

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

BODEMKUNDIGE
VOORDRACHTEN

TEN BEHOEVE VAN LAND- EN TUINBOUWONDERWIJS

MINISTERIE VAN LANDBOUW, VISSERIJ EN VOEDSELVOORZIENING
DIRECTIE VAN DE LANDBOUW

LANDBOUW No. 9 's-GRAVENHAGE, 1949

INHOUD

	Blz.
Woord Vooraf, IR N. VAN VLIET	3
I. De vruchtbaarheid van de grond, in het bijzonder de lucht- en de waterhuishouding, DR A. C. SCHUFFELEN	5
II. De water- en luchthuishouding van de grond, IR J. S. VEENENBOS	21
III. Bodemclassificatie, IR J. SCHELLING	37
IV. Bodemkartering, IR K. VAN DER MEER	44
V. Indeling en kartering van zandgronden, DR IR F. W. G. PIJLS	56
VI. Indeling en kartering van rivierkleigronden, IR K. J. HOEKSEMA	64
VII. Kationen- en Anioneneevenwichten in de bodem, DR IR J. VAN SCHUYLENBORGH	76
VIII. Indeling en kartering van de zeekleigronden in Z.W. Neder- land, IR S. F. KUIPERS	86
IX. Indeling van de kleigronden in Westelijk Nederland, DR IR W. J. VAN LIERE	92
X. De toepassing van bodemkaarten, DR IR C. P. SCHEEPERS	100
XI. Bemestingsproblemen in verband met bodemtypen, DR A. C. SCHUFFELEN	112
XII. Landclassificatie, PROF. DR. C. H. EDELMAN	124
Lijst van illustraties	137
Lijst van publicaties van de Stichting voor Bodemkartering	138

WOORD VOORAF

Zoals de bodemkunde zelf uit de sfeer der ervaringskennis stap voor stap gegroeid is tot een wetenschap, zo is ook het onderwijs in dit vak het onderzoek op de voet gevolgd.

Toch wijken hier uit de aard der zaak het middelbaar en lager onderwijs belangrijk van het hoger onderwijs af.

Bij het hoger onderwijs zal de student, nadat hij het door hem gekozen vak globaal heeft leren zien in het raam zijner gehele studie en in de afhankelijkheid van de andere wetenschappen, dieper en meer analytisch gaan doordringen in de materie. De studie verloopt parallel, althans in zeer nauw contact met het onderzoek der betrokken hoogleraren.

Bij het middelbaar en lager onderwijs is het echter anders. Hier staat praktisch het onderwijs altijd achter bij het onderzoek en moet dit ook staan. Lang niet alles wat het onderzoek produceert, is al rijp om overgebracht te worden in de sfeer van dit onderwijs.

Want hier staan andere dingen op de voorgrond. In de eerste plaats toch dient het onderwijs de bij het onderzoek verkregen elementen te groeperen tot een voor hen, voor wie het bestemd is, begrijpelijke synthese. Ik meen dit nog sterker te moeten uitdrukken. De didactiek van dit onderwijs kan de eis stellen, dat met verwaarlozing van nauwkeurigheid de resultaten van het onderzoek worden samengevat in een zódanig geheel, dat dit, met inachtneming van het bevattingsvermogen der leerlingen, in de handen van de lesgever uitgroeit tot een voor de leerlingen bevattelijke voorstelling.

Maar deze vereenvoudiging, die de stof moet ondergaan, wij zouden willen zeggen deze vertaling voor de leerlingen, vereist van de leraar een zeer grondige kennis van de materie, welke aan hem ter behandeling is opgedragen.

Naast bevordering der literatuurstudie is het belangrijk, van tijd tot tijd een ontmoeting te bewerkstelligen tussen hen, die rechtstreeks bij het onderzoek betrokken zijn en diegenen, die door het onderwijs de resultaten van dat onderzoek aan de jongeren moeten doorgeven.

Zulk een ontmoeting op het terrein der praktische bodemkunde tussen de medewerkers van Prof. EDELMAN en Dr SCHUFFELEN met de leerkrachten bij het middelbaar land- en tuinbouwonderwijs kwam tot stand door de leergang, welke van 13 tot 17 September 1948 te Wageningen werd gehouden.

De hier gehouden voordrachten met de daarop gevolgde gedachtenwisseling vormden met de excursies een bijzonder mooi geheel, waaraan alle deelnemers ongetwijfeld met grote voldoening zullen terugdenken.

Nu de gehouden voordrachten in deze vorm gebundeld ter beschikking worden gesteld van allen, die deze leergang medemaakten, is het mij een behoefte, mede namens de Inspecteur van het Tuinbouwonderwijs, een woord van dank te zeggen aan allen, die tot het welslagen van deze leergang medewerkten.

Ir N. VAN VLIET,
Directeur van het Landbouwonderwijs

I. DE VRUCHTBAARHEID VAN DE GROND, IN HET BIJZONDER DE LUCHT- EN DE WATERHUISHOUDING

1. INLEIDING

Het doel dat we beogen met de studie van het vak „kennis van de grond” is het verkrijgen van inzicht in de processen, die zich tussen de plantenwortel en de grond voltrekken, om hiermede ons voordeel te doen bij de productie van planten. Het is duidelijk, dat voor dit inzicht kennis omtrent de reactie tussen plant en milieu pas mogelijk is, als men de eigenschappen van de componenten kent. Vooral voor de praktische toepassing op het veld is het nodig de aard, de wijze van ontstaan en de vorming van de bodem te kennen. Want juist deze laatste gegevens zijn zeer belangrijk voor het begrijpen van het gedrag van een bepaald type grond, wat bij het regionale onderzoek van grote betekenis is.

Men karakteriseert het complex van eigenschappen, dat in onderling verband de groei van het gewas regelt, meestal met de term bodemvruchtbaarheid. In de inleidende beschouwing voor deze cursus wil ik dan ook gaarne dit probleem op de voorgrond stellen. Na een meer algemene beschouwing over de factoren, waarin we het probleem kunnen ontleden, zal ik enkele punten omtrent de betekenis van de lucht- en vochthuishouding van de bodem voor de plant meer in het bijzonder naar voren brengen. Dit laatste in verband met het feit, dat de bodemkartering, die de hoofdschotel van deze cursus vormt, gekenmerkt zou kunnen worden als een vochtkartering van onze gronden. Hiermede wil ik niet beweren, dat bij de indeling van de gronden, niet met andere factoren rekening wordt gehouden, maar ik wil er slechts de nadruk op leggen, dat het water bij de kartering volgens EDELMAN (1948) een zeer belangrijke maatstaf is.

We hopen, dat deze inleidende beschouwingen U van dienst zullen zijn bij het volgen van de meer gespecialiseerde hoofdstukken en dat ze in staat zullen zijn de plaats te doen inzien, die de bodemkartering bij het gehele vruchtbaarheids-onderzoek inneemt.

2. BODEMVRUCHTBAARHEID

In de literatuur wordt de term bodemvruchtbaarheid in engere en in meer algemene zin gebruikt. In engere zin bedoelt men er alleen de chemische vruchtbaarheid mede, dat wil zeggen, dat de gesteldheid van de voedingsionen in de grond een maat is voor de beoordeling van vruchtbaar tot onvruchtbaar. Deze beschouwing is de uitwerking van de theorie van VON LIEBIG over de minerale voeding van de plant.

a. Zij was aanleiding tot het chemische vruchtbaarheids-onder-

zoek, dat door de vele successen steeds groter vlucht nam en tot de oprichting van speciale laboratoria voor grondonderzoek leidde. In het begin van deze eeuw was de toestand dan ook zo, dat de door langdurige eenzijdige organische bemesting uitgemergelde gronden door een anorganische bemesting regelmatig belangrijk betere oogsten gaven. Een feit, dat nu wel eens aan de aandacht ontsnapt; we zijn immers gewend een goede bemesting te geven en een boer, die niet bemest is een sukkel. We hebben nu zelfs soms meer zorg over een te veel dan over een te weinig, omdat de grote hoeveelheden meststoffen zo gauw tot onharmonische voeding van de plant aanleiding kunnen zijn. De huidige studie van de bemestingsleer gaat niet meer over grote verschillen, maar over de laatste procenten opbrengstverhoging, die nog verkregen kunnen worden. Dit is veel minder zichtbaar en voor de praktijk ook dikwijls minder belangrijk dan verbeteringen, die verdubbeling of een drievoudige oogst gaven. Deze grote opbrengstverschillen komen in de bemesting niet veel meer voor als gevolg van de steeds rijker geworden gronden; zij zijn bij de profielstudie nog een veelvuldig voorkomend verschijnsel. De grote successen, die de profielstudie nu heeft, zijn voor de bemestingsleer in de jonge historie te zoeken.

Deze opvatting van de vruchtbaarheid als chemisch probleem is ons inziens te eng. De groei en de voeding van de plant hangt niet enkel af van het meer of minder aanwezig zijn van een aantal voedingsstoffen. Verscheidene andere factoren zijn hiervoor van minstens even groot belang.

b. In meer algemene zin wordt de term bodemvruchtbaarheid gebruikt door de onderzoekers, die ook de fysische gesteldheid van de bodem in hun begrip betrekken. Hierbij wordt naast de chemische toestand ook de structuur van de bovengrond en de aard van het gehele profiel in rekening gebracht. Dit blijkt, zowel gezien de waarnemingen van de praktijk als de ontwikkeling van de theoretische kennis over de voeding van de plant, een beter standpunt. De groei van het gewas wordt door chemische *en* fysische eigenschappen van het milieu bepaald. Er zijn gronden, die onvruchtbaar zijn, omdat er aan de chemische samenstelling wat hapert, bijvoorbeeld de arme zandgronden en er zijn andere gronden, die onvruchtbaar zijn, omdat de fysische toestand niet in orde is; hierbij kunnen we aan de komklei denken, die zulke slechte structuren heeft, of aan gronden, waarin te dicht onder de bouwvoor een voor water ondoordringbare laag voorkomt. Bij onze vele discussies heeft EDELMAN het wel eens kernachtig uitgedrukt door te spreken van arme en rijke gronden, als het over de scheikundige toestand gaat en over slechte en goede gronden als de profielbouw tot slechte of goede gewassen aanleiding is. In deze voordracht zullen we

de term vruchtbaarheid in de brede betekenis van het woord gebruiken.

c. Het meten van de vruchtbaarheid van de bodem is geen eenvoudige zaak; iedereen weet wel wat er mede bedoeld wordt, maar een scherpe definitie, die de meetbare factor of factoren aangeeft is niet te geven. In het algemeen wordt de *opbrengst van het gewas* gekozen als cijfer, waarin we waarden. Dit is slechts ten dele juist, daar de opbrengst van vele andere factoren afhankelijk is. We kunnen immers deze als de volgende functie schrijven:

$$\text{opbrengst} = f(\text{gewas, bodem, klimaat, mens, tijd})$$

Als al deze factoren als onafhankelijk variabelen waren te beschouwen, dan zou het probleem niet zo lastig zijn. Dit is echter niet juist, daar de factoren elkaar te veel beïnvloeden.

Nemen we als voorbeeld het klimaat. Eén van de klimaatsfactoren is de temperatuur, die echter niet van het macro- maar van het microklimaat afhangt. Dit is wel een functie van het macroklimaat, maar ook van het gewas, van de bodem en van de mens, zodat in de functie de reeds genoemde factoren weer terugkeren bij een onderdeel.

Dat deze afhankelijkheid van de factoren voor de beoordeling van de vruchtbaarheid van de grond grote bezwaren heeft blijkt duidelijk door een proef, die werd genomen op de Hawaï eilanden met suikerriet. Twee gronden werden vergeleken bij twee klimaten. Het bleek dat de opbrengst van het gewas van grond X bij het goede klimaat beter was dan die van grond Y. Bij het slechte klimaat was het juist omgekeerd (zie tabel 1).

TAB. 1. SUIKERPRODUCTIE OP TWEE GRONDEN BIJ TWEE KLIMATEN

Grond	Goed klimaat	Slecht klimaat
X	10,63 ± 0,68	3,37 ± 0,20
Y	12,14 ± 1,79	2,54 ± 0,21

Hoe moet men een grond kenmerken ten opzichte van het algemene begrip vruchtbaarheid, die van het ene gewas een goede en van het andere een slechte opbrengst geeft, vruchtbaar of onvruchtbaar?

Het begrip is niet zonder beperking te hanteren als we de opbrengst als maatstaf kiezen en dit zullen we toch moeten doen. Het is echter geen bezwaar, indien we goed realiseren wat we doen, namelijk, dat we geen onfeilbare maar een beperkte uitspraak doen.

De samengesteldheid van het verschijnsel maakt het nodig de eigenschappen van de grond, die de groei van het gewas bepalen, vanuit verschillende standpunten te benaderen. Eén van de daarbij gebruikte methoden is het door HUDIG (1939) ontwikkelde klinische onder-

zoek. Men verzamelt allerlei gegevens uit de praktijk en spoort de coïncidenties tussen de waarnemingen op. Door jarenlange ervaring leert men te onderscheiden wat oorzaak en gevolg is. Dit zou men de meer wetenschappelijke vorm van de *boerenervaring* kunnen noemen. Men kan ze soms vervolmaken door een statistische behandeling van het materiaal, wat op sommige punten een grotere zekerheid geeft, op andere punten echter belangrijke details verdoezelt.

Een tweede methode is die, waarbij men experimenteert en het *laboratorium*, de plantenkas en het proefveld te hulp roept. De zo verkregen ervaring wordt meestal in de vorm van een hypothese of theorie verwerkt. De eerste methode geeft minder wetenschappelijke zekerheid dan de tweede, deze laatste echter heeft het bezwaar voor de praktijk minder quantitatief te zijn. We kunnen immers wel op het laboratorium vaststellen of een bepaalde factor in positieve of in negatieve zin werkt, maar we kunnen nooit de onderlinge betrekkingen, die of mede- of tegenwerken op hun juiste waarde schatten.

Nemen we als voorbeeld de kalkbemesting. We weten dat de opbrengst van het gewas in vele gevallen door een verbetering van de zuurgraad hoger zal worden. We kunnen door voorzichtig experimenteren ook nog wel vaststellen, hoe groot de opbrengstverhoging is. In het veld zal echter de verbetering nog groter zijn. De bekalking verandert namelijk niet alleen de zuurgraad van de grond, maar verbetert ook de structuur en tevens de biologische buffer, waardoor de groeiomstandigheden zich meer in gunstige zin wijzigen, dan de enkelvoudige vermindering van de zuurgraad zou doen vermoeden. In dit geval hebben we met een versterkende factor te maken.

Bij het toepassen van een stikstofbemesting zal bij de juiste keuze van de meststof en bij niet te hoge giften steeds een verhoging van de opbrengst optreden. Passen we echter een onjuiste meststof toe, dat wil zeggen een biologisch zure in zuur milieu of een physiologisch alkalische in alkalisch milieu, dan zal een tegenwerking optreden, waarvan we weer de mate niet vooraf kunnen schatten. In dit geval hebben we met een verminderende factor te doen. Dat zich hierbij zeer gecompliceerde verschijnselen kunnen voordoen zal in hoofdstuk XI, dat in het bijzonder de bemesting behandelt, nog tot uiting komen.

Het is dan ook noodzakelijk, dat de klinische *en* experimentele methoden naast en door elkaar gebruikt worden om ons inzicht volledig te maken.

3. BODEMKUNDIGE BIOFACTOREN

Door DE VRIES (1934) is voor het vruchtbaarheidsprobleem wel eens de term polydimensionaal gebruikt en dit is volkomen juist. Geen

wonder dat er dan ook allerlei aanleiding is tot verwarring en minder nauwkeurig verklaren van de gegevens, en ook geen wonder dat er in de waargenomen feiten schijnbaar zulke tegenstellingen zijn. Het is dan ook niet mogelijk in de korte tijd die ter beschikking staat, een kritisch gedetailleerd overzicht van deze materie te geven. We menen zelfs, dat dit met onze huidige kennis in meer tijd nog niet mogelijk is. We hebben daarom een andere weg gevolgd, namelijk het opstellen van een patroon of schema, dat de belangrijkste momenten bevat en dat goede diensten bewijst bij het rangschikken en op waarde schatten van de eigenschappen, die met de vruchtbaarheid van de grond in verband staan. Ik denk goed te doen U dit patroon voor te leggen, omdat ik meen dat U bij het onderwijs hiervan enige vruchten zal kunnen plukken en tevens, omdat het de plaats van de bodemkartering in het geheel zo aardig schetst. Men bedenke echter wel, dat het een leidraad is, die zoals iedere voorstelling, die door de natuurwetenschappelijke onderzoeker van de levende materie gemaakt wordt, met een grote voorzichtigheid gebezigd dient te worden. Bij ons werk is een bewering bijna nooit helemaal zeker, want er kan altijd nog wel een ander punt zijn, dat we in onze beschouwingen over het hoofd zien.

De gedachte, die aan de gevolgde redenering ten grondslag ligt, is de volgende vraag: Welke zijn de factoren, die op de voeding van de plant een rechtstreekse invloed uitoefenen? Door deze primaire factoren uit het klinisch en experimenteel materiaal op te sporen en te rangschikken, blijkt het mogelijk een zekere eenvoud te bereiken en kan de wisselwerking tussen de verschillende eigenschappen tot een minimum worden beperkt.

Een vijftal punten komen dan naar voren, die we de bodemkundige biofactoren genoemd hebben, namelijk:

a. De temperatuur of de warmte activiteit van de grond. De temperatuur van de plantenwortel zal immers nauw samenhangen met die van de grond en daar de plant voor haar levensverrichtingen chemische reacties gebruikt, die van de temperatuur afhankelijk zijn, moet de warmtehuishouding van de grond van primair belang zijn voor de wortelfuncties. Zij is zelf van vele factoren afhankelijk, zoals de structuur, de waterhuishouding en vele andere. Bij maatregelen om de warmtehuishouding van de grond te veranderen moet men dan ook de relatie tussen deze eigenschappen van de grond bestuderen.

b. De zuurstofspanning of zuurstofactiviteit van de grond. Deze factor heeft dezelfde oorzaak als de eerste. Voor het in stand houden van het plantenlichaam is energie nodig en deze kan slechts geleverd worden door verbranding. Daar bij de hogere plant de aerobe verbranding van glucose het normale proces is om energie te winnen,

hebben we ook in de luchthuishouding een primaire factor te zien. Zij zelf is uit de aard der zaak ook weer van vele andere factoren afhankelijk, die we evenals voor de temperatuur samen kunnen vatten in het structuurbegrip.

c. De watertoestand of wateractiviteit van de grond. Zonder opneembaar water kan de plant niet groeien. Een drietal factoren spelen hierbij een rol: het water moet zuurstofrijk zijn, het moet een osmotische waarde hebben, die kleiner is dan die van het water in de plantenwortel en het moet voldoende snel aangevoerd kunnen worden. Op deze zaken zal ik straks nog verder ingaan.

d. De anionentoestand van de grond of de anionenactiviteit. Immers deze bepaalt het aanbod van de anionen van de grond aan de plant.

e. De kationentoestand of de kationenactiviteit van de grond, die het aanbod van kationen aan de plant weergeeft.

Als we deze factoren rangschikken in een meer practisch verband dan kunnen we zeggen, dat de eerste drie door de fysische toestand, dat is de structuur en de bouw van het profiel van de grond geregeld worden, dat de vierde factor zowel met de structuur, die een grote invloed op het functioneren van de anionenbuffer heeft, als met de voedingstoestand van de grond samenhangt. De laatste factor is een zeer speciale voedingsfactor, die door de chemische samenstelling van de grond en de bemesting geregeld wordt. Het is duidelijk, dat de fysische toestand van de grond, die het grootste aantal factoren omvat, van een zeer grote betekenis is, temeer daar ook quantitatief deze factoren van grote invloed zijn. Over de laatste factoren zal ik hier niet spreken, iets hiervan zal in hoofdstuk XI nog ter sprake komen, terwijl ook in hoofdstuk VII enkele problemen, die hiermede zeer nauw samenhangen, behandeld worden. We willen thans slechts op de tweede en derde factor wat nader ingaan.

4. DE ZUURSTOFACTIVITEIT VAN DE GROND

a. Het is bekend, dat de plant niet zonder een voldoende toevoer van lucht kan groeien, het is ook bekend, ofschoon men er niet altijd aan denkt, dat dit ook voor de plantenwortels geldt. De zuurstof van de bodemlucht wordt door de plantenwortel voor een viertal processen gebruikt. Er is energie nodig voor het in stand houden van het systeem, een type ademhaling dat we met LUNDEGÅRDH (1945) de grond- of basisademhaling kunnen noemen. Er is ook zuurstof nodig voor het opnemen van water. Men neemt dikwijls aan dat het water door de plant wordt opgenomen als gevolg van de transpiratiestroom en het is zonder twijfel een feit, dat deze stroom een belangrijke factor vormt

bij de wateropname. Maar als men planten laat groeien in een watercultuur en dan nog het liefst onder omstandigheden, dat er een grote verdamping plaats heeft, dan blijkt, dat dit water niet zo maar zonder meer door de transpiratiestroom kan worden geleverd.

Men weet, dat bij het verrichten van proeven met watercultures in Indië, bijvoorbeeld met tabak, het noodzakelijk is een zeer goede aeratie van het water in stand te houden, anders hangt de plant als gevolg van een watergebrek, ofschoon de wortels in het water hangen, zeer spoedig slap. Voor de opname van water is dus ook energie nodig, die door de ademhaling geleverd moet worden. We zien in de praktijk dan ook steeds in de zone van het grondwater en de gesloten capillairen, waar het bodemvocht zeer arm aan zuurstof is, een onbetekenende wortelgroei. De stand van het grondwater, die door de bodemkundigen wordt afgeleid van de plaats van de gleyhorizont, is dus ook voor de luchthuishouding van het profiel van belang.

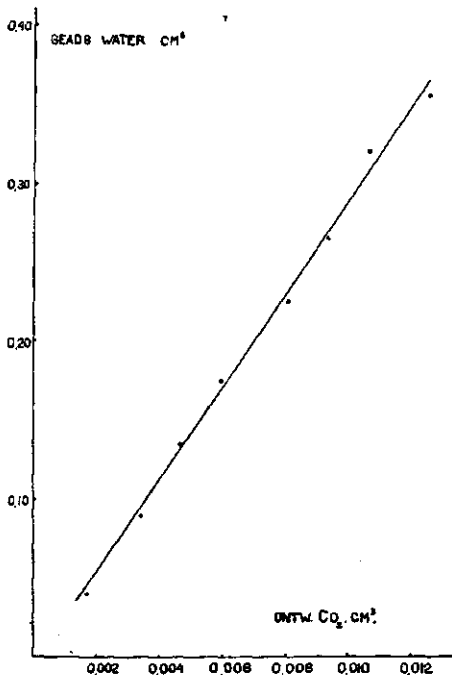


FIG. 1. DE RELATIE TUSSEN WATERABSORPTIE EN KOOLZUURPRODUCTIE (VLG. LETA HENDERSON)

b. Langs experimentele weg is door Mej. HENDERSON (1934) aangetoond, dat er een rechtlijnig verband bestaat tussen de wateropname en de koolzuurproductie. Deze laatste diende als maat voor de ademhaling en dus ook voor het verbruik van zuurstof. In fig. 1 is een voorbeeld van één van haar experimenten weergegeven. Naast een basisademhaling moeten we dus ook een waterademhaling onderscheiden. Tevens moeten we bij de waarneming, dat de plant watergebrek heeft er steeds aan denken, dat dit naast andere oorzaken ook een gevolg kan zijn van een zuurstoftekort.

c. Door LUNDEGÅRDH is met zeer uitvoerige proeven aangetoond, dat er een wetenschappelijke betrekking – een rechtlijnige – bestaat tussen de opname van de anionen

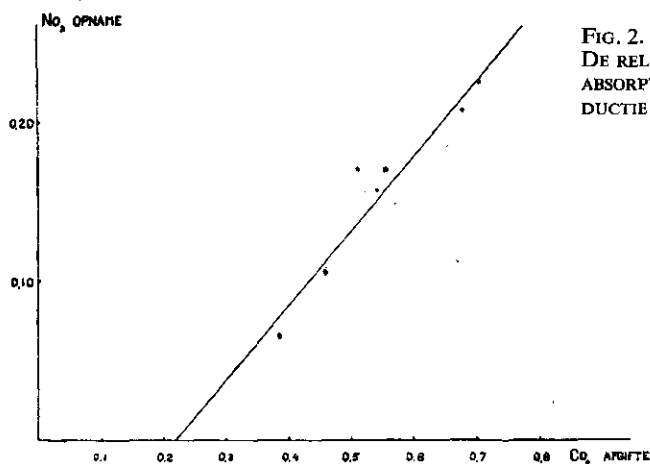


FIG. 2.
DE RELATIE TUSSEN NITRAAT-
ABSORPTIE EN KOOLZUURPRO-
DUCTIE (VLG. LUNDEGÅRDH)

en de ademhaling, deze laatste gemeten als koolzuurproductie of als zuurstofverbruik (fig. 2). Ook vele oudere proeven tonen aan, dat bij proeven in watercultures de opname der anionen bij een slechte aeratie veel kleiner is dan bij een goede luchtvoorziening van de plantenwortels. We moeten dus ook een derde type van ademhaling onderscheiden namelijk de anionenademhaling van LUNDEGÅRDH.

d. Deze Zweedse onderzoeker ontkent, dat er een speciale energiebron is voor de opname van de kationen. De proeven van HOAGLAND (1944) en medewerkers hebben echter duidelijk aangetoond, dat ook de opname der kationen aan de levensverrichtingen gebonden zijn, dat wil zeggen, dat de energie leverende processen ook voor de opname van de kationen van belang zijn. Als laatste type van ademhaling moeten we dan ook de kationenademhaling noemen. Voor de opname van water, anionen en kationen is energie nodig, die dus door de ademhaling verkregen wordt en tot het onderscheiden van de ademhalingsfunctie leidt. Het is waarschijnlijk, dat de opname van deze stoffen primair is, en dus de ademhaling het gevolg is van de absorptie, die verstoring van evenwicht veroorzaakt, welke moet worden opgeheven.

Het is van belang na te gaan wat of de quantitatieve betekenis is van de zuurstofdruk van de bodemlucht voor de opname der anionen en kationen. Het is echter moeilijk om hiervoor een maat te vinden en het lijkt me het beste dit vergelijkenderwijs te doen. Dat wil zeggen, we vergelijken de invloed van de zuurstofdruk met die van de concentratie der meststoffen, of anders gezegd, hoeveel moet de ionenconcentratie

verhoogd worden om een vermindering van de zuurstofdruk ten opzichte van de ionenopname op te heffen. Hierover zijn enkele globale berekeningen gemaakt, die in tabel 2 en 3 zijn opgenomen.

TAB. 2. ZUURSTOFSPANNING EN IONENOPNAME (AFGERONDE CIJFERS)

Relatieve O ₂ druk	Relatieve ionenopname
30	1
40	20
60	40
70	60
85	80
100	100

TAB. 3. RELATIEVE CONCENTRATIE IN MILIEU EN IONENOPNAME

Rel. Conc.	Rel. K-opname (enkelv. opl.)	Rel. K-opname (samengest. opl.)
1,5	42	70
3	53	72
6	55	76
13	58	80
25	74	97
50	95	98
100	100	100

We zien uit deze tabellen, dat bij een afname van het zuurstofgehalte van de bodemlucht tot de helft, de hoeveelheid opgenomen ionen per tijdseenheid tot minder dan de helft daalt. Willen we nu deze daling weer goed maken door een verhoogde mestgift dan kunnen we aflezen, dat hiervoor een concentratieverhoging van de ionenactiviteit in de grond nodig is van 50 à 100 keer. Dit verschil wordt voor een groot deel veroorzaakt door het feit dat bij de zuurstofopname geen en bij de ionenopname wel een adsorptie aan de absorptie voorafgaat. Het zuurstof-tekort is dus van een geheel andere orde van grootte dan de concentratie-effecten. Dit maakt het ook langs theoretische weg duidelijk, dat de ervaringen, die door structuur-verbeteringen in de praktijk bereikt worden, groot moeten zijn en dat storingen in het profiel, die oorzaak zijn van een slechte luchthuishouding van zulke grote betekenis voor de groei van het gewas zijn. Voor de economie van de bemesting duidt het duidelijk op het belang van een goede structuur; in verband met de studie van de profielen geeft het nog eens weer, van hoe groot belang de te karteren waterhuishouding is, want deze geeft immers ook de luchthuishouding in principe weer, gezien het feit dat waar water is, geen lucht kan zijn.

Daar de plant de bodemlucht steeds verbruikt en daarbij nog het voor de wortel in hogere concentraties ($\pm 2\%$) giftige koolzuurgas afscheidt, is het van groot belang, dat naast een voldoende luchtvolume ook de bodemventilatie in orde is.

e. Voor de ventilatie van de bodem zijn verschillende factoren aansprakelijk. Ten dele zijn deze gelegen buiten de bodem zelf, zoals de wisselingen in temperatuur, de invloed van de wind, de veranderingen van de barometerstand en de regen, die zuurstofhoudend is en die lucht mede de grond in sleept. Ten dele zijn deze afhankelijk van de eigenschappen van de bodem zelf. Het transport moet immers door de holten tussen de vaste en vloeibare phase plaats hebben en deze holten zijn in hun hoeveelheid en in hun vorm afhankelijk van de structuur van de grond. Het is een diffusie- en circulatieproces, dat door de eerder genoemde factoren beïnvloed wordt.

Door DOJORENKO (1931) zijn vele metingen gedaan omtrent de bodemlucht en de betekenis van de grootte der poriën in de grond voor de ventilatie van de bodemgassen. Enkele van zijn gegevens zijn in tabel 4 en 5 opgenomen.

TAB. 4. ZUURSTOFGEHALTE VAN DE BODEMLUCHT

Diameter bodemdeeltjes	$\frac{1}{2}$ m	$\frac{1}{4}$ -1 mm	1-2 mm	2-3 mm
% zuurstof	5,4	18,6	19,3	19,4

TAB. 5. PERMEABILITEIT VAN DE GROND VOOR LUCHT IN PROCENTEN VAN EEN NORMAAL-WAARDE

Diam. bodemdeeltjes (mm)	0,25	0,25-0,50	0,50-1	1-2	2
Droog	43,5	85,3	97,2	96,4	100
20 % water v. d. W.C.	10,2	45,2	95,4	93,8	100
38 % idem	—	14,1	98,2	94,8	96,4
85 % idem	—	—	99	95,6	100

In deze tabellen is als maat voor de poriëngrootte genomen de afmetingen van de kluitjes, waaruit de grond bestaat en waarmede deze diameters samenhangen. We zien uit tabel 4, dat bij te kleine kluitjes, dus te kleine poriën, er niet voldoende ventilatie plaats heeft. Er komt een tekort aan zuurstof met alle nadelige gevolgen van dien. Voor de practijk mogen we concluderen, dat kluitjes kleiner dan $\frac{1}{2}$ à 1 mm ongunstige invloed gaan uitoefenen.

In tabel 5 zijn enige gegevens vermeld van de permeabiliteit van de grond voor lucht. Ook deze tabel geeft aan, dat de diameter voor de bodemaggregaatjes minstens een $\frac{1}{2}$ mm moet zijn.

De structuur van de bovengrond hangt zeer nauw samen met de watertoestand van de grond, te veel water zal aanleiding zijn tot anaerobe toestanden, waardoor het microleven, dat voor de vorming en het behoud van de structuur van zo groot belang is, te lijden heeft. Te weinig water heeft ook een minder gunstige invloed op het microleven. Ook de fysische krachten, die voor de binding van de aggregaten nodig zijn, hangen ten nauwste met de watertoestand samen. Deze waterhuishouding van de bovengrond is weer een afspiegeling van de toestand in de ondergrond. Het is dan ook geen wonder, dat het profielonderzoek, waarbij nog niet zo direct gelet wordt op wat de landbouwscheikundige „de structuur” noemt een belangrijke bijdrage levert voor dit probleem. In hoofdstuk II zult U nog verscheidene detailpunten ontmoeten, die ten nauwste met deze vraagstukken samenhangen.

Voor we overgaan tot de meer theoretische behandeling van het water in de grond nog een enkel woord over datgene, wat men in de grond over de luchthuishouding kan zien. Aerobe en anaerobe toestanden worden door de kleur van de grond gekenmerkt als gevolg van de reacties, die het ijzer van de grond met allerlei stoffen aangaat.

De belangrijkste verbindingen van ijzer, die oplosbaar zijn en in de grond voorkomen zijn ferrobicarbonaat en kolloidaal opgelost ijzerhumaat. Verplaatsing van ijzer heeft dan ook in hoofdzaak door middel van deze twee verbindingen plaats. De belangrijkste onoplosbare ijzerverbinding in de grond is het ijzeroxyde-hydraat. Daar nu het grondwater anaeroob is en bijvoorbeeld onder invloed van de organische stof, die bij haar oxydatie CO_2 afgeeft, ferrobicarbonaat zal bevatten, kan het ijzer hiermede gemakkelijk verplaatst worden. Komt dit ijzer echter met lucht in aanraking, dus op het grensvlak water-lucht, dan zal het oxyderen en omgezet worden in het geel-oranje-rode ijzeroxyde-hydraat, dat neerslaat. Daar de grond dishomogeen is, heeft deze afzetting in vlekken plaats en er ontstaat de bekende *gley-horizont*. Deze is een belangrijk kenmerk van de grond ten opzichte van de water- en luchthuishouding en speelt bij de kartering een grote rol. Ijzeroxyde hydraat-vlekken in de grond wijzen steeds op een plaatselijke afwisseling van anaerobe en aerobe toestanden.

5. DE WATERACTIVITEIT VAN DE GROND

Kunnen we de zuurstof ten opzichte van de plant als een noodzakelijke hulpstof karakteriseren, het water moeten we bij de voedingsstoffen rekenen. Een belangrijk deel van het levende plantenlichaam, gelegen tussen 10 en 90 % van de levende massa, bestaat uit water. Ook wordt het bij de koolzuurassimilatie in de vorm van koolhydraten vastgelegd. Behalve als bouwstof van de plant is het water ook nodig

bij de opname van de voedingsionen, wel niet in de oude opvatting, dat de voedingsstoffen met het water worden opgezogen, maar op een andere wijze, namelijk als milieu waaruit, zelfs ook bij de contactuitwisseling, de ionen worden opgenomen. Het is dan ook geen wonder dat de studie van het water in de grond een belangrijke plaats inneemt.

Het water dat in de grond voor de plant ter beschikking staat kan op twee wijzen in de bouwvoor terecht komen. Bij sommige gronden is het water, dat door capillaire opstijging van het grondwater afkomstig is, bij andere gronden is het hangwater, dat door de regen aan de grond geleverd wordt, en het kan ook een combinatie van beide zijn.

Men kan wel aannemen, dat een bouwvoor, die door capillairen van de juiste wijfde in verbinding staat met het grondwater op de goede diepte in het algemeen voldoende van water kan worden voorzien, daar het grondwater als een zeer groot reservoir kan worden beschouwd.

Hoe is het echter met het hangwater? In het algemeen zal de regenval, die in ons land gemiddeld voorkomt wel voldoende water kunnen leveren. Deze bedraagt per jaar gemiddeld 705 mm; rekenen we, dat er door de directe verdamping een verlies plaats heeft van omstreeks 300 mm, wat zelfs een hoge schatting lijkt, dan resteren er nog 400 mm. De gewassen verdampen gemiddeld per kg droge stof die gevormd wordt 400 liter water, wat overeenkomt met 240 mm. Per jaar gerekend is er dus wel voldoende water als al het hemelwater behouden blijft. Deze berekening is uit de aard der zaak zeer globaal en voor vele verbeteringen vatbaar. Er is geen rekening gehouden met de regenverdeling, de verschillende eisen van de gewassen, de binding van het water in de grond, de afvoer van het water enz. Ze wordt dan ook slechts gegeven ter bepaling van de gedachten en tevens om de aandacht te vestigen op het zeer belangrijke verschijnsel van een goede waterberging in de grond. Hierbij speelt naast de profielbouw de structuur een zeer grote rol. Zo kon VAN SCHUYLENBORGH bijvoorbeeld aantonen, dat bij een goede structuur een bepaalde regenhoeveelheid in bovenste 15 cm geborgen werd, terwijl dezelfde hoeveelheid bij een slechte structuur veel verder in de grond doordrong en dus afgevoerd werd. In hoofdstuk II zijn verschillende gevallen aangegeven, waar het voorkomen van een voor water ondoordringbare of moeilijk te doordringen laag een zeer grote invloed heeft op de berging en het te nutte maken van het hemelwater door de plant.

Al het water dat in de grond voorkomt is echter niet beschikbaar voor de plant. We hebben al gezien, dat als eis gesteld moet worden, dat tevens zuurstof aanwezig is. Niet alleen als gevolg van het feit, dat daar waar geen zuurstof is ook geen wortels zijn, maar ook omdat zonder zuurstof geen absorptie kan plaats hebben. Dit heeft tot gevolg

dat in principe alleen het pendulaire, funiculaire en sejunctiewater voor de plant direct ter beschikking staat en dat het water uit de gesloten capillaire zône en het grondwater niet direct aan de plant ten goede komt, maar zich eerst met lucht moet vermengen. Voor het voor de plant beschikbare luchthoudende water is wel de term bodemvocht voorgesteld. Het is jammer dat ondanks de vele studies van het bodemwater aan dit bodemvocht nog zo weinig aandacht is besteed en juist de eigenschappen van het deel van het water, dat direct voor de plant beschikbaar is, nog zo weinig betrouwbaar bekend zijn.

In het probleem van de watervoorziening van de plant valt wat dit deel betreft te onderscheiden: de toevoer van het grondwater aan de open capillaire zone, de spanning van het water in deze zône en de beweeglijkheid of beter de snelheid van beweging van het bodemvocht.

De opname van het water is ondanks de invloed van de zuurstof op het proces voor een belangrijk deel een osmotisch verschijnsel. Op het water werken twee tegenwerkende krachten, de zuigkracht van de wortel en de bindingskracht van de bodemdeeltjes. Beide kunnen in een osmotische waarde worden uitgedrukt. Het is de laatste tien jaren min of meer in gebruik geraakt, deze osmotische waarde van het bodemwater niet meer uit te drukken in atmosferen, maar in navolging van SCHOFIELD (1935) in de zogenaamde pF. Deze pF is de spanning van het water uitgedrukt in de logaritmie van het aantal cm water, die deze spanning bedraagt. Dat wil dus zeggen, dat een osmotische waarde van één atmosfeer overeenkomt met 1000 cm water of met een pF van drie. De zuigspanning van de wortels van verschillende gewassen is in de loop der tijd door verscheidene biologen gemeten, zodat we enige houvast hebben over deze waarde (zie tabel 6). Om de gedachten

TAB. 6. ZUIGSPANNING VAN WORTELS

Grassoorten	6,7-12,7 atm.
Mais	15,0-27,0 „
Winterrogge	9,5-14,3 „
Bieten	12,7-16,0 „
Citrus	40,5-58,0 „

te bepalen mogen we bij onze cultuurgewassen wel rekenen met een gemiddelde waarde van ongeveer 15 atmosfeer, wat overeenkomt met een pF van 4,2. Wil het water echter voor de plant ter beschikking staan, dan zal de binding in de grond dus minder sterk moeten zijn. Men rekent, dat gemiddeld de zuigspanning van de wortels 3 atmosfeer meer moet bedragen dan die van de grond, wil het water nog opgenomen kunnen worden. De binding in de grond mag dus niet

sterker zijn dan een spanning, die overeenkomt met 12 atmosfeer of een pF van 4,1. De zo berekende waarde stemt vrij goed overeen met de pF, die aequivalent aan het verwelkingspunt gesteld wordt; deze bedraagt immers 4,2.

Een tijd lang heeft men gemeend, dat de scheiding tussen het *dode* en het *physiologisch* water in de grond lag bij de op het laboratorium te bepalen hygroscopiciteit. Dit is echter het water, dat overeenkomt met een spanning van 50 atmosfeer of een pF van 4,7, zodat veel minder dan dit water voor de plant ter beschikking staat. De laatste jaren zijn verschillende methodes ontwikkeld om de waterspanning in de grond te meten, ik wil slechts de werkwijze noemen van RICHARDS, die met tensiometers werkt en die van BOUYOCOS, die gebruik maakt van gipsblokjes. Beide wijzen van werken zijn geschikt voor een vaste opstelling (zie VAN BAVEL, 1948).

Men kan uit de gegevens over de zuigspanning van de wortels berekeningen maken over de grootte van de poriën, die nog juist kunnen worden leeggezogen. De spanning van het water hangt immers af van de kromming van de meniscus en dus ook van de diameter van de poriën. Men komt dan tot de conclusie dat nog zeer fijne poriën kunnen worden leeggepompt; de grens ligt in de orde van grootte van 1 μ .

Een ander probleem, dat voor de wateropname van belang is, vinden we in de *snelheid van toevoer van het water*. De plantenwortel zuigt immers haar omgeving leeg en het verbruikte water moet weer worden aangevuld. Is de snelheid waarmede deze aanvulling plaats heeft niet groot genoeg, dan heeft de plant weinig aan het aanwezige water, tenzij ze met haar groei het waterverbruik kan bijhouden. Nu is het bekend dat de plant regelmatig nieuwe haarwortels vormt, mede om water te kunnen opnemen, zodat er een natuurlijke compensatie is. Iets wat we trouwens in de natuur geregeld tegenkomen.

De snelheid van toevoer van het water zal afhangen van de poriëngrootte, maar ook van de hoeveelheid water, die in de grond aanwezig is, immers bij een volledig verzadigde grond zal de waterbeweging anders verlopen, dan bij een grond, waarbij de poriën ten dele met lucht gevuld zijn. Voor een inzicht hierover kan men gebruik maken van een onderzoek van SEKARA, die met een sterk zuigende gipsstaaf de hoeveelheid water gemeten heeft, die onder verschillende omstandigheden door de grond werd afgestaan. Hierbij bleek duidelijk dat er een groot verschil is in de afhankelijkheid van het vochtgehalte en dus ook van het luchtgehalte van de grond. Vermindering van het bodemvocht doet dus niet alleen de zuigspanning oplopen, maar ook het transport verminderen. In tabel 7 zijn enkele door mij omgerekende waarden weergegeven.

