onderliggende kalkrijkere profiel beïnvloed. Men vindt hierop dan ook niet de typisch verdrogende gronden, maar de reeds genoemde venige graslandgronden met dekken die niet zo sterk tot verdroging geneigd zijn.

Op het kaartje in fig. 21 staan de gebieden, waar matige tot sterke verdroging over grotere oppervlakten in de Zuidhollandse droogmakerijen voorkomen, aangegeven.

Dit kaartje is gemaakt naar de gegevens van een opname in de zomer en het najaar van 1950 en 1951 waarbij de verdroogde graslanden in de droogmakerijen werden verkend. De uitgebreidere gegevens, die op kaartjes 1 : 25.000 staan aangegeven, bevinden zich in het archief van de Stichting voor Bodemkartering en kunnen daar geraadpleegd worden. De gegevens zijn niet geheel volledig, daar speciaal die gebieden opgezocht werden, waarvan verwacht werd of waarvan uit andere bron bekend was dat er veel verdroging voorkwam. Behalve misschien enkele kleinere polderdijtjes zijn de voornaamste gebieden met wat grotere oppervlakten verdrogend grasland wel gekarteerd.

Op het kaartje in fig. 21 staan speciaal de droogmakerijen in Zuid-Holland aangegeven.

Ook in de droogmakerijen in Utrecht (Ronde Venen) speelt de verdroging echter een voorname rol. In Noordholland komt in verschillende droogmakerijen eveneens verdrogend grasland voor. In de grote droogmakerijen zoals de Haarlemmermeer, de Beemster, de Schermer treedt dit verschijnsel echter niet in belangrijke mate op.

Om een indruk te geven van het aantal ha waarop de verdroging in de droogmakerijen betrekking heeft, volgt in tabel 2 een opsomming van de omvang van de verdroging in de zomer en het najaar van 1950-'51. Hierbij wordt dan alleen het grasland in ogenschouw genomen. Wil men de totale oppervlakte aan verdrogende gronden in een polder kennen, dan moet men bij dit bedrag vaak nog wel iets bij-



FIG. 21. Verbreiding van de sterk tot matig verdroogde veengraslandgronden in de droogmakerijen in Zuid-Holland en Utrecht

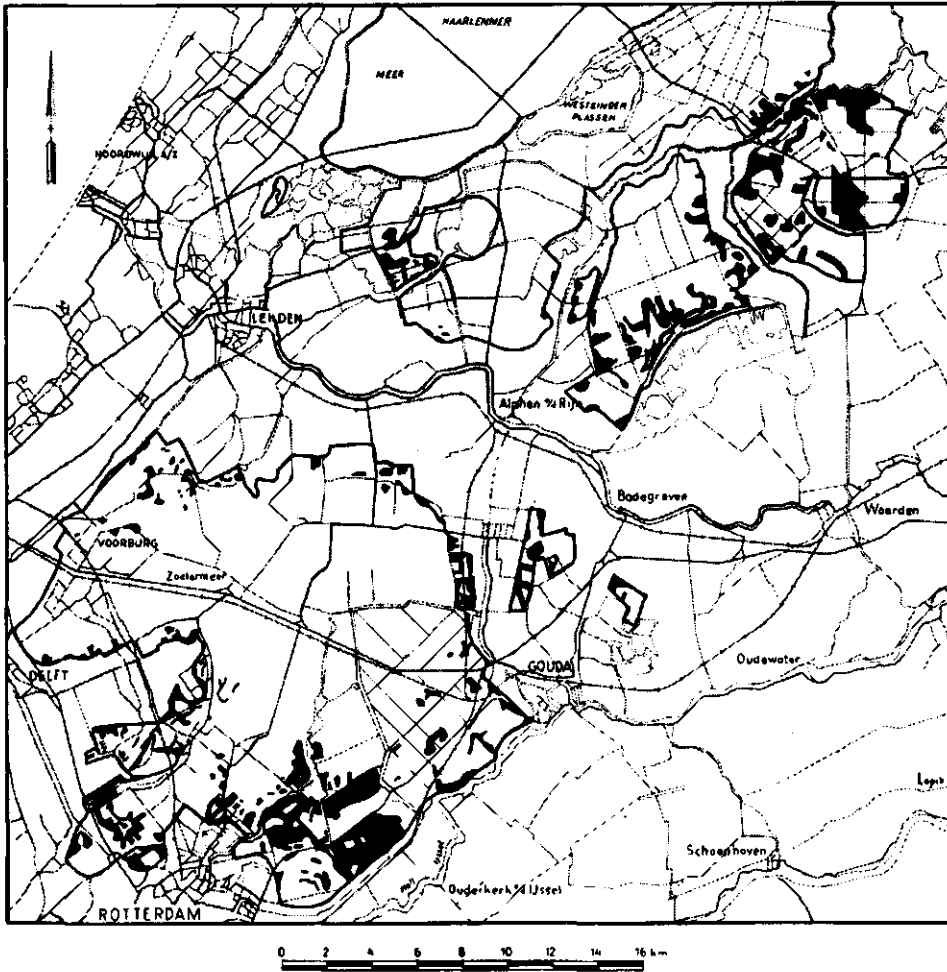


FIG. 21. Distribution of the strongly to moderately dried-up peat grassland soils in the reclaimed lakes in Zuid-Holland and Utrecht

tellen voor de bouwlanden, die ook op verdroogde veengrond kunnen liggen. Het vaststellen in het veld of bouwland verdroogd is of niet, is echter (speciaal in het winterhalfjaar) veel moeilijker dan bij grasland en is daarom ook bij deze verkenning achterwege gelaten. In deze tabel wordt onderscheiden:

1. De matig tot sterk verdroogde gronden

2. De licht verdroogde graslandgronden
3. De niet verdroogde, sterk humeuze-, venige- of veengronden
4. De droge kleigronden.

De gronden van type 3 en 4 zijn vaak niet volledig opgenomen. In polders waar slechts in een gedeelte van de polder verdrogende gronden verwacht konden worden, is het andere gedeelte niet meer verkend. Voor nauwkeurige gegevens zij ook verwezen naar het intern rapport van de Stichting voor Bodemkartering van J. KLOOSTERHUIS over de verdrogende veengronden.

Uit de tabel blijkt, dat ongeveer 4500 ha sterk tot matig verdroogd grasland in de droogmakerijen werd opgenomen en  $\pm$  6300 ha licht verdroogd. Daar echter niet alles is opgenomen zullen de totalen wel iets hoger liggen. Naar schatting zal in de droogmakerijen ruim 5000 ha matig tot sterk en 8000 à 10.000 ha licht verdroogd zijn, ongerekend het droge kleigrasland.

Voor de Zuidhollandse droogmakerijen worden de schattingen voor matig tot sterk verdroogd 3600 ha en licht verdroogd ruim 5500 ha. Van de 3600 ha matig tot sterk verdroogde gronden ligt naar ruwe schatting 1100 ha op diepe veenprofielen en 2500 ha op kleiprofielen; van deze 2500 ha heeft waarschijnlijk ongeveer 1000 ha de kalkrijke klei op bereikbare diepten voor diepploegen of diepspitten.

## V. DE VERDROGING IN DE POLDER NOORD-LINSCHOTEN

### 1. TYPE EN BODEMKUNDIGE OPBOUW

De polder Noord-Linschoten ( $\pm$  430 ha) ligt ten noordoosten van Oudewater (zie hoofdstuk I, fig. 1). Vooral het westelijk gedeelte (ten westen van de Vliet) stond bij het onderzoek in het middelpunt van de belangstelling.

De bodem bestaat overwegend uit een kleigrond op bosveen. De kleilaag is afgezet vanuit de Linschoten, een oud rivierstroompje, dat nu als een dood water de zuidoostelijke begrenzing van de polder vormt. Langs de Linschoten vindt men een smalle strook van nature hooggelegen klei- en zavelgronden. In vele gevallen zijn ze echter afgeticheld voor steenbakkerijen. Iets verder van de Linschoten af komt boven 1,20 m veen in het profiel voor. Deze veenlaag (bosveen) bevindt zich verder van de Linschoten af al spoedig hoger in het profiel. Anders gezegd de kleilaag op het veen wordt snel dunner en wel tot ongeveer 60 à 70 cm, daarna neemt de dikte meer geleidelijk af. Achter in de percelen, dus zover mogelijk van de Linschoten af, komt het veen meestal op 40 à 45 cm diepte voor. De aard van de kleilaag is hier dan ook iets anders geworden, zij is wat humeuzer en brokkeliger.

Op het bodemkaartje (fig. 22), ziet men o.a. aangegeven:

1. de stroomruggronden die in de ondergrond zavel of zand bevatten.
2. de klei-op-veengronden met meestal veen beneden 70 cm.
3. de kleigronden met veen tussen 50 en 70 cm.
4. de klei-op-veengronden met veen boven 50 cm.

Hoewel er op het veen een kleilaag ligt, heeft de bovenste 15 à 20 cm toch een vrij hoog gehalte aan organische stof en moet gedeeltelijk venige klei genoemd worden. In fig. 23 staat de samenstelling van deze gronden aangegeven. Hierbij komt naar voren, dat bij het afnemen van de dikte van het kleidek de bovenste 15 à 20 cm gemiddeld ook wat meer organische stof bevat. De pH-water van deze bovengronden varieert van 4,9 tot 6,2 waarbij de laagste pH-H<sub>2</sub>O-waarden (4,9 en 5,0) alleen maar bij de verdrogende gronden voorkomen.

### 2. VERBAND TUSSEN DE BODEMKUNDIGE OPBOUW, HOOGTELIKKING EN VERDROGING

Bij deze beschouwing zullen we ons beperken tot de klei-op-veengronden met veen ondieper dan 70 cm. De ondergrond van de polder is bij deze gronden op de meeste plaatsen tot op vrij grote diepte slap. De vaste pleistocene zandondergrond ligt n.l. pas op 8 à 9 m N.A.P. De slappe ondergrond bestaat echter niet geheel uit veen, op vele plaatsen vindt men op een diepte beneden 2 m slappe klei, terwijl plaatselijk minder slappe klei in de ondergrond voorkomt tussen 1 à 2 m, die soms naar beneden

FIG. 22. Bodemkaart van de polder Noord-Linschoten

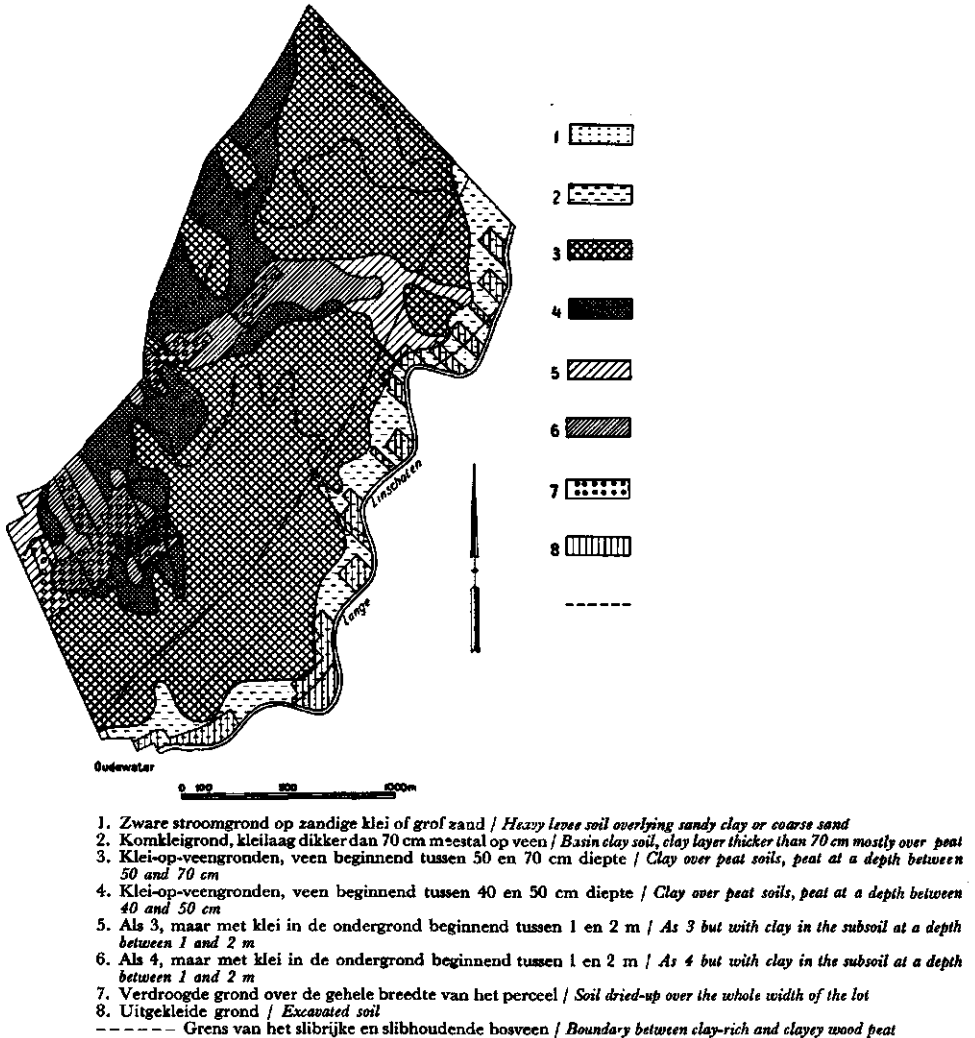


FIG. 22. Soil map of the polder Noord-Linschoten

in zand overgaat (fig. 22, nr. 5 en 6). Het betreft hier een verlandende rivierarm, door VINK (1916 en 1954) de Snellerwaardse tak genoemd, die later met veen overgroeid is. In fig. 24 ziet men een doorsnede door deze rug. Door verschillen in klink ligt het maaiveld op plaatsen waar deze klei hoog in het profiel voorkomt, wat hoger dan in de omringende plekken. Dit ziet men o.a. gedemonstreerd in fig. 25 waar die terreingedeelten ingeschetst zijn, waarvan de percelen in hun gehele breedte boven de 1,10 m N.A.P. gelegen zijn. Buiten de hogere kleistroom langs de Linschoten en op

FIG. 23. Percentages organische stof, afslibbaar en zand + gloeirest. Polder Noord-Linschoten

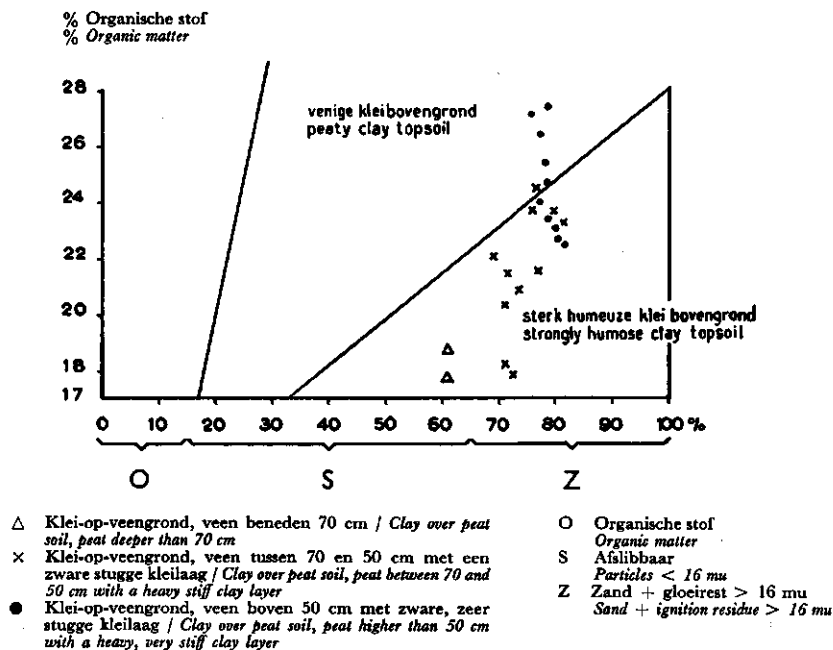


FIG. 23. Percentages of organic matter, particles &lt; 16 mu and sand + ignition residue. Polder Noord-Linschoten

FIG. 24. Polder Noord-Linschoten. Doorsnede van het klei-op-veengebied. Horizontale schaal 1 : 10.000, verticaal 1 : 100

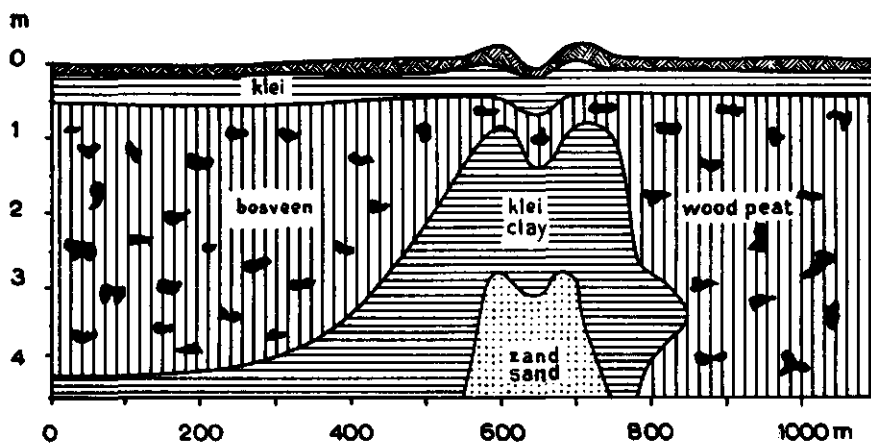


FIG. 24. Polder Noord-Linschoten. Cross-section of the clay-over-peat area. Horizontal scale 1 : 10.000, vertical 1 : 100

FIG. 25. Polder Noord-Linschoten. Gebieden met een gemiddelde ligging boven 1.10 m — N.A.P.

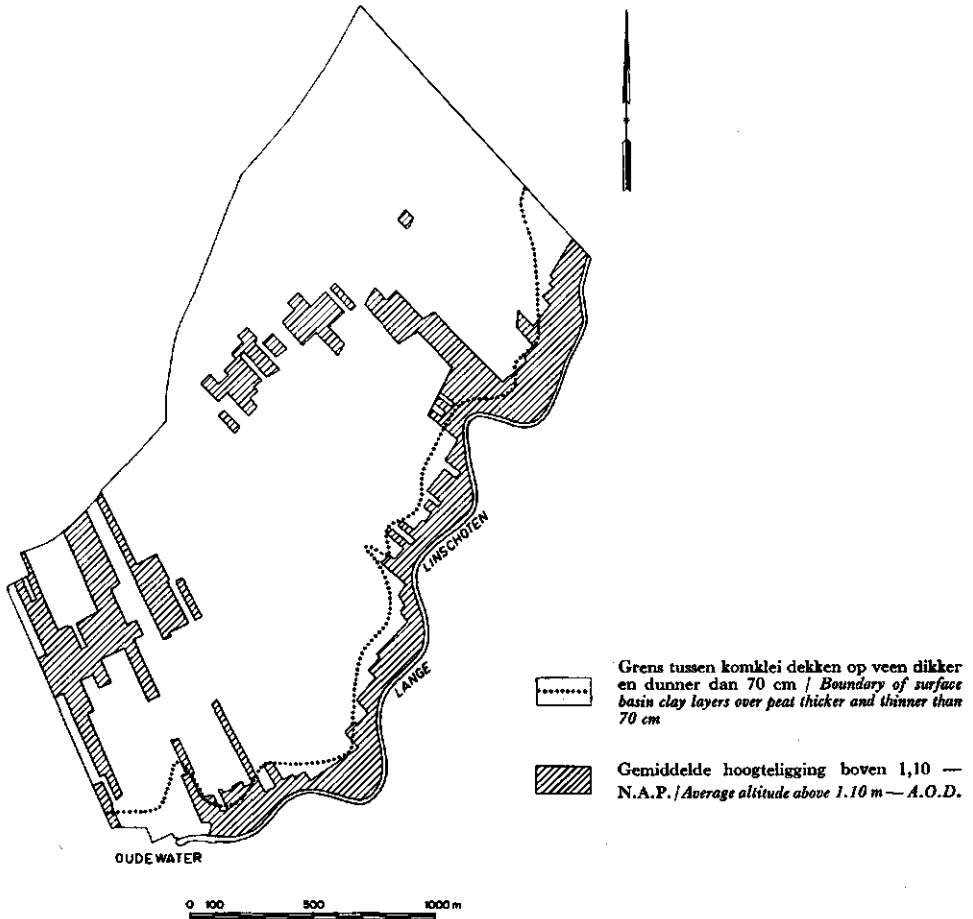


FIG. 25. Polder Noord-Linschoten. Areas with an average altitude above 1,10 m — A.O.D.

enkele smalle percelen in het zuidwesten van de polder, treft men dit verschijnsel hoofdzakelijk aan in die gedeelten waar de kleiondergrond boven 2 m in het profiel voorkomt (vergelijk met fig. 22).

Om het verband tussen verdroging en hoogteligging te onderzoeken werd een aantal percelen (tezamen een drietal opstreckende heerden vormend) bemonsterd. In fig. 26 is het verband tussen hoogteligging en Ii-graad weergegeven. Bij de beoordeling van deze grafiek moet men in het oog houden, dat de bemonstering op 16-17 mei 1951, dus vrij vroeg in het jaar geschiedde. Bemonsterd werd de laag tussen 3 en 13 cm. De gronden hadden na de winter nog weinig gelegenheid tot verdrogen gehad. In verband hiermede moet men alle gronden met een Ii-graad van 7 en hoger

FIG. 26. Polder Noord-Linschoten. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging.  
Monsternamen 16-17 mei 1951

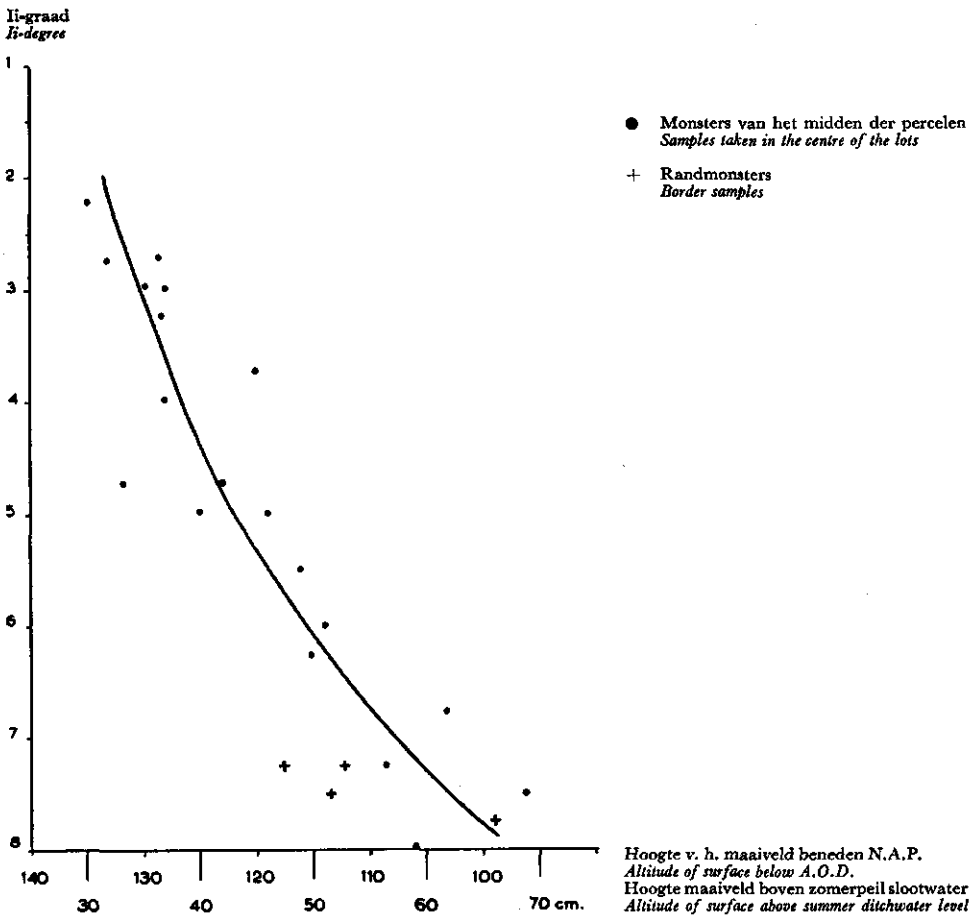


FIG. 26. Polder Noord-Linschoten. Relation between Ii-degree and altitude. Samples taken 16-17 of May 1951

als verdroogd beschouwen. Dit wil dus zeggen dat de meeste gronden die dieper dan 55 cm ontwaterd zijn (gelegen boven 1,10 m — N.A.P.) verdroogd zijn, terwijl de randen, ook bij een hoogteligging tussen 110 en 120 cm — N.A.P. nog als verdrogend zijn te bestempelen. Dezelfde conclusies kan men trekken uit fig. 27 waar de „ $R_t$ -waarde” (uitgedrukt in grammen vocht per gram humus) tegen de hoogte is uitgezet. Neemt men aan, dat in dit geval een „ $R_t$ -waarde” van 2,3 en lager op verdroging wijst, dan ziet men ook hoe de verdroging zich in het algemeen beperkt tot een hoogteligging boven 1,10 m — N.A.P. maar bij de randen al bij een lagere hoogteligging kan optreden.

Bij de randen vindt men, zowel bij de gronden waarin de klei-ondergrond tamelijk

FIG. 27. Polder Noord-Linschoten. Verband tussen „ $R_t$ ” waarde en hoogteligging. Monsternamen 16–17 mei 1951

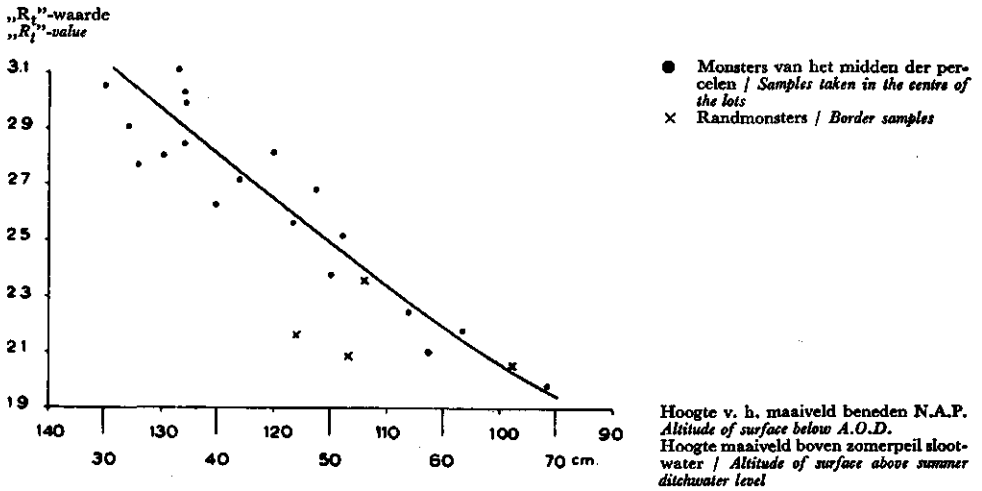


FIG. 27. Polder Noord-Linschoten. Relation between „ $R_t$ ”-value and altitude. Samples taken 16–17 of May 1951

hoog voorkomt, als bij de gronden waar dit niet het geval is, hoogteligging boven 1,20 m — N.A.P.

Men kan dus verdrogende randen ook aantreffen indien de klei-ondergrond diep in het profiel voorkomt.



## VI. DE VERDROGING IN HET OBJECT ZEGVELD

Het te bespreken object is  $\pm 4$  ha groot en ligt in de Lage Broek te Zegveld (zie hoofdstuk I, fig. 1).

Bodemkundig gezien is het een deel van het rivierveengebied. Fig. 28 geeft een beeld van de bodemkundige gesteldheid. Van noord naar zuid strekt zich een iets hoger liggende kleistrook (verlande rivierloop) uit die zich plaatselijk vertakt. Deze rug (type I) heeft een bovengrond van venige klei en blijft naar beneden toe uit klei bestaan. Ernaast ligt een strook waar de venige klei een nog vrij dikke laag vormt (50–80 cm), maar waar beneden kleiig- of slibrijk veen voorkomt. Verder van de kleistroken af vindt men eerst een dunnere venige kleilaag op slibrijk rietveen (rietveen met vrij veel middenstof) en daarna een venige kleilaag op bosveen. Het laatste type, dat in de wijdere omgeving het meest voorkomt, beslaat op het gebied van het kaartje slechts een klein oppervlak.

In de kleistrook (type I) komt een wat lager geultje voor (het oude stroombeddinkje). Bovendien vindt men in het oosten een vlakke erosiegeul, die de kleistrook doorsnijdt.<sup>1</sup>

In fig. 29 is de samenstelling van de bovengronden, die op één uitzondering na alle uit venige klei bestaan, weergegeven. Er blijkt uit, dat de meeste bovengrondmonsters van de rug en de strook eraast iets meer klei bevatten dan de bovengrondmonsters verder van de rug af. De pH van deze bovengronden varieert van 4,8 tot en met 5,3, de waarden 5,0, 5,1 en 5,2 komen het meest voor.

Uit de hoogteligging (fig. 30) blijkt, dat de venige kleigrond gemiddeld  $\pm 20$  cm hoger ligt dan het omringende land, althans als men de hoogteligging van deze kleigrond met die van de middens van de percelen vergelijkt. De randen langs de sloten kunnen ook naast de ruggen vrij hoog zijn.

De verdroging is een functie van de hoogteligging en is, zoals het bodemkaartje (fig. 28) aangeeft, vrijwel beperkt tot de ruggen en de randen langs de sloten.

In 1953 werd van het gebied een botanische kartering uitgevoerd. Hierbij werd niet gewogen maar alleen geschat. De omstandigheden waren toen echter niet meer geheel dezelfde als tijdens de bepaling van de II-graden in 1951. Het waterpeil in de sloten was nl. gedurende de twee zomers verhoogd, er was echter niet geïnfiltrerd. De invloed van deze verhoging van de waterstanden alleen in de zomer was echter vrij gering. Ook blijkt uit de vergelijking van de schatting van de verdroging tijdens de vegetatieopname in 1953 met de schatting van de verdroging tijdens de bemonstering in 1951, dat er niet zo heel veel veranderd was.

Uit de samenstelling van de vegetatie werden droogte-indicatiecijfers berekend (tabel 9). Bij deze methode die door Prof. Dr. D. M. DE VRIES ontwikkeld werd, wordt aan elk der grassen een droogte-indicatiecijfer toegekend. De gevonden percentages van deze grassen worden met deze cijfers vermenigvuldigd en het geheel wordt weer met 2

<sup>1</sup> Voor doorlatendheidscijfers van deze typen wordt verwezen naar Hoofdstuk XI.

vermenigvuldigd. Dit levert het droogte-indicatiecijfer op voor het onderzochte perceel of perceelsgedeelte. De betekenis van de gevonden cijfers is als volgt:

- 5,4-6,0 droog
- 6,1-6,5 matig droog
- 6,6-7,0 normaal
- 7,0 nat

De gevonden droogte-indicatiecijfers die in de bijlage staan aangegeven werden in fig. 31 cartografisch voorgesteld. De resultaten van deze botanische kartering blijken goed gecorreleerd te zijn met de hoogteligging en ook met de verdroging zoals deze in 1951 voorkwam.

Ook met de verdroging van de grond, zoals tijdens de botanische kartering werd geconstateerd, bestaat goede overeenstemming. Op de, in het veld als niet verdroogd beschouwde gedeelten varieerden de indicatiecijfers van 6,5 tot 7,4, dus van de grens tussen normaal en matig droog tot nat. Op de matig verdroogde gedeelten bedroegen de cijfers 6,2 en 6,3, hetgeen een indicatie is voor matig droog. Op de matig en matig tot sterk verdroogde gedeelten varieerden de cijfers van 5,6 tot 6,3, dus van droog tot matig droog.

In fig. 32 is het verband tussen de hoogteligging en Ii-graden aangegeven. Het blijkt, dat bij een hoogteligging van meer dan 50 cm boven het slootpeil Ii-graden boven 7,5 optreden. In hoofdstuk II is reeds betoogd, dat Ii-graden boven 7,5 op verdroging wijzen. Bij slootpeilen beneden 55 cm is de verdroging algemeen en neemt ook ernstigere vormen aan (hogere Ii-graden). Vooral aan de randen vindt men hoge Ii-graden.

Dat de randen van de percelen een hogere Ii-graden hebben, dan de middens van de percelen met dezelfde hoogteligging, is waarschijnlijk te wijten aan de geringe jaarlijkse schommeling van de waterstanden in dit terreingedeelte, waardoor de bovengrond in de winter niet sopt en niet goed nat wordt.

In fig. 33 wordt de hoogteligging vergeleken met de „R<sub>t</sub>” per gram humus waarbij 1 gram slib als 1/3 gram humus gerekend werd. Hierbij komt naar voren, dat „R<sub>t</sub>-waarden” beneden 2,2 bij slootwaterstanden van 50 cm en lager regelmatig optreden en bij slootwaterstanden beneden 55 cm sterk dalen. In hoofdstuk II is reeds betoogd, dat „R<sub>t</sub>-waarden” beneden 2,2 op verdroging wijzen. Ook de bijzondere positie van de randen treedt in deze figuur weer naar voren.

In fig. 34 wordt de hoogteligging vergeleken met de hoeveelheid vocht per gram humus, waarbij een duidelijk verband optreedt.

In fig. 35 is het verband tussen hoogteligging en droogte-indicatiecijfers voorgesteld. Het verband is fraai. De randen nemen in dit geval geen aparte positie in. Opvallend is verder het kleine traject in hoogteligging, waarbinnen de vochttoestand normaal is nl. slechts over een variatie van 4-6 cm.

FIG. 28. Bodenkundige gesteldheid proefobject Zegveld

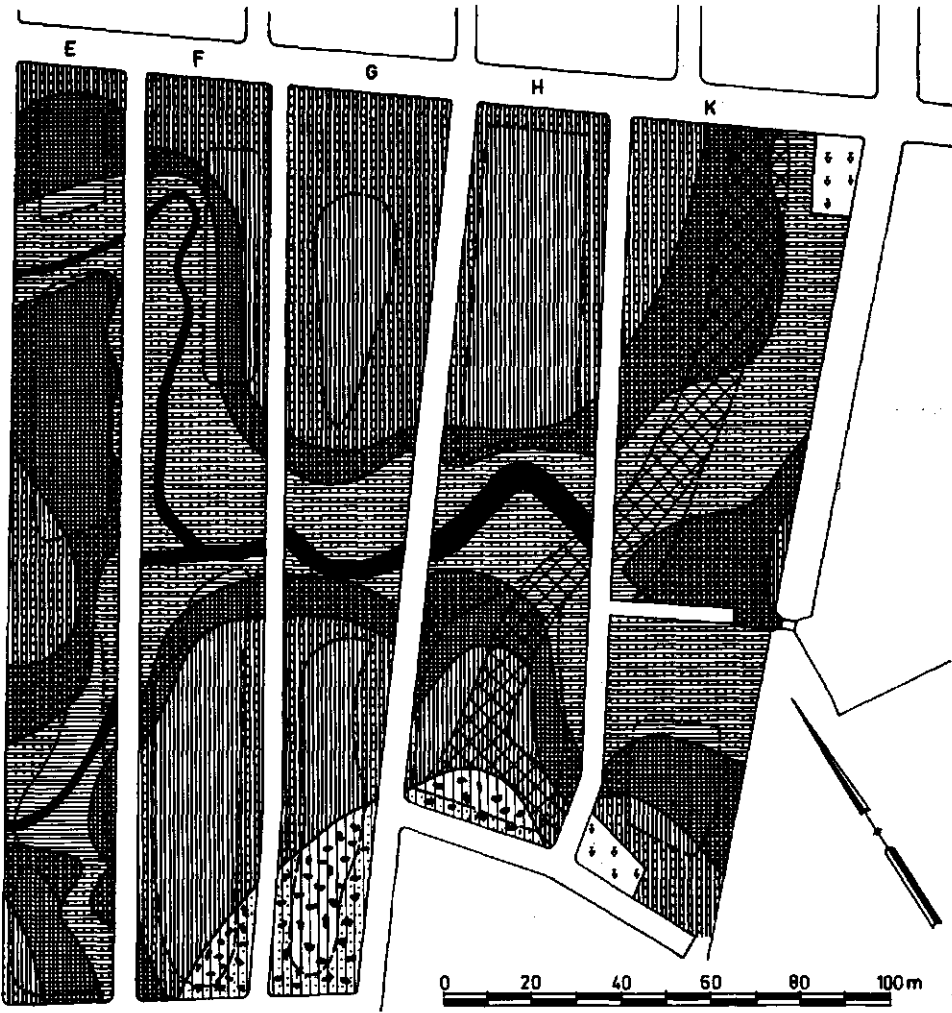









FIG. 28. Soil conditions experiment area Zegveld

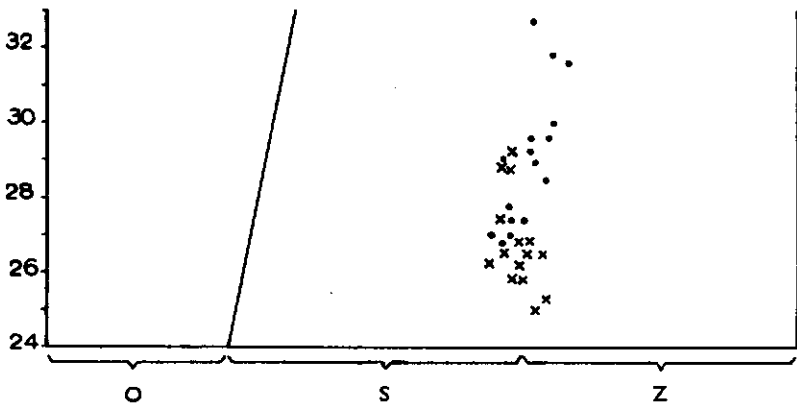
Legenda bij fig. 28 - *legenda with fig. 28*

-  Veenklei, veen ontbrekend of dieper dan 80 cm, onder de bovengrond venige of humuze klei / *Peat clay peat lacking or deeper than 80 cm, topsoil overlying peaty or humose clay*
-  Veenklei op slibrijk of kleilig rietveen, veen tussen 50 en 80 cm / *Peat clay overlying clay-rich or clayey reed peat, occurring between 50-80 cm*
-  Veenklei op slibrijk rietveen, veen ondieper dan 50 cm / *Peat clay overlying clay-rich reed peat, peat occurring within 50 cm*
-  Veenklei op bosveen, veen ondieper dan 50 cm / *Peat clay overlying wood peat, peat occurring within 50 cm*
-  Vergraven / *Reworked*
-  Lagere stroken in het terrein / *Lower lying parts*
-  Verdroogd / *Dried-up*

E,F,G,H,K. Aanduiding van de percelen / *Indication of lots*

FIG. 29. Proefobject Zegveld. Percentages organische stof, afslibbaar en zand + gloeirest. Bovengronden.

% organische stof  
% organic matter



- Randen en typen III en IV  
*Borders and types III and IV*
- × Typen I en II  
*Types I and II*

- O Organische stof  
*Organic matter*
- S Afslibbaar  
*Particles < 16 mu*

- Z Zand + gloeirest  
*Sand + ignition residue*

FIG. 29. Experiment area Zegveld. Percentages of organic matter, particles < 16 mu and sand + ignition residue. Topsoils

FIG. 30. Proefobject Zegveld. Hoogtekaart

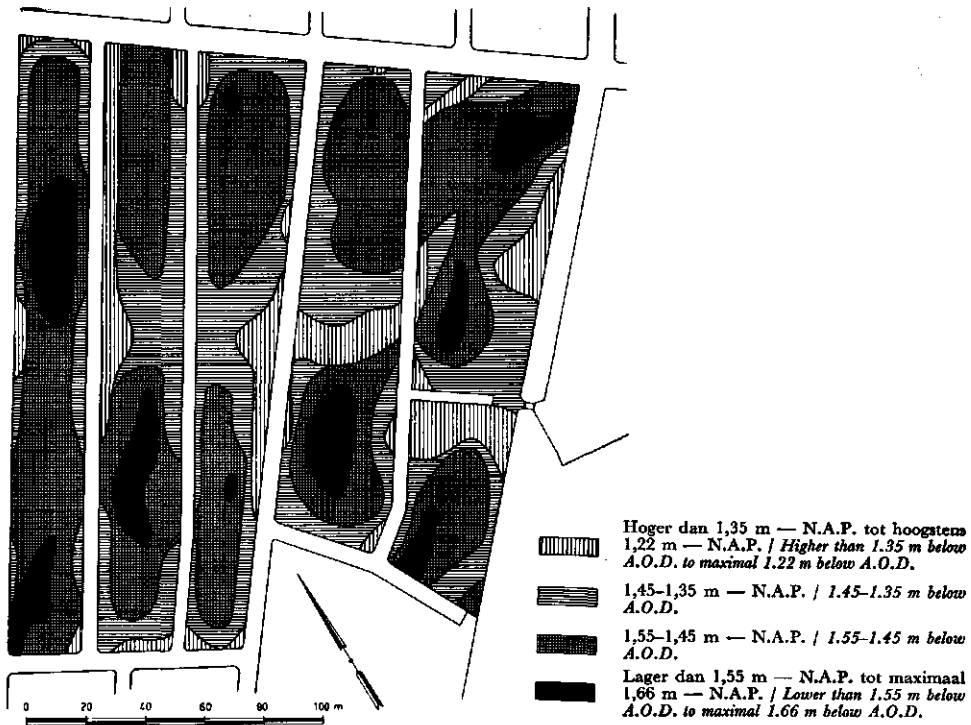


FIG. 30 Experiment area Zegveld. Relief map.

FIG. 31. Proefobject Zegveld. Botanische kartering 21-24 april 1952

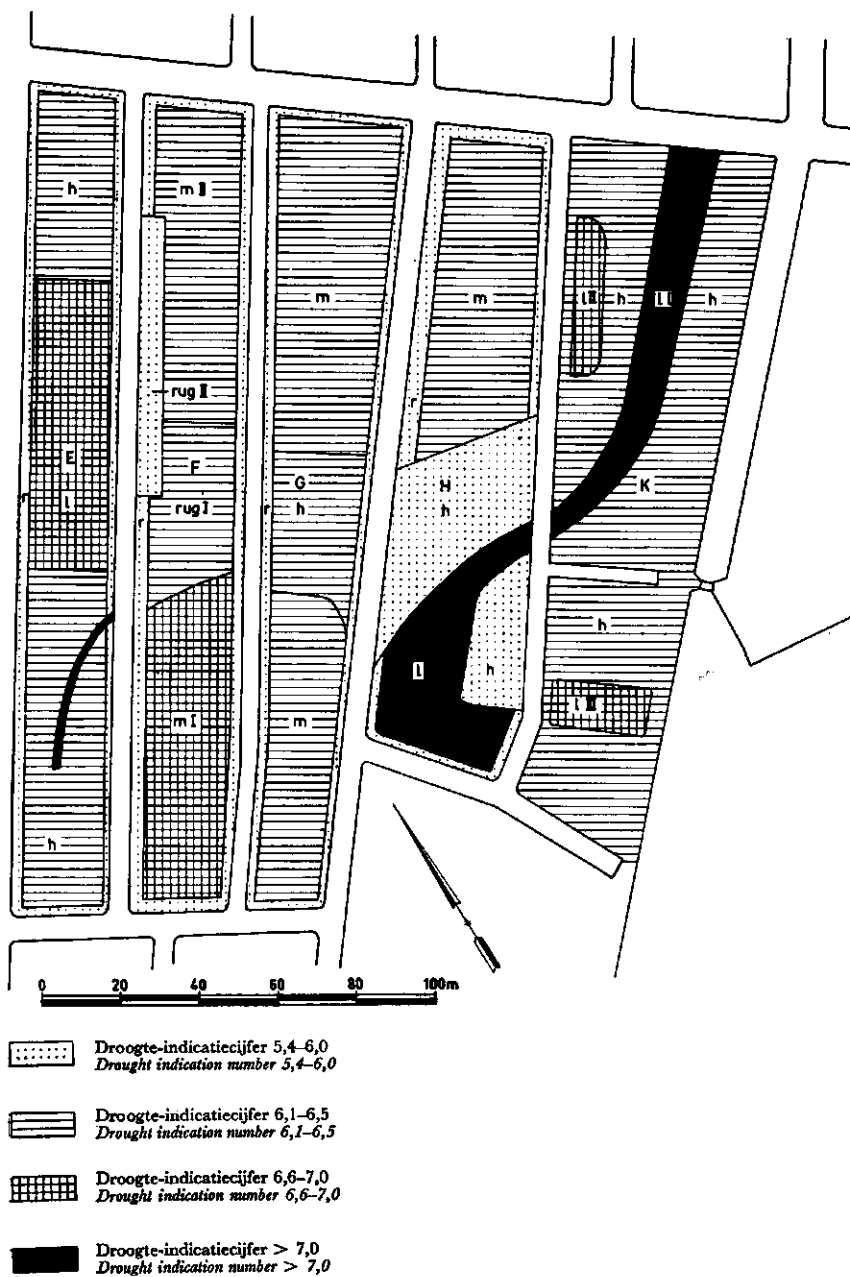


FIG. 31. Experiment area Zegveld. Vegetation survey 21 st-24th of April 1952

FIG. 32. Proefobject Zegveld. Verband tussen Ii-grad en hoogteligging. Bij constructie van de lijn zijn de randen buiten beschouwing gelaten

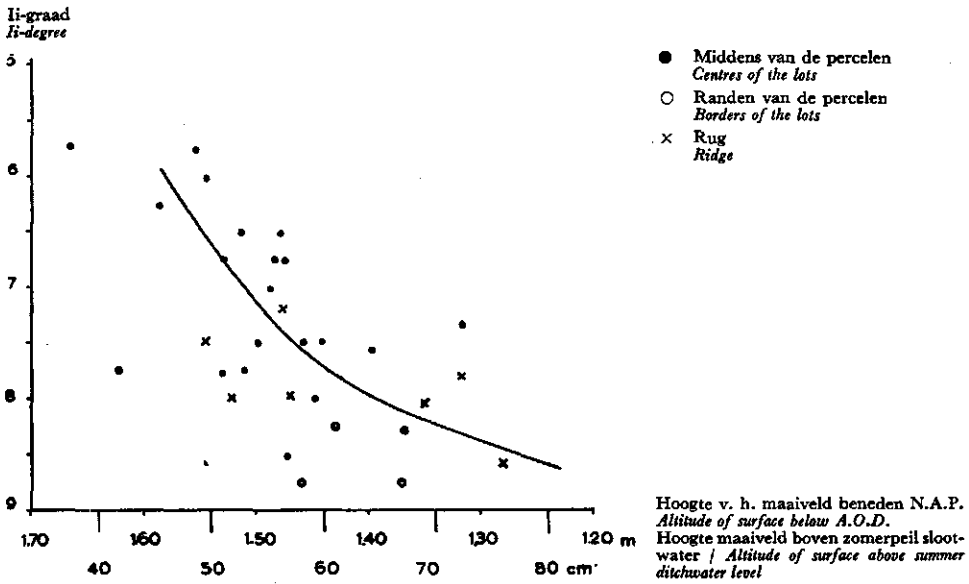


FIG. 32. Experiment area Zegveld. Relation between Ii-degree and altitude. In constructing the line the borders are ignored

FIG. 33. Proefobject Zegveld. Verband tussen „R<sub>t</sub>” waarde en hoogteligging

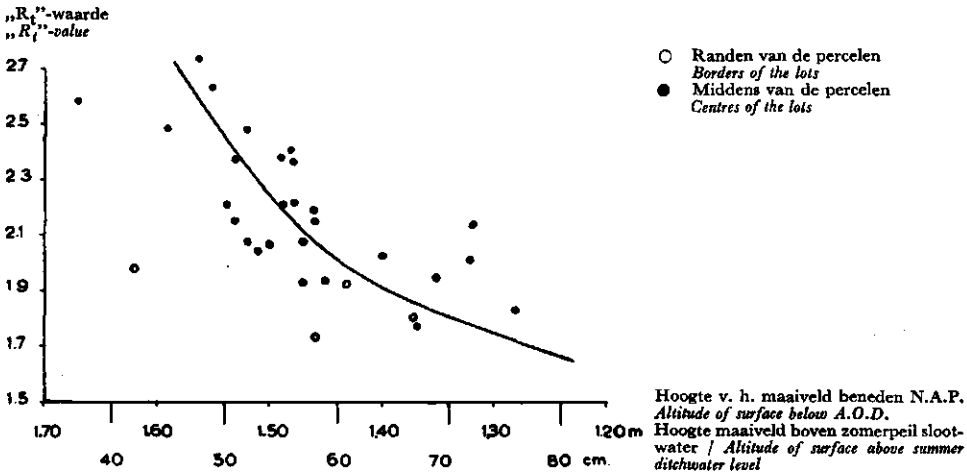


FIG. 33. Experiment area Zegveld. Relation between „R<sub>t</sub>”-value and altitude

FIG. 34. Proefobject Zegveld. Verband tussen vochtgehalte en hoogteligging

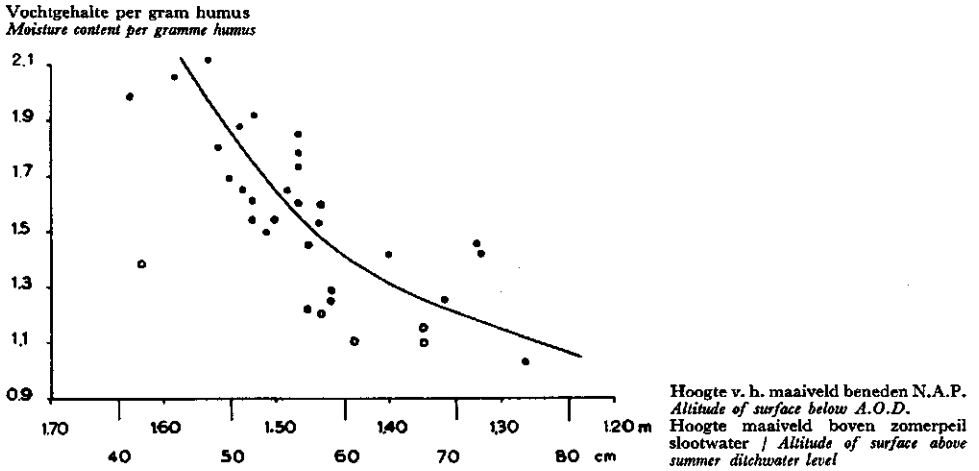


FIG. 34. Experiment area Zegveld. Relation between moisture content and altitude

FIG. 35. Proefobject Zegveld. Verband tussen droogte en hoogteligging (21-24 april 1953)

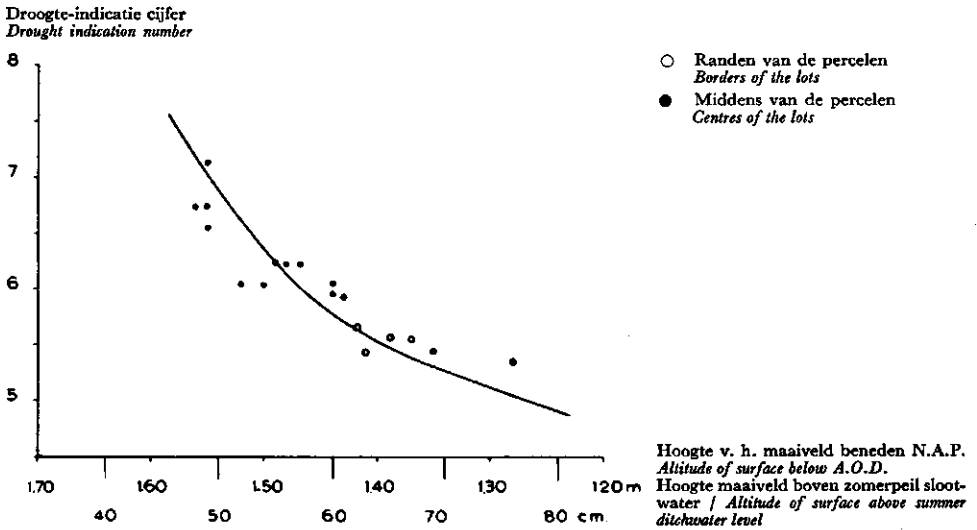


FIG. 35. Experiment area Zegveld. Relation between drought and altitude (21st-24th of April 1953)



## VII. DE VERDROGING IN DE POLDER GAASP EN GEIN EN DE OMLIGGENDE POLDERS

De polder Gaasp en Gein ligt ten noorden van Abcoude (hoofdstuk I, fig. 1). Hoewel de verdroging vooral in deze polder bestudeerd wordt, zullen ter afronding ook de omringende polders in deze beschouwing worden opgenomen. Het poldercomplex, dat het onderwerp is, bestaat uit vier afzonderlijke polders nl. Gaasp en Gein, de Broekzijdse polder, de Oost Bijlmerpolder en de West Bijlmerpolder. In deze polders komen weer verschillende peilen voor. De waterstaatkundige toestand in 1950 is weergegeven in fig. 36.

In de ondergrond van deze polders vindt men overal de pleistocene zandondergrond. Deze is bedekt door veen en rivierafzettingen. De rivierafzettingen komen voor aan de zuidoostkant langs het boezemwater het Gein. Deze afzettingen vormen hier de stroomruggen, die uit zavel en klei bestaan en 0,5 tot 1 m hoger liggen dan het omringende veenlandschap. Zoals op het bodemkaartje (fig. 37) blijkt, vindt men naast deze stroomrug klei-op-veenprofielen. De kleilaag wigt verder van het Gein af langzamerhand uit en gaat over in een dunne venige kleilaag, die op riet- of bosveen ligt.

De samenstelling van de bovengrond in dit gedeelte blijkt uit fig. 38. Vergelijkt men deze bovengrond met die van Zegveld, dan blijkt dat de bovengrond in Gaasp en Gein wat minder organische stof en ook wat minder zand bevat, dan die van het proefobject te Zegveld. De bovengrond van Gaasp en Gein lijkt meer op de bovengrond van de klei-op-veenprofielen te Noord-Linschoten. Het feit, dat de bovengrond hier betrekkelijk zwaar is hangt misschien samen met de omstandigheid, dat in Gaasp en Gein weinig gebaggerd wordt, daar de ondergrond er niet geschikt voor is.

De bodemkundige opbouw van het gebied wordt verder verduidelijkt in fig. 39, een doorsnede vanaf het Gein het veengebied in. De vaste pleistocene zandondergrond, waarop de holocene afzettingen liggen (het veen en de rivierafzettingen) vertoont een vrij sterk reliëf. Terwijl in een viertal kleine gebiedjes het zand tot in het maaiveld komt, ligt het niet ver er vandaan op 4 à 5 meter onder het maaiveld. Op de hoogste punten is dit zand van bovenaf direct vrij grof en op één van de punten, waar het zand tot in het maaiveld voorkomt, vindt men er zelfs vele stenen in. Het verschil in diepteligging van de zandondergrond in het veengebied van het poldercomplex staat aangegeven in m — N.A.P. in fig. 40. Voor een goede beoordeling, wat deze cijfers voor de bodemgesteldheid betekenen, moet men weten, dat de hoogteligging van het maaiveld in het veengebied van de polder wisselt van 1,70 tot 2,10 m — N.A.P.

Deze hoogteverschillen in het maaiveld van de polder worden veroorzaakt door verschillen in inklinking. Gedeeltelijk worden deze klinkverschillen veroorzaakt door verschillen in ontwatering. Hiernaast speelt echter het verschil in de hoogteligging van de zandondergrond een belangrijke rol. Daar, waar de zandondergrond hoog in het profiel voorkomt en de veenlaag dus dun is, is de klink geringer dan op de

FIG. 36. Polder Gaasp en Gein. Waterstaatkundige toestand 1950

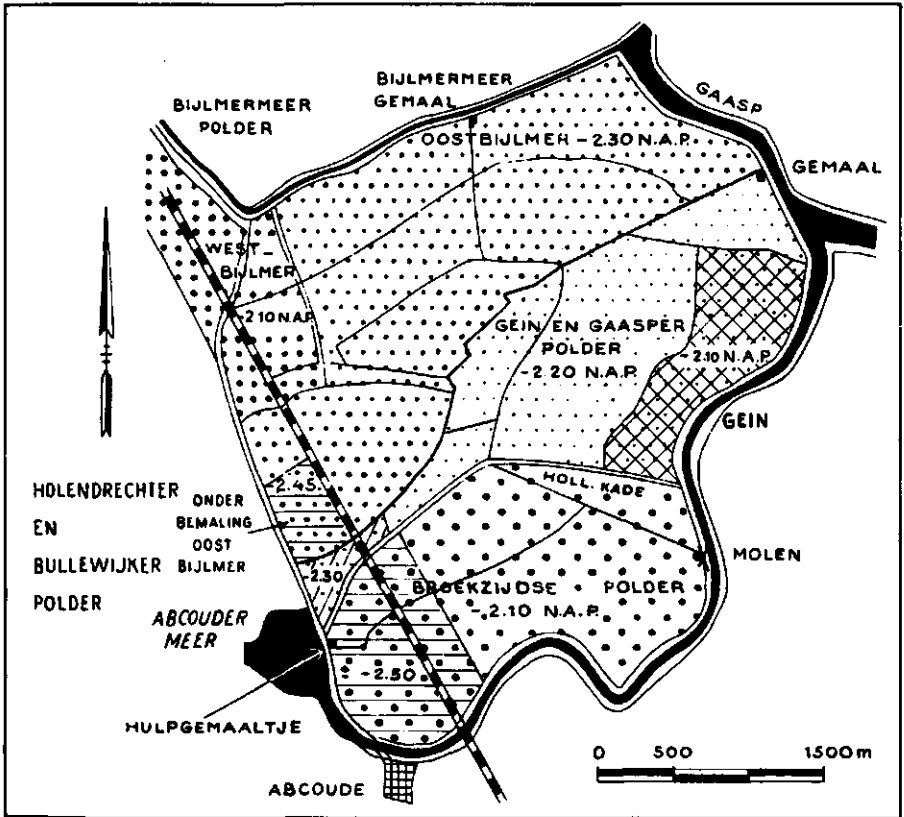


FIG. 36. Polder Gaasp en Gein. Water management conditions 1950

plekken waar de zandondergrond dieper in het profiel voorkomt. Deze hoge plekken van de zandondergrond zijn dus ook de iets hogere plekken in het veenlandschap. Hoewel de verschillen niet groot zijn, zijn ze toch van veel belang voor de kwaliteit van het land. De hoogste plekken zijn nl. vaak verdrogend. Het verband tussen hoogteligging en diepte van de zandondergrond ziet men in de doorsnede fig. 41 tot uiting komen. Bij deze doorsnede is de hoogteligging van de bovengrond bovenaan apart met een iets kleinere schaal weergegeven. Over het algemeen ziet men dat de hoogteligging van het maaiveld het reliëf van de zandondergrond zeer verzwakt volgt.

In fig. 42 is dit verband tussen hoogteligging van het maaiveld voor de polder Gaasp en Gein op een andere wijze weergegeven. Men ziet dat per 1,5 m diepteverschil van de zandondergrond een verschil van ongeveer 10 cm in de hoogteligging van het maaiveld aanwezig is.

De verdrogingsverschijnselen in het beschouwde gebied hangen evenals in Zeg-

FIG. 37. Bodemkaart van de polder Gaasp en Gein

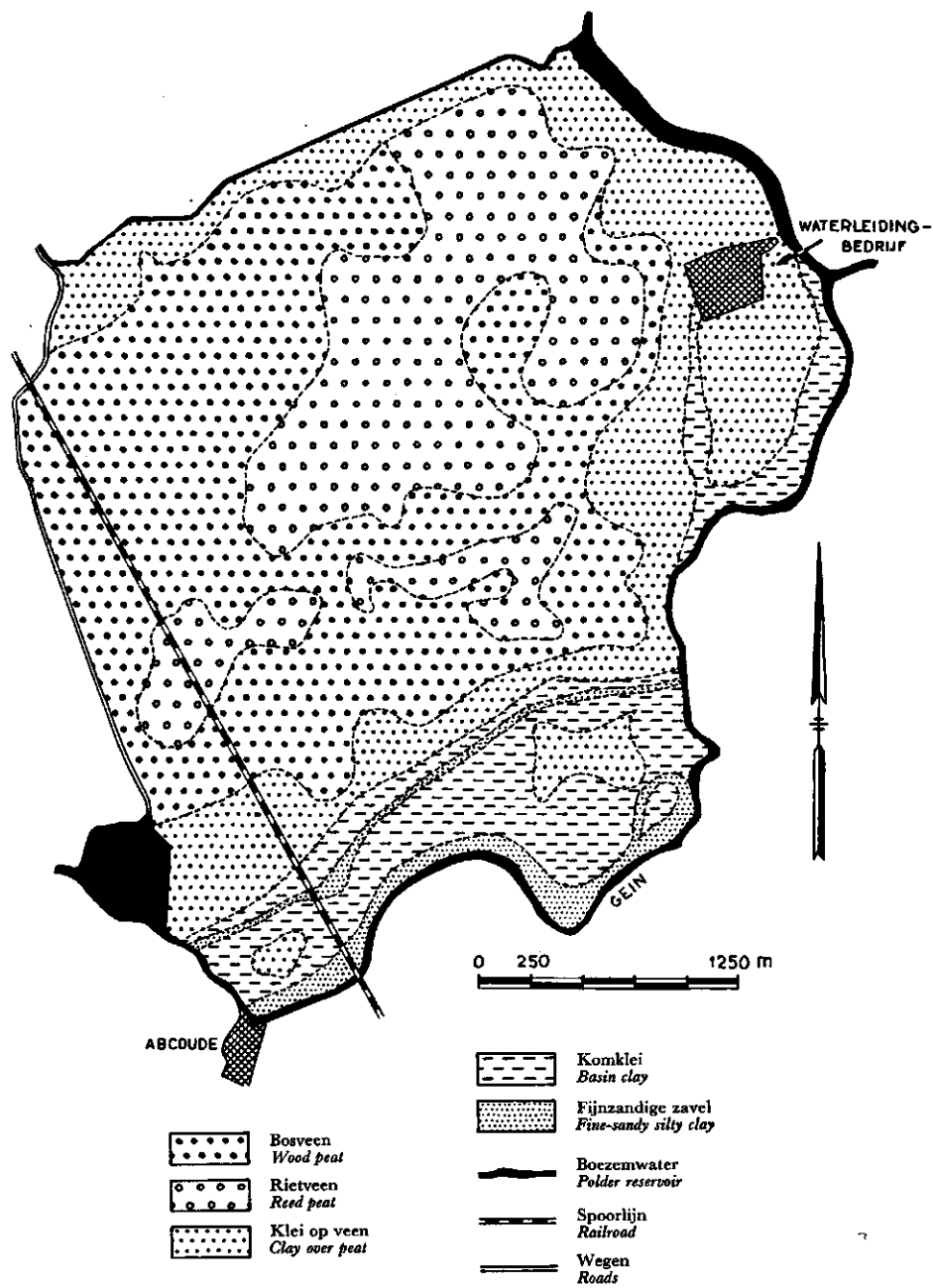


FIG. 37. Soil map of the polder Gaasp en Gein

FIG. 38. Polder Gaasp en Gein. Samenstelling van bovengronden

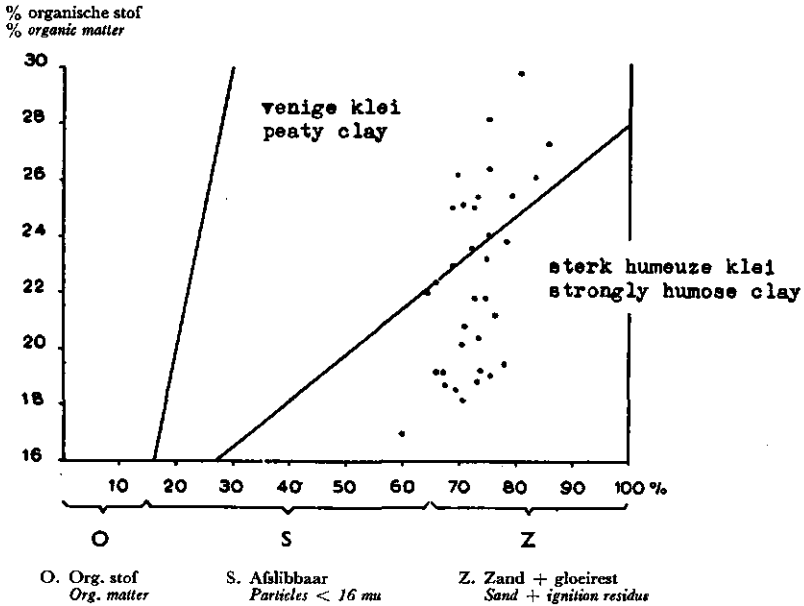


FIG. 38. Polder Gaasp en Gein. Composition of topsoils

veld en Noord-Linschoten vooral weer samen met de hoogteligging van het maaiveld ten opzichte van het slootpeil, dus met de relatieve hoogteligging binnen een poldergedeelte met gelijke ontwatering. Men kan dus verwachten, dat de verdroging in een gebied met eenzelfde ontwatering verband zal houden met de diepteligging van de zandondergrond. In fig. 43 staan de verdrogingsverschijnselen zoals ze in 1950 optraden cartografisch weergegeven. Er is een onderscheid gemaakt in niet verdroogd, licht verdroogd en matig verdroogd. Daarnaast werd nog aangegeven welke percelen door de boeren iets afgegraven waren, om de percelen zodoende een iets lagere ligging te geven. Vergelijkt men dit kaartje met het kaartje van de diepteligging van de zandondergrond en houdt men rekening ermee, dat:

1. in het oostelijk gedeelte van de Gaasp en Geinpolder een iets hoger peil aanwezig was dan in de rest van Gaasp en Gein,
2. dat een gedeelte in het zuidoosten van de Oost Bijlmer een lager peil heeft dan de rest,

dan wordt de verbreiding van de verdroging voor het grootste gedeelte zeer verklaarbaar.

Dat de verdroging in het beschouwde gebied evenals in Zegveld en Noord-Linschoten samenhangt met de hoogteligging van het maaiveld boven het slootwater komt ook tot uiting in fig. 44, waarin van bovengrondmonsters uit Gaasp en Gein de

FIG. 39. Polder Gaasp en Gein. Hoogteligging van de pleistocene zandondergrond t.o.v. N.A.P.

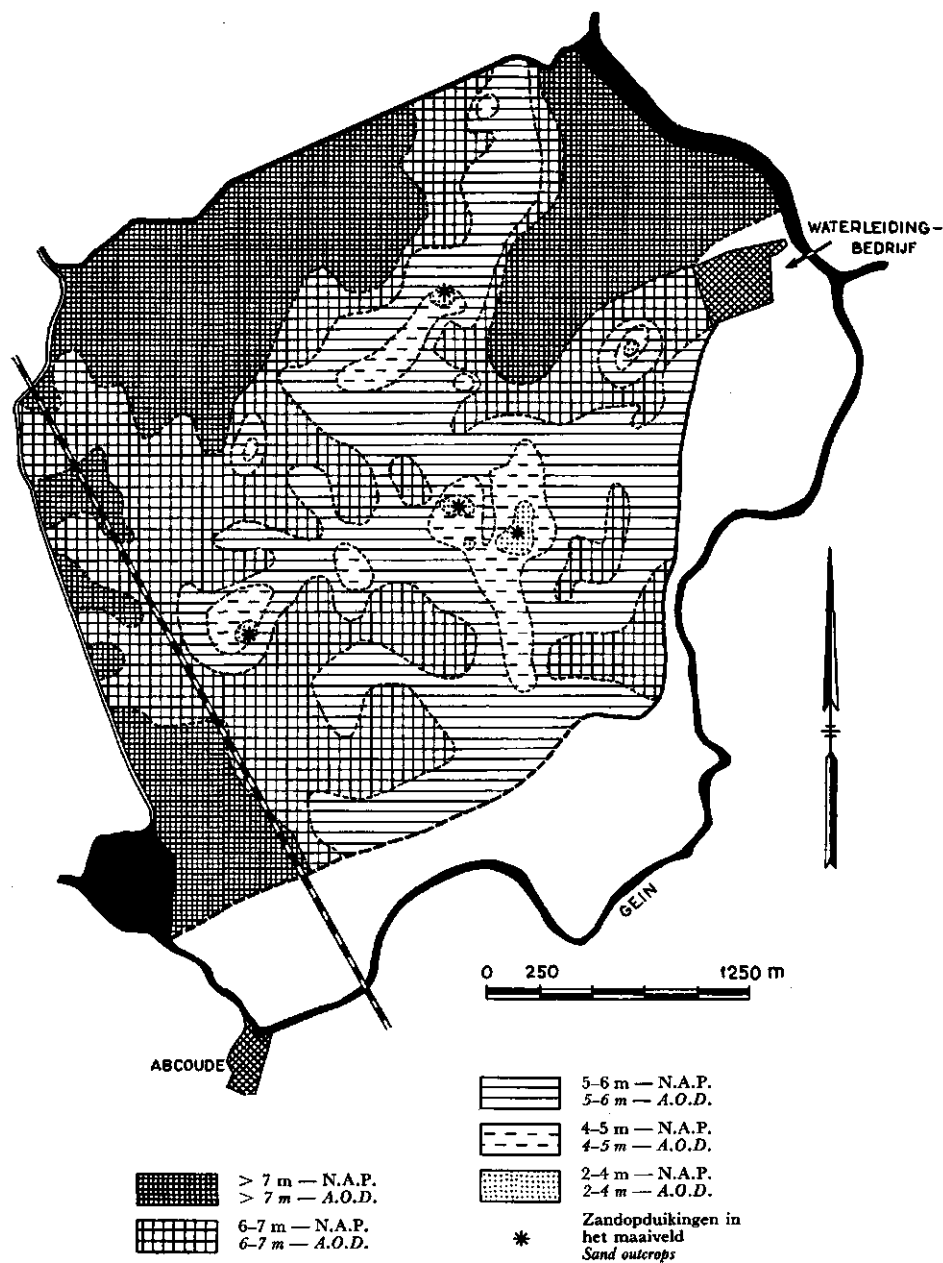


FIG. 39. Polder Gaasp en Gein. Altitude of the pleistocene sand subsoil below A.O.D.

FIG. 40. Doorsnede door het veengebied vanaf het Gein ten noorden van Abcoude

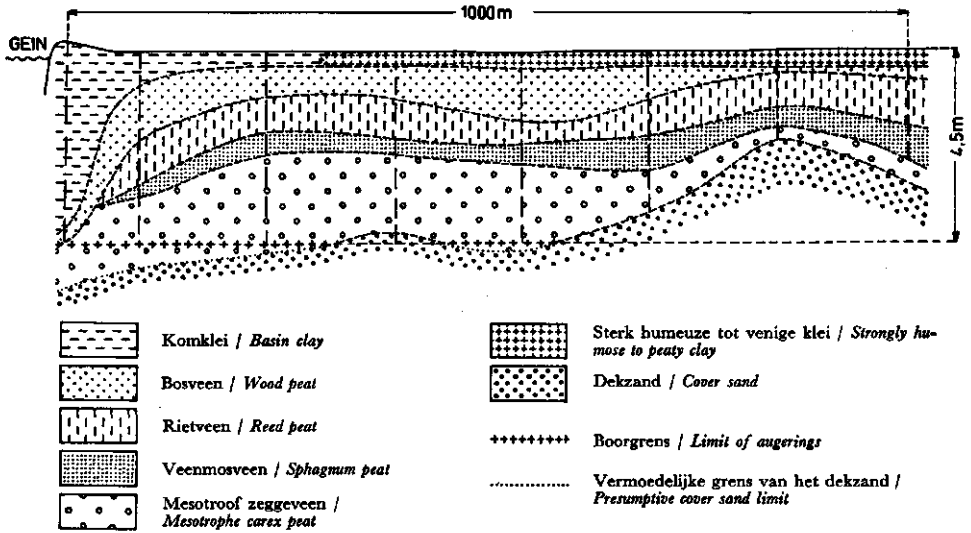


FIG. 40. Cross-section of the peat area from the river Gein north of Abcoude

FIG. 41. Doorsnede in de polder Gaasp en Gein. De veenlagen volgen de topografie van de zand-  
ndergrond, vooral de mosveenlaag. Het maaiveld vertoont hetzelfde verschijnsel in mindere mate

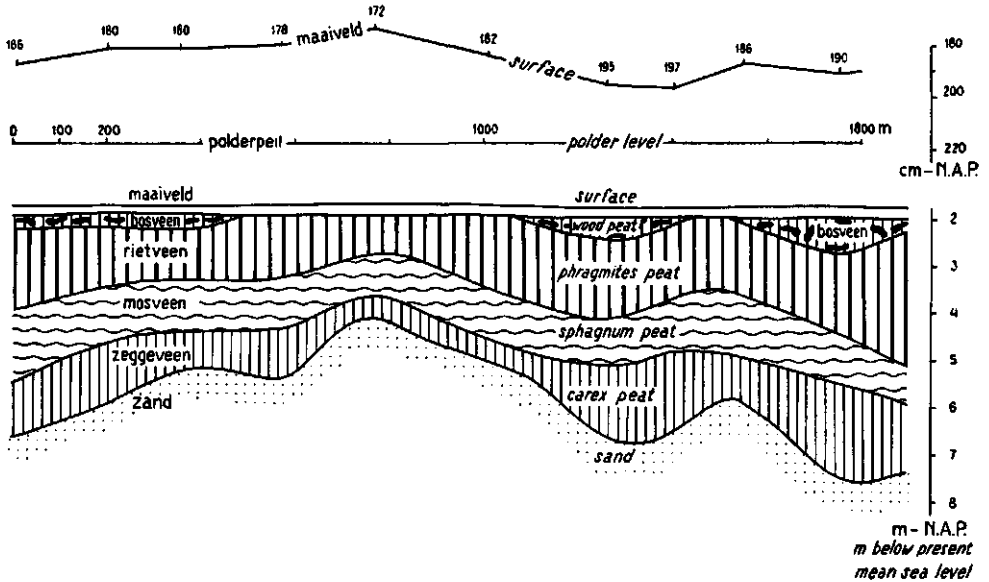


FIG. 41. Cross-section in the polder Gaasp en Gein. The peat layers are undulating in accordance with the sand  
subsoil, particularly the sphagnum peat layer. The soil surface shows the same feature, though to a less extent

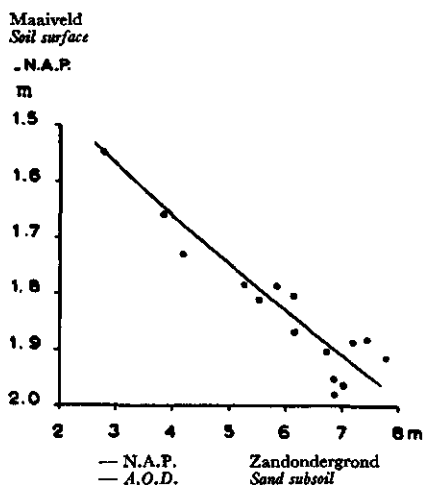


FIG. 42. Polder Gaasp en Gein. Verband tussen hoogteligging van het maaiveld en diepteligging van de zandondergrond

FIG. 42. Polder Gaasp en Gein. Relation between altitude of the soil surface and depth of sand subsoil

hoogteligging werd uitgezet tegen de Ii-graden. Hierbij is het wel opvallend, dat reeds bij een ontwatering van 40 à 45 cm Ii-graden boven 7,5 optreden wat bij Zegveld en Noord-Linschoten praktisch alleen maar bij monsters van de randen van percelen voorkwam. Hetzelfde beeld ziet men in de grafiek waar de „ $R_t$ -waarde” (per gram organische stof) uitgezet werd tegen de hoogteligging boven het slootpeil (fig. 45). Bij ontwateringen beneden 40 cm hebben alle bovengrondmonsters een „ $R_t$ -waarde” van minder dan 2,2 wat op verdroging wijst. Ook de veldgegevens wezen erop dat bij ontwateringen beneden 40 cm reeds verdroging optrad. Hoewel hierbij opgemerkt moet worden, dat de monsters in een droogteperiode genomen werden, moet de belangrijkste oorzaak hiervan toch misschien vooral gezocht worden in de afzijging naar de laaggelegen Bijlmermeerpolder, die ten noorden en de polder Nieuwe Bullewijk, de Holendrechtter en Bullewijkpolder, die ten westen aan het beschouwde gebied grenzen. De lage polderpeilen van deze polders en het optreden van een niet door kleilagen afgesloten zandondergrond direct onder het veen werken een dergelijke afzijging wel in de hand.

Behalve te droog land komt zoals uit de grafiek wel blijkt ook te nat land voor met Ii-graden beneden 4,5.

Doordat gedurende de oorlogstijd het beschouwde poldercomplex geïnundeerd is geweest, bleek het trekken van conclusies aangaande de samenstelling van de grasmat en de verdroging in 1950 nog niet zo eenvoudig. Wel viel op, dat op de drogere percelen gemiddeld meer veldbeemd (*Poa pratensis*), struisgras (*Agrostis*) en ook kweek (*Triticum repens*) voorkwam, dan op de iets vochtiger percelen.

FIG. 43. Polder Gaasp en Gein. Verdrogende gronden ten noorden van Abcoude

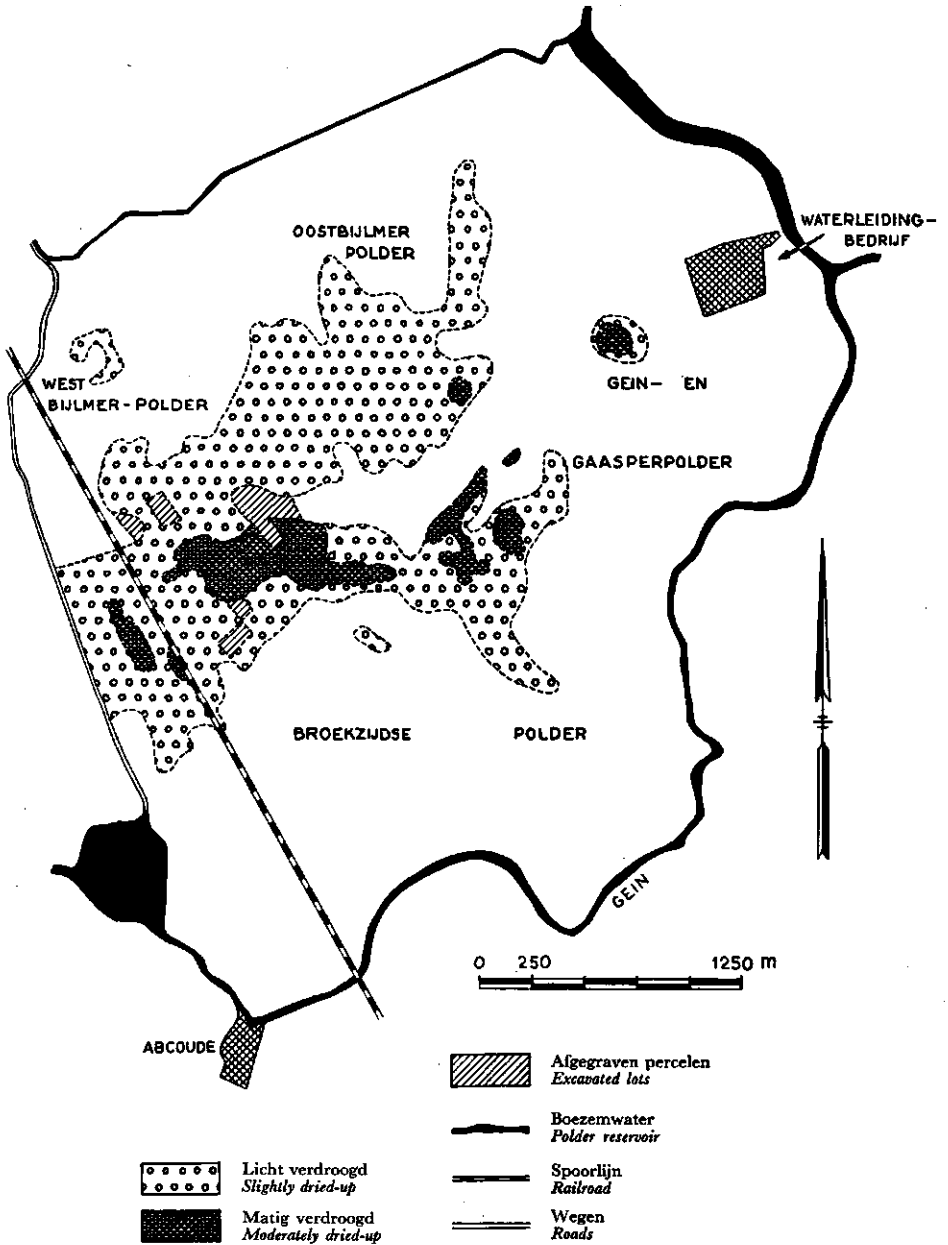


FIG. 43. Polder Gaasp en Gein. Dried-up soils north of Abcoude



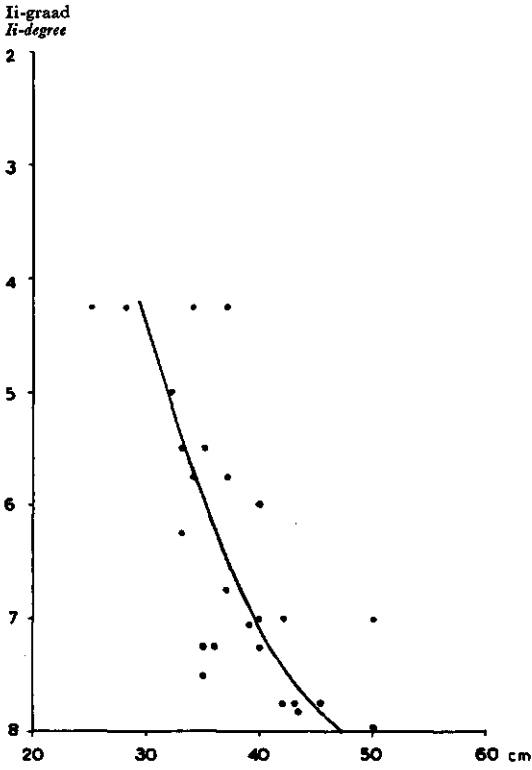


FIG. 44. Polder Gaasp en Gein. Verband tussen Ii-grad en ligging boven slootwaterstand. Bovengronden

FIG. 44. Polder Gaasp en Gein. Relation between Ii-degree and height above ditchwater level. Topsoils

Hoogte maaiveld boven gemiddelde slootwaterstand  
Altitude of surface above average ditchwater level

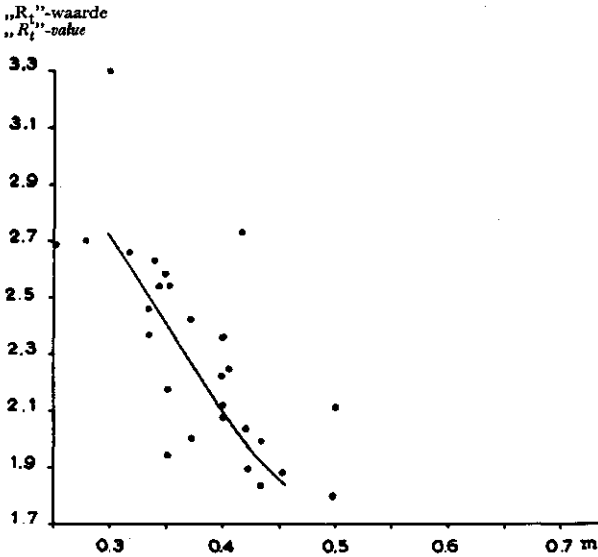


FIG. 45. Polder Gaasp en Gein. Verband tussen „R<sub>1</sub>” waarde en ligging boven slootwaterstand

FIG. 45. Polder Gaasp en Gein. Relation between „R<sub>1</sub>”-value and height above ditchwater level

Hoogte maaiveld boven gemiddelde slootwaterstand  
Altitude of surface above average ditchwater level

## VIII. DE VERDROGING IN DE PUTTEPOLDER

### 1. INLEIDING

De droogmakerij de Putte, (zie hoofdstuk I, fig. 1), is gelegen ten westen van Boskoop. Zij is langwerpig van vorm, waarbij de lengte-as noord-zuid gericht is. In het oosten wordt de polder begrensd door het onverveende land van Boskoop en Waddinxveen, in het westen door de droogmakerij de Achterofse polder, waarmede zij als polder één geheel vormt. Het polderpeil van de Achterofse en de Puttepolder was tijdens het onderzoek tussen 1951 en 1954 5,98 m — N.A.P.

De Puttepolder is in de eerste plaats een graslandpolder. Op de hoogste plekken vindt men echter, daar deze gronden feitelijk te droog voor weiland zijn, ook wel bouwland. In de Achterofse polder overheerst daarentegen het bouwland.

Het maaiveld in de Puttepolder ligt tussen de 4,40 m en 5,70 m — N.A.P. Er komen dus vrij grote hoogteverschillen in voor.

### 2. BODEMKUNDIGE GESTELDHEID

Onder het maaiveld treft men 5 à 6 m holocene afzettingen aan bestaande uit klei, veen en zavel, daaronder op  $\pm 11$  m — N.A.P. ligt het pleistocene zand. Om een inzicht te krijgen in de mogelijkheden tot verbetering van de gronden in de Puttepolder is het noodzakelijk, behalve van de bovenste lagen van de bodemprofielen ook iets te weten over de ondergrond. Deze zal daarom hier eerst aan de hand van een doorsnede (fig. 46) in het kort besproken worden:

Onder het organische stofrijke dek is bijna overal een oude zeekleilaag aanwezig, die sterk in dikte wisselt. Plaatselijk is zij maar enkele decimeters dik en plaatselijk meer dan 3 m. Onder deze oude zeeklei volgt in het algemeen een bosveenlaag (soms rietveen), welke in dikte wisselt van 0,55 tot 2 m. Onder deze veenlaag ligt dan weer klei en zandige klei (deze ligt op 8 à 9 m onder N.A.P., d.w.z. op 2,5 à 4 m — maaiveld). De veenlaag, die dus tussen de twee kleilagen ligt, is plaatselijk onderbroken door een kleibaan. Deze kleibaan moet waarschijnlijk beschouwd worden als een verland rivierloopje of estuariumgeultje, dat door het veenlandschap (in de tijd vóórdat de bovenste kleilaag werd afgezet) liep.

De oude zeeklei onder de bovengrond wisselt behalve in dikte ook in aard. De zwaarte wisselt van ongeveer 40% slib (berekend over de minerale delen: slib  $\pm$  zand) tot 90% slib. De lichtere kleien met minder dan 70% afslibbaar komen echter slechts weinig voor. Voor het overgrote deel is de oude zeeklei dus zeer zwaar. Indien we onze beschouwingen in de eerste plaats beperken tot de gereduceerde oude zeeklei-ondergrond, dan zien we hoe met en gedeeltelijk ook naast de zwaarte er verder verschillen optreden in consistentie (vast, slap) kalkgehalte, pyrietgehalte en riethoudendheid en ook in het humusgehalte. Hierbij ziet men dat de slapste gronden meest riethoudend en kalkarm zijn. Bovendien zijn ze, naar we mogen aannemen, meest ook zeer rijk aan pyriet. Ook gronden met vrij veel kalk en weinig riet kunnen echter nog pyrietrijk zijn. In fig. 47 zijn de gegevens van een zestal monsters voorgesteld.

FIG. 46. Doornede no. 34 A Puttepolder Waddinxveen

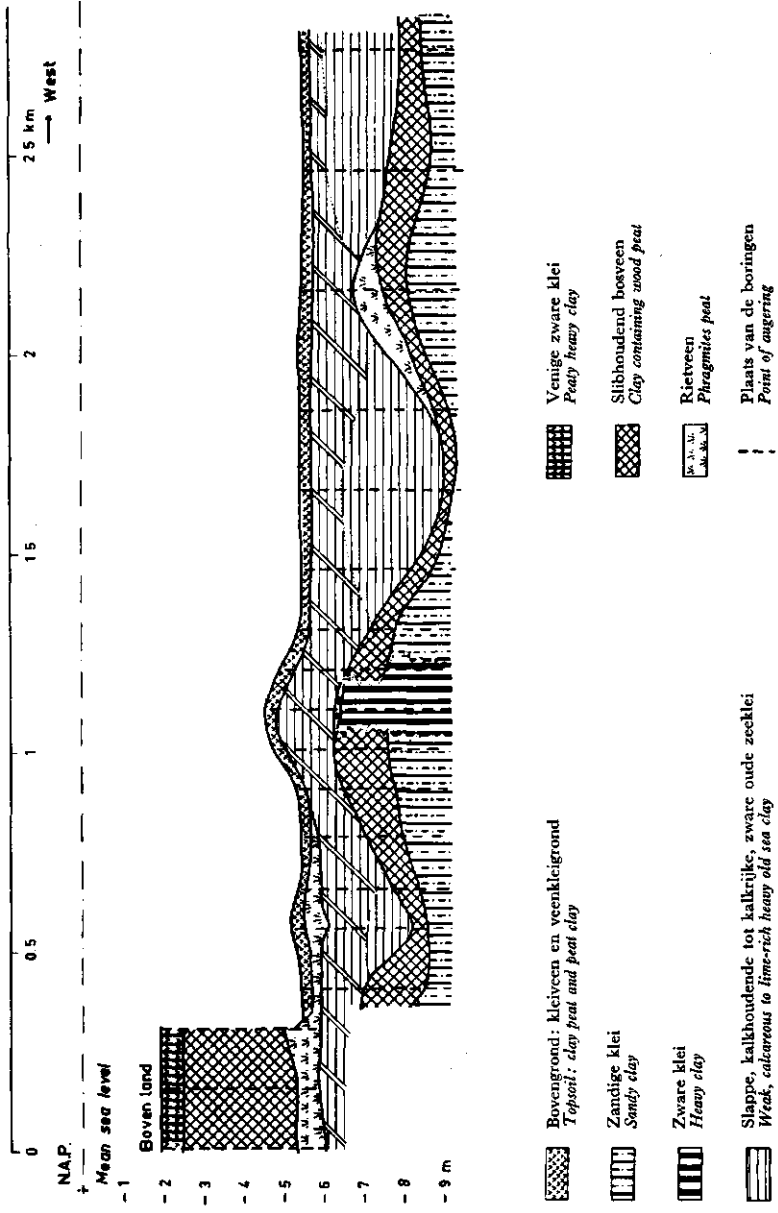


FIG. 46. Cross-section no. 34 A Puttepolder Waddinxveen

FIG. 47. Koolzure kalk, organische stof en zwavel in de monsters uit de gereduceerde ondergrond van de droogmakerij de Puttepolder bij Boskoop

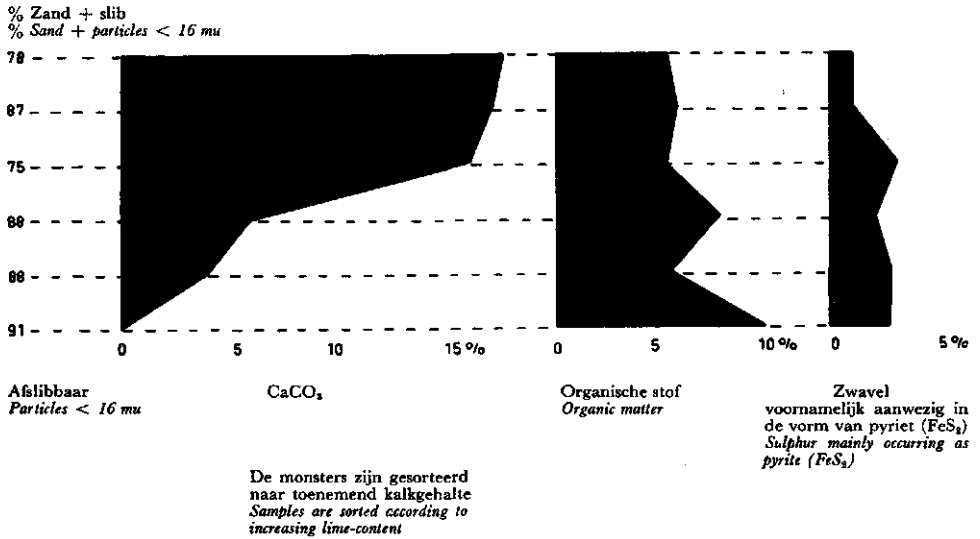


FIG. 47. Carbonate of lime, organic matter and sulphur in samples from the reduced subsoil in the reclaimed pool Puttepolder near Boskoop

Deze gegevens sluiten nauw aan bij een vijftigtal analysegegevens van monsters uit de polder Groot Mijdrecht. Hier bleek ook dat het kalkgehalte sterk met andere eigenschappen van de klei samenhangt, zoals slakte en riethoudendheid. Hoge pyrietgehalten kan men echter in bijna alle wat zwaardere kleien verwachten. In verband hiermede moet men bij de beoordeling van deze kleien er vanuit gaan, dat het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte hoog genoeg moet zijn, om de zuren die bij de oxydatie van het pyriet ontstaan, te neutraliseren en bovendien moet er, daar men met zeer zware kleien te doen heeft, liefst nog  $\text{CaCO}_3$  overblijven. De grens werd bij de kartering in de Puttepolder op ca. 8% gesteld, waarbij er rekening mee wordt gehouden dat bij de schattingen in het veld afwijkingen van 1 à 2 procenten veel zullen voorkomen. Bij deze schattingen was vooral de mate van bruising een maatstaf voor het kalkgehalte. Hierbij is tevens in ogenschouw genomen, dat bij lagere kalkgehalten de klei meest weer zwaarder en slapper is, wat haar voor bovenbrengen ook weer minder geschikt maakt.

De bovenste laag van de oude zeeklei, dus vlak onder de organische stofrijke bovengrond, is steeds kalkarm. Indien er verder van profielen met kalkrijke of kalkhoudende ondergrond gesproken wordt, dan wordt de laag onder deze kalkarme klei bedoeld. Meest ligt deze kalkarme klei boven het grondwater. Zij is dan geoxydeerd en bezit de gele spikkels, die kenmerkend zijn voor kattenklei. Alleen in die gedeelten waar de kalkhoudende klei hoog in het profiel komt, ontbreken deze spikkels. De klei, die boven het grondwater ligt, is meestal sterk gescheurd, wat met een goede doorlatendheid van deze laag gepaard gaat (zie hoofdstuk XI). Niet overal komt de klei

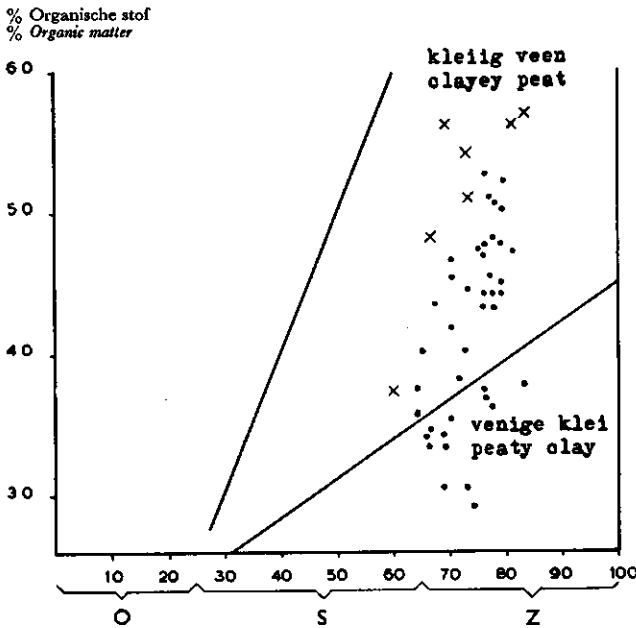


FIG. 48. Puttepolder. Samenstelling van de bovengronden

FIG. 48. Puttepolder. Composition of topsoils

- x Bovengronden van de veenprofielen  
Topsoils of peat profiles
- O Organische stof  
Organic matter
- S Afslibbaar  
Particles < 16  $\mu$
- Z Zand + gloeiresid  
Sand + ignition residue

voldoende boven het grondwater om te oxyderen en te scheuren. Gedeeltelijk is dit te wijten aan klink, waardoor de lagen sterk gezakt zijn. In het oostelijk deel speelt bovendien een tweede factor nog een rol, hier is nl. het bovenste deel van de zeekleilaag vervangen door kleihoudend rietveen. We vinden hier dan ook een dikkere veenlaag met in de ondergrond soms nog slechts een dunne zeekleilaag. Deze veenlaag bestaat nu niet geheel meer, zoals in het westelijk deel, uit veen, dat na de oude zeekleitijs gevormd is, maar gedeeltelijk ook uit veen dat tijdens de vorming van de oude zeeklei groeide. Van dit veen kan men, voor zover het gereduceerd is verwachten, dat het pyrietrijck is en dus sterk zal verzuren bij bovenbrengen.

In de meeste gevallen treft men in de alluviale gebieden een nauwe samenhang aan tussen de ondergrond onder de bovenlaag van de profielen en de relatieve hoogteligging. Bij het object de Puttepolder is er wel enig verband, maar het is zeer zwak. Dit is te wijten aan twee oorzaken, nl.:

1. De polder is niet overal tot één niveau (het oude zeekleiniveau) verveend, dus op verschillende plaatsen heeft men meer veen laten zitten dan elders.
2. Behalve de klink in het gekarteerde deel van het profiel speelden ook de klinkverschillen in de ondergrond een rol. Op de doorsnede (fig. 46) komt dit vooral zeer duidelijk tot uiting bij A, waar een kleirug in de diepere ondergrond aanwezig is.

De bovengronden in de Puttepolder bestaan meest uit kleilig veen en gedeeltelijk ook uit venige klei (zie fig. 48). In de gebieden met wat dikkere veenlagen komen in

FIG. 49. Puttepolder. Verband tussen hoogteligging en organische stofgehalte. Bovengronden zonder kalkrijke ondergrond. Organische stof in % van organische stof + slib

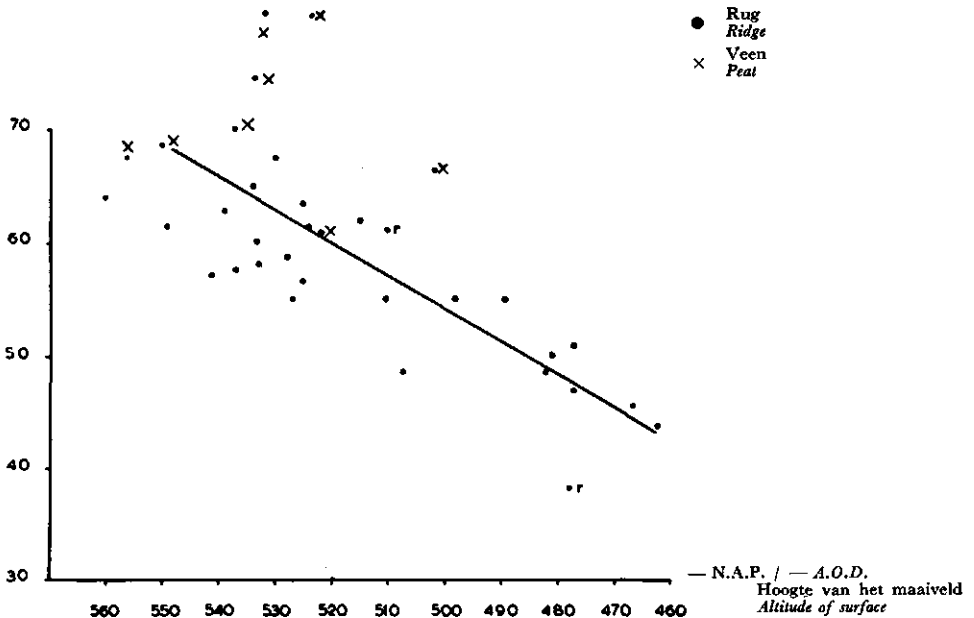


FIG. 49. Puttepolder. Relation between altitude and organic matter content. Topsoils without a lime-rich subsoil. Organic matter in % of organic matter + particles < 16  $\mu$

het algemeen de hoogste organische stofpercentages voor. Overigens is het percentage aan organische stof ook sterk afhankelijk van de hoogteligging. Dit blijkt uit de resultaten van een in 1951 uitgevoerd onderzoek waarbij 17 percelen in onderdelen bemonsterd werden nl. van 0–5 cm voor bemestingsonderzoek en 5–15 à 20 cm voor verdrogingsonderzoek. Van deze percelen was de hoogteligging nauwkeurig bekend. In fig. 49 en fig. 50 staat het verband tussen hoogteligging en organische stofgehalte aangegeven. Hierbij is echter niet het organische stofgehalte in procenten van de grond, maar als procenten van organische stof + slib genomen, om zodoende bij deze beschouwing de invloed van de wisselende hoeveelheden zand die er door cultuurinvloeden in terecht zijn gekomen uit te schakelen. In fig. 49 ziet men het verband tussen het organische stofgehalte en de hoogteligging bij de gronden met kalkarme ondergrond. In fig. 50 ziet men dat bij de gronden met kalkhoudende of kalkrijke ondergrond, het organische stofgehalte bij een hogere ligging iets sneller afneemt dan bij de gronden zonder kalk in de ondergrond.

De pH  $H_2O$  van de bovengronden met kalkarme ondergrond ligt bij de onderzochte monsters tussen 4,2 en 5,6 en meestal onder 5,0. De pH  $H_2O$  van de bovengrond met kalkrijke of kalkhoudende ondergrond is hoger en ligt tussen 4,7 en 5,8 en meest boven 5,0.

De veen- of venige bovengronden zijn meestal min of meer verdroogd. De mate van verdroging is vooral afhankelijk van de hoogteligging. In fig. 51 is dit verband

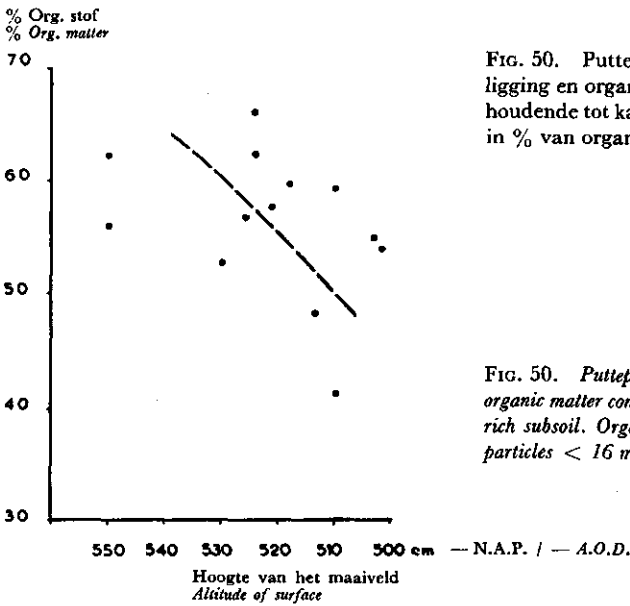


FIG. 50. Puttepolder. Verband tussen hoogte-  
ligging en organische stof. Bovengronden met kalk-  
houdende tot kalkrijke ondergrond. Organische stof  
in % van organische stof + slib

FIG. 50. Puttepolder. Relation between altitude and  
organic matter content. Topsoils with a calcareous to lime-  
rich subsoil. Organic matter in % of organic matter +  
particles < 16  $\mu$

FIG. 51. Puttepolder. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging t.o.v. het slootpeil

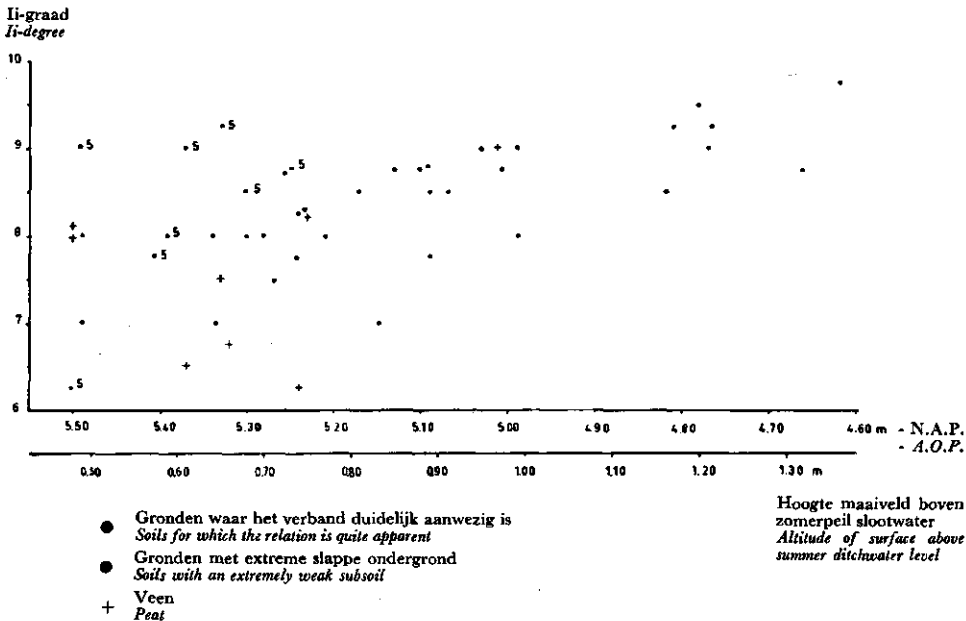
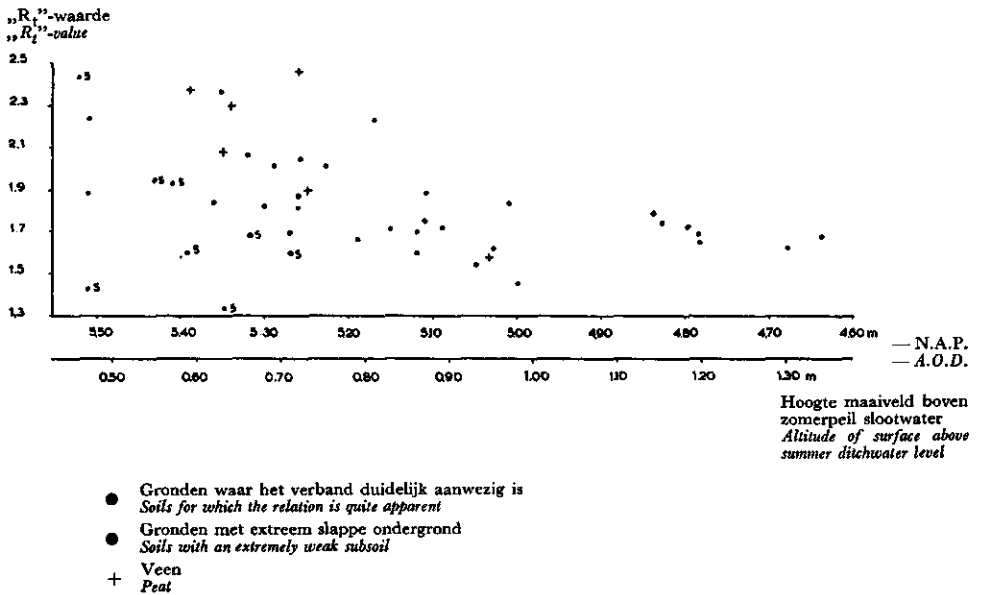


FIG. 51. Puttepolder. Relation between Ii-degree and height above ditchwater level

FIG. 52. Puttepolder. Verband tussen „ $R_t$ ”-waarde en hoogteligging t.o.v. het slootpeilFIG. 52. Puttepolder. Relation between „ $R_t$ ”-value and height above ditchwater level

aangegeven. De hoogteligging van de monsters boven het gemiddelde slootpeil werd berekend als het verschil tussen polderpeil en hoogteligging. Daar verschillende sloten vrij dicht gegroeid zijn en ook wel dammetjes aanwezig zijn is dit niet geheel juist, bovendien treedt er plaatselijk nog wel wat kwel op. Niettegenstaande dat, is het verband voor de monsters aangegeven als . duidelijk aanwezig. De monsters gekenmerkt met : 5 springen uit dit verband. Ze blijken al bij een wat lagere ligging sterke verdroging te vertonen. Deze monsters hebben betrekking op bovengronden van profielen met extreem slappe klei-ondergronden, waarop een vrij dikke veenbovengrond voorkomt. Mogelijk werkt de slappe kleilaag in de diepere ondergrond min of meer als een ondoorlatende laag (zie hoofdstuk XI). Mogelijk werkt ook de sterke scheuring in de veenbovengrond de verdroging in de hand. Deze scheuring en de daarmee gepaard gaande hobbeligheid van het land is trouwens in het algemeen in de Puttepolder een veel voorkomend verschijnsel.

In fig. 52 is de „ $R_t$ -waarde” (uitgedrukt in g  $H_2O$  per gram organische stof + 1/3 slib) uitgezet tegen de hoogteligging, waarbij ongeveer hetzelfde verband als tussen II-graad en hoogteligging blijkt.



FIG. 53. Puttepolder. Bodemkaart

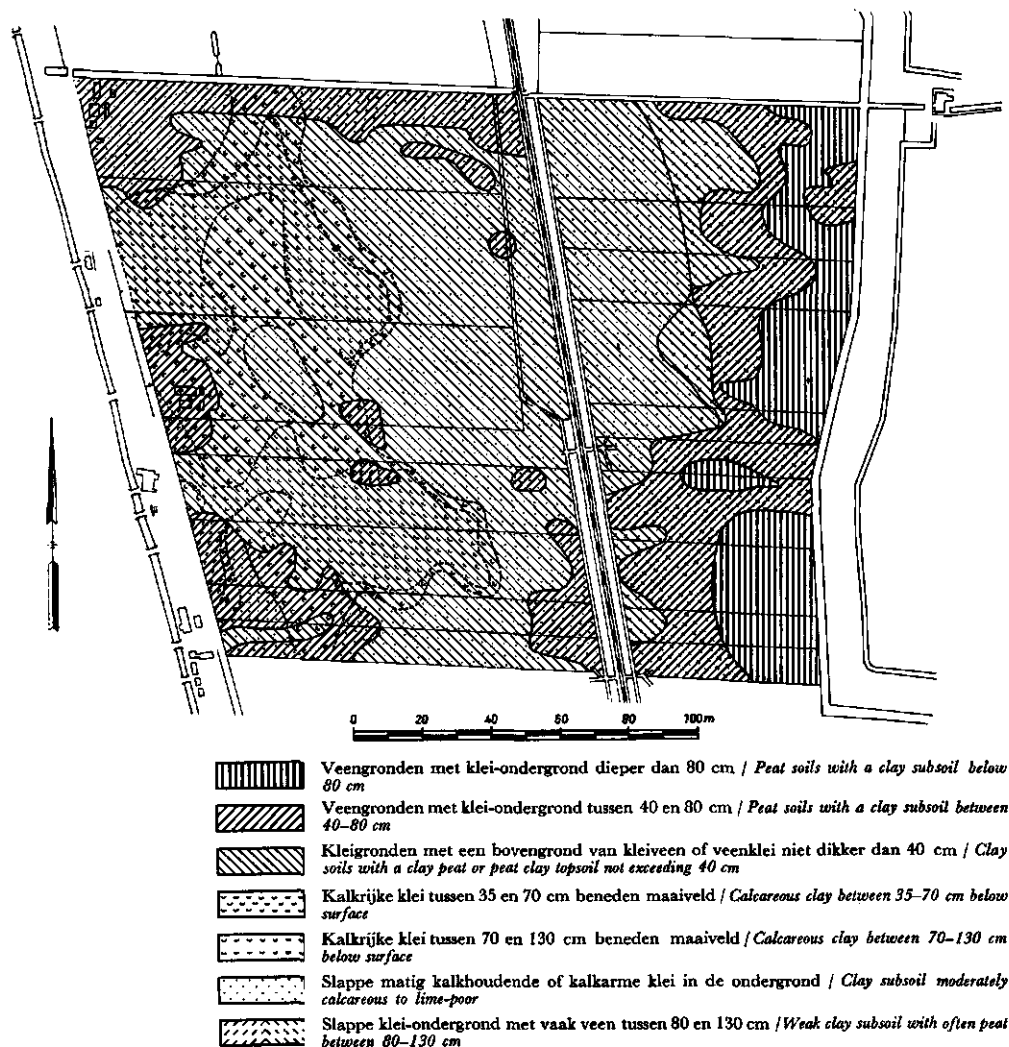


FIG. 53. Puttepolder. Soil map

### 3. BESPREKING VAN EEN BODEMKAARTJE VAN EEN DEEL VAN DE PUTTEPOLDER

Op het bodemkaartje fig. 53 worden 2 soorten onderscheidingscriteria gebruikt nl. de diepte waarop de kleiondergrond in het profiel voorkomt en de aard van de ondergrond.

De diepte van de kleiondergrond onder de veen- of venige bovengrond wordt

ingedeeld in ondieper dan 40 cm, tussen 40 en 80 cm en dieper dan 80 cm. De gronden die tot de eerste klasse behoren, moeten volgens de definitie in hoofdstuk III tot de kleigronden gerekend worden, de andere gronden tot de veengronden.

Naast deze indeling is een vrij vergaande indeling van de ondergrond gegeven. Deze onderscheiding is gedeeltelijk nodig bij een eventuele verbetering van de gronden door diepspitten of diepploegen. Hierbij kunnen de hiervoor geschikte gronden vooral bij 3a, kalkrijk (d.w.z. gemiddeld meer dan 8% kalk) tussen 35 en 70 cm en mogelijk ook nog voor diepspitten bij 3b, (kalkrijk tussen 70 en 130 cm) gezocht worden.

Bij gronden die als 3c, dus met een ondergrond van slappe matig kalkhoudende klei en slappe, kalkarme klei aangegeven zijn, bevinden zich ook nog enkele stroken met een kalkrijke ondergrond. Deze kalkrijke ondergrond is echter in dit geval erg zwaar en slap, waardoor hij ongeschikt is om bovengedaald te worden.

Behalve een verdeling naar kalkgehalte is nog een onderscheid gemaakt in de profielen met slappe en met zeer slappe ondergrond, die meestal weer binnen 130 cm in veen overgaat. Deze onderscheiding, die alleen in grote lijn is doorgevoerd, heeft vooral zin bij gronden met een veenbovengrond van 40 tot 80 cm dikte. Op deze wijze worden de wat hoger liggende gronden, aan de westzijde van de spoorlijn, gescheiden van de lager liggende aan de oostzijde.

De verdroging is op het bodemkaartje niet aangegeven. Deze verdroging vindt men voor een gedeelte van het betrokken gebied in fig. 54 per perceel of perceelsgedeelte aangegeven. Zoals uit het kaartje blijkt, zijn de meeste graslandpercelen min of meer verdroogd, waarbij sterke en matig tot sterke verdroging overheerst.

Alleen aan de oostkant, in het veengedeelte, komen enkele percelen voor, die geen of slechts weinig last van verdroging hebben. Uit het hoogtekaartje in fig. 55 van het betrokken gebied blijkt, zoals te verwachten is, dat men hier ook inderdaad de laagste percelen vindt.

Zoals reeds werd opgemerkt zijn de hoogteverschillen in de gehele Puttepolder vrij groot, hetgeen ook geldt voor het beschouwde gedeelte. Het totale hoogteverschil bedraagt hier 1,20 m. De verschillen in een perceel bedragen vaak wel 80 cm. Vergelijkt men het hoogtekaartje met het bodemkaartje dan is de overeenkomst niet erg groot. Alleen het veengedeelte in het oosten kan min of meer gecorreleerd worden met het lage gedeelte van het hoogtekaartje. Verder is er de tendens dat de gronden met kalkrijke ondergrond tussen 70 en 130 cm het laagst liggen. Waarschijnlijk zijn deze gronden oorspronkelijk ook op de laagste plekken gevormd. Latere klink heeft hier niet, zoals men dat elders wel veel vindt, tot een omkering van het reliëf geleid.

#### 4. DE SAMENSTELLING VAN DE GRASMAT IN DE PUTTEPOLDER

Van de reeds eerder genoemde 17 percelen, die in 1951 bemonsterd werden, werd ook de botanische samenstelling in het veld opgenomen (frequentie-percentages).

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de resultaten van dit onderzoek; de bemonsterde perceelsgedeelten zijn ingedeeld in klassen naar hoogteligging.

Slechts bij enkele grassen is een verband te zien tussen hoogteligging, mate van

FIG. 54. Puttepolder. Verdrogingskaart graslandpercelen

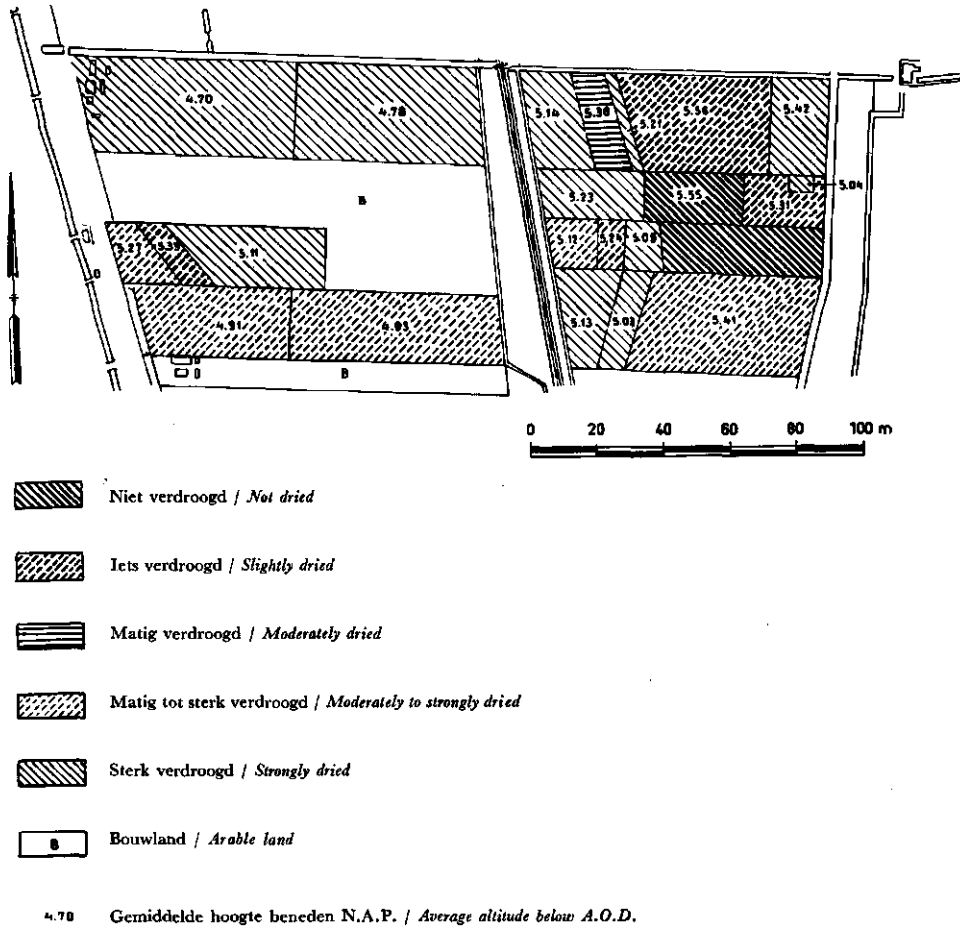


FIG. 54. Puttepolder. Map showing the degree of drying in grassland lots

verdroging en frequentie-percentage. Dit geldt voor *Poa trivialis*, *Trifolium repens* en *Alopecurus geniculatis*, die meer voorkomen naarmate de gronden lager liggen en dus minder verdroogd zijn en voor *Poa pratensis* en *Achillea millefolium*, die meer voorkomen naarmate de gronden hoger liggen en dus sterker verdroogd zijn. Met de andere factoren als PH, P-citr., kali-waarde, enz. kon geen verband gelegd worden.

FIG. 55. Puttepolder. Hoogtekaart

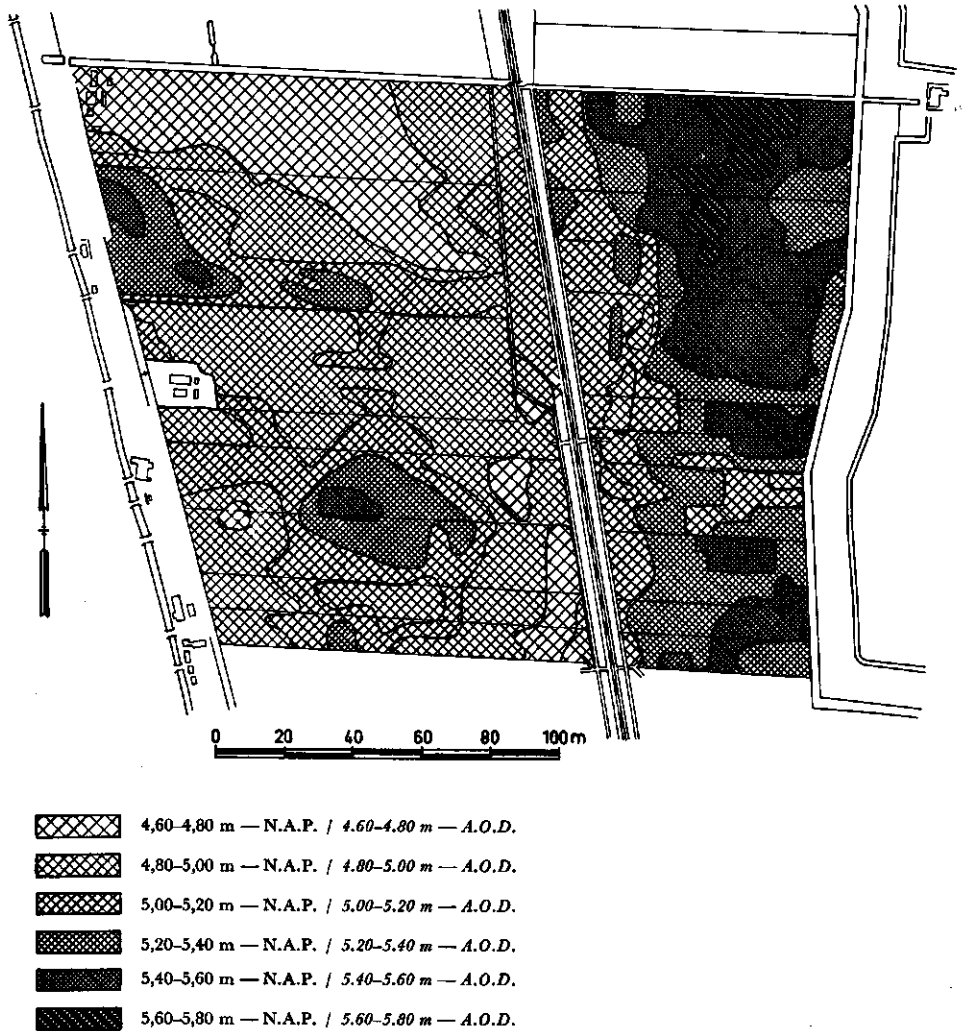


FIG. 55. Puttepolder. Relief map

Voor *Poa pratensis* en *Poa trivialis* is het verband tussen hoogteligging en frequentiepercentage in fig. 56 weergegeven. Uit deze figuur blijkt, dat de spreiding groot is; deze kon niet zonder meer verklaard worden uit verschillen in bemestingstoestand. Blijkbaar spelen hier nog andere factoren een rol.

Voor *Poa pratensis* kon de spreiding gedeeltelijk verklaard worden uit verschillen in bodemtypen.

FIG. 56. Puttepolder. Verband tussen hoogteligging en voorkomen van veldbeemdgras en ruw beemdgras 1951

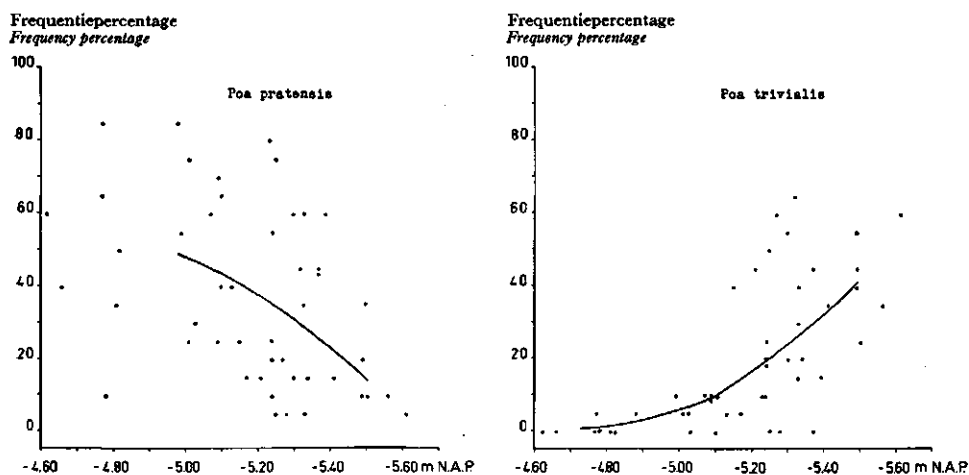


FIG. 56. Puttepolder. Relation between altitude and occurrence of *Poa pratensis* and *Poa trivialis* 1951

Bij de veenprofielen is het frequentie-percentage bij dezelfde hoogteligging hoger, bij de profielen, waar op een diepte van 35–130 cm kalkrijke klei voorkomt, lager dan het gemiddelde.

## IX. DE VERDROOGING IN HET OBJECT ZEVENHOVEN

Het object Zevenhoven nabij Noorden (Hoofdstuk I, fig. 1), maakt deel uit van de droogmakerij polder Zevenhoven, het ligt in de zuidoosthoek van deze droogmakerij. Fig. 57 geeft een overzicht van de bodemgesteldheid. Middenin de percelen bevindt

FIG. 57. Polder Zevenhoven. Bodemkaart

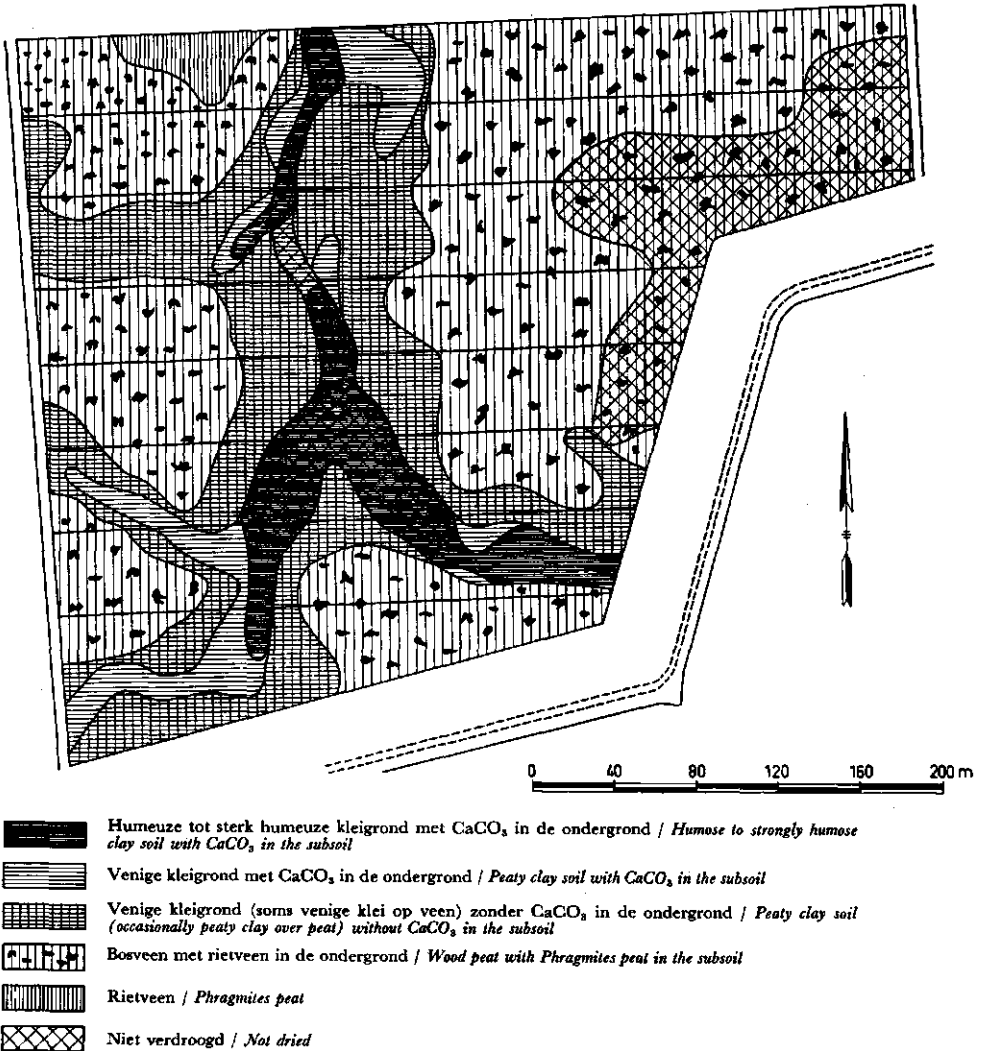


FIG. 57. Polder Zevenhoven. Soil map

zich een wat hogere rug, waarvan de kern (type 1 en 2) uit klei bestaat, die in de ondiepe ondergrond kalkrijk is. De klei van deze rug is rivierklei. De rug is te beschouwen als een verland rivierloopje, dat tijdens de vervening voor afgraving gespaard werd, terwijl het veen in de omgeving en boven de rug verdween. De rug werd dus als het ware uitgepeld. Naast de kern van de rug vindt men venige kleiprofielen. Verder van de rug af gaan deze profielen over in een veenprofiel met een kleiveenbovengrond.