TAB. 7. SNELHEID WATERBEWEGING IN GROND (VLG. SEKARA)

	Bodemwater	Bodemvocht
Leemhoudend zand . .	21 mm/h	6 mm/h
Zandhoudend leem . .	12 mm/h	3 mm/h
Leem	7 mm/h	1 mm/h
Klei	5 mm/h	0,8 mm/h

We zien dat bij het toetreden van lucht de bewegingssnelheid tot ongeveer $\frac{1}{8}$ kan teruglopen. In het geval van waterverzadiging heeft het transport van het water plaats door de grote holten en capillairen, in het geval van het pendulaire en funiculaire water verplaatst het water zich in de veel kleinere poriën en langs de oppervlakte der deeltjes.

SEKARA (1932) geeft tevens aanwijzingen over de waardering van de cijfers voor de snelheid van verplaatsing bij de toestand van bodemvocht. Dit is immers de toestand, die voor de plant de normale is. In tabel 8 is deze waardering opgenomen. Vergelijken we de daar gegeven

TAB. 8. KLASSIFICATIE SNELHEID WATERBEWEGING (BODEMVOCHT)
(VLG. SEKARA)

> 4 mm/h	zeer groot
1-4 "	groot
0,6-1 "	normaal
0,3-0,6 "	traag
< 0,3 "	te traag

cijfers met het voor de plant benodigde water, dan blijkt er een goede overeenstemming te zijn. Immers de verdamping die door een gewas plaats heeft kunnen we op gemiddeld 0,4 mm per uur stellen. Dit gemiddelde wordt echter op warme dagen als er veel vochtverlies bij de plant plaats heeft verre overtroffen, een factor 5 kan zeker voorkomen. U zult begrijpen dat deze getallen slechts bruikbaar zijn om de gedachten te bepalen, daar ze met de omstandigheden zeer sterk kunnen wisselen.

Droogte-verschijnselen aan de plant kunnen dus veroorzaakt worden óf door te weinig water, óf door een te kleine snelheid van waterbeweging.

Samenvattend kunnen we opmerken, dat het slecht groeien van een gewas, als het een bodemkundige oorzaak heeft, óf gezocht moet worden in een slechte fysische toestand van de grond, óf in een arme of onevenwichtige chemische samenstelling. Het resultaat van een bepaalde *fysische toestand* is een zekere *warmte*-, *zuurstof*- en *wateractiviteit*, die van de *chemische toestand* een bepaalde *anionen*- en

kationenactiviteit. Het gevolg hiervan is een bepaalde biologische toestand, die daarnaast afhangt van de aanwezigheid van verteerbare organische stof. Deze biologische toestand is van zo groot belang, daar ze in staat is extremen te nivelleren.

De beschouwingen waren uit de aard der zaak algemeen en daardoor weinig volledig, zo is er b.v. niet over de betekenis van de wortelontwikkeling gesproken, die zo nauw met de profielbouw samenhangt. Als we echter in staat zijn geweest U iets van onze gedachtengang mede te geven, dan kunnen we tevreden zijn. U zult hebben begrepen, dat onder de huidige omstandigheden het probleem van de fysieke toestand van de grond, die de bodemkartering op haar wijze karakteriseert, alle aandacht verdient, omdat de betekenis voor de plantengroei zeer groot is.

LITERATUUR

- BAVEL, C. H. M., Nieuwe Amerikaanse methoden ter bepaling van de bodemvochtigheid in het veld. *Landbouwk. Tijdschr.*, **60**, 120 (1948).
- BAVER, L. D., Soil physics. - New-York, 1947.
- DOJARENKO, A., zie Krause, M., Russische Forschungen auf dem Gebiete der Bodenstruktur. *Landw. Jahrb.*, **73**, 603 (1931).
- EDELMAN, C. H., Verschillende artikelen in Boor en Spade I. Utrecht 1948.
- HENDERSON, L., Relation between root respiration and absorption. *Plant physiology*, **9**, 283 (1934).
- HOAGLAND, R., Lectures on the inorganic nutrition of plants. Waltham, Mass. U.S.A. 1944.
- HUDIG, J., Klinisch grondonderzoek in de tropen. *Landbouwk. Tijdschr.*, **51**, 372 (1939).
- LUNDEGÅRDH, H., Absorptions, transport and exudation of inorganic ions by the roots. *Arch. f. Botan.* **32A**, No 12 (1945).
- SCHOFIELD, R. K., The pF of the water in soils. *Trans. 3rd. Int. Soil Congr.* **2**, 37 (1935).
- SCHUFFELEN, A. C., Over de vruchtbaarheid van de bodem. *Chem. Weekbl.* **44**, 146 (1948).
- , Over het selecterend vermogen van de plant voor ionen. *Vlaams Natuurw. Tijdschr.* **30**, 65 (1948).
- , Plantengroei, ionenabsorptie en ionenverhouding. *Agricultura*, **2**, Juli (1948).
- , De bodemkundige factoren, die de opneming van kalium door de plant beïnvloeden. *Landbouwk. Tijdschr.* **56**, 116 (1944).
- SCHUYLENBORGH, J. VAN, A study on soil structure. Diss. Wageningen, 1947.
- SEKARA, F., Die Nutzbarkeit des Bodenwassers für die Pflanze. I. Fragestellung und Methodiek. *Ztschr. Bodenkn. u. Pflanzenern.*, **26A**, 57 (1932).
- SPEK, J. v. D., Het ijzer in de grond en bodem. *Chem. Weekbl.*, **44**, 493-505 (1948).
- VAGELER, P., Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. Berlin, 1932.
- VRIES, O. DE, Düngungs-fragen in ihren gegenseitigen Beziehungen als polydimensionales Problem. *Ernährung Pflanze.* **30**, 373 (1934).

II. DE WATER- LUCHTHUISHOUDING VAN DE GROND

1. INLEIDING

De water-luchthuishouding van de grond is wel een der belangrijkste factoren in het veelzijdig systeem, dat de vruchtbaarheid van de bodem bepaalt. De bemestingstoestand kan veelal op betrekkelijk gemakkelijke wijze voor elke willekeurige gewassenkeuze in orde gebracht worden, echter de water-luchthuishouding is een eigenschap inhaerent aan de bodem zelf. Is deze niet in orde, dan groeien de planten minder goed, ondanks welke bemestingswijze ook. De hoedanigheid van de water-luchthuishouding wordt dan ook als een vast, en zeer belangrijk bodemkenmerk op de bodemkaarten tot uiting gebracht.

De water-luchthuishouding van een grond wordt beheerst door de stand van het grondwater, maar ook door de daarin optredende fluctuaties. Immers waar water is, kan geen lucht zijn. Afwisseling van oxydatie en reductie in bepaalde bodemlagen komt tot uiting in de zgn. gley-verschijnselen.

De bewegingen van het bodemwater, dus de waterhuishouding, worden beheerst door de aard van de grond, zijn ligging in het terrein en de afwisseling van bodemlagen van verschillende aard.

Het is voor de landbouw voornamelijk de bewortelingszône van de bodem, waarin de water-luchthuishouding, of kortweg gesproken de waterhuishouding, essentieel is. Het onderzoek hiervan geschiedt door profielstudie. Voor gronden welke zeer hoog boven het grondwater liggen wordt op grond van ervaringen de bovenste 1,25 m van de bodem onderzocht.

De waterhuishouding bepaalt de geschiktheid van de grond voor bepaalde gewassen en of een grond vroeg of laat is. In dit hoofdstuk wordt dan ook, behalve het reeds genoemde gleyverschijnsel, de waterhuishouding in de verschillende Nederlandse gronden behandeld, waarbij de nadruk gelegd wordt op de wijze waarop de vochtvoorziening in de gronden plaats vindt en op de invloed welke de waterhuishouding heeft op de temperatuur van de grond, een bodemkundige factor die vooral bij de teelt van speciale gewassen een belangrijke rol speelt.

2. DE WATER-LUCHTHUISHOUDING VAN DE BODEM

De water-luchthuishouding in de bodem wordt beheerst door de verhouding waarin de voor de plantengroei noodzakelijke vloeibare en gasvormige elementen in de verschillende lagen van het bodemprofiel aanwezig zijn. Planten groeien niet in een grond of in bepaalde lagen van een grond, waarin óf de luchtphase óf de waterphase ont-

breekt. De wortels van onze cultuurgewassen ontwikkelen zich niet beneden de grondwaterspiegel en het is dus essentieel de hoogteligging van het grondwater in de verschillende jaargetijden te kennen. Dit te meer, daar de wortels van overjarige gewassen rottingsverschijnselen gaan vertonen, wanneer zij na een lange periode van droogte ineens in het grondwater komen te liggen.

Een onderzoek naar de omstandigheden, waarin een bepaalde grond in verband hiermee verkeert, behoeft geen jarenlange observatie met talloze instrumenten. Het profiel zelf geeft door middel van de zgn. gley-verschijnselen, waarbij een kleurschifting in het profiel optreedt, reeds aan, welke profiellagen doorlopend goed geaereerd zijn, welke afwisselend geaereerd en gereduceerd zijn en welke permanent in gereduceerde toestand verkeren.

a. Gley-verschijnselen

Om het verschijnsel der gley te kunnen begrijpen en verklaren, moet men weten hoe het ijzer zich in de grond gedraagt.

In goed geaereerde gronden, welke nooit gedurende langere tijd onder het grondwater hebben gelegen en waarin dus steeds luchtverversing plaatsvindt, bevindt het ijzer zich in fijn verdeelde toestand in drie-waardige vorm. Wordt door een stijging van het grondwater de zuurstof uit het profiel verdreven, dan treedt reductie van de ijzer-verbindingen op. Het drie-waardige ijzer wordt gereduceerd tot de twee-waardige (ferro-)vorm. Als zodanig bevindt het ijzer zich als ferro-bicarbonaat en colloïdaal ijzerhumaat in oplossing en kan dus door het bodemvocht verplaatst worden (hoofdstuk I, 4). Bij het dalen van het grondwater worden de opgeloste ijzer-verbindingen naar beneden gevoerd. Hierdoor ontstaat een gebleekte zône in het profiel, welke zich verraaft door grijs-witte of zilver-grijze tinten. Bij hernieuwd stijgen van het grondwater wordt opnieuw ijzer in opgeloste vorm in deze laag gevoerd, hetwelk, wanneer de grondwaterspiegel weer daalt en luchtzuurstof in het profiel toetreedt, gedeeltelijk door oxydatie neergeslagen wordt tot ijzeroxyde-hydraat met gele, oranje, rode of roodbruine tinten. Dit neerslaan vindt niet regelmatig door het profiel plaats maar langs wortelkanalen, scheurtjes of wormgangen. Het profiel krijgt in deze zône hierdoor een gevlekt of gevlamd voorkomen. De gehele gebleekte, vlekkerige laag vormt de eigenlijke gley-horizont.

De bovenkant van deze horizont geeft het hoogste niveau aan tot waar gedurende het winterhalfjaar de grond met water verzadigd is. Dit niveau valt in het algemeen niet precies samen met dat van de grondwaterspiegel, maar wij willen in dit hoofdstuk het niveau korthedshalve als grondwaterstand aanduiden. Deze bovenkant is gekenmerkt

door de overgang van de gevlekte zône naar de steeds geaereerde, bruine bovenlaag. In gronden, waarin het grondwater gedurende de winter stijgt tot in het maaiveld, is een dergelijke bovenlaag van de gley-horizont niet aanwezig, maar bevinden de roestvlekken zich in de min of meer humeuze bovengrond. Verwarring tussen een dergelijke bovengrond en de bovenlaag van de gleyhorizont is soms mogelijk. Echter zal men de gleyvlekjes in de meeste humeuze bovengronden kunnen herkennen.

Voor het overige valt het op, dat bovenin de gleyhorizont veelal de sterkste ijzer-verrijking optreedt, terwijl de vlekjes daar steeds een duidelijke bruine tot roodbruine kleur vertonen. Naar beneden toe slaan de gley-kleuren veelal om naar meer gelige tinten, welke soms nauwelijks zichtbaar zijn.

De onderkant van de gley-horizont geeft de laagste zomer-grondwaterstanden aan en is gekenmerkt door een overgang van de gebleekte vlekkerige zône in een duidelijk grauw tot blauw gekleurde ondergrond. Beneden deze overgang ligt de grond steeds in het grondwater, dat rijk is aan opgeloste ferro-verbindingen, welke de bodem deze typische kleur verlenen. Een en ander wordt duidelijk gemaakt in figuur 3.

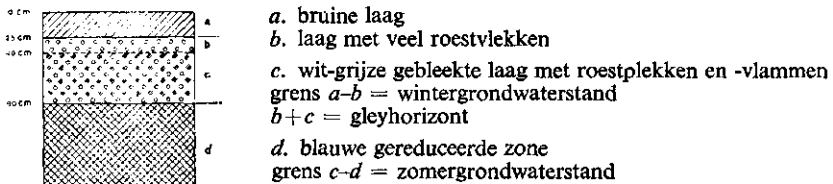


FIG. 3. SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE GLEY-HORIZONT IN HET BODEMPROFIEL

Niet steeds is de gley even duidelijk en gemakkelijk te zien. In zeer goed doorlatende zandgronden, welke vrij grote fluctuaties van de grondwaterspiegel bezitten, is het verschijnsel veelal minder duidelijk. Hierin daalt het grondwater doorgaans vrij snel. Beter zichtbaar is de gley in minder doorlatende gronden en in de zeer goed doorlatende gronden waarin de wisselingen niet groot zijn. Zijn deze niet groot, dan kan de ijzer-aanrijking zeer aanzienlijk zijn. Dit blijkt vooral in zandgronden, wanneer er een gat gemaakt wordt tot in de gley-horizont. IJzerrijk, bruin water kan dan toevloeien. Soms ontstaat door te sterke ijzeraanrijking in de gley-horizont een verkittung van de grond (ijzeroer), waarop waterstagnatie plaats kan hebben en de wortels een mechanische weerstand kunnen ondervinden.

In de uiterwaarden liggen de gleyverschijnselen opvallend diep, ter-

wijl de bovenste meter van het bodemprofiel practisch egaal bruin is gekleurd. En dit, terwijl deze gronden toch herhaaldelijk onder water komen te staan. De verklaring hiervan ligt in het feit, dat uiterwaarden in de regel slechts gedurende korte tijd geïnundeerd zijn; in tegenstelling tot de normale gronden, waarin de grondwaterspiegel al in het najaar stijgt en pas in het voorjaar weer langzaam daalt. De reductietoestand tijdens het onder water staan der uiterwaarden duurt te kort dan dat alle ijzer opgelost kan worden. Dit wordt mede tegengewerkt door het feit, dat het overstromende water zuurstof-rijk is, zodat reeds bij het inzetten van de daling, welke zeer snel geschiedt, verplaatsing van eventueel gereduceerd ijzer verhinderd wordt. Tevens werkt de goed doorlatende, kruimelige structuur der kalkhoudende uiterwaardkleien een volkomen doorluchting van het bodemprofiel bij dalende rivierwaterstanden in de hand.

b. Schijnspiegels

De interpretatie van gley-verschijnselen wordt zeer vaak bemoeilijkt door het optreden van slecht doorlatende lagen in het profiel. De daarboven en daaronder voorkomende ijzervlekken doen vaak spoedig een bepaalde grondwaterstand vermoeden, waardoor men verkeerde conclusies zou kunnen trekken. Bijna elk profiel, dat een afwisseling van goed en slecht doorlatende lagen vertoont, bezit ijzervlekken boven en onder de minder doorlatende lagen. Zij zijn ontstaan door de vorming van schijnspiegels, dus door stagnatie van bodemwater op deze lagen, waardoor afwisselende oxydatie en reductie optreedt, zoals in de gleyhorizont; of door het binnendringen van luchtzuurstof in een met grondwater volstaande gereduceerde laag wanneer de bovenliggende slecht doorlatende lagen bij indroging van de bodem gaan scheuren. In het laatste geval blijkt de roestkleuring zich dan ook steeds te beperken tot bepaalde kernen direct onder de ondoorlatende laag.

Gley-verschijnselen boven slecht-doorlatende lagen zijn nagenoeg dezelfde als bij de echte gley-horizont, alleen ontbreekt de onderliggende blauwe, gereduceerde zone. Immers in drogere perioden verdwijnt al het water van de schijnspiegel. Een zeer duidelijk beeld krijgt men hieromtrent in de zandgronden van Noord-Nederland welke rusten op een keileem-ondergrond, terwijl de eigenlijke grondwaterspiegel zich op grotere diepte bevindt.

c. Fossiele gley-horizonten

Behalve dat de gley ons een indruk geeft omtrent de water-luchthuishouding in de grond op het moment van onderzoek, kunnen ook vroegere horizonten in het profiel waargenomen worden. Het profiel

geeft dan zelf aan, welke veranderingen er in de loop der tijden in de algemene hoogte-ligging van de grondwaterstanden opgetreden zijn.

In onze Nederlandse gronden waar, indien dit nodig was de grondwaterstand veelal doelbewust is verlaagd, is het mogelijk de vroegere toestand aan deze zgn. fossiele gley te reconstrueren. Hierdoor is een schatting mogelijk van de waarde-vermeerdering van de grond. Evenzo is het mogelijk de achteruitgang van gronden te schatten, waarin door ontwatering ter plaatse of elders, de grondwaterspiegel te veel is gedaald.

Soms treft men enkele gley-horizonten boven elkaar aan, gescheiden door gebleekte zône's, waar het ijzer in opgeloste vorm bij het dalen van het grondwater uitgetrokken is, zonder dat door achtereenvolgende fluctuaties opnieuw een, zij het plaatselijke, ijzeraanrijking is opgetreden.

3. DE WATERHUISHOUDING VAN DE NEDERLANDSE GRONDEN

A. Karteringscriteria

Het verschijnsel der gley maakt een beoordeling van de grond naar zijn landbouwkundige waarde mogelijk. De bewegingen van het grondwater in de verschillende jaargetijden geven in samenhang met de aard en de samenstelling van het profiel daarboven, een inzicht hoe een grond zich uit een oogpunt van vochtvoorziening gedragen zal. Het is dan ook naar deze eigenschap, dat de Nederlandse gronden gekarakteriseerd kunnen worden.

Het belangrijkste karteringscriterium is wel of een grond voor bepaalde gewassen doorlopend te droog is, afwisselend te nat of te droog is, constant te vochtig is of juist in de gewenste vochtvoorziening voorziet. Daarbij kunnen de gronden direct in twee groepen gescheiden worden, nl. *a.* de „hoge” gronden, welke meer dan 1,25 m boven de gley-horizont liggen, *b.* de „lage” gronden, waarin het grondwater zich op geringer diepte beneden het maaiveld bevindt.

Er kan ook gley voorkomen in de gronden, welke door de aanwezigheid van een ondoorlatende laag in het profiel schijnspiegels vertonen. Lage gronden blijken dan veelal wateroverlast te vertonen, terwijl door de geringe capillaire werking van zulke lagen in tijden van droogte de vochtvoorziening te kort schiet. Op hoge gronden daarentegen is de vochtvoorziening van de bewerkingszône door de aanwezigheid van dergelijke lagen doorgaans aanzienlijk beter, tenzij deze lagen zich te hoog in het profiel bevinden.

In gronden met een geringe vochtvoorziening speelt het vochtbindend vermogen van de bewortelingslagen een belangrijke rol bij de

typering. Een fijnere textuur, de dikte en humusrijkdom van de al of niet natuurlijke bovengrond is daarbij o.a. beslissend.

Hierbij zij nog opgemerkt, dat de termen „hoog” en „laag” zuiver bodemkundig zijn gebruikt. Het is zeer wel mogelijk dat een lage grond voor komt in een topografisch hoog gelegen gebied en omgekeerd.

B. Hoge gronden zonder ondoorlatende lagen

In dergelijke gronden is de vochtvoorziening beperkt en geheel afhankelijk van het regenwater, dat als hangwater tussen de bodemdeeltjes en in nauwe capillairen blijft hangen. Naarmate de grond rijker is aan fijne anorganische bestanddelen of meer organisch materiaal bevat, zoals een humusrijke bovengrond of een niet verharde podsol-B laag, is de watercapaciteit groter.

a. Zandgronden. Onze hoge zandgronden kunnen wat dit betreft wel tot de slechtste gronden gerekend worden. Het vochtbindend vermogen is te gering om de gewassen gedurende de zomer van voldoende vocht te voorzien. Het grootste gedeelte van de neerslag vindt zijn weg als zakwater naar de diepe ondergrond, waar de plantenwortels er niet van kunnen profiteren. De meer of mindere grofheid van deze zandgronden speelt wel een rol, maar zij kunnen geen van alle redelijk voldoen aan de eisen, welke onze landbouwgewassen stellen. Dergelijke gronden zijn veelal bebost, waarbij als het goed is, het bestand aangepast is aan de mogelijkheden, welke de betreffende zandgrond levert. Bomen, welke de minste eisen stellen, zoals grove den en berk, treft men doorgaans aan op zeer grove en zelfs grindrijke hoge zandgronden, terwijl b.v. beuk, eik of fijnspar, waarvoor de vochtvoorziening op dergelijke gronden ondanks diepe beworteling tekort schiet, op meer fijnzandige of iets slibhoudende gronden aangetroffen worden. Landbouw op dergelijke gronden komt soms voor, echter steeds met pover resultaat. Doelbewust streeft men in dergelijke gevallen naar een verrijking van de bewortelingszone met organische bestanddelen. De moeilijkheid schuilt hier echter in de uitvoering. Op deze droge zandgronden met hun goed geaereerde bouwvoren verbrandt veel van de toegevoegde organische stof. Slechts is het mogelijk tot het gestelde doel te geraken door het aanbrengen van stabiele humusstoffen, zoals deze o.a. door de heide-zode worden geleverd.

Onze voorouders bereikten, wat dit betreft, met moeizame arbeid in de loop der eeuwen het beste wat te bereiken was door het ophogen van hun dorre zandgronden met heideplaggen, vermengd met schapenmest. Een dikke zwarte bouwvoor is hierdoor ontstaan, (esgronden), op vaak dorre zandgronden. Ideaal is evenwel de vochtvoorziening in

droge zomers niet te noemen en verdroging komt dan ook op deze oude bouwlanden wel voor.

b. Loess-leemgronden. Loessgronden bevatten in tegenstelling tot zandgronden een veel hoger percentage fijne bestanddelen, waardoor zij een lemig voorkomen hebben. Als afzetting kenmerken zij zich door een korrelgrootte-verdeling grotendeels vallende tussen 10 en 50 μ , met gemiddeld 20 % kleiner dan 10 μ (VAN DOORMAAL 1945). Dit in tegenstelling met de zandgronden, waarvan de korrelgrootte voornamelijk boven de 100 μ ligt.

Deze typische eigenschap der loess-leemgronden uit zich in een groot vochtbindend vermogen, waardoor het mogelijk is, dat op deze gronden, ondanks een ligging hoog boven het grondwater en dan nog vaak rustend op doorlatende, grindrijke afzettingen, goede cultuurmogelijkheden bestaan.

De dikte der loess-leemafzettingen speelt hierbij een grote rol. Naarmate de afzettingen dikker worden, is de hoeveelheid gebonden water groter. Het meest kenmerkende voor dit verschijnsel is wel het feit, dat de in sommige dalen van het loess-landschap voorkomende dunnere loess-leemgronden, ondanks hun zoveel lagere ligging, minder goed zijn, dan de hoog op de plateau's rustende dikke pakketten.

Evenals bij de zandgronden zijn de met humusstoffen verrijkte loess-leemgronden vruchtbaarder dan de van nature zeer humusarme loess-leem. De grond krijgt door de humus een betere kruimelstructuur, waardoor behalve het vochtbindend vermogen, ook de luchthuishouding verbeterd wordt. Loess-leem heeft namelijk door zijn fijnheid nog al gauw last van slempigheid, waardoor de luchtphase in het gedrang komt.

Tussen zandgronden en loessgronden kunnen allerlei overgangen voorkomen. Een nadere bespreking hiervan zou ons echter te veel in finesses doen afdalen.

c. Kleigronden. In Nederland kent men zeer weinig kleigronden, welke zo hoog boven het grondwater liggen, dat de gewassen bij hun ontwikkeling geheel afhankelijk zijn van het hangwater. Slechts in Zuid-Limburg komen dergelijke gronden als verweringsgronden van het Krijt over een oppervlakte van pl.m. 1000 ha voor, de zgn. kleven-eerd. Voor zulke gronden geldt hetzelfde als voor de loess-leemgronden, alleen in sterkere mate.

Worden dergelijke gronden te zwaar van samenstelling, dan treedt verdroging of verwelking op, alleen als gevolg van de grote zwaarte van de klei en zijn geringe bewortelingsmogelijkheid. De haarwortels der planten kunnen volgens GOEDEWAAGEN (1942) niet doordringen in capillairen nauwer dan 0,01 mm. In zeer ondoorlatende zware gronden

kunnen zij dus niet ten volle profiteren van de aanwezige vochtreserve, omdat zij zich in hoofdzaak voort moeten bewegen langs scheurtjes en bestaande grotere wortelkanalen. Verdrogingsverschijnselen zijn dus het gevolg. Immers langs de wanden der poriën treedt juist een sterke verdamping op door vrije uitwisseling van de met waterdamp verzadigde bodem-lucht met de atmosferische lucht.

C. Hoge gronden met ondoorlatende laag

In deze gronden is de vochtvoorziening van de bewortelingszone eveneens beperkt, doch aanzienlijk gunstiger dan bij de doorlatende hoge gronden. Zulke gronden kan men vergelijken met een vat, waarin het regenwater zich verzamelt, waardoor voor een bepaalde periode de vochtvoorziening hersteld wordt. Nu eens stijgt het water in het profiel, dan weer is het profiel geheel droog. Als gevolg van deze afwisselende oxydatie en reductie ontwikkelen zich gley-verschijnselen boven de minder doorlatende lagen in het profiel.

Vooral in onze goed doorlatende zandgronden, welke zelf weinig vocht binden, zijn dergelijke lagen van belang. Leemlagen komen hierin soms voor, hetzij gevormd als fluviatiele afzettingen, hetzij als grondmorene, terwijl in de dekzandformatie tevens sterk verdichte zandlagen of lagen van een aanzienlijk fijnere fractie kunnen voorkomen.

Op al deze lagen stagneert het regenwater gedurende langere of kortere tijd al naar gelang de doorlatendheid. Van praktisch belang zijn voornamelijk de leemlagen, indien zij enige uitgebreidheid bezitten. Als slechts plaatselijk leemlagen voorkomen, stroomt een groot gedeelte van het verzamelde water zijdelings af naar de ondergrond. Hetzelfde is het geval met minder doorlatende zandlagen, welke pleks-gewijze kunnen voorkomen. De tijdsduur, waarin zich een schijnspiegel kan handhaven, speelt een belangrijke rol. Is het vals phreatisch water verdwenen, voordat het hangwater van het bovenliggende profiel verdampt is, dan is het duidelijk dat de functie van dit water slechts gering is.

Belangrijker evenwel zijn de doorlopende, weinig doorlatende leemlagen van de grondmorene. Zij spelen een integrerende rol bij de waterhuishouding der zandgronden van Noord-Nederland. Het is gebleken dat het oppervlak van de grondmorene niet vlak ligt, terwijl de latere afzettingen ook niet steeds de golvingen van de leem volgen. Zodoende is het mogelijk dat pleks-gewijs de diepte-ligging van de leemlagen sterk varieert.

De waterhuishouding is in dergelijke gronden veelal onduidelijk, temeer, omdat deze door menselijke activiteit in recente tijd vaak in

ongunstige zin gewijzigd kan zijn. Verwacht zou mogen worden dat de plaatsen waar de leem zich hoog in het profiel bevindt zeer vochtig zijn, terwijl waar de leem zich op een diepte van meer dan 1,50 m bevindt, de bevochtiging van de bewortelingszone steeds te kort schiet. Dit nu behoeft geenszins het geval te zijn, omdat het water over de ondoorlatende lagen zijn weg zoekt naar lager gelegen punten. Het kan op bepaalde plekken dus zeer snel afgevoerd worden, terwijl elders over lange perioden geregeld aanvoer plaatsvindt, waarbij van drangwater gesproken kan worden. De topografie en de golvingen van de ondoorlatende lagen bepalen dus de waterhuishouding. Een idee daaromtrent kan men zich vormen door het beschouwen der secundaire bodemvormingen. Gronden welke steeds hoog boven het grondwater gelegen hebben, en nog liggen, vertonen slechts een min of meer krachtige podsolering op egaal geelwit zand (hoge heide). De B-laag van deze podsol-profielen is in natuurlijke ligging meestal verkit en zeer weinig vochtbindend. In Friesland spreekt men van „fels”, vooral wanneer deze laag sterk verkit is.

Gronden, welke gedurende kortere of langere tijd onder invloed van het grondwater stonden, vertonen een min of meer krachtige gleykleuring, met in de bovenste lagen van de fluctuatie-zone een min of meer dikke, bruine ijzer-aanrijkingsslaag (Friesland: rood zand). Dit rode zand (BG laag) is meestal niet verkit en goed vochtbindend.

Heeft zich een B-laag op een BG-laag ontwikkeld in gronden, waarin het grondwater nimmer tot bovenin het profiel steeg (middelhoge heide), dan is de combinatie van deze lagen vaak zeer hard en ondoorlatend. Dit treft men o.a. veel aan op hellingen in het terrein. Dergelijke gronden vertonen gauw wateroverlast, terwijl zij tevens zeer droogtegevoelig zijn.

Gronden welke periodiek goed nat zijn geweest, vertonen geen podsolering (lage heide), maar bezitten behalve de vochtbindende BG-laag, een min of meer krachtig ontwikkelde, vaak leverkleurige en fijnzandige, humus-aanrijkingsslaag, welke eveneens goed vochtbindend is. Het zijn deze gronden, welke reeds langere tijd in cultuur zijn, en daarvan in een 40–50 cm dikke humeuze bovengrond de sporen dragen. In sommige gevallen worden onder deze mestgrond de resten van de vroegere gliedevorming aangetroffen (Friesland: bitter), waardoor de waterhuishouding ongunstig beïnvloed wordt. Ook kan veen onder deze bovengrond voorkomen.

Een storende invloed op de waterhuishouding oefent de loodzandlaag van het podsol-profiel uit. Deze geheel uitgeloopte zandlaag bindt in het geheel geen vocht. Het voorkomen van deze laag tussen een min of meer humeuze bovengrond en de daaronder liggende vocht-houdende

ondergrond is oorzaak, dat de plantenwortels niet ten volle kunnen profiteren van het aanwezige bodemvocht. Uit de aard der zaak komen dergelijke lagen in hoofdzaak voor in de slechte, humus-arme jongere ontginningsgronden op hoge en middelhoge heide.

Bij de moderne heide-ontginningen, welke eveneens veelal op hoge of middelhoge heide plaats vinden, brengt men dan ook het loodzand naar onderen, terwijl de aanwezige B-laag naar boven gebracht en gebroken wordt. De heide-zodelaag, welke veel stabiele humusstoffen bevat, wordt tussen beide lagen ingebracht. Door telkenjare iets dieper te ploegen is het mogelijk, het humusgehalte van de ijzerrijke bouwvoor constant te verhogen. De zode dient vooraf echter eerst een weinig te verteren. Soms wordt in het profiel een slecht doorlatende laag aangebracht, teneinde meer water voor wegzakken naar de ondergrond te behoeden. Hiertoe brengt men wel een veenlaag onder het loodzand aan. Ook gebruikt men hiervoor wel de ondoorlatende bodem van de oude heide-plasjes, als die in de ontginning aanwezig zijn.

D. Lage gronden

Tot de lage gronden worden die gronden gerekend, waarin de vochtvoorziening niet tot het regenwater beperkt is en waarin de gley op geringere diepte dan 1,25 m aanwezig zijn. Het hangwater speelt in dergelijke gronden doorgaans geen overwegende rol.

A. Lage zandgronden zijn hiervan wel een sprekend voorbeeld. Toch kunnen deze gronden vaak zeer hoog gekwalificeerd worden, waarbij hun hoogteligging, bodemkundig gesproken (dus ten opzichte van het grondwater) doorslaggevend is ten opzichte van de vraag of zij geschikt zijn voor weiland of bouwland.

Ondoorlatende lagen in lage zandgronden werken meestal ongunstig, ten eerste omdat zij de beworteling belemmeren, en ten tweede omdat het water boven zulke lagen kan stagneren. Ook een voldoende capillaire bevochtiging van onderen uit wordt door dergelijke lagen belemmerd.

De nadelige invloed van ondoorlatende lagen boven in het profiel, boven of ter hoogte van het phreatisch vlak, is duidelijk. Minder bekend is het feit, dat het voorkomen van dergelijke lagen onder het phreatisch vlak de wisselingen van de grondwaterspiegel sterk kunnen beïnvloeden.

Dit wordt duidelijk, als men weet, dat drukverschillen in het grondwater niet door directe rechtlijnige toestroming van het bodemwater worden genivelleerd. Wordt op een bepaald punt de druk van het grondwater verhoogd, dan wordt de hierdoor uitgeoefende neerwaartse waterdruk geleidelijk ontbonden in zijdelingse krachten. Het zich ter

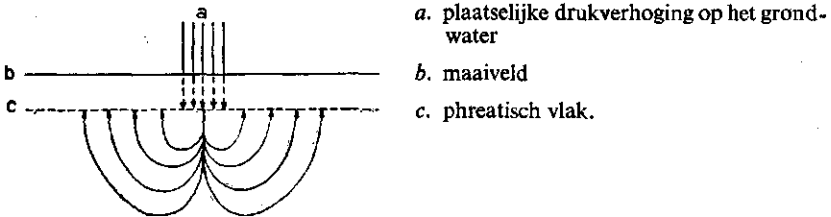


FIG. 4. SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE WIJZE WAAROP EEN PLAATSSELIJKE VERHOOGING VAN DE GRONDWATERDRUK OPGEVANGEN WORDT. DE GEBOGEN LIJNEN STELLEN VERPLAATSINGSRICHTINGEN VAN HET WATER VOOR.

plaatsse bevindende bodemvocht wordt op zij geduwd en zoekt een uitweg naar plaatsen, waar de waterdruk weer minder is, dus in opwaartse richting. In fig. 4 is weergegeven hoe in zulk een geval de waterbeweging in de grond plaatsvindt.

Hieruit blijkt, dat een plaatselijke verhoging van de grondwaterspiegel over grote afstand resulteert in een slechts zeer geringe stijging van het grondwater. Komen in het omringende gebied voldoende afwateringssloten voor, dan worden dergelijke kleine verschillen gemakkelijk opgevangen.

Bevindt zich een minder doorlatende laag in de grond, dan zal de waterbeweging via de ondergrond geremd worden. Het gevolg van een plaatselijke verhoging van de waterdruk aan het phreatisch vlak is, dat het grondwater in de naaste omgeving daarvan belangrijk sterker stijgt, dan wanneer dezelfde drukverhoging over een groot oppervlak uitgesmeerd zou kunnen worden. De fluctuaties van de grondwaterspiegel zijn in dit geval, b.v. bij regenbuien, veel sterker.

Hierin schuilt het geheim der lage duinzandgronden, waarop de bloembollenteelt met zoveel succes wordt uitgeoefend. Voor de teelt van hyacinthen is het essentieel dat de grondwaterspiegel constant op 55 cm beneden het maaiveld gehandhaafd kan worden. De tot op grote diepte uit zuiver duinzand bestaande bodem maakt dit mogelijk, mits er geen ondoorlatende lagen in voorkomen. Er zijn gevallen bekend, waar de aanwezigheid van minder doorlatende klei- of veenlagen op 400 cm of meer beneden het maaiveld, wortelrotverschijnselen tot gevolg hebben gehad. Moge dit onwaarschijnlijk klinken, wanneer het verschijnsel op schaal getekend wordt begrijpt men direct waar het om gaat (fig. 5). Er treden periodiek te hoge grondwaterstanden op, doordat de overdruk niet snel genoeg via de diepere ondergrond naar de sloten afgevoerd kan worden.

Verdrogingsverschijnselen treden in de lage zandgronden doorgaans niet op, omdat in bijna alle gevallen het als gevolg van de verdamping

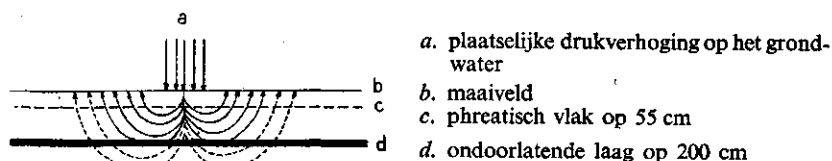


FIG. 5. SCHEMATISCHE VOORSTELLING, HOE EEN NORMALE GRONDWATERBEWEGING BIJ PLAATSELIJKE DRUKVERHOOGING GEHINDERD WORDT DOOR EEN ONDOORLATENDE LAAG

verloren gegane grondwater aangevuld wordt, doordat het grondwater onder druk staat van hogere grondwaterstanden in aangrenzende hogere gebieden. Is de terrein-ligging of de profielbouw niet zodanig, dat dit in voldoende mate kan geschieden, dan daalt ten gevolge van de verdamping in de zomer de grondwaterspiegel te ver, en is infiltratie noodzakelijk om een goede vochthuishouding te verzekeren.

b. In de zeekleigebieden ligt de situatie anders. Deze gronden bezitten behalve een hoger percentage hangwater tevens een belangrijk groter vermogen tot capillaire opstijging. Op deze manier kan aan de vochtbehoefte van de planten worden voldaan, mits de grondwaterspiegel als gevolg van de verdamping niet zo sterk daalt, dat deze manier van vochtvoorziening te kort schiet.

Dit blijkt nu in de zeekleipolders weinig voor te komen. De aanvulling van het grondwater vindt soms plaats door het op hoger peil staan van het buitenwater.

De consequentie van één en ander is, dat het grondwater in de polders steeds in opwaarts gerichte beweging verkeert. (Men zie fig. 6). Naarmate het phreatisch vlak door bemaling meer beneden de evenwichtstoestand, waarop het phreatisch vlak zich in zou stellen indien geen ontwatering werd toegepast, gehouden wordt, is de opwaarts gerichte grondwaterstroom krachtiger.

Het voorkomen van ondoorlatende lagen in de ondergrond van deze

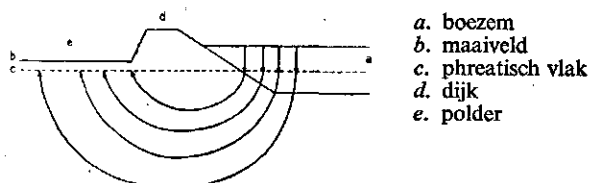


FIG. 6. SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE WIJZE WAAROP HET HOGE BUITENWATER DRUK UITOEFENT OP HET PHREATISCH WATER IN DE POLDER, ZODAT DIT EEN TENDENS TOT OPWAARTSE STROMING VERTOONT

polders of zelfs onder het buitenwater, zou deze manier van vochtvoorziening geheel of ten dele uit kunnen schakelen. Verdroging zou het gevolg hiervan kunnen zijn. De zeekleipolders hebben echter als gevolg van hun wijze van ontstaan meestal een goed doorlatende, zandige ondergrond.

Overigens komt verdroging slechts voor op die plaatsen, waar de zeeklei-formatie niet uit klei, maar uit een ondiepe lichte zavel of uit zand bestaat. In dergelijke profielen kan het water enerzijds niet voldoende opstijgen, terwijl anderzijds de ontwatering te sterk kan zijn. Bij de verkavelings- en ontwateringssystemen heeft men meestal geen rekening gehouden met deze, vaak slechts plaatselijke structuurverschillen van de grond. Ook op zeer zware, ondoorlatende gronden, waarin de opstijgsnelheid van het water in tijden van sterke verdamping te kort schiet, kan in de zomer verdroging optreden. Analoge verschijnselen beheersen de waterhuishouding in de droogmakerijen.

c. In de *rivierkleigebieden* is de toestand anders. De hoge zandige stroomruggen zijn voor de bedijking ontstaan bij de toenmalige hoogste rivierstanden en liggen dan ook niet onbelangrijk boven de gemiddelde zomerwaterstand in de rivier. De vochtvoorziening is in deze gebieden gedurende de zomer dan ook meer gebaseerd op het vochtbindend vermogen van de gronden dan op een aanvulling uit het grondwater.

Tijdens de hoge rivierstanden echter stuwt het grondwater omhoog, een verschijnsel dat in de rivierkleigebieden als *kwel* bekend staat. Deze kwel doet zich vooral voor in de beter doorlatende profielen in de stroomruggen en de daarin optredende grofzandige, soms grindrijke „heibanen”. Dit verschijnsel is des te ernstiger, omdat de stroomgronden door hun mooie gemengde opbouw bij uitstek goede bouwlanden kunnen zijn. Gronden die aan kwel onderhevig zijn, hebben tevens last van verdroging, aangezien de doorlatendheid van de ondergronden de aanleiding van beide verschijnselen is. Het verschil in waterhuishouding tussen rivier- en zeekleigronden is speciaal gelegen in de fluctuatie van de grondwaterstanden. Deze fluctuatie is in het rivierkleigebied groot, tengevolge van het regiem van de rivier. Een zeer goede ontwatering in tijden van hoge rivierstanden is noodzakelijk, maar een snelle afvoer van het kwelwater leidt onvermijdelijk tot watergebrek tijdens lage rivierstanden, zodat doeltreffende inlaatsystemen onverbrekelijk aan een betere ontwatering verbonden zijn. Een en ander maakt de verbetering van de waterhuishouding van de gronden tot een zeer kostbare aangelegenheid.

d. In de *lage veengronden* heeft de waterhuishouding een meer stabiel karakter. Veengronden zijn vaak opgegroeid tot de natuurlijke evenwichtstoestand van het grondwater. Als gevolg van hun latere

inklinking kunnen zij thans lager liggen. Ontwatering is hierom noodzakelijk. Dit heeft echter weer een opwaartse grondwaterbeweging tot gevolg, welke vooral tot uiting komt bij grote verschillen in doorlatendheid van het profiel, bij voorbeeld op plaatsen waar zandige opduikingen van de ondergrond tot boven het veenoppervlak reiken. Deze plekken vertonen soms in mindere of meerdere mate kwel en zij staan dan ook in sommige veengebieden als de natste plaatsen bekend. In de ontwatering van veengronden schuilt een groot gevaar. Maar al te gemakkelijk drogen de bovenste lagen van het veenpakket zodanig uit, dat herbevochtiging zeer bezwaarlijk wordt waardoor de capillaire bevochtiging van de bovenlagen, welke doorgaans min of meer kleiig zijn, tekort kan schieten.