In het algemeen bestaat het veen in de ondergrond uit bosveen op rietveen, verder van de rug af vindt men ook wel alleen rietveen. In de ondergrond komt dieper in het profiel waarschijnlijk overal slappe zeeklei voor, echter vaak pas dieper dan het normale boorbereik ( $> 1,50$  m).

De bodemgesteldheid wordt verder verduidelijkt in de doorsnede van fig. 58. De kalk in de kern van de rug komt tot vlak onder het humeuze of sterk humeuze dek. De percentages  $\text{CaCO}_3$  kunnen in de kern vrij hoog zijn. Een monster van 40 tot 60 cm diepte bevatte 14,6%  $\text{CaCO}_3$ , en een monster van 20–40 cm 8,9%. Iets meer naar de kant zijn deze gehalten lager, een monster van 60–80 cm en een van 80–100 cm diepte bevatten respectievelijk 1% en 10%  $\text{CaCO}_3$ .

Het rijker worden aan organische stof van de bovengronden naarmate de afstand tot de rug groter wordt, ziet men in de monsters die in fig. 59 grafisch zijn aangegeven. Dit percentage varieert van 13% op de rug tot 49% in een monster vrij ver van de rug vandaan.

Op het bodemkaartje (fig. 57) staat behalve de bodemkundige opbouw ook de verdroging aangegeven. Er blijkt wel uit, dat echte verdrogende grond op de kern van de rug niet voorkomt. De typisch scherpe en hard aanvoelende brokjes of een stoffige grond vindt men daar niet, niettegenstaande de hogere ligging van dit gedeelte. Men kan dit grotendeels wijten aan het kleiige karakter van deze bovengrond, terwijl echter daarnaast het feit dat de koolzure kalk zo hoog in het profiel voorkomt, ook een rol kan spelen. Deze gronden gaan nl. gedeeltelijk lijken op de gronden met de betere bovengronden die in hoofdstuk X beschreven worden.

De verdroging, zoals deze op het bodemkaartje staat aangegeven is opgenomen in maart, dus in de natste tijd van het jaar. Ook in de zomer blijft dit verschil in karakter tussen rug en omgeving echter gehandhaafd, doordat bij regen de bovengrond van de rug nat wordt, wat met de verdroogde grond niet het geval is.

Doordat de rivierklei en een gedeelte van het bosveen tijdens de vervening niet verdwenen zijn, is dit nu dus een hoger gedeelte, hetgeen uit het hoogtekkaartje (fig. 60) ook duidelijk blijkt.

Men ziet, dat niet alleen de rug een hoog gedeelte vormt, maar dat ook om de rug een hoger gebied aanwezig is. Op deze afhelling van de rug komt in het algemeen de ernstigste verdroging voor. Verder van de rug af zijn lage delen, waar weinig verdroging voorkomt. Afgezien van de profielen op de rug is de verdroging nl. zeer sterk afhankelijk van de hoogteligging boven het slootpeil. Dit staat aangegeven in fig. 61, 62 en 63, waar respectievelijk de Ii-graad de „ $R_1$ -waarde” per gram humus en de hoeveelheid vocht per gram humus uitgezet zijn tegen de hoogteligging. Bij de beschouwing van deze grafieken moet men bedenken, dat het hier om voorjaarsmonsters gaat.

FIG. 58. Polder Zevenhoven. Doorsnede west-oost

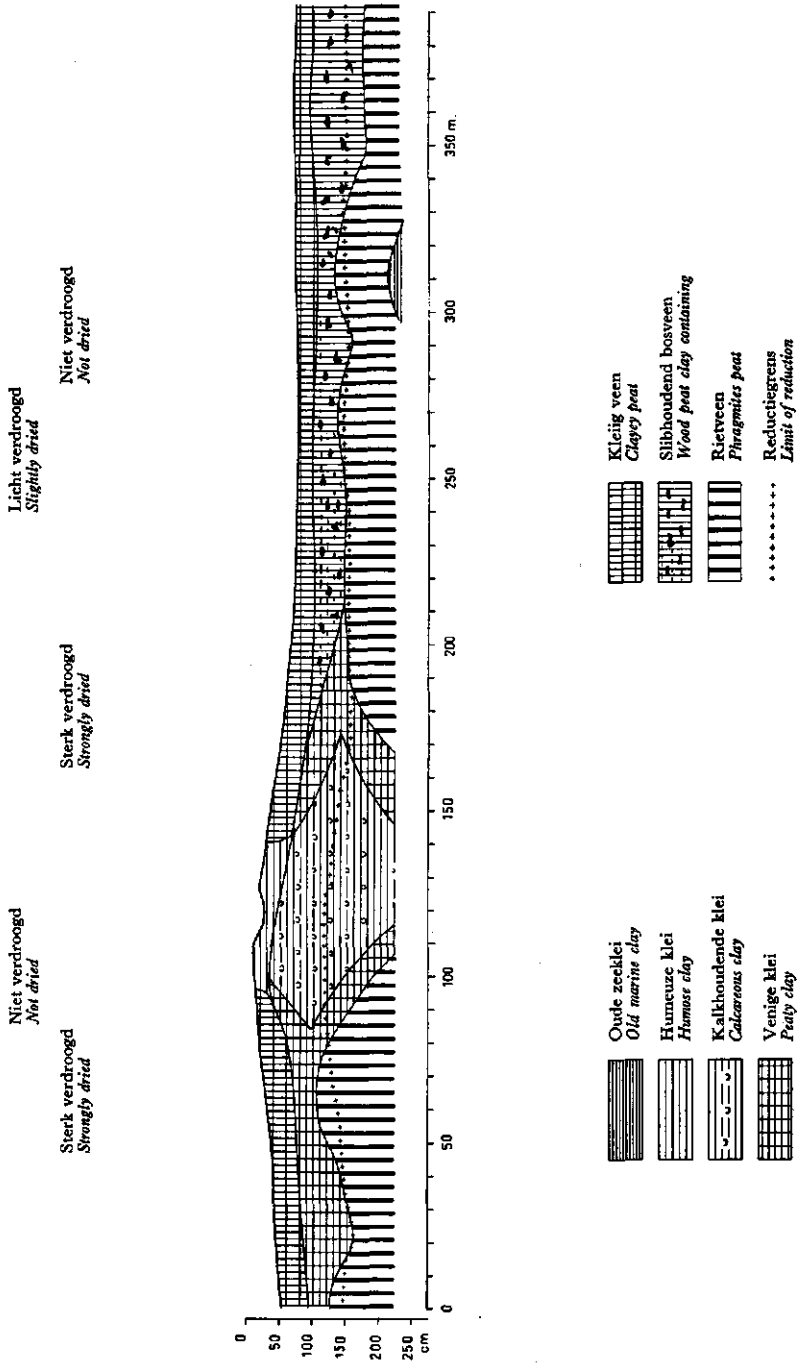


FIG. 58. Polder Zevenhoven. Cross-section west-east



Fig. 59. Polder Zevenhoven. Samenstelling van de bovengronden

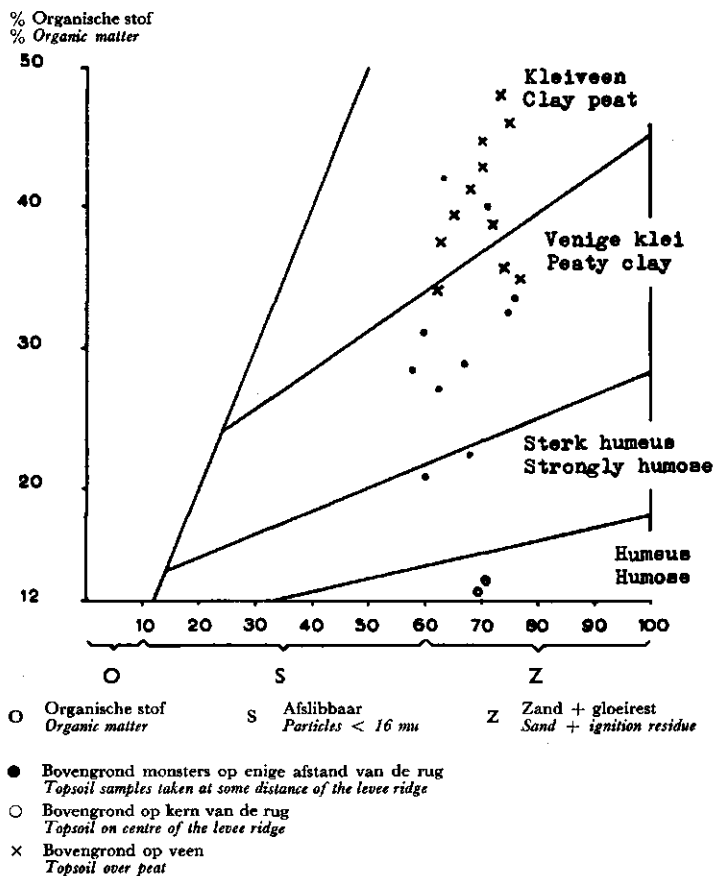


Fig. 59. Polder Zevenhoven. Composition of topsoils

In de zomer en herfst zijn de li-graden, althans van de monsters buiten de rug, veel lager. Van een perceel dat in oktober 1952 werd bemonsterd, werden voor een 2-tal monsters buiten de rug li-graden van 9,75 gevonden, terwijl de rug een li-graad van 7,75 had.

In maart-april 1952 werd van het object een botanische kartering uitgevoerd; hierbij werden over elk perceel twee raaien gelegd. Om de 10 m werd van elk plekje de botanische samenstelling geschat; deze schattingscijfers werden verder gemiddeld per onderdeel van een perceel genoteerd. De kern van de rug, de hoge delen buiten de rug en de lage delen buiten de rug gaven onderling goede onderscheidingen te zien. In de volgende tabel 4 zijn de gemiddelde gewichtspercentages van alle percelen, maar ingedeeld naar verdroging, vermeld.

FIG. 60. Polder Zevenhoven. Hoogtekaart

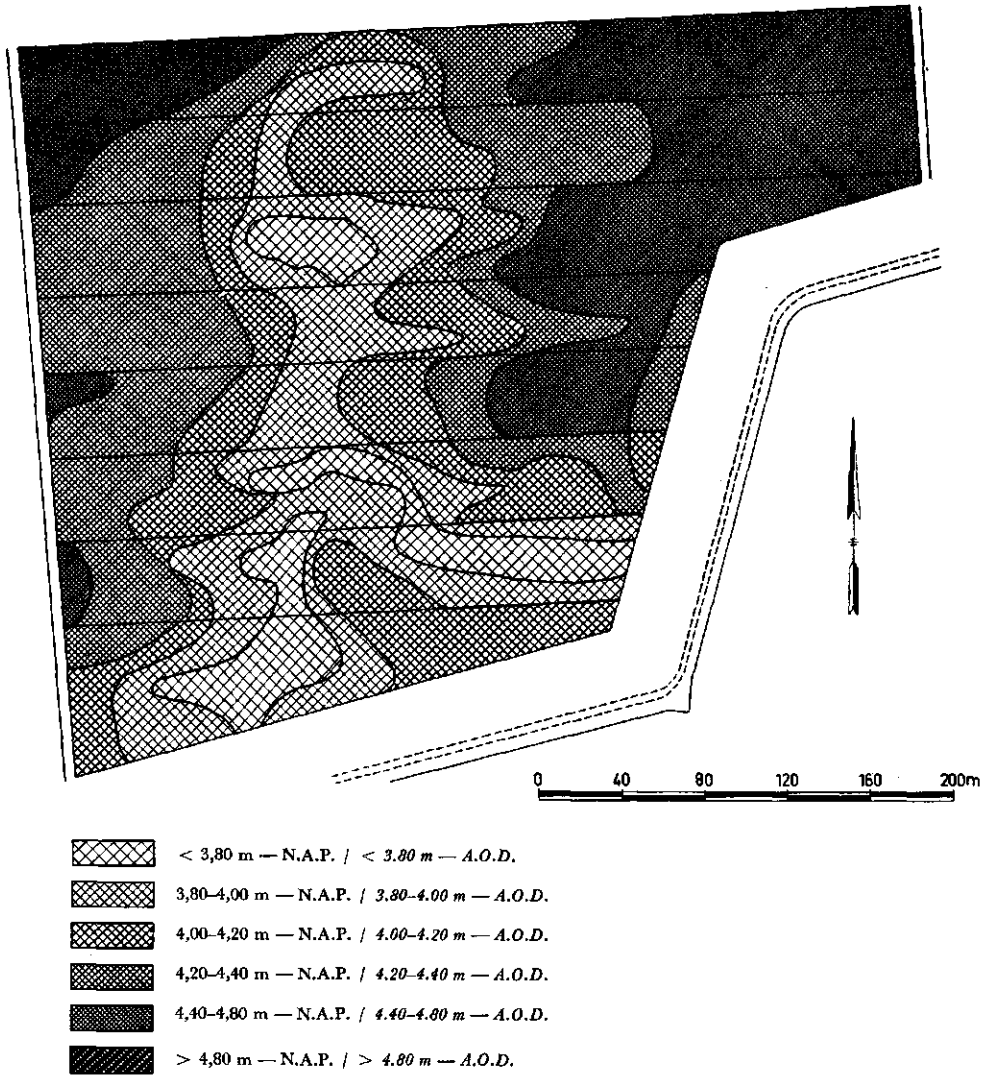


FIG. 60. Polder Zevenhoven. Relief map

De kleirug vertoont de hoogste percentages Engels raaigras (Lp) en heeft veel minder veldbeemd (Pp) en struisgras (A.) dan de verdroogde gedeelten.

In de lage, niet-verdroogde gedeelten, komt meer ruwbeemdgras (Pt), wat meer Engels raaigras en minder veldbeemd en struisgras voor. Kenmerkend is vooral het voorkomen van geknikte vossestaart (Ag.) en vlotgras (Gf.) in deze delen.

FIG. 61. Polder Zevenhoven. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging. Bovengrond monsters, maart 1952

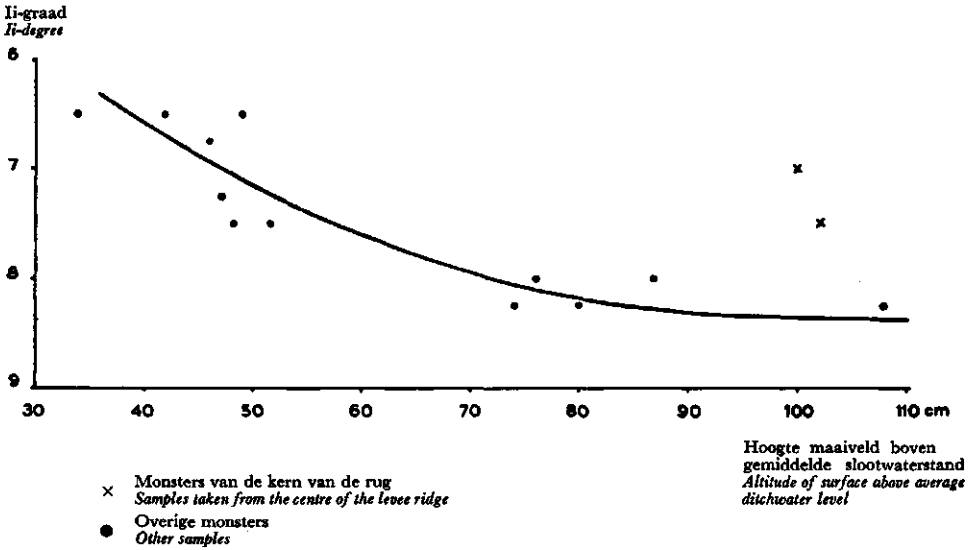


FIG. 61. Polder Zevenhoven. Relation between Ii-degree and altitude. Topsoil samples. March 1952

FIG. 62. Polder Zevenhoven. Verband tussen „R<sub>t</sub>”-waarde en hoogteligging. Bovengronden. Maart 1952

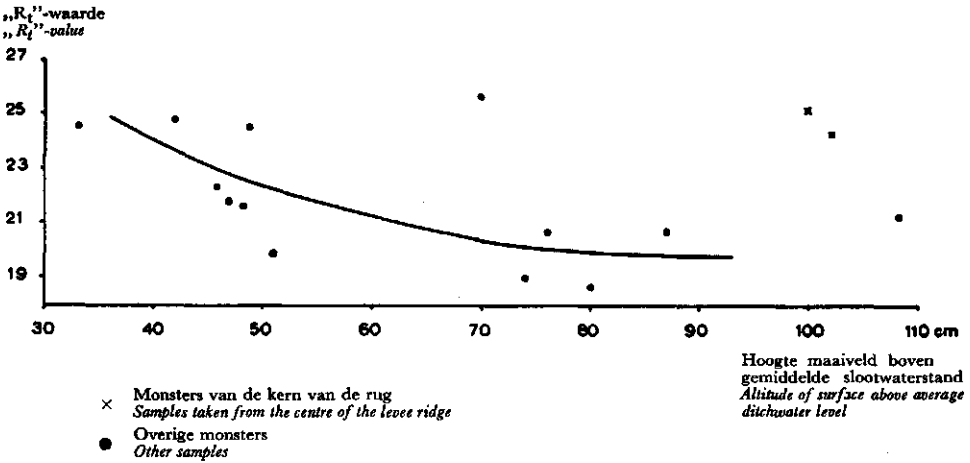


FIG. 62. Polder Zevenhoven. Relation between „R<sub>t</sub>”-value and altitude. Topsoil samples. March 1952

FIG. 63. Polder Zevenhoven. Verband tussen vochtgehalte in het veld en hoogteligging. Bovengrondmonsters, maart 1952

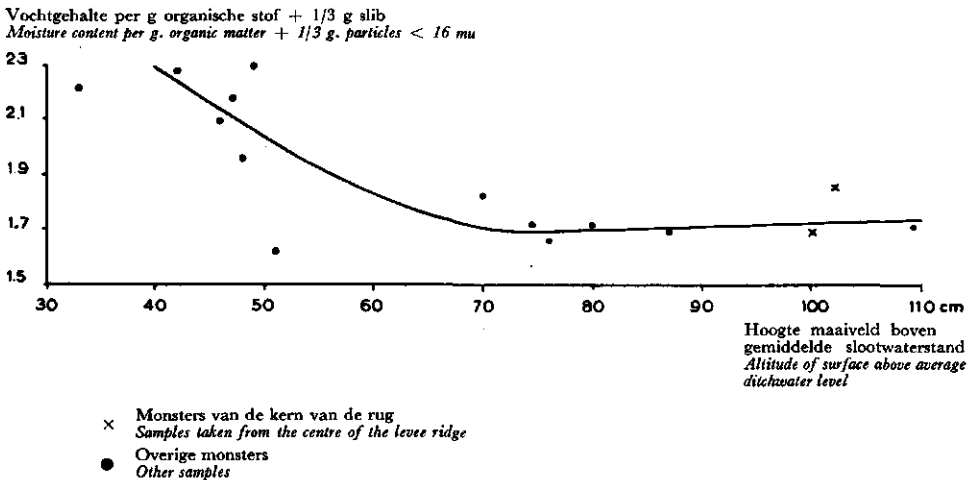


FIG. 63. Polder Zevenhoven. Relation between moisture content in the field and altitude. Topsoil samples. March 1952

Onder de in de tabel aangegeven „andere grassen” zijn samengevat kroppaar, beemdvossestaart en roodzwenkgras, de belangrijkste onkruiden waren zuring, paardebloem, boterbloem en madeliefje. Wat deze grassen en onkruiden betreft waren er geen belangrijke verschillen tussen de verdroogde en niet verdroogde gedeelten. Op de kleirug waren de percentages van deze grassen en van de onkruiden (behalve de zuring), echter hoger dan op de andere gedeelten. Gemiddeld waren de percentages kroppaar, beemdvossestaart, roodzwenkgras, paardebloem, boterbloem en madeliefje op de kleirug respectievelijk 2,5-2-1,7-4,7-3,8 en 2,3 tegenover gemiddeld over de andere verdroogde en niet verdroogde gedeelten tezamen resp. 0,5-0,6-0,4-1,6-2,3 en 0,7.

In fig. 64 zijn de droogteklassen, zoals deze met behulp van de droogte-indicatiecijfers van de afzonderlijke grassen (zie hoofdstuk VI) bepaald konden worden, aangegeven. Vergelijkt men deze gegevens met het bodemkaartje en het hoogtekaartje, dan blijkt, dat de lage, niet verdroogde gedeelten in de noord-oosthoek als nat land te voorschijn komen. Bij de drie meest zuidelijke percelen blijkt verder de grasmat op de rug uit een wat minder door droogte beïnvloede vegetatie te bestaan (meest matig droog), dan op de gronden naast de rug, die bijna alle de indicatie droog verdienen. Dit geldt echter niet voor de noordelijkste drie percelen. Ook wat betreft de hoedanigheidsgraad bestaat er verschil tussen de noordelijke en de zuidelijke percelen; de drie zuidelijke percelen blijken gunstiger te zijn dan de drie noordelijke. Waarschijnlijk

FIG. 64. Polder Zevenhoven. Verdrogingskaart van graslandpercelen

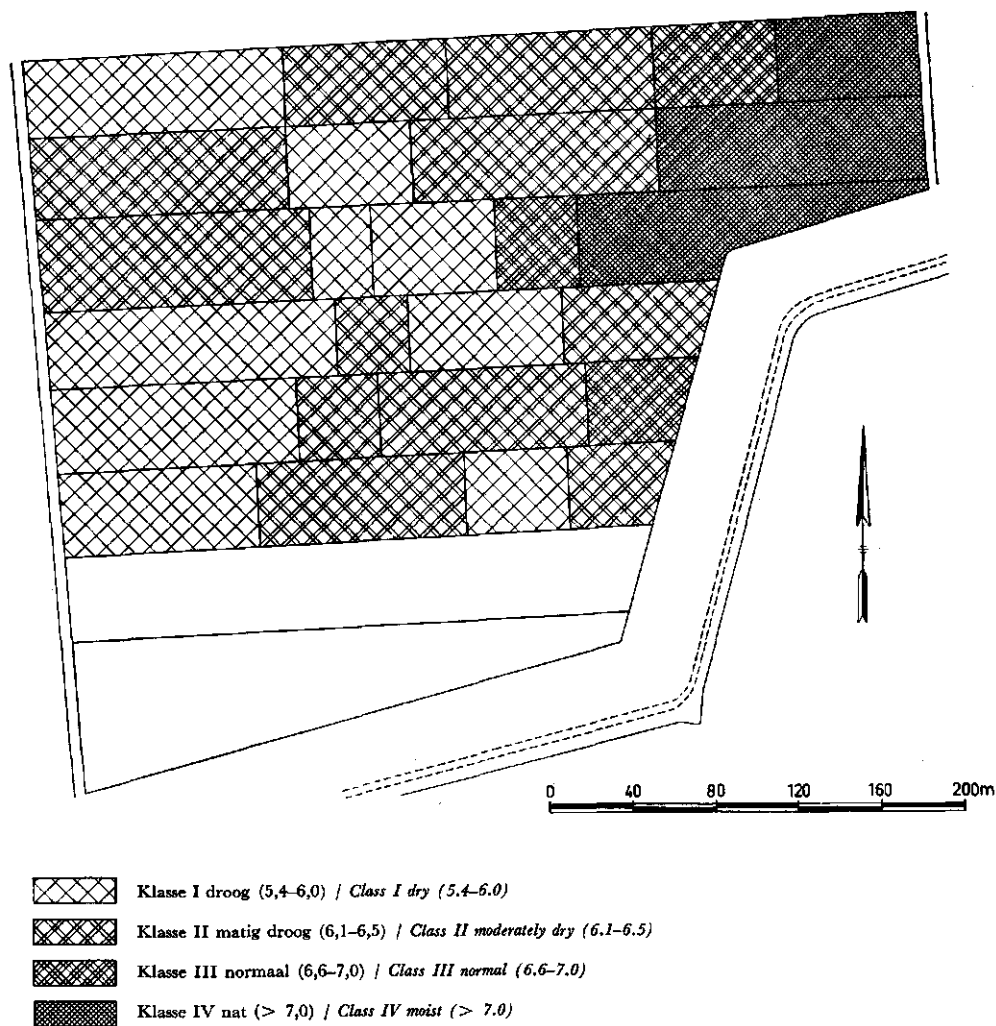


FIG. 64. Polder Zevenhoven. Map showing the degree of drying-up of grassland lots

is dit een gevolg van een verschil in behandeling (weiden tegenover weiden + hooien).

Overigens blijkt uit het kaartje van de hoedanigheidsgraad (fig. 65) verder, dat de ruggedeelten ten opzichte van de naaste omgeving steeds of een hogere of een gelijke hoedanigheidsgraad hebben, maar nooit een lagere. De lagere gedeelten in de noordoosthoek hebben over het algemeen een goede hoedanigheidsgraad behalve enkele gedeelten waar te veel geknikte vossestaart en vlotgras voorkomt.

FIG. 65. Polder Zevenhoven. Kaart aangevende de hoedanigheidsgraad van graslandpercelen

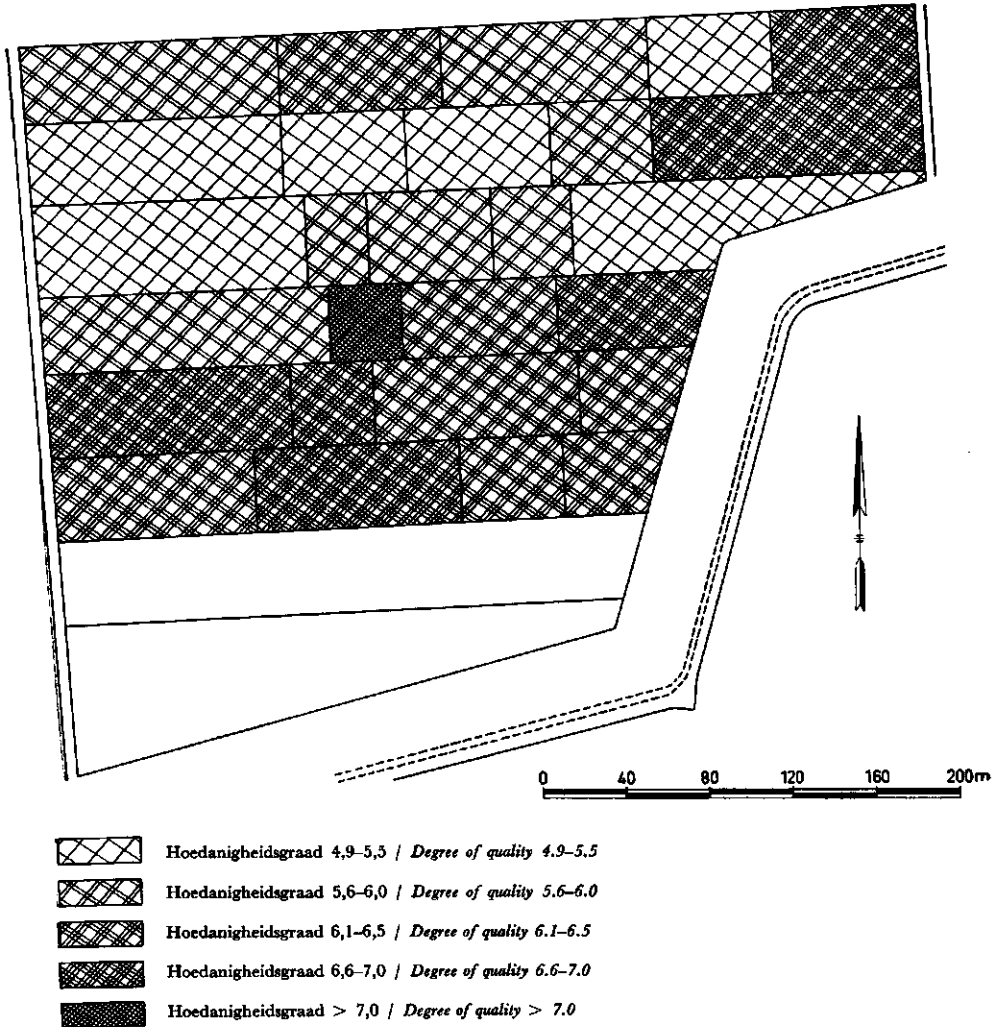


FIG. 65. Polder Zevenhoven. Map showing the degree of quality of grassland lots

## X. HET ONDERZOEK VAN DE BOVENGRONDEN VAN HET TYPE WOUBRUGGE

### 1. INLEIDING

Tegen het einde van het onderzoek naar de verdrogende veengronden in West-Nederland kwam de wenselijkheid naar voren, een serie monsters van humeuze of venige bovengronden van goede kwaliteit te vergelijken met normaal verdrogende bovengronden.

Goede bovengronden vindt men speciaal in sommige droogmakerijen. Deze dekken staan wel bekend als goede meermolmdekken. Deze naam wekt echter wel verkeerde verwachtingen daar deze dekken, die sterk samenhangen met de aard van de ondergronden, zoals in het vervolg van dit hoofdstuk zal blijken, niet altijd uit meermolm bestaan, maar ook uit vergaen veen ontstaan kunnen zijn. Van deze „meermolmdekken” werden 17 monsters verzameld (16 in Zuidhollandse droogmakerijen ten noorden van de Oude Rijn en 1 in Groot-Mijdrecht). Zij zullen in het vervolg type Woubrugge worden genoemd. Van de verdrogende gronden werden in dezelfde tijd (22, 24 en 25 augustus 1953) 19 monsters verzameld, afkomstig uit de Zuidhollandse droogmakerijen, deels benoorden en deels bezuiden de Oude Rijn. Behalve monsters in zakken werd ook van elke plek een ringmonster genomen.

Bij het bemonsteren viel reeds op, dat de gronden van het type Woubrugge, niettegenstaande de vaak hoge ligging boven het grondwater niet typisch verdroogd waren. Tevens was de algemene indruk van de kwaliteit van het grasland van deze gronden gemiddeld veel beter dan die van de kwaliteit van het grasland op de normale bovengronden. Dit is in fig. 66 tot uitdrukking gebracht.

De goede dekken waren meest 25 à 35 cm dik en lagen op klei of zavelgrond, die meestal reeds boven 50 cm beneden maaiveld kalkrijk werd. Wel vertoonde de klei of zavel onder het dek soms katekleivlekken, maar het is niet waarschijnlijk dat de kateklei zeer zuur was, daar zowel het dek als de ondiepe ondergrond hoge pH-waarden hadden. In één enkel geval was tussen het dek en de minerale ondergrond een veenlaagje aanwezig. Bij de normale tot verdroging neigende dekken was de bovengrond meest 20 à 25 cm dik. De kalkrijke ondergrond begon bij dit type met uitzondering van 1 geval onder 65 cm. Deze ondergrond was vaak slap. Een veenlaagje of venig laagje was hierbij veel vaker, nl. in 10 gevallen, aanwezig.

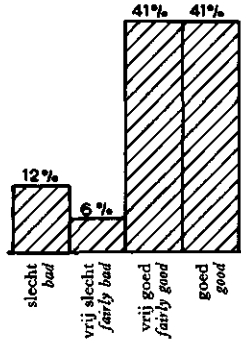
Het viel verder op dat bij het type Woubrugge de beworteling van de grassen vaak veel dieper ging en ook fijner was dan bij het tot verdrogen neigende type.

### 2. VERSCHILLEN TUSSEN DE BOVENGRONDEN VAN HET TYPE WOUBRUGGE EN TOT VERDROGING NEIGENDE BOVENGRONDEN UIT DE DROOGMAKERIJEN

De samenstelling van de monsters van deze serie staat aangegeven in fig. 67. De meeste bovengronden van het type Woubrugge bevatten veel zand en behoren tot de sterk humeuze en venig zandige kleigronden. Er is één uitzondering, afkomstig

FIG. 66. Droogmakerijen. Frequentiediagrammen van de kwaliteit van het grasland

17 monsters van meermolmdekken. Type Woubrugge  
 17 samples from lake bottom deposits. Type Woubrugge



19 monsters van verdrogende gronden. Normaal type  
 19 samples from dried-up soils. Normal type

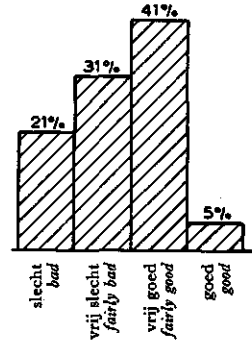


FIG. 66. Reclaimed lakes. Frequency diagrams of the quality of the grassland

FIG. 67. Droogmakerijen. Samenstelling bovengronden

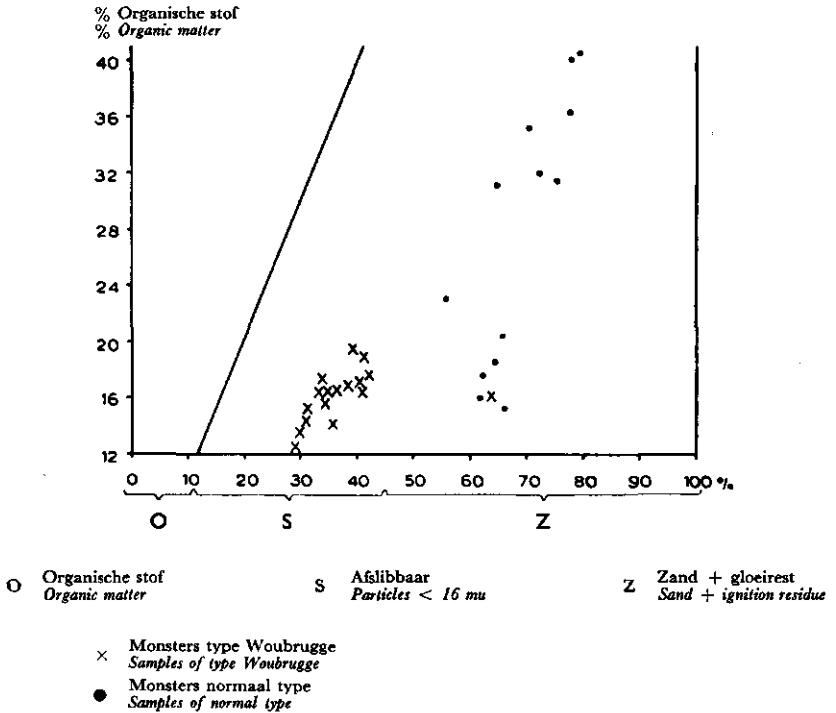


FIG. 67. Reclaimed lakes. Composition of topsoils



FIG. 68. Droogmakerijen. Frequentiediagrammen van pH.H<sub>2</sub>O

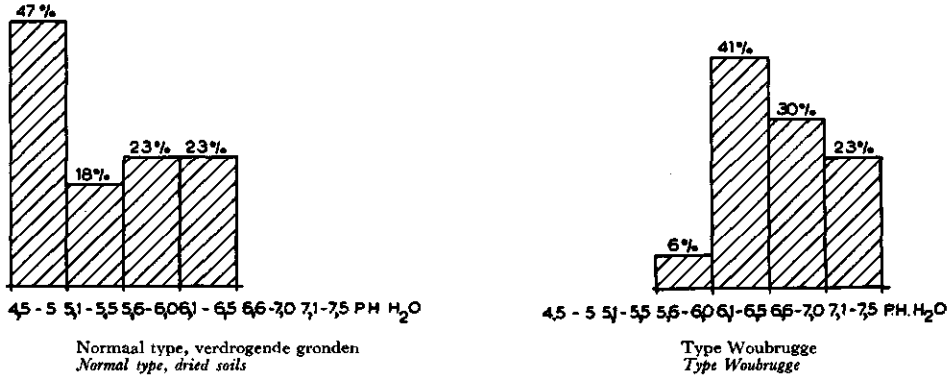


FIG. 68. Reclaimed lakes. Frequency diagrams of pH.H<sub>2</sub>O

FIG. 69. Droogmakerijen. Frequentiediagrammen van het N-gehalte van de organische stof

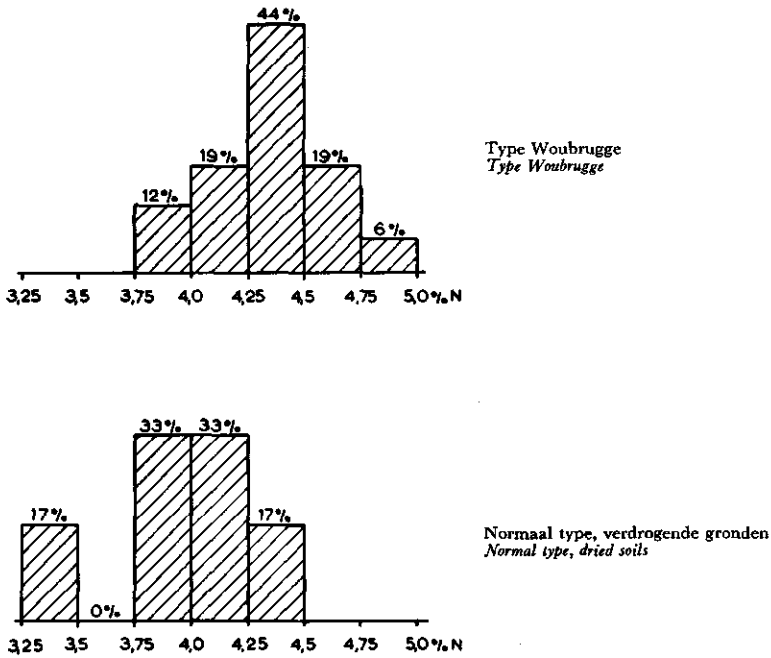
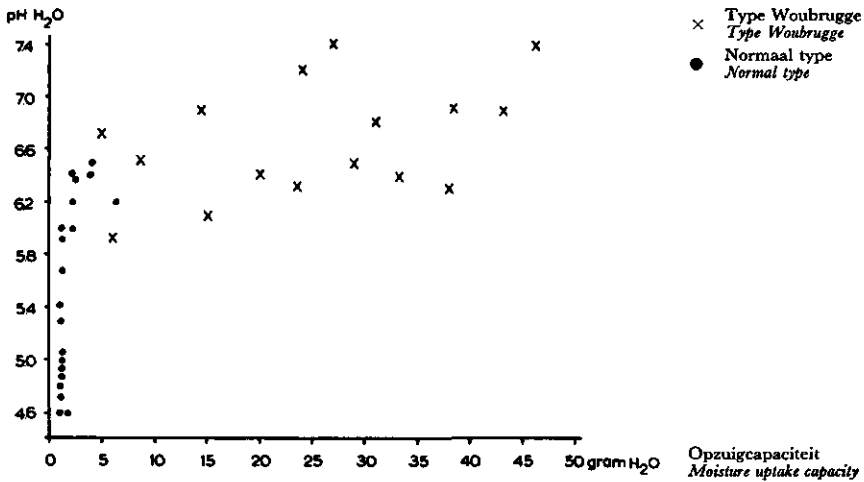


FIG. 69. Reclaimed lakes. Frequency diagrams of the N-content of the organic matter

FIG. 70. Droogmakerijen. Verband tussen opzuigcapaciteit na 1 uur en  $\text{pH.H}_2\text{O}$ . Natuurlijke toestandFIG. 70. Reclaimed lakes. Relation between moisture uptake capacity after 1 hour and  $\text{pH.H}_2\text{O}$ . Natural condition

uit Groot Mijdrecht. Uit veldervaring is echter bekend, dat niet alle goede dekken zoveel zand bevatten. (Men vergelijke bovendien de gegevens van de twee monsters van een kleirug in Zevenhoven die in hoofdstuk IX behandeld werden).

De  $\text{pH.H}_2\text{O}$  van het type Woubrugge is meestal hoger dan van de normale typen (zie fig. 68). Ook het N-gehalte van de organische stof lijkt gemiddeld iets hoger (zie fig. 69).

Men zou kunnen veronderstellen, dat de in het veld geconstateerde verschillen ten aanzien van de verdroging tussen de twee typen, geheel te wijten zouden zijn aan het verschil in profielopbouw onder de bovengrond en dat de bovengronden, los gezien van het profiel, niet verschillend zouden zijn ten aanzien van de verdroging. Hoewel de profielopbouw zeker veel invloed heeft op de waterhuishouding en ook misschien verantwoordelijk is voor de aard der bovengronden, zijn deze bovengronden, los gezien van hun profielen, toch ook verschillend in fysische hoedanigheid. Dit uit zich zeer sterk in de opzuigcapaciteit na verdrogen van de monsters in de ringen dus in natuurlijke toestand. In fig. 70 en 71 werd de opzuigcapaciteit na 1 uur en na 7 uur, zoals deze door HOOGHOUTD bepaald werd, uitgezet tegen de  $\text{pH}$ . Tevens werd aangegeven op welk type elk der punten betrekking heeft. Het is duidelijk, dat het type Woubrugge na verdrogen een veel betere opzuigcapaciteit behoudt, dan de andere dekken. Bij geroerde monsters is dit verschil, hoewel nog aanwezig (fig. 72) toch sterk vervaagd. De opzuigcapaciteit blijkt hier meer in direct verband te staan met de samenstelling van de bovengrond, dan met het type bovengrond of met de  $\text{pH}$  (fig. 73). Dat de opzuigcapaciteit bij de geroerde grond vaak veel hoger is dan bij de niet-geroerde grond wijst erop, dat de zeer lage waarden voor de niet-geroerde grond



FIG. 73. Droogmakerijen. Verband tussen opzuigcapaciteit na 1 uur en de verhouding % org. stof: % afslibbaar. Geroerde grond

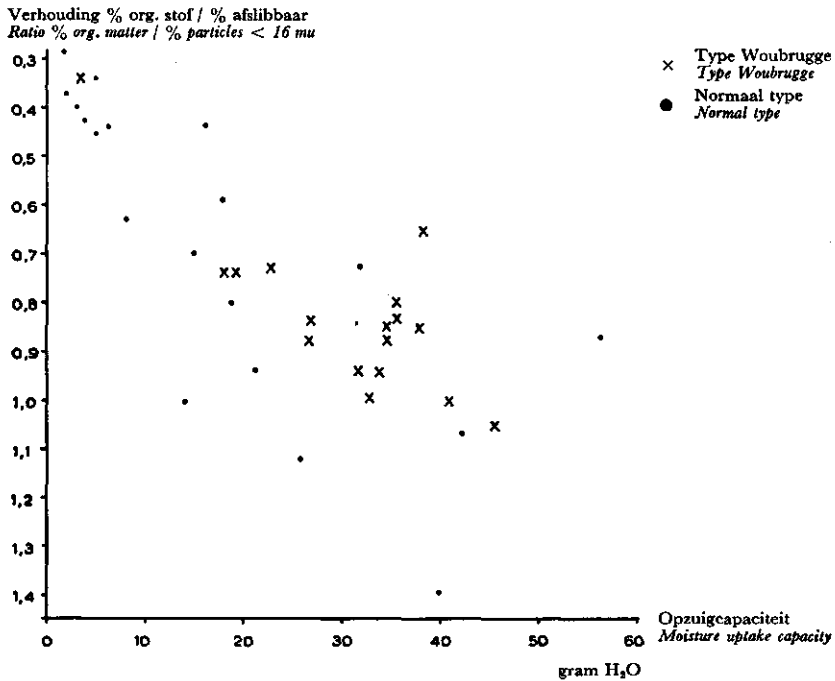


FIG. 73. Reclaimed lakes. Relation between moisture uptake capacity after 1 hour and the ratio % org. matter: % particles < 16  $\mu$ . Stirred soil

samenhangen met de structuur van deze grond. Het verschil in opzuigcapaciteit tussen de bovengrond van type Woubrugge en de andere bovengronden, zoals deze in fig. 70 en 71 worden voorgesteld berust dan ook waarschijnlijk vooral op de slechtere structuur van de verdrogende grond.

Het verschil in opzuigcapaciteit is van veel belang voor de grond in het veld. Na droogte zullen de bovengronden van het type Woubrugge het water van een regenbui veel beter kunnen vasthouden dan de andere bovengronden, terwijl ook de capillaire opstijging door de betere opzuigcapaciteit van de bovengrond sterker zal zijn.

De Ro-waarden zijn bij de goede bovengronden, doordat zij een laag humusgehalte hebben, vrij laag en onderscheiden zich niet ten goede van de normale, tot verdroging neigende bovengronden. Er kan dus geconstateerd worden, dat niet alle gronden met lage Ro-waarden tot de gronden behoren, die in het veld gemakkelijk verdrogen.

FIG. 74. Droogmakerijen. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging. De onderste kromme komt overeen met kromme b. fig. 7

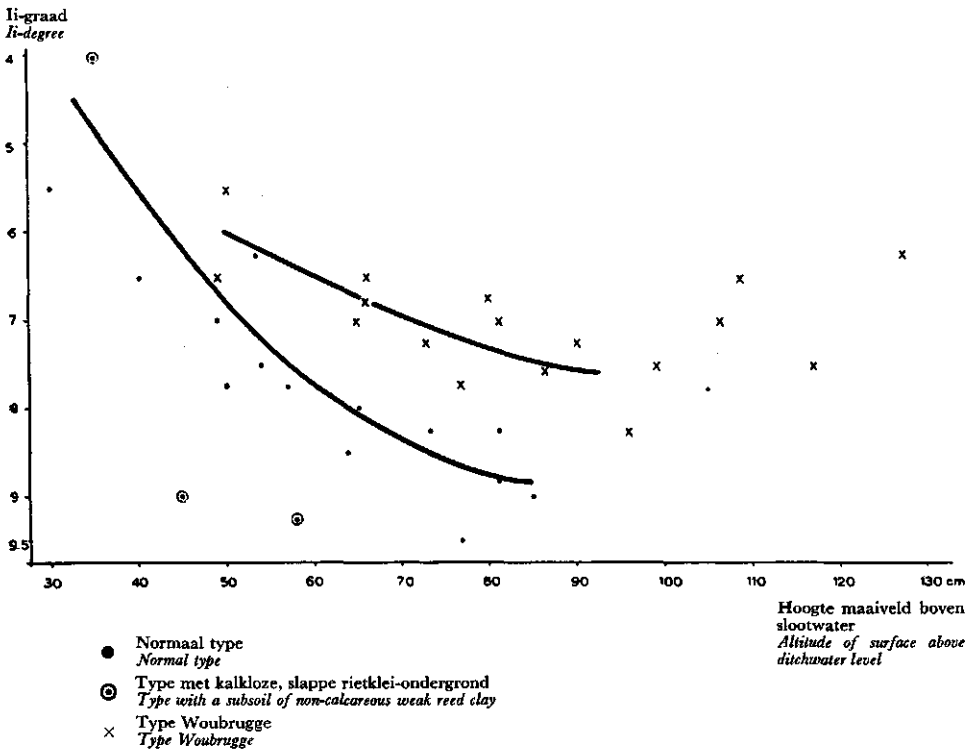


FIG. 74. Reclaimed lakes. Relation between Ii-degree and altitude. The lower curve coincides with curve b. fig. 7

### 3. HET VERBAND TUSSEN HOOGTELIJGGING, Ii-GRAAD, „R<sub>t</sub>-WAARDE” PER GRAM ORGANISCHE STOF EN VOLUMEPROCENTAGE VOCHT BIJ DE BOVENGRONDEN VAN HET TYPE WOUBRUGGE EN BIJ DE TOT VERDROGING NEIGENDE BOVENGRONDEN

Vergelijkt men de Ii-graden in verband met de hoogteligging, dan blijkt er een groot verschil tussen beide typen bovengronden (zie fig. 74). Het verloop van de Ii-graad van de tot verdroging neigende monsters ten opzichte van de hoogteligging sluit goed aan bij de normale curve (zie ook fig. 5, hoofdstuk II). Alle punten, die het verband tussen hoogte en Ii-graad aangeven bij het type Woubrugge, liggen veel gunstiger. Bij eenzelfde hoogteligging is de Ii-graad van de bovengronden van het type Woubrugge ongeveer 1,5 punt hoger, dan de overeenkomstige waarde van de normale curve. Het gebied met een Ii-graad van 6 tot 7,5, dat zich bij de tot verdroging neigende dekken slechts over een klein traject van de hoogteligging uitstrekt (van  $\pm 45$  tot  $\pm 55$  cm), beslaat bij het type Woubrugge een veel groter traject (van  $\pm 50$  tot 85 cm en ook weer boven de 100 cm).

Beschouwt men alle punten, dus van beide typen, met een hoogteligging van meer dan 55 cm in de grafiek, dan blijkt het verband met de hoogteligging voor dit hoogtetraceert wel zeer gering te zijn. Bij diepere ontwatering schijnt vooral de gehele opbouw van het profiel van beslissende betekenis voor de Ii-graad van de bovengrond te zijn. In fig. 75 werd van de monsters, die meer dan 55 cm boven de slootwaterspiegel gelegen waren, het verband aangegeven tussen de Ii-graad en de diepte, waarop de koolzure kalk in het profiel werd aangetroffen. Dit verband blijkt inderdaad aanwezig te zijn.

Men moet in dit geval de diepte, waarop de koolzure kalk in het profiel voorkomt, zien als een maat voor de mogelijkheid tot beworteling van het profiel. Bij diepe beworteling wordt minder water aan de bovenste lagen onttrokken, waardoor deze minder snel uitdrogen. Het blijkt nu dat deze monsters met kalkrijke ondergronden gunstiger Ii-graden bezitten, dan die zonder kalkrijke ondergrond. Het verschil in Ii-graad tussen de gronden van het type Woubrugge en de overige tot verdroging neigende gronden in fig. 9 kan met behulp van fig. 75 voor het grootste gedeelte verklaard worden.

In fig. 76 werd voor de monsters met een slootwaterstand van meer dan 55 cm beneden maaiveld nogmaals het verband tussen de hoogte en de Ii-graad aangegeven, maar nu met op kalkdiepte een gecorrigeerde Ii-graad. In deze grafiek zijn de Ii-graden omgerekend op een kalkdiepte van 65 cm. Het blijkt dat monsters, hoger liggend dan  $\pm 90$  cm boven de slootwaterspiegel gemiddeld weer iets lagere Ii-graden bezitten dan monsters met een hoogteligging tussen 55 en 90 cm. Waarschijnlijk moet men dit als volgt begrijpen:

Bij een hoogteligging van meer dan 55 cm is de invloed van de slootwaterstand op de watervoorziening van het grasland in de droogteperioden bij deze profielen gering. Een diepere ontwatering zal daarom als belangrijkste gevolg hebben dat de bewortelingsmogelijkheden toenemen. Uiteraard geldt dit alleen voor die gronden waarvan hier sprake is en wel in het traject boven een hoogteligging van 90 cm. Bij andere gronden, die misschien ook na ontwateren geen goede bewortelingsmogelijkheden in de ondergrond bieden of die daarvoor geen water ter beschikking hebben, geldt dit uiteraard niet.

Behalve door het verband van de Ii-graad met de hoogteligging kan het verschil tussen het type Woubrugge en de tot verdroging neigende typen uit de Droogmakerijen ook gedemonstreerd worden aan het verband tussen „Rt-waarde” per gram organische stof en hoogteligging (fig. 77). Hierbij komt het verschil tussen beide typen ook zeer duidelijk tot uiting, terwijl ook in de vochtgehalten van de monsters tijdens de bemonstering het verschil duidelijk naar voren komt. Dit vochtgehalte uitgedrukt in volumepercenten is in fig. 78 in verband gebracht met de hoogteligging. Deze figuur laat zien, dat de gronden van het type Woubrugge tijdens de bemonstering alle vrij nat waren, waarschijnlijk onder invloed van regen. Bij de dieper ontwaterde gronden van het tot verdroging neigende type was het vochtgehalte veel geringer, terwijl er geen reden was dit toe te schrijven aan een verschil in neerslag. Uit fig. 78 blijkt verder ook weer, dat de hoogteligging van 55 cm boven de slootwaterspiegel kritiek is voor de waterhuishouding van de bovengrond.

FIG. 75. Droogmakerijen. Verband tussen Ii-graad en diepte van de kalkhoudende minerale ondergrond. Sloopwaterstand < 55 cm beneden maaiveld

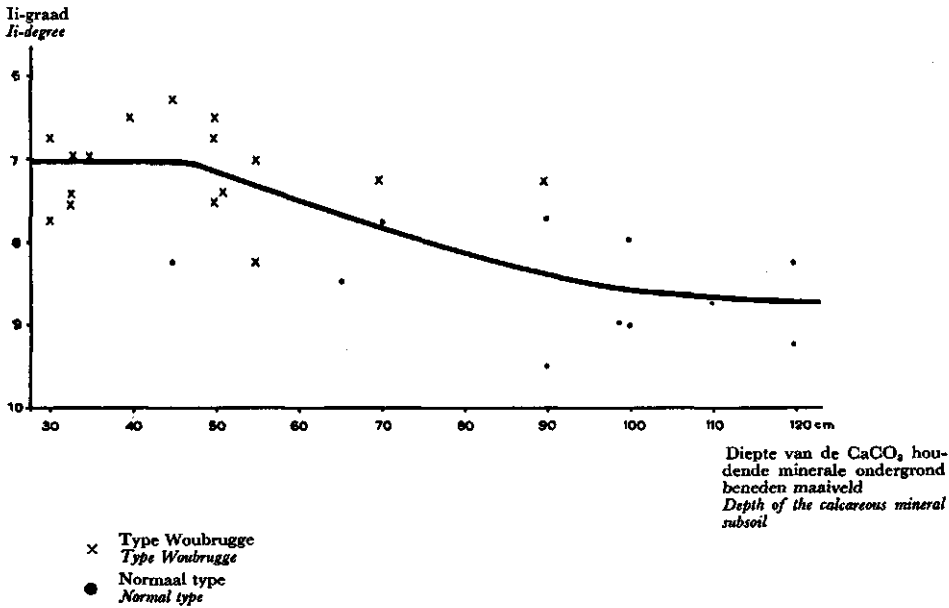


FIG. 75. Reclaimed lakes. Relation between Ii-degree and depth of the lime-containing mineral subsoil. Ditchwater level < 55 cm below surface

FIG. 76. Droogmakerijen. Verband tussen Ii-graad en hoogteligging. Monsters gecorrigeerd op diepte van de kalkhoudende ondergrond (65 cm)

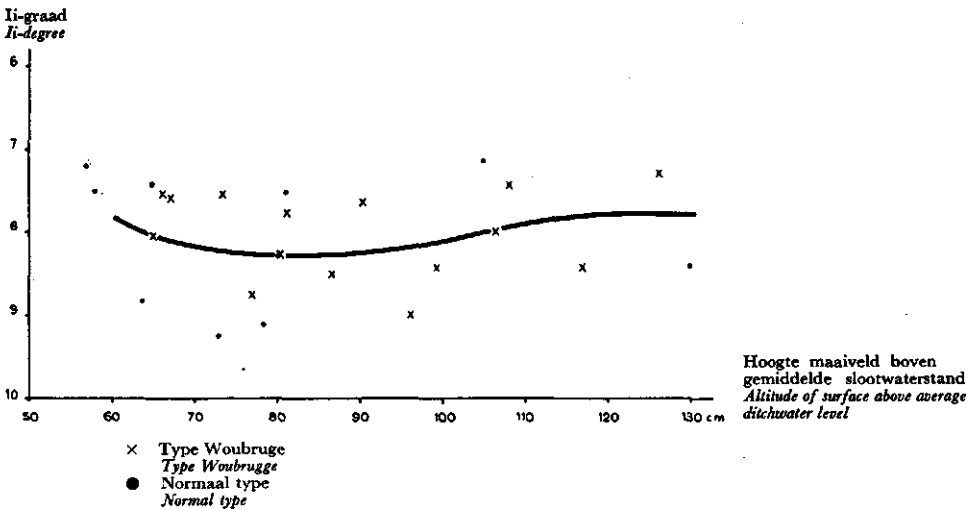


FIG. 76. Reclaimed lakes. Relation between Ii-degree and altitude. Samples adjusted with respect to the depth of the calcareous subsoil (65 cm)

Fig. 77. Droogmakerijen. Verband tussen „R<sub>t</sub>”-waarde en hoogteligging

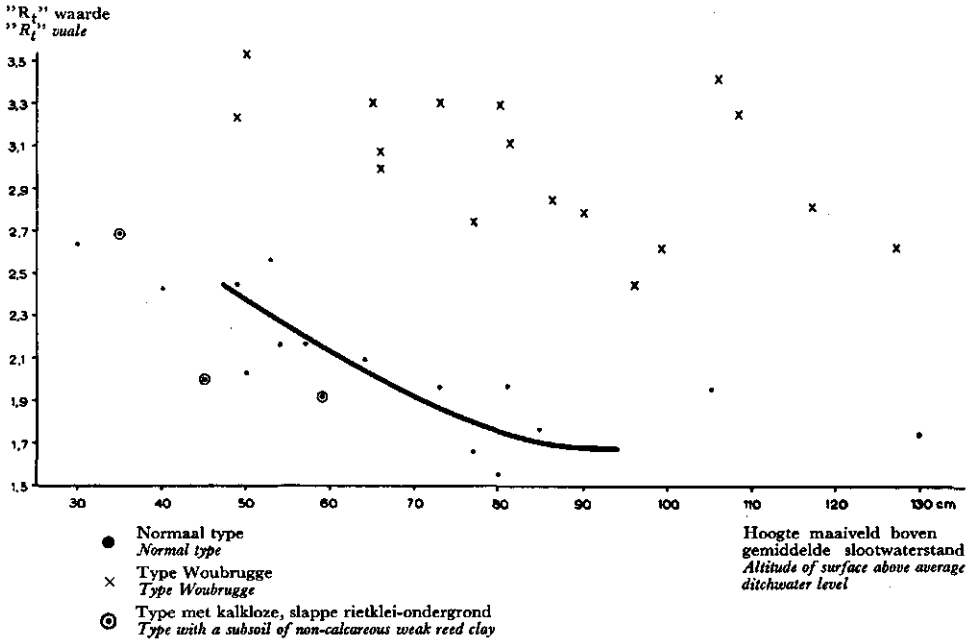


Fig. 77. Reclaimed lakes. Relation between "R<sub>t</sub>"-value and altitude

Fig. 78. Droogmakerijen. Volumepercentages vaste delen, water en lucht van de bovengronden tijdens bemonstering (augustus 1953)

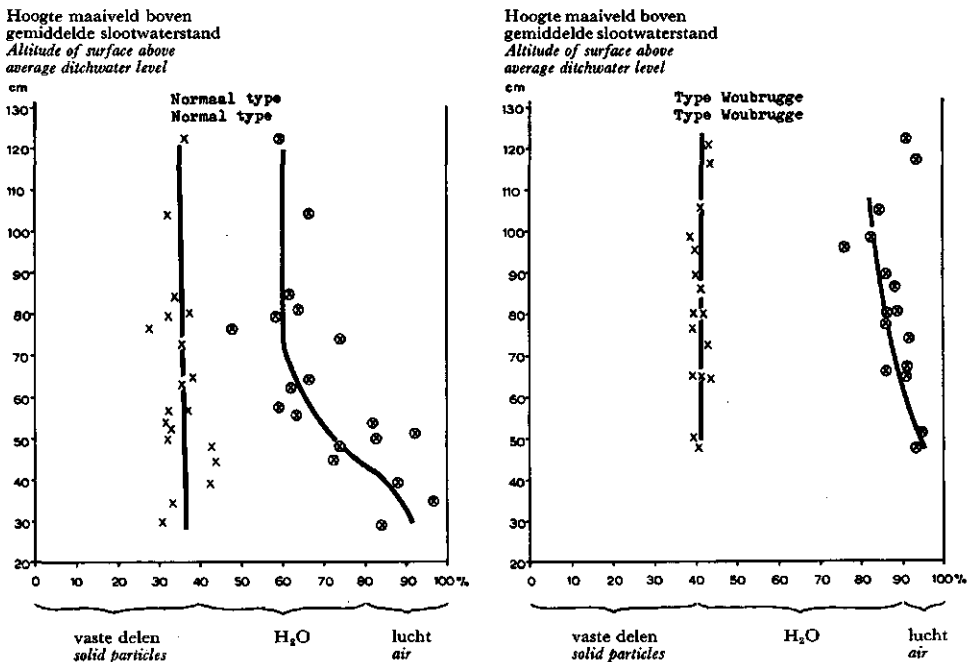


Fig. 78. Reclaimed lakes. Volume percentages of solid particles, water and air of topsoils during sampling (August 1953)



#### 4. HET VERBAND TUSSEN DE SAMENSTELLING VAN HET GRASLAND EN DE VERDROGING BIJ HET TYPE WOUBRUGGE EN BIJ DE TOT VERDROGING NEIGENDE GRONDEN

Tijdens de bemonstering werd van de plekken van bemonstering de samenstelling van de grasmat getaxeerd. De volgende beschouwing is op deze schattingen gebaseerd

Vergelijkt men de graslanden op de gronden van het type Woubrugge met die op de tot verdroging neigende gronden in de droogmakerijen, dan is een aantal verschillen in samenstelling aan te wijzen. Gedeeltelijk staan deze verschillen in verband met de verschillen in vochtuishouding. Hiernaast treden ook verschillen op, die waarschijnlijk aan andere factoren, zoals de hogere pH bij het type Woubrugge, zijn te wijten.

Enkele van de belangrijkste verschillen zijn :

*Lolium perenne* (Engels raaigras) komt in beide gevallen veel voor, maar naar verhouding meer bij het type Woubrugge.

*Agrostis Spec.* (Struisgras) is bij de tot verdroging neigende gronden in de droogmakerijen sterker vertegenwoordigd. Een verschil vormt ook het voorkomen van *Dactylis glomerata* (Kropaar) die naar verhouding meer voorkomt bij het type Woubrugge wegens de hogere pH. In enkele gevallen treedt bij dit type ook *Bromus mollis* (Zachte Dravik) op de voorgrond welke bij de tot verdroging neigende dekken niet aangetroffen werd.

In fig. 79 is het verband aangegeven tussen het droogte-indicatiecijfer, zoals dit

FIG. 79. Droogmakerijen. Verband tussen droogte-indicatiecijfer en hoogteligging

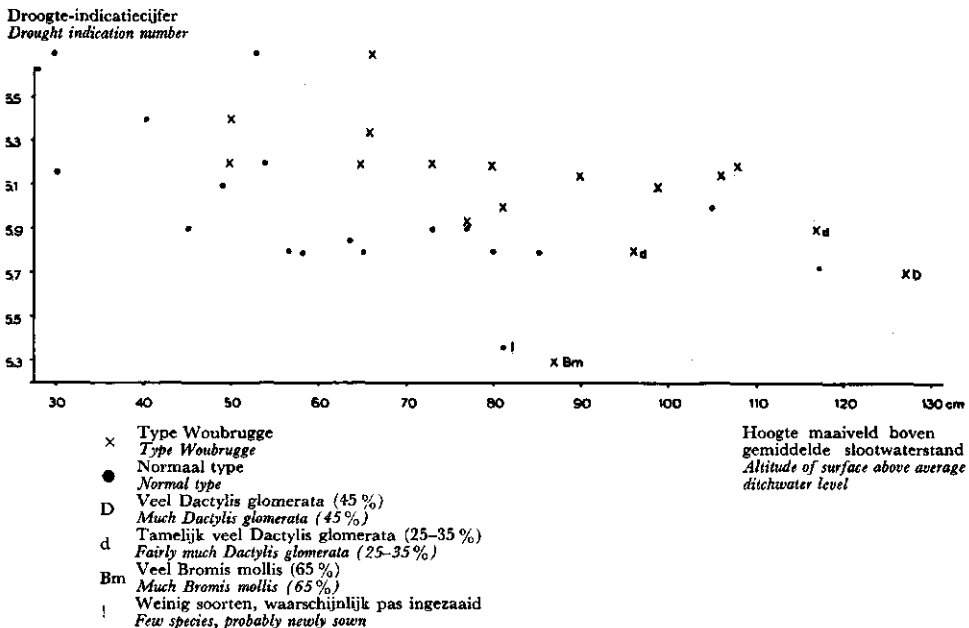


FIG. 79. Reclaimed lakes. Relation between drought indication number and altitude

uit de vegetatie bepaald kan worden (zie hoofdstuk VI) en de hoogteligging. Er blijkt, dat bij de tot verdroging neigende dekken alle indicatiecijfers die behoren bij het hoogtetraject boven 55 cm, 6,0 of lager zijn, dwz. de kwalificatie droog verdienen.

Tussen 45 en 55 cm zijn de kwalificaties normaal tot droog en beneden de 45 cm normaal tot matig droog. De vegetatie op gronden met bovengronden van het type Woubrugge is, op vijf uitzonderingen na, in het traject boven de 55 cm als matig droog te bestempelen. De uitzonderingen naar de droge kant hebben betrekking op die gevallen waar vrij veel *Bromus mollis* of *Dactylis glomerata* aanwezig is.

In fig. 80 is het verband aangegeven tussen het droogte-indicatiecijfer en de Ii-graad. Hiertussen blijkt een zeer goed verband te bestaan. De bovengronden met Ii-graden beneden 2,5 blijken alle, aan de hand van het indicatiecijfer, als droog te mogen worden bestempeld, terwijl boven 2,5 alle bovengronden matig droog zijn. Naar de droge kant is er een duidelijke uitzondering nl. door het optreden van veel *Bromus mollis*. Aan de vochtige kant zijn er 3 uitzonderingen, die normaal vochtig te noemen zijn. Een duidelijk verschil tussen de vegetatie op het type Woubrugge en de tot verdroging neigende gronden is in dit geval niet meer aanwezig. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat de Ii-graad in dit geval een goede aanwijzing was.

Bij de vegetatie op de tot verdroging neigende gronden valt in het veld op, dat veelal op de verdroogde gronden meer Struisgras te vinden is dan op de niet verdroogde. Dit gegeven speelt geen rol bij het droogte-indicatiecijfer, daar *Agrostis* als geslacht (de afzonderlijke soorten werden niet opgenomen) als neutraal ten opzichte van de vochtindicatie wordt bestempeld.

In fig. 81 is daarom dit verband apart aangegeven. De getrokken lijn heeft alleen betrekking op de monsters van de tot verdroging neigende dekken.

FIG. 80. Droogmakerijen. Verband tussen Ii-graad en droogte-indicatiecijfer

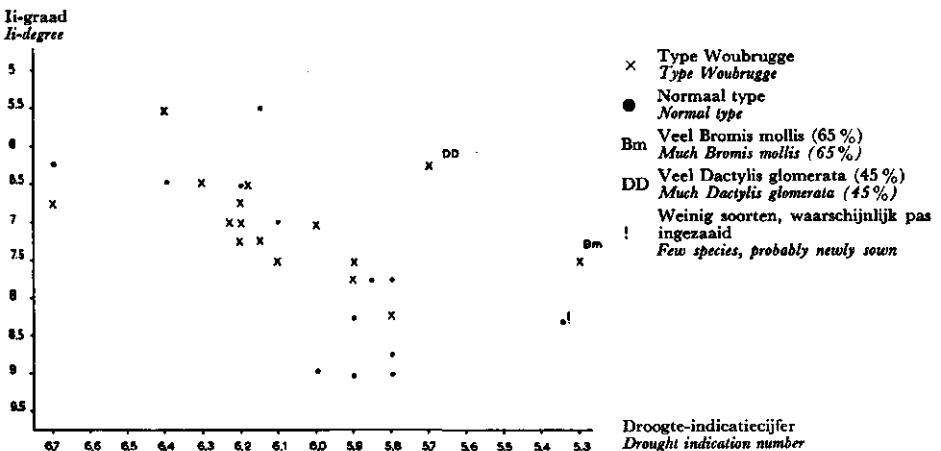


FIG. 80. Reclaimed lakes. Relation between Ii-degree and drought indication number

FIG. 81. Droogmakerijen. Verband tussen percentage Agrostis en hoogteligging

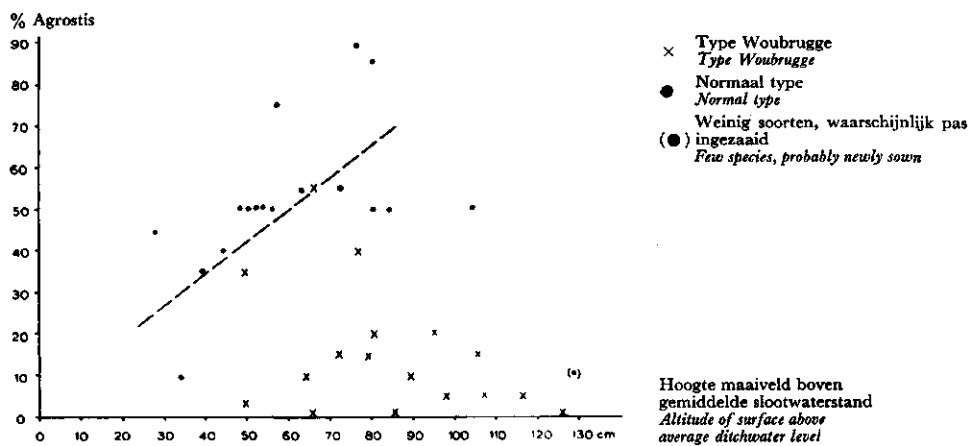


FIG. 81. Reclaimed soils. Relation between percentage of Agrostis and altitude

## XI. ENKELE HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE VERDROOGDE VEENGRONDEN

Voor een goed begrip van de oorzaken van de verdroging en in verband met verbeteringsmaatregelen is het nodig enig inzicht te hebben in de hydrologische eigenschappen van de profielen waar het hier om gaat.

In de eerste plaats is van belang het verloop van de grondwaterstanden in de verschillende seizoenen. In het kader van de proef CI 203 en van de verbeteringsproefvelden zijn gedurende verscheidene jaren grond- en slootwaterstanden opgenomen, zowel in verdroogde als in niet-verdroogde gronden. Daarbij bleek, dat in het algemeen lage slootwaterstanden gepaard gaan met lage grondwaterstanden en hoge slootwaterstanden met hoge. De figuren 82 t/m 84 geven het verband tussen slootwaterstand en grondwaterstand voor de percelen van CI 203 + een zestal andere percelen in verschillende perioden van 1949.

De bij deze waarnemingen betrokken percelen hadden uiteenlopende profielen (kleiveen op bos- en rietveen van het bovenland, veen en kleiveen op katteklei in uitgeveende polders). Een invloed van het bodemtype kon niet vastgesteld worden. Wel is in het veld de indruk verkregen, dat de mosveengebieden om Amsterdam afwijkend reageren n.l. dat de waterstanden in de percelen daar in natte winterperioden langer hoog blijven en zich dus minder naar de waterstanden richten.

De buizen stonden niet steeds op dezelfde afstand van de sloot, de perceelsbreedte was meestal ongeveer 40 m. Bij percelen, waar twee buizen op verschillende afstand van de sloot geplaatst waren, bleek, dat buizen die 14 m van de sloot stonden een grondwaterstand hadden, die in de zomer 0 -  $\pm$  20 cm lager was dan in buizen op 5 m van de sloot. Gemiddeld was het verschil meestal niet groter dan 10 à 15 cm. Hetzelfde werd bij de laagwater-objecten van infiltratieproefvelden gevonden. Uit de figuren krijgt men de indruk, dat de daling van de grondwaterstand relatief het grootst is bij de percelen met hoge slootwaterstand. Vermoedelijk vindt dit zijn oorzaak in het feit, dat de grondwaterstanden bij de percelen met lage slootwaterstand al gauw zo diep liggen, dat de planten minder kunnen profiteren van dit grondwater en van het water in de bijbehorende capillaire zone. Het gevolg is verdroging van de grasmat en lager waterverbruik.

Er zijn echter ook andere verklaringen mogelijk. Belangrijk is het beeld in de winter (fig. 84). Percelen met een slootwaterstand van 30 à 40 cm beneden maaiveld hebben in de winter regelmatig grondwaterstanden van 0-30 cm; dit betekent, dat deze gronden in de winter geheel doorweekt worden en in het voorjaar met een grote watervoorraad beginnen. Men zou hiervan op het eerste gezicht grote schade verwachten wat beworteling en produktie betreft; het blijkt echter, dat, wanneer de begroeping goed in orde is, zodat de bovenlaag ( $\pm$  20 cm) behoorlijk droog blijft, deze percelen zeer produktief zijn en bij goede verzorging en bemesting een goede grasmat kunnen hebben. Men kan zich zelfs voorstellen, dat het vrijwel dras staan in de winter nodig is om de irreversibele indrogingsgraad, die door de zomerdroogte wat kan oplopen, weer op peil te brengen (zie deel I). Het is echter ook mogelijk, dat een wat

FIG. 82. Verband tussen sloot- en grondwaterstand. Proefveld CI 203 en zes andere percelen. 1 april tot 12 juni 1949

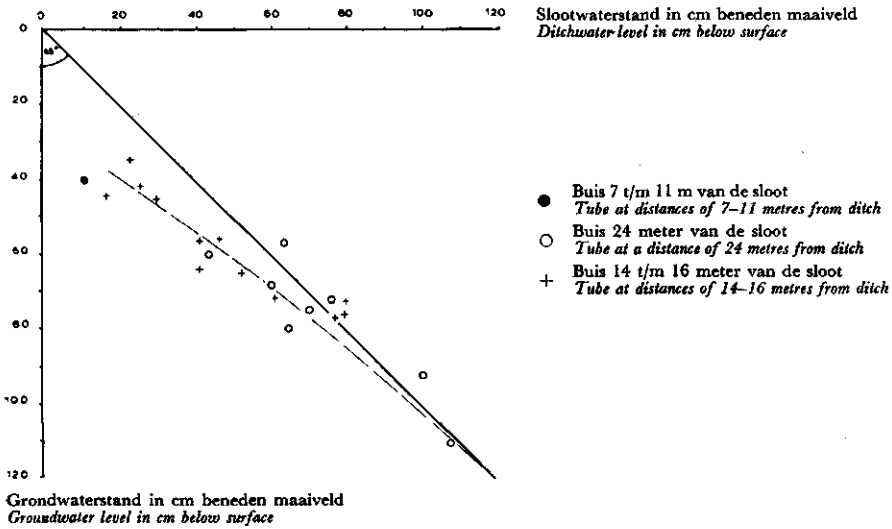


FIG. 82. Relation between ditchwater and groundwater level. Sample plot CI 203 and six other lots. From April 1st till June 12th 1949

FIG. 83. Verband tussen sloot- en grondwaterstand. Proefveld CI 203 en zes percelen. 12 juni tot 18 augustus 1949

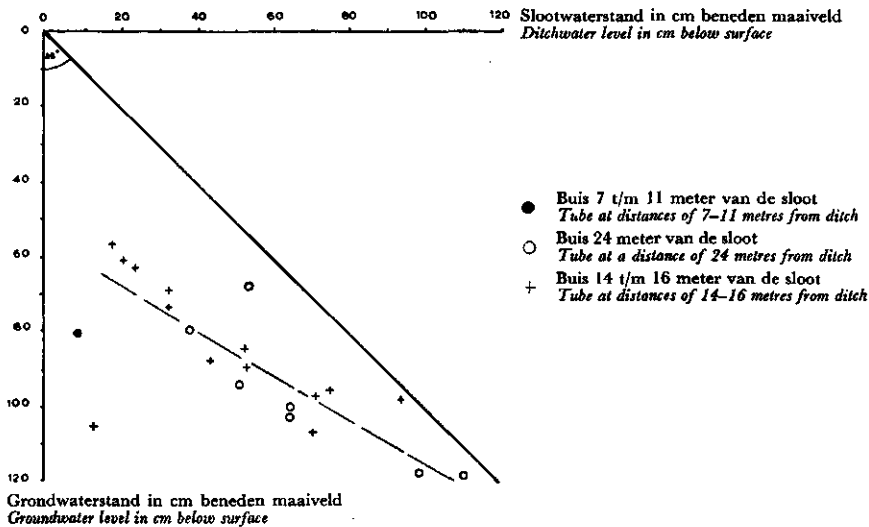


FIG. 83. Relation between ditchwater and groundwater level. Sample plot CI 203 and six other lots. From June 12th till August 18th 1949

FIG. 84. Verband tussen sloot- en grondwaterstand. Proefveld CI 203 en zes percelen. December 1949

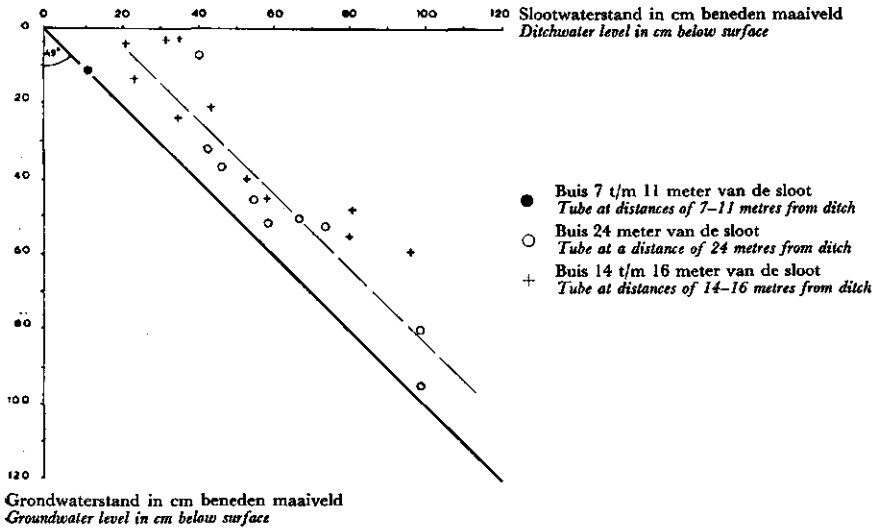


FIG. 84. Relation between ditchwater and groundwater level. Sample plot CI 203 and six other lots. December 1949

diepere winterslootwaterstand, gepaard met een hoge zomerslootwaterstand, gunstig zou zijn voor de beworteling en de voorjaarsproductie. Hierover is echter nog weinig bekend. In verband met het bovenstaande moet echter een diepe ontwatering in de winter (slootwaterstand dieper dan  $\pm 60$  cm beneden maaiveld) afgeraden worden, totdat hieromtrent meer bekend is. Een diepere ontwatering zou overigens ook grote moeilijkheden meebrengen met het oog op het varen van mest in de winter.

Uit de vrij diepe daling van de grondwaterstand in droge perioden zou men de conclusie kunnen trekken, dat de doorlatendheid van de verdroogde gronden vrij slecht is en dat opvoeren van de grondwaterstanden door verhoging van het slootwaterpeil, al dan niet met buizen- of molinfiltratie, tamelijk moeilijk zou zijn.

Doorlatendheidsmetingen en waarnemingen aan infiltratieproefvelden hebben echter tot de conclusie geleid, dat noch het één, noch het ander het geval is. De doorlatendheid is, althans in de bovenlagen van de profielen, goed en soms zelfs zeer groot en bij infiltratie was in verschillende gevallen verhoging van het slootwaterpeil voldoende om, zelfs in droge perioden, grondwaterstanden te bereiken, die vrijwel gelijk waren aan de slootwaterstand. In tabel 5 zijn de resultaten van een vrij groot aantal doorlatendheidsmetingen in verschillende profielen samengevat. De metingen zijn uitgevoerd met het door wijlen Professor VISSER ontworpen apparaat en berekend volgens de formule van ERNST (1950):

$$K = \frac{4000 r^2}{(H + 20 r) \left( 2 - \frac{y}{H} \right) y} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

In de tabel zijn de veenprofielen in uitgeveende polders niet vertegenwoordigd. Uit enkele metingen en vooral uit de resultaten van infiltratieproefvelden (zie bijv. N.Z.H. 392 en N.Z.H. 389 en deel III, hoofdstuk IV) bleek, dat ook daar de doorlatendheid goed tot groot was. In de cijfers van tabel 5 valt, naast de gemiddeld hoge waarden voor de doorlatendheid (in vele gevallen was een groot percentage van de gaten niet meetbaar door te snel toestromen van het water), de grote variatie op (de metingen werden steeds op één of op enkele dicht bij elkaar gelegen percelen uitgevoerd). De hoge waarden moeten zeer waarschijnlijk toegeschreven worden aan de aanwezigheid van kleinere of grotere scheuren, die vooral in de verdroogde gronden in de bovenste geoxydeerde en gekrompen lagen steeds voorkomen. Deze scheuren hebben tot gevolg gehad, dat zelfs in het type met zware humeuze klei (tabel 5-1a) de gemiddelde doorlatendheid nog goed is; de lage waarden hebben vermoedelijk betrekking op gaten, die weinig of niet met scheuren in contact stonden.

In de polder „de Putte” onder Waddinxveen werden in het najaar van 1951 op een 17-tal percelen in totaal ongeveer 500 metingen uitgevoerd (tot 1,30 m – 1,50 m b.m.); zie ook tabel 6. Deze polder heeft grotendeels een profiel van kleiveen of kleihoudend veen op katteklei met in de ondergrond slappe, grijsblauwe klei of kalkhoudende klei. Er komen echter ook andere typen voor. Door het grote aantal metingen en doordat de percelen verschillend hoog liggen, waardoor het grondwaterpeil ongelijkmatig hoog stond, was het mogelijk een indruk te krijgen van de doorlatendheid van de verschillende lagen. Hierbij werden onderscheiden (zie fig. 85):

- A : grijsbruin kleiveen, onderin vaak donkerbruin tot zwart, min of meer hard veen.  
Deze laag is al dan niet verdroogd en vormt de bovenste laag van het profiel;  
A1: als A, maar veniger;  
B: katteklei;  
C: grijze klei met bruine vlekken;  
D1: grijsblauwe klei tot zware zavel (kalkhoudend tot kalkrijk);  
D2: grijsblauwe, slappe klei, riethoudend tot rietvenig;  
E: slibrijk rietbosveen;  
F: slibrijk rietveen;  
H: bruin tot zwart verteerd veen (deze laag komt soms, nl. als het dek dat op de katteklei ligt dik is, onder A voor).

In de ondergrond komt dus slappe, rietvenige klei (D2) of kalkhoudende klei (D1) voor. Daarnaast komen profielen voor, waarbij een vrij dikke veenlaag (E of F) rust op slappe klei, terwijl ook volledige veenprofielen voorkomen.

Bij de volgende beschouwingen zijn de doorlatendheidscijfers gemiddeld per onderdeel van een perceel. Meestal was er een behoorlijke overeenstemming tussen de gaten onderling, soms echter kwamen grote afwijkingen voor. Waarden van K van  $< 0,1$  m zijn bij het middelen op  $0,1$  gesteld, behalve wanneer alle gaten een  $K < 0,1$  hadden. Gaten, die wegens te grote stijgsnelheid niet te meten waren, zijn op  $10$  m per dag gesteld.

De bodemlaag, die het grootste deel van de gemeten laag vormde, is steeds het eerst genoemd. Uit deze cijfers blijkt:

1. de slappe, rietvenige klei is slecht doorlatend;
2. de aanwezigheid van kattenklei en andere geaëreerde lagen verhoogt de doorlatendheid;
3. de kalkrijke klei is behoorlijk doorlatend;
4. het veen (F) is slecht doorlatend (echter slechts 10 gaten gemeten).

Deze metingen werden uitgevoerd in september 1951, toen de grondwaterstanden nog vrij laag waren. In december werden 130 gaten bij hogere grondwaterstanden nog eens gemeten. De gaten waren goed open blijven staan en vrijwel steeds konden de oude gaten gemeten worden, waardoor de waarden van de eerste en de tweede meting goed met elkaar vergeleken kunnen worden.

De gemiddelde uitkomsten van deze vergelijking zijn in tabel 7, het resultaat per onderdeel van een perceel (elk onderdeel 10 gaten) in fig. 85, weergegeven.

Hieruit blijkt, dat een verschil van gemiddeld 25 cm de doorlatendheid verdriedvoudigd heeft. Zeer waarschijnlijk moet dit worden toegeschreven aan het feit, dat de hoger in het profiel gelegen bodemlagen meer geoxydeerd, gekrompen en gescheurd zijn, met als gevolg een grote doorlatendheid. Dit verschijnsel is analoog aan wat in de Noordoostpolder (VAN DER MOLEN, 1953) gevonden is. Daar waren de zwaarste gronden na de rijping (waarvan de scheurvorming een belangrijk aspect is) beter doorlatend dan de lichtere gronden, die minder scheurden.

Op verschillende plaatsen werd in 2 perioden nl. in juni-juli 1953 en maart 1954 nog een aantal doorlatendheidsbepalingen verricht aan veenprofielen. In fig. 86 staat een overzicht van de gegevens van juni-juli 1953 en in fig. 87 het overzicht van de gegevens van maart 1954.

Uit fig. 86 blijkt:

1. Bij het mosveen komen plaatselijk ondoorlatende profielen voor, de betreffende gegevens zijn afkomstig uit de Rieter- en Sloterpolder bij Amsterdam.
2. De rietvenen zijn in de gemeten laag iets doorlatender dan de overige venen.

Bij vergelijking van fig. 86 en fig. 87 blijkt, dat het meten van de iets hogere laag in het voorjaar tot gevolg heeft gehad dat:

1. Bij de mosvenen de slechte doorlatendheid niet meer werd gevonden.
2. Bij de bosvenen gemiddeld een iets grotere doorlatendheid werd gevonden dan in juni-juli 1953.

Deze verschillen zijn waarschijnlijk te wijten aan een verschil in doorlatendheid van de verschillende lagen. Dit verschil in doorlatendheid kan uit de waarnemingen van de rietvenen nog verder toegelicht worden.

Bij de bepalingen van maart 1954 werd in de rietvenen meest de laag gemeten tussen  $\pm 15$  en  $\pm 65$  cm — maaiveld. Slechts een enkele keer werd ook nog een gedeelte van de grond beneden 0,70 cm gemeten. In fig. 88 zijn de gevonden doorlatendheden uitgezet tegen de hoogte waarop de gemeten laag begint, waarbij de waarnemingen dicht bij de sloot (dichter dan 2,5 m) niet opgenomen zijn. Er blijkt



FIG. 85. Puttepolder. De invloed van de grondwaterstand op de gemeten doorlatendheid

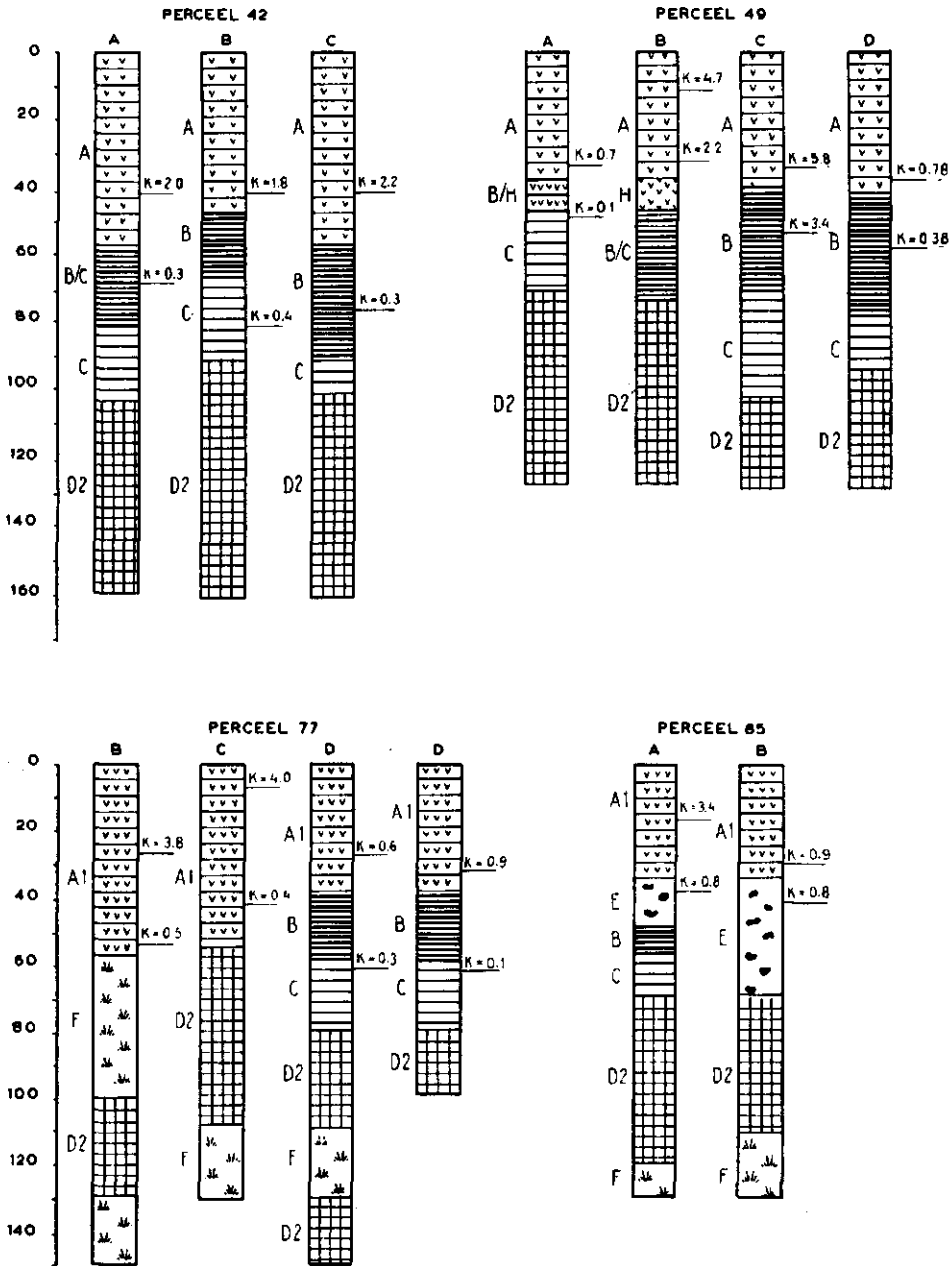


FIG. 85. Puttepolder. The influence of the groundwater level on hydraulic conductivity measurements

## Legenda fig. 85 / legend fig. 85\*

- A Grijsbruin kleiveen / Greyish-brown clay peat  
 A<sub>1</sub> Grijsbruin kleiveen, veniger / Greyish-brown clay peat more peaty  
 B Katteklei / Clay containing FeS<sub>2</sub>  
 C Grijsze klei met bruine vlekken / Grey clay brown mottled  
 D<sub>1</sub> Grijsblauwe klei tot zware zavel / Greyish-blue clay to heavy silty clay  
 D<sub>2</sub> Grijsblauwe slappe klei, riethoudend tot rietvenig / Greyish-blue weak clay, containing reed and/or reed peat  
 E Slibrijk riet-bosveen / Clay containing reed-wood peat  
 F Slibrijk rietveen / Clay containing reed peat  
 H Bruin tot zwart verteerd veen / Brown to black decomposed peat

De letters boven de profielen geven het onderzochte onderdeel van het perceel aan en hebben verder geen betekenis  
 The letters at the top of the profiles indicate the part of the lot investigated and bear no further meaning

De onderste horizontale lijn naast de profielen stelt het grondwaterniveau voor tijdens de eerste meting, de bovenste lijn het niveau bij de tweede meting  
 The lower horizontal line at the side of the profiles represents the groundwater level at the time of the first measurement, the upper horizontal line the level at the second measurement

Fig. 86. Doorlatendheidsbepalingen in veenprofielen. Juni-juli 1953. Slootkanten hogere laag meegemeten.

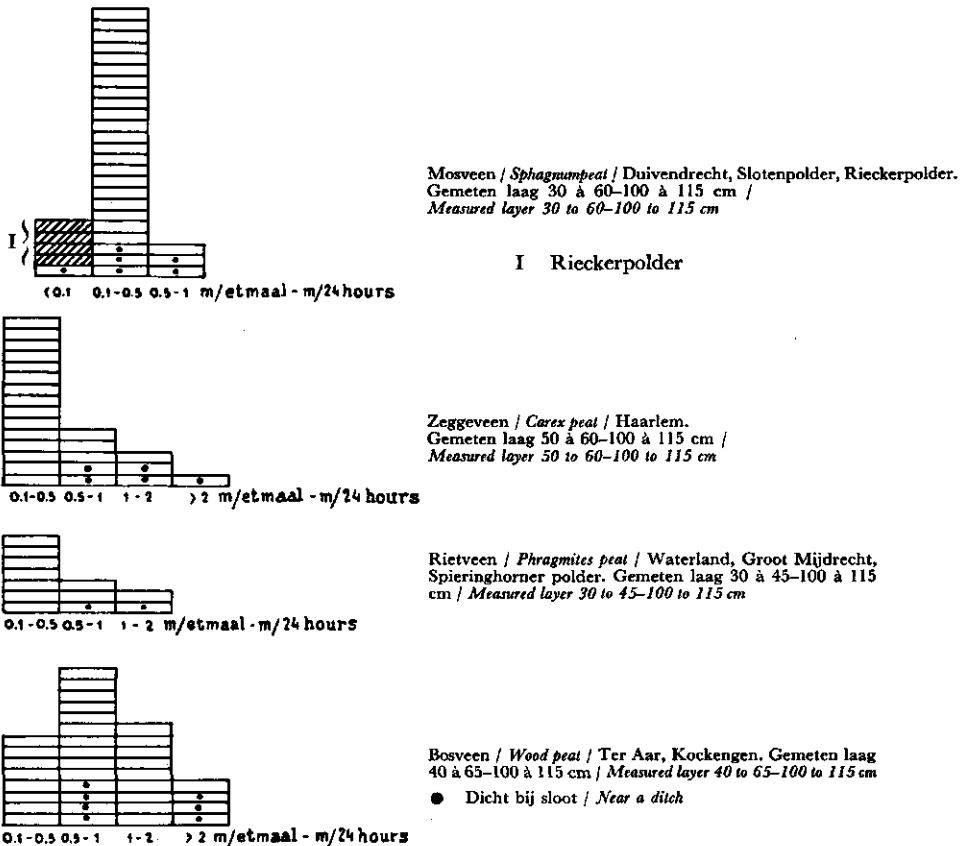
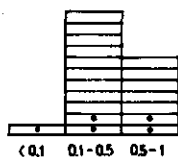
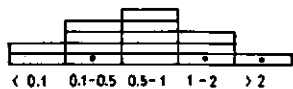


Fig. 86. Measurement of hydraulic conductivity in peat profiles. June-July 1953. Higher layer of ditchbank included in measurements

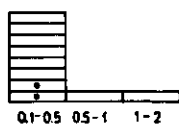
FIG. 87. Doorlatendheidsbepalingen in veenprofielen. Maart 1954



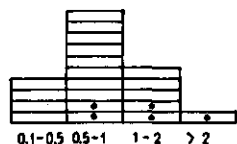
Mosveen / *Sphagnum peat* / Duivendrecht, Slotenpolder, Rieckerpolder  
 Gemeten laag 30 à 60-100 à 115 cm / Measured layer 30 to 60-100 to 115 cm



Zeggeveen / *Carex peat* / Haarlem.  
 Gemeten laag 50 à 60-100 à 115 cm / Measured layer 50 to 60-100 to 115 cm



Rietveen / *Phragmites peat* / Waterland, Groot Mijdrecht, Spieringhorner polder.  
 Gemeten laag 30 à 45-100 à 115 cm / Measured layer 30 to 45-100 to 115 cm



Bosveen / *Wood peat* / Ter Aar, Kockengen.  
 Gemeten laag 40 à 65-100 à 115 cm / Measured layer 40 to 65-100 to 115 cm

● Dicht bij sloot / Near a ditch

FIG. 87. Measurement of hydraulic conductivity in peat profiles. March 1954

FIG. 88. Verband tussen doorlatendheid en hoogteligging van de gemeten laag. Maart 1954

Bovenkant gemeten laag beneden maaiveld  
 Upside of the measured layer below surface

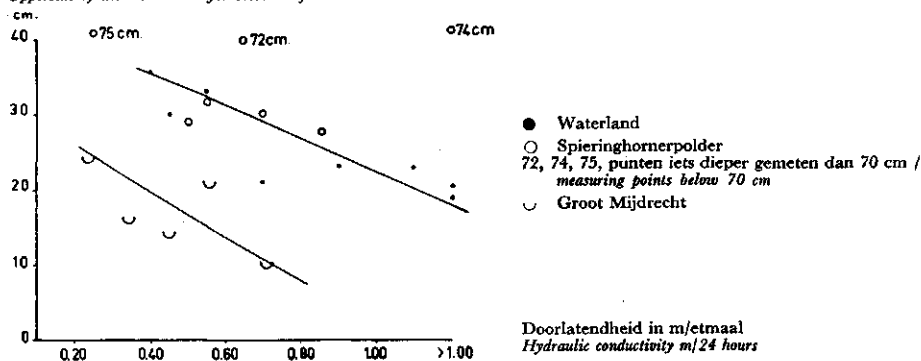


FIG. 88. Relation between hydraulic conductivity and altitude of the measured layer. March 1954

nu een duidelijk verband tussen de bovenkant van de gemeten laag en de gevonden doorlatendheid. Wel ligt dit verband in de droogmakerij Groot Mijdrecht, waar iets grotere doorlatendheden worden gevonden, anders dan in „Waterland” en de Spieringhornerpolder (in alle twee gevallen onverveend land). Uit deze gegevens is te concluderen, dat de grootste doorlatendheid bij de onderzochte rietveenprofielen in de bovenste delen van het profiel te vinden zijn. De laag tussen de 40 cm en 60 à 70 cm is blijkbaar minder doorlatend. De 2 uitschieters uit de Spieringhornerpolder die allebei iets dieper gemeten zijn doen vermoeden, dat de lagen onder de 60 à 70 cm weer sterker doorlatend zijn. Dit wordt bevestigd door de metingen van juni-juli 1956 waarbij ook de diepere lagen meegemeten werden. Deze metingen lieten, ofschoon de bovenkant van de gemeten laag dieper dan 40 cm lag, veel grotere doorlatendheden, meest  $> 0,50$  m per etmaal, zien.

In aansluiting op deze waarnemingen zijn van belang de ervaringen opgedaan bij infiltratieproefvelden. Enkele van de belangrijkste gevallen zullen hier besproken worden.

a. Waarnemingen aan U 611 (Zegveld). De grond bestaat hier uit vrij zware humeuze tot venige klei ter dikte van  $\pm 40$  cm op matig verteerd bosveen. Het perceel ligt 50 à 60 cm boven polderpeil en is gedeeltelijk sterk verdroogd. Dit perceel werd van 1948 af geïnfiltrerd door middel van een daartoe gegraven greppel van  $\pm 70$  cm diep. Hierin werd water gelaten tot een peil dicht onder maaiveld. Het bleek, dat het water zich ook zonder buizen of molgangen zeer snel in het perceel verspreidde; de doorlatendheid was zeer groot. In twee gaten werden doorlaatfactoren van 16 en 25 m gemeten in de laag van 14-100 cm. Fig. 89 geeft de grond- en greppelwater-

Beneden maaiveld / Below surface

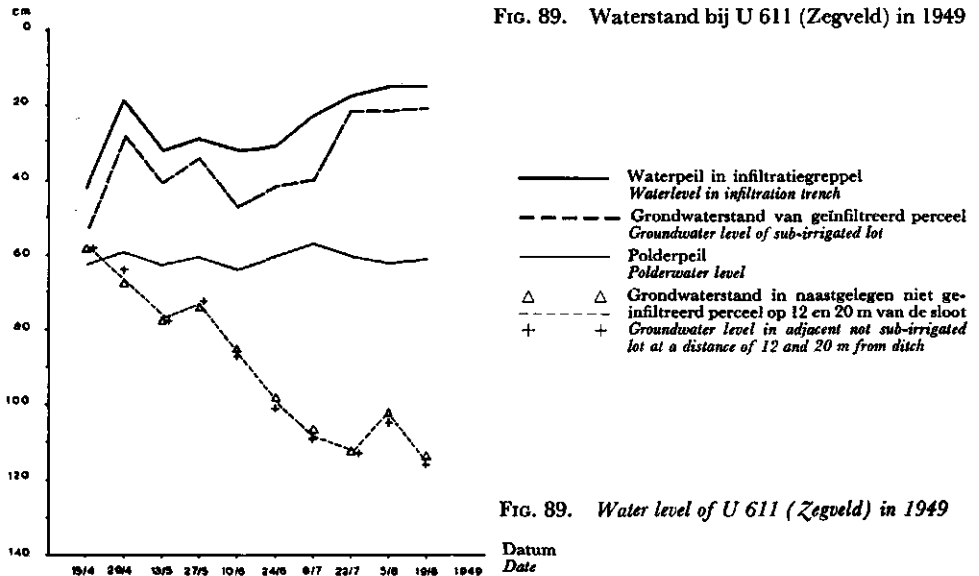


FIG. 89. Waterstand bij U 611 (Zegveld) in 1949

FIG. 89. Water level of U 611 (Zegveld) in 1949

standen in het droge jaar 1949 in een grondwaterstandsbuis midden tussen twee buizenreeksen op 20 m onderlinge afstand. Zonder buizeninfiltratie was de grondwaterstand vrijwel even hoog. De grondwaterstand is niet geheel gelijk aan de greppelwaterstand, doordat de desbetreffende grondwaterstandsbuis op 8 m afstand van een sloot op polderpeil stond en 40 m van de infiltratiegreppel. Er vloeide water af naar de sloot op polderpeil. In grote tegenstelling hiermee zijn de grondwaterstanden in een naastgelegen perceel met hetzelfde profiel, maar omringd door sloten op polderpeil. Hier daalden de grondwaterstanden in 1949 tot ongeveer 50 cm onder polderpeil, waarbij de afstand tot de sloot vrijwel geen invloed had. Voor het verschil in grondwaterstandsverloop zijn twee verklaringen mogelijk, nl.:

1. de slootwand beneden polderpeil is ondoorlatend, waardoor de grondwaterstanden in het perceel met polderpeil sterk konden dalen. Voor de in 1948 ge-graven infiltratiegreppel geldt dit nog niet.
2. de bovenste lagen van het profiel zijn aanmerkelijk beter doorlatend dan de diepere lagen. Hiervan zou dan het geïnfiltreerde perceel (met zeer hoge greppelwaterstanden) hebben kunnen profiteren, het andere perceel niet.

b. Waarnemingen aan een proefveld bij L. Kruijt te Zegveld. Profiel:  $\pm 40$  cm klei-veen op slibrijk bosrietveen. De randen zijn verdroogd (hol perceel). In fig. 90 zijn de waterstanden in 1949 aangegeven. Ook hier blijkt (in het object zonder buizeninfiltratie) de grondwaterstand de slootwaterstand in grote lijnen te volgen; de af-

FIG. 90. Waterstanden in percelen van L. Kruijt, Zegveld 1949

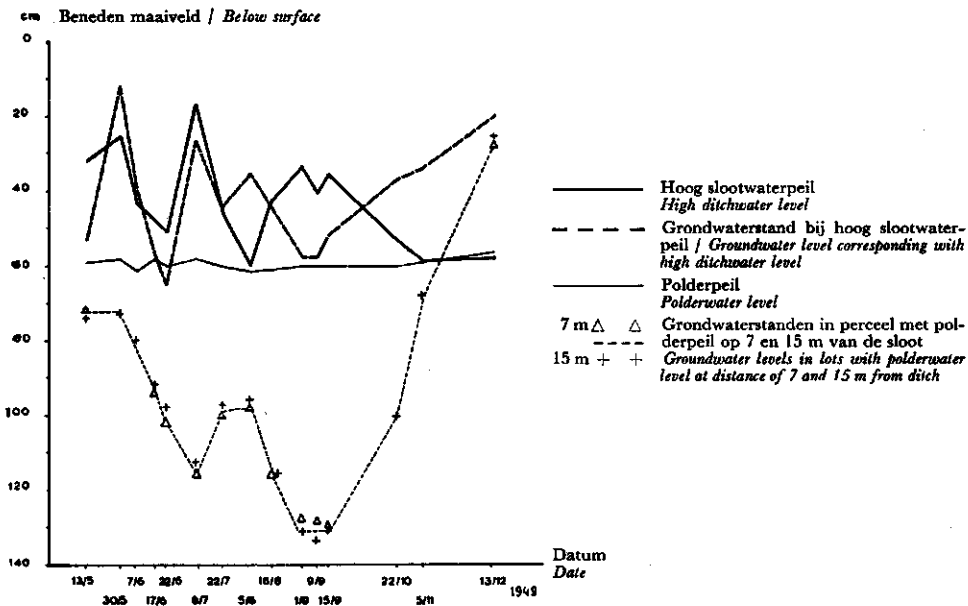


FIG. 90. Water levels in lots of L. Kruijt, Zegveld 1949

wijkingen moeten ten dele toegeschreven worden aan het feit, dat het slootpeil vrij sterk gevarieerd heeft, waardoor het grondwaterpeil zich niet steeds voldoende kon instellen. Het object zonder buizeninfiltratie lag op  $\pm 30$  cm van het object met buizeninfiltratie op hetzelfde perceel. In maart 1951 werd de doorlatendheid gemeten in 20 gaten in de laag van 17 à 40 tot 110 à 120 cm; 13 gaten hadden gemiddeld een doorlatendheid van 3,5 m (0,4–9 m); 7 gaten konden niet gemeten worden wegens te snel toestromen van het water.

Op een naastgelegen perceel met polderpeil werden eveneens grondwaterstanden opgenomen op 7 m en 15 m van de sloot. De daling was daar enorm en wel tot  $\pm 70$  cm onder polderpeil. Het profiel was hier ongeveer hetzelfde en de doorlatendheid ook (zie tabel 5 – metingen in de Lage Broek in Zegveld). Voor dit geval gelden dezelfde mogelijkheden van verklaring als bij *a.* genoemd, met dit verschil, dat bij de eerste verklaring aangenomen moet worden, dat de slootwand boven polderpeil goed doorlatend was bij het hier bedoelde perceel met hoog slootwaterpeil, of dat op het proefveld het grondwater vanuit het via buizen geïnfilterde gedeelte naar het gedeelte zonder buizen is gestroomd. In 1951 en 1952 (dus na enkele jaren infiltratie) was het beeld nog vrijwel gelijk aan dat in 1949.

*c.* In een aan het onder *b.* genoemde proefveld grenzend complex weiland werd in 1951 begonnen met verhoging van het slootpeil. Ten behoeve van de watercirculatie werd hier een nieuwe sloot gegraven in slibhoudend rietveen (als overal bedekt met een kleiveenlaag van  $\pm 45$  cm). Het bleek, dat in 1952 de grondwaterstanden in de buurt van deze sloot sterk reageerden op het hogere slootpeil; de werking was op 30 m afstand nog goed merkbaar. Grondwaterstandsbuizen in een ander perceel (dus met oude sloten) van hetzelfde bodemtype gaven (ondanks de vrij natte zomer; in juni en juli kwamen vrij natte perioden voor) echter belangrijke grondwaterstandsdingen, waarbij weer de afstand tot de sloot van ondergeschikt belang was; de buis op 15 m van de sloot gaf maximaal een 13 cm diepere waterstand (fig. 91).

Twee andere stellen buizen in andere bodemtypen, maar ook op 5 en 15 m van de sloot, gaven maximaal dergelijke verschillen, bij één stel was er echter vrijwel geen verschil (in een kleibaan). Voor dit geval mogen we dus wel de conclusie trekken, dat de slootwand ook boven polderpeil bij de oude sloten ondoorlatend was (of geworden is door de verhoging van het slootwaterpeil waarmee in 1951 begonnen is). De waarnemingen zijn nl. gedaan in het complex waar in maart 1951 de doorlatendheid gemeten werd (tabel 5-1), waarbij bleek, dat de doorlatendheid goed tot groot was.

*d.* In 1948 en 1949 werden waarnemingen verricht in twee naast elkaar gelegen percelen onder Zwammerdam. (Droog en Binnendijk fig. 92). Profiel:  $\pm 70$  cm klei op slibrijk bosveen. Eén van deze percelen was gedraineerd op 12 m onderlinge afstand (diepte 65 cm). Het andere perceel was niet gedraineerd. De sloot tussen deze twee percelen werd 's winters afgemalen, 's zomers opgemalen. De andere sloten, grenzend aan deze percelen van  $\pm 40$  cm breedte, stonden op polderpeil ( $\pm 60$  cm onder maaiveld). Uit de waarnemingen bleek dat de grondwaterstanden in het geïnfilterde perceel vrijwel gelijk waren aan de slootwaterstand, terwijl in het niet-geïnfilterde perceel op 2,5 m van de sloot met hoog peil grote waterstandsdingen

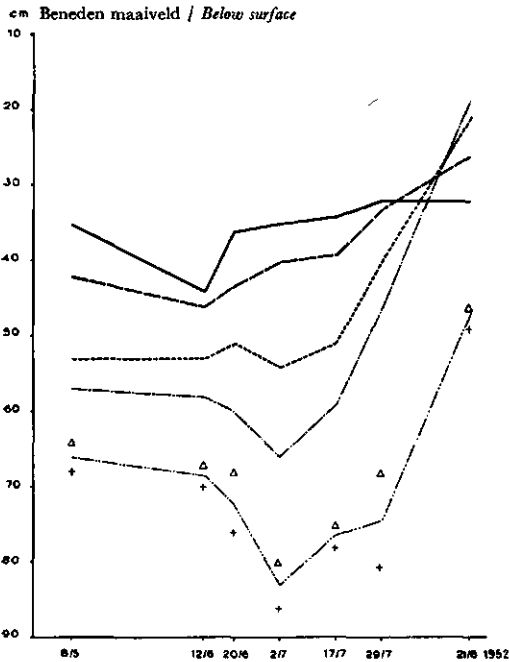


FIG. 91. Waterstanden in de Lage Broek (Zegveld). Slibhoudend rietveen 1952

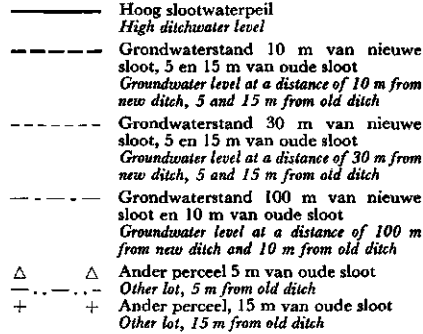


FIG. 91. Water levels in the Lage Broek (Zegveld). Clay containing *Phragmites peat* 1952

optraden (fig. 92). Het verschil met een grondwaterstandsbuis op 15 m van de sloot was gering (op 14/9 was dit verschil 20 cm; meestal was het  $\pm 12$  cm of minder). Ook deze resultaten kunnen moeilijk anders verklaard worden dan uit een ondoorlatend zijn van de slootwand, in dit geval zowel onder als boven het oude slootpeil. e. NZH 398 in 1949. Profiel:  $\pm 40$  cm kleiveen (verdroogd in de bovenlaag) op katteklei (tot  $\pm 75$  cm diepte); van 75–100 cm slappe grijsblauwe klei. Uit de waarnemingen aan dit proefveld is gebleken dat de grond althans in de bovenste lagen zeer goed doorlatend is. De grondwaterstanden kwamen op grote afstanden van infiltratiebuizenreeksen steeds snel op peil van het opgemalen slootwaterpeil. Hier zijn (in fig. 93) de grondwaterstanden weergegeven in een aangrenzend perceel met hetzelfde profiel, dat dus slechts aan één zijde over een gedeelte van zijn lengte, een hoog slootwaterpeil had en waar de slootwanden nergens geperforeerd waren door buizenreeksen. Ook hier blijkt het water snel in de grond te dringen, al wordt de hoogte van het slootpeil niet bereikt, tengevolge van afvloeiing naar de sloot op polderpeil aan de andere zijde van dit perceel (het perceel is  $\pm 40$  m breed). Dit afvloeien blijkt ook uit de lagere grondwaterstanden op 10 m van de sloot met hoog peil vergeleken met de standen op 6 m afstand. Bij laag slootwaterpeil was de grondwaterstand weer aanzienlijk lager. De slootwand boven polderpeil is hier dus zeker niet ondoorlatend en is dit ook tot 1953 niet geworden, terwijl toch ieder jaar weer geïnfiltereerd werd. Uit het feit, dat het water zich in het perceel snel verspreidde, kan de conclusie ge-

trokken worden, dat de katteklei en de bovenlaag goed doorlatend zijn. De daling bij laag slootwaterpeil kan veroorzaakt zijn door ondoorlatendheid van de slootwand beneden polderpeil.

Dit hoeft echter niet het geval te zijn; de grondwaterstroming moet daar nl. in hoofdzaak door de blauwe klei plaatsvinden en daar deze slecht doorlatend is, kan dit feit alleen reeds de daling verklaren.

f. NZH 386 in 1949 en 1951. Dit perceel heeft ongeveer hetzelfde profiel als NZH 398.

Hier was het slootwaterpeil langs een deel van het perceel reeds enige jaren in beide sloten in de zomer opgevoerd.

In 1949 bleek echter uit waterstandsopnamen, dat de invloed hiervan op de grondwaterstanden gering was (fig. 94). Bij doorlatendheidsmetingen (zie tabel 5) bleek echter, dat de grond zeer goed doorlatend was. In 1950 werden twee drainreeksen gelegd (afstand 15 m) en nu bleek dat het grondwater behoorlijk op peil bleef. Hier is dus blijkbaar de slootwand ondoorlatend (misschien geworden in de jaren dat het peil opgevoerd is).

g. Ook bij proefvelden op veenprofiel in droogmakerijen (zie bijv. NZH 389 in deel III, hoofdstuk III en verder NZH 570) werd een goede tot zeer goede doorlatendheid geconstateerd.

FIG. 92. Waterstanden bij Droog en Binnendijk, Zwammerdam, 1949

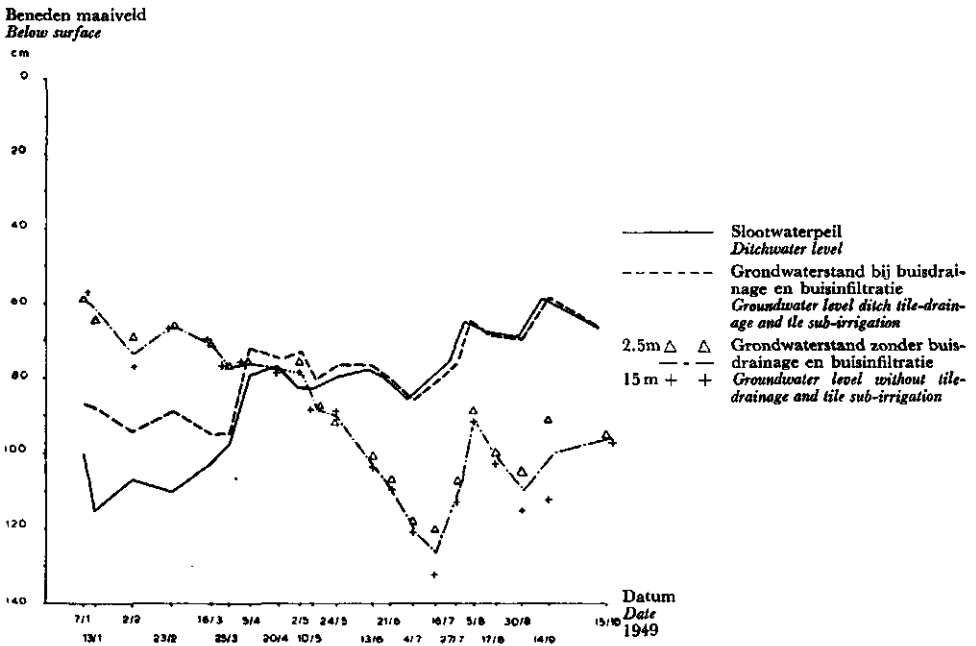


FIG. 92. Water levels near Droog en Binnendijk, Zwammerdam, 1949



Beneden maaiveld  
Below surface

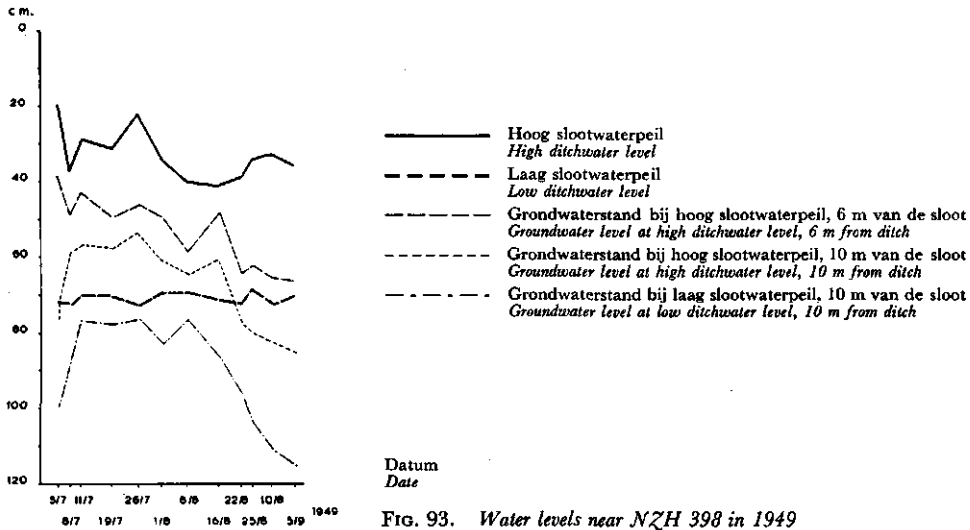


FIG. 93. Water levels near NZH 398 in 1949

De resultaten van de infiltratieproeven bevestigen dus de resultaten van de doorlatendheidsmetingen. In het algemeen kan men bij de verdroogde gronden rekenen op een goede doorlatendheid in de bovenste lagen van het profiel, die zeer waarschijnlijk te danken is aan het feit, dat deze lagen gekrompen of gescheurd zijn. Lage waarden komen ook wel voor, maar zijn toch min of meer uitzonderingen. Om wat meer inzicht te krijgen in het probleem van de ondoorlatende slootwanden is nog een aantal doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. De meeste percelen in het westelijke veengebied vertonen nl. een duidelijke slootkant, die slechts weinig boven het slootpeil ligt en in breedte varieert van  $\pm 0,5$  à  $1,5$  m. Het werd mogelijk geacht, dat juist deze kant, door welke oorzaken dan ook (gedacht werd aan vasttrappen door vee, structuurverval en reductie ten gevolge van het voortdurend vochtig zijn), slecht doorlatend zou zijn. De metingen werden uitgevoerd in maart-april 1953, toen de grondwaterspiegels vrijwel horizontaal lagen, waardoor het mogelijk werd de doorlatendheid van eenzelfde laag te meten in de slootkant en op het perceel zelf.

Gemeten werden de volgende percelen:

1. humeuze klei ( $\pm 65$  cm) op slibrijk bosveen (Binnendijk, Zwammerdam);
2. venige klei ( $\pm 40$  cm) op slibhoudend bosveen met wat riet (Boere, Hekendorp);
3. kleiveen ( $\pm 45$  cm) op katteklei (NZH 386).

In de bosveenprofielen werd regelmatig hout aangetroffen. Op elk perceel werden drie raaien (elke raai 6-8 metingen) onderzocht. Fig. 95 geeft voor elk perceel een doorsnede van één raai.

Gemiddeld was er geen betrouwbaar verschil in doorlatendheid tussen slootkant en perceel (tabel 8).

FIG. 94. Waterstanden bij NZH 386 in 1949 en 1951

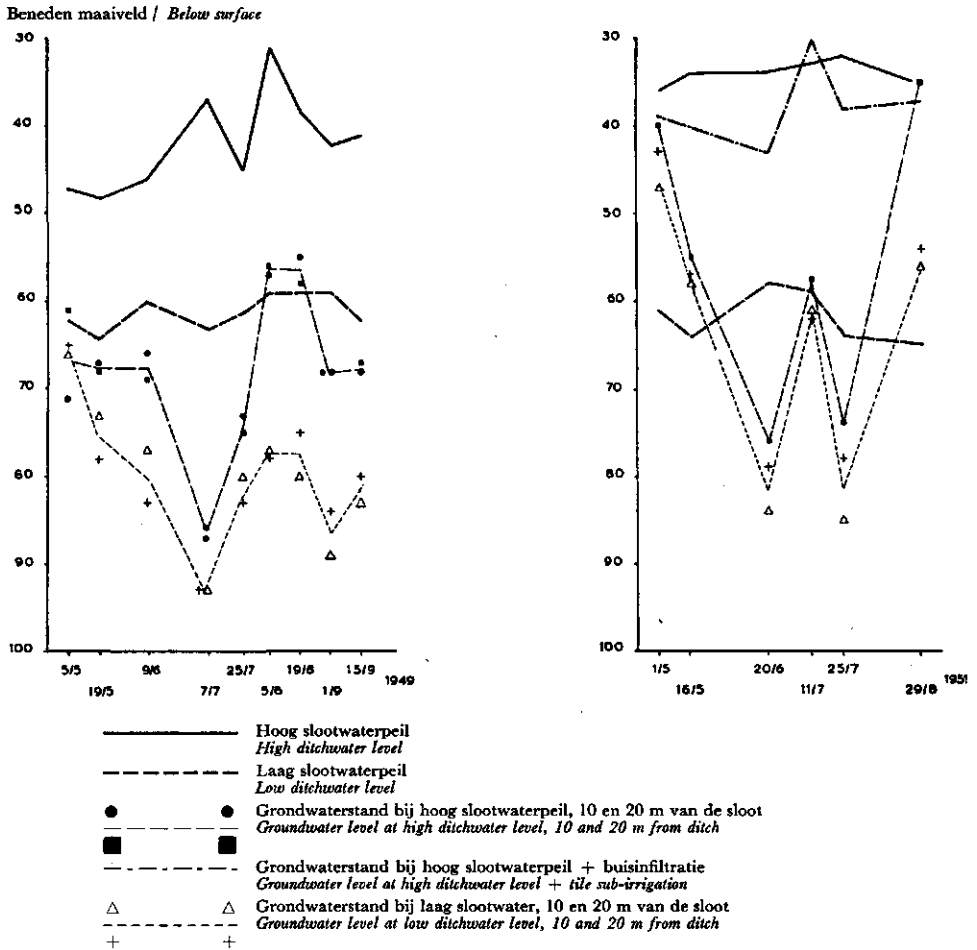


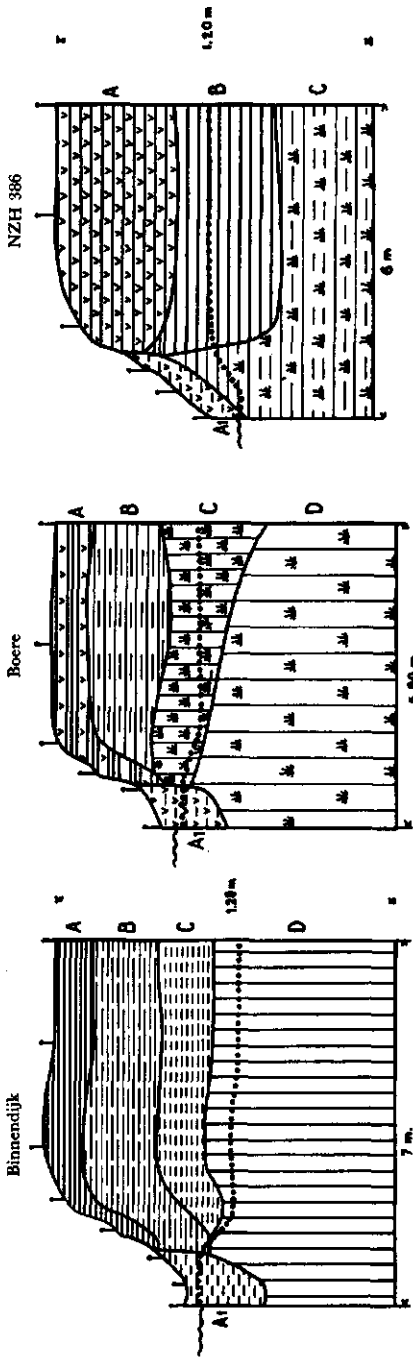
FIG. 94. Water levels near NZH 386 in 1949 and 1951

Onder „perceel” wordt hier verstaan het gemiddelde van (9 of 12) gaten, die in het normale land geboord zijn; onder „helling” het gemiddelde van de gaten (3) op de grens van perceel en kant; onder „kant” het gemiddelde van (6 of 9) gaten in de slootkant.

De variatie in doorlatendheid is weer groot; gemiddeld zijn de waarden echter aanzienlijk lager dan de waarden in tabel 5. Dit is veroorzaakt doordat hier bij lagere grondwaterstanden (50–70 cm onder maaiveld) gemeten werd, een bevestiging dus van de resultaten van de polder „de Putte”.

Voor de percelen van Binnendijk en NZH 386 werd uit waterstandswaarnemingen (zie boven) de conclusie getrokken, dat de slootwand ondoorlatend was. (De laatste

FIG. 95. Doorsneden van een drietal percelen



- A Donkerbruine, humeuze, vochtige klei/  
Darkbrown, humose, moist clay
- A<sub>1</sub> Gereduceerde, grijsblauwe, humeuze klei  
Reduced, greyish-blue, humose clay
- B Grijsbruine, vochtige klei  
Greyish-brown, moist clay
- C Grijs klei met bruine vlekken  
Brown-mottled grey clay
- D Donkerbruin, verteerd, slijmhoudend hoes-  
veen / Darkbrown, decomposed, clay-contain-  
ing wood peat

- A Donkergrijbruine, venige klei  
Dark greyish-brown peaty clay
- A<sub>1</sub> Gereduceerd, blauw kleiveen  
Reduced blue clay peat
- B Grijsbruine, humeuze klei  
Greyish-brown humose clay
- C Donkerbruin, slijmhoudend, boss-rietveen  
Darkbrown, clay-containing wood-sphagnum  
peat
- D Bruin, slijmhoudend, boss-rietveen, slag  
Brown, clay-containing wood-sphagnum peat,  
slag

- A Grijsbruin kleiveen  
Greyish-brown clay peat
- A<sub>1</sub> Gereduceerd, blauw kleiveen  
Reduced blue clay peat
- B Katteklei  
Clay containing Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>
- C Slappe, blauwe, riethoudende klei  
Weak blue reed-containing clay
- f Boorpunt  
Location of augering
- ... Grondwaterstand  
Groundwater level

FIG. 95. Cross-sections of three lots

metingen vonden echter niet aan dezelfde slootwanden plaats als waarvan onder *d* en *f* sprake was, wel op hetzelfde perceel). Als er een ondoorlatende laag aanwezig is, dan moet deze zich bevinden direct op de grens van water en grond, waarbij bijv. gedacht kan worden aan een afsluitend baggerlaagje.

In het bovenstaande is waarschijnlijk gemaakt, dat in verschillende gevallen de diepere lagen in het profiel minder doorlatend zijn dan de bovenste lagen. Bij de profielen met slappe klei in de ondergrond (zoals bij NZH 386 en in „de Putte”) is dit zeker het geval. Hiermee kan een flinke grondwaterstands daling bij het bestaande peil (dus zonder verhoging van het slootwaterpeil) reeds verklaard worden, zonder dat men zijn toevlucht behoeft te nemen tot de hypothese van een ondoorlatende slootwand.

Nemen we bijv. het profiel van NZH 386. De blauwe klei in de ondergrond heeft een doorlatendheid, die (zie ook de metingen in „de Putte”) ruwweg varieert tussen 0,05 en 0,5 m/dag. Bij een perceelsbreedte van 40 m en een ro van de sloten van 1,25 kunnen we de daling van de grondwaterstand berekenen volgens de formule

$$m_0 = \frac{sl^2}{8 kd} \quad (\text{HOOGHOUDT, 1940})$$

waarin  $m_0$  = de daling van de grondwaterstand beneden slootwaterpeil;

$s$  = de aan te voeren hoeveelheid water in m (hier aangenomen op 5 mm/dag = 0,005 m);

$k$  = de doorlaatfactor in m/dag;

$l$  = de breedte van het perceel in m.

Om  $d$  te bepalen moeten we weten op welke diepte de grond verder als ondoorlatend kan worden beschouwd. Nu wordt de doorlatendheid op grotere diepte waarschijnlijk groter doordat onder de slappe blauwe klei gewoonlijk kalkrijke klei voorkomt. Wanneer we nu aannemen, dat de grond eerst op 4,70 m ondoorlatend wordt (wat zeer gunstig zou zijn), dan wordt (bij een slootpeil van 70 cm onder maaiveld)  $H = 4$  m en  $d = 4$  en we vinden voor  $m_0$ :

bij  $k = 0,05$  m :  $m_0 = 5$  m

$k = 0,5$  m :  $m_0 = 0,5$  m

Door de onzekerheid bij de keuze van de factor  $d$  hebben deze waarden slechts betrekkelijke betekenis, maar wel blijkt uit deze berekening, dat een grondwaterstands daling van 50 cm (ook in de veenprofielen, zie tabel 8) gemakkelijk verklaard kan worden uit een matig of slecht doorlatende ondergrond, zonder dat men aan een ondoorlatende slootwand behoeft te denken.