Als voorbeeld moge hier dienen de verdroging van het veengebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoost Polder, waar ongewild een sterke verlaging van het phreatisch vlak is opgetreden. De bestudering van de verdroging aldaar heeft uitgewezen, dat de mate van verdroging verschillend is bij verschillende veensoorten. Oud mos-veen droogt minder onherstelbaar in dan zeggeveen en rietveen, waardoor de verdroging van de grasmatten op mosveen-profielen duidelijk minder ernstig was. Bestonden de bovenste lagen van het, onder een kleidek rustende veenpakket uit jong mosveen, dan zou de verdroging zich het minst hebben doen voelen, omdat dit veen na indroging gedurende de winter weer zijn oorspronkelijk percentage vocht op kan nemen. Hierop berust de goede kwaliteit van de op een goede manier aangemaakte dalgronden, waar een laag „bolster” aangebracht is onder een dunne laag zand.

Ook de profielbouw speelt bij de ontwaterde veengronden een belangrijke rol. Werd reeds beschreven, dat het omhoog stuwende water vochtige plekken in het land kan veroorzaken, omgekeerd werken slecht doorlatende kleilagen of spalterveenlagen in het veenpakket een goede vochtvoorziening tegen (DUYVERMAN, 1947). Kleine verlagingen van het grondwater veroorzaken reeds ernstige schade, wanneer ondoorlatende lagen boven de grondwaterspiegel komen te liggen.

De aard van de bouwvoor speelt in de veengronden een grote rol. Bestaat deze uit klei- en veenmengsels van ongeveer 20-50 % organische stof, dan verdroogt deze irreversibel, evenals het veen dat aan het maaiveld komt en waarin turfvorming optreedt. Herbevochtiging wordt dan vaak zeer moeilijk (HUDIG 1941). Door hun korrelige structuur zijn dergelijke ingedroogde gronden te vergelijken met grofzandige zandgronden. Ook daar waar de bovengrond uit niet irreversibel indrogend materiaal bestaat, zal verdroging kunnen optreden, als de overgangslagen tussen veen en kleidek korrelig indrogen ten gevolge

van te lage zomer-grondwaterstanden. Dergelijke lagen verbreken, evenals grofzandige lagen in klei- of zavelprofielen, het capillair contact met het phreatisch water, waardoor het water in de bovengrond in het minimum komt. Men spreekt dan van een „gruislaag” in het profiel. Deze gruislaag kan in verschillende mate irreversibel zijn, hetgeen belangrijk is te weten bij het maken van plannen ter verbetering van deze gronden.

4. BODEM-TEMPERATUUR EN LUCHT-WATERHUISHOUDING

Gronden, welke lang nat blijven noemt men „koude” gronden. De grotere warmte-capaciteit van water heeft tot gevolg, dat dergelijke gronden zeer langzaam op temperatuur komen. Ontwatering brengt hierin verbetering, doordat de lucht beter in de grond kan doordringen.

Naarmate een grond in het voorjaar sneller ontwaterd is en een goede water-luchthuishouding bezit, slaat het gewas eerder aan. Er zijn echter tal van gronden, welke goed zijn ontwaterd en toch niet bepaald „vroeg” te noemen zijn. Ook de snelheid, waarmee het overtollige vocht uit de bodem kan verdampen, is essentieel voor de vroegheid van de grond (EDELMAN (1945)). Een voorbeeld hiervan vindt men in de grofzandige overslaggronden der rivierkleigebieden. Rusten dergelijke gronden op een goed doorlatende ondergrond, dan blijven zij in het voorjaar langer nat, dan wanneer zij een ondoorlatende zware ondergrond hebben. De doorgaans hoge rivierstanden in het voorjaar zijn hiervan de oorzaak. Via de doorlatende ondergrond vindt een snelle aanvulling van het verdampende bodemvocht plaats. Een ondoorlatende ondergrond werkt dit tegen, waardoor in het voorjaar een snelle aeratie van deze grofzandige gronden mogelijk is.

Deze gang van zaken biedt slechts in het voorjaar grote voordelen ten aanzien van de teelt van vroege gewassen, zoals aardbeien. In de zomer zijn het vaak de vroegste gronden, welke aan verdroging gaan lijden door de ondoorlatendheid van de ondergrond.

Ook de kleur van de grond speelt bij de vroegheid een rol. Zwarte gronden absorberen meer warmte dan lichter gekleurde gronden. Hierdoor vindt de verdamping van het overtollige bodemvocht in sneller tempo plaats dan bij gronden, welke door terugkaatsing van de zonnestralen minder snel op temperatuur komen. In de droogmakerijen zijn dan ook de zwarte zgn. meermolm-gronden steeds eerder bewerkbaar en warm dan de lichter gekleurde gronden. Daardoor zijn zij o.a. zeer geschikt voor de teelt van vroege tuinbouwgewassen. Dit geldt in het bijzonder voor de zwarte gronden langs de hellingen aan de voet van de ringdijken in de droogmakerijen. De hoge ligging waarborgt een lage grondwaterstand in het voorjaar, terwijl gedurende de gehele

zomer een voldoende vochtanvoer vanuit het hogere boezemwater gegarandeerd wordt. Mogelijk dat de schuine stand van de bodem hier een rol speelt bij het absorberen van een maximum aan zonne-energie gedurende de morgenuren, hetgeen belangrijk is bij de nog betrekkelijk lage standen van de zon in het voorjaar. Een vergelijking is hier mogelijk met de druiven-verbouw op de noordelijke hellingen van de dalen in Frankrijk en Duitsland.

LITERATUUR

- DOORMAAL, J. A. A. VAN, Onderzoekingen betreffende de loessgronden van Zuid-Limburg. Diss. Wageningen. Uitg. Haarlem, 1945.
- DUYVERMAN, J. J., De landbouw-scheikundige basis van het streekplan. Diss. Wageningen, 1948.
- EDELMAN, C. H., Vroege gronden en bodemkartering. *Plattelandspost*, 1, 14/17, (1945). Herdrukt in: Boor en Spade I, blz. 200. Utrecht, 1948.
- , Over knipgronden en bodemkartering. *Frysk Lânboublêd*, No 34, April 1946. Herdrukt in: Boor en Spade I, blz. 176, Utrecht, 1948.
- , Over de bodemgesteldheid van Midden-Nederland. Utrecht, 1947.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J., Het wortelstelsel der landbouwgewassen. 's-Gravenhage, 1942.
- HOEKSEMA, K. J., Over de oorzaken en de landbouwkundige gevolgen van de verdroging gedurende het jaar 1947 in het algemeen en in het Utrechtse rivierkleigebied in het bijzonder (niet gepubliceerde scriptie, aanwezig in de Bibl. Stichting voor Bodemkartering) (1947).
- REDLICH, G. R. en HUDIG, J., Over indrogende veengronden. *Tijdschr. Ned. Heide Mij*, 53, 7, 8 en 9 (1942).
- VEENENBOS, J. S., Bodemkartering en de verdrogingsverschijnselen in het randgebied van de Noord-Oost-Polder. *Maandbl. v. d. Landbouwvoorlichtingsd.*, 5, 7, (1948) p. 339-343.

III. BODEMCLASSIFICATIE

Bodemclassificatie is het groeperen van gronden naar bepaalde bodemkundige eigenschappen. Het doel dat wij ons met de classificatie stellen is het overzichtelijk rangschikken van bodemkundige gegevens.

We dienen eerst na te gaan wat wij willen classificeren, om aan de hand van deze gegevens het systeem op te bouwen.

1. WAT MOETEN WIJ CLASSIFICEREN?

Bij het maken van een bodemkaart wordt als doel gesteld die verschillen in bodemgesteldheid weer te geven, die blijvende groeiverschillen in de gewassen veroorzaken. Het verschil in opbrengst van de gewassen is de maatstaf voor de indeling van de bodem. Het ligt echter voor de hand, dat ieder gewas weer andere eisen aan de grond stelt. We dienen onze indeling in kleinste eenheden dus af te stemmen op de gevoeligste gewassen, die ter plaatse belangrijk zijn. Dus b.v. wel op tarwe of bieten, maar niet op aardappelen.

Welke bodemeigenschappen zijn nu van belang voor de groei van gewassen? Is de van ouds bekende indeling in grondsoorten voldoende? Onder de grondsoort verstaat men de samenstelling van de grond, waarbij men dan speciaal de samenstelling van de bouwvoor bedoelt. De simplistische indeling in zand, zavel, zeeklei, rivierklei en veen enz. blijkt in de praktijk onvoldoende te zijn.

De bodemkartering heeft ten doel deze indeling te vervolmaken. Plaatselijke benamingen en onderscheidingen, b.v. de modderklei in Zuidholland, worden hierbij zoveel mogelijk aangehouden (Zie VAN LIERE, 1948). Als voorbeeld van verdere indeling kan dienen de *leem* (EDELMAN, 1948).

Leem was geen officieel erkende benaming, terwijl er toch in de praktijk behoefte bestaat aan deze onderscheiding, omdat de leem essentieel van karakter verschilt van de klei. Voorlopig worden onderscheiden de keileem, loessleem en rivierleem. De keileem is algemeen bekend. Onder loessleem verstaan wij verweerde, verleemde, taai geworden loess. Rivierleem is een nieuwe term; hieronder verstaan we een slibrijk materiaal, dat van de klei echter verschilt door:

- 1e grotere stugheid bij hetzelfde gehalte aan afslibbare delen,
- 2e andere kleuren: in het grijs meer lichtblauw en in het bruin rossiger dan rivierklei,
- 3e een groter gehalte aan ijzermangaanconcreties,
- 4e een slechtere doorlatendheid voor water.

Over het algemeen zijn de tot nu toe gevonden lemen ouder dan de rivierklei, en wel Laatglaciaal, Praeboreaal en Boreaal, terwijl het materiaal uit het Atlanticum een overgangsvorm vertoont.

In de toekomst zal deze groep van leemsoorten nog wel uitgebreid dienen te worden. B.v. de „vlei” of „vleist” uit het Brabantse dekzand-landschap en de „hemelvreug” uit Limburg, dienen nog afzonderlijk gekarakteriseerd te worden in verband met hun typische eigenschappen.

Ook in de *zandgronden* dient men nog onderverdeling aan te brengen, waarbij b.v. gedacht wordt aan de zware zandgrond van Midden-Limburg en Brabant.

Om ons duidelijk voor ogen te stellen waarom het aangeven van de grondsoort alleen onvoldoende is moeten we ons afvragen, wat de grond voor de plant betekent. De grond is voor de plant: *bewortelingsruimte*.

De omstandigheden voor optimale productie zijn die, waarbij de wortels de gunstigste ontwikkelingsmogelijkheden hebben. Een uitzondering hierop is alleen de mogelijk mindere vruchtzetting bij sterke vegetatieve groei. Wat de wortel nodig heeft is: water en lucht in gunstige verhouding en gunstige omstandigheden voor de opname van voedingszouten.

Een bewortelingsruimte die tot de bouwvoor beperkt is, kan onder zeer gunstige omstandigheden wel goede opbrengsten geven. In de Noordoost Polder is dit wel gebleken. Maar over het gehele land gerekend is deze toestand uitzonderlijk.

Over het algemeen is er duidelijke samenhang te vinden tussen de eigenschappen van het *bodemprofiel* tot minstens 1,20 m diepte en de opbrengst. Welke eigenschappen van het bodemprofiel zijn nu voor de classificatie van belang?

Allereerst alles wat met de watervoorziening samenhangt: zomer- en wintergrondwaterpeil, structuur, humusgehalte, doorlatendheid en doorlaatsnelheid, capillaire stijghoogte.

De water-luchtverhouding is hier automatisch in verwerkt. Extreme chemische eigenschappen belemmeren de groei en dienen dus ook te worden aangegeven, b.v. de kalkarme komklei of de zure kateklei.

Wat wij nu willen classificeren zijn bepaalde bodemprofielen, die een bepaalde productiemogelijkheid bezitten als exponent van de som van hun eigenschappen. We willen dus het kleinste onderdeel van het classificatiesysteem zien als een organisch geheel.

Zo is dus b.v. een laag heideprofiel gekenmerkt door een pikkerig-humeuze zwarte bovengrond van 20–40 cm dikte, rustend op een sterk gebleekte ondergrond, terwijl 't winterwaterpeil tot in de bovengrond reikt.

2. HOE MOETEN WE EEN CLASSIFICATIE OPBOUWEN?

a. *Het Amerikaanse systeem*

Als voorbeeld hebben we het hiërarchisch systeem van de Amerikanen. Zij onderscheiden vier categorieën:

- category IV: great soil groups,
- „ III: soil provinces or families,
- „ II: soil series,
- „ I: soil types.

Groepen van de kleinste eenheid, het bodemtype, worden samengevat tot een bodemserie. De bodemserie omvat een groep van gronden die dezelfde eigenschappen en opeenvolging van de verschillende horizonten bezitten. De bodemtypen die tot een serie behoren verschillen alleen in samenstelling van de bovengrond.

De soil families omvatten groepen van soil series die uiteenlopende eigenschappen bezitten, maar toch een natuurlijke eenheid vormen, zoals b.v. het rivierkleigebied. De grondsoortenkaart van STARING is in deze categorie opgesteld. De vierde categorie scheidt de gronden alleen naar het verloop van de verwerking. Zo kunnen we de gronden van geheel Nederland in de podsolgroep onderbrengen. Deze indeling heeft dus alleen over zeer grote oppervlakten nog betekenis.

Het voordeel van dit systeem is, dat iedere categorie een bepaalde mate van detaillering geeft, zodat kaarten in een bepaalde categorie opgesteld vergelijkbaar zijn en de lagere categorieën tot hogere samengevoegd kunnen worden.

b. *Het Nederlandse systeem*

We zullen nu nagaan hoe op het ogenblik getracht wordt een dergelijk systeem voor Nederland op te bouwen.

De grootste eenheden komen ongeveer met die van STARING overeen. B.v. het rivierkleigebied, het zeekleigebied etc. Om een eenvoudige aanduiding mogelijk te maken, worden deze gebieden met een symbool aangeduid, een hoofdletter, b.v.

- R voor het rivierkleigebied
- S voor het rivierleemgebied
- Z voor de zandgronden

Deze gebieden zijn dus alleen groepen van landschappelijk bijeenbehorende gronden welke in kwaliteit echter zeer sterk uiteen kunnen lopen. Zij zijn weer verder onderverdeeld in geologisch en landschappelijk bijeenbehorende groepen, welke echter een iets nauwkeuriger aanduiding van de kwaliteit geven.

Deze eenheden komen voor op overzichtskaarten en zijn vergelijkbaar met de bodemserie. Ze krijgen in het symbool een kleine letter achter de hoofdletter van het gebied waartoe ze behoren, b.v.

Rk komgronden van het rivierkleigebied

Rs stroomgronden van het rivierkleigebied

In de zandgronden vinden we in deze categorie een nadere indeling, die gebaseerd is op het oorspronkelijke vegetatieprofiel of de menselijke invloed, b.v.

Zoh de heideontginningszandgronden

Ze oude roodbruine bouwland-zandgronden

Zf oude zwarte bouwland-zandgronden

Voordat we de kleinste eenheden onder de loupe nemen, moeten we nog enkele groepen die op een lager niveau liggen bekijken.

Overgangen tussen de verschillende gebieden komen overal voor. Waar deze een meer of minder belangrijk oppervlak beslaan, worden ze als een gebied of een groep (serie) nader aangeduid. Waar het een gebied (provincie, familie) nabij komt, bestaat het symbool uit twee hoofdletters, waar het op het niveau van een groep (serie) ligt, krijgt het een kleine letter voor het symbool van het gebied waar het dicht bij staat. Zo b.v. de overgang van de rivierkleigronden naar de zandgronden, de gebroken gronden, (gZ), of de overgangen tussen loessleem en zand, de loessleemhoudende zandgronden (ZL).

Een andere groepering vormen de landschappen, welke opgebouwd zijn uit een aantal groepen, waarop een bepaald bedrijfstype wordt aangetroffen, b.v. het oude gemengde bedrijf, de jonge ontginningen e.d.

We zagen, dat de grotere eenheden, de gebieden en de groepen, in hoofdzaak door het ontstaan en de ligging in het landschap worden bepaald. De kleinste eenheid, het bodemtype, waarin de groepen uiteenvallen, wordt bepaald door de productiemogelijkheid van de grond.

Binnen het *bodemtype* mogen dus slechts geringe wisselingen in bodemkwaliteit optreden. Gezien het enorm grote aantal verschillen die in de natuur optreden en het vaak grillige ingrijpen van de mens bij grondverbetering en -verslechtering, vertoont ook het bodemtype nog een zekere variatie. De grootte van deze variatie, het verschil in productie-niveau, dat ermee samengaat, hangt af van de karteerbaarheid van het verschijnsel.

In een heidelandschap bijvoorbeeld, dat met het molbord is geëgaliseerd kunnen op korte afstand (10 à 15 m) zeer grote verschillen optreden: op de ene plaats een dunne bruine bouwvoor van 15 cm rustend op geel zand, 10 m verder een dikke zwart-bruine loodzandhoudende

laag van 40 cm, rustend op bruin zand, dat naar onderen geleidelijk in 'geel zand overgaat. Hier kan men dus alleen door een zeer dicht waarnemingsnet en een zeer groot aantal bodemtypen de voorkomende kwaliteitsverschillen nog weergeven. Dit geschiedt alleen bij het maken van zgn. bedrijfskaarten. Voor een normale detailkaart is men genoodzaakt een samenvattend type te vormen dat in het voorgaande geval b.v. zou heten: hoge, zeer droge, heideontginningszandgrond (Zohl).

Het symbool van het bodemtype wordt verkregen door achter het symbool van de groep een cijfer te plaatsen. De typen zijn binnen deze groep gerangschikt naar vochttrappen, zodanig, dat een laag cijfer de droogste, hogere cijfers de vochtige tot natte typen weergeven.

Ziet U op een kaart Zohl en 6, dan volgt daaruit direct dat de Zohl zeer droog is en de Zoh6 nat.

Plaatselijk voorkomende verschillen binnen het bodemtype worden aangegeven met een aparte letter of een teken achter het symbool. Dit geeft dus weer een nadere detaillering van de productiemogelijkheid binnen het type, of van bodemkundig belangrijke verschijnselen. U kunt zich voorstellen, dat er nog andere groeperingen mogelijk zijn, die worden bepaald door het doel van de kartering en de beschikbare hoeveelheid tijd en geld.

Hoe groot het belang van de serie-indeling, de tweede categorie, ook is voor de systematiek, voor planologisch werk is zij in bepaalde gevallen onvoldoende. Men zal althans enige aanduiding van kwaliteitsverschillen binnen deze groep wensen af te lezen uit de kaart, zonder een nauwkeurige detailkaart nodig te hebben.

Binnen de serie worden dan complexen van bodemtypen gevormd, die een bepaalde landbouwkundige waarde bezitten.

We zien hier dat de doelstelling van het onderzoek, in dit geval het aangeven van de bodemgeschiktheid, de bodemclassificatie beïnvloedt.

c. Enkele voorbeelden

Aan de hand van een voorbeeld zullen we nu het gehele systeem nog eens bezien. Hiervoor wordt gekozen de kartering van Noord-Limburg. De hoofdindeling luidt:

- L de loessleemgronden op de stuwheuvel in het noorden,
- S de rivierleemgronden,
- Zs de stuifzandgronden, die het rivierleemlandschap gedeeltelijk bedekken en gelegen zijn ten Oosten van de Maas,
- U de uiterwaardgronden,
- V de veengronden, die het rivierleemlandschap gedeeltelijk overdekken.

Dit is dus een kaart analoog aan die van STARING. De globale overzichtskaart vertoont een groter aantal onderscheidingen, die reeds enige aanduiding van de kwaliteit geven.

Het L gebied valt uiteen in:

Lob loessleem bosontginningsgronden en
Lb' loessleembosgronden.

Het S gebied is te verdelen in drie delen:

Sb de hoge bruine leemgronden,
Sg de lage grijze leemgronden,
Sov de veenontginnings-rivierleemgronden.

Deze groepen bevatten nu weer verschillende bodemtypen, die zijn onderverdeeld naar hun landbouwkundige waarde, in dit geval voornamelijk bepaald door de korrelgrootte-samenstelling.

Zo vinden we in de groep Sg zowel zeer zware leemgronden als zeer lichte rivierzandgronden, die weer in een ondergroep Szg worden samengebracht. Wat landschappelijk bijeenhoort verschilt dus nog sterk in kwaliteit.

Een eenvoudiger voorbeeld is de *kartering in Groesbeek* van schrijver dezes, waarvan het rapport thans in druk is (Schelling, 1949). De hoofdgroepen zijn hier:

Z zandgronden,
L loessleemgronden,
ZL loessleemhoudende zandgronden.

De bodemseries van deze groepen zijn naar het oorspronkelijke vegetatieprofiel of het menselijk ingrijpen verdeeld in:

bosontginningsgronden
heideontginningsgronden
oude bouwlandgronden.

De typen-indeling van deze series is in vochttrappen weergegeven. Voor de serie van de loessleem-bosontginningsgronden is deze verdeling b.v. als volgt gemaakt: *Hoge gronden*, hoog boven de grondwater-spiegel gelegen.

Lob 1 het droogste type met een dun loessdek,
Lob 2 het goede type met een dik loessdek,
Lob 3 het beste type met een zeer dik loessdek.

Op de Lob 1 kan men alleen nog wat rogge en aardappelen verbouwen.

De Lob 2 is al geschikt voor haver, bieten en eventueel tarwe. Op de Lob 3 is de fruitteelt mogelijk.

De *middelhoge gronden* vormen een tussenliggende groep waarin het grondwater een gunstige invloed uitoefent op de landbouwgewassen. Deze serie is verdeeld in drie typen, de Lob 4, Lob 5 en Lob 6, in dezelfde volgorde van slecht naar goed.

De lage gronden met een winterwaterpeil boven 50 cm diepte zijn voor bouwland vrijwel ongeschikt en worden bij voorkeur voor grasland gebruikt.

De Lob 7 is nat, de Lob 8 zeer nat. In deze indeling komen de vochttrappen duidelijk tot uiting.

LITERATUUR

EDELMAN, C. H., De bodemkartering in Nederland. In: Boor en Spade I, Utrecht 1948, blz. 78-113.

———, Over leemgronden. *Maandbl. v. d. Landbouwvoorlichtingsd.*, 5, 12 (1948).

LIERE, W. J. VAN, De bodemgesteldheid van het Westland, (Soil conditions in the Westland). *Versl. Landbouwk. Onderz.* No 54.6, Serie: De bodemkartering van Nederland, no 2. 's-Gravenhage, 1948.

SCHELLING, J., De bodemkartering van het landbouwgebied van de gemeente Groesbeek. *Versl. Landbouwk. Onderz.* Serie: 55.4. De bodemkartering van Nederland, no 4. 's-Gravenhage, 1949.

IV. BODEMKARTERING

1. INLEIDING

Bodemkartering is veldbodemkundig werk en in dit artikel zullen we uiteenzetten hoe het verloop van de werkzaamheden in het veld is, om tot het eindresultaat, nl. de bodemkaart, te komen. Naast de veldwerkzaamheden echter, spelen vele factoren een belangrijke rol bij het tot stand komen van de kaart. Voor zover deze factoren in nauw verband staan met het veldwerk, zullen ze besproken worden. De voor dit werk minder belangrijke organisatorische gegevens kunnen hierbij buiten beschouwing worden gelaten.

Voordat in een gebied met karteren wordt begonnen, moet er een opdracht worden verstrekt. Karteringen worden in opdracht uitgevoerd. Als opdrachtgever treedt in de meeste gevallen een overheidsinstantie op (gemeente, provincie of rijk), terwijl in enkele gevallen ook opdrachten verstrekt zijn door een particuliere instelling. De opdrachten kunnen globaal in twee groepen ingedeeld worden: nl. werkopdrachten en studieopdrachten. Bij de werkopdrachten wordt een bepaald gebied aangewezen, waar om de een of andere reden de noodzaak voor een kartering aanwezig is en waarbij, in verband met de voorkomende problemen in die streek, de wens door de opdrachtgever geuit wordt, een overzichtskaart, dan wel een detailkaart te maken. De studieopdrachten dienen in hoofdzaak ter voorbereiding van de bodemkaart van Nederland.

Wanneer met het eigenlijke veldwerk begonnen wordt, doen zich vaak moeilijkheden voor, aangezien van vele gebieden bodemkundig weinig bekend is. Er is natuurlijk wel een globale aanduiding van een geologische kaart, of van de land- en tuinbouwpraktijk, dat het gebied uit zand, klei of veen bestaat, doch daarmee houden meestal alle inlichtingen op; inlichtingen overigens die van weinig waarde zijn, omdat deze feiten bij een eerste bezoek ook terstond geconstateerd worden.

Een paar gebieden willen wij noemen, waarvan pedologisch iets meer bekend is. In de eerste plaats zijn dit de Zeeuwse eilanden, waar Mej. Dr A. W. VLAM een historisch-morphologisch onderzoek verricht had. Hoewel dit onderzoek niet direct bodemkundig van opzet was, geeft het toch vele en belangrijke informaties betreffende de bodemkundige toestand. Een tweede gebied, waar iets meer van bekend is, vormt de bloembollenstreek. Hier hebben we met een zeer gespecialiseerde en arbeids- en kapitaalsintensieve teelt te maken, zodat de kwekers, door schade en schande wijs geworden, spreken van eerste, tweede en derde-kwaliteit bollengrond. Voor het begin van de kartering vormde dit een belangrijke inlichting, doch voldoende was het niet, omdat een tweede klas grond om meer dan een reden afwijkend is en een derde

klas grond om nog veel meer redenen slecht is. Alleen aan de feilloze eerste klas hyacinthengrond hebben we houvast. De gronden die geen problemen bezitten waren dus bekend, maar het overgrote deel der gronden, dat afwijkingen heeft, moest aan een onderzoek worden onderworpen en ook voor dit onderzoek was geen andere informatie aanwezig, dan een paar algemeenheden, die in eerste instantie met groter nauwkeurigheid door de onderzoeker zelf geconstateerd konden worden.

Er moet dus vaak worden gekarteerd in bodemkundig vrij onbekende gebieden.

2. VERSCHILLEN IN BODEMGESTELDHEID

In diverse gronden komen grote en vele verschillen voor.

Welke zijn nu de verschillen, die zo belangrijk zijn, dat ze op kaart gebracht moeten worden? Als grote tegenstelling van eigenschappen van de grond treffen we aan de primaire of onveranderlijke eigenschappen en de secundaire of veranderlijke eigenschappen. Deze laatste groep is gemakkelijk door ingrijpen van de mens te wijzigen. Een bodemkaart, die deze eigenschappen tot grondslag zou hebben, zou dus spoedig verouderen en van geen waarde meer zijn. Tot deze veranderlijke grootheden rekenen we pH, P- en K-cijfers, zoals die bij het vruchtbaarheids-onderzoek worden bepaald. Zonder aan de waarde van deze grootheden te kort te doen, kunnen we zeggen, dat ze ongeschikt zijn als basis voor een bodemkaart.

De kartering neemt dus de primaire of onveranderlijke eigenschappen der grond als basis. Geheel onveranderlijke eigenschappen hebben we niet, omdat we steeds te doen hebben met de langzaam voortschrijdende verweringsprocessen, waardoor de grond, zij het geleidelijk, toch blijvend van hoedanigheid verandert. Aan de andere kant kan de mens de blijvende eigenschappen beïnvloeden door afgraven, egaliseren, omspuiten (bollen-gronden) en andere werkzaamheden, die de bodemtoestand totaal kunnen wijzigen. Ook kan de natuur door afspoelingen in heuvelland of door overstromingen in onze polderdistricten de bodemtoestand dusdanig wijzigen, dat een hernieuwde kartering van zulke gebieden noodzakelijk kan worden. Dergelijke processen doen echter niets af van het feit, dat bodemkaarten vervaardigd kunnen worden, waarop de blijvende eigenschappen van de grond zijn aangegeven.

Deze blijvende eigenschappen vinden we terug in de opbouw van het bodemprofiel, en hiervan gaat de moderne bodemkunde dan ook uit. Als we een kuil in de grond graven, tot op een diepte die voor de plantengroei van belang is (pl.m. 1,50 meter), dan zien we, dat de grond op verschillende diepten ook verschillende eigenschappen heeft. Enkele van deze belangrijke eigenschappen zullen we in het kort nagaan.

In de eerste plaats kan de grondsoort van karakter veranderen. In de zeekleigebieden komt het voor, dat we klei op veen aantreffen en uit het rivierkleigebied zijn de heibanen, waar een kleigrond op geringe diepte overgaat in grof zand, een goed voorbeeld. In zeekleigebieden komt een dergelijke profielopbouw ook voor en in beide gevallen is het resultaat gelijk. De planten dringen met hun wortels niet door in het zand. Is de ontwatering in dergelijke stroken te diep, dan is een verdroging van het gewas daarvan een gevolg. Een profiel, dat een omgekeerde opbouw heeft, dus zand op klei, vertoont soortgelijke verschijnselen, nl. dat de wortels moeilijk in de kleilaag dringen, met alle akelige gevolgen die hieraan verbonden zijn. Zo geeft de boven- en ondergrondse ontwikkeling van de plant ons de richting aan, waarin de studie van het bodemprofiel geleid moet worden. De verschillen in de bodemgesteldheid, waarop de plant reageert, zijn voor ons van het grootste belang, omdat we immers kaarten moeten maken, waarop deze verschillen aangegeven zijn.

De hierboven genoemde verschillen in grondsoort, vormen lang niet de enige belangrijke eigenschappen van het bodemprofiel. Een zeer belangrijk punt is verder de structuur van de grond. Al bestaat het profiel uit dezelfde grondsoort, toch kunnen we dan nog grote variaties zien in de structuur; de overgangen zijn soms geleidelijk, soms plotseling. De structuur van de grond wordt beoordeeld naar de vorm, grootte en ligging van de aggregaten, waarin de gronddeeltjes zijn samengevoegd. Door de grond voorzichtig uit elkaar te halen kan men een goed beeld van de natuurlijke samenhang en ligging der deeltjes krijgen. Dit is dan ook de reden, dat men bij het bestuderen der profielen nooit gebruik moet maken van een boor, maar steeds met een schop profielkuilen moet graven, waarvan de wanden goed afgestoken moeten worden. Aan deze wanden kan men de grond in natuurlijke ligging bestuderen. Is dit in het gebied voldoende gebeurd, dan kan men overgaan op het minder nauwkeurige, maar veel snellere werk met de grondboor.

Bij het boren draait men de grond door elkaar, waardoor een gewelddadig ingrijpen in de natuurlijke ligging der gronddeeltjes plaats heeft, zodat deze niet juist beoordeeld kan worden. Mist men dan de juiste voorbereidende studie, dan kan men tot grote fouten komen; is de juiste basis wel aanwezig, dan geeft de routine van het beoordelen de goede weg aan en worden fouten voorkomen.

Het is noodzakelijk, dat men kennis heeft van prisma-, pilaar-, dobbelsteen- en andere ongunstige structuren en tevens van gunstige structuurelementen, alsvorens men een bodemprofiel kan beschrijven en beoordelen.

Het belangrijkste wat we aan een bodemprofiel kunnen zien is de in-

vloed van het bodemvocht: de waterhuishouding. Bij nadere beschouwing zijn de beide hierboven genoemde punten: verschillen in grondsoort van een profiel en de structuur, ook terug te brengen op een verschil in waterhuishouding van de diverse profielen. Het water in de grond is niet alleen belangrijk, voor zover het de plant van water voorziet, maar ook voor zover het hinderlijk is voor de luchtvoorziening van de wortels (hoofdstuk II).

In vele gevallen levert de studie van het bodemprofiel de verklaring van de ongelijke ontwikkeling van het gewas.

Hoe nauwkeuriger een profiel bestudeerd wordt, hoe meer eigenschappen men kan opmerken. Uiteindelijk zijn geen twee bodemprofielen geheel aan elkaar gelijk en het aantal onderscheidingen tussen de profielen zou tot in het oneindige kunnen worden opgevoerd. Dit zou dus tot geen resultaat leiden. Men zal zich moeten beperken tot de voornaamste eigenschappen en op basis hiervan moeten wij de profielen indelen in bodemtypen en bodemseries.

3. DE BODEMKAART

Bij de beschouwing van een bodemkaart dienen wij ons eerst te overtuigen, welke eigenschappen op de kaart staan afgebeeld. Is het een bodemtypen-kaart, dan mag men de eis stellen, dat alles wat met één kleur op de kaart aangegeven staat, ook inderdaad een uniform bodemprofiel vertoont (de toelaatbare spreidingen buiten beschouwing gelaten).

Is een kaart ontworpen met bodemseries als eenheid, dan weet men, dat de terreinen van dezelfde kleur wel in aard en samenstelling kunnen variëren. Landbouwkundig kunnen vrij grote verschillen voorkomen, maar het profiel behoort tot dezelfde genetische eenheid en het grondgebruik is als zodanig hierbij meestal aangepast.

Kaarten op basis van de bodemprovincies geven in dezelfde kleur terreinen aan, waarin zeer uiteenlopende gronden voorkomen, maar die toch in zekere zin een natuurlijke eenheid vormen. Een kaart met hoofdbodemgroepen vat zoveel samen, dat men in het geheel niet meer wordt ingelicht over de bodemgesteldheid op een bepaalde plaats.

In ons land is de toestand echter nog zo, dat als we geïnformeerd willen zijn over de bodemgesteldheid van een bepaald gebied, we in kaart en geschrift weinig dienaangaande kunnen vinden. Wat dit betreft, hebben we nog een enorme achterstand op de U.S.A., waar we kaartgegevens hebben, hetzij met bodemtypen, hetzij met bodemseries als grondslag. Een van de doelstellingen van de Stichting voor Bodemkartering is dan ook, voor ons land in deze leemte te voorzien.

Bij de uitvoering van de kartering van ons land is een eerste en belangrijke vraag, hoe de gronden ingedeeld zullen moeten worden. Dit is dan

ook de reden, waarom het aan de practijk getoetste Amerikaanse indelingsschema in hoofdstuk II behandeld is, niet zozeer om het klakkeloos voor de Nederlandse gronden over te nemen, dan wel om op de voordelen van zo'n indeling te wijzen. Per slot van rekening zijn de omstandigheden in ons land anders en zijn de problemen, die opgelost moeten worden, ook van geheel andere aard, zodat het overnemen van een willekeurig buitenlands schema tot grote teleurstellingen en moeilijkheden aanleiding kan geven.

Wij menen te moeten streven naar een vaste betrekking tussen de kaarten met meer of minder details. Er moet genoeg genomen worden met kaarten, die de hoofdzaken goed weergeven of kaarten die zorgvuldig gedetailleerd zijn: dus overzichtskaarten of detailkaarten, waarbij het verband moet bestaan, dat de detailkaart een detaillering is van de overzichtskaart.

Aan de top van de Nederlandse indeling zou de verbeterde kaart van STARING moeten komen te staan, waarbij het verband tussen de overzichtskaart en de algemene kaart eveneens vast moet zijn. De volgorde zou zo moeten worden, dat de eerste onderverdeling der hoofdingeling leidt tot de overzichtskaart, die weer in detailkaart ingedeeld kan worden. Men zie het voorbeeld in hoofdstuk 6.

De bodemkartering van ons land verkeert in een beginstadium, zodat we nog niet voor alle Nederlandse gronden een indeling kunnen geven, want voordat we kunnen gaan indelen moeten we een detailstudie van de spreiding der verschijnselen gemaakt hebben en deze ontbreekt nog geheel. Naarmate de kartering vordert, zal het indelingssysteem ontwikkeld kunnen worden. Wel kan momenteel reeds worden gezegd, dat voor zover de indeling der gronden van de gekarteerde gebieden is uitgewerkt, deze inderdaad een soortgelijke etagebouw vertoont als het Amerikaanse schema.

Een volgend belangrijk punt, vormt de schaal waarop de kaarten zullen worden uitgevoerd. Opgemerkt kan worden, dat er een nauw verband bestaat tussen de schaal van de kaart, de mate van detaillering van de voorstelling en de dichtheid van het waarnemingsnet. In de practijk van de kartering is gebleken, dat een overzichtskaart gebaseerd moet zijn op ca 1 waarneming per ha, een detailkaart daarentegen vereist een veel dichter waarnemingsnet en volgens de ervaring hierbij opgedaan, menen wij, dat voor een detailkaart tien waarnemingen per ha nodig zijn. Gesteld dus, dat wij een kaart maken, berustend op 1 boring per ha, met de waarnemingspunten in vierkantsverband, dan zullen de waarnemingen op de kaart dus 1 cm uit elkaar liggen. Dit is voor het intekenen van een betrouwbaar kaartbeeld aan de ruime kant. Op een schaal van 1 : 100.000 echter komen de punten op een afstand van 1 mm van elkaar, wat het

andere uiterste is, terwijl bovendien deze kaart het nadeel heeft dat een juiste oriëntatie onmogelijk is. Dezelfde bezwaren zijn verbonden aan een kaart op schaal 1 : 50.000, zodat we aan de hand van deze redenering tot de conclusie komen, dat voor een overzichtskaart de schaal 1 : 25.000 de juiste is.

Welke bodemkundige variaties kunnen nu waargenomen worden met bovengenoemde waarnemingsdichtheid? Deze kwestie komt in de praktijk van de karteringswerkzaamheden herhaaldelijk naar voren en er is dan ook in de verschillende gebieden de nodige aandacht aan besteed. In rivier- en zeekleigebieden komen voor land- en tuinbouw belangrijke bodemverschillen voor op afstanden van 10-20 meter en minder. Hierbij kunnen wij b.v. denken aan bepaalde zand- en kleibanen, die soms niet breder zijn dan 20 meter en die zich in bepaalde jaren duidelijk in de gewassen aftekenen. Dergelijke banen zal men met een waarnemingsdichtheid van 1 boring per ha hoogstens eens toevallig aantreffen, maar van een systematisch karteren van deze stroken kan geen sprake zijn. Het vermelden van dergelijke toevalsvondsten heeft geen zin, aangezien de voorstelling dan toch onbetrouwbaar wordt. Hieruit blijkt dus, dat een kaart gebaseerd op 1 waarneming per ha nooit aanspraak kan maken op een gedetailleerde nauwkeurigheid, immers vele voor land- en tuinbouw belangrijke bodemverschillen komen er niet op voor. Een dergelijke kaart wordt dus een overzichtskaart, waar alleen de hoofdzaken op komen te staan en ten aanzien van deze hoofdzaken kan de kaart even betrouwbaar zijn als een detailkaart ten aanzien van de details.

Zoals reeds eerder is opgemerkt, moet een detailkaart volgens de opgedane ervaring berusten op ca 10 waarnemingen per ha. Hiervoor is een schaal 1 : 5000 of 1 op 10.000 noodzakelijk. Dit is volgens eenzelfde betoog als voor de overzichtskaarten duidelijk te maken. In de praktijk is het meestal zo, dat het veldwerk verricht wordt op schaal 1 : 5000 en dat de eigenlijke bodem-kaart op schaal 1 : 10.000 wordt getekend.

Er zal misschien gevraagd kunnen worden, of 10 waarnemingen per ha niet te veel is, of het uitvoerbaar is en of het nog de kosten loont. In de eerste plaats zal het uit wetenschappelijk oogpunt van belang zijn voor geheel Nederland van karakteristieke gebieden nauwkeurige detailkaarten te bezitten; bovendien zullen deze kaarten voor tal van doeleinden van het grootste belang zijn en voor de praktijk niet in de laatste plaats. De enorme kapitalen, die in onze intensieve teelten gestoken worden, maken het zeker noodzakelijk, dat een dergelijke zorg aan het bodemkundig onderzoek wordt besteed. In de praktijk blijkt zelfs de vraag naar „bedrijfskarteringen” aanwezig te zijn. Hierbij kunnen de waarnemingen om de tien meter gedaan worden en de schaal van de kaart zou 1 : 1000 moeten zijn. Voor grote terreinen is dit echter onbe-

gonnen werk en we zullen het zo moeten zien, dat bedrijfskarteringen het vervolg zijn van de detailkarteringen, echter met dien verstande, dat ze alleen bij zeer intensief bodemgebruik op hun plaats zijn.

Nu zal de vraag bestaan, of men de indeling niet telkens moet verfijnen. Dit is echter niet zo. Per definitie staat het bodemtype vast als een eenheid met bepaalde landbouwkundige eigenschappen. Weliswaar zijn geen twee bodemprofielen aan elkaar gelijk en komen in een bodemtype binnen zekere grenzen nog variaties voor, maar deze zijn niet van wezenlijk belang voor de plantengroei. Een bedrijfskaart is ook een detailkaart, maar de grenzen tussen de verschillende typen zijn met groter zorg vastgesteld, omdat dit in bepaalde gevallen van belang kan zijn.

Wij hebben gezien, dat een detailkaart moet berusten op 10 waarnemingen per ha. De voorbeelden, waarom het zo moet zijn, zijn aangehaald uit het rivier- en zeekleigebied. Echter zijn er in ons land ook nog andere terreinen, waar de criteria enigszins anders liggen. Zo heeft de bollenstreek b.v. lang niet die scherpe en plotselinge variaties, die bovengenoemde gebieden kenmerken. Om deze reden menen wij in staat te zijn, in het bloembollengebied met een waarnemingsdichtheid van 4 boorpunten per ha eenzelfde nauwkeurig resultaat te verkrijgen als in een zeekleigebied met 10 waarnemingen per ha.

Recapitulerend kunnen we dus opmerken, dat aan een overzichtskaart niet de eisen van een detailkaart mogen worden gesteld. Op een overzichtskaart hebben we in één kleur gronden, die zeer veel punten van overeenkomst vertonen, maar die nog sterk in eigenschappen en productiviteit kunnen variëren. Het is dus van het grootste belang te weten, op welke étage van het pyramidaal opgebouwde schema van de indeling der gronden men zich bevindt.

Voor vergelijking wil ik hier nog wijzen op het verschil in schaal met de Amerikaanse kaarten. Vele van deze kaarten hebben een schaal van 1 inch: 4 miles en nauwkeurige kaarten van 1 inch: 1 mile. De laatste zijn altijd nog veel kleiner dan de door ons bedoelde overzichtskaarten, zij komen overeen met enkele door ons uitgevoerde kaarten, die „verkenningen” genoemd worden en op schaal 1 : 50.000 uitgevoerd zijn. Op deze kaarten staan de belangrijkste bodemkundige feiten in hoofdzaak aangegeven. Het gaat er bij deze kaarten om, om aan te geven, waar b.v. goede tuinbouwgronden liggen. In detail kunnen de gronden nog een gevarieerd beeld geven, maar voor planologische doeleinden is een aanduiding reeds voldoende om er met de samenstelling van een streekplan rekening mee te houden. Van de provincie Zuidholland is zo'n verkenning gemaakt.