Uit fig. 95 blijkt verder nog dat de bovenste  $\pm 20$  cm van het profiel in de slootkant bestaat uit een gereduceerde ondoorlatende baggerachtige laag, die direct aansluit bij de gereduceerde lagen uit de ondergrond (slappe klei of gereduceerd veen). Alleen bij verhoging van het slootwaterpeil kan dus water uit de sloot door de geoxydeerde bovenste lagen van het profiel stromen.

Bij de onder *a t/m g* beschreven gevallen zijn er echter verschillende, waarvoor deze verklaring niet opgaat, zodat men in die gevallen toch wel moet concluderen tot het bestaan van een ondoorlatende slootwand.

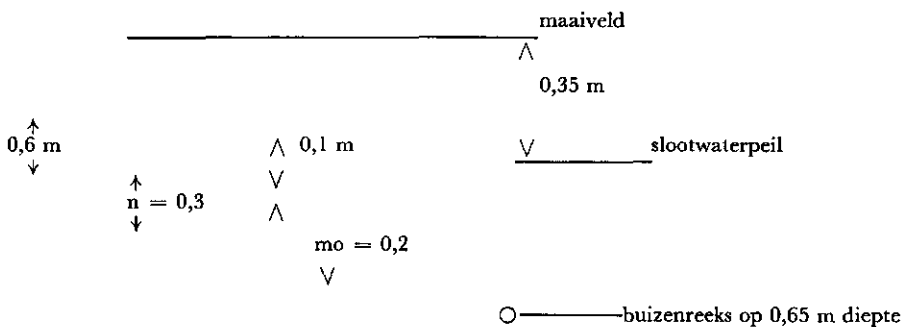
Men heeft wel gemeend dit euvel te kunnen verhelpen door de slootwand op regelmatige afstanden te doorboren met takkenbossen of drainbuizen. Men moet daarbij echter wel bedenken, dat de aanvoercapaciteit van deze doorboringen in totaal groot genoeg zal moeten zijn om de vereiste wateraanvoer te leveren, waardoor een vrij groot aantal perforaties nodig is. Wanneer de grond goed doorlatend is, zal het vaak eenvoudiger zijn een of meer drainreeksen in het perceel te leggen.

Bij het opstellen van een infiltratieplan wil men gaarne berekenen of en zo ja op welke afstanden bijv. buizenreeksen gelegd moeten worden. De eerste moeilijkheid, die zich hierbij voordoet, is de vraag of de slootwanden al dan niet doorlatend zijn. In het onder c. (zie vorenstaande) behandelde geval (Zegveld) was de doorlatendheid van de grond zeer goed, terwijl toch opvoeren van de slootwand weinig effect had. In andere gevallen was de slootwaterstand blijkbaar doorlatend en gaf verhoging van het slootwaterpeil een volkomen voldoende effect. Met de huidige kennis kan dit niet van te voren vastgesteld worden.

Een tweede moeilijkheid vormt de enorme variatie in de doorlaatfactoren op korte afstand, zonder dat van een regelmatig verloop van de doorlatendheid sprake is. Het bodemtype geeft hier, althans bij de verdroogde gronden, ook geen houvast. Dit brengt mee dat aan de gemiddelde waarden een vrij grote onzekerheid kleeft, met als gevolg een grote onzekerheid in de berekende afstanden.

Een derde moeilijkheid wordt gevormd door de omstandigheid, dat de doorlatendheid van diepere lagen, vooral bij grote afstanden van de reeksen van betekenis is bij de bepaling van de factor  $d$  in de formules van HOOGHOUT. Met de boorgatenmethode komt men niet veel dieper dan  $\pm 2$  m onder maaiveld en de doorlatendheid van diepere lagen moet men schatten. Om dit te demonstreren volgt hier een berekening voor een theoretisch geval.

Stel het slootwaterpeil wordt opgevoerd tot 35 cm onder maaiveld; midden tussen de buizenreeksen wordt een daling van de grondwaterstand toegestaan van 0,1 m. De buizen worden op een diepte van 0,65 m gelegd.



HOOGHOUT geeft hiervoor de volgende formule:

$$s = \frac{8 k_1 d (n - m_o) + 4 k_2 (n^2 - m_o^2)}{12}$$

Wanneer we aannemen, dat de grond op een diepte van 1,65 m en dieper als ondoorlatend beschouwd moet worden, dan komen we op een afstand van de reeksen van  $\pm 18$  m. Wanneer de grond echter pas op een diepte van 3,65 m als ondoorlatend wordt beschouwd, dan komen we op een afstand van 24 m. Dit geeft dus een vrij grote onzekerheid. Overigens zijn deze afstanden al groot. Bij een  $k$  van 4 m komen we voor het eerste geval (1,60 m en dieper ondoorlatend) al op een afstand van  $\pm 26$  m.

Gezien deze onzekerheden kan men een infiltratieplan beter in twee etappes uitvoeren, nl. eerst de wateraanvoer in de sloten (stuwen, waterinlaat of molentje, eventueel egalisatie) in orde maken en daarna door controle van de grondwaterstanden nagaan of, en zo ja op welke afstanden buizenreeksen nodig zijn (hiertoe kan men reeds direct enkele reeksen op verschillende afstanden leggen). Dit zal vaak tot aanzienlijke kostenbesparingen kunnen leiden, terwijl aan de uitvoering in twee etappes ook vrijwel geen bezwaren verbonden zijn. Men moet uiteraard wel beschikken over een goede bodemkaart om te weten waar de proefreeksen gelegd moeten worden en om de opgenomen waterstanden te kunnen interpreteren.

Om onaangename verrassingen te voorkomen kan men tevoren een aantal doorlatendheidsmetingen uitvoeren; mocht de grond in bijzondere gevallen dan zeer ondoorlatend blijken, zodat te voorzien is dat zeer nauwe afstanden nodig zullen zijn, dan is men hierop voorbereid.

Gezien de tot nu toe verkregen resultaten zal een dergelijk geval zich echter slechts zelden voordoen.

Resumerend mogen we zeggen:

1. De verdroogde gronden zijn over het algemeen goed tot zeer goed doorlatend, vooral in de bovenste geaëreerde lagen van het profiel.
2. Het komt voor, dat de slootwanden ondoorlatend zijn.
3. Bij doorlatendheidsmetingen voor infiltratie moet de laag gemeten worden, die voor de infiltratie van belang is. Door verschillen in doorlatendheid van verschillende lagen loopt men anders de kans een onjuiste waarde te vinden.
4. Door de grote variatie in de doorlaatfactoren en doordat de doorlatendheid van diepere lagen geschat moet worden, hebben berekeningen van de afstanden der infiltratiereeksen slechts betrekkelijke waarde. Het is daarom beter eerst de wateraanvoer in de sloten in orde te brengen, vervolgens enkele reeksen op verschillende afstanden te leggen en door controle van de grondwaterstanden kan dan nagegaan worden of, en zo ja op welke afstanden buizenreeksen gelegd moeten worden. In het algemeen kunnen grote afstanden (15 à 20 m, soms meer) toegepast worden.

## SAMENVATTING

Het onderzoek naar de veldbodemkundige oorzaken van de schadelijke irreversibele indroging (= verdroging) had in hoofdzaak betrekking op de graslanden van West-Nederland, zowel van het onvergraven veenlandschap (bovenland) als in de droogmakerijen. De irreversibele verdroging (Ii-graad) van een grond wordt uitgedrukt in een 10-delige schaal, welke loopt van 0 (= geheel gereduceerd, geen verdroging) tot 10 (= zeer sterk verdroogd). De bovengrond van elke normale veengrond, die in cultuur is, heeft het traject van de schaal 0-5 doorlopen. Normale, niet verdroogde veengronden vertonen Ii-graden van 5-7. Ii-graden hoger dan 7 zijn schadelijk, dit traject is door ons met *verdroging* aangeduid.

Bij de irreversibele verdroging heeft men in hoofdzaak met twee zeer moeilijk te scheiden verschijnselen te maken, namelijk:

- a. het verschijnsel van het minder water kunnen opnemen (verlaagde watercapaciteit door te ver voortgeschreden fysische rijping);
- b. het verschijnsel van langzaam water opnemen (snelheid van vochtopname).

Bij het onderzoek is geen onderscheid tussen beide verschijnselen gemaakt, daar ze meestal gekoppeld voorkomen. Bij verder onderzoek zal het zeker gewent zijn deze beide processen van elkaar gescheiden te bestuderen.

Gebleken is, dat schadelijke irreversibele indroging (= verdroging) aangetroffen wordt op vrijwel alle in West-Nederland voorkomende graslanden met een bovengrond, die meer dan  $\pm 11$  à 15% organische stof bevat. De verdroging komt zowel voor op veen met een meer of minder sterk humeus of venig kleidek als op zuivere veenprofielen en kattekleiprofielen met een humeus of venig dek.

Vrijwel steeds wordt de verdroging veroorzaakt door een te diepe ontwatering. Verdroging komt voor bij een gemiddelde slootwaterstand van ongeveer 50 cm en meer onder maaiveld. Schadelijke irreversibele indroging kan, bij percelen zonder een infiltratiesysteem, voorkomen worden door te zorgen voor een gemiddelde slootwaterstand van ongeveer 40 cm onder maaiveld.

Waarschijnlijk is het gewent 's zomers een wat hogere slootwaterstand ( $\pm 30$  cm onder maaiveld) en 's winters een wat lagere slootwaterstand ( $\pm 50$  cm onder maaiveld) aan te houden, waarbij ervoor gezorgd moet worden, dat in het voorjaar vroeg genoeg (ongeveer eind maart) op het zomerpeil overgegaan wordt. Daar de slootwaterstanden in het Westnederlandse veengebied in het algemeen 's winters en 's zomers weinig verschillen, kon een gunstige invloed van verschil tussen zomer- en winterpeil echter niet aangetoond worden.

De invloed van verschillen in het bodemprofiel is vaak indirect nl. voor zover het bodemtype van invloed is op de hoogteligging boven het slootwaterpeil. In vele gevallen ontstaan door het voorkomen van kleibanen in het veen of doordat de

diepteligging van de zandondergrond onder het veenpakket varieert, hoogteverschillen, die een gevolg zijn van verschillen in klink.

Daarnaast worden hoogteverschillen veroorzaakt door verschil in klink tussen rand en midden van een perceel (holle ligging), waardoor de randen verdrogen en door verschillen in verveningsdiepte in de droogmakerijen.

In de droogmakerijen is het polderpeil vaak afgesteld op het bouwland, dat in dezelfde polder aanwezig is, waardoor de graslanden te diep ontwaterd worden en verdrogen.

Hiernaast kon echter geconstateerd worden, dat sommige verschillen in het profiel wel degelijk verschillen in verdroging te zien geven, die niet aan verschillen in hoogte-  
ligging kunnen worden toegeschreven.

De goede meermolmdekken, meest op zavel of klei gelegen (type Woubrugge) vertonen ook bij diepe ontwatering niet de typische verdrogingsverschijnselen. Verondersteld wordt, dat zowel de andere fysische geaardheid van deze dekken (deze uit zich o.a. in een grotere opzuigcapaciteit en in een snellere wateropname), als het feit, dat dikwijls ondergronden aanwezig zijn, die mogelijkheden bieden tot een diepere beworteling tot het ontbreken van de verdrogingsverschijnselen leidt.

De veendekken op slappe modderklei-ondergrond reageren daarentegen minder gunstig dan normaal. Bij deze gronden kan reeds bij vrij hoge grondwaterstanden verdroging optreden. Dit betreft slechts echter een betrekkelijk klein oppervlak.

De verdroogde gronden vertonen over het algemeen een goede tot grote doorlatendheid vooral in de bovenste geaëreerde en gescheurde lagen van het profiel (tot  $\pm 60$  cm onder maaiveld). Diepere lagen vertonen gewoonlijk een geringere doorlatendheid, afhankelijk van de samenstelling van het bodemprofiel.

Op verschillende plaatsen werd geconstateerd, dat de slootwand ondoorlatend was.



## SUMMARY

The investigation into the causes of the irreversible drying-up of peat soils was generally related to grassland in the Western-Netherlands in the undisturbed peat landscape as well as in peat reclamations (reclaimed lakes). The irreversible drying-up (Ii-degree) of a soil is measured in a graduated scale ranging from 0 (= totally reduced, no drying-up) to 10 (= very strongly dried-up). The topsoil of every peat soil under cultivation has passed through the trajectory 0-5 of the scale. Normal, non dried-up peat soils have Ii-degrees of 5-7. Ii-degrees higher than 7 are injurious, this trajectory is named here *drying(up)*. In the process of drying-up there are in general two phenomena difficultly to separate, viz:

- a. reduced water capacity caused by too far progressed physical ripening;
- b. reduced water uptake velocity.

In the investigation these phenomena have not been dealt with separately as they mostly occur in combination. Studying these phenomena separately in further investigation is desired. It appeared that injurious irreversible drying-up is found in this part of the Netherlands on nearly all grassland having a topsoil with an organic matter content of more than ca. 11 to 15%. The drying-up takes place both in peat with a more or less humose or peaty surface clay layer, in pure peat profiles and in "katteklei" profiles (pyrite containing clay) with a surface humus or peat layer. Nearly always drying-up is caused by draining too deep. It takes place when an average ditchwater level of ca. 50 cm and more below surface occurs.

In lots without an infiltration system injurious irreversible drying-up can be prevented by the maintainance of an average ditchwater level of ca. 40 cm below surface.

Probably it is desirable to maintain a somewhat higher ditchwater level in summer (ca. 30 cm below surface) and a lower one in winter (ca. 50 cm below surface) by which provisions must be made for switching to summer level in time in spring (about the end of March). As ditchwater levels in the peat area of the Western-Netherlands show only little fluctuations in winter and summer, it was impossible to prove a favourable influence of the differences between summer and winter level.

There is an indirect influence of soil type on the occurrence of injurious drying-up viz. as far as soil type influences the situation above ditchwater level. In many cases differences in level caused by differences in subsidence arise as a consequence of the existence of clay beds in the peat or of a variation of the depth of the sand subsoil.

Besides height differences are caused by differences in subsidence between the border and the middle part of parcels (hollow situation) as a consequence of which the borders dry-up, and in reclaimed pools by the depth at which peat was originally excavated. In reclaimed pools the ditchwater level is often adjusted in view

of the arable land in the polder resulting in too deep a drainage and consequently drying-up of the grassland.

Good lake bottom deposit soils mostly overlying sandy clay or clay (type Woubrugge) don't show typical drying-up phenomena even when deeply drained.

In these soils, consisting of a humose or peaty topsoil of ca. 30 cm with a fairly high pH, no typical drying-up phenomena occur in spite of deep drainage. Presumably the absence of typical drying-up phenomena in this soil type must be ascribed to the fact that the good often calcareous clay or sandy clay subsoil offers the opportunity for a deep root development so, as for the watersupply, less high demands are imposed on the topsoil resulting in a retarded drying-up.

On the other hand peat layers on a soft mud clay subsoil behave less favourably than is normal. In these soils drying-up may already occur by a fairly high ground-water level. These soils however cover only a relatively small area.

The dried-up soils are generally well to highly permeable especially in the aerated and cracked upper layers of the profile (ca. 60 cm below surface). Layers deeper down are as a rule less permeable depending of the constitution of the profile. In several places the impermeability of the ditch bank could be established.

## LITERATUUR

1. BUTIJN, J. 1954 Onderzoek waterhuishouding van de bodem. *Verslag over 1954. Proefst. voor de fruitteelt in de volle grond, Wilhelminadorp.*
2. DUIVERMAN, J. J. 1948 De landbouwkundige basis voor het Streekplan. Diss. Wageningen.
3. ERNST, L. F. 1950 Een nieuwe formule voor de berekening van de doorlaatfactor met de boorgatenmethode. *Meded. Landb. proefst. en Bodemk. Inst. T.N.O. Groningen.*
4. HOOGHOUDT, S. B. 1940 Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van de grond. No. 7 *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 46 (14) B. De verdrogende veengronden in de provincies Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering, in voorbereiding.
5. KLOOSTERHUIS, J. L. 1953 Bepaling van drainafstanden door een morphologische beoordeling van het bodemprofiel. *Landb. Tijdschrift* 65 p. 105-113.
6. MOLEN, W. H. VAN DER 1950 De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoostpolder. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 55.12.
7. VEENENBOS, J. S.

DEEL III

DE VERBETERING VAN VERDROOGDE VEENGRONDEN

IMPROVEMENT OF THE DRIED PEAT SOILS

D. VAN DER WOERDT

# INHOUD

	Blz.
I. INLEIDING . . . . .	203
II. HET WEER IN DE JAREN 1947 T/M 1952 . . . . .	208
III. DE PRODUKTIVITEIT VAN VERDROOGDE VEENGRONDEN . . . . .	210
1. Veengraslanden . . . . .	210
2. Veenbouwlanden . . . . .	219
Samenvatting . . . . .	222
IV. DE INVLOED VAN WATERTOEOVOER . . . . .	223
1. De invloed van watertoevoer op de grondwaterstand . . . . .	223
2. De invloed van watertoevoer op de produktiviteit . . . . .	226
3. De methode van watertoevoer . . . . .	234
Samenvatting . . . . .	241
V. DE INVLOED VAN BEMESTING . . . . .	243
Samenvatting . . . . .	245
VI. HET BOVENBRENGEN VAN ONDERGROND . . . . .	246
Samenvatting . . . . .	247
VII. DE RENTABILITEIT VAN VERBETERINGSMAATREGELEN . . . . .	249
Samenvatting . . . . .	252
SAMENVATTING . . . . .	253
SUMMARY . . . . .	254
LITERATUUR . . . . .	255

## I. INLEIDING

In de binnen- en buitenlandse literatuur zijn verschillende publikaties te vinden, die zich bezig houden met de waterhuishouding in verschillende grondsoorten en onder verschillende omstandigheden. Hierbij komt duidelijk naar voren, dat grondsoort, klimaat en grondgebruik (bouwland of grasland) van grote invloed zijn op de eisen, die men aan de waterhuishouding moet stellen. Zo vonden bijvoorbeeld HOOGHOUT (12) en BURGEVIN en HENIN (3) dat bouwlandgewassen op klei de beste opbrengsten geven bij grondwaterstanden van  $\pm 1$  m of meer onder maaiveld. BERTRAM (1) kreeg dergelijke resultaten met gerst (waarbij echter de grondsoort niet vermeld wordt). Daarentegen kreeg HARTMAN (11) in de Beemster bij blijvend grasland op zware klei in 1949 grote opbrengstvermeerderingen met grondwaterstanden van  $\pm 40$  cm onder maaiveld. FRECKMANN en medewerkers (9, 17) vonden bij lysimeterproeven (1924–1932), dat voor kleigrasland in natte jaren een grondwaterstand van 100–130 cm het beste was; in droge jaren was in de zomer 40 cm beter, in het voorjaar gaf weer 100–130 cm de beste opbrengst. Voor zand was vrijwel steeds een waterstand van 40–70 cm het gunstigst. FRECKMANN werkte echter met ingevulde grond, terwijl het grasbestand sterk afwijkend was van wat men gewoonlijk in Nederland aantreft. KALISVAART (16), SIEBEN (24) en 'T HART (10) komen voor Nederlandse omstandigheden tot optimale grondwaterstanden in de zomer van  $\pm 40$ –60 cm voor humusarm zandgrasland en van  $\pm 60$ –80 cm voor humeuze zandgraslanden (in afhankelijkheid van de neerslag). In voor- en najaar geven de hoge <sup>1</sup> waterstanden echter opbrengst-depressies en zijn waterstanden van  $\pm 80$  cm beter. Rogge op zandgrond kan veel lagere grondwaterstanden verdragen, terwijl haver weer hogere eisen aan de grondwaterstand stelt. De dikte van het humeuze dek bleek hierbij van veel belang te zijn.

Wanneer men nu de buitenlandse landbouwkundige literatuur over de waterhuishouding in veengrond overziet, dan blijkt, dat het probleem van de irreversibele indroging eigenlijk alleen in de publikaties van het Moorversuchstation Bremen ter sprake komt; ofschoon het zich ook elders wel voordoet (22).

Men mag de gegevens uit de buitenlandse literatuur niet zonder meer voor Nederland overnemen, daar de omstandigheden vaak zeer afwijkend zijn. De voornaamste verschillen zijn:

1. De aard van het veen. De laagvenen, die in de buitenlandse literatuur genoemd worden, zijn gewoonlijk kalkrijk in tegenstelling met het grootste deel van het Nederlandse laagveen.
2. Het klimaat is soms zeer afwijkend; wat dit betreft zijn de omstandigheden in Engeland en Duitsland nog het beste vergelijkbaar.
3. De onderzoeken hebben vaak betrekking op veen, dat als bouwland of tuingrond gebruikt wordt.

<sup>1</sup> Onder hoge waterstand wordt in dit rapport verstaan een waterstand, die zich op geringe afstand onder het maaiveld bevindt (laag: grote afstand).

In Duitsland begon FRECKMANN in 1924 met lysimeterproeven met verschillende grondsoorten met gras als gewas. Met laagveen werden de beste opbrengsten in de zomer bereikt bij een grondwaterstand van 40 cm onder maaiveld; in voor- en najaar waren grondwaterstanden van  $\pm 100$  cm beter. De beworteling ging bij de lage waterstanden aanzienlijk dieper dan bij de hoge waterstanden; dit had tot gevolg, dat de verschillen in opbrengst tussen de grondwaterstand van 40 en 130 cm in 1925 (toen de wortelontwikkeling nog niet zo ver gevorderd was) groter waren dan in 1928<sup>1</sup>, al bleef 40 cm de beste opbrengst geven. Vooral bij zand was dit effect groot, voor veen was het minder groot, maar toch aanwezig. (Hier kunnen echter ook de verschuivingen in het plantenbestand een rol gespeeld hebben. Bij 40 cm was op den duur meer rietgras aanwezig, bij 130 cm meer Frans raaigras, een aanpassing dus van het grasbestand aan de vochtomstandigheden). Hiermee is een belangrijk aspect van het waterhuishoudingsprobleem aangeroerd. Wanneer immers een gewas dieper wortelt, zal de droogtegevoeligheid afnemen en kan een diepere ontwatering toegestaan worden. Ook BERTRAM en BURGEVIN en HENIN vonden een diepere beworteling naarmate de grondwaterstand dieper lag. Alle hier genoemde onderzoekers werkten echter met ingevulde grond in bakken. EDEN (6) vond echter in Engeland hetzelfde bij een veldproef met verschillende grondwaterstanden in kalkrijk veen met als gewas een één-jarige kunstweide van Italiaans raaigras. In de praktijk zal het afhangen van de aard van de ondergrond of de wortels (bij diepe ontwatering) ook inderdaad diep zullen kunnen gaan.

Op grond van de proeven van FRECKMAN en TACKE (25) en van ervaringen in de praktijk komt BRÜNE (2) tot de volgende normen voor de grondwaterstanden in niet verdroogde veengronden (bij een jaarneerslag van 500–800 mm):

hooiland	40–50 cm
weiland	60–70 cm
bouwland	70–80 cm

Bij de vaststelling van deze normen heeft het gevaar voor irreversibele indroging een belangrijke rol gespeeld. De Duitse onderzoekers schrijven de verdroging in de eerste plaats toe aan te diepe ontwatering. Dit gevaar zou afwezig zijn, wanneer de regenval tussen 1200 en 2000 mm per jaar bedraagt, waarbij dan in de zomer neerslaghoeveelheden van 200 mm of meer per maand voorkomen. Dit is bijvoorbeeld het geval in de venen van Zuid-Beieren. Het is inderdaad aannemelijk, dat bij 200 mm neerslag per maand geen verdroging op kan treden, daar in dat geval de waterbehoefte geheel uit de neerslag gedekt kan worden (18).

Bij akkerbouw, waarbij men dus diepere grondwaterstanden toepast, treedt vooral bij laagveen verdroging op. Hierdoor en door de grote onkruidontwikkeling acht BRÜNE bouwland op veen eigenlijk niet op zijn plaats. Wanneer verdroging optreedt, raden TACKE en BRÜNE rollen, bemesten met stalmest en compost, aanleggen van kunstweiden en opploegen van niet verdroogde grond van onder de bouwvoor aan. Volgens TACKE zijn deze maatregelen echter niet afdoende. BRÜNE meent echter

<sup>1</sup> 1925 en 1928 waren droge jaren.

op grond van praktijkervaringen (cijfers worden niet gegeven), dat compost de verdroogde grond (bij akkerbouw) kan verbeteren. In dit verband is nog van belang een mededeling van FLEISCHER (8), dat te diep ontwaterd veen bij het Elbe-Trave-kanaal, dat zeer sterk verdroogd en gescheurd was, verbeterd kon worden door opbrengen van een zandlaag van 6 cm dikte. Het met droogte-resistente soorten ingezaaid land leverde daarna weer goede opbrengsten op.

Voor normaal grasland (en bouwland) acht BRÜNE bezanding uit economische overwegingen slechts zelden verantwoord. Moldrainage heeft volgens BRÜNE in Duitsland niet voldaan. In de Verenigde Staten komen CLAYTON en anderen (4-7-15) op grond van veldproeven tot optimale waterstanden voor grassen (vermoedelijk kunstweiden), tuinbouwgewassen en suikerriet van  $\pm 40-60$  cm. ROE (23) geeft voor allerlei gewassen als beste grondwaterstand een stand van  $\pm 1$  m aan; zijn proeven waren echter weinig betrouwbaar. Overigens zijn de omstandigheden in Amerika sterk afwijkend van de Nederlandse. CLAYTON vermeldt nog, dat moldrainage (mol van 15 cm doorsnede, afstand van de gangen  $\pm 4$  m, diepte 75 cm) in het veen van Florida goed voldoet (werkingsduur 5-8 jaar). JONGEDIJK, NELLER en CLAYTON wijzen er verder op, dat de klink toeneemt naarmate het veen dieper ontwaterd wordt.

NICHOLSON, EDEN en anderen (20-21-6) geven de resultaten van een grondwaterstandsproefveld in de Engelse Fenlands (zegge- en rietveen met 50-60% organische stof en 15-20%  $\text{CaCO}_3$ ) over de jaren 1947-1951 met verschillende gewassen. Als optimale grondwaterstanden vonden zij ongeveer (cm onder maaiveld):

	<i>in droge jaren</i>	<i>in natte jaren</i>
Eenjarige kunstweide met Italiaans raaigras	70	90
Selderij	45	55
Kool	50	75
Aardappelen	40	50
Suikerbiet	50	75

Italiaans raaigras en suikerbieten gaven in natte jaren misoogsten bij waterstanden van  $\pm 35$  cm onder maaiveld. Voor Italiaans raaigras gold dit zelfs in het droge jaar 1949. Het onkruid groeide bij de hoge waterstanden weliger en was moeilijker te bestrijden. WÄRE (1947 - gecit. door NICHOLSON) vond in Finland hetzelfde; hij vond voor haver als optimale grondwaterstand  $\pm 60$  à 70 cm.

In Nederland heeft o.a. SIEBEN (24) de invloed van de grondwaterstand op de opbrengst van blijvend grasland op veen en klei op veen in 1949 nagegaan. Hierbij werd een aantal percelen met verschillende grondwaterstanden vergeleken; in de zomer werden de hoogste opbrengsten verkregen bij grondwaterstanden van  $\pm 40$  à 50 cm, in voor- en najaar waren grondwaterstanden van  $\pm 60-80$  cm beter. Daar het hier praktijkpercelen betrof, kon de invloed van zomer- en wintergrondwaterstand niet gescheiden worden, daar hoge zomergrondwaterstanden samengaan met hoge wintergrondwaterstanden. De wintergrondwaterstanden kunnen via de watervoorraad in de grond in het voorjaar invloed hebben op de zomerproductie. Verschillende Nederlandse onderzoekers hebben verder hun aandacht aan het probleem van de irreversibele indroging gewijd. HUDIG, REDLICH en DUYVERMAN (5-22) schrijven de



verdroging toe aan te lage slootwaterstanden en onvoldoende bemesting met organische mest. De irreversibiliteit zou veroorzaakt worden door ijzerhumaten, die de bodemaggregaten omhullen; bij indroging zou dit hydrophobe colloïd lucht adsorberen en daardoor de wateropname bemoeilijken of onmogelijk maken. De verbetering van de verdroogde gronden zou kunnen worden bewerkstelligd door betere watervoorziening en bemesting met (vooral kalkhoudende) organische meststoffen. Bewijzen voor een en ander worden echter niet aangevoerd. Het bedrijf onder Waverveen, dat volgens DUYVERMAN verbeterd is met schuimaarde en compost is volgens onze informatie verbeterd door opbrengen van kalkrijke klei, waarop ook het lage gehalte aan organische stof (11%, zie DUYVERMAN blz. 234) wijst. De te hoge ligging van het land, waardoor de verdroging ook volgens deze onderzoekers in eerste aanleg veroorzaakt wordt, is vaak een gevolg van klinkverschillen, tengevolge van het plaatselijk al of niet voorkomen van zand- of kleilagen in de ondergrond. De slootwaterstanden werden aangepast aan de delen van een polder, die het sterkst geklonken waren, waardoor de minder geklonken delen te hoog kwamen te liggen.

DUYVERMAN vermeldt gevallen, dat boeren door opstuwing van het water in de sloten bij verdroogde gronden een betere grasgroei verkregen. Hij acht dit echter niet meer dan een goed onder controle gehouden watercultuur. Volgens HUDIG en REDLICH hebben de boeren de ervaring dat de eerste snede op de verdroogde gronden bij goede bemesting een behoorlijke produktie kan geven, maar dat de produktie in de zomer veel te wensen overlaat.

In het randgebied van de Noordoostpolder, waar ernstige verdroging optrad door afzuiging van grondwater door de lager gelegen Noordoostpolder zijn onderzoekingen verricht door DE JONGE (13-14) en VEENENBOS (26). De ergste verdrogingsverschijnselen traden hier op wanneer het mariene kleidek, dat de zegge-, riet- en mosvenen in dit gebied bedekt, dunner was dan 40 cm. Volgens VEENENBOS is de verdroging het sterkst in de gronden, die veel ijzer bevatten. Deze zijn echter ook humeuzer (20-30% organische stof) dan de gronden met minder ijzer en hieruit kan de sterkere indroging ook verklaard worden.

Daar de afzuiging niet lang heeft geduurd en de humusgehalten over het algemeen vrij laag zijn, zijn deze gronden niet sterk irreversibel ingedroogd, al was de schade, wat de grasproduktie betreft, groot. DE JONGE kreeg hier goede resultaten met verhoging van de grondwaterstanden door middel van buizen- (10 à 20 m afstand) en mol-infiltratie (met mol-infiltratie voornamelijk in zeggeveen, daar de gangen in mosveen spoedig dicht gingen zitten; in zeggeveen werken de molgangen doorgaans een jaar). Voor een goede produktie bleek het nodig te zijn, dat het grondwater in de zomer tot vlak onder of in het kleidek gebracht werd; daarbij trad bevochtiging van de bovenlagen op. Door kunstmatige beregening kon dit niet bereikt worden. DE JONGE wijst er verder op, dat hoge grondwaterstandstanden in voor- en najaar en in de winter tot opbrengstdepressies aanleiding kunnen geven. Bemesting met compost en kalkmeststoffen kan de verdroging niet opheffen.

Wanneer we de literatuur overzien, dan blijkt, dat diepe ontwatering van veengronden zowel wat de produktiviteit, het gevaar van indroging als de klink betreft, niet gewenst is. Voor niet ingedroogde veengrond ligt de optimale grondwaterstand

in de zomer voor grasland en tuinbouwgewassen tussen  $\pm 40$  en 70 cm onder maai-  
veld in afhankelijkheid van de weersomstandigheden. In voor- en najaar zijn grond-  
waterstanden van 60–80 cm beter. Bouwlandgewassen en vermoedelijk ook kort-  
durende kunstweiden hebben diepere waterstanden nodig (in de zomer  $\pm 70$ –100 cm).  
De verdroging wordt in hoofdzaak toegeschreven aan te diepe ontwatering; over de  
betekenis van organische bemesting bestaat geen eenstemmigheid; door infiltratie  
kon volledig herstel van de produktiviteit verkregen worden.

## II. HET WEER IN DE JAREN 1947 T/M 1952

In figuur 1 zijn de afwijkingen van temperatuur en neerslag per maand ten opzichte van de gemiddelde waarden over 40 jaar (gemiddeld voor Naaldwijk en De Bilt) weergegeven. Het weer in deze jaren kan als volgt samengevat worden:

FIG. 1. De afwijkingen van temperatuur en neerslag per maand t.o.v. de gemiddelde waarden over 40 jaar (gem. van Naaldwijk en De Bilt)

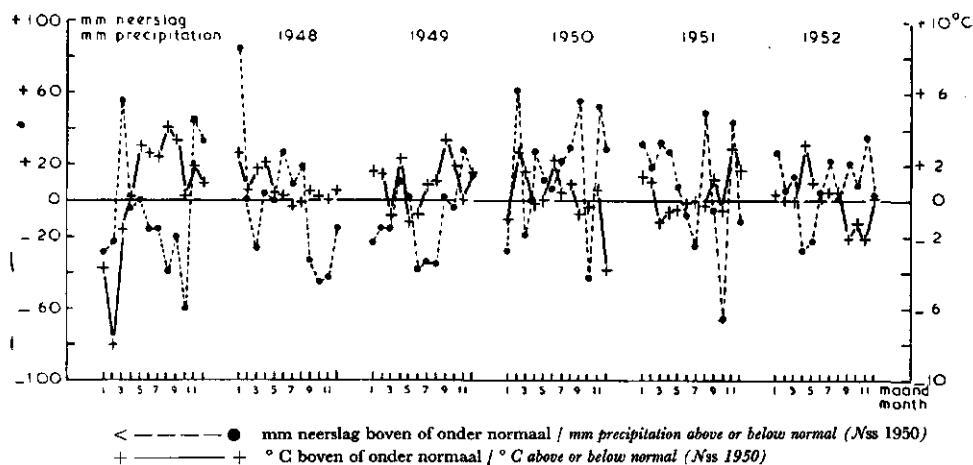


FIG. 1. The deviations of temperature and precipitation per month with respect to the mean values over 40 years

De jaren 1947 en 1949 waren uitgesproken droog, waarbij januari en februari 1947 droog en zeer koud waren met daaropvolgend zeer veel regen in maart (eveneens koud). De winter van 1948/1949 was eveneens vrij droog, maar niet koud, terwijl het weer in maart, april en mei vrij gunstig was voor de grasgroei. De jaren 1950 en 1951 waren uitgesproken vochtig met wat droogte in juni en juli 1951. De winter van 1950/51 was natter dan normaal.

De jaren 1948 en 1952 nemen een tussenpositie in met wat meer neerslag dan normaal in de maanden juni, juli en augustus en scherpe droogte in april en mei van 1952. De nazomer van 1952 was nat en koud.

Dit alles beschouwd ten opzichte van „normaal”, waarbij bedacht moet worden, dat de „normale” neerslaghoeveelheid voor april en mei bijvoorbeeld  $\pm 25$  mm lager is dan voor juli en augustus.

Voor de zomerperiode (juni - juli - augustus) was de neerslag in de verschillende jaren als volgt:

1947 - 138 mm  
 1948 - 263 mm  
 1949 - 102 mm  
 1950 - 267 mm

Gem. - 193 mm (gem. voor Naaldwijk en De Bilt).

Gemiddeld over 40 jaar ( $N_{40}$  - 1950) bedroeg de neerslag in deze periode 209 mm, dus 16 mm meer.

Opvallend is, dat in deze maanden in 1947 nog meer regen viel dan in 1949, terwijl toch 1947 als een droger jaar bekend staat dan 1949. De temperatuur was in 1947 echter hoger dan in 1949, terwijl verder de maanden september en oktober van 1947 nog zeer droog waren. In september en oktober van 1949 was de regenval slechts weinig lager dan normaal.

### III. DE PRODUKTIVITEIT VAN VERDROOGDE VEENGRONDEN

#### 1. VEENGRASLANDEN

Betreffende de produktiviteit van blijvend grasland op indrogende gronden beschikken we over de gegevens van de proef CI 203 van Ir M. L. 'T HART, waaraan in de jaren 1948 t/m 1950 een aantal verdroogde percelen is toegevoegd. Bij deze proef werd op een aantal percelen een vak afgerasterd en hiervan werd de opbrengst bepaald door 5 à 6 maal maaien per jaar. Alle hier te behandelen opbrengsten zijn in duplo bepaald op veldjes met uniforme bemesting (70 kg N - 120 kg K<sub>2</sub>O en 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha). Zowel de uitkomsten van de verdroogde als van de nietverdroogde percelen zijn bij de verwerking betrokken.

Van deze veldjes zijn, behalve de produktie, bekend de grondanalyses, de botanische samenstelling en het profiel, terwijl verder de sloot- en grondwaterstanden werden opgenomen. In de figuren 2 en 3 zijn de droge-stofprodukties uitgezet tegen de sloot- en grondwaterstanden. In 1947 en 1948 liepen de maaidata nogal uiteen, waardoor de produkties over die jaren over andere perioden gegeven zijn dan over de jaren 1949 en 1950, toen elke snede van alle veldjes in enkele dagen gemaaid is en dus de produktie per snede of per twee sneden direct vergeleken kon worden. De veldjes liggen verspreid over de verschillende in West-Nederland voorkomende bodemtypen, behalve de typen met oligotroof veen. De invloed van het bodemtype bleek meer indirect dan direct te zijn, in die zin, dat het bodemtype vaak de hoogteligging bepaalt, waarbij dan de hoogteligging een belangrijke invloed heeft op verdroging en produktie.

In de figuren 2 en 3 is door de puntenzwerm steeds de gemiddelde lijn getrokken, waarmee echter niet gezegd wil zijn, dat er steeds een betrouwbaar verband aanwezig was.

Overzien we de resultaten in de verschillende jaren, dan blijkt, dat de voorjaarsproduktie weinig onder invloed staat van de waterstanden, al lijken de percelen met hoge waterstanden in het voorjaar (vooral in 1950; april was toen nogal nat) wel wat achteraan te komen. Ook de verdroogde gronden blijven gemiddeld wel iets achter.

In de droge zomers van 1947 en 1949 was het verband met de waterstanden zeer duidelijk; de verdroogde percelen produceerden toen zeer weinig, de natste percelen gaven de hoogste produktie (de grondwaterstanden voor de zomer van 1947 zijn niet zeer nauwkeurig, daar ze voor de verschillende percelen niet op dezelfde tijdstippen opgenomen zijn). Het verband tussen slootwaterstand en opbrengst in de zomer van 1947 en het verband tussen grondwaterstand en opbrengst in 1949 bleek wiskundig betrouwbaar te zijn.

In 1948 was het verschil minder groot en in het natte jaar 1950 gering. In de nazomer hebben de waterstanden blijkbaar weinig invloed gehad. In droge zomers werden de beste opbrengsten bereikt bij slootwaterstanden van  $\pm 20$  cm en grondwaterstanden van  $\pm 50$  cm onder maaiveld. In natte zomers liggen de optima bij

FIG. 2. Het verband tussen slootwaterstand en droge stofproductie bij CI 203 in voorjaar, zomer en nazomer van de jaren 1947 t/m 1950

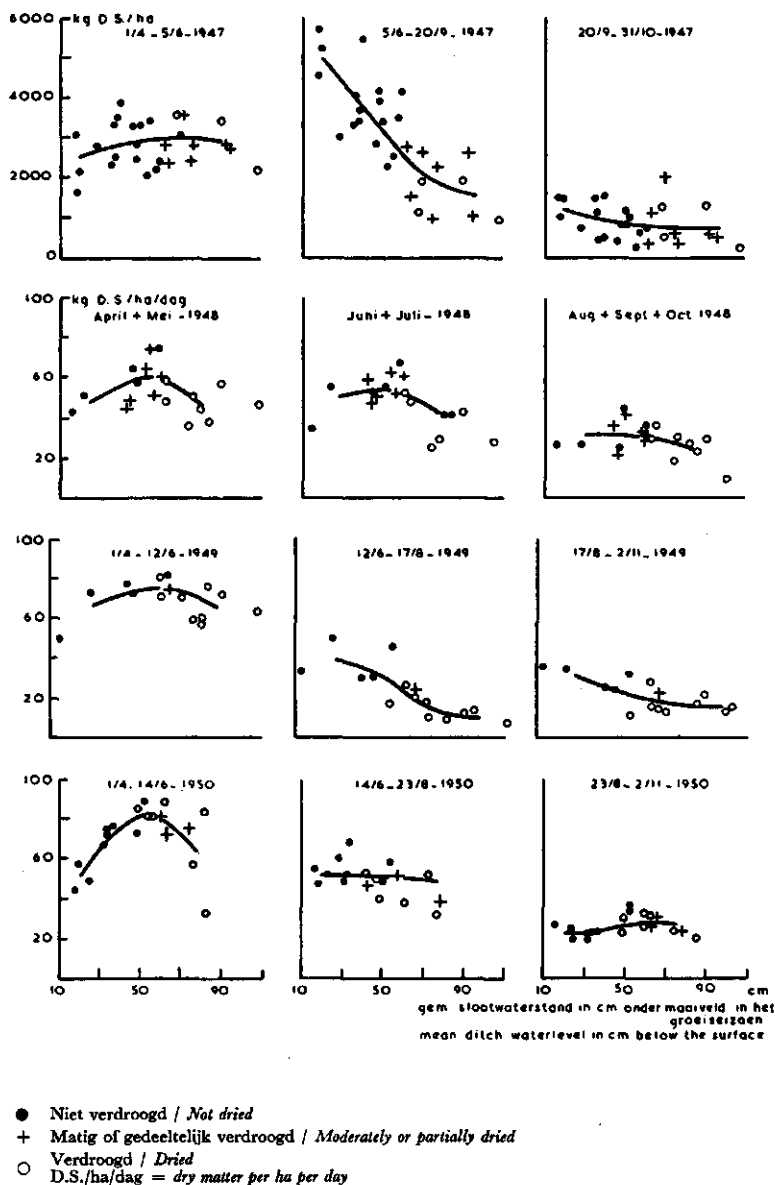


FIG. 2. The relation between ditchwaterlevel and dry matter production in the experiment serie CI 203 in spring, summer and autumn of the years 1947-1950

FIG. 3. Het verband tussen grondwaterstand en droge stofproductie bij CI 203 in voorjaar, zomer en nazomer van de jaren 1947 t/m 1950

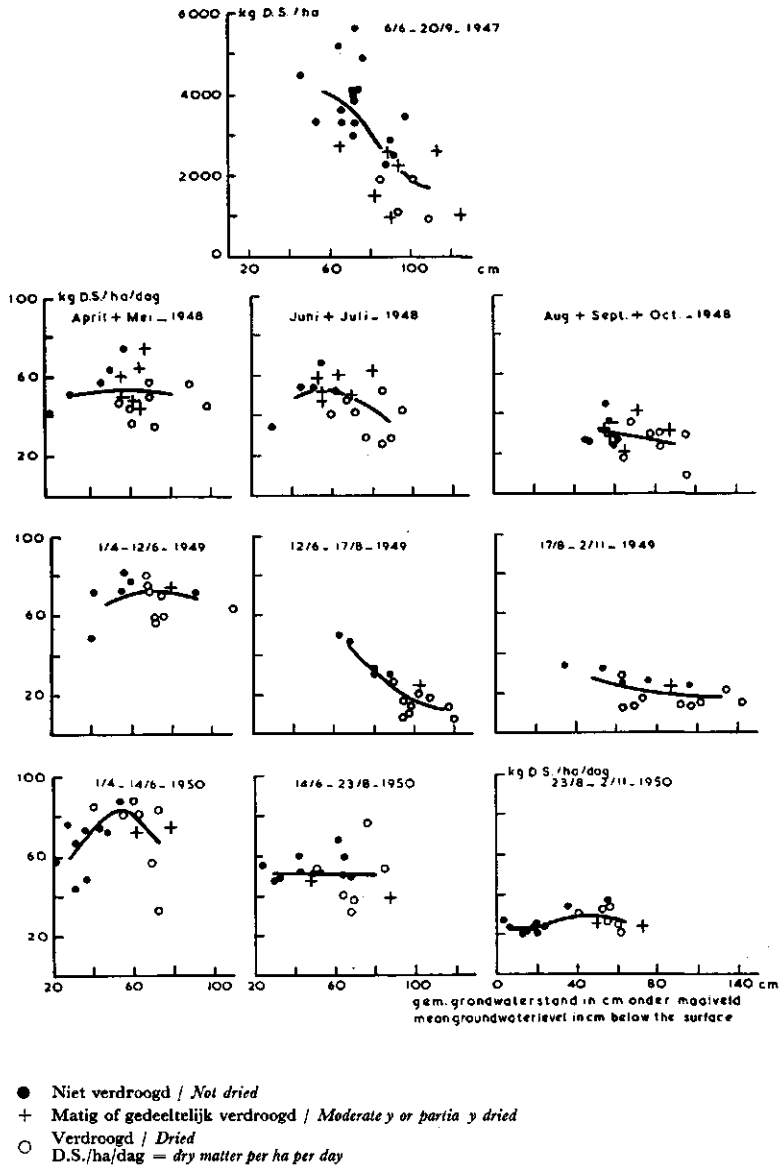


FIG. 3. The relation between groundwater level and dry matter production in the experiment serie CI 203 in spring, summer and autumn of the years 1947-1950

FIG. 4. Het verband tussen slootwaterstand en Ii-graad en het verband tussen Ii-graad en opbrengst in voorjaar en zomer van 1949 en 1950 (grondmonsters in 1949 in mei, in 1950 in augustus genomen)

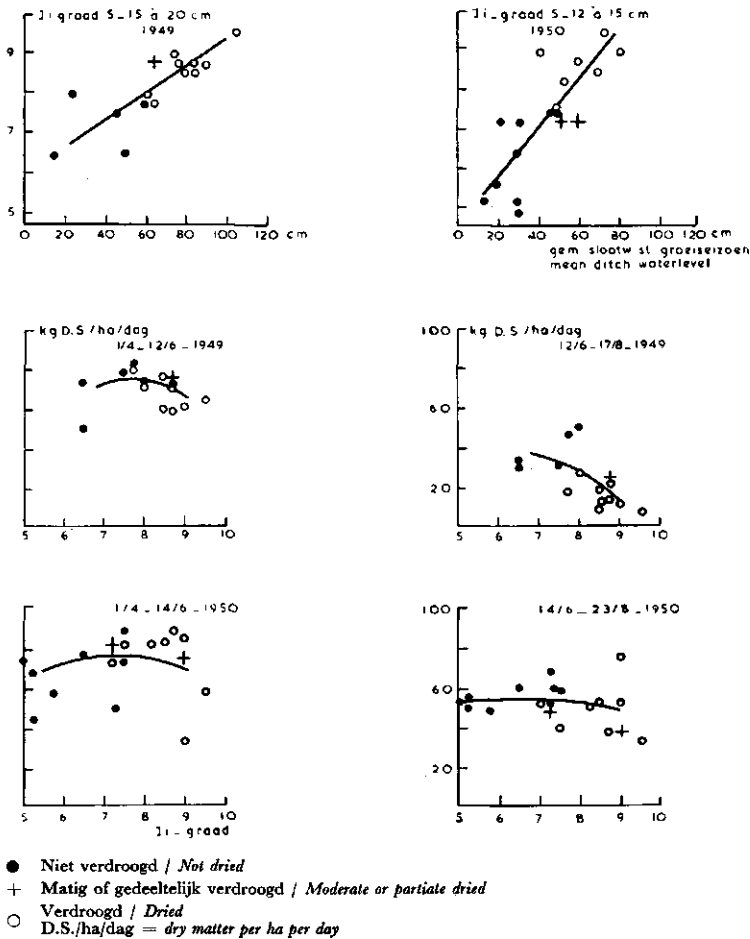


FIG. 4. The relation between ditchwaterlevel and degree of irreversible drying (Ii-graad) and the relation between degree of irreversible drying and production in spring and summer of 1949 and 1950

$\pm 50$  resp.  $60$  cm onder maaiveld. Gemiddeld geven de percelen met een slootwaterstand van  $\pm 40$  cm de beste opbrengsten. Deze percelen geven in de zomer goede produkties, terwijl de kans op voorjaarsdepressies gering is. Opbrengstverlaging door indroging treedt pas op bij slootwaterstanden van  $50$  à  $60$  cm of meer beneden maaiveld.

Daar de slootwaterstanden in zomer en winter in deze streken weinig verschillen en hoge slootwaterstanden gepaard gaan met relatief hoge grondwaterstanden, zowel in de zomer als in de winter, is met deze gegevens niet uit te maken of de hoge



FIG. 5. Het verband tussen slootwaterstand en pH van de lagen 0-5 cm en 5-15 cm in 1949 en 1950 bij de proef CI 203

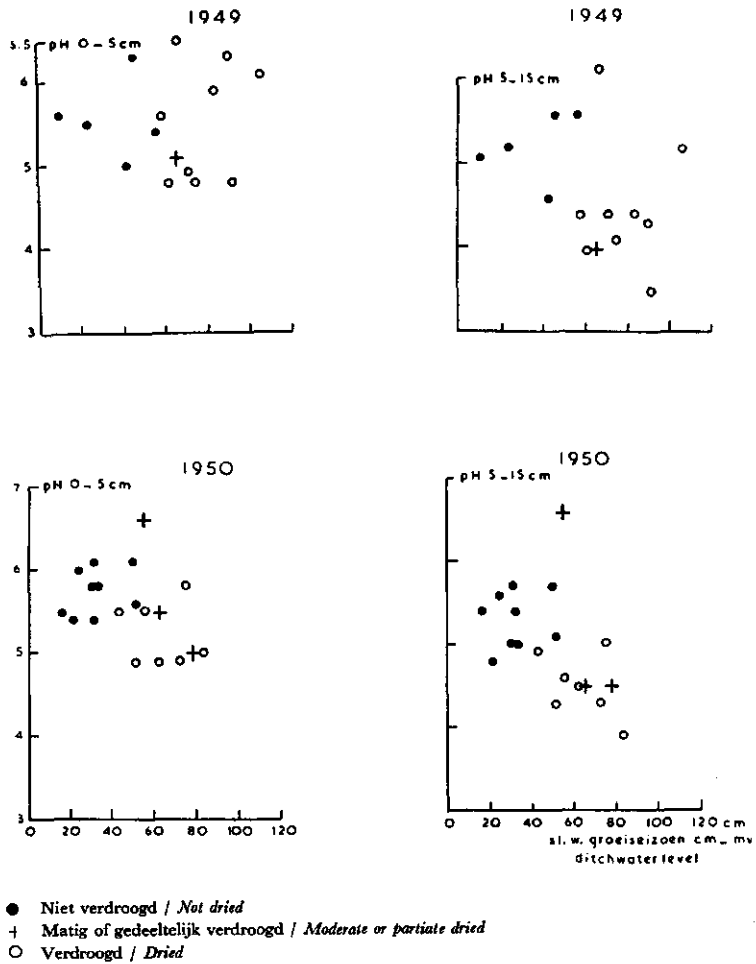
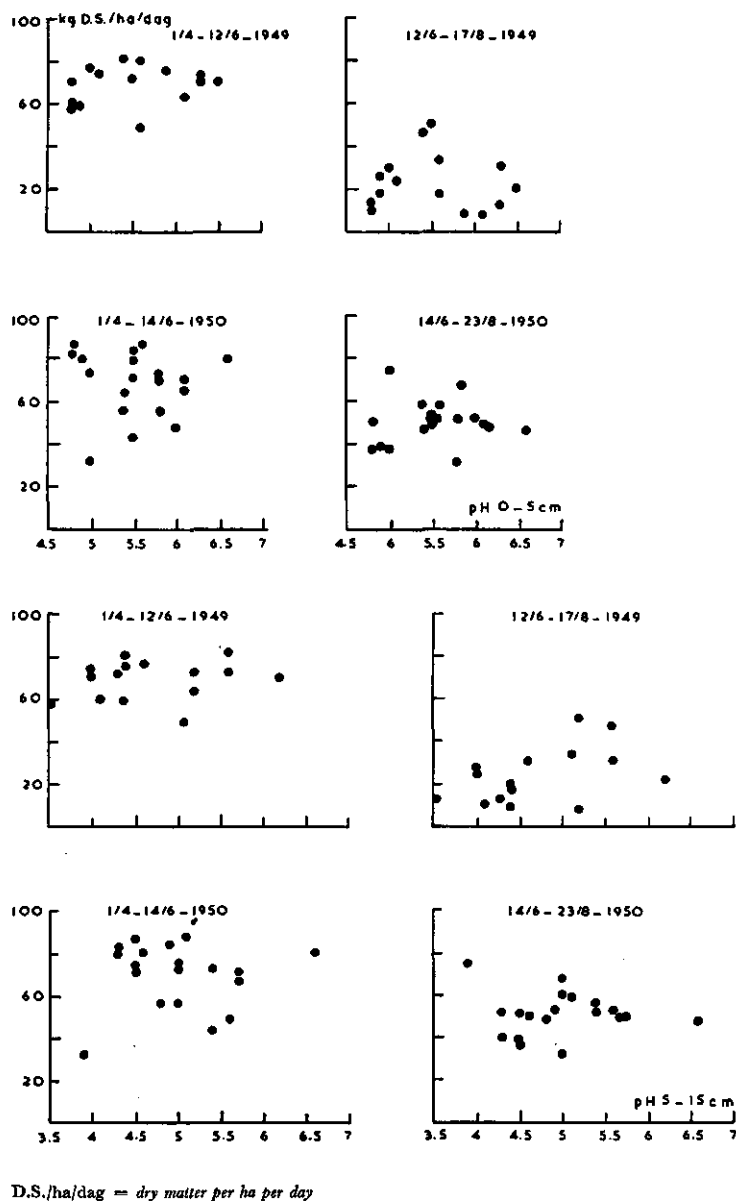


FIG. 5. The relation between ditchwaterlevel and pH of the layers 0-5 cm and 5-15 cm in 1949 and 1950 in the experiment serie CI 203

grondwaterstanden een directe invloed uitoefenen, of dat de invloed indirect is via de invloed op de watervoorraad, waarmee een perceel het groeiseizoen ingaat. Deze watervoorraad zal in het algemeen groter zijn naarmate de grondwaterstand in de winter hoger is.

Er blijkt een goed verband te bestaan tussen slootwaterstand en irreversibele indrogingsgraad (figuur 4). Een II-graad van 7,5 à 7 en lager komt blijkbaar overeen met de veldwaardering: niet ingedroogd. Er komen echter vrij belangrijke afwijkin-

FIG. 6. Het verband tussen pH-H<sub>2</sub>O (0-5 en 5-15 cm) en opbrengst in 1949 en 1950FIG. 6. The relation between pH-H<sub>2</sub>O (0-5 and 5-15 cm) and production in 1949 and 1950

gen voor. Zo kan men beslist niet verdroogde percelen met een li-graad van 8 aantreffen. Het verband tussen li-graad en opbrengst is ongeveer hetzelfde als tussen waterstand en opbrengst; de spreiding is echter groter.

In figuur 5 zijn de pH-waarden voor de lagen van 0-5 cm en van 5-15 cm uitgezet tegen de slootwaterstanden (bij de laag van 5-15 cm is de droge laag onder de zode bemonsterd, dit was wel eens meer of minder dan 10 cm). In de eerste plaats blijkt hieruit, dat de pH van de laag van 5-15 cm lager is dan van de laag van 0-5 cm. Verder blijken de pH's van de ingedroogde gronden, in hoofdzaak in de laag van 5-15 cm lager te zijn dan voor de niet-ingedroogde gronden. (De laag van 0-5 cm vertoont dit verschijnsel veel minder, vermoedelijk ten gevolge van bemestingsinvloeden).

In 1950 was er zelfs een vrij goed verband tussen slootwaterstand en pH (5-15 cm). Lage slootwaterstanden gaan dus min of meer gepaard met lage pH-waarden en men zou zich kunnen indenken, dat de lagere zomeropbrengst van de verdroogde gronden niet aan de lage waterstand, maar aan de lage pH-waarden moeten worden toegeschreven.

In figuur 6 zijn de pH-waarden uitgezet tegen de voorjaars- en zomeropbrengsten van 1949 en 1950. In het algemeen is er zeer weinig van een verband tussen pH en opbrengst te bespeuren. Voor de zomer van 1949 (pH 5-15 cm) lijkt er een vaag verband te bestaan, wat echter veroorzaakt wordt door de correlatie tussen slootwaterstand en pH. Dit blijkt uit de grafiek voor 1950 (zomer). Toen was de invloed van slootwaterstand en verdroging op de opbrengst gering door de grote regenval. De pH-spreiding was echter wel aanwezig en hiermee was dus de correlatie pH-waterstand verbroken; een verband tussen pH en opbrengst was echter ook toen niet aanwezig.

Ook voor de andere jaren kon geen invloed van pH, P-citr. of K-gehalte gevonden worden (behalve voor het voorjaar van 1946; deze gegevens worden hier echter niet verder besproken). Wat betreft P-citr. en K is dit begrijpelijk, daar werkelijk lage waarden slechts weinig voorkwamen.

Om de produkties in de verschillende jaren met elkaar te kunnen vergelijken, zijn alle opbrengsten omgerekend op 3 perioden, nl. van 1/4-5/6, 6/6-20/9 en 20/9-± 31/10. Deze opbrengsten zijn in tabel 1 samengevat, waarbij de percelen naar droogtegevoeligheid zijn ingedeeld (deze indeling komt overeen met een indeling naar slootwaterstand).

De gemiddelde gehalten aan zetmeelwaarde en verteerbaar ruw eiwit liepen weinig uiteen, al lijkt het er wel op, dat de natte percelen in het voorjaar wat lagere eiwitgehalten hebben.

Tabel 2 geeft voor dezelfde klassen de gemiddelde waarden voor pH enz. Grote verschillen tussen de klassen komen niet vooral, waren de natte percelen gemiddeld wel wat armer. Boverdien blijkt uit deze tabel, dat de verdroogde percelen gemiddeld zeker niet armer aan kali en fosfaat zijn dan de niet ingedroogde percelen.

Tabel 3 geeft de botanische analyse van de percelen in 1949 en 1950.

Ter vereenvoudiging zijn alleen de belangrijkste soorten opgenomen. Wanneer men bedenkt, dat de veldjes in 1950 gedeeltelijk op andere percelen lagen dan in

FIG. 7. Bult en laagte naast elkaar op verdroogd perceel (kleiveen op katterklei). Gering hoogteverschil; bult sterk ingedroogd met voornamelijk *Agrostis tenuis* - *Poa pratensis* - *Rumex*, laagte voornamelijk *Lolium perenne* - *Agrostis tenuis* en wat *Poa pratensis* (juli 1953)

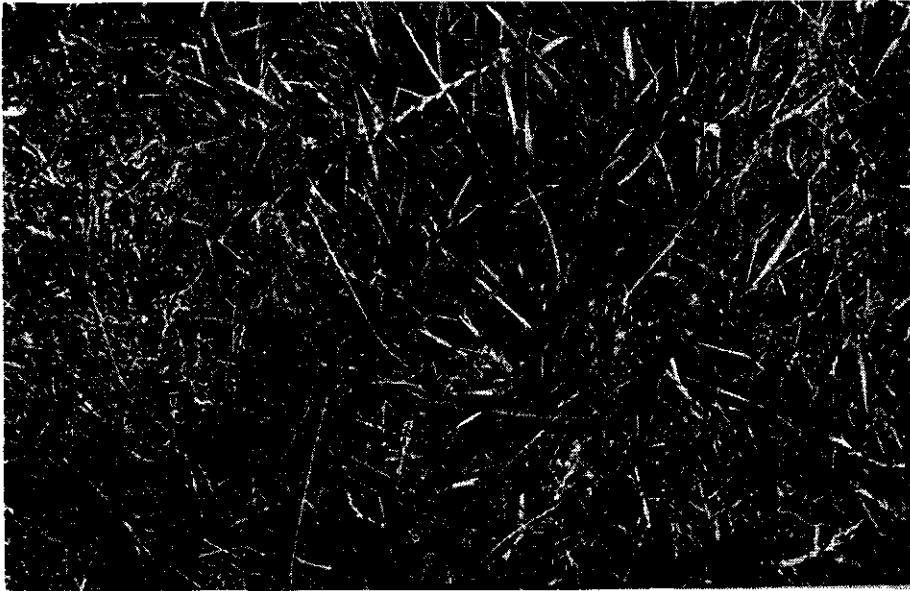


FIG. 7. A height next to a depression (small difference in height) on a dried clayey peat soil. On the strongly dried height chiefly *Agrostis tenuis* - *Poa pratensis* - *Rumex*, in the depression chiefly *Lolium perenne* - *Agrostis tenuis* and some *Poa pratensis* (July 1953)

1949, dan is er een goede overeenstemming, al komt het verschil in neerslag in de beide jaren wel tot uiting, o.a. in het percentage ruw beemdgras (Pt). Op de verdroogde gronden komen duidelijk meer veldbeemd, struisgras en kweek voor, terwijl de natte percelen hogere percentages aan ruw beemdgras, vlotgras en geknikte vossestaart hebben. In het veld ziet men op verdroogde plekken in een perceel vaak, dat de grasmat op die plekken geheel uit droogteresistente soorten als veldbeemd, kweek, struisgras, zuring enz. bestaat (figuur 7). Dat de percentages in de tabel niet zo hoog zijn, komt omdat een gemiddeld monster genomen is; op de lage plekken (oude scheuren) vindt men meer vochtminnende soorten.

Verder blijkt, dat in de graslanden op verdroogde gronden nog behoorlijke percentages Engels raaigras kunnen voorkomen; dit is niet tot de laagten beperkt, ook op egaal hoge percelen vindt men dit gras soms in hoge percentages. De als normaal aangeduide percelen hebben ook inderdaad de beste grasmat, zodat hoge productie en goede kwaliteit samen gaan.

Uit de gegevens van tabel 1 kan de gemiddelde productie over een groot aantal jaren berekend worden.

FIG. 8. De droge stofproductie in de periode van 6 juni–20 september in de jaren 1947 t/m 1950, uitgezet tegen de regenval in de maanden juni t/m augustus (indeling van de percelen in klassen naar droogtegevoeligheid; elk punt stelt de zomerproductie in één van de jaren 1947 t/m 1950 voor)

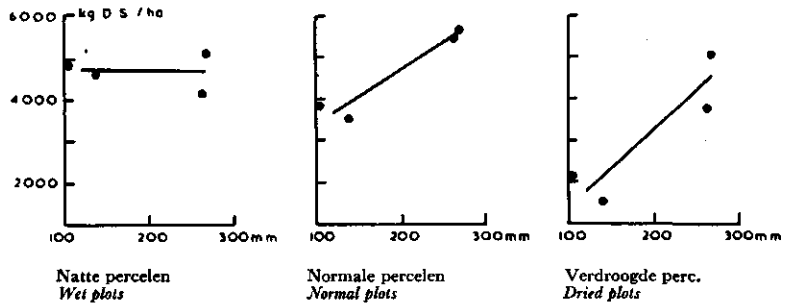


FIG. 8. The relation between the dry matter production in the period of 6/6–20/9 in the years of 1947–1950 and the precipitation in the months June, July and August (classification of the plots as to their sensitiveness for drought; each point gives the summerproduction in one of the years 1947–1950) D.S./ha = dry matter per ha

Dit gemiddelde is uiteraard niet zonder meer gelijk aan de gemiddelde waarden voor de jaren 1947 t/m 1950. Voor de voorjaarsperiode is de invloed van de droogtegevoeligheid op de opbrengst niet groot. Hier spelen vermoedelijk andere factoren, waarschijnlijk temperatuur en te veel water een rol (vergelijk bijvoorbeeld de lage voorjaarsopbrengst in 1947 met die in de andere jaren; 1947 had een zeer koude maand februari en een natte en koude maand maart). Daar hieromtrent moeilijk berekeningen te maken zijn, is aangenomen dat de gemiddelde voorjaarsproductie over een groot aantal jaren gelijk is aan de voorjaarsproductie over de jaren 1947 t/m 1950. Hetzelfde is aangenomen voor de nazomerproductie. Daar de verschillen in voorjaarsopbrengst tussen de verschillende jaren minder groot zijn dan voor de zomeropbrengst, zal de hiermee gemaakte fout niet groot zijn.

In figuur 8 zijn de droge-stofproducties in de zomers van 1947 t/m 1950 uitgezet tegen de bijbehorende regenval (zie hoofdstuk II).

Uit deze figuur blijkt, dat de variatie in productie sterk toeneemt naarmate de percelen droogtegevoeliger zijn, met dien verstande, dat de verdroogde gronden in droge zomers sterk achterblijven en in natte zomers het niveau van goed grasland benaderen. Wanneer men bedenkt, dat de regenval in de maanden juni, juli en augustus zonder meer geen goede maatstaf is, daar ook de regenverdeling en andere factoren een rol spelen en verder de regen in de eerste twee decaden van september er niet bij gerekend is ( $N_{40}$  (de gemiddelde regenval over 40 jaar) wordt nl. alleen per maand gegeven), dan blijkt er een goede overeenstemming te zijn tussen de droge jaren 1947 en 1949 en anderzijds tussen de nattere jaren 1948 en 1950. Dit ondanks het feit dat het aantal percelen per klasse voor sommige jaren wel wat klein is.

Aan de hand van figuur 8 kan nu berekend worden wat de productie zou zijn bij een regenval van 209 mm. Uiteraard is dit slechts een ruwe benadering, maar gezien het feit, dat aan de verschillende opbrengsten een vrij grote fout kleef, heeft een

nauwkeuriger benadering weinig zin. Voor de produkties aan zetmeelwaarde en eiwit is op dezelfde manier een correctie aangebracht. Het resultaat (een benadering van de gemiddelde opbrengst over een groot aantal jaren) is in tabel 4 gegeven.

De verdroogde gronden blijven dus rond 20% achter bij de normale gronden. Dit lijkt weinig, wanneer men aan de geringe produktie in droge zomers denkt; door de behoorlijke voorjaarsproduktie en doordat vrijveel natte jaren voorkomen, wordt het gemiddelde beeld echter aanzienlijk gunstiger.

Daar ook bij de verdroogde gronden sterk en minder sterk verdroogde gronden voorkomen (de groep verdroogde percelen bij deze berekeningen betrokken was gemiddeld vrij sterk verdroogd), zal men met een depressie moeten rekenen, die varieert van 0 -  $\pm$  30%<sup>1</sup>. Een belangrijk aspect van de produktie voor de bedrijfsvoering is het opbrengstverloop. Figuur 9 geeft dit verloop voor de drie klassen en voor de verschillende jaren.

Duidelijk komt hierin de geringe produktie van de verdroogde gronden in droge zomers tot uiting. Dit geeft grote moeilijkheden in de bedrijfsvoering; in droge jaren moet vaak in het land bijgevoerd worden. Dit bezwaar is groter naarmate de veebezetting zwaarder is; daar bijvoeren kostbaar is, is het beter op deze gronden een lichtere veebezetting te hebben dan op de niet-verdroogde gronden.

Om een indruk te krijgen van de produktie van deze graslanden in vergelijking met ander grasland in Nederland, zijn de produkties voor 1949 en 1950 vergeleken met (tabel 5):

1. droogtegevoelig zand in Noord-Brabant (2 veldjes)
2. goede zand- of leemhoudende zandgrond in Noord-Brabant (4 veldjes)
3. klei in Friesland ( $\pm$  60 cm of meer boven slootpeil) (4 veldjes).

Doordat percelen met een slechte bemestingstoestand uitgeschakeld zijn en verder alleen die veldjes opgenomen zijn, waarvan de opbrengsten zowel in 1949 als in 1950 bepaald zijn, is het aantal veldjes gering, maar wel voldoende om een indruk te geven van het opbrengstniveau. De jaaropbrengsten voor Noord-Brabant en Friesland komen goed overeen met de cijfers, die 'T HART geeft als gemiddelde voor deze gronden (Verslag C.I.L.O. 1949 en 1950).

Bij beschouwing van deze cijfers moet verder in aanmerking genomen worden, dat

- a. de maaidata voor Noord-Brabant  $\pm$  10 dagen vroeger lagen.
- b. in 1949 de regenval in de zomer in Friesland gunstiger was dan in de andere gebieden.
- c. de bemestingstoestand niet gelijk was (klei Friesland had bijvoorbeeld hogere kaligehalten).

De „normale” veengronden blijken de hoogste opbrengsten te geven met een gunstige verdeling over het jaar. Daarop volgt de Friese klei.

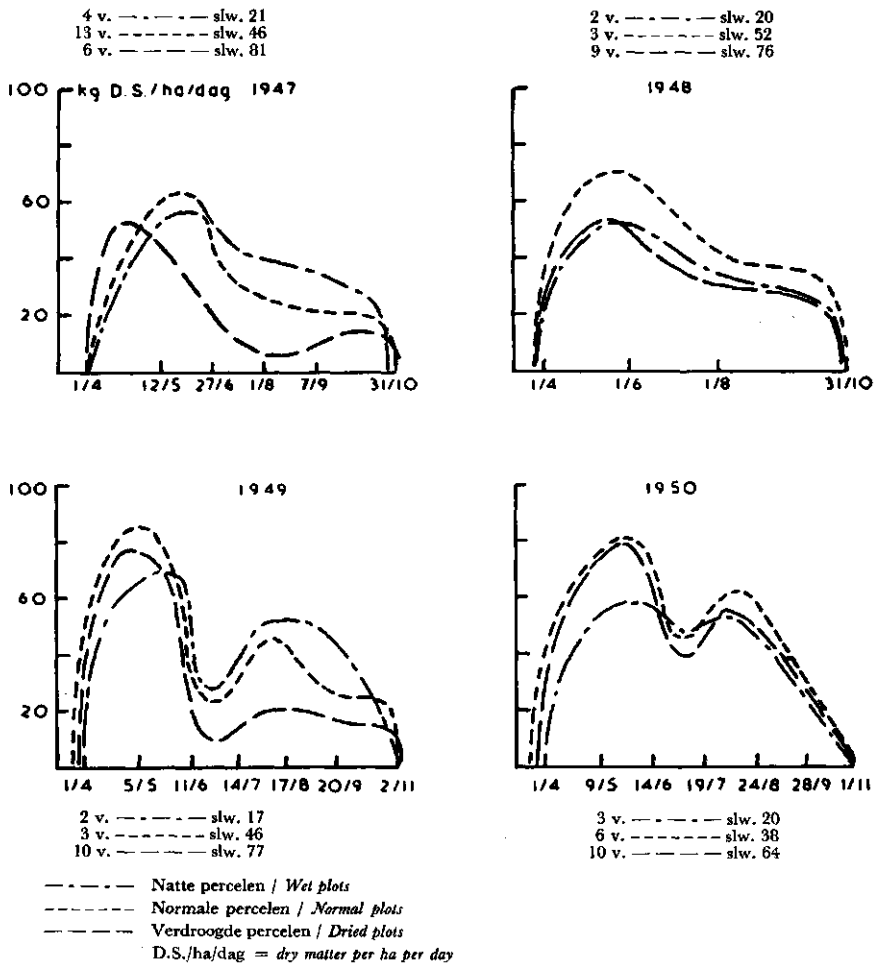
De verdroogde gronden kunnen blijkbaar zeer goed concurreren met de droge zandgronden. De jaaropbrengsten liggen dicht bij die van de goede zandgronden; de verdroogde veengronden vertonen echter in 1949 een grotere zomerdepressie.

## 2. VEENBOUWLANDEN

Wanneer veengrasland sterk verdroogd is, wordt het vaak gescheurd en enkele

<sup>1</sup> Enkele zeer sterk ingedroogde percelen zullen nog grotere depressies geven.

FIG. 9. Het opbrengstverloop in de jaren 1947/1950



Het cijfer voor v. geeft het aantal veldjes / The figure before v. gives the amount of plots

Het cijfer na slw. geeft de gem. slootwaterstand in cm onder maaiveld gedurende het groeiseizoen / The figure after slw. gives the av. ditchwater level in cm. below the surface during the growing season

FIG. 9. The course of yields in the years 1947-1950

jaren als bouwland gebruikt. Daar de verbetering van verdroogd grasland, zoals nog blijken zal, in vele gevallen hoge kosten met zich brengt, rijst de vraag of men niet beter doet deze gronden tijdelijk (wisselbouw) of permanent als bouwland te gebruiken. Nauwkeurige gegevens over de bouwland-opbrengsten op deze gronden zijn niet bekend, maar we beschikken over de gegevens van een in 1951 op 18 bedrijven

(alle in droogmakerijen) gehouden enquête. Wat de gewassen betreft, bleek er een grote overeenstemming te bestaan. In het eerste jaar na het scheuren werden door 15 van de 18 boeren als regel erwten geteeld met goede resultaten. In de latere jaren was de erwteenteelt zeer bezwaarlijk door de grote onkruidontwikkeling. Daarnaast kwamen als eerste gewassen voor aardappelen en koolzaad. In de volgende jaren werden vrijwel uitsluitend aardappelen, rogge en haver verbouwd, gewassen dus die behoorlijk groeien op droge zure gronden.

Verder werden nog geteeld mosterd, gerst, bieten, paardebonen en een enkele keer tarwe. Behalve mosterd gaven deze gewassen echter over het algemeen slechte resultaten.

Vrijwel alle boeren hadden klachten over de sterke onkruidontwikkeling (perzikkruid, melde, muur); verder gaf de vaak ongelijke hoogteligging van het terrein moeilijkheden. De lage plekken, die als grasland het beste zijn, doordat ze niet ingedroogd zijn, zijn voor de bouwlandgewassen vaak te nat, geven moeilijkheden bij de bewerking en lage opbrengsten.

Bij langdurige bouwlandexploitatie kan de grond zo droog zijn, dat de aanslag van de rogge te wensen over laat. Verder wordt nogal eens last van stuiven ondervonden. Ook voor een goede bouwlandexploitatie blijkt dus een vlakke ligging, voldoende hoog boven het slotwater ( $\pm 70$  cm of meer) gewenst te zijn.

Aan deze voorwaarden wordt nog het meest voldaan op het type kleiveen op katteklei, al komen ook daar hoogten en laagten voor (kreken-systeem). Permanent bouwland blijkt mogelijk te zijn; het was op verschillende bedrijven aanwezig. In de meeste gevallen wordt echter na enkele jaren weer grasland aangelegd, gedeeltelijk door de moeilijkheden bij de cultuur, gedeeltelijk omdat de boeren niet over de nodige werktuigen en de nodige animo voor bouwland beschikken. De eerste jaren na de inzaai zijn de opbrengsten vrij goed; na 4-6 jaar gaat de indroging echter weer een rol spelen. Een drietal percelen, dat vóór en in de laatste wereldoorlog bouwland geweest was (waarvan één bekalkt met 80 ton schuimaarde) en nu weer 5 tot 10 jaar in gras lag, had in 1951 en 1952 een Ii-graad van omstreeks 9, wat dus deze praktijkervaring bevestigt.

Permanent bouwland heeft als bezwaar, dat de bouwvoor door afbraak van organische stof dunner wordt. Bij het type kleiveen op katteklei kan de bouwvoor hierdoor te dun worden; hoe snel dit proces verloopt is echter niet bekend.

In tabel 6 zijn de gemiddelde opbrengsten vermeld, zoals die door de betrokken boeren werden opgegeven. De gegevens hebben voornamelijk betrekking op de jaren 1946 t/m 1950; nauwkeurige opbrengstcijfers waren gewoonlijk niet bekend; daar het hier bovendien gaat om bedrijven met uiteenlopende bedrijfsvoering en bemestingstoestand, kunnen de cijfers slechts een globale indruk geven.

Ter vergelijking zijn opgenomen de gemiddelde opbrengsten van klei Zuid-Holland (1946/1950; gegevens verstrekt door de Prov. Voedselcommissaris in Zuid-Holland), de opbrengsten in Nederland en voor de zandstreken volgens het C.B.S. en het produktieniveau onderzoek in 1950. In 1950 waren de graanopbrengsten in Nederland laag, de aardappelopbrengsten hoog.

Volgens deze cijfers zouden de opbrengsten op de verdroogde gronden vrijwel



even hoog zijn als op klei en zand. Volgens de betrokken boeren zelf blijven hun opbrengsten wel achter bij die van de klei; van aardappelen en rogge zouden de opbrengsten echter slechts weinig lager zijn. Voor de aardappelen maakt men echter een lagere prijs, terwijl de haver een lager hl-gewicht geeft, wat ook een lagere prijs tengevolge heeft.

Op enkele proefvelden zijn ook aardappelen verbouwd; gemiddeld waren de opbrengsten goed, soms zeer goed.

Een factor, die bij de opbrengsten nog een rol speelt, is de lage pH. Eén van de betrokken boeren (bodemtype kleiveeen op katteklei) heeft voldoende bekalkt en heeft uitstekende gewassen.

We kunnen dus wel de conclusie trekken, dat (bij een beperkte gewassenkeuze) behoorlijke opbrengsten van matige kwaliteit verkregen kunnen worden, terwijl de cultuur door de sterke onkruidontwikkeling en de vaak ongelijke hoogteligging vrij grote moeilijkheden oplevert. Waarschijnlijk kunnen de opbrengsten nog verbeterd worden door doelmatige bekalking (die echter door de grote hoeveelheden kalk, die nodig zijn, kostbaar is tenzij over goedkope afvalkalk kan worden beschikt) en bemesting. Wanneer verbetering van het oude grasland als grasland niet mogelijk is, is tijdelijk bouwland (eventueel wisselbouw) op de vlakkere percelen zeker aan te bevelen.

#### SAMENVATTING

De grasproductie van verdroogde veengrond blijft gemiddeld ongeveer 20% achter bij de produktie van niet-verdroogd veengrasland. De voorjaars- en najaarsproduktie is weinig lager, in droge zomers treden echter grote opbrengstdepressies op.

Als bouwland gebruikt leveren deze gronden behoorlijke produkties van matige kwaliteit, echter met een beperkte gewassenkeuze (aardappelen, haver, rogge, mosterd) en moeilijkheden bij de cultuur (onkruid, lage plekken, stuiven).

## IV. DE INVLOED VAN WATERTOEOVOER

### 1. DE INVLOED VAN WATERTOEOVOER OP DE GRONDWATERSTAND

Op de verschillende bodemtypen, waarop verdroogde gronden voorkomen, zijn in de jaren 1948 tot en met 1952 infiltratieproefvelden aangelegd. In het algemeen is hierbij gestreefd naar een object met laag slootwaterpeil (polderpeil = bestaande toestand) met daarnaast een object met een hoger slootpeil, waarbij dan al of niet buizen- of mol-infiltratie werd toegepast. Door de over het algemeen grote doorlatendheid (zie deel II) waren vaak de verschillen in grondwaterstand tussen de objecten met en zonder infiltratiesysteem (buizen, molgangen) gering; wel kon in de meeste gevallen een belangrijk verschil in grondwaterstand tussen de objecten met hoog en laag slootwaterpeil bereikt worden. Doordat infiltratieproeven door de onderlinge beïnvloeding van de objecten grote oppervlakten vergen en de aanleg bovendien kostbaar is, liggen de waterobjecten in enkelvoud. Wel werden bij opbrengstbepaling per object meerdere vakken (of kooien) gemaaid, maar een eventueel vruchtbaarheidsverloop kan op deze manier toch niet voldoende achterhaald worden en dit verloop kon bij de uitgevoerde betrouwbaarheidsberekeningen niet in aanmerking genomen worden. Daartegenover staat, dat er door voorafgaande kartering en bemonstering naar gestreefd is zo gelijkmatig mogelijke percelen te vinden, terwijl bovendien de proefvelden op verschillende bodemtypen tot op zekere hoogte als elkaars herhalingen beschouwd mogen worden. Hier zullen alleen de voornaamste resultaten besproken worden; voor verdere bijzonderheden wordt verwezen naar de proefveldverslagen.

Tabel 7 geeft de profielbeschrijvingen en analyses van enkele proefvelden.

U 611 ligt op een matig verdroogd perceel (bovenland). Er werd hier zowel buizen- als molinfiltratie toegepast. De grond bleek zo doorlatend te zijn, dat het grondwater bij alle objecten vrijwel gelijk stond met het waterpeil in een aanvoergreppel, die voor dit doel gegraven was. Enige variatie in grondwaterstand werd verkregen door het waterpeil in verschillende vakken van deze aanvoergreppel verschillend hoog te houden.

NZH 389 ligt op een licht tot matig verdroogd perceel (kleiveen op veen) in een droogmakerij (Aarlanderveen). De grond was hier wat minder doorlatend, maar toch wel zodanig, dat alleen verhoging van het slootwaterpeil reeds een aanzienlijke invloed had op de grondwaterstand (figuur 10).

Buizeninfiltratie (10 m afstand en 35 en 55 cm diep) gaf grondwaterstanden, die slechts weinig lager waren dan het slootwaterpeil. Molinfiltratie (45 en 55 cm diep, dus in het slibarme ondergrondsveen; doorsnee mol 7 cm, afstand 2 m) gaf in 1949 vrijwel even hoge grondwaterstanden als buizeninfiltratie. In de volgende jaren werkte de molinfiltratie niet meer, vermoedelijk door verzakken van de eternieten eindbuizen, want bij opgraven in 1950 bleken de gangen nog goed open te zijn.

NZH 398 ligt op een matig verdroogd perceel (venige klei op katteklei) in een droogmakerij (Nieuwkoop). Hier werd ook buizeninfiltratie toegepast, maar de

FIG. 10. De grondwaterstanden bij NZH 389 in 1949 en 1951

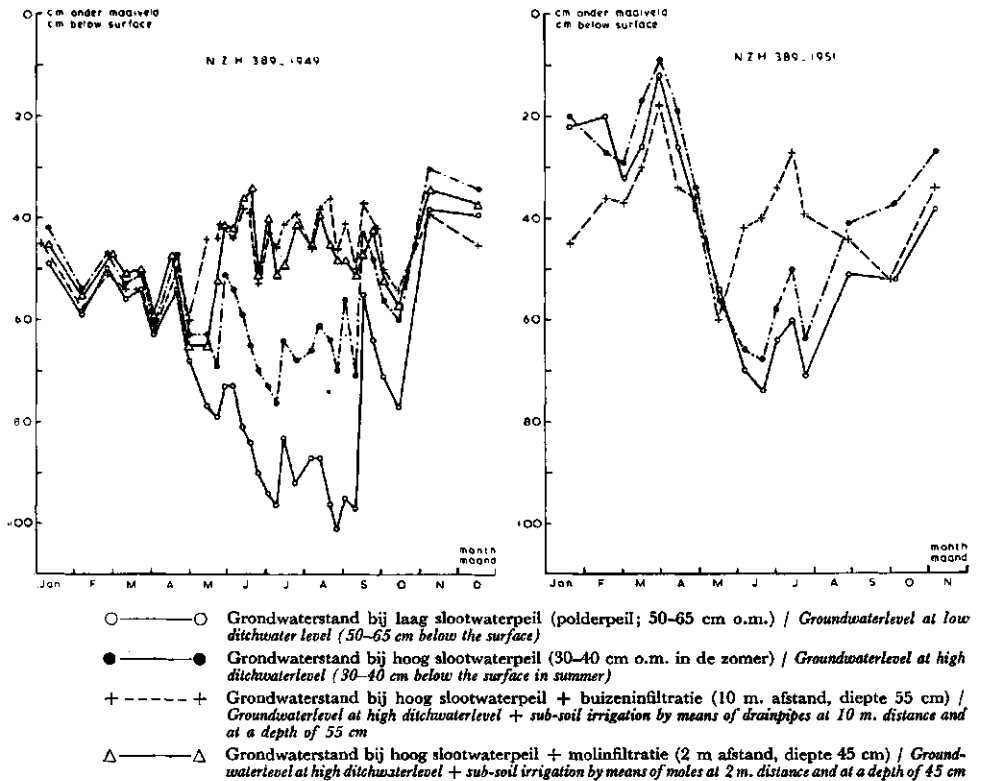


FIG. 10. The groundwaterlevels of NZH 389 in 1949 and 1951

grond bleek zo doorlatend te zijn, dat ook zonder buizeninfiltratie grondwaterstanden verkregen werden, die slechts weinig lager waren dan met buizeninfiltratie en eveneens slechts weinig lager dan de slootwaterstand (figuur 11). Er werden wel grote verschillen in grondwaterstand verkregen tussen de hoogwater-objecten enerzijds en het object met laag slootwaterpeil anderzijds. Eén helft van het proefveld werd in 1948 gescheurd, en in 1951 weer ingezaaid.

NZH 392 ligt in de polder Middelburg onder Reeuwijk op een zeer sterk verdroogd perceel (kleiveen op veen; droogmakerij) (figuur 12). Het perceel was voor de aanleg (1948) zeer bultig en vrijwel waardeloos. Het werd voor het grootste deel gescheurd, twee jaar als bouwland gebruikt en in 1951 weer ingezaaid. Ook hier bleek de grond zeer doorlatend te zijn. Zonder buizeninfiltratie werden vrijwel even hoge grondwaterstanden bereikt als met buizeninfiltratie. Het verloop van de grondwaterstanden is weergegeven in figuur 13.

NZH 598 ligt op een sterk verdroogd perceel van het type venige klei op katte-

FIG. 11. De grondwaterstanden bij NZH 398 in 1949 en 1951

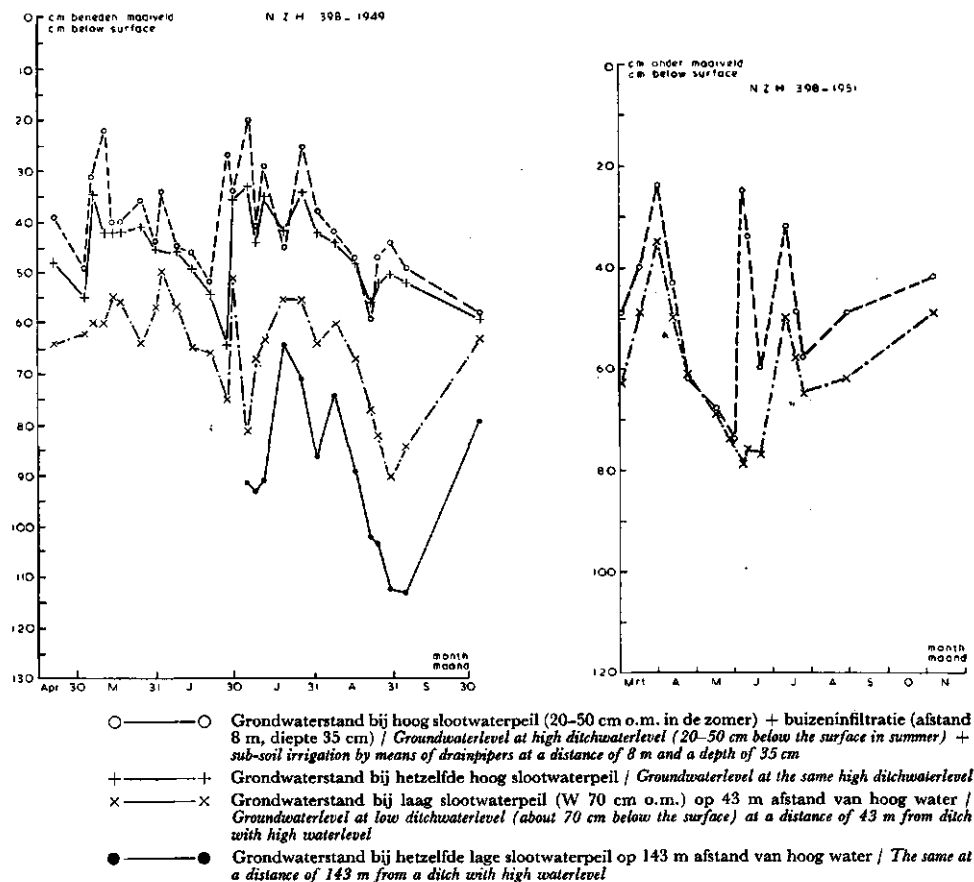


FIG. 11. The groundwaterlevels of NZH 398 in 1949 and 1951

klei, in de polder de Putten onder Waddinxveen. Vergeleken werden laag slootwater- en hoog slootwaterpeil met en zonder buizeninfiltratie (op 60 cm diepte, 10 en 20 m afstand) en molinfiltratie ( $\pm 40$  cm diep, 4 m afstand). De verschillen in grondwaterstand tussen de objecten met hoog en laag slootwaterpeil waren groot (figuur 14). Er was vrijwel geen verschil in grondwaterstand tussen de objecten met buizeninfiltratie bij 10 en 20 m onderlinge afstand. De molinfiltratie gaf vrijwel geen hogere grondwaterstanden dan alleen hoog slootwaterpeil. Er waren zeer hoge grondwaterstanden nodig om de grond te bevochtigen. In mei 1952 (scherpe droogteperiode) zijn de grondwaterstanden niet hoog genoeg geweest (ze waren  $\pm 40$  cm onder maaiveld) om de sterke opbrengstdaling in de tweede snede (figuur 15) te voorkomen. In 1952

FIG. 12. Hoogteverschillen tussen twee percelen in de droogmakerij Middelbrug onder Reeuwijk. Op de achtergrond het terrein van NZH 392 (ongeveer 80 cm boven polderpeil); op de voorgrond een niet verdroogd perceel (ongeveer 30 cm boven polderpeil). Verschillen vermoedelijk ontstaan bij de verving



FIG. 12. Differences in height between two plots in reclaimed marshland at Middelbrug (Reeuwijk). In the background the plot of NZH 392 (about 80 cm above polderwaterlevel); in the foreground a not dried plot (about 30 cm above polderwaterlevel). The differences are probably caused by an uneven peat-digging

kon het slootwaterpeil slechts in één sloot (waaruit de buizenreeksen en de molgangen gevoed werden) verhoogd worden, vandaar dat de grondwaterstanden lager zijn dan de hoge slootwaterstand.

Het water stroomde door het perceel naar de sloot op lager peil, een verschijnsel dat ook op andere proefvelden waargenomen werd. Ook bij andere, hier niet besproken proefvelden, was de doorlatendheid in het algemeen groot.

## 2. DE INVLOED VAN WATERTOEOVER OP DE PRODUKTIVITEIT

Uit de figuren 16 tot en met 20 en tabel 8 blijkt in de eerste plaats, dat infiltratie in de eerste snede (april) over het algemeen weinig zin heeft en zelfs tot opbrengst-depressies kan leiden. In de latere jaren werd dan ook pas tegen eind april–begin mei met de infiltratie begonnen. U 611 (bovenland, figuur 16 en 17) vertoont in de eerste snede een hogere opbrengst naarmate de grondwaterstand lager is. Ook de andere

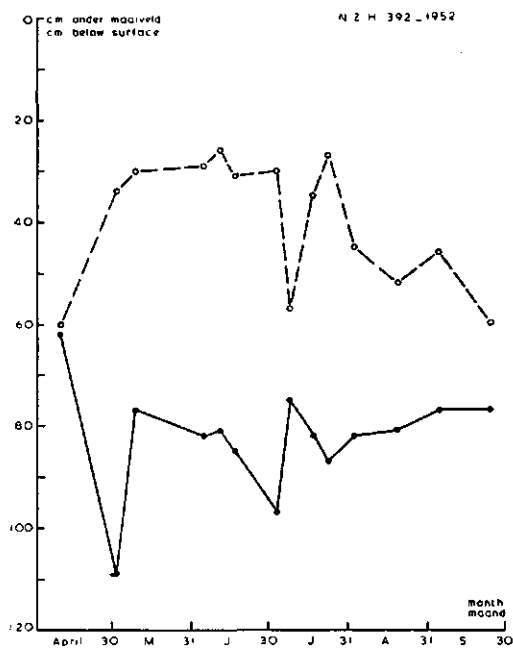


FIG. 13. De grondwaterstanden bij NZH 392 in 1952

FIG. 13. The groundwaterlevels of NZH 392 in 1952

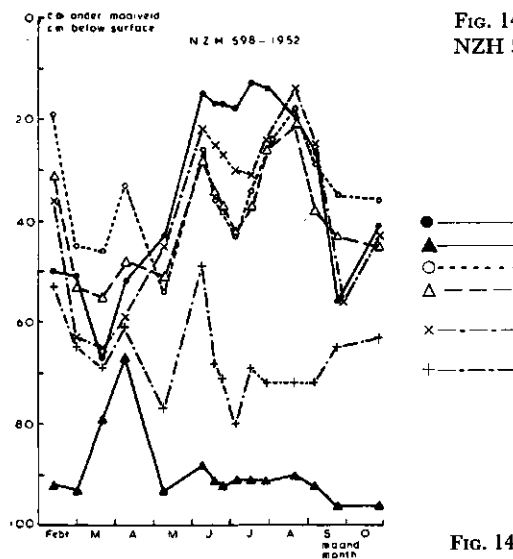


FIG. 14. Sloot- en grondwaterstanden in 1952 (NZH 598)

FIG. 14. Ditch- and groundwaterlevels of NZH 598 in 1952

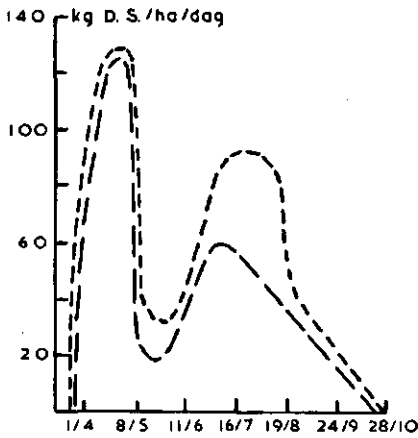


FIG. 15. De produktie van NZH 598 in 1952

----- Hoog slootwater + buizeninfiltratie / High ditch-waterlevel + sub-soil irrigation by means of drainpipes  
 ———— Laag slootwater / Low ditchwaterlevel

FIG. 15. The production of NZH 598 in 1952

FIG. 16. Het opbrengstverloop van U 611 (----) in 1949, vergeleken met de twee beste percelen (239 + 271) (---) van de serie CI 203 en met twee percelen (244 + 612) (—) die wat profiel en verdroging betreft overeenkomen met U 611

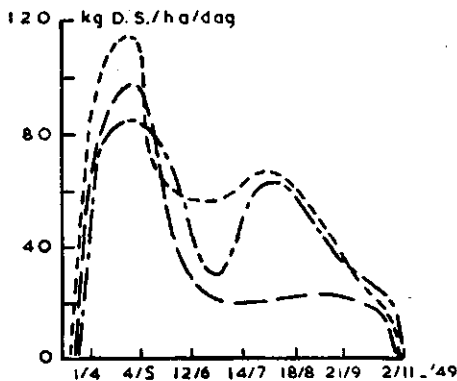


FIG. 16. The course of fields of U 611 (----) in 1949, compared with the two best plots (239 and 271) (---) of the experiment serie CI 203 and with two plots (244 and 612) (—) which, as to their profile and drying, are comparable with U 611. D.S./ha/dag = dry matter per ha per day

FIG. 17. Het verband tussen opbrengst en grondwaterstand bij U 611 in 1949

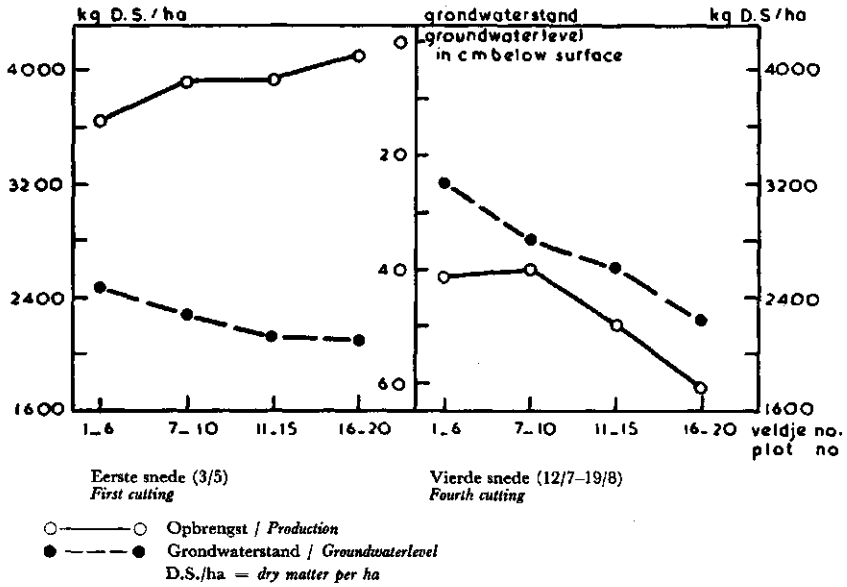


FIG. 17. The relation between the yield and the groundwaterlevel of U 611 in 1949

FIG. 18. De produktie bij NZH 389 in 1949 en 1951

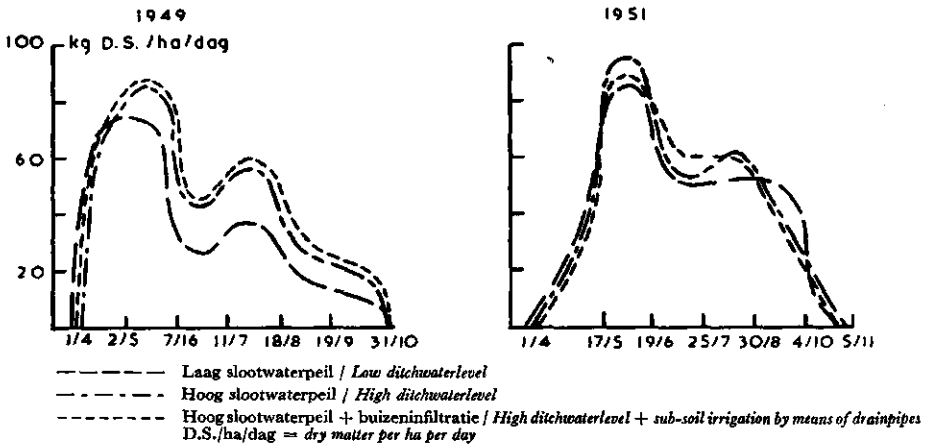


FIG. 18. The grassyields of NZH 389 in 1949 and 1951



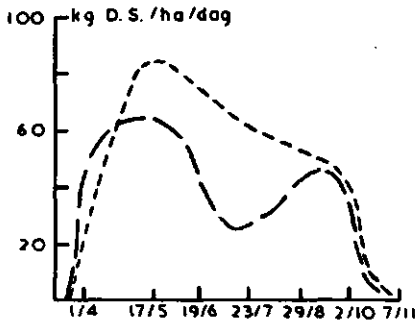


FIG. 19. De produktie bij NZH 398 in 1951

----- Hoog slootwaterpeil / High ditchwaterlevel  
 - - - - - Laag slootwaterpeil / Low ditchwaterlevel  
 D.S./ha/dag = dry matter per ha per day

FIG. 19. The grassyield of NZH 398 in 1951

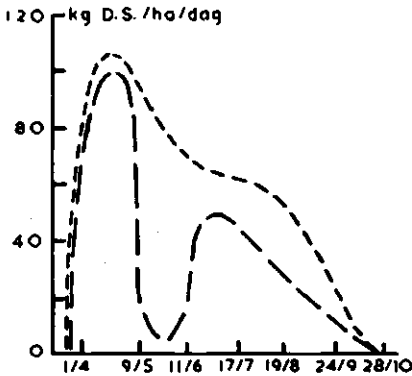


FIG. 20. De produktie van NZH 392 in 1952

----- Nieuw grasland, geïnfilteerd (in 1951 ingezaaid) /  
 Pasture, sowed in 1951, irrigated in the sub-soil  
 - - - - - Oud grasland, niet geïnfilteerd / Old pasture, not  
 irrigated  
 D.S./ha/dag = dry matter per ha per day

FIG. 20. The grass-yield of NZH 392 in 1952

proefvelden gaven in april vaak opbrengstdepressies. In sommige gevallen moeten deze depressies inderdaad toegeschreven worden aan hogere grondwaterstanden bij de geïnfilteerde gedeelten in deze periode. Zo bedroeg bij NZH 398 de (betrouwbare) depressie in 1951 14% bij gemiddelde grondwaterstanden van 44 voor hoog slootwaterpeil + buizeninfiltratie tegen 52 voor laag slootwaterpeil (van 1/3 - 25/4).

Bij NZH 389 in 1949 bedroeg de depressie (niet betrouwbaar) ongeveer 10% bij een gemiddelde grondwaterstand (van 1/4 - 2/5) van 64 cm voor laag slootwaterpeil tegen 56 cm voor de geïnfilteerde objecten.

In andere gevallen moet deze depressie gezien worden als nawerking van de infiltratie in voorgaande jaren. Zo gaven de geïnfilteerde objecten bij NZH 389 in 1950 in de eerste snede (uitgemaaide velden op 6-5-1950) een opbrengst, die slechts ongeveer 50% bedroeg van de opbrengst bij laag slootwaterpeil, terwijl de grondwaterstanden in de winter en het voorjaar voor alle objecten vrijwel gelijk waren. De depressie is hier veroorzaakt doordat de infiltratie in de herfst van 1949 voort-

gezet werd tot eind oktober; de grond van de geïnfilterde percelen ging hierdoor nat de winter in en bleef natter en kouder in het voorjaar van 1950 (zie tabel 11). De betrouwbare depressie van  $\pm 20\%$  in het voorjaar van 1952 bij hetzelfde proefveld heeft dezelfde oorzaak, ofschoon de infiltratie in 1951 niet lang voortgezet werd. Of een voorjaarsdepressie optreedt hangt echter nog af van het weer, van het profiel en van de mate van indroging. Hetzelfde geldt voor de nazomer. NZH 389 gaf in de nazomer van 1949 (vrij droog) nog een verdubbeling van de opbrengst door infiltratie (echter gevolgd door de voorjaarsdepressie van 1950; zie boven), in 1951 (vrij natte zomer) gaf het object met laag slootwaterpeil in de vijfde en zesde snede echter de hoogste opbrengst.

De proefvelden NZH 398 en NZH 392 gaven in de vijfde en zesde snede van 1951 en 1952 weer de hoogste opbrengst bij infiltratie. Deze proefvelden zijn echter sterker verdroogd dan NZH 389.

Wanneer we deze resultaten overzien, dan blijkt, dat infiltratie in de eerste snede weinig zin heeft en zelfs tot depressies aanleiding kan geven. Zelfs bij het zeer sterk verdroogde proefveld NZH 392 gaf het niet-geïnfilterde oude grasland een zeer goede opbrengst in de eerste snede. In de nazomer kunnen soms nog wel hogere opbrengsten verkregen worden door infiltratie, maar dit brengt het gevaar mee, dat het perceel te nat de winter ingaat en opbrengstdepressies in het volgende voorjaar geeft. Daar verder het opbrengstniveau in de nazomer veel lager is dan in het voorjaar en de zomer (zie tabel 8), is een opbrengstverhoging in deze periode ook niet van veel belang. In afhankelijkheid van het weer zal men dus in het algemeen met de infiltratie pas tegen eind april—begin mei moeten beginnen en deze beëindigen tegen eind augustus—begin september (in natte zomers en bij licht ingedroogde gronden eerder). Deze resultaten zijn geheel in overeenstemming met wat bij de proef CI 203 gevonden werd. In het voorjaar en de nazomer is de verdamping niet groot en de waterbehoefte geringer dan in de zomer.

In de zomerperiode zijn belangrijke opbrengstvermeerderingen verkregen. In 1949 bleven de laagwater-objecten bij NZH 389 en NZH 398 dertig tot zestig procent achter in opbrengst. Daar bij U 611 door de grote doorlatendheid geen voldoende verschillen in grondwaterstand konden worden verkregen, zijn de opbrengsten van dit proefveld vergeleken met de opbrengsten van twee ingedroogde percelen van CI 203 op overeenkomstig profiel (de nummers 244 en 612). Het verschil bedraagt hier 46%. De opbrengst van U 611 was in 1949 zelfs hoger dan de opbrengst van de twee beste percelen van CI 203 in dit jaar (de nummers 239 en 271). De grondwaterstand varieerde bij U 611 tussen 20 en 50 cm onder maaiveld, voor CI 203—no. 239 + 271 was de grondwaterstand in de periode van 2/5—18/8 gemiddeld 62 cm onder maaiveld, voor CI 203—no. 244 + 612 gemiddeld 88 cm.

In de meer regenrijke jaren 1951 en 1952 gaf NZH 389 in de zomer geen opbrengstverhogingen van betekenis; de sterker verdroogde proefvelden NZH 398, NZH 598 en NZH 392 gaven toen echter nog belangrijke opbrengstverhogingen door infiltratie.

Ook deze resultaten zijn in overeenstemming met de conclusies, die uit de gegevens van CI 203 getrokken zijn. Aan de hand van tabel 1 en tabel 4 kan een globale

berekening gemaakt worden van de produktie, die op verdroogde gronden bereikt kan worden. Wanneer we aannemen, dat gemiddeld over een groot aantal jaren de voorjaars- en de nazomerproduktie van de verdroogde gronden gebracht kan worden op het niveau van normale niet-verdroogde gronden en dat de zomerproduktie gebracht kan worden op het peil van de produktie van normale gronden in natte jaren (waarvoor hier 1948 en 1950 genomen zijn), dan komen we op de cijfers van tabel 9. Deze berekening is optimistisch, daar de produktie van normale gronden in natte jaren slechts bereikt zal worden bij een in alle opzichten goed gelukte infiltratie. In tabel 9 is de berekening, behalve van de gemiddelde produkties over een groot aantal jaren, ook uitgevoerd voor het jaar 1949.

Deze cijfers kunnen we nu vergelijken met de bereikte produkties bij de infiltratieproeven (tabel 10).

Wanneer we bedenken, dat de groep verdroogde gronden van CI 203 in 1949 gemiddeld sterker verdroogd was dan de proefvelden, dan is de overeenstemming vrij goed. Gemiddeld voor 1949 komen we volgens tabel 10 eveneens op een verhouding van 75 : 100. We mogen dan ook wel aannemen, dat de opbrengst van verdroogde veengronden, wanneer aan alle voorwaarden voor een succesvolle infiltratie is voldaan, met rond 30% verhoogd kan worden ( $75 : 100 = 100 : 133$ ). Gemiddeld zal in de praktijk wel op niet meer dan  $\pm 25\%$  gerekend mogen worden, waarmee dan het niveau van de normale veengronden bereikt is.

De proefveldresultaten tonen echter wel aan, dat de resultaten al naar de mate van verdroging vrij sterk uiteen kunnen lopen.

De eiwit- en zetmeelwaarde-opbrengsten vertonen over het algemeen hetzelfde beeld als de droge-stofopbrengsten, al waren er bij sommige proefvelden wel aanwijzingen, dat het eiwitgehalte door de infiltratie iets gedrukt werd, een verschijnsel, dat ook door EDEN en KÖNEKAMP geconstateerd is.

Bij enkele proefvelden werden aanwijzingen gevonden, dat de mineralengehalten door de infiltratie toenamen (tabel 11).

In de tweede snede is er nog geen verschil, maar in de derde snede (de periode, waarin intensief geïnfiltrerd werd) zijn de gehalten aanzienlijk gestegen door infiltratie. Blijkbaar wordt de opneembaarheid van de mineralen door de betere watervoorziening beter.

De infiltratie verhoogt in het algemeen het vochtgehalte van de grond (figuren 20 en 21) en verlaagt de irreversibele indrogingsgraad duidelijk (tabel 12).

Uit deze cijfers blijkt, dat de Ii-graad kan dalen tot het peil van de niet-verdroogde gronden. Dit is in overeenstemming met de resultaten in het laboratorium (deel I), waarbij bleek, dat, wanneer een verdroogde grond voldoende lang vochtig of onder water bewaard wordt, de Ii-graad daalt. Van een absolute irreversibiliteit is dus geen sprake, wat ook al volgt uit de seizoenschommelingen in Ii-graad en vochtgehalte (deel I).

Aan een door infiltratie verkregen hogere Ii-graad is vermoedelijk toch niet geheel dezelfde betekenis te hechten dan aan eenzelfde Ii-graad van een niet-verdroogd perceel; we hebben de indruk, dat deze gronden, althans in de eerste jaren, droogtegevoeliger blijven en dat de Ii-graad sneller dan bij normale gronden bij

FIG. 21a. Zoden van niet (links) en wel (rechts) geïnfiltreerde gedeelte van NZH 398 (venige klei op katteklei). De geïnfiltreerde grond is geheel vochtig, de niet geïnfiltreerde grond is droog. (Juli 1953)

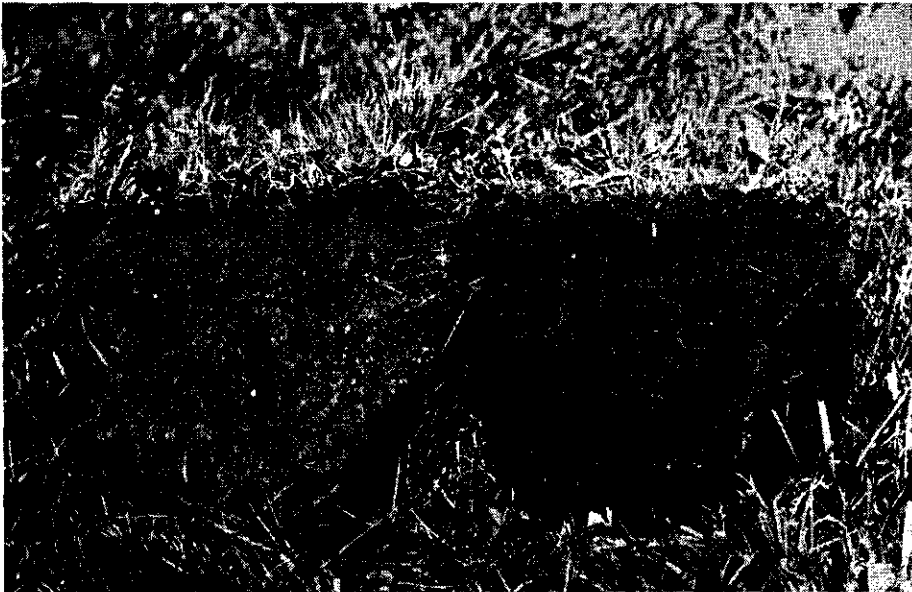


FIG. 21a. NZH 398 (peaty clay). On the left: a sod of a not irrigated part, the soil is dry. On the right: a sod of a sub-soil irrigated part, the soil is entirely moist

droogte weer tot een hoog peil stijgt, wanneer niet geïnfiltrerd wordt.

Uit de gegevens van de hier besproken en andere proefvelden is gebleken, dat van infiltratie op sterk ingedroogde gronden alleen dan behoorlijke resultaten verwacht kunnen worden, wanneer zo nodig zeer hoge grondwaterstanden (tot 20 à 30 cm onder maaiveld, soms nog hoger) toegepast kunnen worden. Is dit niet het geval, dan blijft de grond in de zomer kurkdroog en zijn de resultaten onvoldoende. Dergelijke hoge grondwaterstanden behoeven niet voortdurend toegepast te worden en de grond behoeft in de bovenlaag ook niet steeds vochtig te zijn, maar het terrein moet zodanig vlak zijn, dat deze hoge standen desgewenst bereikt kunnen worden. Bij minder sterk ingedroogde gronden kan men de eisen wat lager stellen.

De verschuivingen in de botanische samenstelling zijn, daar de proeven nog betrekkelijk kort gelopen hebben, nog niet groot, maar er zijn toch duidelijke aanwijzingen, dat de vochtminnende grassen meer naar voren komen (tabel 13).

Bij NZH 389 is een duidelijke toeneming van ruw beemd en bent te zien en een afnemning van veldbeemd en *Agrostis*; ook Engels raaigras is door de infiltratie iets meer naar voren gekomen. Daar het perceel bij de aanleg niet bemonsterd is, kunnen echter oorspronkelijk aanwezige verschillen ook nog een rol spelen.

Bij NZH 398 had het object met buizeninfiltratie voor de aanleg een drogere

FIG. 21b. Zoden van niet en wel geïnfilteerde grond bij NZH 392 (sterk verdroogd kleiveen op veen). Links geïnfilteerd (nat), rechts niet geïnfilteerd (zeer droog en harig beworteld). (Juli 1953)

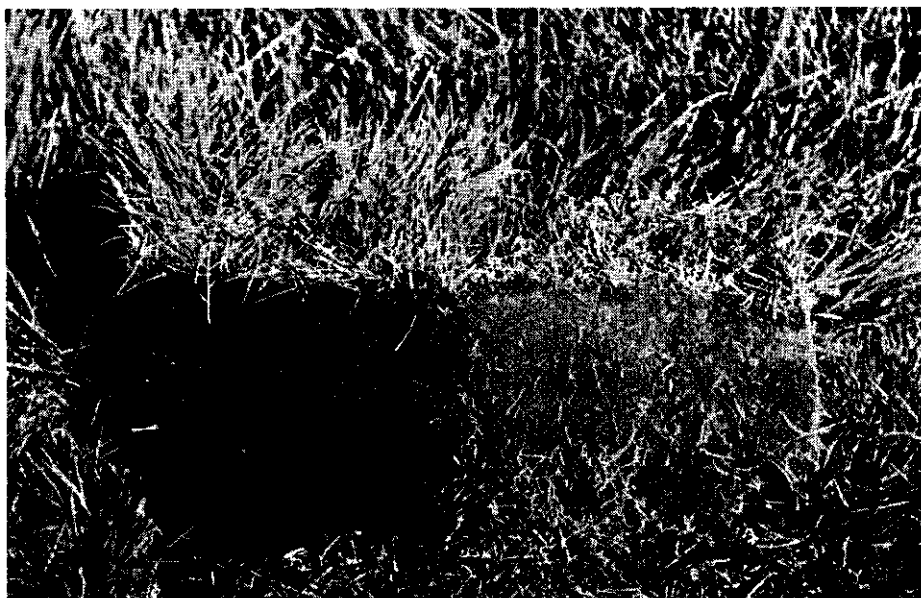


FIG. 21b. NZH 392 (strongly dried clayey peat). On the left: sub-soil irrigated (wet). On the right: not irrigated (very dry and a hairy rooting)

grasmat dan het object laag water (meer veldbeemdgras, minder ruw beemdgras). Daarmee vergeleken is ruw beemd door de infiltratie relatief toegenomen en veldbeemd afgenomen. Ook hier is Engels raaigras toegenomen door de infiltratie.

Uit het verschijnen van bent bij NZH 389 blijkt, dat de infiltratie ook gevaren in zich bergt. De bent is hier in hoofdzaak naar voren gekomen door de te lang voortgezette infiltratie van 1949 met daaropvolgend enkele natte jaren.

### 3. DE METHODE VAN WATERTOEVER

Infiltratie met buizen heeft over het algemeen, ook enkele jaren na de aanleg, goed voldaan, maar was door de grote doorlatendheid vaak niet nodig.

Op een proefveld in Mijdrecht (kattklei met in de ondergrond slappe blauwe klei; de buizen lagen in de blauwe klei) waren de buizen na enkele jaren echter half gevuld met ijzerafzettingen. De afstand van de reeksen hangt af van de doorlatendheid en kan vaak groot zijn (15 à 20 m of meer). De diepte, waarop de buizen gelegd werden, bleek, voor zover nagegaan kon worden, weinig invloed te hebben op de werking; de indruk werd verkregen, dat de buizen het beste werken wanneer ze in

FIG. 22. Grasmatt van niet (A) en wel (B) geïnfiltreerd gedeelte (na bouwlandperiode ingezaaid en geïnfiltreerd) van NZH 392 (juli 1953)

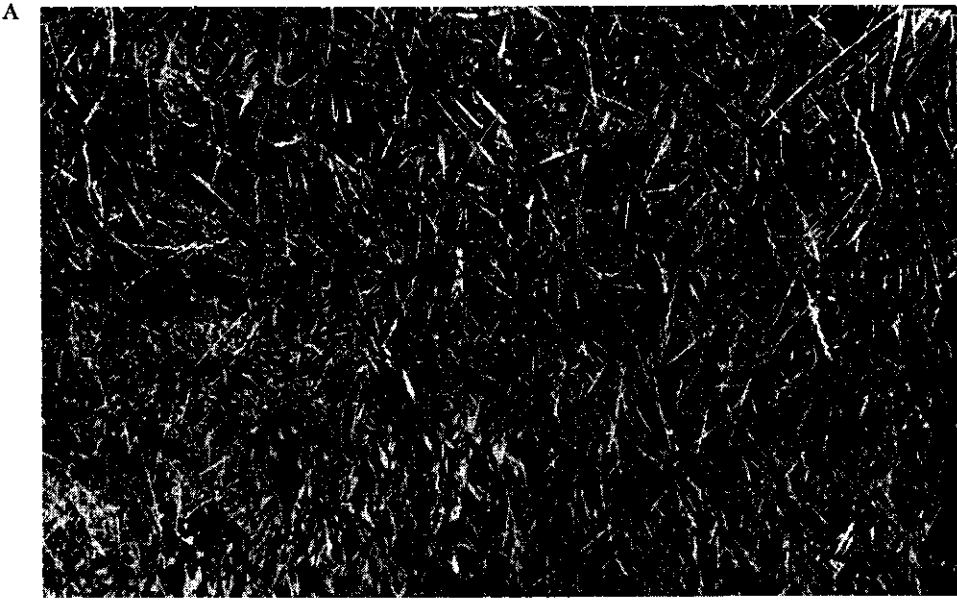


FIG. 22. A: Turf of a not-irrigated part of NZH 392. B: Turf of a sub-soil irrigated part, sowed and irrigated after a period in which it was used as arable land

de geoxydeerde bovenste lagen van het profiel gelegd worden; deze lagen reiken in deze gronden gewoonlijk wel tot  $\pm 60$  cm. Bij profielen met kattenklei moeten de buizen in ieder geval niet in de onder de kattenklei voorkomende, slappe klei gelegd worden. Deze laag heeft gewoonlijk een slechte doorlatendheid (zie deel II). Met het oog op het gevaar voor kapotrijden en ook met het oog op eventueel ploegen is een zeer ondiepe ligging niet gewenst. Het beste lijkt een diepte van 50 à 60 cm onder maaiveld; in dat geval kan ook nog een zekere ontwaterende werking worden verwacht. De vraag of de buizen op latten gelegd moeten worden kan nog niet met zekerheid beantwoord worden; de buizen, die niet op latten gelegd zijn, liggen op de proefvelden na 4 jaar nog goed, maar het is mogelijk dat op de duur toch verzakkingen optreden. De profielen zijn, doordat we te doen hebben met oude cultuurgronden, in het algemeen vrij vast en dus niet zonder meer te vergelijken met nieuwe veenontginningen, waar met grote en ongelijkmatige klink rekening gehouden moet worden. Daar echter de ervaringen nog van te korte duur zijn, zal men goed doen de buizen, om alle risico te vermijden, op latten te leggen.

Ook omtrent de levensduur van een buizeninfiltratiesysteem is nog te weinig ervaring opgedaan. In de Duitse literatuur wordt echter buizendrainage en infiltratie (op latten!) voor veengronden zonder meer aanbevolen. Vaak leveren de vrij zware eindbuizen nog de meeste moeilijkheden op; deze verzakken nl. in de slappe slootkanten zeer gemakkelijk. Om dit te voorkomen moeten de laatste buizen van de reeks + de eindbuis op een ongeveer 1,5 m lange plank gelegd worden; deze plank kan zondig aan het eind nog ondersteund worden. Men kan ook onder de eindbuis een dwarsplank (in de slootkant) leggen, wanneer de kant niet te slap is.

Molinfiltratie is bij verschillende proeven toegepast. Evenals bij de buizeninfiltratie was door de grote doorlatendheid in verschillende gevallen de invloed er van nauwelijks of niet vast te stellen doordat alleen reeds door de verhoging van het slootwaterpeil een grote invloed op de grondwaterstanden werd uitgeoefend.

In de gevallen waar de buizeninfiltratie nog duidelijke verschillen in grondwaterstand gaf ten opzichte van de objecten met alleen verhoogd slootwaterpeil gaf soms de molinfiltratie even goede resultaten, in vele gevallen waren de resultaten echter minder goed. Enkele gevallen zullen hier besproken worden. NZH 389 (figuur 10) werd reeds eerder besproken; de molgangen werkten hier in slibarm rietbosveen goed.

Figuur 23 geeft de grond- en slootwaterstanden in een perceel onder Woerden (doorsnee mol 13 cm, afstand 4 m, gresbuizen als eindbuizen).

De molgangen zijn hier getrokken in slibarm rietzeggeveen (bodemtype venige klei op rietzeggeveen; bovenland). Door de vrij grote regenval in de jaren 1950 en 1951 zijn de verschillen in grondwaterstand niet groot, maar wel duidelijk (de punten zijn gemiddelden van 4 of 6 grondwaterstandsbuizen). Opmerkelijk is, dat de ontwaterende werking in de winter zeer gering is; dit werd ook bij andere bodemtypen gevonden. Molgangen, getrokken in bosveen op  $\pm 60$  cm diepte waren gewoonlijk spoedig half of geheel gevuld met slib.

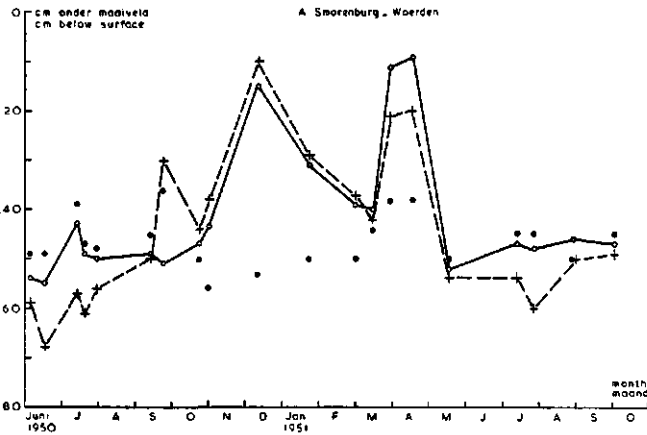


Fig. 23. Waterstanden mol-proef Smoreburg

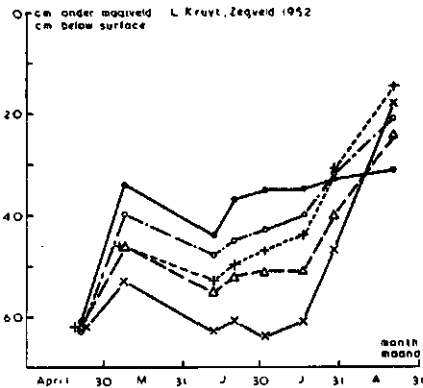
● — ●  
Slootwaterstand / Ditchwaterlevel

○ — ○  
Grondwaterstand bij molinfiltratie /  
Groundwaterlevel after sub-soil irrigation  
by means of moles

+ — +  
Grondwaterstand zonder molinfiltratie /  
Groundwaterlevel without sub-soil  
irrigation

Fig. 23. Waterlevels mole experiment Smoreburg

Fig. 24. Waterstanden in Zegveld 1952



● — ● Hoog slootwaterpeil (aan een zijde van het perceel /  
High ditchwaterlevel (H.W.) at one side of the plot

○ — ○ Grondwaterstand bij hoog slootwaterpeil + buizen-  
infiltratie op 60 cm diepte en 10 m afstand / Ground-  
waterlevel at H.W. + sub-soil irrigation by means of  
drainpipes (rowdistance 10 m)

△ — △ Eveneens buizeninfiltratie maar op 30 m onderlinge  
afstand / Groundwaterlevel at H.W. + sub-soil irrigation  
by means of drainpipes (rowdistance 30 m)

+ — + Grondwaterstand bij gecomb. systeem (buizenree-  
ksen op 35 m met er over molgangen op 2 m) / Ground-  
waterlevel at H.W. + sub-soil irrigation by means of drain-  
pipes (rowdistance 30 m) and moles crosswise 2 m apart

× — × Grondwaterstand bij alleen hoog slootwaterpeil /  
Groundwaterlevel at H.W.

Fig. 24. Waterlevels in Zegveld 1952

Bij NZH 598 (figuur 14) werden de molgangen in 1951 getrokken op  $\pm 40$  cm diepte, op de grens van kleiveen en katteklei of even er onder.

De werking van de molgangen, die goed open waren, stond achter bij de werking van de drainreeksen (10 en 20 m). De verschillen zijn echter niet groot tengevolge van de grote invloed van verhoging van het slootwaterpeil zonder meer. In de winter tonen zowel de buizenreeksen als de molgangen een zekere ontwaterende werking (buizenreeksen echter beter).

Figuur 24 geeft tenslotte de grondwaterstanden in 1952 in een perceel bovenland in Zegveld (bodemtype: tot 80 cm of dieper humeuze klei en het overgangstype van dit type naar het type kleiveen op bosrietveen).

Hier werd het gecombineerde systeem toegepast; over dwars verlopende buizenreeksen op 60 cm diepte en 35 m onderlinge afstand werden al of niet molgangen



getrokken op 2 m onderlinge afstand. De molgangen blijken vrijwel geen hogere grondwaterstanden gegeven te hebben dan de buizeninfiltratie op 30 m zonder molgangen.

Hoewel de gegevens ten aanzien van de molinfiltratie niet volledig zijn, kan toch wel gezegd worden, dat de werking vaak geringer is dan van buizeninfiltratie. Bovendien lenen de percelen in het westelijke veengebied zich door hun vorm (vrij smal, vaak met een greppel in het midden) slecht tot het systeem van enkelvoudige molinfiltratie. In bosveen wordt vaak last van hout ondervonden bij het trekken van de gangen.

Het gecombineerde systeem zal hier in de meeste gevallen de voorkeur verdienen indien werking van de molgangen verwacht mag worden. Doordat de afstanden van de reeksen bij buizeninfiltratie vrij ruim genomen kunnen worden, liggen de rentabiliteitsverhoudingen hier wel anders dan in andere gebieden. Hierop zal in hoofdstuk VII nog nader ingegaan worden.

In het bovenstaande is gebleken, dat de droogteschade bij verdroogde gronden opgeheven kan worden door infiltratie. Hierbij moet wel opgemerkt worden, dat uit oriënterende proeven wel gebleken is, dat, wanneer de bovengrond uit zware humeuze klei bestaat, met infiltratie minder goede resultaten worden bereikt. De doorlatendheid van de grond geeft daarbij geen moeilijkheden, wel echter de ongelijke hoogteligging van de grond (figuur 25). Daar vaak zeer hoge grondwaterstanden nodig zijn, geven geringe hoogteverschillen van bijvoorbeeld 30 à 40 cm reeds grote moeilijkheden, die nog versterkt worden door het feit, dat de lagere plekken minder of niet verdroogd zijn en weinig of geen behoefte aan infiltratie hebben. Deze lagere plekken worden zeer spoedig te nat en in vele gevallen zou men ze zelfs blank moeten zetten om de hogere plekken voldoende van water te voorzien. Voorwaarde voor infiltratie is dan ook: een vlak terrein. Aan deze voorwaarden wordt in de praktijk slechts zelden voldaan, zodat in vele gevallen een kostbare egalisatie nodig is, waarbij dan in verband met nog te verwachten maar niet geheel te berekenen nazakkingen vaak nog een naëgalisatie nodig is. Dit brengt met zich mee, dat het gewenst is na de eerste egalisatie het land enige jaren als bouwland te gebruiken (zonder infiltratie), waarna zonodig nageëgaliseerd en ingezaaid wordt. Of men tot egalisatie zal overgaan hangt af van de kosten en het percentage van het land, dat ingedroogd is. Wanneer slechts een gering percentage (bijvoorbeeld kleiruggen, die door het terrein lopen) is ingedroogd, dan zullen de kosten voor egalisatie van deze hoogten spoedig te hoog zijn in verhouding tot het te behalen voordeel. Een stukje ingedroogd land heeft nl. soms ook voordelen, doordat men de koeien in het voorjaar wat eerder naar buiten kan doen en ze bovendien bij nat weer droge ligplaatsen hebben (droge rand langs de sloot bijvoorbeeld). In een dergelijk geval zal men er meer op bedacht moeten zijn de rest van de grond voor verdere indroging te behoeden door een geschikt slootwaterpeil, eventueel met een buizeninfiltratiesysteem.

In deel II en in het voorgaande is gebleken, dat de verdroogde gronden vaak een grote doorlatendheid bezitten, althans in de bovenste lagen van het profiel.