We zien dus, dat de verhoudingen in ons land totaal anders liggen dan in de USA. Wat daar een detailkaart genoemd wordt, is bij ons te klein

voor een overzichtskaart. Dit behoeft geen verwondering te wekken. Door de veel intensievere land- en tuinbouw in ons land, liggen de problemen hier geheel anders en bovendien zijn wij een halve eeuw later met het werk begonnen.

Niettegenstaande de grote verschillen, welke er dus bestaan, is het Amerikaanse werk met zijn systeem voor ons van grote waarde en het vormt een goede steun bij ons werk.

4. DE UITVOERING VAN DE KARTERING

Bij de uitvoering van de kartering zelf, komt het in eerste instantie aan op de studie der problemen. Dit fundamentele werk moet leiden tot de oplossing van vele kwesties, die zich in het gebied voordoen. Deze studie is het werk van de karteringsleider, met andere woorden, de basis waarop het werk berust, wordt gelegd door het academisch gevormde personeel; de uitwerking is middelbaar werk en geschiedt onder toezicht van de karteringsleider.

De eerste taak, welke de karteringsleider heeft bij de studie der problemen is, zich een beeld te vormen van de voornaamste grondverschillen in zijn werkgebied. Het komt er dus op neer, dat de opbouw van het gebied begrepen moet worden, want binnen de genetische grenzen van het gebied liggen de mogelijkheden voor de landbouwproductie. Aan de hand hiervan wordt een proefindeling van de bodemtypen gemaakt en met behulp hiervan wordt een klein gedeelte van het gebied nauwkeurig gekarteerd. Het resultaat is dan doorgaans, dat de proefindeling wel diverse voor de hand liggende verschijnselen juist zal verklaren, maar een deel van de tijdens de nauwkeurige opname gedane waarnemingen betreffende bodemverschillen en plantengroei zullen niet in de proeflegenda passen, zodat deze herzien moet worden. Met de verbeterde proefindeling wordt een tweede terrein nauwkeurig gekarteerd. Door op deze manier te werken, krijgt men tenslotte een indeling, die de feiten en verschijnselen in het gebied juist weergeeft. Met deze indeling (legenda) kan men dan meestal zowel de bodemkundige, als de daaruit voortvloeiende landbouwkundige verschijnselen verklaren.

Met opzet is verschil gemaakt tussen het bodemkundige en het landbouwkundige aspect. Het laatste is weliswaar een gevolg van het eerste, maar het blijkt soms dat men bodemkundige feiten in de legenda moet opnemen, die landbouwkundig minder belangrijk zijn, maar die noodzakelijk zijn, om andere verschijnselen beter te kunnen verklaren.

Is tenslotte de uiteindelijke legenda voor het gebied tot stand gekomen, dan zal het beginwerk moeten worden herzien, omdat dit gedaan is met een kennis van zaken, die beneden het peil van de uiteindelijke opname ligt. Het beginwerk is nuttig geweest om tot resultaten te komen, maar

de verklaring der feiten was niet voldoende, zodat het eerste werk ten behoeve van de juistheid verbeterd moet worden.

De indeling van de gronden kan men niet doeltreffende maken, als men geen studie maakt van de gewassen, welke op die gronden worden aangetroffen. Zonder de studie van de gewassen kan men wel een bodemkundig juiste kaart maken, maar landbouwkundig is deze dan vaak niet juist. De studie van de groeiverschillen zal vooral de doeltreffendheid van de bodemkaart ten goede komen. Zo is men b.v. geneigd een grofzandige ondergrond al te systematisch in te delen naar de diepte waarop hij voorkomt, zonder naar de gewassengroei te kijken. De bodemtoestand komt er dus betrouwbaar op te staan, maar agrarisch is de kaart vaak niet juist. Bij een bestudering der plantenontwikkeling kan men nagaan, waar de ondergrond zijn invloed doet gelden en waar niet meer. Op deze wijze is de grens doeltreffender te leggen.

5. PLANTENGROEI EN BODEMGESTELDHEID

Hoe moet men het gewas in het onderzoek betrekken? Hiertoe staan twee wegen open, welke beide gebruikt worden. De eerste weg is de methode der proefoogsten, de tweede is het boerenoordeel. De eerste methode is exact en nauwkeurig, de tweede berust op de ervaring der boeren en werkt in sommige gevallen misleidend, niet wat de overgangen in de groeiverschillen betreft, maar wel wat de kwaliteitsaanduiding van de gronden betreft, terwijl verder het oordeel veelal niet objectief is. Een boer die op slechte gronden boert, noemt een grond veel sneller goed, dan iemand die een boerderij met prima grond heeft. We kunnen dus op deze wijze tot misleidende verschillen komen, die in het begin hinderlijk kunnen werken, doch die, naarmate het werk vordert, op de juiste waarde geschat kunnen worden en dan bij het werk van grote steun zijn.

De methode der proefoogsten is een exacte en onmisbare werkwijze voor het bepalen van de productiviteit van de bodemtypen. Het werk wordt als volgt uitgevoerd. Men zoekt percelen op, waardoor een bodemgrens loopt, of andersom, men zoekt percelen op met een verschil in ontwikkeling van het gewas en brengt deze in verband met de verschillen in bodemgesteldheid. Het bestuderen van één perceel heeft het voordeel, dat men te doen heeft met één voorvrucht, een zelfde groundbewerking, zaaitijd, behandeling e.d. Geheel juist is deze methode nog niet, want de bewerking en zaaitijd kunnen voor het ene bodemtype gunstiger zijn dan voor het andere, terwijl wat de bemesting betreft, de boeren de eigenschap hebben het slechtst ontwikkelde gedeelte het zwaarst te bemesten. De bemesting is dus in het voordeel van het slechtste bodemtype. De verschillen in productiviteit, welke tussen de bodemtypen gevonden

worden, bedragen in vele gevallen tientallen procenten, waarbij de verschillen van de bemestingsproefvelden, welke thans vaak enkele procenten bedragen, totaal in het niet vallen.

Het grote voordeel van deze methode is gelegen in de eenvoud van de opzet en de betrouwbaarheid van het vergelijkingsmateriaal. Het vergelijken van gewassen op verschillende percelen leidt tot grote moeilijkheden, omdat we hierbij met te veel variabele factoren te maken hebben. Niet alle gewassen zijn voor het doel even geschikt; het ene gewas is veel gevoeliger dan het andere, terwijl meerjarige gewassen meestal zuiverder op bodemverschillen reageren dan éénjarige. Bij de laatste kunnen de weersomstandigheden in het proefjaar de verschijnselen verdoezelen, maar aan de andere kant ook verscherpen. Van éénjarige gewassen zou men dus in een reeks opeenvolgende jaren proefoogsten moeten doen, om een goed beeld te krijgen van de verschillen. De indruk van één jaar is echter in vele gevallen voldoende en zij is betrouwbaar genoeg om er de detaillegenda's op te baseren, vooral ook omdat we in een gebied eenzelfde verschil tientallen malen tegenkomen, zodat de indeling aan de hand hiervan landbouwkundig verantwoord kan worden.

Een vraag van belang bij het proefoogsten is nog, bij welke boeren of tuinders we deze oogsten zullen verrichten, want naast de verschillen in producerend vermogen, willen we ook graag iets weten over de mogelijke productie van een bepaald bodemtype. Daarom moeten deze proefoogsten verricht worden op verschillende bodemtypen bij de beste boeren en tuinders. We krijgen dan niet alleen de verschillen, maar tegelijk de hoogst mogelijke opbrengsten, die een bodemtype bij de beste cultuorzorgen kan geven. Deze maatstaf hebben we nodig bij de stap, welke op de kartering volgt, nl. de landclassificatie (hoofdstuk XII).

Bij de uiteenzetting over de kartering is wel gebleken, dat er van klein naar groot gewerkt wordt. Wij kunnen in een streek niet eerst een overzichtskaart maken en daarna pas met de detailstudie beginnen. Zou dit gebeuren, dan krijgt men te veel onverklaarbare verschijnselen, die niet met de juiste betrouwbaarheid op kaart gezet kunnen worden. Wil er een betrouwbare overzichtskaart tot stand komen, dan moeten we de details eerst door en door begrijpen; na verkregen inzicht zijn we in staat hoofd- en bijzaken te scheiden. We kunnen pas vereenvoudigen als we weten wat weggelaten kan en moet worden.

6. ENKELE OPMERKINGEN

Na deze gang van het onderzoek zelf gevolgd te hebben, thans nog enkele opmerkingen over het onderzoek zelf.

Aanvankelijk zal men de waarnemingen gaan verrichten in een regelmatig vierkant of rechthoekig waarnemingsnet. Bij het begin der kar-

tering weten we immers nog niets van het verloop der bodemkundige lijnen af, zodat er geen voorkeur voor de waarnemingspunten zal bestaan. Bij toeneming van kennis en inzicht van het gebied zullen we meer en meer van het vaste waarnemingsverband afwijken, aangezien dit de waarnemingen op willekeurige plaatsen laat verrichten. Op den duur laten we ons leiden door topografische terreineigenschappen, waarbij microrelief en verkaveling een belangrijke rol spelen en met behulp hiervan is men in staat om de waarnemingen daar te verrichten, waar deze het meeste effect zullen hebben. Moeilijker wordt het in een terrein zonder oppervlakte-indicaties, zoals b.v. in de bloembollenstreek, waar de landerijen tot op een bepaalde hoogte afgegraven zijn.

Hier zullen we dus geneigd zijn, langer aan het starre verband vast te houden; maar zelfs hier levert het vlakke landschap nog zoveel bijzonderheden op, dat een ingewerkte karteerder ook hier zonder vast

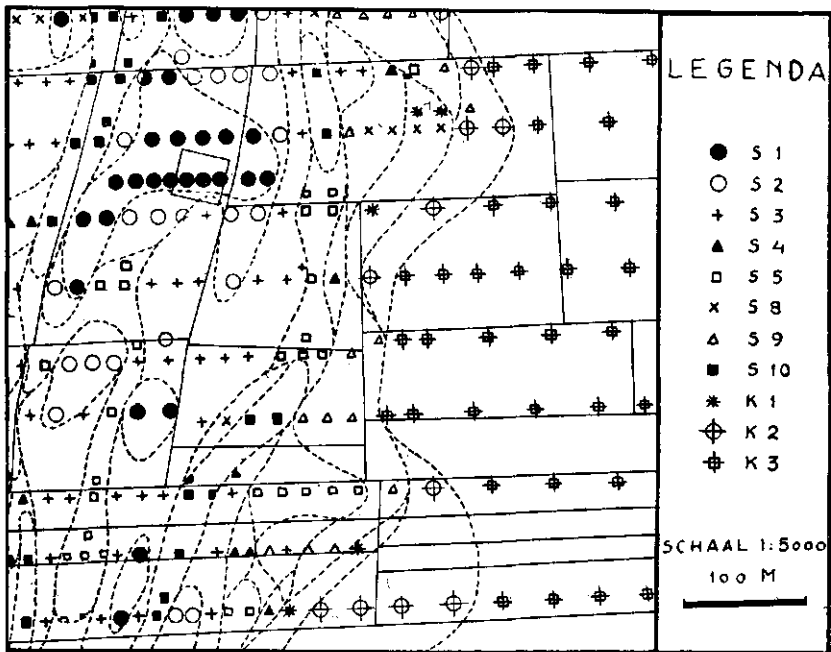


FIG. 7. VOORBEELD VAN EEN VELDKAARTJE, WAAROP DE BOORPUNTEN EN BODEMGRENZEN ZIJN AANGEGEVEN, VAN EEN DEEL VAN DE POLDER ZUIDLICHEM, (OPNAME VAN J. SCHELLING, 1944)

waarnemingsnet, over het veld zwerfend de karakteristieke punten kan vinden, waar de waarneming het meeste resultaat zal hebben. Bovendien brengt het steeds groter wordend inzicht en de stijgende ervaring met zich mede, dat op den duur met minder waarnemingen kan worden volstaan dan in het begin. Dit is ook een gevolg van het kiezen van de juiste plaatsen.

De waarnemingen worden terstond op de kaart gezet, zodat als origineel document de veld- of stippenkaart bestaat (zie fig. 7). Uit deze veldkaarten wordt door tekenaars het werk voor reproductie geschikt gemaakt.

Behalve dat het veldwerk verricht wordt door karteerders van de Stichting voor Bodemkartering, wordt ook meegewerkt door assistenten van de Land- en Tuinbouwvoorlichtingsdienst, vooral die assistenten, die belast zijn met de bodem- en bemestingsadviezen van het consulent-schap. Aan de ene kant is het voor de kartering van groot belang, dat deze streekdeskundigen medewerkers, aan de andere kant krijgen de assistenten een verdieping van inzicht in de bodemkundige problemen van het consulent-schap. Dit komt zowel de voorlichting als de bodemkartering ten goede.

Het veldwerk voor de bodemkaart wordt gesteund door laboratorium-onderzoek van typenmonsters, om het inzicht in de bodemgesteldheid te vergroten. Het grondmonsteronderzoek is ook van belang voor de beschrijving, die bij de kaart behoort, en voor de vergelijking met gronden uit andere gebieden.

Het veldwerk is en blijft de basis der bodemkartering, omdat men alleen langs deze weg kan komen tot een oplossing der bodemproblemen.

V. INDELING EN KARTERING VAN ZANDGRONDEN

Evenals bij andere gronden zijn ook de eigenschappen en kenmerken van het bodemprofiel van de zandgronden een gevolg, of staan onder invloed van verschillende factoren. Deze factoren zijn:

1. samenstelling van de aardkost ter plaatse.
2. topografie
3. klimaat
4. water
5. vegetatie
6. beïnvloeding door de mens

1. SAMENSTELLING VAN HET BODEMVORMENDE MATERIAAL VAN ZANDGRONDEN

De zanden, waarmee we in Nederland te doen hebben, variëren zeer in granulaire samenstelling als gevolg van de verschillende krachten, die er op hebben ingewerkt en het verschil in intensiteit van deze krachten.

De Nederlandse zanden zijn in hoofdzaak afgezet in het Kwartair en wel in het Pleistoceen en het Holoceen. In Zuid-Limburg komen plaatselijk oudere (tertiaire) zanden tot dicht onder de oppervlakte voor en in Twente plaatselijk tot aan de oppervlakte.

a. *Pleistoceen*

Het begin van het Kwartair is gekenmerkt door klimaatsverslechtering, tengevolge van de ijstijden. Het gedeelte van het Kwartair met ijstijden heet Pleistoceen. Na de ijstijden volgt het Holoceen.

Van de 4 ijstijden, die men onderscheidt, Günz, Mindel, Riss en Würm, hebben alleen de gletschers van de Riss-ijstijd ons land bereikt tot aan de lijn Vogelenzang-Nijmegen. De Riss-gletschers hebben de topografie van alles wat vóór de Riss-tijd werd afgezet, het zgn. prae-glaciaal, sterk beïnvloed, door de vorming van stuwwallen (gestuwd prae-glaciaal) met daartussen zeer diepe dalen. De afzettingen van vóór de Riss-tijd zijn de Hoogterras afzettingen. Dit zijn over het algemeen *grove grindhoudende zanden*, met plaatselijk leembanken in de ondergrond. In Noordbrabant en Limburg zijn deze Hoogterras afzettingen nog ongestoord aanwezig.

Het Riss-ijz heeft verschillende materialen afgezet. De belangrijkste hiervan zijn de *keileem* en *fluvioglaciale zanden*. De keileem is gevormd onder het zware, langzaam voortbewegende ijs, dat alles wat er onder terecht kwam, fijn wreef tot de zgn. grondmoraine en is ontwikkeld als een zeer dichte leemlaag, vaak rijk aan stenen.

Keileem heeft aanvankelijk alles bedekt wat onder het ijs heeft gezeten, maar is van de stuwwallen afgespoeld. De stenen uit de keileem

bleven achter. Dit zijn de zgn. *zwerfstenen*. In de dalen tussen de stuwheuvels is de keileem nog aanwezig in de diepere ondergrond (in de Gelderse Vallei b.v. 30–40 m –A.P., in het IJsseldal 80–100 m –A.P.) In Drente is de keileem dicht onder de tegenwoordige oppervlakte aanwezig.

Op de keileem zijn *fluvioglaciale zanden* afgezet door van de gletschers afstromend water. Volgens de geologische kaarten van ons land komen deze fluvioglaciale zanden plaatselijk aan de oppervlakte voor en omzomen ze de stuwwallen. De fluvioglaciale zanden zijn middelkorrelige zanden, die in zeer dikke lagen kunnen voorkomen.

Zoals reeds gezegd, komen in het gedeelte van Nederland, dat niet door het Riss-ijs werd bedekt, dus in Noordbrabant en Limburg, de Hoogterras-afzettingen ongestoord voor. Behalve deze komen er nog voor de *Midden-* en *Laagterras-afzettingen*. Deze zijn echter meestal bedekt door jongere afzettingen, nl. door de zgn. *dekzanden*, die gevormd werden in de *Würm-ijstijd*, die op de Riss-tijd volgde. Tussen de Riss- en Würm-ijstijden is er het Riss-Würm interglaciaal geweest, waarin door de zee de *Eem-afzettingen* werden gedeponeed. Deze bestaan uit zeezand, dat rijk is aan schelpen. In de Würm-tijd had opvulling plaats van de diepe dalen, die tussen de stuwwallen in het noorden van ons land en tussen de Midenterras afzettingen in het zuiden en het gestuwde landschap in het noorden, na het Riss hier waren achter gebleven. Deze opvulling geschiedde in het begin door de rivieren, die *grof grindhoudend materiaal* aanvoerden. Onder invloed van het toendra-klimaat, dat in de Würmtijd steeds meer ging heersen, droogden de rivieren op en hadden hier zand- en stofstormen plaats. Hierbij werden door de wind o.a. *middelkorrelige zanden* aangevoerd, die werden afgezet op het grove grindhoudende materiaal, dat door de rivieren in de reeds genoemde diepe dalen en op het Midenterras was gedeponeed. Deze middelkorrelige zanden zijn de *dekzanden*. Dekzanden zijn vrijwel grindloze zanden, die over vrij grote oppervlakten tamelijk gelijkmatig van korrelgrootte zijn en op de reeds genoemde manier zijn afgezet. De zand- en stofstormen, waardoor o.a. de dekzanden werden afgezet, hielden verband met het *peri-glaciale klimaat*, dat hier heerste tijdens de Würm-tijd. Periglaciaal wil zeggen: in de omgeving van de gletschers. De Würmgletschers hebben ons land nl. niet bereikt, maar hun invloed heeft zich hier wel doen gelden in de vorm van de zgn. periglaciale verschijnselen. Behalve de genoemde zand- en stofstormen traden hier nog andere periglaciale verschijnselen op, zoals *solifluctie*, *kryoturbatie* en verschijnselen, die verband hielden met een „eeuwig” bevroren ondergrond. Solifluctie is drijven en afschuiven van materiaal over een bevroren ondergrond. Met kryoturbatie wordt bedoeld allerlei vervormingen en plooi-

ingen in gelaagde afzettingen, zoals b.v. brodeling van veen- en leemlagen, vorming van polygoon bodems, etc.

Wanneer samengevat wordt, wat er gezegd is over het bodemvormend materiaal, waarmee we in Pleistoceen Nederland hebben te doen, dan komen we tot het volgende overzicht:

R I S S

Zuid-Nederland	{ Hoogterras:	grof grindhoudend zand, leemlagen
	{ Middenteras:	grindarm zand
Noord-Nederland	{ gestuwd-praeglaciaal:	zie hoogterras; de lagen zijn gestuwd;
	{ grondmoraine:	zwerfstenen
	{ event. fluvioglaciaal:	keileem
		middelkorrelig zand
W ü R M	dalopvulling:	onderste meters grof grindhoudend zand
		bovenste meters dekzand, middelkorrelig zand, gebroedde leem en veenlaagjes

b. Holoceen

In het Holoceen heeft allereerst veel erosie door de rivieren plaats gehad, waarbij vooral materiaal uit de oorspronkelijke dalen uit het Pleistoceen werd weggevoerd. Hierin is later het rivierklei-landschap afgezet. Verder is in het Holoceen op vele plaatsen het zand gaan stuiven, waarbij de vorming van *stuifzand* plaats had. Tenslotte zijn in het Holoceen de duinen gevormd en had dus de afzetting van *duinzand* plaats.

2. TOPOGRAFIE

Van de topografie van de zandgronden in Nederland zijn allereerst typisch de *hoogte-verschillen*, die er in voorkomen. Zo liggen de Hoogterraszanden in het Zuiden van ons land aanmerkelijk hoger dan de Middenteras- en laagterras-afzettingen. In Noord-Nederland komen grote hoogte-verschillen voor tengevolge van de stuwing door het ijs. Hierdoor zijn 4 evenwijdig lopende reeksen stuwwallen ontstaan, nl.

1. het oostelijk deel van Gelderland en Overijssel
2. o.a. de Lemelerberg, Holterberg, Montferland, Nijmeegse heuvels
3. de Veluwe
4. de Utrechtse heuvels

Deze stuwwallen zijn ontstaan doordat het praeglaciale landschap plaatselijk 70–100 m werd opgestuwd. Dit is te berekenen uit de hoogteligging van het Hoogterras in het Zuiden van ons land en het verval dat hierin zit. Behalve de grote verschillen in hoogteligging, die er bestaan tussen Hoogterras en stuwwallen en hun omgeving zijn er ook nog grote hoogte-verschillen in deze formatie zelf.

De *Middenterras- en dekzandlandschappen* hebben een typisch *micro-relief*. Deze landschappen liggen ogenschijnlijk vlak, vertonen echter een zwak golvend karakter dat kleine verschillen in hoogte-ligging met zich mee brengt, die belangrijk zijn in verband met de hoogte-ligging van het oppervlak ten opzichte van het grondwater. Deze verschillen kunnen zo groot zijn, dat op korte afstand van elkaar kunnen voorkomen zanden, die te nat zijn voor grasland en zanden, die te droog zijn voor bouwland.

Het relief van de stuifzandterreinen is veel onrustiger dan dat van dekzanden. De hoogte-verschillen zijn nl. groter. Men treft er in elkaars nabijheid aan de uitgestoven laagten en de opgestoven stuifheuvels.

Behalve de hoogte-ligging is ook de topografie in horizontale zin voor de zandgronden van Nederland van betekenis. Zo brengt de ligging van het dekzandlandschap t.o.v. het Hoogterras en de stuwwallen enerzijds en de rivieren anderzijds, consequenties met zich mee ten aanzien van de waterbeweging. Veel water van het Hoogterras en de stuwwallen wordt via het dekzandlandschap naar de rivieren afgevoerd.

3. KLIMAAT

Nederland heeft een *humied klimaat*, de hoeveelheid neerslag is nl. groter dan de verdamping (In aride klimaten is het omgekeerde het geval). De jaarlijkse regenval in Nederland bedraagt gemiddeld 700 mm. Klimatologen rekenen met de zgn. *nuttige neerslag*, d.i. het verschil tussen hetgeen jaarlijks valt en hetgeen er verloren gaat door verdamping. Nederland zou een jaarlijkse nuttige neerslag hebben van 400 mm. Hiervan wordt een gedeelte opgenomen door de planten. De rest dringt in de grond en wordt rechtstreeks of via de rivieren afgevoerd naar de zee. In de Nederlandse bodem heeft dus een neerwaartse waterbeweging plaats. (In gebieden met aried klimaat is deze beweging opwaarts). Op grond van jaarlijkse neerslag en temperatuur-verloop is Nederland ingedeeld in het gebied der *podsolgronden*. Podsolgrond is het meest uitgesproken bodemtype binnen de zône van het podsolgebied. Podsol is het Russische woord voor asgrond. De naam slaat op de zeer grauwe bovengrond van dit bodemtype. Deze bovengrond wordt bij ons *loodzand* genoemd. Het klimaat heeft in ons land dus de neiging loodzandprofielen te vormen. Zandgronden hebben bij ons het sterkste de neiging tot deze vorming. Leem en klei zijn daar zeer weinig vatbaar voor en vertonen dus weinig uitlogingsverschijnselen. De zandgronden in Nederland vertonen ook lang niet allemaal loodzand- of podsolprofielen. Bij de podsolvorming gaat de bovenlaag (A-horizont) over in loodzand en verliest oplosbare bestanddelen, die zich ophopen in de B-horizont. Podsoleering is gebonden aan een zure reactie van de grond, die in optima forma

wordt veroorzaakt door een *heide-vegetatie*. Eenzijdig samengestelde bos-vegetatie, vooral van dennen veroorzaakt ook lichte podsolering. De B-horizont van het podsolprofiel is koffiebruin van kleur. Hij kan los zijn of verkit tot oerbank. Dit is afhankelijk van allerlei factoren, zoals van de ijzerrijkdom van de grond, de terreinhelling, etc.

4. WATER

Onder *c* is reeds één en ander meegedeeld over neerslagwater. Het water in de grond en vooral de beweging van het grondwater in de zandgronden van Nederland is zeer belangrijk in verband met de indeling en kartering van deze gronden. De grondwaterbeweging in zandgronden is zeer ingewikkeld. De oorzaken hiervan zijn de reeds genoemde verschillen in hoogteligging der zandgronden en de grote afwisseling in lagen van materiaal van verschillende granulaire samenstelling. Op de invloed van de hoogte-ligging op de waterbeweging werd reeds gewezen. Wat betreft de invloed van de afwisseling in lagen van materiaal van verschillende granulaire samenstelling, zij gewezen op het voorkomen van leembanken en keilemlagen. Door deze lagen wordt vaak op hooggelegen terreinen water vastgehouden en behoed tegen afvoer naar zee. In de Gelderse Vallei zijn door het voorkomen van keileem in de ondergrond en de ligging tussen twee stuwwallen de voorwaarden gunstig voor de vorming van artesisch water.

Tengevolge van de grote hoogte-verschillen en de verschillen in nuttige neerslag in de verschillende tijden van het jaar, is de grondwaterspiegel, die belangrijk is voor de landbouw, aan grote schommelingen onderhevig. De hoogte tot waar het grondwater stijgt en de schommelingen ervan zijn af te lezen aan de *gleyverschijnselen*, waarover in hoofdstuk I en II reeds is gesproken.

Het grondwater kan verschillende stoffen aanvoeren; de belangrijkste hiervan zijn *koolzure kalk-, ijzer- en mangaanverbindingen*. Dit is mogelijk doordat het grondwater op zijn lange weg naar de diepere ondergrond zijn zuurstof verliest en daardoor in staat is kalk-, ijzer- en mangaanverbindingen, de beide laatste in gereduceerde vorm, op te nemen. Deze verbindingen slaan weer neer wanneer het water weer aan de oppervlakte komt en daar koolzuur verliest en zuurstof opneemt. Deze afzettingen zijn in de zandgronden gemakkelijk te herkennen.

De *voedselrijkdom van het grondwater* is belangrijk in verband met de ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie. Op plaatsen waar, wat de plantensociologen noemen, voedselrijk grondwater wordt aangevoerd, ontwikkelen zich vegetaties als b.v. een elzenbroek, een eikenhaagbeukenbos, etc. Op plaatsen met voedselarm water vegetaties als een berkenbroek, een eiken- berkenbos, etc.

5. VEGETATIE

De vegetatie van nu en vroeger is van zeer grote invloed op de kenmerken en landbouwkundige eigenschappen van het bodemprofiel, vooral van zandgronden. In Nederland heeft de vegetatie reeds lang onder invloed gestaan van de mens. De natuurlijke vegetatie van de zandgronden in Nederland is bos. Welk bos dit is, wordt bepaald door factoren als granulaire samenstelling, hoogte-ligging, klimaat, waterhuishouding, etc. Bos oefent invloed uit op de grond door humusvorming in boven- en ondergrond. Volgens OOSTING veroorzaakt iedere houtsoort zijn typische kleur in de grond. Men spreekt daarom van eiken-, dennen-, beuken- en berkengrond, enz. Aan deze kleuren is na de ontginning van het bos tot bouwland vaak nog te zien, welke houtsoort in het bos heeft gegroeid.

De heidevelden zijn voor Nederlandse omstandigheden onnatuurlijke vegetaties. Ze zijn onder menselijke invloed ontstaan en werden hierdoor ook in stand gehouden. Vooral de schapenhouderij moet hiervoor verantwoordelijk gesteld worden. Nu de schapenhouderij van geen betekenis meer is, ziet men de hei zich ontwikkelen in de richting van een bos.

De directe invloed van de hei op het bodemprofiel in de vorm van podsolering, is onder het klimaat reeds besproken. Behalve de directe invloed van de hei op het bodemprofiel kan ook nog van een indirecte gesproken worden. In vroeger tijden werden nl. heiplaggen gebruikt als strooisel in de potstallen voor het vee. Vanuit deze potstallen kwamen deze heiplaggen terecht op het bouwland. Hierdoor ontstonden de straks te bespreken *eng-* of *esgronden*. In streken met veel hoge hei, dus met veel loodzand, kwam hierdoor veel loodzand in de eng- of esgronden, in streken met veel lage hei, kwam meer zwarte grond op het bouwland. Aan de bemesting met heiplaggen danken de meeste engen of essen hun zwarte kleur. Er waren ook streken waar weinig of geen hei voorkwam. Hier kwam dan bosstrooisel via de potstal als bemesting op het bouwland en ontstonden de bruine eng- of esgronden.

6. BEÏNVLOEDING DOOR DE MENS

Er is al opgemerkt, dat de menselijke invloed op de zandgronden reeds oud is. Hierdoor ontstond o.a. het extreme bodemtype, de podsolgrond. De invloed op de bossen is ook al oud, getuige de grote ouderdom van instellingen als bosmarken en -maalschappen, die het gebruik der bossen vaak tot in de finesses regelden. In vroeger tijden is veel bos omgelegd in bouw- en weiland, welke later weer werden aangelegd tot bos; vooral de laatste eeuw is de menselijke invloed op de bossen zeer groot geweest. Uit die tijd stammen de bossen met maar een enkele houtsoort, de zgn. monocultures. Veel wat tegenwoordig bouw- en weiland is, was tot voor kort bos en/of hei en is hieruit ontgonnen.

Op het bouwland in sommige zandstreken is de menselijke invloed zo groot geweest, dat hier het zuivere anthropogene bodemtype, de eng- of esgrond ontstond. Dit type is gekenmerkt doordat het een vrij dikke laag zwarte of bruine grond heeft als gevolg van de eeuwenlange bemesting met potstalmest.

In zandstreken is door de mensen ook altijd veel gegraven en is er grond verplaatst. Vooral sinds de tijd van de grote ontginningen is dit het geval. Veel hoge gronden zijn toen afgegraven om lager gelegen grond te kunnen ophogen. Vóór de tijd van de ontginningen paste men het bodemgebruik meer aan de bodemgesteldheid aan, vooral aan de hoogte-
ligging.

7. INDELING VAN ZANDGRONDEN

Om praktische redenen kan de eerste grote scheiding geschieden naar het gebruik, dat gemaakt wordt van de zandgronden en dus in: bosgrond, heigrond, bouwlandgrond en weilandgrond.

Ieder van deze gronden kan dan verder onderverdeeld worden naar de korrelgrootte, dus b.v. in grofzand, middelkorrelig zand, fijn zand, lemig zand, etc. Deze indeling valt meestal samen met de ontstaanswijze van het te karteren landschap. Grof zand is te verwachten op het gestuwd praeglaciaal en het Hoogterras, middelkorrelig zand in de dekzand- en stuifzandgebieden, fijn zand en lemig zand langs de beekjes.

Bij het indelen naar korrelgrootte moet natuurlijk gelet worden op het voorkomen van *lagen met andere granulaire samenstelling*, zoals leembanken, oerbanken, keienlagen, etc. en de diepte waarop deze lagen voorkomen.

a. Wat betreft de verdere onderverdeling der *bosgronden* dient opgemerkt te worden, dat de ervaringen van de Stichting voor Bodemkartering hiermee nog zo jong zijn, dat hierover verder geen mededelingen kunnen worden gedaan.

b. De *heigronden* kunnen verder onderverdeeld worden naar de *hoogteligging*, in hoge-, middelhoge- en lage hei. Dit hoeft niet te gebeuren naar de absolute hoogte-
ligging, maar kan geschieden op basis van profielkenmerken. In hoge hei komt veel *loodzand* voor, in middelhoge hei treedt de vorming van *humus-* en *ijzeroer* sterk naar voren, terwijl lage hei vooral te herkennen is aan de *zeer zwarte, soms iets venige en pikkerige bovengrond*, die rust op door het grondwater gebleekt blauwgrijs zand.

c. De *bouw- en weilandgronden* kunnen verder onderverdeeld worden naar de ouderdom van de ontginningen. Men kan onderscheiden eeuwenoude bouw- en weilandgronden en ontginningsgronden.

Bij de *oude bouwlandgronden* treft men de zwarte- en bruine esgronden aan. Deze variëren zeer sterk naar de dikte van de humeuze laag en naar

de hoogte-ligging. Ervaringen hebben geleerd, dat naarmate de bouwlanden hoger zijn gelegen, de *dikte van de humeuze lagen* belangrijker wordt en dat met een lagere ligging de belangrijkheid van de dikte der humeuze lagen afneemt. De hoogte-ligging kan gekarteerd worden aan de hand van de hoogte, waarop de gleyverschijnselen in het profiel voorkomen. In zandgebieden waar tot nog toe gekarteerd is, (Didam, Oss en Epe) is gebleken, dat kritieke diepten van gleyverschijnselen zijn 50, 80 en 125 cm. Bouwlanden met een gleyhorizont ondieper dan 50 cm zijn te nat, die met een gleyhorizont dieper dan 125 cm vaak droog. Hebben de laatste bovendien een humeuze laag, dunner dan 50 cm dan zijn ze zeer droog.

d. De *oude weilanden* liggen meestal laag en hebben een gleyhorizont op minder dan 50 cm. Sommige liggen te laag, zijn daardoor te nat en hebben dan gleyverschijnselen tot in de bovengrond.

e. De *ontginningsgronden* kunnen allereerst onderverdeeld worden naar de vroegere begroeiing, dus in bos-ontginningsgronden en hei-ontginningsgronden. De bos-ontginningsgronden worden dan verder onderverdeeld naar de dikte van humeuze lagen en de diepte der gleyverschijnselen. De hei-ontginningsgronden naar de hoogte-ligging van de hei, zoals bij heigronden besproken werd.

In de laaggelegen gronden kunnen nog *kalk-*, *oker-* en *mangaan-*afzettingen voorkomen, die gemakkelijk in het profiel te herkennen zijn.

LITERATUUR

- PIJLS, F. W. G., De bodemkartering van Nederland no I. Een gedetailleerde Bodemkartering van de gemeente Didam. Diss. Wageningen. *Versl. Landbk. Onderz.* no 54, 1. 's-Gravenhage.

VI. INDELING EN KARTERING VAN RIVIERKLEIGRONDEN

1. INLEIDING

In 1943 werd met de bodemkartering een aanvang gemaakt in de Bommelerwaard. De algemene problemen waren hier de gebrekkige ontwatering en de slechte verkaveling der landerijen. Een ruilverkaveling zou hierin verbetering kunnen brengen. Maar voor de vele boerenbedrijfjes, die door de kleine-boerensteun op gang moesten worden gehouden, zou dit niet *de* oplossing zijn. Men zag aan de ene kant een grote vraag naar goed bouw- en tuinland en aan de andere kant een zeer grote oppervlakte grasland, dat extensief gebruikt werd, o.a. voor handelshooiwinning en jongveeweiderij. Om aan meer mensen een betere bestaansmogelijkheid te verzekeren, was het noodzakelijk, dat de landerijen intensiever gebruikt werden. De tuinbouw, akkerbouw en melkveehouderij zouden dus uitgebreid moeten worden ten koste van de jongveeweiderij en de handelshooiwinning. Maar was dit mogelijk? Fruitteelt, groenteteelt, akkerbouw en melkveeweiderij stellen alle bepaalde eisen aan de grond. Daarom stelde de Cultuurtechnische Dienst de vraag welke eisen de verschillende gebruikswijzen aan de grond stelden en welke gronden aan die eisen konden voldoen. Er moest dus een kaart gemaakt worden, die aangaf de eigenschappen van de grond, die van belang waren voor de plantengroei. Nadat met de detailkartering deze eigenschappen bij verschillende bodemtypen bestudeerd waren, was het mogelijk de typen te groeperen tot bepaalde bodemseries, die in de belangrijkste eigenschappen overeenstemming vertoonden. Daar de bodemseries in het rivierkleigebied tevens de belangrijkste elementen van de opbouw van het landschap aangeven, was het mogelijk op grond van deze onderscheidingen een overzichtskaart samen te stellen. Deze kaart werd gemaakt op schaal 1 : 10.000 met 1 à 2 waarnemingen per ha en zal gepubliceerd worden op schaal 1 : 25.000.

2. DE BODEMSERIES VAN DE OVERZICHTSKAART

Rs stroom(rug)gronden. Deze vertonen de invloed van het stromende water in hun profiel, ze zijn afgezet in of vlak naast de vroegere rivierbeddingen. De combinatie van een drietal belangrijke eigenschappen kenmerkt de stroomruggrond:

a. Voor de overzichtskaart is de zandigheid als criterium gebruikt. Deze zandigheid kan echter sterk uiteen lopen. Er zijn stroomruggronden, waarvan alle horizonten zandig en sommige zelfs sterk zandig zijn, terwijl andere profielen hoogstens een enkele zandige horizont op minder dan één m diepte vertonen. Uit het laboratoriumonderzoek van vele monsters is gebleken, dat het begrip zandigheid overeenstemt met

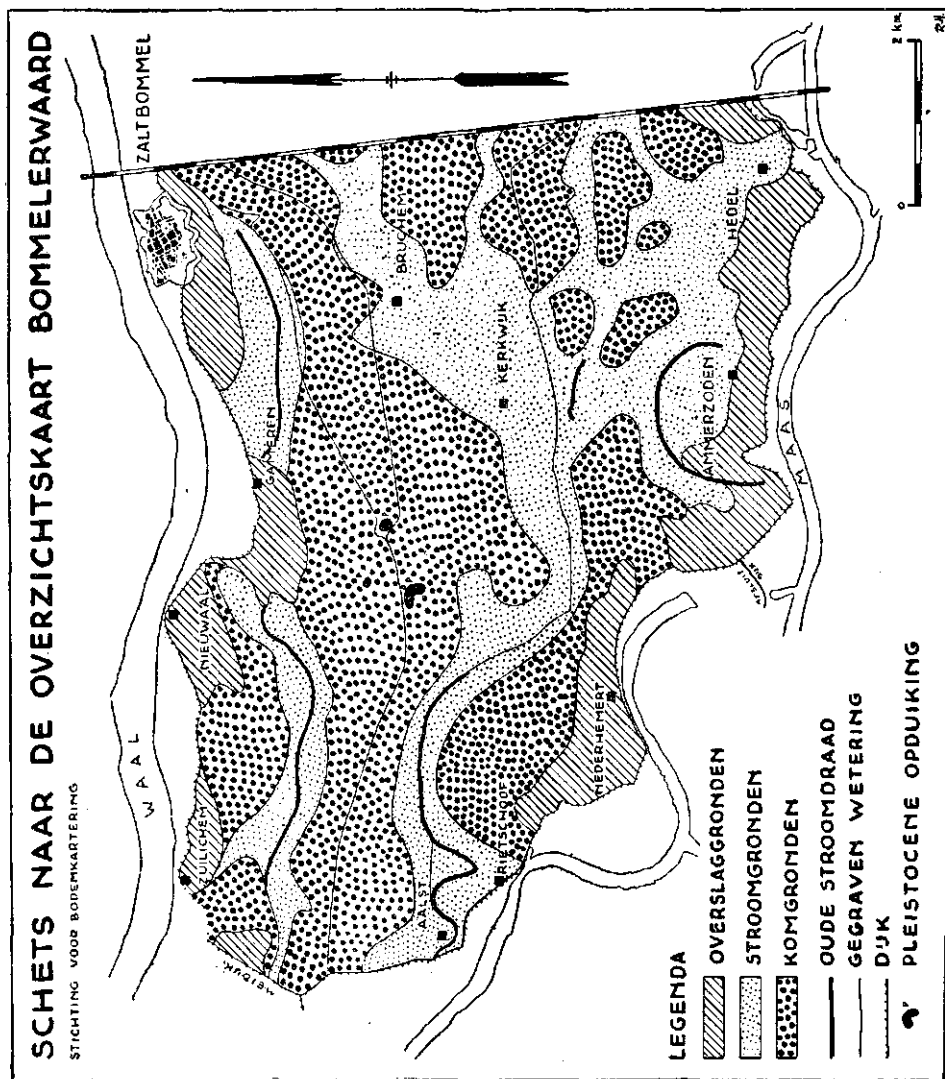


FIG. 8. VEREENVOLDIGDE BODEMKUNDIGE OVERZICHTSKAART (1 : 50.000) VAN EEN GEDEELTE VAN DE BOMMELERWAARD. OPNAME (BEHALVE HET NO-DEEL VAN DE KAART) VAN DE SCHRIJVER

een minimum zandgehalte (grof + fijn zand) van 40 %, dus met een gehalte aan afslibbare delen (kleiner dan 16 mu) van minder dan 60 %.

b. De hoge ligging is bedoeld ten opzichte van de lager gelegen aangrenzende komgronden. De hogere stroomruggrond naast een bedding wordt een oeverwal genoemd. De ontwatering is dan ook relatief beter dan van de lagere landen.

c. De stroomruggronden zijn meestal in de ondergrond kalkrijk. Soms bevat ook de bovengrond van nature nog wel vrije kalk. Dooreengenoemen zijn de lichte zandige horizonten kalkrijker dan de zwaardere. De stroomruggronden vertonen tot grote diepte een mooie bruine kleur met weinig roest. We vinden hier profielen, geschikt voor bouwland en fruitteelt, terwijl het grasland op deze gronden gemiddeld van relatief goede kwaliteit is.

Rsb *stroombeddinggronden*. Temidden van de stroomruggronden vindt men soms stroken zeer zware kleigronden, die veelal ook iets lager liggen, dan de er onmiddellijk aan grenzende stroomruggronden. Het zijn de dichtgeslibde stroombeddingen. De reden, dat ze op de overzichtskaart afzonderlijk zijn aangegeven, is, dat de profielen strikt genomen bijna nooit voldoen aan de criteria van de stroomruggronden. Stroombedding en stroomrug vertonen echter landschappelijk zo'n nauwe samenhang, dat de stroombeddinggronden als een speciaal onderdeel van de stroomruggronden zijn beschouwd, hetgeen in het symbool Rsb tot uitdrukking is gebracht. De landbouwkundige eigenschappen van de stroombeddinggronden komen veelal overeen met die van de hogere komgronden. De verlande stroombeddingen worden in het rivierkleigebied „meer” of „mer” genoemd (HOEKSEMA, 1947).