Doordat de doorlatendheid vaak sterk varieert en doordat ten aanzien van de doorlatendheid van diepere lagen schattingen gemaakt moeten worden (waarbij dan

FIG. 25. Hoogteverschillen in percelen van de polder de Putte. De hogere delen zijn matig tot sterk verdroogd (juli 1953)



FIG. 25. Differences in height in plots of the polder „de Putte“. The higher parts are moderately to strongly dried

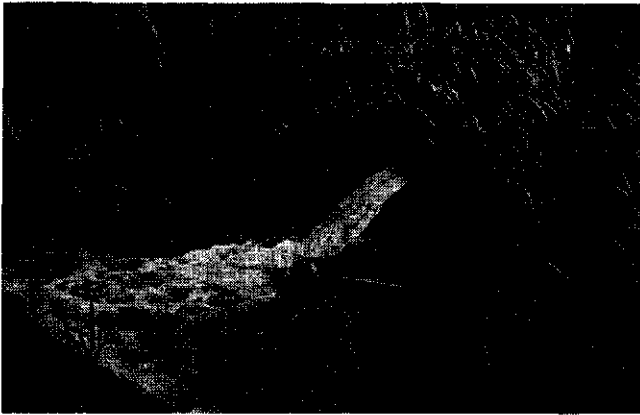


FIG. 26. Waterinlaat uit boezemwater met hoog peil d.m.v. een buis met kraan Lage Broek, Zegveld) (juli 1953)

FIG. 26. Inlet for water from a "boezem" with high level by means of a pipet with a cock (Lage Broek, Zegveld) (July 1953)

nog de vraag komt of de slootwand al of niet doorlatend is of wordt) is het moeilijk de gewenste afstand van de buizenreeksen voor infiltratie nauwkeurig te bepalen. In het algemeen zal men dan ook goed doen eerst de watertoevoer in de sloten (stuwen, inlaat (figuur 26), eventueel molentje (figuur 27) in orde te maken (als het terrein reeds voldoende vlak is of zonodig geëgaliseerd is) en door controle van de grondwaterstanden na te gaan welke invloed een verhoging van de slootwaterpeilen zonder meer heeft. Door enkele reeksen op verschillende afstanden te leggen kan men nagaan of (en zo ja op welke afstanden) buizeninfiltratie nodig is.

Bevloeien met behulp van een motorpomp is op enkele percelen beproefd; de resultaten waren niet bemoedigend, daar ook hier het water wegvloeit naar de lagere delen, terwijl de hogere delen niet nat worden. Wanneer een perceel eenmaal vlak is (liefst wat hol), biedt het bevoeien wel perspectieven, maar dan kan men beter een infiltratiesysteem aanbrengen, daar bevoeien vrij kostbaar is en ook bezwaren meebrengt (te nat worden van de bovengrond).

In 1952 is onder Zevenhoven een beregeningsproef in bedrijfsverband genomen. Noch in de gemaaide opbrengsten, noch in de melkopbrengsten werd enig effect van de beregening waargenomen. Nu viel er in 1952 vrij veel regen en de opbrengsten waren ook zonder beregening vrij goed. Toch kwamen er in juni en juli droogteperiodes voor, waarbij het gras ook duidelijk verdroogde en de grond zeer droog was. Na sproeien was de grond op de gesproeide percelen echter even droog als op de niet-gesproeide percelen; het sproeiwater bevochtigde de grond niet. De percelen waren echter wel wat bultig en het sproeiwater liep dus snel van de bulten in de laagten. Misschien kunnen op percelen, die bouwland geweest zijn en dus nog vlak liggen, betere resultaten verkregen worden. Het resultaat zal echter waarschijnlijk geringer zijn dan op droogtegevoelige zand- en kleigronden, die het sproeiwater goed vasthouden.

Dit lijkt in tegenspraak met het feit, dat de opbrengst van de verdroogde gronden in natte jaren duidelijk hoger is dan in droge jaren. Het verschil zit echter hierin, dat

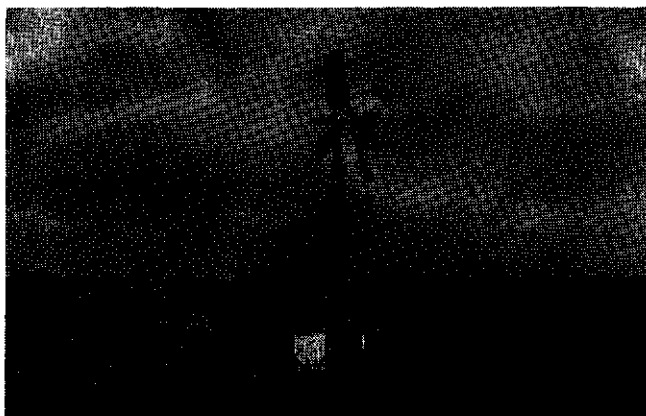


FIG. 27. Windmolentje voor opmalen van water in infiltratiesloten (juli 1953)

FIG. 27. *Small windmill for drawing water into irrigation-ditches*

natuurlijke regen in betrekkelijk kleine hoeveelheden valt en dan nog gepaard gaat met bewolking en over het algemeen vrij lage temperaturen. Dit is bij kunstmatige beregening niet het geval. In Zevenhoven werd 15 mm per keer gegeven. Waarschijnlijk zou het effect van natte jaren benaderd kunnen worden door zeer vaak met kleine hoeveelheden (bijvoorbeeld 5 mm per keer) te sproeien. De vochthoudende zodelaag van enkele centimeters dikte, die bij vrijwel alle verdroogde gronden voorkomt, kan de geringe regenhoeveelheden wel vasthouden.

Gezien de hoge kosten is de rentabiliteit van beregening op verdroogde veengronden echter twijfelachtig.

#### SAMENVATTING

Door infiltratie kan de opbrengst van verdroogde veengronden gebracht worden op het niveau van niet verdroogde veengronden. Om dit te bereiken zijn zeer hoge grondwaterstanden (20 à 30 cm onder maaiveld) nodig en dus een vlakke ligging van het terrein. Om dit te bereiken is vaak egalisatie nodig, die zeer kostbaar is.

Infiltratie in het vroege voorjaar geeft opbrengstdepressies; in droge nazomers kunnen nog wel opbrengstvermeerderingen verkregen worden, maar dit brengt het gevaar mee, dat de grond te nat de winter in gaat met als gevolg opbrengstdepressie in het volgende voorjaar. In het algemeen dient de infiltratie pas tegen eind april begin mei te beginnen en tegen eind augustus beëindigd te worden.

Bij gronden met een bovengrond van zware humeuze klei levert infiltratie minder goede resultaten op.

Er werden aanwijzingen gevonden dat de opneembaarheid van mineralen door infiltratie verhoogd wordt.

De botanische samenstelling van de grasmat wordt door infiltratie gewijzigd in de richting van meer vochtminnende grassen en kruiden. Bij te intensieve infiltratie bestaat het gevaar van het optreden van minder gewenste grassen als bijv. bent.

De buizen moeten gelegd worden in de geoxydeerde en gescheurde bovenste lagen van het profiel; gewoonlijk is een diepte van 50 à 60 cm het best. De doorlatendheid van de verdroogde veengronden is gewoonlijk goed tot groot, zodat vaak met verhoging van het slootpeil alleen of met daarnaast buizen-infiltratie op grote afstanden (15 à 20 m, soms meer) tussen de reeksen, volstaan kan worden.

Ten aanzien van molinfiltratie zijn de gegevens beperkt. De indruk werd verkregen, dat molgangen goed werken in slibarm rietbosveen en slibarm rietzeggeveen, in bosveen was de werking minder goed.

Bevloeiing gaf slechte resultaten, daar het water afvloeiende naar de lagere perceelsgedeelten en de droge delen niet nat werden.

Met beregening is slechts één proef genomen met vrij slechte resultaten. Vermoedelijk zijn betere resultaten te bereiken door dikwijls te beregenen met kleine hoeveelheden.

## V. DE INVLOED VAN BEMESTING

In de tabellen 14, 15 en 16 zijn de voornaamste gegevens van proefvelden, waar bekalkingen zijn toegepast, verzameld.

Bij NZH 398 (kleiveen op kateklei) is bekalkt met 10000 kg mergel en 15000 kg schuimaarde in december 1948, zowel zonder als met scheuren. Het gescheurde gedeelte is in 1951 weer ingezaaid. De laag van 0-5 cm had in 1948 een pH (water) van 5,6, voor grasland dus ongeveer voldoende. Door bemesting met slakkenmeel is de pH nog verder gestegen. Op het gescheurde gedeelte zijn de pH-waarden lager doordat de laag van 5-15 cm (lagere pH) hier met de bovenlaag is vermengd. Zowel op het oude als op het nieuwe grasland zijn de pH-verschillen belangrijk. Hier tegenover staan echter slechts zeer geringe en niet betrouwbare opbrengstverschillen.

Ter vergelijking is nog bijgevoegd de opbrengst van een niet-geïnfiltreerd perceel van hetzelfde bodemtype onder Mijdrecht (TH. HOMAN). Dit perceel was sterk verdroogd, is in 1940/1941 gescheurd, bekalkt met 80 ton schuimaarde, 7 jaar als bouwland gebruikt (uitstekende gewassen) en daarna weer ingezaaid. Het grasland was in 1952 vijf jaar oud, de grasmat liep echter al weer terug in kwaliteit (30 % struisgras) en de Ii-graad was hoog. De opbrengst in voor- en najaar was hoger dan bij NZH 398, maar in de zomer lag de opbrengst ongeveer op het niveau van NZH 398 - laag water. Hieruit en uit de Ii-graad blijkt dus dat de droogtegevoeligheid door de bekalking niet opgeheven is. Bij NZH 398 is ook geen invloed van de bekalking op de Ii-graad te zien.

Het proefveld bij L. KRUIJT te Zegveld, dat in 1948 eveneens met en zonder scheuren bekalkt is met mergel en schuimaarde, gaf evenmin betrouwbare opbrengstverschillen, ofschoon er belangrijke verschillen in pH waren. Het proefveld ligt op het type venige klei ( $\pm$  40 cm dik) op bosrietveen (bovenland), het ligt hol, was aan de randen vrij sterk verdroogd, in het midden vrijwel niet.

De verschillen in indroging komen in de Ii-graden-tabel tot uiting. Er is enig verschil in opbrengst tussen het object dat met buizen geïnfiltreerd is en het object met alleen hoog slootwaterpeil (een object met laag slootwaterpeil is hier niet aanwezig). Dit verschil moet ten dele geweten worden aan een verschil in uitgangstoestand, ten dele aan een verschil in grondwaterstand. Gemiddeld voor de periode van 8/5-21/8 1952 waren de grondwaterstanden resp. 32 (met buizen) en 49 cm onder maaiveld. Ook hier is geen invloed van de bekalking op de Ii-graad te zien.

Bij NZH 392 was er een betrouwbaar verschil van  $\pm$  10% tussen de nulobjecten enerzijds en de scik- en mergelobjecten anderzijds. De scik (40 ton/ha) en de mergel (10 ton/ha) is in 1948 bij het scheuren gegeven. In 1951 is het perceel weer ingezaaid en sindsdien geïnfiltreerd. Voor de inzaai kreeg het mergelobject nog 30 ton schuimaarde/ha, waardoor de pH sterk gestegen is. Daar 40 ton scik vrijwel evenveel opbracht als het mergel-schuimaarde-object, kan een pH-KCl van ongeveer 4,0 voldoende geacht worden.

Merkwaardig is, dat het kalkgehalte in het gras door de bekalking wel steeg (tabel 17), een teken dat de kalk wel gewerkt heeft.

In het algemeen zijn de resultaten van de bekalking dus gering geweest in vergelijking met de invloed van watertoevoer. Het is mogelijk, dat, wanneer de kalk langer ingewerkt heeft, de invloed groter is; waarschijnlijk is dit echter niet, daar ook de proefvelden waar kalk na scheuren door de grond gemengd is, geen betere resultaten gaven.

Waarschijnlijk zijn op deze humusrijke gronden geen hoge pH-waarden nodig. Dit is in overeenstemming met de normen, die het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. geeft voor de pH-KCl op verschillende gronden (bouwland) nl.:

Klei	6,7
Humeuze klei ( 5-9 % humus)	6,4
Humeuze klei ( 9-16% humus)	5,6
Humeuze klei (16-25% humus)	4,7
Veen	4,6

Naarmate het humusgehalte hoger is, kan dus een lagere pH toegestaan worden. DE VRIES<sup>1</sup> vond dat de hoedanigheidsgraad van veengrasland bij voldoende fosfaat- en kalitoestand daalde, wanneer de pH-H<sub>2</sub>O steeg van  $\pm 5$  tot 6. BRUNE geeft de volgende normen voor veengrond (ph-BaCl<sub>2</sub>, laag 0-20 cm):

bouwland	3,4
grasland en kalkminnende bouwlandgewassen	4,0

Daar de pH bepaald in BaCl<sub>2</sub> in dit pH-traject ongeveer 0,3 lager is dan de pH-KCl, betekent dit een pH-KCl van  $\pm 4,3$  voor grasland (0-20 cm).

Hoewel verdere informatie omtrent de gewenste pH voor veengronden zeer gewenst is, lijkt het voorlopig niet nodig een pH-H<sub>2</sub>O hoger dan omstreeks 5,0-5,2 (= pH-KCl van  $\pm 4,5$ ) na te streven, temeer daar, zoals nog blijken zal, voor een flinke pH-verhoging in deze gronden zeer grote hoeveelheden kalk nodig zijn.

Door het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. is een diagram ontworpen, dat het verband aangeeft tussen humusgehalte en kalkfactor voor zand- en veengronden. Dit diagram geldt zowel voor de pH-KCl als voor de pH-H<sub>2</sub>O. Daar echter geen rekening gehouden is met het vaak aanzienlijke slibgehalte in veengronden, is aan de hand van de gegevens van het proefstation een diagram vervaardigd, waarin zowel met humus- als slibgehalte rekening is gehouden (figuur 28).

De waarden, die in deze figuur gegeven worden, zijn globaal; van een viertal veengronden is de kalkfactor door het bedrijfslaboratorium bepaald, waarbij bleek, dat het diagram waarden geeft, die 10 à 15% af kunnen wijken van de in het laboratorium bepaalde waarden. Dit is echter voor de praktijk geen bezwaar, daar grote hoeveelheden toch niet ineens gegeven worden en door controle van de pH nagegaan kan worden in hoeverre de verwachte pH-stijging bereikt is.

Uit figuur 28 blijkt, dat een grond met 40% humus en 40% slib een kalkfactor heeft van ongeveer 900. Voor een pH-stijging van 0,5 is voor een laag van 0-20 cm dus al nodig: 9000 kg CaCO<sub>3</sub>, voor een laag van 5 cm: 2250 kg. Dit komt overeen

<sup>1</sup> Landbouwkundig Tijdschrift, januari 1949.

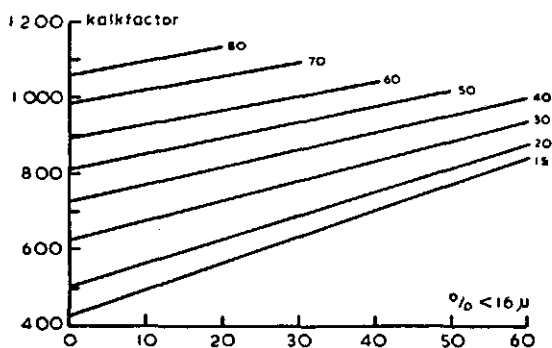


FIG. 28. Diagram voor de kalkfactor voor slibhoudende veengronden

Kalkfactor =  $\text{kg CaCO}_3/\text{ha}/10 \text{ cm}$  depth, which gives an increase of pH of 0.1  
De getallen bij de lijnen geven het percentage organische stof aan | The numbers at the curves refer to the percentage of organic matter

FIG. 28. Lime-requirement of peat soils in relation to the content of organic matter and mineral particles < 16  $\mu$

met  $\pm 10000$  kg resp. 2500 kg koolzure landbouwkalk (90%  $\text{CaCO}_3$ ), of ongeveer 26000 kg resp. 6500 kg schuimaarde.

In verband met de gunstige invloed, die  $\text{NH}_3$  bij laboratoriumproeven op de reversibiliteit uitoefent (zie deel I), werd in 1950 een drietal proeven aangelegd, waarbij  $\text{NH}_3$  in gasvorm toegediend werd naast kalksalpeter. De  $\text{NH}_3$  werd gegeven op 22 maart, eind april werden grondmonsters genomen (tabel 18).

NZH 545 en 547 liggen op veenprofiel met resp.  $\pm 50$  en 66% organische stof; NZH 546 ligt op bovenland (80 cm sterk humeuze klei op rietsbosveen; in de bovenlagen  $\pm 15$ % organische stof).

De invloed van de  $\text{NH}_3$  blijkt zeer gering geweest te zijn. Ook later in het jaar werden geen verschillen in vochtgehalte geconstateerd. De  $\text{NH}_3$  gaf wel een stikstofwerking te zien; opbrengsten zijn echter niet bepaald. Waarschijnlijk zijn veel grotere hoeveelheden nodig om het laboratoriumeffect te benaderen. Een monster van NZH 547, in het laboratorium behandeld met  $\text{NH}_3$ , daalde in II-graad van  $\pm 8,5$  tot  $\pm 6$ .

#### SAMENVATTING

Bemesting met kalk, organische meststoffen en  $\text{NH}_3$  heeft op de proefvelden ten aanzien van de verdroging weinig of geen verbetering gegeven.



## VI. HET BOVENBRENGEN VAN ONDERGROND

Wanneer men te doen heeft met een profiel, waarin op bereikbare diepte goede kalkhoudende klei voorkomt, dan is het bovenbrengen van deze klei, hetzij door diepploegen, hetzij door diepspitten, een middel om van verdroogd grasland (het gaat hier om het type venige klei op katteklei met in de ondergrond kalkhoudende klei) goed kleibouwland te maken. Op deze verbeteringsmethode zal hier niet nader worden ingegaan, daar in de praktijk reeds gebleken is, dat hiermee goede resultaten te bereiken zijn. Opgemerkt moet alleen nog worden dat diepspitten zeer kostbaar is.

Voor de verdroogde gronden met veen of venige (humeuze) klei in de ondergrond kan echter het bijploegen of bovenbrengen van niet-verdroogde veenlagen van onder de bouwvoor de verbetering vergemakkelijken. Zoals in deel II gebleken is, is de verdroogde laag gewoonlijk slechts 15 à 20 cm, soms 30 cm dik. Daaronder bevindt zich vrijwel steeds een vochtige, niet-verdroogde, goed verteerde veenlaag of venige kleilaag, die tot 60 à 80 cm diepte reikt. Deze lagen hebben een  $\text{pH-H}_2\text{O}$ , die varieert van  $\pm 3,5$  tot  $\pm 5,5$ , meestal ligt de  $\text{pH}$  tussen 4 en 5. Een verdere verzuring van deze lagen behoeft, wanneer ze in de bouwvoor gebracht worden, niet verwacht te worden, daar (althans de lagen tot  $\pm 50$  cm diepte) ze reeds geoxydeerd zijn.

Wanneer dergelijk materiaal door de bouwvoor gemengd wordt (door bijploegen) of wanneer door dieper ploegen of spitten (met de hand of machinaal) de ingedroogde bovenlaag onder en bijvoorbeeld de laag van 20–40 cm boven gebracht wordt, zodat de bouwvoor geheel uit niet-verdroogde grond gaat bestaan, heeft men een bouwvoor verkregen, die veel minder sterk verdroogd is. Men kan dan bij de infiltratie volstaan met minder hoge grondwaterstanden en er behoeven dus minder hoge eisen gesteld te worden aan de vlakheid van het terrein. Wanneer de gehele bouwvoor uit niet-verdroogde grond opgebouwd wordt, zijn zeer waarschijnlijk grondwaterstanden van 50 à 60 cm onder maaiveld in de zomer voldoende.

Wanneer echter in een bouwlandperiode ondergrondsveen wordt bijgeploegd, terwijl de waterhuishouding bij de er op volgende graslandperiode niet verbeterd wordt, dan zal slechts een tijdelijk effect optreden met uiteindelijk een dikkere verdroogde laag, daar het opgeploegde materiaal ook gaat verdrogen.

Op enkele proefvelden zijn ervaringen opgedaan met het bovenbrengen van niet-verdroogde ondergrond. Bij NZH 392 werd in december 1949 (het perceel was toen een jaar als bouwland gebruikt) op een deel van het proefveld de laag van 35–60 cm bovengespit. Deze laag had een  $\text{pH-H}_2\text{O}$  van 3,6. Alle veldjes, waar ondergrond bovengespit was, kregen extra fosfaat- en kalibemestingen en werden gedeeltelijk bekalkt met mergel en schuimaarde. In 1951 werd het proefveld weer ingezaaid en geïnfiltrerd, in 1952 (juni) werden opbrengsten bepaald. Tabel 19 geeft de opbrengsten en grondanalyses in 1952.

Hieruit blijkt, dat, waar ondergrond bovengespit is, de opbrengsten vrijwel gelijk zijn aan de opbrengsten waar geen ondergrond bovengespit is. Alle opbrengsten zijn hoog. De  $\text{pH}$  schijnt er weinig toe te doen. Daar het gehele terrein geïnfiltrerd werd, komen de voordelen van het bovenbrengen van ondergrond hier niet tot uiting; wel

blijkt uit deze gegevens, dat er geen bijzondere gevaren aan verbonden zijn. De in 1949 bovengespitte grond had in 1952 nog steeds hogere vochtgehalten en een lagere Ii-graad dan de normale bovengrond (die in Ii-graad is gedaald door de infiltratie, terwijl hier ook wat ondergrond bijgeploegd is). Dit was in het veld ook duidelijk te zien (grond natter, dieper sporen wanneer er over gereden werd).

Bij NZH 399 (veenklei op veen, bovenland) werd de laag van 30–60 cm (pH-H<sub>2</sub>O 4.3) eveneens in het najaar van 1949 bovengespit. In 1951 werd het proefveld weer ingezaaid, na in 1949 en 1950 als bouwland gebruikt te zijn. Ook hier is de bovengespitte grond gedeeltelijk bekalkt met mergel en schuimaarde (tabel 20).

Het proefveld is in 1951 en 1952 geïnfiltrerd. Ook hier geen invloed van de pH op de Ii-graad en duidelijke verschillen in vochtgehalte en Ii-graad tengevolge van het bovenbrengen van de ondergrond. Opbrengsten zijn hier niet bepaald, maar de grasmat van de veldjes met bovengebrachte ondergrond was zeker niet minder dan op de normale veldjes. In 1953 was de grasmat op de bekalkte veldjes iets beter dan op de nul-veldjes.

Bij het proefveld van L. KRUIJT te Zegveld (bovenland) kwam op hetzelfde perceel achter de proef een sterk humeuze kleirug voor (type: 80 cm of meer humeuze klei). Deze rug lag hoger en was in de laag van 0–30 cm sterk ingedroogd. In het najaar van 1949 is deze bovenlaag door de eigenaar met zode en al verwijderd, waarna hij ploegde. Dit deel van het terrein werd bekalkt, extra bemest met kunstmest en in 1951 gelijk met het proefveld ingezaaid en geïnfiltrerd. In 1952 werden hiervan evenals van het proefveld, opbrengsten bepaald door middel van opbrengstkooien (tab. 21).

Wanneer men bedenkt, dat hier grasland aangelegd is op een stugge humeuze klei-ondergrond, waarvan de fosfaattoestand nog vrij laag was, dan zijn de opbrengsten uitstekend geweest. In tabel 22 volgt nog de gemiddelde analyse van een drietal kleiruggen in dit complex (Lage Broek-Zegveld).

In het algemeen behoeft er dus geen bezwaar te bestaan tegen het bijploegen of bovenbrengen van ondergrond, mits deze grond niet te zuur is. Bij hoge humusgehalten zijn bij zeer zure grond grote hoeveelheden kalk nodig.

Voor de verbetering van verdroogd grasland is in vele gevallen egalisatie nodig. Het verdient in verband met het bovenstaande aanbeveling de egalisatie gepaard te doen gaan met het omlaag brengen van de verdroogde laag en het omhoog brengen van goed, geoxydeerd en niet ingedroogd materiaal. Hierbij zal de laag van 0-5 cm indien enigszins mogelijk ook in de bouwvoor moeten blijven.

#### SAMENVATTING

In verband met het feit, dat in verdroogde veengronden op veenprofiel op een diepte van 20 à 30 cm en dieper onder maaiveld gewoonlijk geoxydeerd materiaal (veen, kleiveen of venige of humeuze klei) voorkomt, dat niet verdroogd is, werden enkele proeven genomen, waarbij deze niet verdroogde laag bovengebracht werd.

Hierbij bleek, dat op deze bovengebrachte ondergrond bij doelmatige bemesting normale produkties verkregen kunnen worden.

Het verdient dan ook aanbeveling bij egalisatie dergelijke niet-verdroogde lagen boven te brengen, wanneer het materiaal in de ondergrond hiervoor geschikt is. Hierdoor wordt de infiltratie eenvoudiger daar dan een niet verdroogde bovengrond verkregen is en minder hoge grondwaterstanden nodig zijn.

## VII. DE RENTABILITEIT VAN VERBETERINGSMAATREGELEN

'T HART berekende de waarde van een gemiddelde opbrengstvermeerdering van 2 ton droge stof per ha op  $f$  114,—. In hoofdstuk IV is voor de verdroogde gronden een te bereiken opbrengstvermeerdering van 2700 kg droge stof berekend. Volgens de wijze van berekenen van 'T HART zou dit een waarde van ongeveer  $f$  150,— betekenen. Zoals in hoofdstuk IV reeds werd opgemerkt zal deze verhoging alleen bereikt worden, wanneer aan alle voorwaarden voor een succesvolle infiltratie is voldaan. In het algemeen zal men reeds zeer tevreden zijn wanneer de opbrengst gelijk wordt aan de opbrengst van niet-verdroogde veengronden (gemiddeld over droge en natte jaren), wat neerkomt op een opbrengstvermeerdering van 2 ton droge stof.

Men kan de waarde van de opbrengstvermeerdering ook anders berekenen. Bij de hier volgende berekeningen zijn de prijzen van 1952 aangehouden.

Wanneer we de produktie van geïnfilterde verdroogde grond gemiddeld stellen op 6500 kg ZW/ha (60 % van 10.710 kg droge stof (Tabel 9); bij een bemesting als bij CI 203 gegeven werd) en van niet geïnfilterde verdroogde grond op (75 % hiervan) 4900 kg ZW/ha, dan kunnen we theoretisch twee bedrijven met elkaar vergelijken, nl.:

- a. een bedrijf van 10 ha, geïnfilterde verdroogde grond;
- b. een bedrijf van  $13\frac{1}{3}$  ha verdroogde grond.

De totale bruto-grasprodukties voor deze twee bedrijven zijn gelijk, nl. 65000 kg ZW. Wanneer we rekenen op 40 % verlies door sloten, beweiding en conservering, dan is de netto-produktie dus 39000 kg ZW. Voor bedrijf A is dit een netto-produktie van 3900 kg ZW/ha; dit komt overeen met de cijfers, die DIJKSTRA<sup>1</sup> voor Zuid-Holland geeft. Wanneer we aannemen, dat de veestapel geheel uit eigen bedrijf van voer voorzien wordt, dan kunnen (bij een voederbehoefte van 2500 kg ZW per stuks grootvee) op beide bedrijven  $\pm$  16 stuks grootvee gehouden worden. Dit is een veebezetting van resp. 1,6 en 1,2 stuks grootvee per ha.

De kosten voor stalling, conservering, dierenarts enz. zijn dan voor deze bedrijven in theorie gelijk en de verschillen in geldelijke uitkomsten moeten aan de verschillen in grond (pacht en andere kosten, die hieronder) worden toegeschreven.

Bij gelijke bekwaamheid van de bedrijfsleiders en wanneer de verdroogde grond verder geen bijzondere nadelen mee zou brengen, zouden de pachten per ha zich moeten verhouden als 75:100, om beide boeren een gelijk inkomen te geven. Nu ligt de pacht voor goede gronden in deze streken bij  $\pm$   $f$  100,— à  $f$  120,— per ha. Men is het er echter wel over eens, dat deze pacht te laag is. Stellen we de pacht voor bedrijf A op  $f$  150,— per ha, dan zou de pacht voor bedrijf B  $f$  112,50 per ha moeten bedragen, een verschil dus van  $f$  37,50 per ha. (Bij  $f$  120,— pacht wordt dit verschil  $f$  30,—).

<sup>1</sup> Ir. H. DIJKSTRA: De zetmeelwaardeproduktie van het grasland. Bedrijfs-economische mededelingen van het L.E.I., no. 4.

De boer op bedrijf B heeft echter nog andere kosten, die bedrijf A niet heeft. Op bedrijf B moet  $3\frac{1}{3}$  ha méér verzorgd en bemest worden. Het aantal uren, nodig voor de verzorging van 1 ha grasland per jaar, bedraagt ongeveer 100. Dit geeft een verschil van 333 arbeidsuren is  $\pm f 333,-$  dus per ha verdroogde grond  $f 25,-$ .

Ook de extra bemestingskosten moeten in rekening gebracht worden. Bij een goede bewaring van stalmest en gier komt de onttrokken P en K voor een groot deel weer op het land terecht, terwijl per ha verdroogde grond ook minder onttrokken wordt. Rekenen we dat een gemiddelde aanvullende bemesting (voor uitspoeling, enz.) nodig is van 20 kg  $P_2O_5$  en 20 kg  $K_2O$ /ha (= de bemesting bij uitsluitend weiden), dan komt dit voor  $3\frac{1}{3}$  ha op een bedrag van  $f 70,-$ , dit is  $f 5,-$  per ha verdroogde grond.

Voor de stikstof ligt de zaak iets anders. Bedrijf A produceert per ha in de staltijd ongeveer 8000 kg stalmest en 3500 liter gier, waarin aan werkzame stikstof  $\pm 37,5$  kg N/ha zit. In de weideperiode (210 dagen) zal ongeveer 50 kg N/ha geproduceerd worden. Er zal nog een zeker verlies zijn, doordat de uitwerpselen in de zomer minder goed over het land verdeeld worden. Wanneer we nu aannemen, dat de veestapel in beide bedrijven voor 70 kg N per ha zorgt voor een oppervlakte van 10 ha, dan moet op bedrijf B nog voor  $3\frac{1}{3}$  ha stikstof bijgekocht worden, wat op  $f 230,-$ , dit is  $\pm f 17,-$  per ha verdroogde grond neerkomt (om aan de hier aangehouden standaardbemesting van 70 kg N/ha te komen). Hierbij is nog niet berekend het extra nadeel, dat aanwending van extra stikstof op verdroogde grond in droge tijden weinig of geen effect oplevert.

De boer van bedrijf B heeft verder nog het nadeel, dat in droge jaren de grasproductie niet voldoende zal zijn, zodat voer bijgekocht moet worden. Uit de gegevens van CI 203 kan ruwweg berekend worden, dat gemiddeld per jaar ongeveer 240 kg ZW/ha bijgekocht zal moeten worden. Rekenen we dit aangekochte voer op een prijs van  $f 0,26$  per kg ZW, dan betekent dit een nadeel ten opzichte van bedrijf A (dat gras genoeg heeft, met een kostprijs van  $\pm f 0,10$  per kg ZW) van  $240 \times f 0,16 f 38,-$  per ha.

Wanneer men aanneemt, dat het vee niet geheel uit eigen bedrijf gevoerd wordt, en dat bijkopen van voer in de winter rendabel is, dan komt men op een hogere veebezetting en moet in droge zomers nog meer voer bijgekocht worden.

Wanneer we verder aannemen, dat de twee bedrijven aan hun bedrijfsleiders hetzelfde netto inkomen moeten verschaffen, wat een redelijke aanname is, dan zal de pacht per ha ingedroogde grond dus  $f 37,50 + f 25,- + f 5,- + f 17,- + f 38,- = f 122,50$  minder moeten bedragen dan van niet droogtegevoelig grasland, d.w.z. dat de verdroogde gronden bij het huidige pachtprijsniveau geen pachtwaarde hebben. (Men kan het ook zo stellen, dat de pacht voor prima land bijv.  $f 175,-$  moet bedragen en voor verdroogde grond  $f 50,-$ /ha).

We komen dus bij deze berekening ongeveer op eenzelfde waardevermeerdering als door 't HART werd berekend, nl.  $f 100,-$  à  $f 125,-$  per ha per jaar.

Dit betekent, dat de verbeteringskosten voor de eigenaar-gebruiker niet meer mogen bedragen (bij de huidige prijzen) dan ongeveer  $f 100,-$  per ha per jaar.

Wanneer we, met het oog op verschillende onzekere factoren als bijv. het prijzen-

niveau in de toekomst en de levensduur van eventueel aan te leggen buizenreeksen, de kosten afschrijven over een periode van 15 jaar, dan mogen de verbeteringskosten voor de eigenaar-gebruiker niet meer bedragen dan  $\pm f 1200,-$  per ha; we komen dan op een jaarlijkse kosten (bij een rentevoet van 4%) van  $\pm f 100,-$  per ha. Wanneer men een levensduur van de buizenreeksen van 30 jaar aanneemt, en wanneer de werken in ruilverkavelingsverband uitgevoerd worden, dan zou de ruilverkavelingsrente maximaal  $f 100,-$  per ha per jaar mogen bedragen; dit komt overeen met een kostenbedrag voor rekening van de grondeigenaar van  $f 2000,-/ha$ . Er is dan nog geen rekening gehouden met het feit, dat de aan te leggen werken (stuwen, waterinlaat of gemaal, buizenreeksen) nog toezicht en onderhoudskosten (eventueel verhoogde waterschapslasten in verband met onderhoud van inlaatwerken, stuwen, enz.).

Een eigenaar-verpachter zal uiteraard slechts voor verbetering voelen, wanneer tegenover de kosten een pachtverhoging staat.

De hier gegeven berekeningen zijn, gezien de fouten die er aan kleven, globaal. Wanneer een bedrijf bijv. slechts voor de helft uit verdroogde grond bestaat, vervalt de nadelige post van bijvoeren in droge zomers voor een groot deel en wordt dus de waarde van de meeropbrengst geringer. Bovendien kan een boer op verdroogde grond tijdelijk tot bouwland of wisselbouw overgaan. Hieraan zijn, zoals gebleken is, ook bezwaren verbonden, maar men kan zich voorstellen, dat de uitkomsten beter zijn dan bij permanent gebruik als grasland. Een juist inzicht in de rendementsverhoudingen zou alleen te verkrijgen zijn door vergelijking van de uitkomsten van een groot aantal bedrijven met variërende percentages ingedroogde grond, waarbij al of niet geïnfiltrerd en al of niet akkerbouw of wisselbouw gedreven wordt. Deze gegevens zijn echter niet voorhanden, zodat we voorlopig zullen moeten volstaan met berekeningen als hierboven gegeven zijn.

De werkelijk te maken kosten voor de verbetering variëren sterk, maar zijn over het algemeen hoger dan  $f 1000,-$  per ha. Uit de gegevens van enkele reeds uitgevoerde werken en uit de begrotingscijfers voor een groter object blijkt, dat de totale kosten (inclusief sociale lasten, toeslagen, uitvoeringskosten, enz.) variëren van  $\pm f 500,-$  per ha (voor het geval dat volstaan kan worden met het aanleggen van enkele dammen en op eenvoudige wijze water aangevoerd kan worden, bijv. voor inlaat uit een boezem of door middel van een windmolentje) tot  $\pm f 7000,-$  per ha (voor het geval dat geëgaliseerd moet worden en bovendien een infiltratiesysteem met buizen nodig is).

In de gevallen, waarbij geëgaliseerd moet worden, zullen de totale kosten meestal tussen  $f 3000,-$  en  $f 6000,-$  per ha liggen. Een buizeninfiltratiesysteem komt op  $\pm f 1,-$  à  $f 1,20$  per m reeks. Bij 20 m afstand komt dit neer op  $f 500,-$  à  $f 600,-$  per ha.

Wanneer de buizen op latten gelegd worden, komt hier nog  $f 0,20$  à  $f 0,40$  per m bij. De kosten van de latten hangen uiteraard sterk af van hun afmetingen; latten van 1 bij 1,5 cm (dit is wel zeer licht materiaal) komen al op  $\pm f 0,20$  per m reeks; latten van 1,5 x 2,5 cm komen op  $f 0,40$  à  $f 0,50$  per m reeks.

DE JONGE<sup>1</sup> geeft voor buizeninfiltratie een kostprijs van  $\pm f 0,60$  per m (zonder

<sup>1</sup> Wateronderzoekingen in de binnenpolder „Het bedijkte Rondebreek”, band 3, pag. 287. Rapporten van de Commissie inzake Indrogende Gronden rondom de N.O.P.

latten). Volgens onze ervaringen zijn de kosten bij aanleg door een cultuurmaatschappij echter aanzienlijk hoger (zie boven). Voor molinfiltratie komt DE JONGE op een bedrag van ongeveer *f* 18,— per ha per jaar.

Hoewel elk geval apart bezien moet worden, blijkt uit het bovenstaande toch wel, dat in de meeste gevallen aanzienlijke subsidies gegeven zullen moeten worden, wil de verbetering voor de betrokkenen aantrekkelijk zijn. Dit is overigens bij vrijwel alle cultuurtechnische werken het geval.

Opgemerkt moet hier nog worden, dat in eenvoudige gevallen een deel van het werk (behalve egalisatie en buizeninfiltratie) door de boeren zelf uitgevoerd kan worden (bijv. het aanbrengen van gronddammen), waardoor het werk aanzienlijk goedkoper kan worden.

#### SAMENVATTING

Door een theoretische vergelijking van een bedrijf met verdroogd veengrasland met een bedrijf op normale veengrond wordt het effect van verbetering door infiltratie op ongeveer *f* 100,— à *f* 125,— per ha per jaar becijferd.

Wil de verbetering rendabel zijn, dan zullen de voor rekening van de grondeigenaars komende kosten, afhankelijk van de mate van verdroging en de wijze van uitvoering, niet meer mogen bedragen dan *f* 1000,— à *f* 2000,— per ha. In vele gevallen zijn de verbeteringskosten aanzienlijk hoger, zodat zonder subsidie vaak niet tot verbetering overgegaan zal kunnen worden.

## SAMENVATTING

De grasproduktie van verdroogde veengrond blijft gemiddeld ongeveer 20% achter bij de produktie van niet-verdroogd veengrasland. De voorjaars- en najaarsproduktie is weinig lager, in droge zomers treden echter grote opbrengstdepressies op. Als bouwland gebruikt leveren deze gronden behoorlijke produkties van matige kwaliteit, echter met een beperkte gewassenkeuze (aardappelen, haver, rogge, mosterd) en moeilijkheden bij de cultuur (onkruid, lage plekken, stuiven).

Bemesting met kalk, organische meststoffen en  $\text{NH}_3$  heeft op de proefvelden weinig verbetering gegeven.

Door infiltratie kan de opbrengst gebracht worden op het niveau van niet-verdroogde veengronden. Om dit te bereiken zijn zeer hoge grondwaterstanden (20 à 30 cm onder maaiveld) nodig en dus tevens een vlakke ligging van het terrein. Om aan deze voorwaarde te voldoen is vaak egalisatie nodig, die zeer kostbaar is. Wanneer egalisatie moet worden uitgevoerd, verdient het aanbeveling meteen ook de verdroogde laag naar beneden te brengen en niet-verdroogd materiaal naar boven. Hierbij moet er naar gestreefd worden de zodelaag (0-5 cm) in de bouwvoor te houden.

Deze werkwijze kan toegepast worden bij veenprofielen, waar reeds op een diepte van 25 à 30 cm onder maaiveld en dieper, bruikbaar niet-verdroogd veen, kleiveen of humeuze klei voorkomt. Het voordeel is, dat men dan een bovenlaag van niet-verdroogd veen krijgt, waardoor tevens veel minder hoge grondwaterstanden behoeven te worden toegepast. Bij profielen waarin kattenklei voorkomt met daaronder kalkrijke klei is het soms mogelijk deze kalkrijke klei uit de ondergrond op te spitten of boven te ploegen.

De doorlatendheid van de verdroogde veengronden is goed tot groot, zodat vaak met verhoging van het slotwaterpeil alleen, of met daarnaast buizen-infiltratie met grote afstanden (15 à 20 m, soms meer) tussen de reeksen, volstaan kan worden.

De door infiltratie te verkrijgen meeropbrengst bedraagt ongeveer 2 à 2,5 ton droge stof per ha per jaar (gemiddeld over een groot aantal jaren). De netto-waarde hiervan wordt becijferd op ongeveer f 100,— à f 125,— per ha per jaar. Voor de eigenaar-gebruiker zullen de verbeteringskosten een bedrag van ongeveer f 1000,— à f 2000,— per ha (variërend naar de mate van verdroging en de wijze van uitvoering) niet te boven mogen gaan. De totale verbeteringskosten zijn in vele gevallen aanzienlijk hoger (ze variëren van ± f 500,— tot ± f 7000,— per ha), zodat zonder subsidiëring van overheidswege de verbetering in vele gevallen achterwege zal moeten blijven. Dit geldt overigens voor vrijwel alle cultuurtechnische werken.



## SUMMARY

Strong irreversible drying up of peat soils used as pasture appeared to lower the grass-production with about 20%. The production in spring and autumn is not much lower, in dry summers however large depressions in production occur.

Used as arable land these soils give a fairly good production, however of rather low quality. Only a limited number of crops (potatoes, oats, rye and mustard) can be grown, moreover an abundance of weeds, the presence of low and wet spots and at the other hand winderosion cause much trouble.

Liming, organic manuring or injection with ammonia (as a peptizing agent for the peat material) gave insufficient improvement on the experiment fields.

By means of sub-soil irrigation the production can be raised to the level of not detrimentally dried up peat soils. This requires a very high groundwaterlevel (up to 20-30 cm below the surface) and thus necessarily a level surface. This often implies a levelling of the soil, which is very expensive.

In case levelling is to be carried out it is advisable also to reverse part of the profile by working down the detrimental irreversibly dried up layer and bringing moist soil above. However, if possible the soil-layer (0-5 cm) should stay on top.

This procedure can be applied in peat profiles; in these soil not detrimentally dried up peat, clayey peat or peaty clay is usually found at a depth of about 25-30 cm or more below the surface.

The advantage of this method is, that the upper layer of the soil than exists of peat, not dried up irreversibly to a detrimental degree, with the result that also a less high groundwaterlevel suffices.

In profiles with calcareous clay in the sub-soil, it is sometimes possible to bring up this clay by ploughing or digging.

The permeability of the irreversibly dried up peat soils is generally good or even high; often good results with sub-soil irrigation can be obtained by raining the ditch-waterlevel without the use of drainpipes or with large distances between their rows (15-20 m, sometimes more).

By means of sub-soil irrigation an increase of grassproduction of 2-2,5 metric tons of dry matter per ha per year (average of many years) can be obtained. The over all result is an increase of netto revenue per ha per year of *f*100,— to *f*125,—.

For the owner-user the costs of improvement should not exceed an amount of about *f*1000,— tot *f*2000,— per ha (varying with the degree of drying up). The total costs of improvement are often much higher (varying from about *f*500,— to *f*7000,— per ha). In these cases the improvement is only possible with government grant.

## LITERATUUR

1. BERTRAM Die Auswirkung von Grundwasserstandschwankungen in künstlich entwässerten Poldern. *Der Kulturtechniker* 34 (1931) p. 194.
2. BRÜNE, F. Die Praxis der Moor- und Heidekultur (1948).
3. BURGEVIN, H. et S. HENIN Influence de la profondeur du plan de l'eau sur le developpement des plantes. *Annales agron.* 1943, p. 288.
4. CLAYTON, B. S., J. R. NELLER and R. V. ALLISON. Water control in the peat and muck soils of the Florida Everglades. *Bull. F. Exp. Station*, no. 378 (1942).
5. DUVERMAN, J. J. De landbouwscheikundige basis van het streekplan. Diss. Wageningen 1948.
6. EDEN, A., G. ALDERMAN, C. J. L. BAKER, H. H. NICHOLSON and D. H. FIRTH. The effect of ground water level upon productivity of Fenland grass.
7. ELLIS, N. K. and R. MORRIS Preliminary observations on the relation of yields of crops grown on organic soils with controlled water table etc. *Proc. Soil Sc. Soc. America* 10, p. 482.
8. FLEISCHER Mitteilungen des Vereins zur Forderung der Moorkultur im Deutschen Reiche (1905), p. 117.
9. FRECKMANN, W. und W. BROUWER Untersuchungen usw. *Pflanzenbau X* (1933/34), p. 241.
10. 't HART, M. L. en W. D. JAGTENBERG Een proef met infiltratie van zandgrasland in het verdrogingsgebied langs het Twente-Rijn-kanaal. *Gestencilde Mededelingen C.I.L.O.* 1950, no. 4.
11. HARTMAN, L. Infiltratie. *Landbouwverslag van Noord-Holland* 1949, p. 35.
12. HOOGHOUDT, S. B. Vierde mededeling omtrent het grondwaterstandsproefveld op de proefboerderij „Jacob Sijpkens Heerd" te Nieuw-Beerta. *Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst* 7 (1950), p. 106.
13. JONGE, L. J. A. DE Verslagen van proeven en onderzoekingen van de Commissie inzake indrogende gronden rondom de Noordoostpolder, deel I (1949) en III A (1950).
14. — Indrogende gronden rondom de Noordoostpolder. *Tijdschrift Ned. Heidemaatschappij* 1949.
15. JONGEDIJK, H. A., B. B. HICKICK, I. D. MAYER and N. K. ELLIS. Subsidence of muck soils in Northern Indiana. *Purdue Ung. Agr. Exp. Station Circular* no. 366 (1950).
16. KALISVAART, C. Influence of sub-irrigation on grassland. *Report of the fifth International Grassland Congress* (1949) p. 47.
17. KÖNEKAMP, A. und F. KÖNIG Untersuchungen über den Einfluss des Grundwassers auf die Entwicklung eines Klee-grasgemisches. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 69 (1929) p. 209.
18. MAKKINK, G. F. Het waterverbruik van grasland. *Verslag C.I.L.O.* 1949, p. 40.
19. NELLER, J. R. Oxydation loss of lowmoor peat in fields with different water tables. *Soil Science* 58 (1944).
20. NICHOLSON, H. H. et al An experiment in the control of the ground water level in fen peat soil. *The journal of Agr. Science* 41 (1951) p. 149.
21. NICHOLSON, H. H. and D. H. FIRTH The effect of ground water level on the performance and yield of some common crops. *The journal of Agr. Science* 43 (1953) p. 95.
22. REDLICH, G. C. en J. HUDIG Over de indrogende veengronden. *Tijdschrift Ned. Heidemaatschappij* 1940 en 1941.
23. ROE, H. B. A study of depth of ground water level on yields of crops grown on peat lands. *Bull. Minnesota Agr. Exp. Station* No. 330 (1936).
24. SIEBEN, W. H. Het verband tussen grondwaterstand en opbrengst in het Veluwe randgebied ten zuidoosten van de toekomstige Oosterpolder. Voorlopig rapport van de Directie van de Wieringermeer (1950).

25. TACKE, BR.  
26. VEENENBOS, J. S.

Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Moorkultur (1929).  
De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in  
het randgebied van de Noordoostpolder. Diss. Wageningen 1950.

DEEL IV  
TABELLEN  
TABLES

## I N H O U D

### DEEL I

Tabel:	blz.
1* De variabiliteit van de Ii-graad. . . . .	—
2 Volume percentages water in verschillende pF trajecten . . . . .	263
3* Resterende vochtgehalten van in vacuo bevochtigde monsters die vooraf bij 105° C of in vacuo waren gedroogd . . . . .	—
4* Resterende vochtgehalten na drogen en weer bevochtigen in aanwezigheid van bepaalde gassen ( $R_t$ gas) en na opnieuw drogen bij 105° C aan de lucht ( $R_{min}$ gas) . . . . .	—
5 De uitgangstoestand van de gebruikte gronden . . . . .	264
6 De invloed van vloeimiddelen op de resterende vochtgehalten. . . . .	265
7 De uitgangstoestand van de bij de beregeningsproeven gebruikte gronden . . . . .	266
8 De invloed van vloeimiddelen bij de beregeningsproeven . . . . .	267
9* De invloed van extraheren met aethylalcohol en aceton . . . . .	—
10 De invloed van extraheren met aether en methylalcohol . . . . .	268
11 De invloed van koken met water en met peptisatiemiddelen . . . . .	269
12 De invloed van de kationenbezetting . . . . .	270
13 De invloed van het verwijderen van Fe op het irreversibel indrogen . . . . .	271
14 Adsorptiecapaciteit in m. aeq. van humus en lutum in veengronden . . . . .	272
15 De produkt-moment-correlatie-coëfficiënten . . . . .	272
16 De kationenbezetting van veengronden (laag 5-15 cm). . . . .	272
17 De uitgangstoestand van de gebruikte gronden . . . . .	273
18 Resterende vochtgehalten na behandeling met organische vloeistoffen . . . . .	274
19* De invloed van samenpersen van de grond bij 370 atm. . . . .	—
20 Het effect van malen in een kogelmolen van bij 105° C gedroogde gronden . . . . .	275
21 Uitgangstoestand van de gebruikte monsters . . . . .	276
22 Schema van de toevoegingen. . . . .	276
23 De resultaten van de aerobe serie (gem. voor drie gronden). . . . .	277
24 De resultaten van de semi-anaerobe serie (gem. voor drie gronden) . . . . .	278
25 De resultaten van de anaerobe serie (gem. voor drie gronden) . . . . .	278
26 De resultaten van de drie gronden afzonderlijk . . . . .	279
27 De uitgangstoestand van de gebruikte gronden. . . . .	280
28* De invloed van vochtig bewaren op gronden met verschillende Ii-graad . . . . .	—
29 De uitgangstoestand van de gronden gebruikt bij de beregeningsproeven . . . . .	281
30 Resultaten van beregeningsproeven op wel en niet bekalkte gronden . . . . .	282
31 De uitgangstoestand van de gebruikte monsters . . . . .	283
32 De invloed van mengen met minerale fracties op de resistentie tegen irreversibel indrogen . . . . .	284
33* Invloed van bevriezen op de resterende vochtgehalten na centrifugeren . . . . .	—
34* De invloed van bevriezen op $R_t$ en $R_{min}$ en op de opzuigcapaciteit bij veengronden met verschillende verteringsgraad . . . . .	—
34a Gemiddelden van de waarden in tabel 34 . . . . .	285

35*	De invloed van bevroren op de resterende vochtgehalten en de opzuigcapaciteit . . . . .	—
36	De uitgangstoestand van de gebruikte monsters . . . . .	286
37*	De invloed van krilium en/of kalk. . . . .	—
38*	Een vergelijking van water en tetra wat betreft hun invloed op de krimp . . . . .	—
39	De invloed van het drogen op de hoeveelheid uitwisselbare basen en op de adsorptiecapaciteit . . . . .	287

## DEEL II

### Tabel:

1	Overzicht van de belangrijkste Nederlandse veensoorten . . . . .	289
2	De omvang van de verdroging in zomer en najaar van 1950-51 . . . . .	290
3*	Samenstelling grasmat in de polder „De Putte” (Onderzoek, juli-augustus 1951) . . . . .	—
4	Gemiddelde gewichtspercentages van grassen en onkruiden (ingedeeld naar verdroging) . . . . .	292
5	Resultaten van de doorlatendheidsmetingen . . . . .	293
6	Doorlatendheidsmetingen in de polder „De Putte” . . . . .	294
7	Vergelijking van de doorlatendheidsmetingen verricht in sept. 1951 en dec. 1951 . . . . .	294
8	Doorlatendheidsmetingen in slootkant en perceel . . . . .	294
9*	Object: Zegveld. Samenvatting van de botanische schattingsgegevens verzameld van 21-24 april 1953 . . . . .	—

## DEEL III

### Tabel:

1*	De produkties van CI-203 van 1947 t/m 1950 . . . . .	—
2	Gemiddelde analyses per klasse CI 203 van 1937 t/m 1950 (0-5 cm). . . . .	295
3	Botanische analyses van CI 203 in 1949 en 1950 (monsters genomen eind augustus, begin september) . . . . .	296
4	De gemiddelde produktie over een groot aantal jaren . . . . .	297
5	De opbrengsten in 1949 en 1950, vergeleken met de opbrengsten in deze jaren in andere streken van Nederland. . . . .	298
6	De gemiddelde produktie van bouwlandgewassen op verdroogde gronden, vergeleken met opbrengsten elders. . . . .	298
7*	Profielbeschrijvingen en analyses van de proefvelden, waarvan de opbrengsten in tabel 8 vermeld zijn . . . . .	—
8*	Droge-stofprodukties bij infiltratieproefvelden van 1949 t/m 1952 . . . . .	—
9	Gemiddelde produktie aan droge stof van verdroogde gronden en de door infiltratie te bereiken produktie voor deze gronden (gegevens CI 203) . . . . .	299
10	Jaarprodukties van infiltratieproeven (kg ds/ha). . . . .	299
11	Mineralengehalten (% in de droge stof) . . . . .	300
12	De invloed van de infiltratie op vochtgehalte en li-graad . . . . .	301
13	De invloed van de infiltratie op de botanische samenstelling (drooggewicht percentages) . . . . .	302

14*	De invloed van bekalking op opbrengsten en eigenschappen van de grond bij NZH 398. . . . .	—
15	De invloed van bekalking op opbrengsten en eigenschappen van de grond bij het proefveld bij L. Kruijt te Zegveld in 1952 . . . . .	303
16	De invloed van bekalking op opbrengsten en eigenschappen van de grond bij NZH 392. . . . .	305
17	De invloed van de bekalking op het gehalte van CaO (% in de droge stof in de derde snede 1952) . . . . .	306
18	De invloed van NH <sub>3</sub> in gasvorm . . . . .	306
19	Opbrengsten en analyses bij NZH 392 in 1952 . . . . .	307
20	NZH 399. Analyses 1952 . . . . .	307
21	Opbrengsten en analyses bij L. Kruijt te Zegveld. . . . .	308
22	Analyses van de ondergrond uit kleiruggen. . . . .	308

\* De tabellen gemerkt met een \* bevinden zich als losse bijlagen achterin dit boek

\* *Numbers marked with an asterisk refer to tables enclosed at the end of this volume as appendices*

## Decl/Part I

TABLE 2. Volume percentages water in verschillende pF trajecten

Monster no.	Omschrijving	Bemonsterde laag	pH	% <16 $\mu$	% org. stof	Vol. % water bij pF					
						<1,6	1,6-4,2 niet gedroogd	>4,2 gedroogd			
25 B 391	matig verteerd O.L. slibrijk bosveen	57-75 cm	6,1	27	56	25	37	28	12	25	25
25 B 398	<i>moderately decayed wood peat</i> idem / the same	60-80 cm	5,3	50	35	24	41	25	22	25	20
27 B 819	sterk verteerd mos-veen Duivendrecht <i>strongly decayed sphagnum peat</i>	35-43 cm	5,4	7	88	38	34	25	42	21	23
Sample no.	Description	Sampled layer	pH	% <16 $\mu$	% org. matter	Vol. % of water at pF					
						<1,6	1,6-4,2 <i>not dried</i>	>4,2 <i>dried</i>	<1,6	1,6-4,2	>4,2

TABLE 2. Percentages (v) of water in peat soils at different pF values



Decl/Part I  
 TABLE 5. De uitgangstoestand van de gebruikte gronden

Monster no.	laag in cm o.m.	Omschrijving	pH	A-cijfer	% humus	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-gr.
25 B 390	22-35	slibh. bosveen O.L. <i>sily wood peat</i>	6,6	180	46	24	158	80	242	5 <sup>+</sup>
394	30-47	s. v. slibh. bosveen O.L. <i>ditto</i>	3,5	176	51	24	165	55	264	5 <sup>-</sup>
398	60-80	slibr. bosveen O.L. <i>ditto</i>	5,3	260	35	50	216	81	197	0
400	47-60	m.v. slibh. bosveen O.L. <i>ditto</i>	3,8	385	78	14	296	69	391	3
401	35-60	m.v. slibh. boszeggeveen O.L. <i>wood-sedge peat</i>	5,3	350	62	24	315	90	310	0
413	60-75	zandig kleiveen V.K.D. <i>clayey peat</i>	5,9	115	30	25	114	62	179	5,5
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH	A-value	% org. matter	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 5. Starting conditions of the soils used in the experiments with wetting agents

Deel/Part I

TABEL 6. De invloed van vloeimiddelen op de resterende vochtgehalten

Monster no. B.I. sample no.	Opgeroerd met / stirred with										Ii-graad / Ii-degree <sup>2</sup> opgeroerd met / stirred with				
	water		0,12 % <sup>1</sup> Lissapol N (inactief)		0,4 % <sup>1</sup> diasapol ion actief		0,4 % <sup>1</sup> curmisol an- ion actief		0,4 % <sup>1</sup> T-pol (Shell)		water	Lissapol diasol	Curmisol T-pol		
	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub> <sup>2</sup>	
25B390	158	80	181	77	171	71	197	87	177	77	5+	4-	4,5	3-	4
394	165	55	167	57	154	54	166	56	206	56	5-	5-	5+	5-	3-
398	216	81	227	79	196	76	217	77	232	78	0	0	0	0	0
400	296	69	341	79	297	62	348	70	388	69	3	1,5	3	1+	0
401	315	90	328	85	301	74	314	83	306	89	0	0	0,5	0	0+
413	114	62	113	60	101	56	105	66	115	65	5,5	6-	7-	6+	5,5
Gem. Mean	211	73	226	73	203	66	225	73	237	72	3,1	2,6	3,3	2,5	2,1

TABEL 6. The effect of wetting agents on the centrifuge moisture equivalents

<sup>1</sup> De percentages zijn uitgedrukt in de actieve stof / Percentage active material  
<sup>2</sup> Voor de bepaling van R<sub>min</sub> zijn de afgewerkte monsters van de R<sub>t</sub> bepalingen genomen  
<sup>3</sup> Bij de berekening is steeds de R<sub>min</sub> waarde van kolom 3 aangehouden / Calculated with R<sub>min</sub> values of column 3

Decl/Part I  
 TABLE 7. De uitgangstoestand van de bij de beregeningsproeven gebruikte gronden

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH- H <sub>2</sub> O	% org. stof	% <16 μ	A-cijfer	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-graad
25 B 394	30-47	s.v. slibh. bosveen O.L.	4,0	51	24	176	170	57	264	4,5
25 B 400	47-60	wood-peat m.v. slibh. bosveen O.L.	3,9	78	14	585	396	69	392	0
30 B 102	5-20	wood-peat venige klei ingedroogd O.L.	4,5	17	61	37	73	59	124	8-
30 B 103	5-20	peaty clay kleih. veen V.D. / clayey peat	5,6	41	33	63	142	69	221	5+
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH- H <sub>2</sub> O	% org. matter	% <16 μ	A-value	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 7. Starting conditions of the soil used in the sprinkling experiments

TABEL 8. De invloed van vloeimiddelen bij de beregeningsproeven

Omschrijving Description	30 B 102 toegevoegd / added		30 B 103 toegevoegd / added		30 B 394 toegevoegd / added		25 B 400 toegevoegd / added	
	H <sub>2</sub> O	Lissapol T. pol	H <sub>2</sub> O	Lissapol T. pol	H <sub>2</sub> O	T. Pol	H <sub>2</sub> O	T. Pol
g oorspr. grond in de buis	95	95	75	75	70	70	70	70
grs. of soil in the tube								
% vocht aan het begin	25,2	25,2	56,1	57,3	59,3	59,3	78,5	78,5
% water at the start								
g vocht in grond in buis	23,9	23,9	42,1	43,1	41,5	41,5	55,0	55,0
grs. of water in the soil in the tube								
g droge grond in buis	71,1	71,1	32,9	31,9	28,5	28,5	15,0	15,0
grs. of dry soil in the tube								
% vocht aan het eind	41,0	41,2	65,7	64,3	70,4	70,3	81,2	81,6
% water at the end								
% droge grond aan het eind	59,0	58,8	34,3	35,7	29,6	29,7	18,8	18,4
% dry soil at the end								
g vocht in buis aan het eind	49,4	49,8	63,0	64,4	67,8	67,4	64,8	66,5
grs. of water in the tube at the end								
g opgenomen vocht	25,5	25,9	20,9	22,3	26,3	25,9	9,8	11,5
grs. of water taken up								
idem in mm	41,4	42,0	33,9	36,2	42,7	42,0	15,9	18,7
mm of water taken up								
gegeven water in mm	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5
given water in mm								
pH aan het eind	4,5	4,5	5,6	5,5	4,0	3,8	4,0	3,9
pH at the end								
R <sub>1</sub> aan het eind	73	73	136	142	170	177	396	392
R <sub>1</sub> at the end								
R <sub>min</sub> aan het eind	59	56	69	76	57	63	69	77
R <sub>min</sub> at the end								
li-graad <sup>1</sup> aan het eind	8-	8-	5,5	5+	4,5	4+	0	0
li-degree at the end								

TABEL 8. The effect of wetting agents in sprinkling experiments

<sup>1</sup> Bij de berekening van de li-graad is steeds de R<sub>min</sub> waarde van de H<sub>2</sub>O-proef genomen.  
For the calculation of the li-degree always the R<sub>min</sub> value of the H<sub>2</sub>O-experiment was taken.