Rk *komgronden*. Tussen de oeverwallen van de vroegere stroombeddingen bevonden zich iets lagere komvormige gebieden. Tijdens hoge waterstanden werd bij het passeren der oeverwallen de stroomsnelheid al zoveel geringer, dat daar het grove en fijne zand tot bezinking kwam. In de kommen bleef het water lange tijd rustig staan, zodat daar de allerfijnste slibdeeltjes konden bezinken. De komgronden zijn gekenmerkt door de combinatie van de volgende drie belangrijke eigenschappen, waarmee ze tevens duidelijk te onderscheiden zijn van de stroomruggronden:

a. Alle komgronden zijn gekenmerkt door een bodemprofiel, waarvan tenminste de bovenste meter uit zware tot zeer zware klei bestaat. Eventueel kunnen humeuze lagen voorkomen.

b. Ten opzichte van de naastliggende stroomruggrond ligt de komgrond lager. Ook de overslaggrond, die op komgrond rust, ligt hoger. Dientengevolge zijn de komgronden het slechtst ontwaterd.

c. Normaal is de zware komgrond steeds kalk-arm. Op geringe diepte

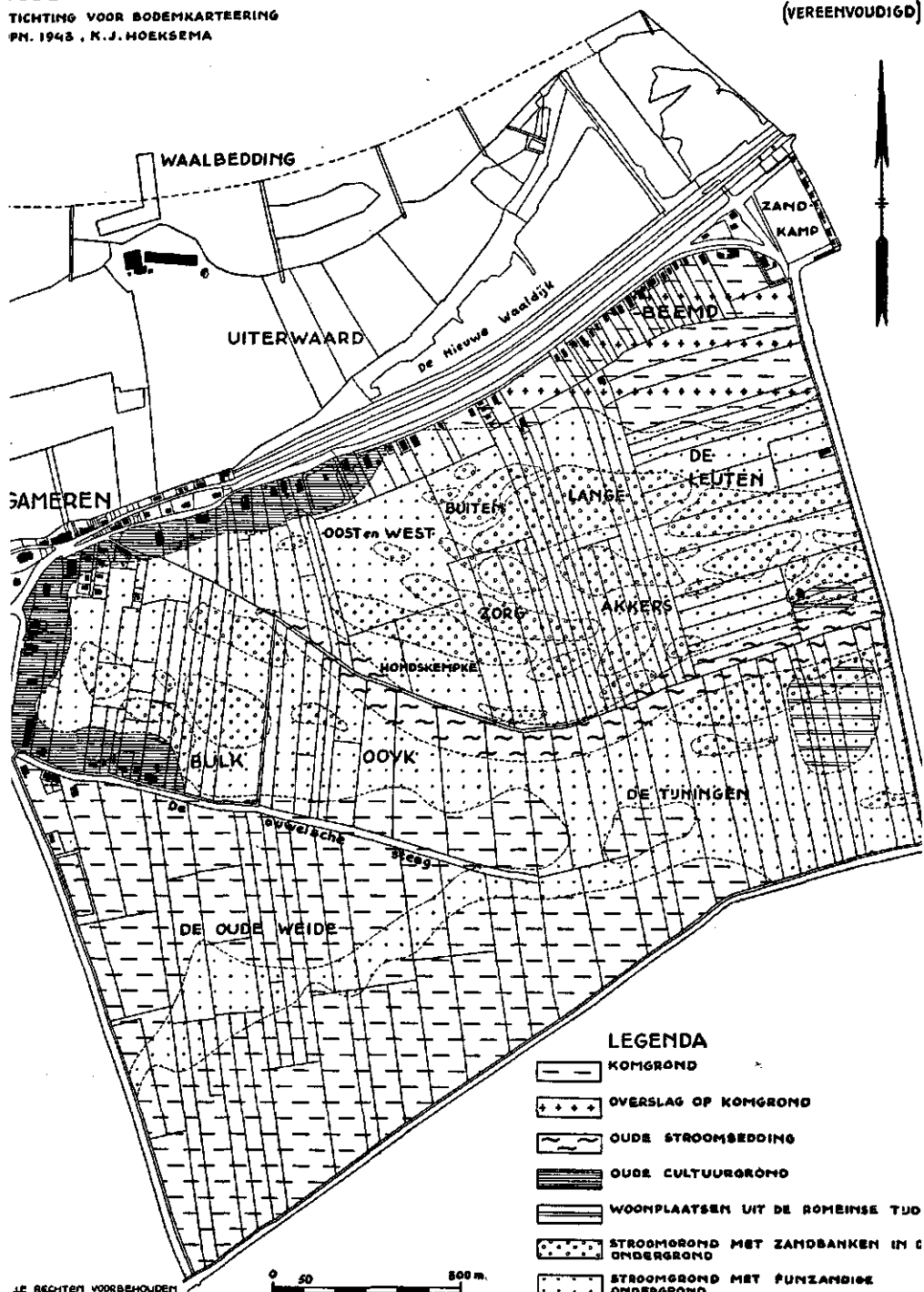
vertonen komgronden grijze lagen met duidelijke roestvlekken. Dit is natuurlijk schadelijk voor de fosphaathuishouding. Van vele komgraslanden is de fosphaattoestand ook nog zeer verslechterd door de handelshooiwinning, zodat het ons niet behoeft te verbazen, dat met phosphaatbemesting op dergelijke percelen grote verbeteringen te bereiken zijn. De moeilijke bewerkbaarheid, gebrekkige ontwatering en slechte ontsluiting maken het gebruik als bouwland zeer bezwaarlijk, zodat we hier voornamelijk grasland en griend vinden. Maar ook de goede grassen vinden hier niet de ideale groeiomstandigheden. Als we b.v. een komgrond hebben met direct onder de zode slechts 3,1 % humus en 92 % afslibbaar, waarvan 66 % kleiner dan 2 mu en we weten, dat volgens GOEDEWAAGEN (1942) de wortelharen niet in de poriën kleiner dan 10 mu gaan, dan mogen we hier dus geen ideale wortelontwikkeling verwachten. Dientengevolge lijden de komgraslanden in de zomer vaak aan droogte.

Rsk minder dan 50 cm stroomruggrond, rustend op komgrond. Met het gebruikte systeem van opname was het mogelijk bepaalde oppervlakten van dit bodemtype te onderscheiden. Dit komt aan de bruikbaarheid van de kaart ten goede, daar deze gronden tot de minder goede bodemtypen van de stroomruggronden behoren. De bovengrond beantwoordt aan de kenmerken van de stroomruggrond, maar de slechte eigenschappen van de komgrond beheersen de kwaliteit van het profiel. Door de betere kwaliteit van de bovengrond en de iets hogere ligging onderscheiden ze zich van de komgronden. Bij een goede drainage, waarbij de buizen vrij dicht bij elkaar moeten liggen, zullen deze percelen ook geschikt zijn voor bouwland. Voor boomgaard blijft echter de laag, die goed doorworteld kan worden, te dun.

Rks komgrond met zandige ondergrond op minder dan één m diepte. Deze gronden onderscheiden zich van de komgronden door een betere kwaliteit van de ondergrond en een iets hogere ligging. Dit komt ten goede aan de ontwatering en dientengevolge hebben deze gronden een dikkere bruine bovengrond dan de naastliggende komgronden. De kwaliteit van het grasland is in de regel ook iets beter.

Ro overslaggronden. Het kenmerkende criterium is, dat minstens 50 cm zandig materiaal over een andere grond (kom- of stroomruggrond) is afgezet. Deze gronden zijn ontstaan ten gevolge van dijkdoorbraken en grote stroomverleggingen. De zgn. dikke overslag is meestal grofzandig en vrij vaak onder de bouwvoor kalkrijk. Langs de Maaskant van de Bommelerwaard komt plaatselijk ook verspoeld kalkarm zand voor, afkomstig uit de wielen, die tot in de oud-holocene en pleistocene afzettingen zijn uitgekolkst. Zo kunnen dan op zeer korte afstand van elkaar de onderste lagen van de overslag kalkrijk en kalkarm zijn. Ten opzichte

BODEMKAART VAN HET OOSTELIJK DEEL DER GEMEENTE GAMEREN
(VEREENVOUDIGD)



van de niet met overslag bedekte profielen onderscheidt de overslag zich vanzelfsprekend door een hogere ligging, wat de ontwatering ten goede komt. De hoge en lichte overslag kan te droog zijn, maar anders zijn de lichte profielen uitstekend geschikt voor tuinland, terwijl de zwaardere goed bouwland kunnen zijn. Voor de fruitteelt hebben deze gronden het bezwaar, dat ze op een zekere diepte meestal de storende laag van de oorspronkelijke bovengrond vertonen.

Ros minder dan 50 cm overslaggrond rustend op stroomgrond. Deze kan vaak alleen maar worden aangegeven als de overslag sterk grofzandig is, omdat een fijnzandige overslag niet veel verschilt van de normale bouwvoor van de stroomgrond. De landbouwkundige eigenschappen komen dan ook met die van de gewone stroomgronden overeen, zij het, dat door de lichtere bovengrond, de bewerkbaarheid gemakkelijker is geworden.

Rok minder dan 50 cm overslaggrond rustend op komgrond. Deze dunne overslag kan uiteenlopen van bijna 50 cm nog vrij grofzandig materiaal tot een zeer dunne fijnzandige overdekking. De afgrenzing tegen de komgrond is daar genomen, waar de invloed van de overslag nog merkbaar was in de vorm van een dikkere bruine bewortelde zode-laag, die beter doorlatend is dan de normale komgrond. Door de iets hogere ligging is de afwatering ook wel wat verbeterd, maar toch is de dunne overslag alleen maar geschikt voor bouwland, als de overslag minstens 30 cm dik en goed gedraineerd is. Voor tuinland is deze dunne overslag in de regel te zwaar.

Rd oude zandgronden. Hiertoe behoren de kleine opduikingen van de zandige ondergrond van het rivierkleigebied. De grotere opduikingen dragen in de Bommelerwaard de naam „Loo”. Zij zijn te vergelijken met de bekende donken uit de Lekstreek (VINK, 1926). Het zand van de looën is kalkarm, praktisch zonder afslibbare bestanddelen en vrij grof, b.v. 78 % tussen 105 en 420 μ .

De oude zandgronden staan los van het huidige oeverwallen- en kommenlandschap. Ze liggen voornamelijk in de kommen en steken dan tot 2,50 m boven hun omgeving uit. Ook door hun grofzandigheid contrasteren zij sterk met de omringende zware komklei. Waar de komklei elders in het rivierkleigebied grenst aan het diluviale zand kunnen tengevolge van de menging van de beide bestanddelen zgn. gebroken gronden voorkomen.

Rp oude cultuurgronden. Deze omvatten alle plaatsen, waar aanduidin-

IG. 9. VEREENVOUDIGDE BODEMKAART VAN OOSTELIJK GAMEREN. DE BODEMTYPEN Rs 1 EN Rs 2 ZIJN SAMENGEVAT ALS STROOMGROND MET ZANDBANKEN IN DE ONDERGROND

gen zijn van vroegere bewoning en oude begraafplaatsen. In de regel onderscheiden ze zich door een grotere humus- of phoshaatrijksdom of beide van de omringende gronden. In de dorpen zijn alle opgehoogde en zwarte gronden tot deze groep gerekend. Deze gronden worden moor- en heufgrond genoemd.

Er komen lagen in voor met P-citroencijfers van 500. Deze van ouds zeer rijke gronden hebben voor alle vormen van cultuur een goede naam. Sommige Frankische erven zijn opgehoogd met zware klei, waardoor de bewerkbaarheid slechter is en de geschiktheid voor tuinland afneemt.

Be gronden met een sterk veranderd profiel. Tot deze groep behoren de afgegraven, vergraven en opgehoogde terreinen, voorzover de laatste niet tot de groep van de oude cultuurgronden gerekend kunnen worden. Ook zijn tot deze groep gerekend de grote weteringen met hun bijbehorende kadesystemen, de grote wegen met vergraven bermen, voormalige eendekooien, onland etc.

Ru uiterwaardengronden. Deze zijn tot nu toe niet gekarteerd. Dank zij hun ligging zijn ze eigenlijk alleen maar geschikt voor grasland. Onder invloed van de mens komen veel verschillen tussen de typen van deze serie voor. Ook de zwaardere hebben o.a. ten gevolge van hun kalkrijkdom een goede structuur.

FIG.10. OP DE 14DE JULI 1947 IS DE KUNSTWEIDE VAN RODE KLAVER EN ITALIAANS RAAI-GRAS OP DE VOORGROND OP BODEMTYPE Rs 1 STERK VERDROOGD, TERWIJL ER EEN SCHERPE OVERGANG IS NAAR HET NIET VERDROOGDE GEWAS OP BODEMTYPE Rs 3 (WERKHOVEN, UTRECHT)

Foto J. P. Leonhardt



3. DE BODEMTYPEN VAN DE DETAILKAART

De bodemseries zijn bij de detailkartering nog weer onderverdeeld in bodemtypen. Deze bodemtypen zijn zoveel mogelijk onderscheiden naar de groeiverschillen die bepaalde gewassen vertonen. Deze groeiverschillen behoeven niet voor alle gewassen gelijk te zijn.

De belangrijkste typen van de stroomgrond, aangeduid met hun voorlopig symbool zijn de volgende:

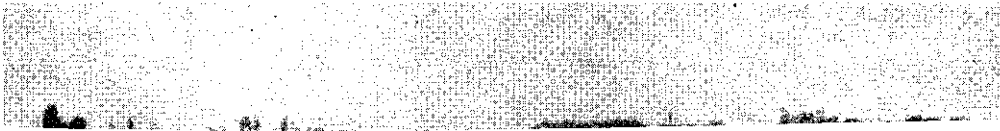
Rs 1 lichte, zandige kleigrond, op minder dan 55 cm diepte overgaand in los grof rivierzand. Bij hoge rivierwaterstanden treedt hier kwel op, terwijl we hier in de zomer last van droogte hebben. Dit profiel is daarom ongeschikt voor boomgaard, terwijl ook de landbouwgewassen praktisch elk jaar schade lijden. Dit bodemtype vormt de zgn. „heibanen”.

Rs 2 middelzware of lichte kleigronden, tussen 55 en 90 cm overgaand in los grof rivierzand. Door de dikkere bovenlaag heeft dit type minder last van kwel en alleen in droge zomers bij een lage grondwaterstand last van verdroging. Normaal dus een goede grond voor fruitteelt en akkerbouw.

Rs 3 middelzware tot zware kleigronden, geleidelijk overgaand in kleiig fijn zand tot minstens 90 cm diepte. Deze kalkrijke ondergrond is aan de ene kant goed doorlatend terwijl de grote fractie tussen 16 en 100 μ een goede capillaire opstijging waarborgt. Dit is een ideaal profiel zowel voor boomgaard als voor bouwland.

FIG.11. 14 JULI 1947. VLAK NAAST ELKAAR GROTE VERSCHILLEN IN GROEI EN AFRUIPING VAN TARWE OP WEL EN NIET VERDROGENDE BODEMTYPEN VAN DE STROOMGROND (WERKHOVEN, UTRECHT)

Foto J. P. Leonhardt



Rs 4 zware kleigronden, hinderlijk zwaar boven 50 cm, daarna rustend op dezelfde kleiig fijnzandige ondergrond als type Rs 3. Dit type onderscheidt zich dus door z'n moeilijker bewerkbaarheid van type Rs 3.

Rs 5 zware klei in het gehele profiel. Dit zijn de zware opvullingen van de verlande stroomdraden, die landbouwkundig grote overeenkomst vertonen met de hogere komgronden. Een groot deel van de bij de overzichtskartering met Rsb aangeduide gronden behoort tot dit bodemtype.

Rs 6 middelzware tot zware kleigronden op kleiig fijn zand, dieper dan 60 cm overgaand in zware klei. Als bouwland zeer dankbaar voor drainage. Voor boomgaard ongeschikt vanwege de minder goede wortelontwikkeling.

De voornaamste bodemtypen van de komgrond zijn als volgt onderscheiden naar de dikte van de goede bruine bovengrond en het voorkomen van laklagen:

Rk 1 zware, bruine, matig diepe kleigrond met ook onder de zode eerst nog een roestarme laag, rustend op zeer zware grijze klei met roestvlekken.

Rk 2 zware, grijsbruine, ondiepe kleigrond met roest direct onder de zode, rustend op zeer zware grijze klei met roestvlekken.

Rk 3 zware, grijze kleigrond (grijze griendgrond) met roest tot in de zode, rustend op zeer zware grijze klei met roestvlekken.

Rk 4 zware, bruine kleigrond met een dunne laklaag op meestal 50–55 cm diepte, rustend op zeer zware grijze klei met roestvlekken.

Rk 5 zware, bruingrijze, tot grijze kleigrond met een dunne laklaag op meestal 50–55 cm diepte, rustend op zeer zware grijze klei met roest.

Rk 6 zware, bruingrijze tot grijze kleigrond met een laklaag dikker dan 7 cm, die vanaf 30 cm op kunnen treden.



FIG. 12. SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE LIGGING VAN LAKLAGEN IN DE KOMMEN VAN HET RIVIERKLEIGEBIED:

a. één laklaag, b. twee laklagen, c. geen laklaag

Alle profielen met laklagen hebben roestrijke lagen boven en onder de laklaag. Van de onderste roest is de kleur enigszins oranje. De laklaag wordt als de slechtste laag van het profiel beschouwd, omdat hij volgens voorlopige onderzoeken een bestanddeel bevat met een zeer groot

krimp- en zwelvermogen. Bij bevochtigen kan deze laag dus hermetisch gesloten worden. Bij uitdrogen vormen zich prisma-achtige brokken. Inwendig vertonen deze brokken weinig roest, wat op een geringe aëratie wijst.

Veel voorkomende typen van de dikke overslaggrond zijn:

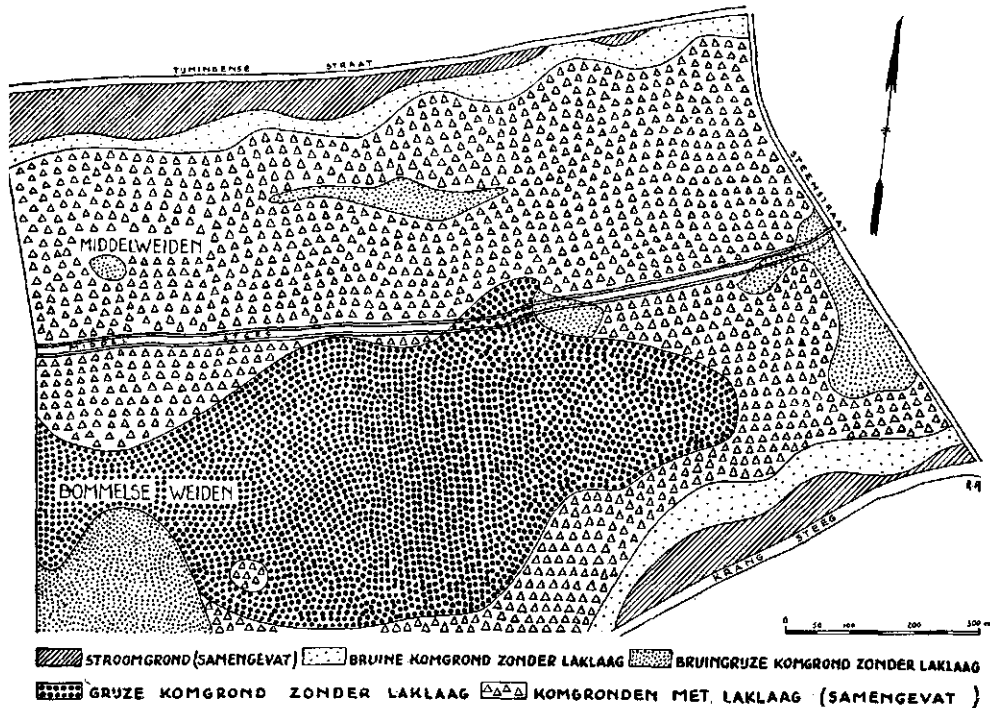
Ro 1 *lichte, grofzandige zavel op een zware ondergrond*. Deze grond is vroeg warm en als de overslag niet te dik is bevorderen de kwel en de kleiondergrond de vochtvoorziening. Dit is het ideale profiel voor de vroege aardbeien- en vroege aardappelcultuur. Een week vroegere rijping van deze producten maakt een soms iets minder grote oogst meer dan goed.

Ro 2 *zware, grofzandige zavel op een zware ondergrond*. Deze grond is in vergelijking tot het type Ro 1 minder vroeg, ze voldoet echter beter voor de tarwe- en bietenteelt.

Ro 3 *fijnzandig klei op een zware ondergrond*.

Ro 4 *zware of iets fijnzandige klei op een zware ondergrond*. Beide laatste typen zijn meer geschikt voor grasland en bouwland, dan voor tuinland. Door een goede drainage kan de geschiktheid voor bouwland toenemen, maar ook dan zijn deze profielen voor de fruitteelt minder geschikt.

FIG.13. LIGGING VAN DE GRONDEN MET EN ZONDER LAKLAAG IN EEN KOM TEN ZUIDEN VAN ZALTBOMMEL (VEREENVODIGD). OPNAME VAN DE SCHRIJVER



4. DE BODEMGESTELDHEID IN ANDERE RIVIERKLEIGEBIEDEN

De indeling, die in de Bommelerwaard ontwikkeld is, is naderhand over het geheel goed bruikbaar gebleken voor de kartering van de andere rivierkleigebieden. Het gedeelte van *het Land van Heusden en Altena*, dat na de Sint Elisabethsvloed van 1421 niet meer opgeslibd is, lijkt zowel wat landschap als problemen betreft sprekend op de Bommelerwaard. Plaatselijk komt in de ondergrond van de kommen meer veen voor.

De Maaskant heeft langs de zuidrand een zône gebroken gronden. Toen de Beerse Overlaat nog werkte was alleen maar bewoning op de hogere gronden mogelijk. Geheel ten onrechte meende men, dat hier toen onder invloed van de slibafzetting een vruchtbare bodem was gevormd. De gronden blijken echter dezelfde eigenschappen te hebben als in de andere rivierkleigebieden. De bovengrond van de stroomgronden is over het algemeen zeer zwaar, terwijl de ondergrond hier kalkarm is.

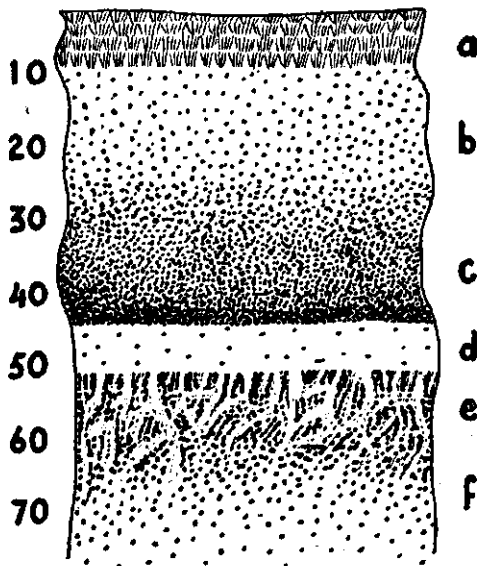


FIG. 14. LAK-PROFIEL UIT HET RIVIERKLEIGEBIED:

- a. graszode
- b. bruingrijze, zeer zware klei met roest
- c. grijze zeer zware klei met veel bruine roest, dobbelsteen- tot prismastructuur
- d. blauwachtig grijze zeer zware klei, met weinig roest, laklaag, bij uitdroging prismastructuur
- e. grijze, zeer zware klei met veel oranje roest
- f. idem, met weinig roest

Ten westen van de lijn Oss-Lithoyen hebben de opeenvolgende formaties een rustiger verloop dan ten oosten van die lijn. Ten gevolge van de grote landhonger is het landgebruik sterk versnipperd en is men soms genoodzaakt komgronden als bouwland in gebruik te nemen. Dit geeft vele teleurstellingen. Nu door het sluiten van de Beerse Overlaat het bouwen in de polder mogelijk is geworden, is het noodzakelijk dit zo te doen, dat elke boerderij de beschikking krijgt over een zekere oppervlakte geschikt voor bouwland.

In de Betuwe vinden we in verhouding grotere complexen stroomgrond en kleinere kommen. De onderscheidingen zijn in hoofdzaak dezelfde als die, welke in de Bommelerwaard voor de overzichtskartering gebruikt zijn. Doordat in de Betuwe gedurende het grootste deel van het jaar de gronden hoger uit het grondwater liggen dan in de Bommelerwaard, hebben diepere lagen ook nog invloed op de waterhuishouding. Met de gebruikte opnametechniek was het mogelijk om bovendien nog de volgende onderscheidingen te maken:

stroomgrond op minder dan 1,25 m, rustend op komgrond.

stroomgrond op minder dan 1,25 m, rustend op komgrond met stroomondergrond.

komgrond op minder dan 1,25 m, rustend op stroomgrond met komondergrond.

Het grondgebruik is in de Betuwe niet zo sterk versnipperd, maar de boerderijen staan alle op de hoge stroomgronden, zodat een gedeelte van het grasland ver van huis ligt. Zou het mogelijk zijn de boerderijen meer op de scheiding van stroom- en komgronden te bouwen, dan zou dit de exploitatie van de nu veelal verwaarloosde komgronden ten goede komen.

Overzien we de resultaten van de bodemkartering in het rivierkleigebied, dan mogen we wel zeggen, dat het inzicht in het bodemgebruik verbeterd is. De landbouwkundige toestand is in het rivierkleigebied in het algemeen niet zo rooskleurig. Wil men echter verbeteringen aanbrengen, dan is een grondige kennis van de landbouwkundige mogelijkheden noodzakelijk. En hiervoor kan de bodemkartering een belangrijke bijdrage leveren.

LITERATUUR

- EDELMAN, C. H., Over de bodemgesteldheid van Midden-Nederland, Utrecht 1947
 GOEDEWAAGEN, M.A.J., Het wortelstelsel der landbouwgewassen, 's-Gravenhage 1942.
 HOEKSEMA, K. J., Verlande stroombeddingen in het rivierkleigebied, en haar benamingen; *Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen.*, **64**, 1, (1947).
 VINK, T., De Lekstreek, Diss. Amsterdam, 1926.

VII. KATIONEN- EN ANIONEN-EVENWICHTEN IN DE BODEM

De vruchtbaarheid van de bodem wordt bepaald door: 1e de fysieke gesteldheid en 2e door de chemische toestand van de bodem. De laatste factor zal nu hier nader belicht worden.

Wanneer men de tentfiguur van HUDIG beschouwt (zie fig. 15), voorstellende het systeem bodem-plant, dan ziet men in het grondvlak de bodem, uiteengelegd in 5 componenten, afgebeeld. Deze 5 componenten zijn: 1e de minerale reserve; 2e de kationenbuffer; 3e de anionenbuffer; 4e de bodemoplossing met de kationen en 5e de anionen.

Al deze componenten staan in evenwicht met elkaar. Zo levert de minerale reserve door ontleding kationen en anionen aan de oplossing. Omgekeerd kunnen de kat- en anionen met elkaar reageren en dan in de minerale reserve terecht komen. De opgeloste kationen staan in evenwicht met de minerale reserve en de kationenbuffer (= adsorptie-complex = de deeltjes $< 2 \mu$ en de humus). Worden aan de bodem ionen toegevoegd, dan zal een groot deel aan het complex gebonden worden, een kleiner deel zal door de anionenbuffer worden opgenomen. Bij de ontledingsprocessen komen deze laatste weer vrij en kunnen dan door de kationen-buffer gebonden worden. Worden kationen aan de bodemoplossing onttrokken, dan zullen deze aangevuld worden uit het complex of uit de minerale reserve.

De anionen- of biologische buffer bevat vooral de elementen C, N, S en P, welke voor de plantengroei uitermate belangrijk zijn. De micro-organismen binden de stikstof uit de lucht. Naast bemesting is dit de mogelijkheid om stikstof in het systeem te brengen (groenbemesting). Belangrijk voor de activiteit van de biologische buffer is, dat zij de beschikking heeft over voldoende hoeveelheden lucht en water. Hieruit volgt, dat aan het behoud van een goede structuur, die juist de water- en luchthuishouding in de grond bepaalt, alle aandacht besteed moet worden.

De top van de figuur is ingenomen door de plant, die door waterbanen verbonden is met de kat- en anionen. Met behulp van de ionen vormt zij uit O_2 , CO_2 en water het organische materiaal, bij welk proces het licht als energie-bron wordt gebruikt. Het afval van de plant is de voedingsbron voor de biologische buffer. Ook voor een goede ontwikkeling van de plant is een goede aëratie (structuur) noodzakelijk.

De plant verstoort de evenwichten in de bodem, doordat zij kat- en anionen aan de bodemoplossing onttrekt. Het is de taak van de bodemscheikundige de grond in een zodanige toestand te brengen, dat deze verstoorde evenwichten snel en gemakkelijk worden hersteld. Een eerste vereiste daarvoor is een goede structuur, daar dan het gehele bodem-volume voor de plant beschikbaar is.

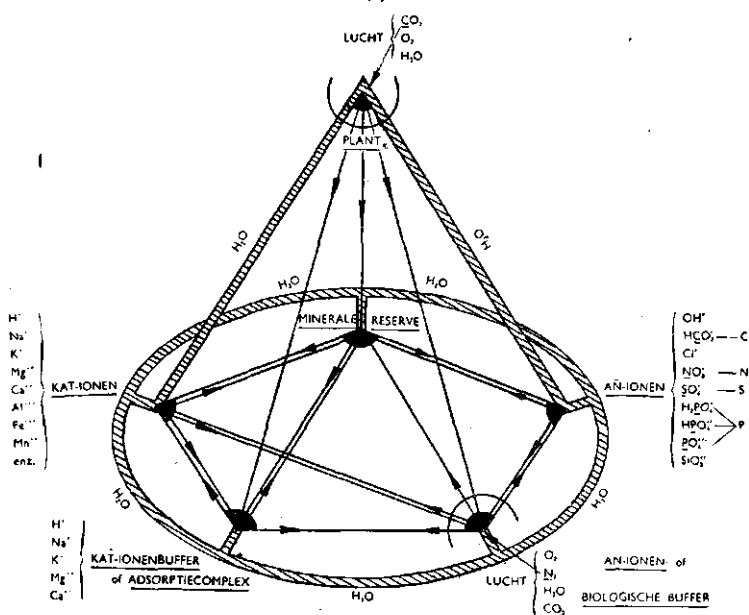


FIG. 15. TENTFIGUUR VAN HUDIG (1939)

Uit het bovenstaande wordt wellicht de indruk gewekt, alsof de kat- en anionen in onze gronden slechts direct of indirect afkomstig zijn van de minerale reserve. Dit moge waar zijn voor de natuurlijke gronden (nog niet beïnvloed door de mens), de jonge zeekleigronden en vele tropische gronden (bij deze laatste bepalen de gemakkelijk verweerbare mineralen de vruchtbaarheid van de bodem). In onze cultuurgronden is niets minder waar. De kat- en anionen in onze grond worden toegevoegd met de bemesting. Het boven beschreven systeem van evenwichten blijft echter bestaan.

Wanneer men zich afvraagt, welke processen kunnen optreden, indien men aan de grond kunstmeststoffen toevoegt, dan zijn deze de volgende:

- Zij lossen op en worden direct door de plant opgenomen;
- Zij lossen op en worden door het adsorptie-complex gebonden;
- Zij lossen op en worden „gefixeerd”;
- Zij lossen op en worden daarna neergeslagen;
- Zij lossen op en worden gebonden door de biologische buffer;
- Zij lossen op en spoelen uit.

a. Het opname-proces door de plantenwortel behoort tot het overgangsgebied tussen de plantenfysiologie en de bodemscheikunde. Het proces kan nl. in twee delen uiteengelegd worden, nl. a. een *adsorptie*

van de ionen aan de wortel; *b.* een *diffusie* door het plasma-membraan in de plantencel. Het eerste proces behoort tot het gebied van de bodemscheikunde en is geheel vergelijkbaar met de onder *b* genoemde processen.

b. De adsorptie van ionen aan de grond werd het eerst ondeckt door THOMSON in 1845. Hij vond dat, wanneer hij de grond mengde met NH_4 -zouten en dan uitwaste met water, een groot deel van het NH_4 werd vastgehouden. Het was echter WAY die deze adsorptie systematisch bestudeerde. Hij vond hierbij, dat, wanneer de grond de kationen van een zout bond, een aequivalente hoeveelheid Ca in oplossing ging. Men heeft hier dus met verwisselings-reacties te doen.

De adsorptie van de ionen is het gevolg van de *electrische lading* van de bodemdeeltjes en van die van de ionen. Daar de bodemdeeltjes onder de heersende omstandigheden steeds negatief geladen zijn, zullen alleen de kationen electrisch aangetrokken worden en daardoor meer of minder sterk gebonden worden. De sterkte van deze binding hangt o.a. af van de waardigheid en concentratie van de kationen en van de aard van het adsorptie-materiaal. Wanneer men deze laatste factor buiten beschouwing laat, dan neemt de adsorptie van de kationen toe in de volgende: $\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Mg} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba} < \text{La}$, welke volgorde ook inderdaad menigmaal gevonden wordt.

Er zijn echter ook vele uitzonderingen bekend, die dan op rekening gebracht moeten worden van de aard van het adsorptie-materiaal. Zo adsorbeert b.v. humus van de tweewaardige ionen Ca^{2+} het sterkst, terwijl het kleinmineraal illiet van alle ionen het K^+ en NH_4^+ , het sterkst adsorbeert. Montmorilloniet adsorbeert Mg^{2+} prevalent, terwijl kaolien het NH_4^+ -ion veel sterker vasthoudt dan het montmorilloniet (SCHACHTSCHABEL).

De reden van het zo juist vermelde, kan enigszins duidelijk gemaakt worden met het volgende. Het was MATTSON, die berekende, dat de oppervlakte van de bodemkolloiden ontoereikend was om de grote adsorptie-capaciteiten van de mineralen te kunnen verklaren, zodat voor de hand lag de stelling te poneren, dat de mineralen inwendige ruimten bezitten, die beschikbaar zijn voor de opname van ionen. Sinds de structuren van de kleimineralen min of meer bekend zijn, is dit duidelijk geworden. Voor het montmorilloniet is dit al heel evident. Ook voor de mineralen van de mica-groep vermelden SCHACHTSCHABEL en JOFFE en LEVINE, dat hier adsorptie-reacties in de roosters kunnen optreden. Ook het kaolien moet een zeker, ofschoon klein, inwendig oppervlak hebben.

Behalve dus de zuivere electrostatische aantrekking van de kationen door de geladen centra op de kleideeltjes, moet nog een ander proces een rol gaan spelen, nl. de diffusie. De grootte van het te adsorberen

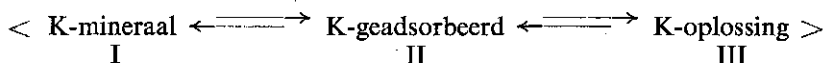
kation en de grootte van de micellaire poriën zullen niet alleen de diffusiesnelheid, maar ook de diffusie-mogelijkheid bepalen. Zo kan het dus voorkomen dat bepaalde ionen niet diffunderen en dus niet geadsorbeerd worden (CERNESCU).

Slechts de quantitative analyse van de adsorptie-reacties kan volledige helderheid verschaffen in deze materie; hiervoor zij verwezen naar een desbetreffende publicatie van schrijver dezes, die zal verschijnen in het Chemisch Weekblad.

c. Behalve dat de bestanddelen van een meststof in de bodem geadsorbeerd worden, kunnen zij ook in een meer stevige vorm aan het complex gebonden worden, waardoor zij niet gemakkelijk opneembaar zijn voor de plant. Men noemt dit verschijnsel *fixatie*. Zij treedt vooral op bij de K- en PO_4 -ionen (o.a. HAUSER, 1941). Bij het onderzoek naar het mechanisme van de K-fixatie bleek, dat zij een functie was van de minerale fractie $< 2 \mu$; van de aard van het klei-mineraal, van de tijd, van de K-ionen-concentratie, van de pH, van de aanwezigheid van humus, hoewel deze laatste zelf geen K⁺ vastlegt en van het K-„oplossend” vermogen van de verschillende planten.

Van de vele hypothesen, die opgesteld zijn om het mechanisme van de K-fixatie te verklaren, zullen we alleen die van DOMINGO (1944) en van VERVELDE (1946) memoreren.

Volgens DOMINGO is voorwaarde voor het optreden van de K-fixatie de aanwezigheid van K-arme glimmers. Deze komen inderdaad voor in onze gronden in de vorm van het illiet, dat kiezelzuur- en waterrijker, doch K-armer is dan muscoviet. Volgens EDELMAN zou hier het K-ion vervangen zijn door het H_3O -ion. Volgens DOMINGO (1944) ontstaan nu de K-arme glimmers op de volgende wijze: Er bestaat een evenwicht tussen de K-ionen in het mineraal en de geadsorbeerde K-ionen aan de ene zijde en tussen de geadsorbeerde K-ionen en die in de oplossing aan de andere zijde; men kan zich dit als volgt voorstellen:



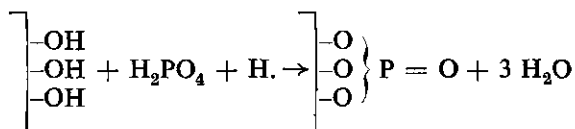
Wanneer nu K-ionen aan de oplossing onttrokken worden is het evenwicht $\text{II} \rightleftharpoons \text{III}$ verstoord, waardoor K-ionen vanuit de toestand II overgaan in toestand III. Doch dan is eveneens het evenwicht $\text{I} \rightleftharpoons \text{II}$ verbroken, waardoor K van het mineraal in de geadsorbeerde toestand overgaat. Deze laatste reactie vergt volgens DOMINGO waarschijnlijk de meeste tijd. Op de duur zal men dus een K-arm mineraal krijgen, dat K-fixerend is geworden. Voegt men nu b.v. KCl toe, dan zullen de omgekeerde processen plaats vinden. De instelling van het evenwicht

$\text{II} \rightleftharpoons \text{I}$ vergt tijd, waardoor verklaard wordt het feit, dat de K-fixatie een functie van de tijd is. Met deze hypothese kunnen veel verschijnselen verklaard worden, echter lang niet alle, o.m. de humus-functie.

Meer algemeen is de hypothese, voorgesteld door VERVELDE. Bij de beschouwing van de adsorptie-reacties is reeds gewezen op het feit, dat de kleimineralen een meer of minder poreuze structuur bezitten, waardoor de adsorptie meer als een volumereactie en niet als een oppervlakte-reactie beschouwd moet worden. Wanneer nu de micellaire ruimten, die voor de adsorptie van ionen beschikbaar zijn, juist zo groot worden als het te adsorberen ion, dan zal dit slechts zeer moeilijk en langzaam diffunderen. Het omgekeerde proces heeft natuurlijk eveneens plaats, dus ook zeer langzaam, waardoor de schijn gewekt wordt dat het K⁺ in een niet verwisselbare vorm wordt vastgelegd. VERVELDE beschouwt dus de fixatie als een gewone verwisselings-adsorptie, doch waarvan de snelheid klein is door de diffusie-belemmering. Deze hypothese kan alle gevonden verschijnselen verklaren. Men zal echter moeten bedenken dat beide vermelde hypothesen nog werkstellingen zijn, die nog verificatie behoeven. Het is echter de mening van de schrijver dat aan de veronderstelling van VERVELDE (1946) de meeste waarde gehecht moet worden.

Concluderende kan men zeggen, dat het vrijwel onmogelijk is afdoende maatregelen te nemen teneinde het verschijnsel van de K-fixatie geheel te niet te doen. Wel kan men cultuurmaatregelen nemen, die het verschijnsel kunnen verzwakken, nl. 1e kali in het voorjaar als overbemesting geven en dan b.v. in twee keren. Men geeft dan de plantenwortel de gelegenheid te concurreren met het adsorptie-complex; 2e toepassing van een locale bemesting, b.v. door rijenzaai, zoals die tegenwoordig veel in Amerika en andere landen wordt toegepast; 3e verbouw van minder K-vragende gewassen; 4e structuurverbetering, waardoor een groot bodemvolume de plantenwortel ter beschikking staat.

Behalve het K-ion kan ook het fosfaat-ion gebonden worden in een vorm, dat het moeilijk beschikbaar is voor de plant. STOUT toonde aan, dat kaolinit, vooral indien het gemalen was, aanzienlijke hoeveelheden fosfaat vastlegde, terwijl bentoniet dit verschijnsel niet vertoonde. Hij verklaarde deze binding door een verwisseling te veronderstellen van OH-ionen, die in het rooster van kaolinit aan de oppervlakte voorkomen, tegen fosfaat-ionen, waarbij water wordt gevormd, ongeveer als volgt:



Deze reactie zou niet kunnen optreden bij het montmorilloniet, daar

hier in het rooster geen OH-groepen, doch slechts' alleen O-atomen aan de oppervlakte komen (HOFMANN, ENDELL en WILM). Deze voorstelling van zaken schijnt echter niet geheel juist te zijn, daar EDELMAN en FAVEJEE (1940) aantoonde, dat het montmorilloniet een geheel andere structuur bezit, waarin wel OH-groepen aan de oppervlakte komen. Bovenvermelde reactie zou dus ook bij bentoniet kunnen optreden, hetgeen inderdaad werd waargenomen door COLEMAN. Eveneens toonden PERKINS en KING aan, dat muscoviet het fosphaat-ion kan adsorberen, wat leidde tot een verruiming van het rooster.

Hoewel bovenstaand reactie-mechanisme zeer verleidelijk toeschijnt, moet schrijver dezes opmerken, dat ten aanzien van deze materie de nodige voorzichtigheid betracht moet worden, daar bij deze fosphaat-fixatie verschillende verschijnselen voorkomen, die niet door het bedoeld mechanisme verklaard kunnen worden.

d. Van de ionen, aanwezig in de kunstmeststoffen, is het wederom het fosphaat-ion, dat grote kans loopt neergeslagen te worden. Dit kan geschieden in zuur milieu (beneden pH 5) als FePO_4 en AlPO_4 en in zwak zuur en alkalisch milieu (boven pH 5) als $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ en $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$. Het probleem is vrij gecompliceerd, daar onze cultuurgronden de kationen Ca, Mg, Fe en Al alle in meer of minder grote hoeveelheden bevatten, terwijl zij toch niet alle de fosphaat-vastlegging vertonen. De beweeglijkheid van het fosphaat wordt dus niet alleen door de genoemde ionen, maar ook door andere bodemcomponenten beïnvloed. Bij het experimentele onderzoek is gebleken, dat de fosphaat-neerslag een functie is van, zoals boven reeds vermeld, de pH en het gehalte aan Ca, Mg, Fe en Al, van de aanwezigheid van oplosbare silicaten en van humuszuren. Het is gebleken, dat de laatste twee factoren de fixatie tegen gaan en het fosphaat mobiliseren. Daarom verklaren KELLEY en MIDGLEY de fosphaat-fixatie als een verwisseling van OH van het in de grond voorkomende kolloïdale $\text{Fe}(\text{OH})_3$ met het fosphaat-ion. Bij toevoeging van silicaat- en humus-ionen kunnen deze eveneens met het OH van het $\text{Fe}(\text{OH})_3$ verwisseld worden, waardoor de vastlegging van fosphaat geringer wordt. Schrijver dezes moet opmerken, dat, hoewel deze hypothese aanlokkelijk lijkt, het niet vaststaat, dat amphotere ijzerhydroxyde in de grond voorkomt.