## Deel/Part I

TABEL 10. De invloed van extraheren met aether en methylalcohol

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	Uitgangstoestand			Restierend vochtgehalte						
			pH- H <sub>2</sub> O	% <16 $\mu$ stof	% org. R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	I-gr.	niet behan- deld (R <sub>min</sub> )	geëxtraheerd met aether en methylalcohol direct na uitwassen	na drogen bij 105° C		
25 B 385	15-20	venige klei O.L. <i>peaty clay</i>	6,3	44	21	104	50	4	62	57	60	
25 B 390	22-35	slibh. bosveen O.L.	6,6	24	46	172	77	4+	77	73	79	
25 B 392	20-35	wood-peat kleiveen O.L. <i>clayey peat</i>	5,9	44	30	203	60	0	66	62	68	
25 B 394	30-47	s.v. slibh. bosveen O.L. wood-peat	3,5	24	51	175	54	4+	57	62	63	
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH- H <sub>2</sub> O	% <16 $\mu$	% org. matter	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	I- degree	no treatment	directly after washing again with water	after drying firstly at 105°C and then rewetting with water	extd. with ether and methyl- alcohol resp. Centrifuge moisture equivalents

TABLE 10. The effect of extraction with ether and methylalcohol on the centrifuge moisture equivalents

## Deel/Part I

TABEL 11. De invloed van koken met water en met peptisatiemiddelen

Monster no.	Omschrijving	pH	% org. stof	% <16 $\mu$	Uitgangswaarden			Gekookt met								
					R <sub>max</sub> (uit curve)	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	H <sub>2</sub> O	0,003 M Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,003 N NH <sub>4</sub> OH	0,1 N NH <sub>4</sub> OH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	
24 B 706	ingedr. venige klei O.L. dried up peaty clay	4,6	20	60	136	59	48	9-	79	55	121	57	98	63	156	48
24 B 708	ingedr. klei h.veen V.D. dried up clayey peat	3,9	46	47	242	70	61	9,5	83	64	106	69	85	71	214	48
25 B 117	idem V.D.	4,3	47	36	245	78	61	9,5	90	64	124	72	98	70	302	45
25 B 118	ingedr. klei veen V.D. gemiddeld / average	4,2	30	54	177	69	63	10-	81	71	104	74	88	78	140	53
					200	69	58	9+	83	64	114	68	92	71	203	49
Sample no.	Description	pH	% org. matter	% <16 $\mu$	R <sub>max</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	i-degree	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>

TABLE 11. The effect of boiling with water and with peptizing agents on the centrifuge moisture equivalents

## Deel/Part I

TABEL 12. De invloed van de kationenbezetting

Monster no.	Laag cm	Omschrijving	Oorspr. monster		Behandeld met HCl en H <sub>2</sub> O		Daarna met 140 m.e. NaOH		Of met 75 m.e. Cs CO <sub>3</sub>		Of met 115 m.e. Cs CO <sub>3</sub>						
			pH	% org. stof	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	
25B391	57-75	slibh. bosveen sily wood-peat	6,1	56	27	3,2	294	61	7,6	732	290	5,8	336	75	7,1	506	186
				% org. matter	% < 16 μ												
Sample no.	Layer in cm	Description	pH	Original sample	16 μ	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>
						Treated with HCl and H <sub>2</sub> O			Then with 140 m.e. NaOH			Or with 75 m.e. Cs CO <sub>3</sub>			Or with 155 m.e. Cs CO <sub>3</sub>		

Sample no.	Layer in cm	Description	Of met 35 m.e. tri-isoamylamine		Of met 70 m.e. tri-isoamylamine		Of met 140 m.e. tri-isoamylamine		Of met 50 m.e. Ca(OH) <sub>2</sub>		Of met 80 m.e. Ca(OH) <sub>2</sub>		Of met 160 m.e. Ca(OH) <sub>2</sub>				
			pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	pH	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>
4,8	322	56	5,7	345	54	6,9	372	60	4,5	301	65	5,1	280	73	7,2	313	84

TABEL 12. The effect of saturation with different cations on the centrifuge moisture equivalents

Deel/Part I  
 TABLE 13. De invloed van het verwijderen van Fe op het irreversibel indrogen

Monster no.	Laag in cm o.m. omschrijving	pH	Uitgangstoestand				Niet gekookt				Gekookt				
			% org. stof	% < 16 $\mu$ stof	% zand + gloei-rest	%	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
25 B 392	20-35 kleiveen O.L. clayey peat	5,9	30	44	26	203	60	43,3	7,20	4,95	161	71	64,1	3,02	0,90
25 B 399	40-60 m.v.silbh.bosveen O.L.	4,7	71	16	13	404	92	11,7	4,87	2,94	281	125	15,6	2,20	0,32
25 B 400	47-60 silty wood-peat	3,8	78	14	8	365	66	11,7	2,70	1,38	226	103	15,9	1,25	0,16
25 B 413	60-75 zandig kleiveen V.K.D. clayey peat	5,9	30	25	45	120	51	51,1	4,07	2,60	70	63	65,0	1,35	0,44
Sample no.	Layer in cm below surface	pH	% org. matter < 16 $\mu$	% sand + salts	%	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
			Starting conditions			Not boiled with 10% HCl			Boiled with 10% HCl						

TABLE 13. The effect of the removing of Fe on the irreversible drying



## Deel/Part I

TABEL 14. Adsorptiecapaciteit in m. aeq. van humus en lutum in veengronden

	1 gram humus	1 gram lutum (< 2 $\mu$ )
oude land	2,05	0,22
droogmakerijen	2,14	0,45

TABLE 14. Calculated exchange capacity in m.e. of humic matter and lutum (< 2  $\mu$ ) in peat soils

TABEL 15. De produkt-moment-correlatie-coëfficiënten

	Slootwaterstand ditch water level	pH- KCl	H	Ca	K	Na	Ii- graad <i>Ii-degree</i>
slootwaterstand ditchwater level	1	-0,73	0,71	-0,73	0,007	-0,68	-0,81
pH-KCl	-0,73	1	-0,93	0,94	0,02	0,51	0,66
H	0,71	-0,93	1	-0,96	-0,09	-0,53	-0,64
Ca	-0,73	0,94	-0,96	1	-0,30	0,52	0,66
K	-0,07	0,02	-0,09	-0,30	1	0,33	0,23
Na	-0,68	0,51	-0,53	0,52	0,33	1	0,73
Ii- graad / <i>Ii-degree</i>	-0,81	0,66	-0,64	0,66	0,23	0,73	1

TABLE 15. The product moment correlation coefficients

TABEL 16. De kationenbezetting van veengronden (laag 5-15 cm)

Slootwaterstand- klasse, cm onder maaiveld	Aantal percelen	Gem. slootwater- stand, cm onder maaiveld	pH- KCl	% org. stof	% < 2 $\mu$	Ii- graad	Kationenbezetting in % van ads. cap.			
							H	Ca	K	Na
15-30	6	22	4,7	38	21	5	29	61	0,9	1,3
31-40	5	37	4,5	25	30	4,5	35	52	1,6	1,2
41-50	5	44	4,3	49	13	7	42	45	0,5	1,0
51-60	4	57	4,2	29	40	6+	40	45	1,3	0,9
61-75	6	67	4,2	37	25	7,5	50	40	1,1	0,7
76-100	7	85	3,7	36	25	9	56	27	1,0	0,7
ondergrond / <i>sub soil</i>	4		4,3	59	20	1,5	40	53	0,4	1,1

Ditchwater- level group	Amt. of plots	Average ditch- waterlevel	pH- KCl	% org. matter	% < 2 $\mu$	Ii- degree	Base saturation in % of exchange capacity			
							H	Ca	K	Na

TABLE 16. The base saturation of peat soils (layer 5-15 cm)

## Deel/Part I

TABEL 17. De uitgangstoestand van de gebruikte gronden

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH	% org. stof	% <16 $\mu$	A-cijfer	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	li-gr.
25 B 392	20-35	kleiveen O.L. <i>clayey peat</i>	5,9	30	44	153	203	60	0
25 B 399	40-60	m.v. slihb. bosveen O.L. <i>wood-peat</i>	4,7	70	16	452	204	92	0
25 B 413	60-75	zandig kleiveen V.K.D.	5,9	30	25	115	120	51	4,5
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH	% org. matter	% <16 $\mu$	A-value	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	li-degree

TABEL 17. Starting conditions of the soils used in the experiments with organic liquids

## Deel/Part I

TABELL 18. Resterende vochtgehalten na behandeling met organische vloeistoffen

Monster no. / Sample no. Behandeling / Treatment	25 B 392		25 B 399		25 B 413	
	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>
1. geen / none	203	60	404	92	120	51
2. met water gekookt / boiled with water	299	56	375	100	121	57
3. alc.-water	206	60	411	80	117	54
4. alc.-geëxtr.-water	186	67	390	88	126	59
5. alc.-ac.-alc.-water	195	59	350	83	116	58
6. alc.-ac.-geëxtr.-alc.-water	181	63	342	88	126	63
7. alc.-ac.-benzeen-ac.-alc.-water	190	63	390	92	114	59
8. alc.-ac.-benzeen-geëxtr.-ac.-alc.-water	189	63	372	91	120	62
9. methylalc.-water	230	62	424	80	140	52
10. alc.-afgedampt-water	109 (6,6)	69	192 (6,8)	152	84 (5,3)	70
11. alc.-ac.-afgedampt-water	120 (5,9)	67	210 (6,3)	126	102 (2,7)	65
12. alc.-ac.-benzeen-afgedampt-water	129 (5,2)	73	249 (5,0)	122	114 (0,9)	70
13. ac.-benzeen-tetra-afgedampt-water	121 (5,8)	64	241 (5,3)	111	100 (2,9)	64
14. methylalc.-afgedampt-water	112 (6,4)	73	176 (7,4)	148	91 (4,3)	68

TABLE 18. Centrifuge moisture equivalents after replacing water by organic liquids in some cases extracting with these liquids, the latter either again being replaced by water or evaporated, whereafter the soils are rewetted with water

( ) li-grad / li-degrees

Ac. = aethylalcohol (EtOH) ac. = acetone (Me<sub>2</sub>CO)

Geëxtr. = extractie in Soxhlet met de laatsgenoemde vloeistof / Soxhlet-extraction with the last of the above-mentioned liquids

Afgedampt = de laatsgenoemde vloeistof werd afgedampt en de grond werd nagedroogd bij 105° C / the last-mentioned liquid was evaporated and the soil was oven-dried

TABEL 20. Het effect van malen in een kogelmolen van bij 105° C gedroogde gronden

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	Uitgangstoestand				Ii-graad			
			pH	% org. stof	% <16 μ	A-cijfer		R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>
27 B 827	20-30	s.v. mosveen Waverveen sphagnum peat	4,4	94	1	250	420	97	512	2+
28 B 686	5-20	s.v. venige klei V.K.D. peaty clay	5,6	22	44	34	68	64	145	9,5
28 B 688	5-12	s.v. kleih. veen V.D. clayey peat	5,2	53	19	163	180	78	275	5-

Sample no.	Layer in cm below surface	Description	% org. matter < 16 μ				Starting conditions												
			pH	% org. matter	% < 16 μ	A-value	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree									
Monster no.	Niet gemalen		15 uur in kogelmolen gemalen				45 uur in kogelmolen gemalen												
			R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>						
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%							
			vocht	vocht	vocht	vocht	vocht	vocht	vocht	vocht	vocht	vocht							
			na	na	na	na	na	na	na	na	na	na							
			malen	malen	malen	malen	malen	malen	malen	malen	malen	malen							
27 B 827	87	84	69	214	74	70	134	112	97	70	198	73	64	5	132	110	108		
	69	66	50	98	77	78	3	94	94	81	44	98	74	70	3	102	94	99	
28 B 688	80	74	76	55	162	83	69	5	110	108	97	56	150	66	63	3	115	115	114
	79	76	76	58	158	78	72	6	113	105	92	57	149	71	66	4	116	106	107
Sample no.	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>min</sub>		
	Not ground			ground wet			ground dry			ground wet			ground dry						
			Ground 15 hrs. in a ballmill			Ground 45 hrs. in a ballmill													

TABEL 20. The effect of grinding in a ballmill of soils dried at 105°C

## Deel/Part I

TABEL 21. Uitgangstoestand van de gebruikte monsters

Monster no.	Omschrijving	pH	A-cijfer	% org. stof	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-gr.
25 B 117	ingedroogd kleih. veen V.D. <i>dried clayey peat</i>	4,3	13	46	36	70	61	243	9,5
25 B 118	ingedroogd kleiveen V.D. <i>the same</i>	4,2	14	30	54	62	64	177	10
25 B 119	ingedroogd kleiveen O.L. <i>the same</i>	4,3	13	36	49	71	57	202	9
Sample no.	Description	pH	A-value	% org. matter	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 21. Starting conditions of the soil samples used in the investigations into the effect of stimulation of microbial activity particularly by liming

## Deel/Part I

TABEL 22. Schema van de toevoegingen

	8% toemaak	8% scik	2% schuim- aarde	2% kalkslib	4,5% CaCO <sub>3</sub>	3,5% CaCO <sub>3</sub>	Voedingsstoffen
I	—	—	—	—	—	—	—
I v.s.	—	—	—	—	—	—	+
II	—	—	—	—	+	—	—
II v.s.	—	—	—	—	+	—	+
III	+	—	—	—	+	—	—
III v.s.	+	—	—	—	+	—	+
IV	—	+	—	—	+	—	—
IV v.s.	—	+	—	—	+	—	+
V	—	—	+	—	—	+	—
V v.s.	—	—	+	—	—	+	+
VI	—	—	—	+	—	+	—
VI v.s.	—	—	—	+	—	+	+
	<i>Slush- manure compost</i>	<i>Cocoa factory lime sludge</i>	<i>Sugar factory lime sludge</i>	<i>Straw board industry lime sludge</i>	<i>Lime 4,5%</i>	<i>Lime 3,5%</i>	<i>0,5% peptone + 0,5% glucose + K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></i>

TABLE 22. Scheme of additions

## Deel/Part I

TABEL 23. De resultaten van de aerobe serie (gem. voor drie gronden)

Proef no.	pH na weken in broedcel					R <sub>min</sub> na weken in broedcel					R <sub>i</sub> na weken in broedcel					Ii-gr. na weken in broedcel								
	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30
I	4,3	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	60	62	68	69	70	70	77	79	89	92	94	92	8,8	8,7	8,0	7,8	7,7	7,8
I v.s.	4,2	4,4	4,2	4,1	4,3	4,2	61	62	69	67	70	73	78	81	88	92	93	93	8,8	8,6	8,1	7,8	7,8	7,8
II	6,3	6,9	7,0	7,0	7,1	6,8	73	70	75	78	73	74	77	81	88	91	88	88	8,8	8,6	8,1	7,9	8,1	8,1
II v.s.	6,3	6,9	6,9	6,9	7,0	6,7	75	70	78	75	73	74	82	80	89	90	90	91	8,5	8,6	8,0	8,0	8,0	7,9
III	6,2	6,9	7,0	7,0	7,1	6,8	75	72	78	72	72	76	78	82	93	93	92	92	8,8	8,5	7,8	7,8	7,8	7,8
III v.s.	6,2	6,8	6,9	6,9	7,0	6,8	73	73	79	73	74	78	84	81	92	93	92	94	8,4	8,6	7,8	7,8	7,8	7,7
IV	6,2	7,0	7,1	7,1	7,2	7,1	76	73	79	78	75	76	83	86	92	95	95	92	8,4	8,2	7,8	7,6	7,6	7,8
IV v.s.	6,2	6,8	7,0	7,0	7,1	7,0	75	73	79	78	74	77	84	86	91	95	97	94	8,4	8,2	7,9	7,6	7,5	7,7
V	6,3	7,2	7,2	7,0	7,0	6,8	75	80	77	77	77	81	85	89	90	86	88	91	8,3	8,0	8,0	8,2	8,1	7,9
V v.s.	6,3	7,0	7,1	6,8	6,8	6,8	75	77	74	78	76	79	86	89	89	87	89	90	8,2	8,0	8,0	8,2	8,0	8,0
VI	6,3	6,9	7,0	6,7	6,7	6,6	77	74	75	75	74	77	86	89	87	87	88	86	8,2	8,0	8,2	8,2	8,1	8,2
VI v.s.	6,2	6,8	6,8	6,6	6,6	6,5	76	75	75	76	75	79	84	88	88	88	89	87	8,4	8,1	8,1	8,1	8,0	8,2
Expt. no.	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30	0	6	12	18	24	30
	pH after weeks of incubation						R <sub>min</sub> after weeks of incubation						R <sub>i</sub> after weeks of incubation						Ii-degree after weeks of incubation					

TABEL 23. The results of the aerobic series (average of the three soils)

## Deel/Part I

TABEL 24. De resultaten van de semi-anaerobe serie (gem. voor drie gronden)

Proef no.	pH na maanden			$R_{\min}$ na maanden			$R_t$ na maanden			Ii-gr. na maanden		
	0	6	15	0	6	15	0	6	15	0	6	15
I	4,3	5,0	4,6	60	68	70	77	97	104	8,8	7,5	7,0
I v.s.	4,2	5,1	4,9	61	71	69	78	103	107	8,8	7,1	6,8
II	6,3	7,0	7,2	73	78	78	77	95	106	8,8	7,6	6,9
II v.s.	6,3	6,9	7,2	75	76	78	82	98	105	8,5	7,4	6,9
III	6,3	6,9	7,2	75	77	81	78	100	106	8,8	7,3	6,9
III v.s.	6,2	6,9	7,1	73	79	82	84	100	106	8,4	7,3	6,9
IV	6,2	6,8	7,2	76	82	83	83	100	106	8,4	7,3	6,9
IV v.s.	6,2	6,8	7,1	75	81	79	84	97	105	8,4	7,5	6,9
V	6,3	6,8	7,0	75	78	82	85	95	100	8,3	7,6	7,3
V v.s.	6,3	6,8	6,9	75	82	78	86	99	100	8,2	7,3	7,3
VI	6,3	6,9	6,9	77	81	76	86	103	97	8,2	7,1	7,5
VI v.s.	6,2	6,9	7,0	76	79	77	84	96	99	8,4	7,6	7,3
	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>
Expt. no.	pH after months			$R_{\min}$ after months			$R_t$ after months			Ii-degree after months		

TABLE 24. The results of the semi-anaerobic series (average of the three soils)

## Deel/Part I

TABEL 25. De resultaten van de anaerobe serie (gem. voor drie gronden)

Proef no.	pH na maanden			$R_{\min}$ na maanden			$R_t$ na maanden			Ii-gr. na maanden		
	0	6	15	0	6	15	0	6	15	0	6	15
I	4,3	5,1	5,4	60	64	70	77	101	111	8,8	7,2	6,5
I v.s.	4,2	5,3	5,6	61	68	71	78	103	114	8,8	7,1	6,3
II	6,3	7,0	7,0	73	77	75	77	96	103	8,8	7,6	7,1
II v.s.	6,3	6,9	6,9	75	77	75	82	100	101	8,5	7,3	7,2
III	6,2	6,8	7,0	75	76	80	78	101	105	8,8	7,2	6,9
III v.s.	6,2	6,9	7,1	73	79	78	84	104	106	8,4	7,0	6,9
IV	6,2	6,8	7,0	76	81	79	83	102	102	8,4	7,1	7,1
IV v.s.	6,2	6,8	7,1	75	81	79	84	102	104	8,4	7,1	7,0
V	6,3	7,0	6,7	75	77	78	85	96	101	8,3	7,6	7,2
V v.s.	6,3	6,8	6,8	75	75	78	86	94	104	8,2	7,7	7,0
VI	6,3	6,8	6,7	77	80	76	86	97	102	8,2	7,5	7,1
VI v.s.	6,2	6,8	6,8	76	79	72	84	95	99	8,4	7,6	7,3
	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>15</u>
Expt. no.	pH after month			$R_{\min}$ after month			$R_t$ after month			Ii-degree after month		

TABLE 25. The results of the anaerobic series (average of the three soils)

Deel/Part I  
 TABLE 26. De resultaten van de drie gronden afzonderlijk

Monster no.	Proef no.	Aerobe serie			Semi-anaerobe serie			Anaerobe serie						
		pH na weken	R <sub>min</sub> na weken	Ii-gr. na weken	pH na maanden	R <sub>min</sub> na maanden	Ii-gr. na maanden	pH na maanden	R <sub>min</sub> na maanden	Ii-gr. na maanden				
25 B 117	I	4,3	58	71	4,3	5,0	58	67	4,3	5,0	58	62	8,9	7,8
25 B 117	II	6,5	73	75	6,5	7,0	73	79	6,5	7,0	73	77	9,0	7,8
25 B 117	IV	6,3	7,1	78	6,3	6,8	78	81	6,3	6,9	78	82	8,5	7,6
25 B 118	I	4,2	4,1	65	4,2	4,9	65	73	4,2	5,1	65	70	9,5	7,8
25 B 118	II	6,3	6,9	75	6,3	7,1	75	80	6,3	7,0	75	76	9,4	8,0
25 B 118	IV	6,3	7,2	77	6,3	6,8	77	82	6,3	6,7	77	82	8,9	7,7
25 B 119	I	4,3	4,1	57	4,3	4,9	57	63	4,3	5,2	57	61	8,3	6,1
25 B 119	II	6,2	6,9	72	6,2	7,0	72	76	6,2	6,9	72	77	8,3	6,8
25 B 119	IV	6,1	7,0	72	6,1	6,8	72	81	6,1	6,9	72	78	7,9	6,3
Sample no.	Expt. no.	0	30	0	30	0	30	0	6	0	6	0	6	0
		pH after weeks	R <sub>min</sub> after weeks	Ii-degree after weeks	pH after months	R <sub>min</sub> after months	Ii-degree after months	pH after months	R <sub>min</sub> after months	Ii-degree after months	pH after months	R <sub>min</sub> after months	Ii-degree months	
		Aerobic series			Semi-anaerobic series			Anaerobic series						

TABLE 26. The results of the three soils given separately



Deel/Part I  
 TABLE 27. De uitgangstoestand van de gebruikte gronden

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH	A-cijfer	% org. stof	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-graad
28 B 686	5-20	s.v. venige klei V.K.D. <i>peaty clay</i>	5,6	34	22	44	68	64	145	9,5
28 B 687	5-12	s.v. kleih. veen O.L. <i>clayey peat</i>	4,5	47	37	47	81	60	206	8,5
28 B 688	5-12	s.v. kleih. veen V.D. <i>clayey peat</i>	5,2	163	53	19	180	78	275	5-
28 B 689	5-12	s.v. kleih. veen O.L. <i>clayey peat</i>	5,5	137	39	47	164	77	212	3,5
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH	A-value	% org. matter	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 27. Starting conditions of the soils used in the investigations into the effect of a prolonged maintenance of the soils in moist condition

## Deel/Part I

TABEL 29. De uitgangstoestand van de gronden gebruikt bij de beregeningsproeven

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH-H <sub>2</sub> O	A-cijfer	% org. stof	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-graad
30 B 101	5-20	s.v. kleih. veen V.D. <i>clayey peat</i>	4,7	69	46	13	85	68	243	9
30 B 102	5-20	s.v. venige klei O.L. <i>peaty clay</i>	4,7	37	17	61	72	61	124	8+
30 B 104	15-30	kleih. veen O.L. <i>clayey peat</i>	5,4	415	70	21	464	96	350	0
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH-H <sub>2</sub> O	A-value	% org. matter	% < 16 $\mu$	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 29. Starting conditions of the soils used in the experiments with sprinkling after liming

## Deel/Part I

TABEL 30. Resultaten van beregeningsproeven op wel en niet bekalakte gronden

Monster no. / Sample no. Kalk / Lime	Grond in veldvochtige toestand Soil in natural moist condition						Van te voren extra vocht toeg. Previously extra water added				
	30 B 101		30 B 102		30 B 104		30 B 101		30 B 102		
	+	-	+	-	+	-	-	+	+		
gram oorspr. grond in buis (veldvochtig) g. soil in natural moist condition in the tube	70	70	90	90	80	80	80	65	65	115	115
% vocht v.d. grond bij begin proef % water in the soil at the start of the expt.	39,8	39,8	25,0	25,0	79,4	79,4	79,4	46,4	46,4	40,3	40,3
gram CaCO <sub>3</sub> toegevoegd / g. CaCO <sub>3</sub> added	-	0,7	-	0,9	-	0,8	0,8	-	0,6	-	0,9
gram vocht in buis bij begin proef / g. water in tube at the start of the expt.	27,9	27,9	22,5	22,5	63,5	63,5	63,5	30,2	30,2	46,3	46,3
gram droge stof in buis <sup>1</sup> / g. dry substance in tube <sup>1</sup>	42,1	42,8	67,5	68,4	16,5	17,3	16,5	34,8	35,4	68,7	69,6
grammen vocht per 100 gram droge stof bij begin proef g. water per 100 g. dry substance at the start of the expt.	66,3	65,2	33,3	32,9	384,8	367,1	384,8	86,8	85,3	67,4	66,5
idem bij eind proef / the same at the end of the expt.	125,7	133,1	72,1	85,2	455,6	405,1	376,2	132,0	138,7	73,3	74,8
verschil begin eind / difference between start and end	59,4	67,9	38,8	52,3	70,8	38,0	-8,6	45,2	53,4	5,9	8,3
vastgehouden water in g / g. water retained by the soil	25,0	29,1	26,2	35,8	11,7	6,6	-1,4	15,7	18,9	4,1	5,8
vastgehouden water in mm / mm water retained by the soil	40,6	47,2	42,5	58,1	19,0	10,7	-2,3	25,5	30,7	6,7	9,4
gegeven water in mm / mm water given	104	104	104	104	104	104	91	91	91	91	91
pH eind proef / pH at the end of the expt.	4,7	6,0	4,7	7,0	5,4	7,0	7,0	4,8	5,9	4,8	6,8
R <sub>t</sub> eind proef / R <sub>t</sub> at the end of the expt.	96	91	80	79	438	427	395	102	103	85	82
R <sub>min</sub> eind proef / R <sub>min</sub> at the end of the expt.	57	64	64	62	72	82	81	65	66	65	69

TABEL 30. Results of sprinkling experiments on soils with and without previous liming

1. Inclusief de gegeven hoeveelheid CaCO<sub>3</sub> / Inclusive of the given amount of CaCO<sub>3</sub>

++ Kalk niet door de grond gemengd maar bovenop de grondzuil aangebracht / Lime not mixed with the soil but given on top of the column of soil

## Deel/Part I

TABEL 31. De uitgangstoestand van de gebruikte monsters

Monster no.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH	% org. stof	% <16 $\mu$	A-cijfer	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-graad
25 B 406	50-70	weinig verteerd zeggeniet bosveen O.L. <i>Slightly decayed sedge-reed-wool-peat</i>	5,5	85	6	468	374	98	438	0
27 B 827	20-30	sterk verteerd veenmosveen Waverveen V.D. <i>Strongly decayed sphagnumpeat</i>	4,4	84	1	250	420	97	512	2+
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH	% org. matter	% <16 $\mu$	A-value	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree

TABLE 31. Starting conditions of the soils used in the investigation into the effect of mixing the soil with different fractions of a mineral soil

## Deel/Part I

TABLE 32. De invloed van mengen met minerale fracties op de resistentie tegen irreversibel indrogen

4 gram fractie gemengd met n gram veen	% org. stof in het mengsel	Monster 25 B 406 gemengd met fractie												Monster 27 B 827 gem. met fractie 35-50 $\mu$	
		50-74 $\mu$		35-50 $\mu$		16-35 $\mu$		2-16 $\mu$		<2 $\mu$		$R_t$	$R_{min}$		
		$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$				
alleen veen <sup>1</sup>	84,6	361	85	361	85	361	85	361	85	361	85	84			
n = 1,50 g veen	23,1	312	68	330	92	319	79	251	74	80	80	81			
n = 1,25 g veen	20,1	308	69	324	95	312	84	242	82	92	92	79			
n = 1,00 g veen	16,9	300	78	326	95	301	93	234	90	99	99	86			
n = 0,75 g veen	13,4	298	74	313	106	315	95	230	99	105	105	92			
n = 0,50 g veen	9,4	314	85	328	126	320	102	240	x	148	105	105			
n = 0,25 g veen	5,0	321	100	332	144	317	104	x	x	194	120	120			
n = 0,125 g veen	2,6	—	114	330	156	317	141	x	x	372	136	136			
4 grams of fraction mixed with n grams of peat	25 B 406	27 B 827	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_t$	$R_{min}$	$R_{min}$		
			50-74 $\mu$		35-50 $\mu$		16-35 $\mu$		2-16 $\mu$		<2 $\mu$		35-50 $\mu$		
			Sample 25 B 406 mixed with fraction												
			Sample 27 B 827 mixed with fraction												

TABLE 32. The effect of mixing with different fractions of a mineral soil on the resistance against irreversible drying

x = Geen betrouwbare waarden gevonden / No reliable values found

1. Alleen veen / pure peat

## Deel/Part I

TABEL 34a. Gemiddelden van de waarden in tabel 34

Verterings- toestand	Gem. gehalte aan org. stof	Gem. C/N verhou- ding	In % van organische stof		Opzuigcapaciteit na 200 uur in grammen per 100 g droge stof niet be- vroren op -13°C	Gem. daling $R_t$ van gronden met Ii-graad = 0		Gem. stijging $R_{min}$ van gronden met Ii-graad = 0					
			gem. N geh.	gem. geh. aan on- oplosbare matière noire		gem. geh. aan op- losbare humus	gem. geh. aan op- losbare humus	absol- lute	rela- tief	absol- lute	rela- tief		
sterk verteerd	39,9	13,8	4,20	52,9	52,0	21,5	69 <sup>1</sup>	94 <sup>1</sup>	64	29	2	2	
<i>strongly decayed</i>													
matig verteerd	58,8	17,3	3,38	52,0	60,0	17,4	61	178	113	34	24	28	
<i>moderately decayed</i>													
weinig verteerd	70,9	19,7	3,03	47,5	60,2	12,3	68	260	124	34	38	48	
<i>slightly decayed</i>													
Degree of humification	Av. % org. matter	Av. C/N ratio	av. % N	av. % matière noire	av. % insoluble in 80% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	av. % soluble in 80% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	not frozen after 8 days at -13°C	Absorbing capacity in 200 hrs. calcd. in g per 100 gr dry soil	absol- lute	rela- tief	absol- lute	rela- tief	Av. increase of $R_{min}$ of soils with Ii-degree = 0 upon freezing

TABEL 34a. Average values from table 34

<sup>1</sup> De monsters 25 B 392, -397 en -390 werden buiten beschouwing gelaten, aangezien hiervan geen cijfers beschikbaar zijn voor de niet bevroren toestand / Exclusion of the samples 25 B 392, -397 and -390

## Deel/Part I

TABEL 36. De uitgangstoestand van de gebruikte monsters

Monster no.	Omschrijving	Laag in cm o.m.	% org. stof	% < 16 $\mu$	A-cijfer	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	Ii-gr.
30 B 102	venige klei O.L. <i>peaty clay</i>	5-20	17	61	37	72	61	8+
30 B 103	kleih. veen V.D. <i>clayey peat</i>	5-20	41	33	63	144	78	5,5
30 B 104	kleih. veen O.L. <i>clayey peat</i>	15-30	70	21	415	464	96	0
25 B 392	kleiveen O.L. <i>clayey peat</i>	20-35	30	44	153	203	60	0
Sample no.	Description	Layer in cm below surface	% org. matter	% < 16 $\mu$	A-value	R <sub>t</sub>	R <sub>min</sub>	Ii-degree

TABLE 36. Starting conditions of the soils used in the investigation into the effect of addition of kromium and (or) CaCO<sub>3</sub>

Deel/Part I  
 TABEL 39. De invloed van het drogen op de hoeveelheid uitwisselbare basen en op de adsorptiecapaciteit

Monster No.	Laag in cm o.m.	Omschrijving	pH	% < 16 $\mu$ stof	% org.	R <sub>1</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-gr.	Uitwisselbare basen in me. per 100 g droge grond		Adsorptiecapaciteit in me. per 100 g droge grond	
										niet gedr. grond	lucht-droge grond	niet gedr. grond	lucht-droge grond
25B380	40-55	humeuze klei / <i>humous clay</i>	4,7	70	9	74	55	89	4,5	24	17	44	49
25B379	20-45	humeuze klei / <i>humous clay</i>	6,7	52	12	88	50	105	3	47	40	55	58
25B387	20-38	venige klei op slibr. bosveen <i>peaty clay on wood-peat</i>	6,4	52	21	92	58	140	6-	65	54	84	79
25B392	20-35	venige klei / <i>peaty clay</i>	5,9	44	30	122	60	177	5-	67	58	103	103
25B396	45-60	m.v. kleig bosveen / <i>clayey wood-peat</i>	5,8	46	40	158	76	216	4+	102	82	140	126
31B981		veen uit Loenerveense plas <i>peat from Loenerveen-lake</i>	6,4	19	49	198	58	256	3	138	94	211	168
25B401	35-60	m.v. slibr. bos-zeggeveen <i>silty wood-sedge peat</i>	5,3	24	62	285	89	310	1+	122	72	223	142
25B402	20-40	m.v. zegge-riet-bosveen <i>sedge-reed-wood-peat</i>	5,0	22	68	257	78	338	3	106	65	214	140
25B407	40-70	m.v. slihb. bosveen / <i>silty wood-peat</i>	4,1	12	78	290	77	397	3+	100	55	281	139
31B976		veen uit Loenerveense plas <i>peat from Loenerveen-lake</i>	6,6	2	89	372	75	475	2,5	210	113	357	192
Sample no.	Layer in cm below surface	Description	pH	% < 16 $\mu$ matter	% org.	R <sub>1</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	Ii-degree	undried soil	air-dried soil	undried soil	air-dried soil
										Exchange-capacity in m.e. per 100 g dry soil		Exchange-capacity in m.e. per 100 g dry soil	

TABEL 39. The effect of drying on the amount of exchangeable bases and on the exchange capacity



## Deel / Part II

TABEL 1. Overzicht van de belangrijkste Nederlandse veensoorten

Onder water ontstaan (Limnisch of Marine) <i>Sub-aqueous origin (Lacustrine or marine)</i>	Ontstaan in voedselarm (oligoτροφ) milieu <i>Origin in a oligotrophic milieu</i>	Ontstaan in matig voedselarm (mesotroof) milieu <i>Origin in a mesotrophic milieu</i>	Ontstaan in voedsrijk (eutroof) milieu <i>Origin in a eutrophic milieu</i>
Dy	Overgang dy naar gytija en gytija (= bagger)	Gytija (= bagger) → kci gytija → (onder-water kleien) Verlagen veen → kleig verslagen veen <i>Gytija → clay gytija (sub-aqueous clays)</i> <i>Disintegrated peat → clayey desintegrated peat</i>	
In zeer ondiep water ontstaan (Telmatisch) <i>Origin in very shallow water (Telmatic)</i>	Scheuzeria veen (= pijpert) Sphagnum cuspidatum veen (= spalterveen) <i>Scheuzeria peat</i> <i>Sphagnum cuspidatum peat</i>	Fijn Carex veen (= fijn zeggeveen) <i>Fine Carex peat</i>	Phragmites veen → kleig (zee- of rivierklei) o.a. modderkleien (rietveen) Grof Carex veen (= grof zeggeveen) <i>Phragmites peat → clayey (see- or river clay a.o. mud clay)</i> <i>Coarse Carex peat</i>
Iets boven het grondwater ontstaan tijdelijk echter wel eens onder water (Terrestrisch)	Molinia veen, Sphagnumveen (o.a. jong mosveen) Ericaceae veen, Pinus veen (= dennenvveen) <i>Molinia peat, Sphagnum peat, Ericaceae peat, Pinus peat</i>	Hypnaceae veen (= bladmossen- veen), Betula veen (berkenveen) Myrica veen (= gagelveen) <i>Hypnaceae peat, Betula peat, Myrica peat</i>	Alnus veen (= elzenveen of broekveen) kleig Alnus veen, (beekleem, rivierklei) Bosrivierveen → kleig bosrivierveen (estuarium klei, rivierklei) <i>Alnus peat → clayey Alnus peat (brook „leem” → river clay)</i> <i>River wood peat → clayey river wood peat (estuarine clay → river clay)</i>
<i>Origin just above groundwater occasionally temporary sub-aqueous (Terrestric)</i>			

TABLE 1. General view of the most important peat varieties in the Netherlands

## Deel / Part II

TABEL 2. De omvang van de verdroging in zomer en najaar van 1950-51

Droogmakerijen	matig tot sterk verdroogd <i>moderately to strongly dried-up</i> ha	licht verdroogd <i>slightly dried-up</i> ha	niet verdroogd soms te nat <i>not dried-up occasionally too wet</i> ha	Droge klei <i>dry clay</i> ha
<b>NOORDHOLLAND</b>				
Belmermeerpolder	8	30	100	
Burkmeerpolder	13	17	4	
Noordmeerpolder	40	35	40	
Broekermeerpolder	75	90	145	
Monnikenmeerpolder	40	55	45	
Assendelveveenpolder	40	185	110	
Thamerbinnenpolder	70	45	15	
Bovenkerkepolder	90	270	220	633
Nw. Bullewijkpolder	8	125	165	
Polder Holendrecht en Bullewijk	45	160	230	
	429	1012	1074	633
<b>UTRECHT</b>				
1e Bedijking	105	220	170	35
2e Bedijking	65	40	40	
3e Bedijking	125	105	160	50
Groot Mijdrecht	450	370	635	35
	745	735	1005	120
<b>ZUID-HOLLAND</b>				
Pr. Alexanderpolder	800	800	500	
Zuidplaspolder	240	570	800	60
Pld. Nieuwkoop	435	530	415	90
Pld. Zevenhoven	165	225	340	10
Pld. Zestienhoven	150	100	25	
Puttepolder	140	50	10	
Boterdorpsepolder	135	225	140	30
Pld. Schieveen	135	140	70	15
Pld. Middelburg	75	135	30	
Veenderpolder	60	45	60	
Veender- en Lijkerpolder	65	80	120	
Grote drooggemaakte polder	60	145	35	
Hoge polder	70	50	35	20

(vervolg op volgende pag. / continuation on next page)

(vervolg TABEL 2 / continuation of TABLE 2)

Droogmakerijen	matig tot sterk verdroogd <i>moderately to strongly dried-up</i>	licht verdroogd <i>slightly dried-up</i>	niet verdroogd soms te nat <i>not dried-up occasionally too wet</i>	droge klei <i>dry clay</i>
<i>Reclaimed lake bottoms</i>	ha	ha	ha	ha
Nieuwe droogmakerij	50	20	70	15
Oost Eindhse polder	60	10	100	10
Pld. Schiebroek	70	80	70	25
Kl. Westeindse droogm.	20	60	8	
Kl. Blankaartpolder	35	75	15	
Kortenaarsepolder	35	55	32	
Uiteindse droogmakerij	5	10		
Broekvelder + Vettenbroek	40	45	75	10
Gelderwoudse polder	6	110	20	
Aarlanderveenpolder	30	85	280	55
Vrouwengeestpolder	5	45	95	
Hazerswoudse polder	35	100	40	
Boterpolder	25	50	15	
Kleine droogmakerij	25	12		
Pld. Hazerswoude	30	125	140	
Driemanspolder	35	10	40	
Tedingebroekpolder (verveende deel)	5	140	130	85
Gecomb. Huiszitter en Meesbouwerpld. + Kl. Westeindse droogmakerij	30	135	5	
Gecomb. Starrevaart en Damhouderpolder	20	125	190	65
Bieslandse polder (verveende deel)	10	10	25	5
Polder van Biesland	10	15	45	25
Helpolder	5	20	10	10
Pld. Voor Nieuwhoop	5	15	10	20
Pld. Achter Nieuwhoop	5	25	40	25
Noordpolder	15	20	90	5
Westpolder	15	25	30	20
Eendrachtspolder	35	75	25	10
Oostabtpolder	30	5	10	
	3221	4592	3990	610
<b>Recapitulatie / recapitulation</b>				
Noordholland	429	1012	1074	633
Utrecht	745	735	1005	120
Zuid-Holland	3221	4592	3990	610
Totaal generaal / grand total	4495	6339	6069	1363

TABLE 2. The extent of the dryness in summer and autumn of 1950-51

## Deel / Part II

TABEL 4. Gemiddelde gewichtspercentages van grassen en onkruiden (ingedeeld naar verdroging)

	Lp.	Pt.	Pp.	A.	Agro.	Bm.	Hl.	Ag.	Gf.	Trif	Ande- re gras- sen	On- kru- iden	Hoe- danig- heids- graad
Verdroogd achter(W)	4	12	23	36	7	3	3	-	-	1	2	9	5,9
<i>Dried-up behind(W)</i>													
Kleirug <i>Clay ridge</i>	21	15	11	18	4	6	2	-	-	2	6	15	6,5
Verdr. voor(O)	6	15	21	35	6	4	2	-	1	1	1	8	6,0
<i>Dried-up before(O)</i>													
Niet verdr. voor(O)	15	27	8	22	2	1	7	6	2	1	1	8	6,4
<i>Not dried- up before (O)</i>													
	<i>Lp.</i>	<i>Pt.</i>	<i>Pp.</i>	<i>A.</i>	<i>Agro.</i>	<i>Bm.</i>	<i>Hl.</i>	<i>Ag.</i>	<i>Gf.</i>	<i>Trif.</i>	<i>Other grasses</i>	<i>Weeds</i>	<i>Degree of quality</i>

TABLE 4. Averaged weight percentages of grasses and weeds (according to dryness)

## Deel / Part II

TABEL 5. Resultaten van de doorlatendheidsmetingen

Bodemtype	Gemeten laag in cm onder maaiveld	Aantal gaten	Aantal gaten <sup>1</sup> met K-factor > 10 m	Gemiddelde K-factor van de overige gaten met de variatie
<b>1. Lage Broek, Zegveld</b>				
a. zware humeuze klei (80 cm of meer) <i>heavy humose clay (80 cm or more)</i>	20 à 60-110 à 120	21	6	2,1 (0,2-9,5)
b. humeuze tot venige klei van 50-80 cm dikte op slibrijk tot kleiig rietveen <i>humose to peaty clay with a thickness of 50-80 cm over clay-rich to clayey phragmites peat</i>	10 à 47-110 à 120	23	8	5,2 (1,0-9,8)
c. 50 cm humeuze tot venige klei op slibrijk rietveen <i>50 cm of humose to peaty clay over clayrich phragmites peat</i>	12 à 47-115 à 120	21	5	4,6 (0,8-9,8)
d. idem op slibhoudend rietveen <i>ditto over clay containing phragmites peat</i>	28 à 48-115 à 120	20	5	3,6 (0,4-9,0)
e. idem op bosveen <i>ditto overlying wood peat</i>	12 à 41-110 à 120	25	13	4,1 (1,0-8,4)
<b>2. Polder Noord-Linschoten</b>				
humeuze klei op bosveen <i>humose clay over wood peat</i>	23 à 69-100	15	0	0,8 (0,03-2,0)
	28 à 67-200 <sup>2</sup>	15	0	0,4 (0,10-1,3)
<b>3. J. v. d. Kooij, Maasland</b>				
klei (tot ± 65 cm) op matig verteerd rietveen, (tot 120 cm) <i>clay (up to ± 65 cm) over moderately decomposed phragmites peat (up to 120 cm)</i>	45 à 66-100 à 120	9	6	5,3 (0,05-10)
<b>4. J. v. Dijk, Mijdrecht</b>				
verdroogd kleiveen (tot ± 45 cm) op kateklei (tot ± 90 cm) op blauwgrijze slappe klei met riet (tot 130 cm) <i>dried-up clay peat (± 45 cm) over FeS<sub>2</sub> containing clay (± 90 cm) over bluish-grey reed containing clay (up to 130 cm)</i>	0 à 18-130	40	2	1,3 (0,4-2,7)
<b>5. NZH 386</b>				
verdroogd kleiveen (tot ± 50 cm) op kateklei (tot ± 75 cm) op slappe grijsblauwe klei (tot 100 cm) <i>dried-up clay peat (± 50 cm) over FeS<sub>2</sub> containing clay (± 75 cm) over soft greyish-blue clay (to 100 cm)</i>	18 à 43-100	30	18	6,3 (3,8-9,0)
<i>Soil type</i>	<i>Position of the measured layer in cm below surface</i>	<i>Number of holes</i>	<i>Number of holes with K-factor &gt; 10 m</i>	<i>Mean K-factor of the other holes with variance</i>

<sup>1</sup> Dit heeft betrekking op gaten, waarin het water (na leegpompen) zo snel steeg, dat meten niet of nauwelijks mogelijk was  
*Related to holes in which the water rose so quickly after pumping that measurements were not or hardly possible*

<sup>2</sup> Bij 7 van deze gaten kwam klei voor op een diepte van 1,5-2 m. De doorlatendheid in deze was echter gemiddeld groter dan in de gaten zonder klei / *In 7 holes clay occurred at a depth of 1.5-2 m. Here however hydraulic conductivity as an average was greater than in holes without clay*

TABLE 5. Results of hydraulic conductivity measurements

## Deel / Part II

TABEL 6. Doorlatendheidsmetingen in de polder „De Putte”

Aard van de gemeten laag	Aantal gaten	K (gem.)	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld
D2	20	<0,1	88
D2 + (A+B+C+F+H)	300	1,1	52
D1	10	2,2	69
D1 + D2 + C + B + A	140	4,5	48
H + D2	10	0,7	46
F + A	10	0,2	61
H + D1 + D2	10	4,3	50
<i>Nature of the layer measured</i>	<i>Number of holes</i>	<i>K (mean)</i>	<i>Groundwater level in cm below surface</i>

TABLE 6. Hydraulic conductivity measurements in the polder „De Putte”

TABEL 7. Vergelijking van de doorlatendheidsmetingen verricht in sept. 1951 en dec. 1951

Aantal gaten	Grondwaterstand in cm onder maaiveld		K in m/dag	
	eerste meting	tweede meting	eerste meting	tweede meting
130	53	28	0,8	2,4
<i>Number of holes</i>	<i>1st measurement</i>	<i>2nd measurement</i>	<i>1st measurement</i>	<i>2nd measurement</i>
	<i>Groundwater level in cm below surface</i>		<i>K in m/24 hours</i>	

TABLE 7. Hydraulic conductivity measurements, Sept. 1951 compared with Dec. 1951

TABEL 8. Doorlatendheidsmetingen in slootkant en perceel

	Binnendijk	K in m/dag / K in m/24 hours	
		Boere	Van Dieren
Perceel / Lot	0,81 (0,31-2,36)	0,53 (0,22-1,02)	0,46 (0,03-2,60)
Helling / Slope	0,44 (0,28-0,59)	0,47 (0,25-0,66)	0,09 (0,05-0,16)
Kant / Bank	0,42 (0,14-0,72)	0,80 (0,45-1,28)	0,47 (0,18-0,89)

TABLE 8. Measurements of hydraulic conductivity in ditch bank and lot

## Deel / Part III

TABEL 2. Gemiddelde analyses per klasse CI 203 van 1937 t/m 1950 (0-5 cm)

Klasse	pH-H <sub>2</sub> O	% org. stof	P-citr.	K-waarderingscijfer <sup>1</sup>
<i>1947</i>				
<i>nat / wet</i>	5,7	38	91	4
<i>normaal / normal</i>	5,5	36	71	4
<i>matig verdroogd / moderately dried</i>	5,4	36	52	3
<i>verdroogd / dried</i>	5,9	29	57	3,5
<i>1948</i>				
<i>nat / wet</i>	5,6	38	75	3
<i>normaal / normal</i>	5,6	35	58	4
<i>matig verdroogd / moderately dried</i>	5,2	44	65	2,5
<i>verdroogd / dried</i>	5,5	33	74	4
<i>1949</i>				
<i>nat / wet</i>	5,6	42	46	3
<i>normaal / normal</i>	5,6	36	90	4
<i>verdroogd / dried</i>	5,5	33	73	4
<i>1950</i>				
<i>nat / wet</i>	5,6	44	63	2
<i>normaal / normal</i>	5,8	38	80	3
<i>verdroogd / dried</i>	5,4	37	69	3,5
<i>Class</i>	<i>pH-H<sub>2</sub>O</i>	<i>% org. matter</i>	<i>P-citr.</i>	<i>K-valuation number<sup>1</sup></i>

<sup>1</sup> K-waarderingscijfer: het kaligehalte is in verband met het humusgehalte gewaardeerd in een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (rijk) / The K-content is in view of the content of org. matter appraised in a scale from 1 (= very poor) till 5 (= rich)

TABEL 2. Mean analyses per class of CI-203 from 1947-1950 (layer 0-5 cm)

## Deel / Part III

TABEL 3. Botanische analyses van CI 203 in 1949 en 1950 (monsters genomen eind augustus, begin september)

Klasse en jaar ( ) = aantal veldjes	Gem. sloot- watersand groei- zoenin cm onder maaveld	Drooggewichtspercentages / Dry weight percentages											
		<i>Lotium perenne</i>	<i>Phleum pratense</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Agrostis species</i>	<i>Agropyron repens</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Glycyrrhiza fluitans</i>	<i>Alopecurus geniculatus</i>	<i>Ranunculus species</i>	<i>Carex species</i>
1949													
nat / wet (2)	17	25	3	1	4	6	18	1	7	15	9	3	2
normaal / normal (3)	46	53	2	2	4	4	12	0	10	0	2	2	1
verdr. / dried up (10)	77	21	2	19	2	2	38	4	5	0	0	0	0
1950													
nat / wet	20	16	4	2	17	3	17	1	7	1	6	5	3
normaal / normal (6)	38	22	4	9	15	6	12	0	6	3	2	1	1
verdr. / dried up (10)	64	15	1	21	11	3	28	2	7	0	0	0	0
Class. and year ( ) = number of plots	Av. ditch- waterlevel during growing season in cm below the surface												

TABLE 3. Botanical analyses of CI-203 in 1949 and 1950 (sampled end of August—begin of September)



Deel / Part III  
 TABLE 4. De gemiddelde produktie over een groot aantal jaren

Klasse	Kg ds/ha			Kg ZW/ha			Kg vrc/ha			Sl.w.	
	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>		vc. tot.
nat / wet	3140	4650	900	1940	2880	590	380	615	145	1140	83
normaal	4270	4850	880	2610	2900	580	575	650	150	1375	100
normal verdroogd	3850	3450	690	2300	2050	450	535	460	110	1105	80
dried up											75
Class	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>	1/4- 5/6 <sup>1</sup>	6/6- 20/9 <sup>1</sup>	21/9- 31/10 <sup>1</sup>	total	Av. d
	Kg dry matter/ha			Kg starch-equivalent/ha			Kg digestible protein/ha				

vc. = verhoudingscijfer  
 Av.d. = gem. sloopwaterstand in het groeiseizoen  
 1 Periode / Period  
 Av.d. = av. diëtwaterlevel in the growing season

TABLE 4. The average grass-yields over several years

## Deel / Part III

TABEL 5. De opbrengsten in 1949 en 1950, vergeleken met de opbrengsten in deze jaren in andere streken van Nederland

Snedes / cutting Groep / group	kg ds/ha/dag (1949)						kg ds/ha in 1949	kg ds/ha/dag (1950)						kg ds/ha in 1950
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	
Droog zand, N-Brabant <i>dry sand soils</i>	52	48	28	6	14	14	5700	45	57	37	44	32	14	7620
Goede zandgrond, id. <i>good sand soils</i>	78	56	43	18	23	13	7430	56	71	43	55	40	12	9220
Klei, Friesland <i>clay soils</i>	76	51	35	28	26	12	8160	53	79	47	73	56	7	10830
Veen, Zuid-Holland <i>peat soils</i>														
nat / <i>wet</i>	54	67	31	49	49	25	9940	40	58	50	51	37	11	8920
normaal / <i>normal</i>	83	71	27	43	31	24	10040	69	79	50	60	40	13	11210
verdroogd / <i>dried</i>	73	64	13	19	19	16	7310	67	79	42	51	40	13	10620

Kg ds/ha/dag = Kg dry matter per ha per day

TABEL 5. The grass-yields in 1949 and 1950, compared with the production in these years in other parts of the Netherlands

TABEL 6. De gemiddelde produktie van bouwlandgewassen op verdroogde gronden, vergeleken met opbrengsten elders

	kg/ha (afgerond)			
	Erwten	Rogge	Haver	Aardappelen
Verdroogde gronden / <i>dried peat soils</i>	2500	3100	3300	29400
Klei Zuid-Holland 1946/1950 <i>clay soils South-Holland 1946/50</i>	2400	2600	3300	26900
C.B.S. 1950 (Ned.) / <i>av. for the Neth.</i>	—	2400	2700	24400
P.N.O. 1950 (Ned.) / <i>av. for the Neth.</i>	—	2400	3000	37000
P.N.O. 1950 - zand / <i>sandy soils</i>	—	2300	2700	35700
	Peas	Rye	Oats	Potatoes
			kg/ha (round off)	

TABEL 6. The mean productions of arable crops on dried peat soils compared with the yields in other parts of the Netherlands

## Deel / Part III

TABEL 9. Gemiddelde produktie aan droge stof van verdroogde gronden en de door infiltratie te bereiken produktie voor deze gronden (gegevens CI 203)

	kg ds/ha			Totaal
	1/4-5/6 <sup>1</sup>	6/6-20/9 <sup>1</sup>	20/9-31/10 <sup>1</sup>	
Gem. produktie door infiltratie te bereiken	4270	5560	880	10710(100)
<i>Av. production obtainable by irrigation</i>				
Gem. produktie verdroogde gronden	3850	3450	690	7990(75)
<i>Av. production dried soils</i>				
Te bereiken produktie door infiltratie in 1949	5120	5560	1040	11720(100)
<i>Production obtainable by irrigation in 1949</i>				
Gem. produktie verdroogde gronden in 1949	4490	2140	680	7310(62)
<i>Av. production dried soils in 1949</i>				

	1/4-5/6 <sup>1</sup>	6/6-20/9 <sup>1</sup>	20/9-31/10 <sup>1</sup>	Total
				kg dry matter/ha

<sup>1</sup> Periode / Period

TABEL 9. Average yields of dry matter of dried peat soils and the production obtainable by sub-soil irrigation of these soils

TABEL 10. Jaarprodukties van infiltratieproeven (kg ds/ha)

	1949			1951			1952	
	L.W.	geïnf.		L.W.	geïnf.		L.W.	geïnf.
U 611	8610	13190	NZH 389	10000	9960	NZH 389	13080	12740
NZH 389	8110	10990	NZH 398	9090	11750	NZH 398	8410	11150
NZH 398 <sup>1</sup>	7400	10800				NZH 392	7980	13050
gem. / average	8040	11660	gem. / av.	9550	10860	gem. / av.	9940	12500
verh. cijfers	69	100	verh. cijfers	88	100	verh. cijfers	80	100
<i>av. ratio-numbers</i>			<i>av. ratio-numbers</i>			<i>av. ratio-numbers</i>		

L.W. laag slootwaterpeil / low ditchwaterlevel

Geïnf. = geïnfiltriseerd / sub-soil irrigated

<sup>1</sup> Voor NZH 398 is in 1949 alleen de opbrengst bepaald van 1/5-3/8. Met behulp van de produktie in andere jaren is deze opbrengst omgerekend op jaaropbrengst; als verschil tussen wel en niet geïnfiltriseerd werd het verschil in de bepaalde opbrengst aangehouden, vermeerderd met 100 kg voor voor- en najaar

TABEL 10. Year productions of sub-soil irrigation experiments (kg dry matter/ha)

## Deel / Part III

TABEL 11. Mineralgehalten (% in de droge stof)

Object / Object	Tweede snede <sup>1</sup> / Second cutting <sup>1</sup>		Derde snede <sup>2</sup> / Third cutting <sup>2</sup>		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> NZH	K <sub>2</sub> O NZH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> NZH	K <sub>2</sub> O NZH	CaO NZH
laag water / low waterlevel	389	398	389	398	398
hoog water / high waterlevel	1951	1951	1951	1951	1952
hoog water + buizeninfiltratie	0,70	2,65	0,80	2,08	2,64
high water + sub-soilirrigation	0,71	2,65	0,85	3,04	3,92
	0,70	2,30	0,95	2,27	2,96

<sup>1</sup> Periode van 17/5-19/6 in 1951 / Period 17/5-19/6 in 1951<sup>2</sup> Periode van 19/6-24/7 in 1951; van 9/6-14/7 in 1952 / Period 19/6-24/7 in 1951; 9/6-14/7 in 1952

TABEL 11. Contents of minerals in % of dry matter



## Deel / Part III

TABEL 13. De invloed van de infiltratie op de botanische samenstelling (drooggewicht percentages)

	NZH 389 aug. 1950		NZH 389 juli 1951		NZH 398 nov. 1948 vóór de aanleg		NZH 398 juli 1950	
	L.W.	H.W.+ B.I.	L.W.	H.W.+ B.I.	L.W.	H.W.+ B.I.	L.W.	H.W.+ B.I.
Hoedanigheidsgraad	6,3	6,6	6,3	6,2	5,7	5,1	6,6	6,8
<i>Degree of quality</i>								
% <i>Lolium perenne</i>	8	12	4	8	11	3	16	21
% <i>Poa pratensis</i>	4	2	12	2	8	15	20	19
% <i>Poa trivialis</i>	8	13	17	24	3	1	5	5
% <i>Agrostis</i>	35	23	51	36	36	63	27	30
% <i>Alopecurus prat.</i>	23	18	6	0	0	0	0	0
% <i>Holcus lanatus</i>	13	18	3	16	16	0	2	2
% <i>Desch. caespitosa</i>	0	0	0	5	0	0	0	0
% <i>Trifolium repens</i>	1	2	0	4	0	1	4	5

L.W. = laag slootwaterpeil / low ditchwaterlevel

H.W. = hoog slootwaterpeil / high ditchwaterlevel

B.I. = buizeninfiltratie / sub-soil irrigation by means of drainpipes

TABLE 13. The effect of sub-soil irrigation on the botanical composition (dry wgt %)

## Deel / Part III

TABEL 15. De invloed van bekalking op opbrengsten en eigenschappen van de grond bij het proefveld bij L. Kruijt te Zegveld in 1952

object / object	Kg ds/ha (nieuw grasland, kooienopbrengsten) / Kg dry matter per ha (new pasture)			totaal / total
	1 (8/5)	2+3+4 (21/8)	sneden / cuttings 5+6 (30/10)	
H.W. +B.I. - nul / zero	4000	4600	2030	10630
H.W. +B.I. - schuimaarde sugar factory lime sludge	3320	4900	1970	10190
H.W. - nul / zero	2970	4880	1400	9250
H.W. - schuimaarde / sugar factory lime sludge	3830	5280	1600	10710

## Kg ds/ha (extra opbrengstbepaling) / Kg dry matter per ha (extra yield detn)

	oud grasland / old pasture (19/7/52)	nieuw grasland / new pasture <sup>1</sup> (1/7/52)	
H.W. +B.I. {	nul / zero	4960	1650
	mergel / marl	5000	1660
	schuimaarde / sugar factory lime sludge	5050	1710
H.W. {	nul / zero	5050	1340
	mergel / marl	4800	1160
	schuimaarde / sugar factory lime sludge	4730	1110

Het verschil in opbrengst tussen oud en nieuw grasland heeft geen betekenis. Het nieuwe en het oude grasland hadden niet dezelfde behandeling (zie ook de verschillende maaidata) / The yields of the old and the new pastures are not comparable because of a different treatment of the pastures

Vervolg TABEL 15

Grondanalyses / soil analyses	Nieuw grasland <i>new pasture</i> (5-15 cm) 29/7/52						Nieuw grasland <i>new pasture</i> 0-5 cm (sept. 1952)			Oud grasland <i>old pasture</i> 0-5 cm (sept. 1952)				
	pH-H <sub>2</sub> O		A-cijfer		Si-graad		pH-	P-	K%	pH-	P-	K%		
	R	M	R	M	R	M	KCl	cit.	10 <sup>3</sup>	KCl	cit.	10 <sup>3</sup>		
H.W. + B.I.	nul / zero		4,5	4,9	60	75	7+	5+	4,3	68	44	4,6	105	40
	mergel / marl		4,8	5,0	65	75	7-	6	4,5	63	44	5,6	97	32
	schuimaarde		4,8	5,1	61	74	7+	6-	4,4	67	48	5,9	146	34
	sugar factory lime sludge													
H.W.	nul / zero		4,4	4,8	54	54	7-	7-	4,2	56	41	4,6	77	40
	mergel / marl		4,7	5,1	52	54	8-	7-	4,5	58	35	5,3	83	38
	schuimaarde		4,7	5,2	54	52	7,5	7-	4,5	64	38	5,8	101	38
	sugar factory													

R = rand van het perceel (hoger en ingedroogd) / border of the plot (higher and dried)  
M = midden van het perceel (vrijwel niet ingedroogd) / centre of the plot (practically not dried)  
A-cijfer = g vocht/100 g stooftroge grond / g water/100 g oven-dry soil  
Ii-graad = irreversibele indrogingsgraad / degree of irreversible drying

TABLE 15. *The effect of liming on productions and properties of the soil of the experiment field at L. Kruijt at Zegveld in 1952*



## Deel / Part III

TABEL 16. De invloed van bekalking op opbrengsten en eigenschappen van de grond bij NZH 392

Kg ds/ha (kooienopbrengsten) in 1952 / Kg dry matter per ha in 1952				
in 1951 ingezaaid en sindsdien met buizen geïnfiltereerd / sowed in 1951 and since irrigated via drainpipes				
sneede / cutting	1	2+3+4	5+6	totaal
	(9/5)	(19/8)	(28/10)	total
<i>object</i>				
nul / zero	3970 (86)	6740 (93)	1690 (99)	12400 (91)
mergel + schuimaarde / marl + sugar factory lime sludge	4160 (90)	7740(104)	1780 (99)	13680(100)
40 ton scik / cocoa factory lime sludge	4640(100)	7240(100)	1800(100)	13680(100)

## Extra opbrengstbepaling 26/6/52 / Extra yield detn. 26/6/52

object / object	kg ds/ha / kg dry matter per ha
nul / zero	5000 (95)
mergel + schuimaarde / marl + sugar factory lime sludge	5250(100)

object / object	Grondanalyses / Soil analyses				
	5-15 cm (23/7/52)		0-5 cm (19/9/52)		
	pH-H <sub>2</sub> O	li-graad	pH-KCl	P-citr.	K %·10 <sup>3</sup>
nul / zero	4,3	6,5	3,8	63	41
mergel + schuimaarde / marl + sugar factory lime sludge	5,7	7	5,2	107	43
40 ton scik / cocoa factory lime sludge	4,6	7—	4,0	60	44

( ) = verhoudingscijfers / ratio-numbers

li-graad = degree of irreversible drying-up

TABLE 16. The effect of liming on productions and properties of the soil of the experiment field NZH 392

## Deel / Part III

TABEL 17. De invloed van de bekalking op het gehalte aan CaO (% in de droge stof in de derde snede 1952)

	NZH 398		L. Kruijt Zegveld	
	L.W.	H.W.	H.W.	H.W.+B.I.
oud grasland / <i>old pasture</i>				
nul / <i>zero</i>	0,91	1,02		
mergel / <i>marl</i>	1,09	1,40		
nieuw grasland / <i>new pasture</i>				
nul / <i>zero</i>	1,24	1,45	0,74	0,80
schuimaarde / <i>sugar factory lime sludge</i>	1,33	1,37	0,88	1,06

L.W. = laag slootwaterpeil / *low ditchwaterlevel*  
 H.W. = hoog slootwaterpeil / *high ditchwaterlevel*  
 B.I. = buizeninfiltratie / *sub-soil irrigation by means of drainpipes*

TABEL 17. The effect of liming on the CaO-content in % of dry matter in third cutting in 1952

TABEL 18. De invloed van NH<sub>3</sub> in gasvorm

Proefveld <i>Experimental field</i> Laag/Layer Object / <i>Object</i>	NZH 545				NZH 546				NZH 547			
	5-15 cm		15-25 cm		5-15 cm		15-25 cm		5-15 cm		15-25 cm	
	A	Ii-gr.	A	Ii-gr.	A	Ii-gr.	A	Ii-gr.	A	Ii-gr.	A	Ii-gr.
nul / <i>zero</i>	102	8	110	7+	48	7	39	8—	114	8+	119	8—
50 kg N/ha als NH <sub>3</sub>	94	8	114	7,5	52	7,5	33	8+	117	8	116	8+
100 kg N/ha als NH <sub>3</sub>					51	7,5	37	8+	111	8,5	114	8+
200 kg N/ha als NH <sub>3</sub>	104	8—	112	7—	50	7—	38	8—	105	8,5	113	8
50 kg N/ha als ks	102	8	106	8—	43	8	40	8,5	112	8—	112	8+
100 kg N/ha als ks	101	8	102	8	45	8—	36	8—	122	8,5	123	8

A. = A-cijfer (g vocht op 100 g stoofdrome grond / *g water per 100 g oven-dry soil*)  
 ks = kalksalpeter / *calciumnitrate*  
 Als NH<sub>3</sub> (ks) / *As NH<sub>3</sub> (ks)*

TABEL 18. The effect of injection of gaseous ammonia on the degree of irreversible drying (Ii-gr.)

## Deel / Part III

TABEL 19. Opbrengsten en analyses bij NZH 392 in 1952

	Opbrengsten kg ds/ha Production in kg dry matter per ha	Analyses						
		0-5 cm (19/9/52)			5-15 cm (23/7/52)			
		pH-KCl	P-citr.	K%.10 <sup>3</sup>	pH-H <sub>2</sub> O	A-cijfer	% humus % org. matter	Ii- gr.
normaal / normal	nul / zero 5000	3,8	63	41	4,3	111	53	6,5
	kalk / limes 5250	5,2	107	43	5,7	117	51	7
ondergrond bovengespit sub soil brought above	nul / zero 4940	3,8	52	41	4,3	143	48	5
	kalk / limes 5470	5,5	97	37	5,5	154	53	5

A-cijfer = g vocht per 100 g stoofdrome grond / g water/100 g oven-dry soil  
 Ii-graad = degree of irreversible drying-up

TABEL 19. Productions and soil-analyses-data of the experiment field NZH 392 in 1952

TABEL 20. NZH 399. Analyses 1952

		0-5 cm (17/9/52)			5-15 cm (22/7/52)			Ii-graad
		pH-KCl	P-citr.	K%.10 <sup>3</sup>	pH-H <sub>2</sub> O	A-cijfer	% humus % org. matter	
		normaal / normal	nul / zero	4,5	52	83	4,6	
	kalk / limes	5,7	62	63	5,8	79	34	7-
ondergrond bovengespit sub-soil brought above	nul / zero	4,8	55	70	4,8	115	43	6
	kalk / limes	6,5	109	72	5,6	100	41	6+

A-cijfer = g vocht per 100 g stoofdrome grond / g water per 100 g oven-dry soil  
 Ii-graad = degree of irreversible drying-up

TABEL 20. Soil-analyses data of the experiment field NZH 399 in 1952

## Deel / Part III

TABEL 21. Opbrengsten en analyses bij L. Kruijt te Zegveld

Snedes / Cutting	kg ds/ha / kg dry matter/ha				Analyses (0-5 cm)			
	1 (8/5)	2+3+4 (21/8)	5+6 (30/10)	totaal	pH-KCl	% humus % org. matter	P- citr.	K % .10 <sup>3</sup>
proefveld <sup>1</sup>	3660	4750	2000	10410	4,4	34	68	46
experimental field <sup>1</sup>								
afgraving / excavation	3250	5120	1400	9770	4,5	18	37	31

<sup>1</sup> Nieuw grasland, gemiddeld voor nul en schuimaarde, hoog slootwaterpeil + buizeninfiltratie / *New grassland average value of zero-object and object with sugar factory lime sludge, high ditchwaterlevel + sub-soil irrigation by means of drainpipes*

TABEL 21. Productions and soil-analyses-data of the experiment fields at L. Kruijt at Zegveld

TABEL 22. Analyses van de ondergrond uit kleiruggen.

Laag	pH-KCl	% humus	% zand	% slib	P-citr.	K % .10 <sup>3</sup>
25-45 cm	4,6	18	21	61	15	24
45-65 cm	4,8	14	16	69	14	18
Layer	pH-KCl	% org. matter	% sand	% < 16 μ	P-citr.	K % .10 <sup>3</sup>

TABEL 22. Analyses of the subsoil of clay banks in Lage Broek-Zegveld