Wanneer men zich afvraagt, wat men moet doen om de fosphaat-neerslag in de bodem tegen te gaan, dan kan men, afhankelijk van de toestand van de grond, de volgende maatregelen nemen:

1. Bemesting met silicaat-houdende meststoffen, zoals silicakalk, kensica en thomasslakkenmeel.
2. Doelmatige bemesting met organische stof. Uit het onderstaande zal echter blijken, dat hierbij complicaties kunnen optreden.

3. Bemesting met moeilijk oplosbare fosfaten. Deze lossen gedurende de groei-periode geleidelijk op, zodat de plantenwortel de kans wordt geboden het opgeloste fosfaat eerder te bemachtigen dan het Fe of Ca.
4. Ook hier kan een locale bemesting, b.v. door rijenzaai uitkomst brengen.
5. Structuurverbetering, waardoor een groter bodemvolume de plantenwortel ter beschikking staat.

e. Wanneer men een kunstmeststof in de bodem brengt, dan kunnen de bestanddelen daarvan, althans voor een deel, opgenomen worden in de biologische buffer. Zij zal dus afhankelijk zijn van de activiteit van de micro- en macro-flora en fauna, welke laatste weer een functie is van de organische stofvoorziening van de bodem. Het probleem is echter vrij ingewikkeld en nog niet in al zijn geledingen opgehelderd. Om dit probleem te benaderen, diene het volgende.

Het fosfaat-ion komt, behalve in de anorganische vorm, ook organisch gebonden voor in plantaardige en dierlijke resten en producten van biologische synthese. Ook komt het organisch en anorganisch voor in de cellen van de levende organismen. Volgens PEARSON kan het organisch fosfaat $\frac{1}{3}$ tot $\frac{2}{3}$ van de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem bedragen. Het bestaat uit: 1e nucleoproteïnen: verbindingen van eiwitten en nucleïnezuren. Zij vormen volgens WRENSHALL en MCKIBBIN 47-65 % van het organisch fosfaat in de bodem en zouden volgens SCHREINER een goede voedingsbron voor de planten zijn. Het is echter niet mogelijk te bepalen of het fosfaat opgenomen wordt in organische of anorganische vorm, daar de nucleïnezuren zeer snel gemineraliseerd worden door enzymen op de plantenwortel. 2e fosfatiden: verbindingen van glycerol, phosphorzuur en vetzuren. Het gehalte is zeer gering, nl. ongeveer 0,3 %. Zij kunnen direct door de plant opgenomen worden. 3e Phytine, het Ca- Mg-zout van hexaphosphorzure inosiet. Deze verbinding kan eveneens direct door de plantenwortels worden opgenomen.

In het algemeen zullen echter deze organische fosfaten niet als zodanig worden opgenomen. Volgens PEARSON, NORMAN en CHUNG mineraliseren zij onder invloed van de micro-organismen gedurende de groei van de planten. Op deze manier komt het fosfaat geleidelijk ter beschikking van de plant, waardoor het niet gemakkelijk aan het productie-proces onttrokken kan worden door fixatie. Behalve deze wijze van werken kunnen de micro-organismen door de grote CO₂-productie een oplossende werking uitoefenen op de Ca-fosfaten in neutrale en alkalische gronden, waardoor het fosfaat ter beschikking van de plant komt.

De rol van de micro-organismen bij de fosfaat-huishouding in de bodem is daarom volgens PIERRE (1948) driedig: a. zij werken oplossend op de anorganische fosfaten; b. zij mineraliseren het organisch fosfaat en c. zij leggen beschikbaar anorganisch en organisch fosfaat vast. Afhankelijk van de omstandigheden, zal het ene, dan wel het andere

proces overheersen. Zo kon b.v. CHOUGHAK aantonen dat de ontwikkeling van micro-organismen en daardoor de vastlegging van phosphor dusdanig groot kan zijn door de aanwending van grote hoeveelheden energie-rijk organisch materiaal, dat de opbrengst van gierst daalde. Deze opbrengstdaling kon teniet gedaan worden door een extra bemesting met phosphaten. PARADAKIS toonde hetzelfde verschijnsel aan bij tarwe. Wanneer hij chloroform toediende om de microben-ontwikkeling te beperken, werd de opbrengst en ook het gehalte aan beschikbaar phosphaat groter.

Het mineralisatie-proces (onder *b* genoemd) kan ook sterk belemmerd worden, hetgeen o.a. bleek uit proeven van NEUBAUER, die het duidelijk maakte, dat het merendeel van de nucleïnezuren in de grond niet in eenvoudige vorm bestaan, waardoor ze niet gemakkelijk gemineraliseerd worden. Een gedeeltelijke verklaring van dit onwerkzaam worden van de nucleïnezuren werd gegeven door BOWER. Hij toonde aan, dat zij gemakkelijk geadsorbeerd worden door kleimineralen, vooral montmorilloniet, en wel des te meer naarmate de pH daalde. Deze adsorptie leidde tevens tot een sterke daling van de enzymhydrolyse. Gedurende 4 dagen veroorzaakte montmorilloniet een reductie van de hoeveelheid gemineraliseerd nucleïnezuur van 91 % tot 15 % en soms tot 3 %, afhankelijk van het gebruikte nucleïnezuur. In de grond kan dus, omdat de minerale delen ongetwijfeld langer dan 4 dagen in aanraking zullen zijn met nucleïnezuren, de mineralisatie tot nul gereduceerd worden.

Behalve deze mineralisatie-beperking, kunnen ook de organische phosphaten onoplosbaar gemaakt worden door reactie met andere bodemcomponenten. Zo toonden ANDERSON en WRENSHALL en DYER aan, dat phytinezuur, afhankelijk van de zuurgraad, met Fe of Al de overeenkomstige phytaten kunnen vormen. Deze phytaten bleken zelfs minder oplosbaar te zijn dan de Fe- en Al-phosphaten.

Uit bovenstaande moge blijken, dat de phosphaat-kringloop nog vele problemen bevat en tevens, dat een overmatige organische stof-bemesting soms kan leiden tot minder gewenste verschijnselen. Dit laatste ter waarschuwing aan een groep van mensen, die aan een organische stof-bemesting een alles overheersende betekenis geven.

De vastlegging van stikstof in de biologische buffer is een ingewikkeld probleem, omdat niet alleen de toegevoegde NH_4^- of NO_3^- -ionen worden gebruikt voor de micro- en macro-flora en fauna, maar ook omdat atmosferische N_2 wordt gebonden. De processen die hier optreden zijn de volgende:

1. *De omzetting van N_2 door bodemorganismen in stoffen, die dienen voor de voeding van microbe en plant.* Dit proces is bekend onder de naam biologische N-fixatie en het wordt bewerkstelligd: a. door wortelknolletjesbacteriën (Rhizobia), die in symbiose leven met bepaalde leguminosen

en b. door organismen, die in de grond leven, onafhankelijk van de plant (*Clostridium*, *Azotobacter*). Zonder nader in te gaan op de hedendaagse stand van de kennis van het mechanisme van deze processen kan hier medegedeeld worden dat de N_2 -fixatie zich vooral afspeelt aan de oppervlakte van de kleideeltjes (MCCALLA, 1939) en dat de soort van het aan het kleideeltje geadsorbeerde ion van invloed is.

2. *De omzettingen van organische N-verbindingen in NH_4 -ionen.* Deze processen worden bewerkstelligd: a. door een groot aantal micro-organismen, die gedurende hun aerobe of anaerobe ontwikkeling op organische N-verbindingen, NH_4 -ionen vormen als een deel van hun stofwisseling; b. door de werking van hydrolytische of oxyderende enzymen aanwezig in de bodemorganismen.

3. *De omzetting van NH_4 -ionen in NO_2^- en NO_3^- -ionen.* Dit proces is bekend onder de naam nitrificatie en wordt bewerkstelligd door Nitrosomonas, die NH_4 in NO_3 omzet en Nitrobacter die NO_2 in NO_3 omzet. Recente onderzoeken (zie QUASTEL, 1947) geven aan, dat de nitrificatie-snelheid van een bepaalde hoeveelheid $(NH_4)_2SO_4$ een functie is van de mate waarin de NH_4 -ionen in de grond geadsorbeerd zijn. Het schijnt dus dat geadsorbeerde NH_4 -ionen bij voorkeur door de organismen genitrificeerd worden. De toevoeging van een steriele grond aan een nitrificerend systeem resulteerde in een nitrificatie-verhoging, die evenredig was met de zwaarte van de toegevoegde grond.

4. *Reductie van NO_3 tot NO_2 en tenslotte tot NH_4 of N_2 .* Vele micro-organismen reduceren NO_3 tot NO_2 en NH_4 en dit proces is goed bestudeerd. De reductie van NO_3 tot N_2 is veel minder bekend en wordt denitrificatie genoemd.

Uit het bovenstaande moge blijken hoe ingewikkeld de processen zijn, die in de N-cyclus in de natuur optreden en dat zij nog vele ophelderingen vereisen voor en aler een juist inzicht in deze materie verkregen kan worden.

Uitermate weinig onderzoek is verricht naar de mate, waarin de kationen biologisch gefixeerd kunnen worden. Slechts kan hier vermeld worden, dat HURWITZ en BATCHELOR vonden, dat het kalium bij hun experimenten tot een hoeveelheid van 230 kg/ha in de biologische buffer opgeslagen werd.

f. Aan de hand van proeven o.a. met lysimeters is gebleken, dat aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen kunnen verdwijnen met het drainwater. Het valt moeilijk een keuze te doen uit de hoeveelheid gegevens, die hier ter beschikking staan. Enkele willekeurig gekozen resultaten zullen hier naast elkaar gegeven worden, nl. die van HUDIG en WELT, van MASCHHAUPT en van GEERING. (Tab. 9)

Men ziet dat de waarden zeer uiteenlopen, hetgeen o.a. afhangt van

TAB. 9. VERLIEZEN AAN VOEDINGSELEMENTEN IN KG/JAAR/HA

	HUDIG en WELT (1900-1910)	MASCHHAUPT (1918-1933)	GEERLING (1922-1928)
NO ₃	21,7	60,3	102,9
SO ₄	—	708,6	—
Cl	—	66,1	—
K	9,8	65,0	86,4
Na	—	85,1	—
Ca	250,0	587,4	413,0
Mg	—	39,7	99,2

de gebruikte grondsoort. Het drainage proefveld van HUDIG en WELT lag op een oude zavelgrond van vrij goede kwaliteit. MASCHHAUPT gebruikte een jonge zeeklei, terwijl GEERING voor zijn experimenten een zwak mergelig, zandig leem met alkalische tot zwak alkalische reactie gebruikte. Een andere reden voor de sterk wisselende waarden kan zijn de bouw van de lysimeter. De potten, die gebruikt worden, moeten nl. behoorlijke afmetingen hebben om het randeffect relatief zo klein mogelijk te maken. Toch blijft deze steeds bestaan, zodat aan de proefinrichting, die HUDIG en WELT gebruikten, misschien de voorkeur moet worden gegeven. Hiertegen kan men echter weer het bezwaar inbrengen, dat niet al het zakwater in de drains terecht komt, waardoor de gevonden waarden te klein zijn.

De verliezen, die aanzienlijk kunnen zijn, zijn, behalve van de begroeiing, bemesting en bewerking, afhankelijk van alle processen, die in het bovenstaande zijn behandeld. Het zal dus duidelijk zijn, dat het uiterst moeilijk is om b.v. een correlatie te vinden tussen de verliezen door uitspoelen en bewerking. Daar niettemin dit probleem van uitermate groot belang is, verdient het aanbeveling deze materie eens systematisch te bestuderen door zoveel mogelijk factoren, die het uitspoelingsproces beïnvloeden, constant te houden en een enkele te laten variëren.

LITERATUUR

- DOMINGO, W. R., Over de vastlegging (fixatie) van kali in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.*, **56**, p. 150-164 (1944).
- HUDIG, J., Klinisch grondonderzoek in de tropen. *Landbouwk. Tijdschr.*, **51**, p. 372-389 (1939).
- MCCALLA, T. M., The adsorbed ions colloidal clay as a factor in nitrogen fixation by *Azotobacter*. *Soil Sci.*, **48**, p. 281-287 (1939).
- PIERRE, W. H., The phosphorus cycle and soil fertility. *J. Amer. Soc. Agron.*, **40**, p. 1-12 (1948).
- QUASTEL, J. H., The metabolism of nitrogen in soil. *Endeavour*, **6**, p. 129-135 (1947).
- SCHUYLENBORGH, J. VAN, Kationen- en anionen-evenwichten in de bodem. *Chem. Weekbl.* (in bewerking).
- VERVELDE, G. J., Ionen-adsorptie in de bodem als Donnan-evenwicht. Voordr. Sectie Nederl. Intern. Bodemk. Ver. (ingezonden) (1946).

VIII. INDELING EN KARTERING VAN DE ZEEKLEIGRONDEN IN ZUID-WEST NEDERLAND

1. INLEIDING

Van het zuidwestelijk zeeleigebied zijn in de laatste jaren studies gemaakt op Zuid-Beveland, Walcheren en op Tholen en Schouwen. Van Zuid-Beveland is van enkele hoeken een bodemkaart gemaakt ten behoeve van de Tuinbouwvoorlichting, terwijl de eilanden Walcheren, Tholen en Schouwen in opdracht van de Rijksdienst voor Landbouwherstel, in verband met het herstel van deze gronden na de inundatie van de jaren 1944 en 1945, door de Stichting voor Bodemkartering geheel in kaart zijn gebracht. Over de resultaten van deze onderzoekingen zal hier het één en ander verteld worden.

De jonge zeelei wordt geologisch tot éénzelfde formatie gerekend. Er zijn landbouwkundig echter zeer grote kwaliteitsverschillen in deze afzetting, die meer van bodemkundige, dan van zuiver geologische aard zijn en nauw samenhangen met de wordingsgeschiedenis van het betreffende zeeleigebied. We zullen daarom eerst het ontstaan van deze gronden nagaan en pas daarna de bodemgesteldheid en de landbouwkundige eigenschappen van de bodemtypen behandelen. Door de bovengenoemde bodemkundige studies, voorafgegaan door het historisch-morfologisch onderzoek van Mej. Dr A. W. VLAM, is het inzicht in de wordingsgeschiedenis van deze streek aanmerkelijk verhelderd.

Het algemeen thema van deze wordingsgeschiedenis is voor geheel westelijk Nederland wel ongeveer gelijk. Na een periode van zandige wad-afzettingen, afgesloten door de formatie van de „Oude blauwe zeelei”, ontstond het grote Holland-Zeeuwse veen achter het „Oude Duinlandschap”, sedert omstreeks 3000 j. v. Chr. Tegen het einde van de negatieve jaartelling werd dit veen langzamerhand aangetast en werd de jonge zeelei op of in de plaats van het veen afgezet. De varianten op dit thema zijn echter bepalend voor de landbouwkundige hoedanigheid van de grond. De Zeeuwse variant zal in het volgende speciaal de aandacht vragen.

2. DE WORDINGSGESCHIEDENIS VAN HET Z.W. ZEEKLEIGEBIED

Omstreeks het begin van onze jaartelling werd het veenlandschap, dat zich van de Zeeuwse kust tot het Brabantse diluvium uitstreckte en slechts doorsneden werd door enkele zoete afwateringsstroompjes en -stromen, waarvan de grootste wel is geweest de oude loop van de Schelde, door zee-inbraken aangetast. Er ontstonden getij-geulen in het veen. In de geulen werd het veen geheel of gedeeltelijk weggeschuurd en vervangen

door zandig materiaal; langs de oevers kwam een pakket lichte, zavelige klei op het veen te liggen, terwijl verder van de krekten verwijderd het veen bedekt werd met een laag zware, kalkloze klei. Dit krektenstelsel verbreidde zich steeds verder landinwaarts en vertakte zich tot kleine, smalle kreekjes.

Door de betere ontwatering begon het veen in te klinken. De grond in de oude geulen, die geen of weinig veen bevatten en opgevuld waren met zandig materiaal, klonk nagenoeg niet in, waardoor de oorspronkelijke geulen tenslotte als kreekruigten boven de omgeving uit kwamen te liggen. De door deze kreekruigten omsloten kommen kwamen zo laag te liggen, dat ze practisch onbewoonbaar werden en de naam kregen van poel. Omstreeks 800 j. n. Chr. ontstond op de hoge gronden langs de krekten een bewoning. Er kwam een verkaveling, die geheel gericht was op het verloop van de krekten. Na de verlanding van deze krekten werden in de laatste stroombeddingen wegen aangelegd. De vele kromme wegen en de onregelmatige verkaveling in de oudste delen van Zeeland, in het *Oudeland*, stammen, evenals de dorpen, uit die tijd. Er bestaat geen continuïteit tussen deze Frankische bewoning en die uit de Romeinse tijd uit de eerste twee eeuwen na Chr. Van deze laatste werden, vooral op Walcheren, scherven gevonden op het veen en op een vroeg zeekleidek.

Na deze eerste krektenstelsels hebben later nieuwere inbraken het land geteisterd. Deze nieuwe krekten ondervonden gedeeltelijk ook nog de invloed van de omkering van het relief en liggen, evenals de oudere krekten, als rugen in het landschap.

Tenslotte slaagde men er omstreeks 100 j. n. Chr. in, de brokstukken van het Oudeland door dijken tegen de zee te beschermen. Toch ging ook toen nog wel eens land verloren, dat soms echter vrij spoedig nadien herdijkt kon worden. Dergelijke polders bevatten zowel oudere als nieuwere afzettingen en vertonen ook het beeld van de omkering van het relief. Dit vóór of na de eerste bedijking vernieuwde Oudeland noemen we *Middelland*.

Sedert de 13e eeuw zijn tegen de bestaande oude bedijkingen geheel nieuwe polders aangedijkt, de Nieuweland-polders of *het Nieuweland* genaamd.

Door de inklinking van het veen en de stijging van de zeewaterspiegel is het veen geheel verzilt. Veel van dit zoute veen is in de Middeleeuwen uitgegraven en verbrand voor het winnen van keukenzout. Op Schouwen is ten gevolge hiervan een vrij groot stuk „Oude zeeklei” aan de oppervlakte komen te liggen. Door deze „moertering” zijn de poelen in het Oudeland nog lager komen te liggen, hetgeen in Zeeland tevens betekent, „zilte”.

Bij dijkdoorbraken zijn van tijd tot tijd pakketten zandig materiaal

op de oorspronkelijke formatie afgezet, de zgn. overslaggrond, hetgeen dus een vernieuwing van de grond na de bedijking is.

3. BODEMSERIES EN BODEMTYPEN MET HUN VERSPREIDING EN HUN LANDBOUWKUNDIGE WAARDE

A. *Het Oudeland*

Het Oudeland is over het algemeen gekenmerkt door een grillige verkaveling, kromme wegen, concentratie van de bewoning in de dorpen en langs de wegen kleine bedrijven, en een kalkloze bovengrond met lage pH's. Binnen dit landschap onderscheiden we de bodemseries kreekgronden, overgangsgonden en poelgronden.

De kreekgronden bestaan uit zavelige, fijnzandige profielen met een bovengrond van $\pm 15-25\%$ afslibbaar, die naar beneden toe zandiger worden. In deze serie treffen we veel slempige bovengronden aan. Op deze gronden is de bewoning en de akkerbouw geconcentreerd. Behalve de zeer droge typen met grofzandige ondergrond en die met zware kleibanken in de ondergrond, zijn deze gronden zeer geschikt voor fruitteelt en de teelt van fijne akkerbouwgewassen, zoals uien, consumptie-wortelen, e.d.

De overgangsgonden bestaan uit lichte kleiprofielen, die naar beneden meestal wat zwaarder worden. Deze gronden waren vroeger veelal te vochtig voor bouwland. Thans worden ze vrijwel allemaal als zodanig gebruikt. Ze lenen zich het beste voor wat zwaardere akkerbouwgewassen, b.v. voor bieten.

De bodemtypen van de poelgronden bestaan alle uit kalkloze, zure, stugge, ijzerrijke, vrij sterk gereduceerde klei van slechte structuur, die in een meer of minder dik pakket op een ondergrond van zout veen ligt. Deze klei is niet erg zwaar, hoogstens 50 à 60 % afslibbaar, met een bijna altijd iets lichtere bovengrond. De landbouwkundige eigenschappen komen echter overeen met die van zeer zware kleigrond. Voor bouwland zijn deze gronden dan ook weinig geschikt. Ze worden meestal gebruikt als weiland. Door hun afgelegen ligging, de slechte ontsluiting en de vaak zoute ondergrond, is het grasbestand slecht. Vele poelgronden zijn voor de „moernering” vergraven. Deze vergraven typen zijn door hun lagere ligging zouter dan de niet-vergraven profielen, doch hebben het voordeel dat ze minder compact zijn.

De slechtste bodemtypen zijn wel de roodoorn- en kattenkleigronden, typische brakwaterafzettingen.

De poelgronden vormen landbouwkundig een probleem. Ze liggen te diep in het brakke water, doch een diepe ontwatering kunnen deze stugge kleiprofielen met veen in de ondergrond echter niet verdragen. Bovendien lopen bij een diepere ontwatering van het gehele gebied

de stroomruggen kans te verdrogen. Mede door de slechte ontsluiting laat de behandeling echter veel te wensen over.

De gronden met zeer zware lagen wijken zowel landschappelijk als bodemkundig enigszins af van het normale beeld van het Oudeland, zoals dit in het bovenstaande beschreven werd. Dit terrein ligt veel vlakker; uitgesproken kreekruggen en lage poelen komen hier niet voor. De wegen zijn daardoor vaak rechter, de verkaveling minder grillig en de bewoning meer verspreid. In hun profielopbouw lijken deze gronden enigszins op de kreekruggronden. De bovengrond bestaat uit lichte, meestal kalkloze zavel; de ondergrond uit kalkrijk, fijnzandig, slibhoudend materiaal. De meer of minder dikke en zware lagen, die op enkele decimeters beneden het maaiveld doorgaans beginnen, bestaan uit zware, kalkloze klei van slechte structuur.

De landbouwkundige eigenschappen van deze gronden naderen die van de poelgronden. Ze worden zowel voor bouwland als voor weiland gebruikt. Als bouwland zijn ze laat, moeilijk bewerkbaar en zeer slempig.

B. Het Middelland

Dit landschap heeft een rechte verkaveling en bevat zowel kalkloze oudelandgrond, als kalkhoudende nieuwendagrond. Landbouwkundig staat het Middelland tussen het Oudeland en het Nieuwendag. Evenals in het Oudeland kunnen we onderscheiden de series kreekgronden, overganggronden en poelgronden. Ze zijn echter alle drie een klasse beter van kwaliteit dan die van het oude landschap. De granulaire samenstelling is meestal gelijk aan die van de overeenkomende series in het Oudeland. Ze zijn hier echter kalkarm tot kalkhoudend en hebben een betere structuur. In enkele gevallen is een kreekbedding opgevuld met goede kalkhoudende zavel of klei. In het algemeen gaat evenals in het Oudeland ook in het Middelland nog wel de stelling op, dat de grond minder van kwaliteit is naarmate hij zwaarder wordt. De poelgrond kan hier echter reeds als matig bouwland gebruikt worden. Voor uien, vlas, e.d. is deze echter ongeschikt. De gemoerde percelen zijn evenwel veel slechter dan de niet-gemoerde en liggen meestal nog in weiland.

C. Het Nieuwendag

Dit landschap is gekenmerkt door een moderne verkaveling, grote bedrijven verspreid over de polders en bevat uitsluitend kalkrijke profielen. De kwaliteitsverschillen op korte afstand zijn in tegenstelling met de voorgaande landschappen, vrij gering.

We onderscheiden de series schorgronden, plaatgronden, hoge kreekgronden en overslaggronden.

De *schorgronden* komen het meeste voor en zijn het resultaat van een

langzame, steeds kleiiger wordende op- of aanslibbing. De profielen hebben hierdoor alle een vrij dik kleihoudend dek op een zandige ondergrond. De verschillende bodemtypen verschillen in hoofdzaak in de zwaarte van de bovengrond.

Alle gronden van deze serie hebben een zeer goede kwaliteit. De zwaardere gronden hebben een grotere natuurlijke vruchtbaarheid en hebben daarom vanouds een betere naam. De lichtere typen hebben echter betere fysische eigenschappen en verdienen daarom voor lichtere landbouwgewassen als uien, consumptiewortelen, fijne zaden, voor de groenteteelt en voor de kleinere bedrijven met geringe trekkracht de voorkeur, ondanks de vereiste zwaardere bemesting.

Een minder gunstig type van de schorgronden is de „zuurbomige” grond, een sterk ijzerhoudende, stugge, doch kalkrijke „verdrinken” kleigrond, die slecht te bewerken is.

De *plaatgronden* zijn gekenmerkt door een dun kleidek van maximaal 50 cm direct op grof zeezand. Door deze profielopbouw is een juiste waterhuishouding van doorslaggevend belang voor de kwaliteit van deze gronden. Is het waterpeil vooral zomers voldoende hoog, dan zijn deze gronden voor alle gewassen uitstekend. Dikwijls hapert het hier echter aan en dan krijgen we „schrle” gronden, die in het ergste geval alleen nog voor bos geschikt zijn.

De *hoge kreekgronden* zijn ontstaan als gevolg van een veroudering van het schor. Grote kreken braken in een bestaand schor in en wierpen hoge, zandige oeverwallen op. Ze lijken daardoor veel op overslaggronden. Ze behoren tot de slechtste gronden van het Nieuweland, doordat ze te droog zijn. Vóór de kunstmestperiode lag hier veel bos. Tegenwoordig worden de hoogste, zandigste bodemtypen van deze series gebruikt voor weiland of wel men teelt er rogge. Op de wat zwaardere, vochtiger typen worden ook andere landbouw- en tuinbouwgewassen geteeld, doch de opbrengsten hiervan blijven altijd achter bij die op de schorgronden verkregen.

4. DE KARTERING

De bodemkartering op Zuid-Beveland is reeds in 1944 door Ir G. DE BAKKER, toentertijd Rijkstuinbouwconsulent te Goes, op gang gebracht. De zich steeds uitbreidende fruitteelt maakte het nodig een oordeel te vormen over de geschiktheid van de grond voor deze teelt. Ir DE BAKKER heeft hierover veel materiaal samengebracht, dat eerstdaags zal worden gepubliceerd. Er werden bodemkaarten gemaakt van het gebied Kapelle-Biezelinge, de Yerseke moer, de polder Kruiningen, de polder Hoedekenskerke, de Reigersbergsche polder en van vele verspreide fruitbedrijven. Het profielonderzoek vormt thans een belangrijk

hulpmiddel bij de Voorlichting ten behoeve van de Tuinbouw in Zeeland.

Direct na de drooglegging van Walcheren is begonnen met het opnemen van de bodemkaart van dit eiland. De kaarten zijn thans gereed en doen dienst bij het ontwerpen en uitvoeren van het grote ruilverkavelings- en ontwateringsplan van Walcheren. Ook werden deze kaarten reeds gebruikt bij de taxatie van de gronden in verband met de ruilverkaveling, bij het samenstellen van een tuinbouwbestemmingsplan en bij de dosering van de gips op deze zoute gronden.

Evenals de kartering van Walcheren werd die van Tholen en Schouwen-Duiveland begin 1948 beëindigd. De kaarten van Schouwen werden reeds gebruikt voor het vaststellen van de gewenste ontwateringsdiepte bij het nieuwe ontwateringsplan van de polder Schouwen.

IX. EEN INDELING VAN DE KLEIGRONDEN IN WESTELIJK NEDERLAND

1. Wij zullen die gebieden van westelijk Nederland behandelen, welke bodemkundig verkend zijn, d.w.z. de provincie Zuidholland ten noorden van de Nieuwe Waterweg en Hollandse IJssel. Daar de verschillende kleigronden op hun eigen karakteristieke wijze tussen andere grondsoorten gesedimenteerd zijn, zullen wij het gehele gebied in beschouwing moeten nemen.

2. LANDSCHAPPEN, WAARUIT HET GEBIED OPGEBOUWD IS

In dit ± 100.000 ha grote gebied onderscheiden we 7 landschappen,¹⁾ welke als uitgangspunt voor onze classificatie zullen dienen.

Het zijn (zie figuur 16):

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> I. Duinlandschap; II. Maas-estuarium-landschap (Middeleeuws en jonger); III. Gorzenlandschap = Westlanddek (Na-Romeins); IV. Inversielandschap van vloedkreken (prae-Romeins); V. Oeverwallen- en inversielandschap van Oude Rijn en andere stromen; VI. Veenlandschap; | } | Bovenland
($\pm$ N.A.P.) |
| <ul style="list-style-type: none"> VII. Oude zeekeilandschap | } | Droogmakerij
($\pm 0,5$ m -N.A.P.) |

3. BODEMSERIES, WAARUIT VERSCHILLENDE LANDSCHAPPEN ZIJN OPGEBOUWD (FIG. 16)

Ieder landschap bestaat uit een groep van bodemseries, welke met elkaar en onverbrekkelijk van elkaar, het landschap (Amerikaans: soil-family) vormen. Slechts de meest karakteristieke bodemseries zullen van ieder van de landschappen genoemd worden.

I. *Duinlandschap*

- a. Humusarme duinzandgronden.
- b. Duinzandbosgronden.
- c. Afgegeeste gronden.
- d. Zandige veengronden.

¹⁾ In ons bodemkundig classificatie-systeem moeten deze eenheden, behalve de duin- en oude zeekeilandschappen, eigenlijk als sub-landschappen beschouwd worden.

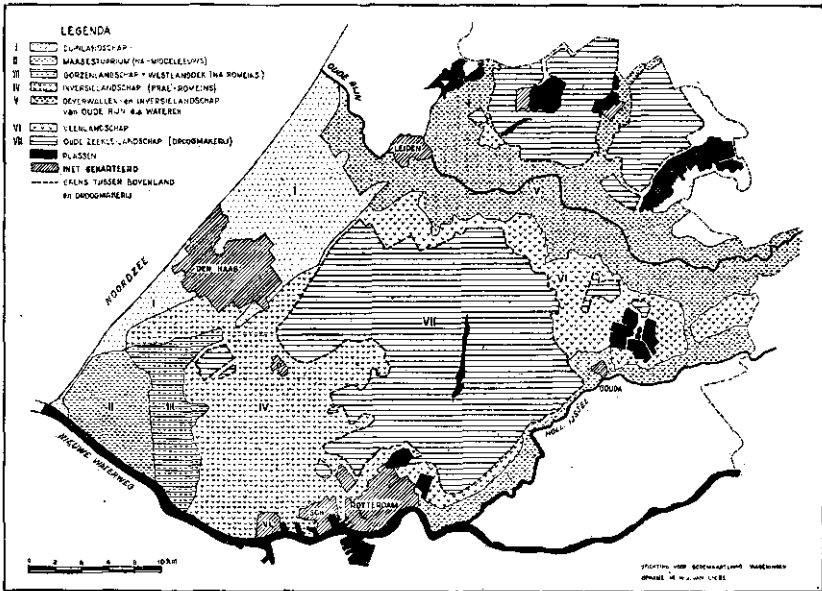


FIG 16. DE VOORNAAMSTE BODEMKUNDIGE LANDSCHAPPEN VAN ZUID-HOLLAND BE-
NOORDEN DE GROTE RIVIEREN

II. Maas-estuariumlanschap

- a. Zandgronden, meestal afgegraven en humusrijke tuingronden.
- b. Geestgronden.
- c. Zware kleigronden, rustend op grofzand.

III. Gorzenlandschap = Westlanddek

- a. Gorsgronden.
- b. Broekgronden.
- c. Opgevaaren gronden.

IV. Inversielandschap van vloedkreken

- a. Woudgronden
- b. Broekgronden.
- c. Knikgronden op veen (irreversibel indrogende gronden).

V. Oeverwallen- en inversielandschap van Oude Rijn en andere stromen

- a. Klei- en zavelgronden (meestal afgebakken).
- b. Knikgronden op veen (irreversibel indrogende gronden).
- c. Veenkleien.

VI. *Veenlandschap*

- a. Veraarde, meestal zandige veengronden.
- b. Niet veraarde veengronden.

VII. *Oude zeekleilandschap*

- a. Zavelgronden.
- b. Kalkarme, zware kleigronden.
- c. Modderkleien (katteklei, irreversibel indrogende gronden).
- d. Veengronden der droogmakerijen.

Een korte beschrijving van de belangrijkste kenmerken van deze bodemseries vindt men onder 5. Een uitvoerige beschrijving van de Westlandse gronden geeft „De bodemgesteldheid van het Westland” (1948).

4. HET ONTSTAAN DER LANDSCHAPPEN

Voor een korte schets van het ontstaan van de bodem moeten wij teruggaan tot de periode, waarin onze oudste duinen gevormd werden. Meestal wordt aangenomen, dat dit omstreeks 5000 j. v. Chr. is. Tijdens de vorming van de oude duinen had de zee slechts weinig toegang tot het achterland en werden achter deze beschermende wal, in brak milieu, dikke pakketten *modderklei* gevormd. In deze modderklei zijn op verscheidene plaatsen periodiek geulen en gaten geërodeerd, welke opgevuld werden met *mariene klei*. Tezamen worden deze afzettingen de *oude blauwe zee-klei* genoemd, welke op een niveau van 4 à 5 m -N.A.P. ligt.

Nadat er tenslotte enige reeksen van duinen gevormd waren, werd de beveiliging tegen de zee zo sterk, dat enige duizenden jaren veengroei ongestoord kon plaats vinden: het grote Hollandse veen werd gevormd.

Langs de Oude Rijn en andere stromen en stroompjes werd op het veen en in geulen in het veen, zand en klei afgezet.

In het zuidwesten, in het Westland, is de jongere geschiedenis ingewikkelder. Enige honderden jaren voor onze jaartelling bezweken de duinen ten zuiden van Monster en Rijswijk en daardoor werden talloze grotere en kleinere kreken in het veen geërodeerd. Deze kreken werden weer opgevuld met *zandige klei*, terwijl op het veen een laag, meestal *zware, klei* werd afgezet. Wij zullen deze kleiafzettingen tot de jonge zeeklei rekenen, hoewel zij gedeeltelijk onder invloed van het Maaswater in brak milieu zijn afgezet. Omstreeks het begin van onze jaartelling was dit proces geëindigd en was het gebied wederom enige honderden jaren goed bewoonbaar.

In de 3e eeuw na Chr. volgde hernieuwde overstroming, waarbij ten westen van de lijn Wateringen-Maassluis een pakket klei werd afgezet

(het zgn. Westlanddek), terwijl ten oosten hiervan uitgestrekte bossen groeiden. Deze jongere klei-afzettingen waren eveneens grotendeels brak en de sedimentatie had plaats op een hoofdzakelijk met riet begroeid gors.

Na bedijking van het gebied ten noord-oosten van de lijn Monster-Naaldwijk-Maassluis-Vlaardingen (welke waarschijnlijk in de 11e eeuw plaats vond), is het Maas-estuarium langzamerhand verzand en opgeslikt en in enige honderden jaren tijds geleidelijk ingepolderd.

Hoofdzakelijk door wegbaggeren van enorme hoeveelheden veen en droogmalen van de hierdoor gevormde plassen, ligt binnen het gebied 30 à 40.000 ha oude zeeklei aan de oppervlakte.

5. KARAKTERISTIEKE KENMERKEN DER VERSCHILLENDE LANDSCHAPPEN

Voor het beschrijven van karakteristieke kenmerken van een landschap neemt men vaak zijn toevlucht tot lyrische, soms kunstzinnige ontboezemingen. Wij moeten ons echter bepalen tot een prozaïsche en beknopte beschouwing van het bodemkundig begrip: landschap.

I. *Duinlandschap*

Hiertoe behoren het jonge en het oude duinlandschap. Het jonge duinlandschap bestaat uit humusarme, weinig begroeide zandgronden. Het oude duinlandschap bestaat uit lage, betrekkelijk smalle zandstroken, afgewisseld door brede stroken zandig veen, dat op de oude strandvlakten tussen de strandwallen is ontstaan. De veen-strandvlakten zijn bij goede ontwatering goede graslandgronden. De oude strandwallen zijn vanouds begroeid geweest met bos (bosgronden!), soms ook met heide. Op deze wallen liggen nog vele buitenplaatsen (Wassenaar). Een groot deel der binnenduinen en een klein deel der jonge duinen is afgegraven tot ± 60 cm boven het grondwater (afgegeeste gronden). Daar het grondwaterpeil in Delfland gedurende het gehele jaar zeer constant is, ontstonden hierdoor uitmuntende tuingronden (groenten- en bollenteelt). Dit is b.v. het geval in Katwijk a./d. Rijn, Leidschendam, Loosduinen en Monster.

II. *Maas-estuariumlandschap*

Dit bestaat uit zandbakken met plaatselijk wat duinvorming en uit zware kleigronden, welke tussen de zandbanken afgezet zijn. Op de overgang tussen klei- en zandgronden vindt men slibhoudende zandgronden (geestgronden). De geestgronden en de zandgronden, voor zover zij afgegraven zijn tot nabij het grondwater, zijn in gebruik als tuingronden (het glasdistrict). De kleigronden zijn zwaar, laaggelegen en slecht ontwaterd. Zij zijn als grasland in gebruik. De bewoning bevindt zich op de zandbanken.

III. *Gorzenlandschap (= Westlanddek)*

Dit is een vlak landschap, dat oorspronkelijk geheel als grasland in gebruik geweest is. De oude woonkernen zijn in de vroege Middeleeuwen aangelegd op de oudste plaatselijke dijken. (Poeldijk, Honselersdijk, de Lier). Het zijn hoofdzakelijk fijnzandige kleigronden.

Twee belangrijke bodemseries zijn onderscheiden, nl. gorsgronden en broekgronden. Gorsgronden hebben tot grote diepte een losse, rulle structuur. Broekgronden zijn compact, gereduceerd en grijs in de ondergrond. Tot een derde zeer belangrijke bodemserie behoren de kunstmatige gronden, welke ontstaan zijn, doordat eeuwenlang zand, afkomstig van de duinen, opgevaaren is op de kleigronden (*opgevaaren gronden*). De oppervlakte hiervan bedraagt honderden ha. Het zijn uitstekende tuingronden.

IV. *Inversielandschap van vloedkreken*

Dit is evenals het gorzenlandschap in de vroege Middeleeuwen tot een graslandgebied ontgonnen. Sedert de 16e eeuw zijn de veengronden in dit gebied ten gevolge van de bemaling 1 à 2 m ingeklonken, waardoor de opgevulde krekens als ruggen in het terrein liggen. Op de ruggen vindt men zwarte, rulle kleigronden, *woudgronden*, doch ook broekgronden evenals in het gorzenlandschap. In de kommen is de kleilaag op veen meestal een kniklaag, doch de bovengrond is vaak humeus, soms weinig. Bij sterke ontwatering zijn deze terreinen zeer vatbaar voor „irreversibel” indrogen. De bredere ruggen zijn als bouw- en tuingronden geschikt. De bewoning bevindt zich op de ruggen (dorpen en boerderijen), de wegen daarentegen liggen meestal *naast* de ruggen.

V. *Oeverwallen- en inversielandschap van de Oude Rijn en andere stromen*

Dit is een bredere of smallere strook kleigronden en veenkleien langs de Oude Rijn, Hollandse IJssel, de Aar, enz. De klei is uit zoet rivierwater afgezet, waardoor soms de profielopbouw afwijkt van die in het inversielandschap van vloedkreken. Ook de zwarte bovengrond ontbreekt. Langs de Oude Rijn zijn vele gronden afgebakken door de steenbakkerijen. Ook in dit landschap vindt men op de overgang tussen klei en veen een sterke neiging tot „irreversibel” indrogen bij te sterke ontwatering. Het zijn hoofdzakelijk graslanden.

VI. *Veenlandschap*

Dit is een zeer vlak, boomloos graslandgebied. Grote oppervlakten zijn echter zeer goed voor de tuinbouw geschikt (Boskoop, 's-Gravenweg bij Rotterdam). „Irreversibel” indrogen vindt men in dit landschap niet, hoewel sommige veengronden 60 cm boven het grondwater liggen.

Door de droogmakerijen is het veenlandschap sterk verkleind en versnipperd.

VII. *Oude zeekleilandschap*

Hier liggen bouwlanden en graslanden. De bouwlanden liggen op de mariene zavel- en kleigronden; de graslanden op modderklei- en veengronden. De veengronden in de droogmakerijen zijn meestal zeer gevoelig voor „irreversibel” indrogen. Een deel der modderklei is als „katteklei” ontwikkeld. Niet onvermeld mag blijven de *meermolm*, welke de bodemgesteldheid vaak sterk beïnvloedt (b.v. Zuid-westhoek van de Zuidplaspolder, waar tuinbouw op meermolm is gevestigd). Het grootste deel der bouwlanden in de droogmakerijen is zeer goed; het grootste deel der graslanden daarentegen zeer slecht.

6. DE BODEMTYPEN

Bodemtypen zijn de kleinste eenheden in onze bodemkundige klassificatie. Het voert te ver alle bodemtypen te bespreken, welke bij detailkarteringen in dit gebied gemaakt moesten worden. Wij zullen ons beperken tot de grondslagen, welke dienden voor het vaststellen der bodemtypen.

De wijze, waarop de bodemseries in bodemtypen worden ingedeeld, hangt af van het *doel, waarvoor men karteert*. Op 't eerste gezicht kan dit vreemd lijken; het volgende voorbeeld, ontleend aan de tuinbouw, moge dit verduidelijken. Voor diepwortelende, meerjarige gewassen als druiven en perziken is de ondergrond van groter belang dan voor gewassen met een korte groeiperiode, b.v. groenten. Karteert men in verband met de groenteteelt, dan zal men nauwkeuriger de verschillen van de bovenste 50 cm op de kaart aangeven, karteert men daarentegen in het bijzonder voor de druiventeelt, dan zal men nauwkeuriger op de diepere lagen letten. Het is nl. onmogelijk *alle* verschillen, welke in het veld zichtbaar zijn, op de detailkaart aan te geven. Ten aanzien van de landbouw en de bosbouw gelden analoge overwegingen. Voor grasland lette men op andere eigenschappen in het profiel, dan voor bouwland. De indeling in bodemtypen hangt dus samen met de *eisen, welke de gewassen aan de bodem stellen*. Dit neemt niet weg, dat er in de gedetailleerde indeling in bodemtypen één algemene groep van kenmerken het gevolg is van de waterhuishouding in het bodemprofiel, zowel in kleigronden als in zandgronden.

In het duinlandschap werd vooral gelet op de gley in het bodemprofiel (heischenen), de humustoestand van de bovenste lagen (zwarte tuingronden, bosgronden en humusarme gronden) en het voorkomen van veenlagen. In het estuariumlandschap golden voor de zand- en geest-

gronden dezelfde overwegingen; hier komen echter veelvuldig klei- en schelpenbanken in het profiel voor. Bij de zware kleigronden werd vooral gelet op de dikte van de rulle, doorluchte bovengrond en de diepte, waarop het grove duin- en zeezand in de ondergrond voorkomt.

In het Westlanddek gaat het bij de opgevairen gronden om de dikte van de opgevairen laag en de structuur van de oorspronkelijke ondergrond. Bij de broekgronden gaat het om de dikte van de losse, geaëreerde laag, of wat men ook kan zeggen, de diepte, waarop de compacte, gereduceerde ondergrond voorkomt. Hetzelfde kan gezegd worden in het inversielandschap, waarbij dan nog de diepte, waarop het veen voorkomt en de dikte van de kniklaag, welke op het veen ligt, van belang is. De dikte van de zode boven de compacte ondergrond is hierbij op onze kaarten niet aangegeven, daar wij hoofdzakelijk het onderzoek in verband met de tuinbouw verrichtten. Bij de woudgronden is de dikte van de humeuze, rulle bovengrond van belang. Bij de komgronden werd vanzelfsprekend gelet op het „irreversibel” indrogen. Voor het rivierlandschap geldt hetzelfde als voor het inversielandschap van vloedkreeken; hier komt echter op enkele plaatsen in de oeverwallen grofzand in de ondergrond voor.

De veengronden worden beoordeeld op de dikte van de veraarde laag en het voorkomen van zand in de bovengrond en eventuele bijmenging met klei afkomstig van rivier- of zeewater. Bij de mariene oude zeeklei is de diepte, waarop de kalk voorkomt een belangrijke factor, het voorkomen van compacte en roodbruine gleylagen, de zwaarte van de bovengrond en het voorkomen en de dikte van het meermolmdek.

Bij de modderklei wordt vooral gelet op het voorkomen van de gele „kattkleivlekken” die meestal samengaan met de aanwezigheid van vrij zwavelzuur in het bodemprofiel. Bij de veengronden in de droogmakerijen werd gelet op de *aard van het veen*, dat hier in tegenstelling tot het bovenland, zeer belangrijk is.

7. DE LANDBOUWKUNDIGE BETEKENIS DER BODEMTYPEN

Bij de beschouwing der landschappen springt reeds het verschillende grondgebruik in het oog. In grote lijnen is het landschap dus bepalend voor de vorm van het uitgeoefende landbouwbedrijf, b.v. bouwland op de zavelgronden van de Oude Zeeklei; grasland op de modderklei; grasland en tuinderij (groenten- en boomteelt) op de veengronden; het Westlands glasdistrict op afgegeeste zandgronden, geestgronden, opgevairen gronden en gorsgronden, enz. Toch treft men vaak een verkeerd, d.w.z. uit algemeen oogpunt oneconomisch, bodemgebruik aan, zowel in de landbouw als in de tuinbouw. Om dit exact te kunnen bewijzen, dient men in een bepaald gebied uit te gaan van de kleinste eenheden, de

bodemtypen, en na te gaan, welke producties hierop verkregen kunnen worden. Voor de tuinbouw hebben wij hierover enige onderzoekingen gedaan. Wij hebben steeds de beste bedrijven op de verschillende bodemtypen vergeleken. Bij de kleigronden van het Westlanddek bleken hierbij voor druiven opbrengstverschillen voor te komen van $2\frac{1}{2} : 1$, resp. op goede gorsgronden en slechte broekgronden. Voor komkommers was deze verhouding $2 : 1$, voor tomaten $1\frac{1}{2} : 1$. Voor de landbouw zijn dergelijke onderzoekingen, op enigszins andere wijze ingericht, eveneens denkbaar. De cijfers zouden zeker niet minder frappant zijn. Voor de landbouw komt het er echter op aan, de minder goede gronden te verbeteren. In hoeverre dit al of niet mogelijk is en op welke wijze deze verbeteringen dienen te geschieden, hiervoor levert de gedetailleerde bodemkaart fundamentele gegevens.

LITERATUUR

- EDELMAN, C. H., De bodemgesteldheid van Midden-Nederland. Utrecht (1947).
 EDELMAN, C. H. en W. J. VAN LIERE, Over woudgronden op de zeeklei van Westelijk en Noordelijk Nederland. *T. Kon. Ned. Aardr. Gen.*, 66, 2. (1949).
 LIERE, W. J. VAN, De bodemgesteldheid van het Westland. Diss. Wageningen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 54-6. Serie: De bodemkartering van Nederland, no 2. 's-Gravenhage (1948).
 VLAM, A. W., Geulenkaart van het Westland. Gedenkboek Dr Ir P. Tesch. Verh. v.h. Geol.- Mijnb. Genootschap, Geol. Serie XIV (1945).

X. DE TOEPASSING VAN BODEMKAARTEN

Het kenmerkende van de bodemkaarten, die de Stichting voor Bodemkartering maakt, is – zoals de voorafgaande voordrachten in deze cursus reeds hebben geleerd – de onderscheiding van bodemtypen naar hun betekenis voor de bodemproductie. Als voornaamste doel van de karteringen kunnen we dus noemen, *het leveren van bijdragen tot de oplossing van landbouwkundige problemen van allerlei aard*. De landbouwkundige grondslag van de Stichting voor Bodemkartering komt wel het duidelijkst tot uiting in haar personeelbezetting: Een Wagening's hoogleraar als Directeur, landbouwkundige ingenieurs als karteringsleiders en leerlingen van landbouwscholen als opzichters en karteerders.

Hoewel dus, overeenkomstig het doel waarvoor zij gemaakt worden, de bodemkaarten in de eerste en voornaamste plaats van belang zijn voor en toepassing vinden in de agrarische sector, hebben zij toch ook daarbuiten reeds in ruime kring nuttige diensten kunnen bewijzen, en zij zullen dit in de toekomst ongetwijfeld nog veel meer doen. Wij willen beginnen met een korte beschouwing over de toepassing en betekenis van de bodemkaarten voor niet-landbouwkundige doeleinden.

Enige takken van wetenschap, waarvan de onderzoekingen zich in of op de bodem bewegen, hebben van het verschijnen der eerste bodemkaart af reeds in hoge mate van de resultaten der karteringen kunnen profiteren. Voor de *archaeologie* heeft de kartering tientallen tot dusverre onbekende vindplaatsen van oude menselijke beschavingsuitingen aan het licht gebracht in alle delen van het land. Zo werden, om maar enkele voorbeelden te noemen, alleen al in de Bommelerwaard door de kartering meer dan 25 nieuwe plaatsen van bewoning uit de Romeinse tijd ontdekt; voordien waren er slechts vier bekend; ook in het Westland en op Walcheren zijn verschillende bewijzen van bewoning door Romeinen aan het licht gebracht, waarvan sommige op plekken, waar dit niet verwacht werd. Prof. VAN GIFFEN heeft in één van zijn publicaties de resultaten van de bodemkartering revolutionnair voor de Nederlandse nederzittingsarchaeologie genoemd. Geen wonder dus, dat de bodemkaarten door de oudheidkundigen gretig gebruikt worden en zullen worden als basis voor hun verdere onderzoek.

Dat ook de *geologie* ten nauwste betrokken en geïnteresseerd is bij de resultaten der bodemkartering, zal wel niemand verwonderen. De bodemtypen immers, die op de kaarten onderscheiden worden, vinden hun oorsprong veelal in de ontstaanswijze van de grond. Zodoende wordt door het in kaart brengen van de bodemtypen vaak een veel duidelijker inzicht verkregen in de genese van de bodem, dan tot dusverre het geval

was. Zo is bijvoorbeeld één blik op de kaart van de Hollandse droogmakerijen voldoende om te zien, dat men hier te maken heeft met een oud krekenslandschap. Aangezien derhalve de bodemkaarten uitermate verhelderend en verbredend kunnen werken op de kennis van de vorming van het bovenste deel van de aardkorst, lijkt het geen twijfel, dat de bestaande Geologische kaart van Nederland op tal van punten gewijzigd en aangevuld zal moeten worden, naarmate de bodemkaarten gereed komen.

De *geografie*, en met name enkele onderdelen van deze wetenschap, de sociaal-geografie en de historische geografie, vinden in de bodemkaarten tal van aanknopingspunten voor hun studiën.

Nog van geringe aard is tot dusverre het gebruik van de bodemkaarten geweest bij de onderzoekingen op het gebied van onze *flora en fauna*. Toch mag men verwachten, dat juist ook op dit terrein tal van nieuwe gezichtspunten zullen worden geopend, wanneer eenmaal de verspreiding en de levensgedragingen van planten en dieren doelbewust in verband zullen worden gebracht met de bodemtypen van onze kaarten. Een klein voorproefje van deze mogelijkheden kreeg ik zelf reeds door de vraag van een Leids student in de biologie, om voor hem een bodemtypenkaartje te maken van enkele terreinen in Zuid-Holland, in verband met zijn studie over de broedplaatsen van de kievit; hij had bij deze studie reeds aanwijzingen gevonden voor een verband tussen broedplaats en bodemtype.

Nu wij in het voorgaande de nadruk hebben gelegd op het nut van de bodemkaarten voor verschillende takken van wetenschap, moeten wij toch eerlijkheidshalve daar direct aan toevoegen, dat omgekeerd al deze wetenschappen herhaaldelijk belangrijke bijdragen leveren voor de oplossing van de bodemkundige vraagstukken, die de grondslag voor de bodemkaarten vormen. Wij hebben hier dus een wisselwerking met nuttig effect voor beide partijen, en het besef van het nut dezer wisselwerking heeft dan ook er toe geleid, dat een archaeoloog, een historisch-geografe en een geoloog aan de Stichting voor Bodemkartering zijn verbonden.

Een andere groep van personen buiten de landbouw, die het nut van de bodemkaarten reeds uit ervaring hebben leren kennen, is die van de *stedebouwkundigen*. Reeds de in 1943/'44 door Dr VAN LIERB in opdracht van de gemeente Schiedam uitgevoerde kartering van Kethel leverde zodanige gegevens op over de verschillen in bebouwbaarheid tussen enige bodemtypen in die streek, dat het hier geprojecteerde uitbreidingsplan gewijzigd moest worden. Wij mogen aannemen, dat deze wijziging de gemeente voor aanzienlijke onnodige uitgaven en tegenvallers heeft behoed. Nadien is al op vele andere plaatsen een bodemkartering aan het

uitbreidingsplan vooraf gegaan, waarbij overigens niet uitsluitend aan de stedenbouwkundige problemen aandacht werd geschonken, doch ook landbouwkundige belangen werden gediend. Wij zullen daar thans niet verder op ingaan, doch volstaan met te constateren, dat de stedenbouwkundigen in toenemende mate een dankbaar gebruik maken van de bodemkaarten, als basis voor uitbreidingsplannen.

Een probleem, waarbij de landbouw wel ten nauwste betrokken is, doch dat daarnaast feitelijk ook alle andere groepen van samenwerking omvat, is dat van de *ruimtelijke ordening of planologie*. In ons zeer dicht bevolkte land is deze ruimtelijke ordening een probleem van de eerste orde geworden. Wij behoeven slechts de belangrijkste objecten te noemen waar grondoppervlakte voor nodig is: de landbouw, de industrie, het verkeer, de volkshuisvesting en de recreatie, en ons te herinneren dat voor al deze objecten de behoefte aan grondoppervlak zich in stijgende lijn beweegt, om tot het beklemmende besef van het enorme gedrang om ruimte in ons land te geraken.

In deze strijd om de oppervlakte van de Vaderlandse bodem heeft de landbouw in het verleden helaas herhaaldelijk grotere verliezen geleden dan wel nodig was. Zowel aan industrie als verkeer, aan volkshuisvesting als recreatie zijn vaak uitmuntende cultuurgronden ten offer gevallen; ook, als gronden met een geringere waarde voor de bodemproductie voor de betreffende doeleinden gebruikt hadden kunnen worden.

De oorzaak van deze onherstelbare verliezen moet voor een groot deel worden gezocht in het feit, dat de georganiseerde landbouw te laat de gevaren heeft ingezien. Doch daarnaast moet naar onze mening als een misschien even belangrijke factor worden genoemd, het ontbreken van de goede gegevens, waarmede de agrarische belangen krachtig verdedigd hadden kunnen worden tegenover de andere partijen. Zo was het tot voor enkele jaren bijna onmogelijk om, als er bijvoorbeeld een stadsuitbreiding werd geprojecteerd, die zeer waardevolle cultuurgronden zou opslorpen, aan te tonen, dat deze gronden inderdaad voor de bodemproductie een onvervangbare waarde hadden, en aan te geven welke gronden met minder verlies voor de bodemproductie als bouwterrein in gebruik konden worden genomen. Het zijn de bodemkaarten, die deze gegevens kunnen verschaffen, en die bij de toepassing voor dit doel in de eerste plaats aan de Landbouw, maar daardoor tevens aan de gehele samenleving, onschatbare diensten kunnen bewijzen.

Van overheidswege zijn door de instelling van de Rijksdienst voor het Nationale Plan en de Provinciale Planologische Diensten – waarin ook vertegenwoordigers uit de agrarische sector zitting hebben – maatregelen voor de ruimtelijke ordening genomen. Hierdoor zijn de gevaren voor de landbouw al wel verminderd, doch nog geenszins opgeheven. Veilig

zal deze bevolkingsgroep zich pas in zekere mate kunnen gevoelen, als een boven de partijen staand lichaam over alle gegevens beschikt, die nodig zijn om door objectief afwegen van aller belangen te komen tot een juiste beslissing over de bestemming van de Nederlandse bodem. Tot de hiervoor benodigde gegevens behoort, naast een overzicht van de eisen die de verschillende categoriën van bodembehoeftigen aan de bodem stellen, vooral ook een bodemkaart van Nederland, waarop de eigenschappen van de bodem en de waarde die hij voor de verschillende categoriën van bodembehoeftigen heeft, van plaats tot plaats kunnen worden afgelezen.

Voorlopig is dit ideaal nog niet verwezenlijkt en kunnen dus nog slechts incidenteel de agrarische belangen verdedigd worden op grond van reeds gereed gekomen kaarten. Ook daarmee zijn echter reeds belangrijke resultaten bereikt. Wij wijzen in dit verband bijvoorbeeld op de felle strijd van het Westland tegen de opslorping van steeds meer prima tuinbouwgronden door de dorpen en steden, met name Den Haag. De kentering die zich in deze strijd thans ten gunste van de tuinders lijkt te voltrekken, is wel hoofdzakelijk te danken aan het feit, dat de bodemkaart van het Westland als bewijsstuk kon worden overgelegd, bij het argument, dat in dit gebied niet alleen geen evenwaardige gronden ter vervanging van de verloren gaande meer te vinden zijn, doch dat zelfs reeds tal van tuinbouwbedrijven gevestigd zijn op gronden van mindere kwaliteit, waardoor de economische weerbaarheid van het Westland ondermijnd dreigt te worden. Een soortgelijke kwestie doet zich voor in de bollenstreek, waar eveneens practisch elke vierkante meter van de voor de bollencultuur geschikte gronden reeds voor dit doel wordt gebruikt; iedere bestemming van een gedeelte dezer gronden voor andere doeleinden betekent dus een onvervangbaar verlies. Een bodemkaart van dit gebied heeft de critieke toestand overtuigend aangetoond.

De agrarische bevolkingsgroep zal zich bewust dienen te zijn, dat door de uitbreiding van onze bevolking, de daaruit voortvloeiende noodzaak van uitbreiding der industrie en de uitbreiding van het verkeer, in de toekomst nog voortdurend cultuurgronden verloren zullen moeten gaan; dit zal men als onvermijdelijk dienen te beschouwen. Doch men zal moeten strijden tegen het onnodig opofferen van de beste en vooral van de onvervangbare cultuurgronden, en in deze strijd zal de bodemkaart één der krachtigste wapenen zijn.

Thans overgaande tot het bespreken van de *toepassing van bodemkaarten binnen de landbouwsector*, stellen wij voorop, dat al deze toepassingen in de kern van de zaak neerkomen op het wel algemeen bekende, doch niet altijd voldoende besepte verband tussen plant en bodem. Elke variatie in de eigenschappen van de bodem zal zich in meerdere of

mindere mate afspiegelen in de ontwikkeling van de planten. Tussen de plantensoorten onderling bestaan evenwel belangrijke verschillen in de reactie op een bepaalde bodemvariatie.

Het verband bodem-plant speelt reeds een rol bij het maken van de bodemkaarten, aangezien verschillen in de stand van een gewas zeer vaak een richtsnoer zijn voor de onderscheiding der bodemtypen. Bij de toepassing der bodemkaarten is dit verband bodem-plant echter van nog veel grotere betekenis; zo leidt bijvoorbeeld de vergelijking van de reacties der planten op verschillende bodemtypen tot grondverbeteringen en landclassificatie; door de bestudering van de reactie van een bepaald gewas op een zeker complex van bodemeigenschappen komt men tot de aanwijzing van gronden die voor het betreffende gewas geschikt zijn; enz. enz.

Het eerste te bespreken agrarisch probleem dat voor zijn oplossing bodemkaarten nodig heeft, vertoont in wezen veel overeenstemming met de in het voorafgaande besproken ruimtelijke ordening van de gehele Nederlandse bodem. Men zou in analogie daarmede kunnen spreken van de *ruimtelijke ordening der cultuurgronden*.

De bodemproductie in Nederland kan in hoofdzaak verdeeld worden in de vier groepen: tuinbouw, akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Afgezien nog van het feit, dat deze groepen verschillende eisen aan de grond stellen, is het ook uit een oogpunt van algemene volkswelvaart geenszins onverschillig, op welke gronden deze vormen van bodemproductie worden uitgeoefend, omdat ze belangrijke verschillen te zien geven in de intensiteit van bodemgebruik. De tuinbouw is zonder twijfel de meest intensieve vorm van bodemproductie; dat wil zeggen, dat per oppervlakte-eenheid in de tuinbouw het grootste bedrag aan kapitaal en arbeid wordt aangewend. Stellen we nu eens het geval, dat in een gemeenschap een beperkte oppervlakte grond beschikbaar is van een zodanige kwaliteit, dat hij zowel voor tuinbouw als voor akkerbouw het hoogst mogelijke rendement zou geven. Dan zou die gemeenschap het meest gebaat zijn met een gebruik van die grond voor tuinbouw, omdat daarmede een veel groter deel van haar kapitaal en arbeid tot het hoogst mogelijke rendement zou worden gebracht, dan wanneer die gronden voor akkerbouw werden gebruikt.

Deze beschouwing moet voor een objectief beoordelaar leiden tot de conclusie, dat de meest intensieve cultuur de voor haar meest geschikte gronden ter beschikking moet krijgen, en zo voort. In ons land bestaat deze ideale toestand geenszins; vele tuinbouwbedrijven hebben op gronden van slechte kwaliteit een min of meer noodlijdend bestaan, terwijl elders prima gronden voor de minder intensieve akkerbouw of veehouderij worden gebruikt; en evenzeer zou een deel van de gronden

die thans in grasland liggen ten behoeve van de algemene welvaart waarschijnlijk beter voor akkerbouw gebruikt kunnen worden.

Natuurlijk weten wij heel goed, dat bij dit probleem nog vele andere factoren een rol spelen, zoals bijvoorbeeld de afzetmogelijkheden. Een overheid, die in deze zaken ordenende maatregelen wil nemen, zal dan ook met al deze factoren terdege rekening moeten houden. Maar een zekere ordening zou zegenrijk kunnen werken, en dit moeten we dan ook als de drijfveer zien voor het uitwerken van een agrarisch bestemmingsplan waaraan thans wordt gewerkt.

Het behoeft wel nauwelijks betoog, dat de bodemkaart de basis zal zijn, waarop dit bestemmingsplan wordt uitgewerkt. Die kaart immers zal moeten aangeven de ligging en oppervlakte van de voor diverse vormen van bodemproductie meest geschikte gronden. Met het oog op de urgentie die deze kwestie speciaal voor de tuinbouw heeft, is door de Stichting voor Bodemkartering reeds een inventarisatie gemaakt van de voor verschillende tuinbouwgewassen geschikte gronden. Daarbij is gelukkig gebleken, dat er in Nederland voor ieder tuinbouwgewas – met uitzondering van de bloembollen – nog ruim voldoende beste gronden liggen om de teelt daarvan tot zijn huidige omvang op uit te oefenen en zelfs uit te breiden als dat om andere redenen geen bezwaar zou zijn. Volledigheidshalve wijzen wij er nog op, dat een eventuele verplaatsing van tuinbouwbedrijven naar de beste gronden, voor de akker- en weidebouw als geheel slechts weinig moeilijkheden zou veroorzaken, omdat de tuinbouw slechts ongeveer 7 % van de cultuurgrond in Nederland in gebruik heeft en het grootste gedeelte van de bestaande tuinbouwbedrijven reeds op de meest geschikte gronden ligt. Voor een bepaalde streek zou natuurlijk de vestiging van een relatief groot aantal tuinbouwbedrijven wel eens bezwaren voor de akkerbouw kunnen opleveren.

In het Westland, waar, zoals reeds gezegd, de goede tuinbouwgronden nagenoeg zijn uitgeput, werkt men op basis van vrijwilligheid thans reeds enigszins in de richting die met het bestemmingsplan wordt beoogd. De tuinbouw-voorlichtingsdienst aldaar heeft, nadat de betekenis van de bodemkaarten was komen vast te staan, zelf een afdeling voor de kartering van afzonderlijke bedrijven geformeerd, en deze afdeling karteert nu onder meer ieder perceel, waarop iemand een nieuw tuinbouwbedrijf wil stichten, en raadt de vestiging af, indien de grond niet van de beste kwaliteit blijkt te zijn.

Talrijk zijn de gevallen, waarin de bodemkaarten toepassing vinden bij de voorbereiding en uitvoering van cultuurtechnische werken.

Bij een *ruilverkaveling* is de onmisbaarheid van een goede bodemkaart wel zonder meer duidelijk. Zij is in de eerste plaats al nodig voor de waardebepaling van de gronden, die door de grondgebruikers ingebracht

en teruggekregen worden. Voor sommige eenvoudige ruilverkavelingen is deze waardebeoordeling zelfs de enige toepassing die de bodemkaart krijgt. Doch wanneer er ruilverkaveling van meer ingrijpende aard is, als er wijzigingen en uitbreidingen komen in de waterlopen, wegen en perceelsgrenzen, dan neemt de betekenis van de bodemkaart nog sterk toe. Zij kan dan aangeven, waar de waterlopen, wegen en perceelsgrenzen in verband met de bodemgesteldheid het best geprojecteerd kunnen worden, om het meest doelmatige resultaat te verkrijgen. Het is in het verleden helaas meer dan eens gebeurd, dat zonder goede kennis van de bodemverschillen een ruilverkavelingsplan is gemaakt, waardoor dan later moeilijkheden voor de boeren ontstonden, die voorkomen hadden kunnen worden. Door een juiste toepassing van de bodemkaart kunnen deze moeilijkheden in de toekomst tot een minimum beperkt worden. De karteringen in het Land van Heusden en Altena, de Lijmers en de Maaskant in Brabant zijn onder meer bestemd om als basis te dienen voor een ruilverkavelingsplan.

Bij het maken van nieuwe *ontwateringsplannen* voor polders is het van groot belang, te weten welke bodemtypen daarin worden aangetroffen, en hoe deze door de polder verspreid liggen. Zo is, om een voorbeeld te noemen, in de Hollandse droogmakerijen een goed inzicht in het voorkomen en de ligging van irreversibel indrogend veen noodzakelijk bij het maken van nieuwe ontwateringsplannen. De kaart, die wij zelf maakten van de Zuidplaspolder, heeft haar ontstaan onder meer te danken aan het feit, dat een plan tot peilverlaging in deze polder bezwaren ondervond bij ingelanden die indrogende gronden hadden.

Het polderbestuur heeft ons naar aanleiding daarvan om een bodemkaart gevraagd, en toen deze gereed was, konden wij betrekkelijk eenvoudig de oplossing aangeven, die hierin bestaat, dat het peil in de Oostelijke helft van de polder – waar overwegend veen en katteklei-gronden liggen – hoog moet blijven; terwijl het door middel van een partiële bemaling in de Westelijke polderhelft, met overwegend kalkrijke zavel- en kleigronden, lager kan worden gebracht.

Bij het maken van *drainageplannen* dient eveneens met de vaak grote bodemverschillen in het terrein rekening te worden gehouden. Het klakkeloos draineren van een geheel bedrijf of perceel volgens een star schema van overal op gelijke afstand liggende reeksen heeft soms tot gevolg, dat op de ene plaats onnodig veel, op de andere plaats te weinig buizen worden gelegd. Een bodemkaartje van het te draineren bedrijf of perceel kan dit euvel voorkomen en dus leiden tot een rationeler werkwijze.

Ontginningen zijn en worden nog maar al te vaak uitgevoerd zonder voorafgaande nauwkeurige verkenning van de grond en dus ook zonder rekening te houden met de verschillen in de gelaagdheid van de bodem.

De miserabele toestand waarin tal van ontgonnen percelen verkeren en die de ontginningsboer voor de grootste moeilijkheden stelt, is de beste propaganda voor het gebruik van een bodemkaart bij de ontginning.

Voor de *grondverbeteringen* geldt precies hetzelfde. Ons zijn in de Zuidhollandse droogmakerijen percelen bekend, die in vroeger jaren ter „verbetering” werden gediepspit en geëgaliseerd op een zodanige wijze, dat de bouwvoor thans pleksgewijze inderdaad uit goede kalkrijke grond, maar op andere plaatsen uit kattenklei met een pH van minder dan 4 bestaat. De oorzaak daarvan is volkomen duidelijk. Grote gedeelten van deze droogmakerijen bestaan namelijk van boven naar beneden uit een 20-40 cm dikke laag losse zwarte humusrijke grond, daaronder een laag kattenklei of zure klei van wisselende dikte, en daaronder prima kalkrijke zavelgrond. Aangezien de diepte onder maaiveld, waarop de kalk wordt aangetroffen sterk kan variëren over korte afstanden, zal een grondverbetering die overal tot dezelfde diepte wordt uitgevoerd het genoemde resultaat opleveren. Grondverbetering van zulke terreinen is zeker wenselijk, omdat de kattenklei of zure klei onder de soms vrij dunne laag zwarte grond vooral voor diepwortelende gewassen (zoals bieten) funeste gevolgen heeft. Maar dan dient deze verbetering zo te worden uitgevoerd, dat over het gehele perceel ongeveer 15 cm van de zwarte bovengrond op kalkrijke zavel komt te liggen en de zure klei overal volledig naar beneden wordt gewerkt. Om dit goed te kunnen uitvoeren is het – vooral bij diepploegen – noodzakelijk, dat tevoren een nauwkeurige bodemkaart van het te bewerken perceel is gemaakt. En dit geldt feitelijk voor alle grondverbeteringen.

Voor het beoordelen van de *rijpheid van de in te dijen kwelders en schorren* is een vergelijking van deze terreinen met reeds vroeger ingedijkt land, door middel van de kartering, uiterst wenselijk.

Met het zo juist genoemde object van de grondverbeteringen zijn wij feitelijk reeds in aanraking gekomen met de toepassing van de bodemkaarten bij het advieswerk van de land- en tuinbouwvoorlichtingsdiensten. Toch zal dit object lang niet het enige zijn, waarbij de consultants van de bodemkaarten kunnen profiteren. Veel tuinbouwconsultanten houden thans reeds rekening met de op de kaarten aangegeven bodemtypen bij het verstrekken van *aanlegsschema's voor boomgaarden*, en naarmate de kennis omtrent de geschiktheid van de diverse boomsoorten voor de verschillende bodemtypen groter wordt, zal de toepassing van de bodemkaarten voor dit doel zeker nog toenemen.

Het is geenszins ondenkbaar, dat in de akker- en weidebouw binnen afzienbare tijd een soortgelijk gebruik van de bodemkaarten wenselijk wordt. Bij de *gewassenkeuze* wordt thans toch eigenlijk al sterk rekening gehouden met verschillen in grondsoorten; de bodemkaarten zullen de

gewassenkeuze zeker nog kunnen verfijnen. Doch ook bij de *rassenkeuze* en b.v. bij de samenstelling van graszaadmengsels achten wij aanpassing aan de bodemtypen in de toekomst één van de mogelijkheden om de bedrijfsuitkomsten nog te verbeteren. Voor dit zover is, zal dan echter eerst nog heel wat onderzoek door de kwekers en de instellingen voor landbouwkundig onderzoek moeten worden verricht.

Sneller resultaat verwachten wij van het gebruik van de bodemkaarten bij *bemestingsadviezen*. In een enkel geval zijn de kaarten voor dit doel trouwens reeds gebruikt, namelijk bij de dosering van de gipsbemesting op zout-geinundeerde gronden; deze dosering werd namelijk gebaseerd op de zwaarte van de grond, die op de bodemkaarten was aangegeven. Wanneer we evenwel bedenken, dat tussen de verschillende bodemtypen, die veelal op korte afstanden naast elkaar worden aangetroffen, grote variaties in gehalte aan plantenvoedende stoffen bestaan, dan lijkt de voorspelling geenszins gewaagd, dat door aanpassing van de bemestingen aan de bodemtypen rationeler gewerkt zal kunnen worden dan tot dusverre het geval is geweest. Wij nemen ook hiervoor een voorbeeld uit de door ons gekarteerde droogmakerijen. Daar liggen vaak op één perceel humusarme kalkrijke zavelgronden messcherp gescheiden van zeer humusrijke kalkarme gronden. De boeren weten gewoonlijk uit ervaring al, dat zij bij het uitstrooien van stikstof de eerstgenoemde gronden meer en de laatstgenoemde minder moeten geven; met een kalkbemesting zou dit natuurlijk juist andersom moeten zijn.

Tenslotte achten wij het ook nog niet uitgesloten, dat bij doelbewust onderzoek zou blijken dat verschillende *plantenziekten* en *onkruidplagen* verband houden met de bodemtypen.

Voor zover het de zogenaamde gebreksziekten betreft, staat dit verband in enkele gevallen reeds vast. Doch ook voor andere ziekteverschijnselen mag het verband met de bodemtypen bestaanbaar worden geacht. De bodemkaarten zouden dus misschien in de toekomst nog wel eens van nut kunnen zijn bij het voorkomen en bestrijden van ziekten en plagen in onze gewassen.

In het voorgaande ligt reeds de aanwijzing opgesloten, dat men bij het *landbouwkundig onderzoek* in het algemeen, en bij het *proefveldenonderzoek* in het bijzonder sterk rekening zal moeten gaan houden met de bodemverschillen welke door de kartering naar voren worden gebracht. Wie met proefveldenwerk ook maar enigszins te maken heeft weet, dat bodemverschillen van enige betekenis de resultaten van een proefveld nagenoeg waardeloos kunnen maken. Maar hij weet ook, dat een bij globale beschouwing voldoende egaal schijnend perceel, later toch dikwijls ongelijke uitkomsten in de parallellen van de proefvelden te zien geeft. Vaak schuilt de oorzaak daarvan in ongelijkmatigheden in de

gelaagdheid van de grond op het proefveld. Zulke teleurstellingen zullen voor een groot deel voorkomen kunnen worden als het voor de proef bestemde terrein tevoren even gekarteerd wordt.

Wij zijn ons bewust, dat een dergelijke werkwijze het vinden van geschikte proefterreinen aanzienlijk zal bemoeilijken, omdat een overigens geschikt terrein soms op grond van de kartering afgewezen zal moeten worden. Maar dit bezwaar weegt toch niet op tegen de verliezen aan geld en arbeid, welke door het aanleggen van proefvelden op ongelijkmatige terreinen worden veroorzaakt. Wij wijzen in dit verband bijvoorbeeld op de conclusies van Ir KOENIGS na zijn kartering achteraf van een zeer groots opgezet en uiterst kostbaar ontwateringsproefveld te Gendringen; het proefveld bleek door de bodemverschillen die er in voorkwamen, en doordat het niet representatief was voor de omgeving, niet aan zijn doel te beantwoorden.

Wat hier voor de gewone proefvelden gezegd is, geldt natuurlijk in nog veel sterker mate voor *proefboerderijen*. Het ligt dan ook in de bedoeling om van alle in Nederland bestaande proefboerderijen een bodemkaartje te laten maken, opdat bij het opzetten van proeven met de aanwezige bodemverschillen rekening kan worden gehouden. Maar nog veel beter zal het zijn, om geen proefboerderij op te richten, alvorens de geschiktheid van de bodem voor proefnemingen door kartering is vastgesteld. Behalve voor het bevorderen van de gelijkmatigheid van proefterreinen krijgt de bodemkaart in het landbouwkundig onderzoek ook nog een taak te vervullen, als de bestudering van de *reacties van de rassen* van een bepaald gewas op de verschillende bodemtypen wordt aangepakt. Wij verwachten van deze studie in de toekomst nog opzienbarende resultaten. En wanneer dan deze resultaten uitgedragen moeten worden in de practijk, zal wederom de bodemkaart ter hand moeten worden genomen.

In zeer veel opzichten zijn voorlichting, onderzoek en *onderwijs* in de land- en tuinbouw onafscheidelijk aan elkaar verbonden. Wij mogen gerust zeggen, dat dit ook ten aanzien van het gebruik der bodemkaarten geldt.

Want welke leraar in de vakken Kennis van de grond en Grondverbetering zal niet dankbaar gebruik maken van een bodemkaart van het gebied waaruit zijn leerlingen komen, als middel om zijn onderwijs te verdiepen en te verhelderen? En ook andere vakken zullen van zo'n kaart in de toekomst nog veel profijt kunnen hebben. Omgekeerd zal ook in dit opzicht het land- en tuinbouwonderwijs weer een belangrijk aandeel krijgen in de verbreiding van het inzicht omtrent de waarde van de bodemkartering onder de grondgebruikers. Het is in deze kring wel niet nodig, op de betekenis van de kartering voor het onderwijs en die van het onderwijs voor de kartering, dieper in te gaan.

Bij het bespreken van de toepassing van bodemkaarten voor ruilverkavelingsdoeleinden is terloops even de kwestie van de *waardebepaling der gronden* ter sprake gebracht. Wij moeten aan dit probleem in verband met de bodemkaarten echter nog wat meer aandacht schenken, omdat men hoopt en meent, dat de bodemkaart in de toekomst de grondslag zal kunnen zijn voor een objectieve bepaling van de cultuurwaarde van landerijen. Dit probleem is echter uiterst moeilijk, en op het ogenblik zeker nog niet volledig opgelost. Het streven is er op gericht, om ten behoeve van de waardering der cultuurgronden te komen tot een indeling in klassen, kortweg genoemd landclassificatie. Als maatstaf voor deze classificatie neemt men niet de algemeen gebruikelijke gemiddelde opbrengst van de grond, doch de optimale opbrengst, dus het plafond waartoe de opbrengst onder de allerbeste cultuurzorgen kan komen. Wanneer men eenmaal voor alle in de praktijk voorkomende gewassen deze plafonds op de verschillende bodemtypen kent – zij zullen bepaald moeten worden met behulp van proefvoogsten, praktische ervaringen enz. – dan is de grondslag voor de landclassificatie gelegd. De indeling in klassen zou dan zodanig moeten worden dat in de hoogste klasse de gronden komen, waarop de meest-eisende gewassen nog hun plafondopbrengst bereiken; in de volgende klasse komen de gronden, waarin de meest-eisende gewassen de top-opbrengst niet meer halen, doch de in eisen daarop volgende gewassen nog wel; enz.

Dat het mogelijk moet zijn om tot deze landclassificatie te geraken, zal wel niemand willen ontkennen; dat het moeilijk zal zijn evenmin.

Uit het voorgaande zal naar wij vertrouwen voldoende duidelijk zijn gebleken, dat de toepassingsmogelijkheden van de bodemkaarten voor de gehele samenleving, maar in het bijzonder voor de agrarische sector, zeer talrijk en vaak van overweldigende betekenis zijn. Een aantal van deze mogelijkheden worden reeds volop benut; bij andere staat men nog aan het begin of is men nog niet eens zover; en dan kunnen er ook nog mogelijkheden bijkomen, waar wij thans nog geen vermoeden van hebben. Wij overdrijven echter zeker niet als we zeggen, dat de bodemkartering zich in de weinige jaren van haar bestaan reeds tot een onmisbare instelling heeft gemaakt.

Aan het eind gekomen van ons overzicht van de belangrijkste toepassingsmogelijkheden van de bodemkaarten, dienen wij nog op een enkel punt met nadruk te wijzen.

De Stichting voor Bodemkartering werkt voor praktische doeleinden en dit brengt met zich mede, dat haar kaarten op den duur voor iedereen beschikbaar zullen zijn. Deze situatie schept echter vanzelf het gevaar, dat de kaarten ook voor allerlei doeleinden gebruikt zullen worden door leken, of – wat meestal nog gevaarlijker is – door half-deskundigen.

Het behoeft wel geen betoog, dat dit tot ongelukken en teleurstellingen zou kunnen leiden. Met klem moeten wij daarom wijzen op de noodzakelijkheid, om bij de toepassing van de bodemkaarten steeds overleg te plegen, hetzij met degene die de kaart heeft gemaakt, hetzij met een ander die als volledig deskundig kan worden beschouwd. Het verbreiden in de practijk van het inzicht, dat overleg met een deskundige nodig is, behoort ons inziens mede tot de taak van het land- en tuinbouwonderwijs.

XI. BEMESTINGSPROBLEMEN

IN VERBAND MET BODEMTYPEN

1. INLEIDING

In de eerste voordracht van deze serie (hoofdstuk I) hebben we er op gewezen, dat de vruchtbaarheid van de grond in principe is terug te brengen tot een vijftal factoren. In de voordrachten der veldbodembodkundigen (voorgaande hoofdstukken) heeft de waarneming in het profiel op de voorgrond gestaan, in de landbouwscheikundige voordracht (hoofdstuk VII) heeft de chemie een belangrijke plaats ingenomen. Al deze zaken krijgen nog meer betekenis als we in staat zijn hieruit richtlijnen te trekken voor de verbetering van onze minder goede gronden. Want het is wel van belang aan te geven, welke gronden bij uitstek voor bepaalde cultuures geschikt zijn, maar bij onze dichte bevolking is het ook noodzaak aan de slechtere bodems aandacht te schenken. Voor een belangrijk deel zullen voor de verbetering van gronden met slechte profielen cultuurtechnische werken nodig zijn. Deze vallen zoals vanzelf spreekt buiten deze bespreking. Voor een ander deel zullen eenvoudiger maatregelen reeds van belang zijn. Deze worden dan samengevat onder de bemesting. Een van de moderne problemen in de bemestingsleer is dan ook het verband leggen tussen het bodemtype en de bemestingsmaatregel.

We staan hier voor een min of meer nieuwe taak, zodat het nog niet mogelijk is met een grote hoeveelheid van duidelijk sprekend cijfermateriaal naar voren te komen. Deze voordracht is dan ook veel meer bedoeld, als een mogelijkheid tot het stellen van enkele vraagstukken, dan als een recept, dat in de praktijk kan worden gebruikt. Het geven van een bemestingsrecept zonder alle bijkomstige omstandigheden in rekening te brengen is trouwens steeds een gevaarlijke zaak.

Elk onderzoek begint met het verzamelen van enkele bekende feiten, het rangschikken van deze feiten tot een voorlopige werkhypothese, het verzamelen van nieuwe gegevens, het corrigeren van de hypothese, het nog verder opsporen van feiten, het weer corrigeren enz. Kon de eerste voordracht reeds samenvattend worden opgesteld, in dit geval moet het tot enkele losse verschijnselen beperkt blijven, die we zelfs niet in een bepaalde rangschikking naar voren brengen om niet een zeker geheel te suggereren, dat nog prematuur is.

2. PROEFVELDEN

Het eerste probleem, dat we dan willen aanroeren is het proefvelden-vraagstuk. Er zijn in de loop van de jaren reeds vele proefvelden aangelegd en we weten allen, dat deze steeds een min of meer uitgesproken vruchtbaarheidsverloop hebben, dat soms zeer grillig kan zijn. Het middel voor de analyse van de resultaten is de wiskundige bewerking van de verkregen cijfers, met het doel het verschil in vruchtbaarheid te corrigeren. Dit is gezien de grote verschillen, die tussen de herhalingen voorkomen een noodzakelijke bewerking, om tot een betrouwbare conclusie te komen. Maar er doet zich toch wel een merkwaardig geval voor, niet zozeer voor de bodemkundige als voor de wiskundige. Door HAMMING (1947) is een in de literatuur beroemd bemestingsproefveld van bieten met twee rassen (Kühn en Kleinwanzleben) en met geen en wel fosphaat op een door hem ontwikkelde berekeningswijze uitgewerkt. HAMMING heeft toen ook het initiatief genomen de afwijkingen in kaart te brengen en als men dit kaartje vergelijkt met een bodemkaart, dan is de overeenkomst sprekend (fig. 17). Men mag, gezien deze gelijkenis, wel met grote zekerheid concluderen, dat de afwijkingen niet toevallig waren, maar systematisch; ze worden veroorzaakt door verschillen in de fysische toestand van de grond. Het is een demonstratie in het klein, over de betekenis van de grondverschillen voor de opbrengst.

Voor ons zit hier de les in, dat bij het aanleggen van een proefveld steeds een bodem-kartering vooraf moet gaan, opdat men tenminste weet, wat men doet. De kartering behoort dan nog gevolgd te worden

door een blanco-proef ter controle van de quantitative grootte van de opbrengstverschillen. De interprovinciale proefvelden behoren aangelegd te worden op verschillende bodemtypen en op akkers, die zo homogeen mogelijk zijn. De eerste stappen zijn in deze richting gezet, onder andere in de Betuwe, waar 't Landbouwkundig Proefstation te Groningen, proefvelden op verschillende ty-

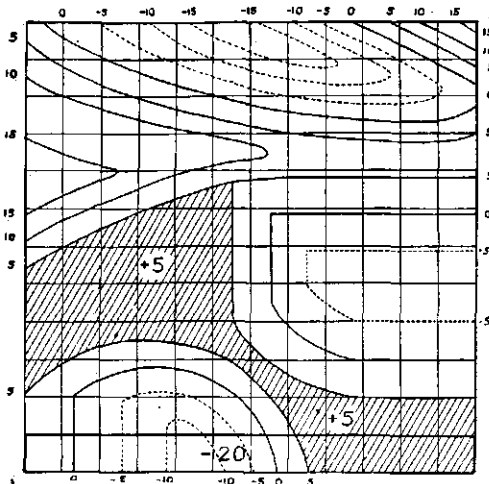


FIG. 17. EEN WISKUNDIGE BODEM-KAART (VLG. HAMMING)

pen grond heeft aangelegd. Resultaten zijn er echter nog niet voldoende voor handen om reeds mededelingen hiervan te kunnen doen. Dat het bodemtype bepaalde eisen aan de bemesting zal stellen is echter wel duidelijk, als men zich op theoretische gronden stelt.

3. STRUCTUUR

Er werd reeds opgemerkt, dat de bodemkartering een vochtkartering is; na afloop van de eerste voordracht werd zelfs de vraag gesteld, waarom ze geen „luchtkartering” genoemd werd. Hier is alleen tegenin te brengen, dat deze term door de vliegeniers is gereserveerd voor hun luchtkartering en dat er bezwaren zijn om verwarrende terminologieën in té voeren.

De bemestingsmaatregelen, die dan ook met het bodemtype samenhangen zijn overwegend gericht op het verbeteren van de vocht en luchthuishouding, ofschoon ook een onvoldoende bemesting wel eens met het bodemtype samenhangt, zoals bij de hooilanden voorkomt. Dat wil dus zeggen, dat hier weer het zoveel besproken structuurprobleem naar voren komt. Eigenlijk is dit geen probleem, want ieder is er van overtuigd, dat een goede kruimelstructuur voor de plantengroei de meest gunstige fysische en biologische voorwaarden schept. Het wordt pas een omstreden vraagstuk, als men een soort religie aan deze materie gaat verbinden, zoals verschillende onderzoekers doen en die daarmee alleen maar bereiken, dat de wetenschappelijk onderzoeker en de practicus kopschuw worden. Het is immers niet de enige, maar wel een belangrijke factor. We kennen een aantal maatregelen, waarmee we de structuur van de grond kunnen verbeteren en die dus op gronden, waar een slechte water- en luchthuishouding voorkomt, hetzij als gevolg van een te lage of te hoge moeilijk doordringbare laag, hetzij als een gevolg van een te zware bovengrond, moeten worden toegepast. Zo is voor het bodemtype Rkz₁ en zelfs ook voor Rkz₂, de verbetering van de structuur een zeer goed middel om de vruchtbaarheid te verbeteren. Laat ons liever zeggen, dat het in deze gronden op de eerste plaats moet worden toegepast, omdat op gronden met een betere structuur dezelfde maatregelen voor het in stand houden van de goede fysische toestand evengoed nodig zijn. Deze maatregelen zijn dan: bekalking en de toepassing van stalmest, compost en groenbemesting.

Op ons laboratorium is de laatste jaren een uitvoerige studie gemaakt van de analyse van het structuurvraagstuk, die in de dissertatie van Dr VAN SCHUYLENBORGH (1947) zijn eerste afsluiting heeft bereikt. Deze analyse heeft het duidelijk gemaakt hoe de verschillende maatregelen, die voor de verbetering van de structuur worden aanbevolen, werken.

Analytisch gezien kunnen we in de opbouw van de bouwvoor drie fasen onderscheiden. De eerste samenballing van de primaire deeltjes

wordt de *vlokstructuur* genoemd. Zij is in grote mate te beïnvloeden door de fysisch-chemische toestand van de grond. De mogelijkheden tot coagulatie en peptisatie worden gegeven door de ionenbezetting van het adsorptiecomplex. Als eerste voorwaarde voor het scheppen van een goede structuur is het dan ook nodig deze vlokstructuur open en resistent te maken, wat door de toevoeging van kalk mogelijk is. Dus zure gronden, en deze komen bij de kommenklei nog al eens voor, moeten bekalkt worden, niet omdat deze kalk de structuur op zichzelf goed zal maken, maar omdat deze bekalking het mogelijk maakt een goede structuur te scheppen. Is de kalktoestand van de grond in orde dan zal deze maatregel minder effect hebben. Toch kunnen we ons voorstellen, dat de toediening van calcium hydroxyde de stabiele humus zo aantast, dat deze voor een deel in omloop komt, wat in sommige gevallen een gunstig effect kan hebben.

De volgende phase is het aggregeren van de vlokken tot aggregaten, de kluitjes of de kruimels, waaruit onze grond is opgebouwd.

We spreken hier van de *aggregaatstructuur of de micro-structuur*. Deze is pas tot een goed systeem mogelijk als de vlokstructuur in orde is, maar er moet nog aan andere voorwaarden voldaan zijn. De samenkleaving van de vlokken tot aggregaten is pas bereikbaar als kitstoffen aanwezig zijn, hiervoor is kalk alleen niet voldoende. Deze kitstof vinden we in de humus en ook in de klei zelf. De stabiele humus, dus de humus van de grond, die zeer weinig meer wordt afgebroken, is een van de stoffen, die aanleiding geven tot een stevige verkleaving van de vlokken tot grotere aggregaten. Als er geen andere gunstige omstandigheden aanwezig zijn heeft ze tot gevolg dat er kluitjes gevormd worden. Voor de vorming van de kruimelstructuur is het nodig dat er instabiele humus aanwezig is. Deze geeft als koolstofbron voor de micro-organismen een gelegenheid tot de ontwikkeling van een goede micro-flora, die door de vorming van bacteriënslijmen en van myceliumdraden de mogelijkheid tot een lossere binding van de vlokken schept. De energie, die bij het verbranden van de organische stof ontstaat is een belangrijke factor voor het steeds openhouden van de aggregaten. Deze moet men niet te laag schatten, gemiddeld wordt er in een fysisch en biologisch goede grond door de micro-organismen per dag per m^2 $3\frac{1}{2}$ liter koolzuur geproduceerd, wat gelijk staat met een verbranding van 7 ton steenkool per jaar per ha. Voor de productie van dit koolzuur moet organische stof aanwezig zijn; we kunnen berekenen dat hiervoor per jaar nodig is een toevoer van 17.000 kg droge organische stof. Rekenen we op een stoppelrest van 5000 kg, dan moet per jaar nog 12.000 kg droge stof gegeven worden, dat is ongeveer 50.000 kg stalmest. Waar halen we die vandaan? Het is verstandiger het probleem van de organische stof meer te zoeken in het

verkrijgen van deze stof, dan in een verdediging van de noodzakelijkheid van de toepassing.

Voor deze micro-structuur spelen ook de hogere planten een rol, ze leveren voedingsstoffen voor de micro-organismen en tevens scheiden ze slijmstoffen af, die zelf een gunstige werking op de micro-structuur geven. Het is dikwijls moeilijk uit te maken of de betere structuur, die in een dicht bewortelde zone aanwezig is het gevolg is van deze wortelgroei of dat de wortelgroei daar zo intens is, omdat de structuur er zo goed was. Beide processen beïnvloeden elkaar in gunstige zin.

De opbouw van de aggregaten tot de bouwvoor, noemen we als laatste bouwsel de *macro- of bouwvoorstructuur*. Zij is in hoge mate afhankelijk van de factoren vorst, fauna, flora en bewerking, terwijl het water voor het binden der aggregaten een voorname rol vervult.

Het ingrijpen door bemesting is dus op verschillende momenten mogelijk. Als de basis voor een goede vlokstructuur ontbreekt is de toevoeging van kalk nodig. Als de vlok wel in orde is, maar de aggregaten zijn niet juist gevormd, dan moet toediening van stalmest of groene bemesting de oplossing brengen. Is tenslotte de macro-structuur niet in orde, maar de andere onderscheiden fasen wel, dan zal een goede bewerking bij het juiste vochtgehalte de oplossing zijn.

4. COMPOST

Over de compost nog een enkele opmerking. Het is merkwaardig, dat de structuur van een grond door de toediening van compost zo sterk verbeterd wordt. Toch bevat compost maar weinig instabiele humus en heeft zelfs een laag gehalte aan organische stof. De werking moet mijns inziens vooral gezocht worden in een verbetering van de macro-structuur, daar aan de grond een nieuwe poreuze component wordt toegevoegd. Daardoor zal de waterhuishouding sterk verbeteren, en dus de gehele fysische toestand van de grond, die op haar beurt weer invloed heeft via allerlei reacties op de aggregaat- en vlokstructuur; men bedenke hierbij, dat de compost ook zeer kalkrijk is. Ook stalmest en groene mest hebben deze werking, maar hun voornaamste effect ligt toch op het eerder genoemde terrein.

Ook is nog een ander neveneffect te vermelden. De compost bevat een groot aantal sporenelementen en dit is van groot belang.

Er zullen bij slechte omstandigheden hogere eisen aan de hoeveelheid van de sporenelementen gesteld worden dan bij een fysisch goede grond. Het is dan ook geen wonder, dat de honger- of gebreksziekten zich dikwijls bij voorkeur laten zien op gronden met slechte profielen. Ook het nog niet zo lang geleden ontdekte verschijnsel aan vruchtbomen, dat MULDER voorlopig aan zinkgebrek toeschrijft, werd, zoals me ver-

teld werd, gevonden op kalkrijke grond met een zeer slecht profiel.

Het is goed hierbij ook te denken aan het gehalte aan sporenelementen van de stalmest. Dit wordt meestal verwaarloosd, omdat het in % uitgedrukt zo klein is (tabel 1).

TAB. 1. SPORENELEMENTEN IN STALMEST

Gehalte	Per 40.000 kg	aequivalent met
Mn 0,005 %	2 kg Mn	10 kg mangaansulfaat
Cu 0,0005 %	200 gr Cu	8 kg kopersulfaat
B 0,0003 %	120 gr B	1 kg borax

Toch zijn dit omgerekend nog aanmerkelijke hoeveelheden, want ook bij een chilibemesting, die om het boriumgehalte geroemd wordt, draagt dit bij een gift van 400 kg/ha maar 120 gr. B. Dat deze kleine concentraties even werkzaam zijn, dan die hoeveelheden, welke men als zuiver zout gebruikt, moet wel gezocht worden in de betere verdeling door de grond.

Dikwijls zal, vooral als de bedekkende laag komklei op het zand te dik is, alleen organische bemesting niet voldoende zijn. Het is dan nodig om ook andere maatregelen te nemen. Een mogelijkheid zou gevonden kunnen worden in een bezanding van de klei, door wat van het onderliggende rivierzand naar boven te brengen. In de Osse polders gaat men hiermede proeven nemen. We hebben op het laboratorium hierover een onderzoek lopen en gaan na hoe de eigenschappen van de klei veranderen als er bepaalde hoeveelheden zand worden doorgemengd, om zo de vermoedelijk meest juiste verhouding, die de practijk moet trachten te benaderen, vast te stellen. Dit probleem ligt op de grens van de landbouwscheikunde, tenminste wat de uitvoering betreft.

5. ENKELE SCHEIKUNDIGE VRAAGSTUKKEN

Er zijn naast de fysische problemen ook wel scheikundige vraagstukken, die zich op de aard van de bodem toespitsen. Meestal is het dan echter niet een vraagstuk van een type, maar meer een vraagstuk uit een grotere groep bodems, een bodem-familie of landschap. Als typisch vraagstuk van een bodemtype, zou men de behandeling van de *katteklei* kunnen noemen. Hier is echter niet veel aan te doen door bemestingsmaatregelen.

We hebben ter oriëntering enige malen bepaald hoeveel kalk men aan een dergelijke grond zou moeten toevoegen om een dragelijke kalktoestand te verkrijgen. Hierbij kwamen we tot hoeveelheden, die tussen de 100.000 en 200.000 kg landbouwkalk lagen. Dit is niet te verwezenlijken, daar het veel te kostbaar wordt. Men moet deze laag liefst maar

zo diep mogelijk wegstoppen. In sommige gevallen, waar door slordig werken bij herontginning pleksgewijze kateklei naar boven was gekomen, kan een bekalking als de plekken niet te groot zijn nog wel worden toegepast. In één van de door ons bezochte gevallen, heeft de boer veel succes met schuimaarde gehad, maar hij had voor deze plekken dan ook hoeveelheden gebruikt, die overeenkomen met de bovengenoemde cijfers.

Het vraagstuk over de keuze van de kalkmeststof voor humushoudende zandgronden en voor kleigronden, dat ook met de bodemfamilie samenhangt behoeft hier niet uitgewerkt te worden, het is voldoende bekend.

Wel moet er gewezen worden op een veel voorkomende merkwaardige coïncidentie van de chemische samenstelling van *slechte plekken van een akker*. Bij het chemisch onderzoek blijken deze meestal zeer rijk aan voedingsionen te zijn, en rijker dan de goede plekken. Nu is het wel zo, dat als de planten slecht groeien ze minder opnemen, maar de oorzaak moet veel meer gezocht worden bij de boer, die de slechte plekken van een extra gift mest voorziet. Het is maar een weet, want men kan ook bij voorkomende gevallen de conclusie trekken, zonder de grond gezien te hebben, dat op de eerste plaats een onderzoek naar het profiel moet worden ingesteld.

We kunnen het probleem ook nog op een andere manier stellen en ons de vraag voorleggen of er speciale bemestingsmaatregelen mogelijk zijn bij te droge en bij te natte gronden. Bij de *te natte gronden* is het dan een kwestie van maatregelen om zo zuinig mogelijk met de zuurstof om te gaan. In de literatuur zijn gegevens vermeld (ARNON, 1937), dat de aëratie van een waterculture van veel minder belang is, indien met nitraat, dan wel met ammoniumzouten wordt gewerkt. Ook is het bekend, dat de toepassing van sporenelementen en in het bijzonder van koper en mangaan minder eisen aan de aëratie van waterculture stelt. We zouden hieruit willen concluderen, dat het zeker raadzaam is, deze effecten op natte gronden nog eens uitvoerig te bestuderen. Men moet echter voorzichtig zijn, daar natte organische stofhoudende alkalische gronden aanleiding tot reductie van het nitraat kunnen geven.

Bij de *droge gronden* moet de bemestingsmaatregel ingesteld worden op een zo zuinig mogelijk gebruik van het water door de plant. Het is bekend (SCHMALLFUSZ) dat een goede evenwichtige kaliumvoorziening van de plant, een eis is om een zo efficiënt mogelijk waterverbruik van de plant te verkrijgen. Bij deze gronden moet dus speciaal een *juiste* kalivoorziening nog eens uitvoerig bestudeerd worden. Want de kalivoeding van de plant is niet alleen een probleem van kaligift, maar tevens een van de andere voedingsstoffen.

6. KALIFIXATIE IN RIVIERKLEIGRONDEN

Onze rivierkleigronden zijn alle gekenmerkt door de eigenschap, dat ze het kaliumion in een moeilijk opneembare vorm vastleggen. Ze zijn kalifixerend; een verschijnsel, waarover Dr VAN SCHUYLENBORGH (hoofdstuk VII) reeds een en ander mededeelde. We hebben ons dus af te vragen, welke maatregelen we nemen kunnen om dit lastige verschijnsel tot een minimum te beperken.

Er zijn verschillende mogelijkheden om in de bemesting variatie aan te brengen, zoals in de keuze en de tijd van aanwending van de kalimeststof en de keuze van de andere meststoffen. Deze mogelijkheden zullen we achtereenvolgens nagaan.

Als we een *minerale kalimeststof* kiezen, dan kunnen we de fixatie zo klein mogelijk houden, door de inwerkingsduur van de meststof op de grond zo kort mogelijk te houden. Dat wil dus zeggen, dat we een zo laat mogelijke toediening zullen voorschrijven. Liefst zelfs nog een gift in een paar malen, om de concentratie van het kaliumion in de bodemoplossing zo klein mogelijk te houden. Dus het toepassen van een overbemesting in twee of drie keer is hier een aangewezen weg. Dit brengt uit de aard der zaak moeilijkheden met zich mede, in verband met arbeidskrachten en kosten, die dan tegen de landbouwscheikundige voordelen moeten worden afgewogen.

Behalve in de tijd van toepassing kunnen we ook nog een keuze doen uit het sortiment van kunstmeststoffen, dat wordt aangeboden. Hieruit is dan te kiezen een meststof met een laag gehalte aan kalium, dus bijvoorbeeld K-20, of een ruw kalizout, eventueel patentkali.

We hebben in de voordracht van Dr VAN SCHUYLENBORGH (hoofdstuk VII) al gezien, dat de fixatie van het kaliumion afhankelijk is van de adsorptie, omdat er een evenwicht tussen geadsorbeerd en gefixeerd kalium is, een waarneming, die het eerst door BARTHOLOMEW en JANSSEN (1931) beschreven is en later vele malen bevestigd werd. Dat wil zeggen, dat er door naast het kalium andere ionen toe te dienen een kleinere adsorptie plaats heeft, dus ook een kleinere fixatie. Experimenteel is dit voor de verhouding van het kalium en het calciumion nagegaan door JOFFE, die tot de conclusie kwam, dat uit mengoplossingen van Ca en K steeds minder K gefixeerd wordt als deze verhouding hoger wordt.

Zelf hebben we vroeger in samenwerking met Ir PLANJE proeven genomen over de invloed van de K en Na verhouding in de oplossing en die in het complex, waaruit ook blijkt, dat door deze verhouding te verminderen de geadsorbeerde hoeveelheid kalium kleiner wordt (zie tabel 10). Deze proeven werden toevalligerwijze met een K-fixerende grond genomen. Passen we dit gegeven nu toe op de keuze van de meststof, dan moeten we concluderen, dat de fixatie uit K-20 kleiner zal zijn dan die

uit K-40. Want de hoeveelheid begeleidende kationen is in het eerste geval groter dan in het tweede. De adsorptie zal relatief genomen ongeveer tot 80 % afnemen en de fixatie evenredig (zie tabel 11).

TAB. 10.

Mengverhouding oplossing	Relatieve K-adsorptie
10 k	100
8 K + 2 Na	95
6 K + 4 Na	90
4 K + 6 Na	80
2 K + 8 Na	65
1 K + 9 Na	45

TAB. 11.

Kalizout	Verhouding K & Na	Relatieve adsorptie	Relatieve fixatie
K-20	3 K + 7 Na	83	80
K-40	6 K + 4 Na	100	100

Is de toepassing van kalizout als gevolg van het chloorgehalte niet mogelijk, dan is ook patentkali te gebruiken, daar deze ook een laag gehalte aan kalium heeft. De toepassing van zouten met een hoog gehalte is echter vanuit het standpunt der K-fixatie steeds af te raden.

Ook het gebruik van *rijenbemesting* kan hier mogelijkheden bieden. De indruk uit de literatuur is, dat deze bij fosfaat de meeste successen heeft. We moeten hierover experimenteren, want dit kan enerzijds wijzen op een te verwachten gunstig resultaat, immers fosfaat is ook een ion, dat sterk gefixeerd wordt. Anderzijds is het gevolg van de hoge concentratie van een gemakkelijk oplosbaar zout een factor, die niet te overzien is.

Een andere mogelijkheid voor de toediening van kalium vinden we in de *stalmest*. Deze heeft enkele voordelen boven de anorganische mest ook ten opzichte van het fixatieprobleem. Ten eerste is de kalium in de stalmest ten dele reeds geadsorbeerd aan de organische stof, die in de stalmest voorkomt, waardoor de binding met de klei iets kleiner zal blijven dan bij de toevoeging van een zout. Men moet zich echter hier niet al te veel van voorstellen, want de kalifixerende gronden hebben een grote preferentie voor de absorptie van kalium. Een ander voordeel is de verbetering van de structuur van de grond. Door het toedienen van stalmest wordt de water- en luchthuishouding beter, waardoor de wortelgroei toeneemt met het gevolg, dat er een groter worteloppervlak is en dus meer plaatsen van de grond door de plant bereikt worden. De gefixeerde kalium is wel moeilijk voor de plant opneembaar, maar onder gunstige omstandigheden kan de wortel zelfs uit kalimineralen flinke hoeveelheden kalium opnemen. Dit werd onder andere door HOAGLAND

en MARTIN (1933) en door WIESSMAN en LEHMANN (1934) aangetoond. Al deze proeven werden gedaan in potten en we weten wel, dat dan de groeivoorwaarden zeer goed zijn. Hierover zou als voorbeeld aangehaald kunnen worden, dat het niet lukt met een grond, die ontginningsziek is, het eerste jaar in potten de verschijnselen van koperhonger op te wekken. Men moet dan de grond opnieuw uitputten. Zo is het ook met het kalium, dat in minerale vorm gebonden is. Deze kan onder gunstige fysische omstandigheden wel voor de plant ter beschikking komen.

Men kan en moet ook met de keuze van de gewassen rekening met deze kwestie houden, daar de ene plant (b.v. biet) veel gemakkelijker kalium kan opnemen dan de andere (b.v. aardappel). Stalmest heeft het voordeel, dat de gehele groeivoorwaarden voor de plant beter worden, zodat eventueel gefixeerde kalium beter kan worden opgenomen.

Een volgende vraag is of met andere meststoffen ook nog wat bereikt kan worden om de fixatie tegen te gaan of/en de opname van de gefixeerde kalium te bevorderen. In de eerste plaats komt hier de *stikstofbemesting* voor in aanmerking. Daar het ammoniumion practisch even groot is als het kaliumion, was te verwachten, dat er naast een kaliumfixatie ook een ammoniumfixatie zal optreden. De experimenten, die op ons laboratorium genomen zijn, mede in samenwerking met Ir DOMINGO (1944) te Kampen, en die ook in de literatuur voorkomen, hebben dit geheel bevestigd. Er is een duidelijke ammoniumfixatie, die wel iets anders verloopt dan de kaliumfixatie, zij is bijvoorbeeld veel sneller en in de meeste gevallen iets kleiner, maar heeft er toch zeer veel mee gemeen. Over de betekenis van de NH_4 -fixatie voor de practijk hebben we een onderzoek ingesteld; het is echter prematuur hierover reeds mededelingen te doen. Met de stikstofbemesting kunnen we hier gebruik van maken. Passen we nl. deze bemesting toe met een ammoniumzout en tegelijk of liefst nog vóór de kaliumbemesting, dan kunnen we een deel van de kalifixerende plekken bezetten met ammoniumion en dus aan de kalifixatie onttrekken. Deze ammoniak zal wel in de loop van het jaar gaan nitrificeren, zodat we de grond uiteindelijk niet minder fixerend maken, maar we krijgen toch een tijdelijke opheffing van de vastlegging van het kalium. Een stikstofbemesting in het najaar met zwavelzure ammoniak zou om deze redenen de aangewezen bemesting zijn. Deze is echter gebonden aan niet te zure gronden.

We kunnen ons ook afvragen of we met de stikstofbemesting ook de opname van het gefixeerde kalium kunnen bevorderen. Dit is mogelijk door de toediening van nitraat. Want de algemene eigenschap van nitraatmeststoffen is de bevordering van de opname der kationen. Het is moeilijk om in deze kwestie een beslissing te nemen vanuit het laboratorium. We staan ook hier weer voor het feit, dat we wel de richting van de

werking kunnen bepalen, maar niet het uiteindelijk effect in de praktijk. Proefvelden zullen over deze kwestie moeten beslissen. Deze zijn dan ook inderdaad aangelegd. Met Ir DE ROOIJ, de toenmalige waarnemende consulent in Breda werden een aantal proefvelden aangelegd in het Land van Heusden en Altena om deze kwestie te bestuderen. Het resultaat is de eerste jaren niet groot geweest. De opbrengsten waren zo onregelmatig, dat er geen duidelijke conclusie te trekken was. Het onderzoek van het gewas, dat nog moet volgen, heeft kans nog wat licht op deze zaak te werpen.

We hebben met deze proefvelden tevens een tweede kwestie trachten te bestuderen, die voor de kalifixatie van groot belang is, namelijk de *invloed van de bekalking*. Het is gebleken, dat bij verhoging van de pH van de grond de fixatie toeneemt, ook weer een gevolg van een sterkere K-absorptie. Nu hebben de gronden in het Land van Heusden en Altena dikwijls een te grote zuurgraad, zodat voor de verbetering tevens bekalking gewenst was. Hiervan is echter het gevolg een versterkte fixatie van het kalium, maar ook een verbetering van de structuur, die de opname van het kalium weer in zulke mate zou kunnen bevorderen, dat uiteindelijk een verbetering van de kalktoestand gunstig zou zijn. Ook hier moet het proefveld weer beslissen en we wachten de resultaten af.

Ik meen U met deze uiteenzetting enkele gedachten gegeven te hebben over het praktische probleem van de kaliumfixatie, maar ik kan tot mijn spijt nog niet met voldoende positieve resultaten aankomen, daarvoor is nog veel onderzoek nodig.

Het zou onvolledig zijn als er bij de kalifixerende gronden ook nog niet iets ten opzichte van het *phosphaat* zou zijn op te merken. We weten immers, dat het op de verhoudingen van alle ionen aankomt. Nu zijn er allerlei aanwijzingen, dat een hoge fosphaattoestand van de grond ten gevolge heeft, dat er in het bijzonder aan de kalitoestand zeer hoge eisen gesteld worden. Dit heeft voor ons de consequentie, dat bij de kalifixerende gronden zo zuinig mogelijk met het fosphaat moet worden omgesprongen.

Samenvattend zou het *bemestingsadvies voor de kalifixerende gronden* dus voorlopig als volgt moeten luiden. Een kalizout met laag gehalte, zo laat mogelijk aangewend, of beter nog stalmest; de stikstofbemesting indien nodig in de vorm van een ammoniumzout en zo vroeg mogelijk aangewend; met de kalkbemesting zo zuinig mogelijk zijn en bij een kalktekort met zeer kleine hoeveelheden langzaam aan bijkalken; met het fosphaat zo zuinig mogelijk omgaan.

Op de fosphaatbemesting van de ijzerhoudende gronden behoef ik, na hetgeen in de voordracht van Dr VAN SCHUYLENBORGH (hoofdstuk

VII) behandeld is, niet nader in te gaan, zodat we op het ogenblik naar onze mening de belangrijkste aspecten besproken hebben.

Er is nog veel onderzoek nodig, voor de richtlijnen voor het bemesten van bepaalde bodemtypen in detail zijn uitgewerkt en ik stel het daarom op prijs te verklaren, dat door de prettige samenwerking met de Stichting voor Bodemkartering, de uitwerking van dit probleem ten zeerste wordt versneld.

LITERATUUR

- ARNON, D. I., Ammonium and Nitrate nitrogen Nutritions of Barley at different seasons in Relation to Hydrogen Ions concentration, Manganese, Copper and Oxyden Supply. *Soil Sci.*, **44**, p. 91. (1937)
- BARTHOLOMEW, R. P. en JANSSEN, G., Rate of absorption of Potassium by plants and its possible effect on the amount of potassium remaining in soils from applications of potassium fertilizers. *Ark. Agric. Exp. Sta. Bull.* **256**. (1931)
- CLEVERINGA, O. J., De betekenis van organische mest voor het behoud van de vruchtbaarheid der cultuurgronden. Zutphen. z.j.
- DOMINGO, W. R., Over de vastlegging (fixatie) van kali in de grond. *Landbouwk. T.*, **56**, p. 150. (1944)
- HAMMING, G., Graphische verwerking van een Fischerproef. *Landbouwk. T.* **59**, p. 496. (1947)
- HAUSER, G. F., Die nichtaustauschbare Festlegung des Kalis im boden. Diss. Wageningen. (1941)
- HOAGLAND, D. R. en MARTIN, J. C. Absorption of potassium by plants in relation to replaceable, non-replaceable and soil solution potassium. *Soil Sci.*, **36**, p. 1 (1933)
- JOFFE, J. S. en LEOMI, A. K., Fixation of Potassium in Relation to Exchange capacity of soils. III. Factors Contributing to the Fixations Process. *Soil Sci.*, **63**, p. 241. (1947)
- MULDER, D. Ziekteverschijnselen bij vruchtbomen. *De Tuinbouw*, **2**, p. 305. (1946).
- SCHMALFUSZ, K., Das Kalium. München, 1936. (1936)
- SCHUFFELEN, A. C., De grondslagen van het bemestingsadvies. Openbare les. Wageningen. (1947)
- SCHUYLENBORGH, J. VAN, A study on soil structure. Diss. Wageningen (1947).
- WIESSMANN, H. S. en LEHMANN, W., Untersuchungen über die Kationen, insbesondere Kaliumaufnahme durch die Pflanzen. *Ztschr. Pflanzenernähr. Bodenk.* **A35**, p. 129. (1934)

XII. LANDCLASSIFICATIE

De bodemkartering van Nederland is gedurende de laatste jaren op dreef gekomen. Onze kennis van de Nederlandse bodem breidt zich thans snel uit. In verschillende publicaties hebben wij ons met de resultaten van de bodemkartering beziggehouden en wij verwijzen de lezer daartoe naar het onlangs verschenen „Boor en Spade I” (N.V. A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij, Utrecht 1948), waarin de in de literatuur verspreide bijdragen over de bodemkartering van Nederland zijn herdrukt. Het tweede deel van „Boor en Spade” is thans in druk, terwijl het derde deel bijna afgesloten is ¹. De onderscheidene artikelen in de genoemde banden van „Boor en Spade” geven een indruk van de veelzijdigheid van de conclusies van de bodemkartering. Zonder de meer theoretische kanten van de bodemkartering te willen achterstellen bij de meer praktische, menen wij toch, dat de Nederlandse land- en tuinbouw overwegend gebaat zijn bij de land- en tuinbouwkundige toepassingen van de bodemkaarten.

De bodemkartering leidt tot een indeling van de gronden in bodemtypen. Tot een bodemtype worden verenigd alle gronden met een binnen enge grenzen gelijk *bodemprofiel*. Geen twee gronden zijn precies aan elkaar gelijk, maar het is de bedoeling van de bodemkundige indeling, dat de tot één bodemtype verenigde gronden voor wat betreft de ontwikkeling van de gewassen, die op de gronden kunnen worden verbouwd, dezelfde eigenschappen hebben.

Bij de eigenschappen bepaalt de kartering zich tot de meer blijvende. Groeifactoren, die de grondgebruiker gemakkelijk kan beïnvloeden, zoals de chemische vruchtbaarheid, worden in de kaarten alleen in extreme gevallen verwerkt.

Het bodemtype van de Nederlandse bodemkaarten is dus mede bedoeld als een maat voor het *producerend vermogen* van de gronden onder gunstige bedrijfsomstandigheden. Een gewas, dat niet volgens de eis verzorgd is, is geen maatstaf voor het producerend vermogen van de gronden. De beoordeling van het land door de bodemkartering richt zich dus naar wat er redelijkerwijze groeien kan en niet naar wat er thans groeit.

Door deze wijze van beschouwing van de gronden leidt de bodemkundige indeling tevens tot wat men elders noemt de *landclassificatie*.

Landclassificatie is het indelen van land in klassen volgens één of ander kenmerk. De keuze van het kenmerk hangt van het doel van de

¹ Boor en Spade II verscheen in Dec. 1948, deel III is thans (Juli 1949) ter perse.

landclassificatie af. In een belangrijk werk „Landclassification in the United States” (National Resources Planning Board, Washington D.C. 1941) onderscheiden de schrijvers dan ook vijf verschillende vormen van landclassificatie, onderling zeer verschillend, afhankelijk van de bedoeling van het werk. De vijf vormen zijn de volgende:

1. Landclassificatie naar aanleiding van inhaerente eigenschappen.
2. Landclassificatie naar aanleiding van het huidige bodemgebruik.
3. Landclassificatie naar aanleiding van gebruiksmogelijkheden.
4. Landclassificatie naar aanleiding van aanbevolen grondgebruik.
5. Landclassificatie als onderdeel van de uitvoering van een programma van veranderingen van het grondgebruik.

De eerste vorm, die van de inhaerente eigenschappen, classificeert en karteert de eigenschappen van het land, die het van nature heeft, dus: grond, klimaat, helling, expositie, enz. Een dergelijke classificatie berust dus op in het terrein waarneembare eigenschappen.

De bodemkartering, zoals die in Nederland en in de meeste andere landen beoefend wordt, is dus een landclassificatie van de eerste soort. Hoewel er enig verschil bestaat tussen verschillende methoden van bodemkartering hebben ze alle met elkaar gemeen, dat het resultaat statisch is. De grond verandert, catastrophen voorbehouden, in de loop der jaren niet of zeer weinig. Landclassificaties van de eerste soort gelijken dus alle op elkaar.

De classificaties van de tweede soort, die op het huidige bodemgebruik berusten, blijken veel meer uiteen te lopen. Het genoemde Amerikaanse rapport geeft talrijke voorbeelden van deze variatie. Zo maakt men kaarten van het bodemgebruik in engere zin, van bedrijfstypen, bedrijfs-grootten, grondwaarden, vruchtwisselingssystemen etc. Onze topografische kaarten 1 : 25.000 vormen reeds een eenvoudig voorbeeld van een landclassificatie van dit type.

Vorm 3 heeft betrekking op de *mogelijkheden van bodemgebruik* (use capabilities). De voornaamste vraag, waarop deze kaarten antwoord geven, luidt:

- a. Wat is het waarschijnlijk resultaat indien een bepaald terrein voor een bepaald doel wordt gebruikt?

Een tweede vraag, die kan worden gesteld, maar die wij hier niet verder zullen bespreken, luidt:

- b. Welk bodemgebruik is nodig om een bepaald resultaat te verkrijgen?

Het is duidelijk, dat de vorm 3a aanleiding kan geven tot verschillende kaarten. Zo kan men bergland beoordelen en classificeren uit het oogpunt van houtteelt, van recreatie of naar de geschiktheid om er een water-reservoir voor electriciteitswinning aan te leggen. Voor de bosbouw kan

het gebied slecht zijn, als recreatieterrein zeer goed, voor electriciteitswinning middelmatig. In een dergelijk geval zijn de verschillende beoordelingen onafhankelijk van elkaar en de beoordeling is individueel.

Men kan de beoordeling volgens de vorm 3a in een relatieve schaal onderbrengen, of een quantitatieve basis nastreven. Gesteld, dat men de bouwlanden in eerste-, tweede- en derde-rangs bouwlanden onderverdeelt, zo kan dat globaal geschieden door de goede en de slechte bouwlanden van elkaar te onderscheiden en daarbij een tussengroep toe te laten. Men kan ook de nauwkeurigheid nastreven om de productiviteit in een geschatte mogelijke opbrengst of kwaliteit uit te drukken.

In feite berust de classificatie volgens de vorm 3a op de kennis van de natuurlijke kwaliteiten van het land en op het verband tussen deze eigenschappen en de ontwikkeling van bepaalde gewassen. Kort gezegd gaat het dus om de betrekking grondgesteldheid, mogelijk grondgebruik.

Een vierde vorm van landclassificatie bestaat uit het aanduiden van de meest gewenste en aanbevolen vorm van bodemgebruik. Deze aanbeveling introduceert in de besproken reeks van vormen van landclassificatie voor het eerst een zuiver economisch element. Immers, uit de verschillende mogelijkheden kiest men de meest wenselijke en die wenselijkheid zal veelal op economische motieven berusten.

Een bekend Nederlands voorbeeld van een landclassificatie van de vierde soort vormt het Agrarisch Bestemmingsplan van de Bommelerwaard. Dit plan vormt een conclusie over de meest gewenste indeling van het gebied, niet alleen wat betreft het bodemgebruik, maar ook de grootte en de aard van de bedrijven.

De vijfde vorm van landclassificatie gaat nog weer een stap verder, doordat ze de bevoegdheid veronderstelt om het opgemaakte plan ook te verwezenlijken. In zekere zin vormt de indeling van onze Zuiderzeepolders een voorbeeld van deze vijfde vorm van landclassificatie.

Men ziet, dat de aangegeven opeenvolging logisch is. De eerste vorm is wel belangrijk, maar laat nog geen directe conclusie toe. De tweede vorm analyseert het bestaande bodemgebruik, de derde onderzoekt de mogelijkheden, de vierde treft de keuze en de vijfde betreft de uitvoering van de conclusie.

Wij willen thans duidelijk maken, dat de landclassificatie die wij beogen, behoort tot de derde categorie, en wel tot de besproken vorm 3a. Wij wezen er op, dat de door de bodemkartering onderscheiden bodemtypen bedoeld zijn als eenheden, waarbinnen de landbouwkundige waarde van de gronden niet meer varieert. Als maat voor de productiviteit van het land kozen wij niet de gemiddelde opbrengst, maar de opbrengst die goede boeren op het land kunnen bereiken, anders gezegd, de *mogelijke* opbrengst. Wanneer deze mogelijke opbrengsten op ieder bodemtype be-

kend zijn of geschat kunnen worden, zo ontstaat vanzelf een groepering van de bodemtypen tot *landklassen* en is een indeling van het terrein verkregen volgens de hierboven beschreven vorm 3a.

Verscheidene medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering hebben zich reeds op deze vorm van landclassificatie toegelegd en in de in druk zijnde rapporten over de door hen gekarteerde gebieden zal men uitvoerige gegevens over deze wijze van indeling van dit land vinden.

De eerste Nederlandse landclassificatie-kaart volgens de vorm van 3a van het Amerikaanse schema is door Dr Ir W. J. VAN LIERE (1948) gemaakt en betreft het Westland. De kaart is reeds tijdens vele voordrachten en excursies getoond en is thans in druk verschenen. Zij deelt de gronden van het Westland in enkele groepen in, waarvan de voornaamste zijn:

1. Gronden, uitnemend geschikt voor alle glascultures, in het bijzonder voor de fruitteelt onder glas en voor de groententeelt onder glas.
2. Gronden, middelmatig geschikt voor de fruitteelt onder glas, maar uitnemend geschikt voor de groententeelt onder glas.
3. Gronden, weinig geschikt voor de fruitteelt onder glas, en middelmatig geschikt voor de groententeelt onder glas.
4. Gronden, weinig of niet geschikt voor de Westlandse glascultures.

Men ziet, dat deze indeling geheel is aangepast aan niet meer dan twee groepen van teelten. De geschiktheid voor andere teelten, b.v. bouwland of grasland, kan niet van de kaart worden afgelezen. Daartoe hadden andere kaarten kunnen worden samengesteld, hetgeen niet is geschied, omdat de glastuinbouw in het Westland van zo overheersende betekenis is, dat de kartering van Dr W. J. VAN LIERE daarop speciaal gericht is geweest.

De waardering van de productiviteit van de verschillende Westlandse bodemtypen is gebaseerd op een uitgebreid onderzoek naar de opbrengsten van talrijke uitgezochte bedrijven, die technisch op hoog peil stonden. De normen, die Dr W. J. VAN LIERE aanlegde, zijn dan ook veel hoger dan de in het Westland gebruikelijke. Wat in het Westland goed wordt genoemd, is in de landclassificatie middelmatig geworden. De landclassificatie was bedoeld als een studie van mogelijkheden en die zijn vaak groter dan hetgeen door de tuinders bereikt is.

De tweede landclassificatie is door Ir J. SCHELLING tot stand gebracht tijdens de kartering van Groesbeek. Dit gebied bestaat grotendeels uit loessleemgronden van goede kwaliteit, maar de landbouw staat er niet op hoog peil en de gelegenheid om vast te stellen wat goede boeren op diverse bodemtypen zouden kunnen verbouwen, ontbrak. De groepering van de bodemtypen tot landklassen heeft in dit geval dan ook meer het karakter van een vergelijkende schaal, zonder dat het mogelijk was, deze schaal op afdoende wijze te ijken. Ir J. SCHELLING ontwierp een afzonder-

lijke indeling voor fruit, bouwland en grasland en stelde voor ieder van deze indelingen een afzonderlijke kaart samen. De eerste kwaliteit, b.v. voor bouwland, omvat de vochthoudende oude bouwlanden op de loessleem. De tweede kwaliteit vat samen de minder vochthoudende loessleemgronden en de vochtige oude bouwlanden op zandgrond. De derde en minste groep wordt gevormd door de droge jonge ontginningsgronden op zand, welke terreinen armelijk bouwland opleveren. Ongeschikt zijn de natte lage gronden.

Ieder perceel heeft dus een beoordeling verkregen zowel voor fruit als voor bouw- en grasland en bepaalde terreinen kregen een gunstige beoordeling voor verschillende doeleinden. Dit feit is typerend voor de door onze groep van bodemkundigen nagestreefde landclassificatie. Er wordt wel een oordeel uitgesproken over diverse mogelijkheden maar geen keuze getroffen. Anders gezegd: de beoordeling van het land naar de geschiktheid b.v. voor de fruitteelt betekent geen advies om het fruit ook inderdaad te planten. Indien op alle Nederlandse gronden, die voor de fruitteelt geschikt zijn, inderdaad fruit zou worden geplant, zo zouden er niet alleen geen handen genoeg zijn om het fruit te verzorgen, maar ook geen monden om het te consumeren. Het al of niet aanplanten van fruit wordt niet alleen bepaald door de geschiktheid van de grond, maar tevens door tal van andere overwegingen, grotendeels van economische aard, waarover de bodemkundige geen oordeel mag uitspreken.

De landclassificatiekaarten van Groesbeek, die begin 1949 gepubliceerd zullen worden, geven een goede indruk over de grenzen, die de bodemkundige zich in zijn werk moet stellen. De eigenschappen van de gronden zelf behoren uiteraard geheel tot zijn studiegebied. Daarnaast streven wij naar een zo goed mogelijk inzicht in de geschiktheid van de gronden om een bepaald gewas voort te brengen en wij rekenen het verband grond-plant nog tot de bodemkunde. Nog een stap verder gaan en het meest gewenste bodemgebruik aanduiden zou echter betekenen een oordeel over economische kwesties, op welk gebied de bodemkundige niet meer bevoegd is.

De economische omstandigheden wisselen en daarmee het bodemgebruik, maar de geschiktheid van de gronden om er bepaalde resultaten op te bereiken, blijft dezelfde, ondanks de wisselingen in de conjunctuur.

Na deze uitweiding over de begrenzing van het bodemkundig onderzoek willen wij een derde voorbeeld van landclassificatie door de Stichting voor Bodemkartering behandelen en wel de door Ir J. C. F. M. HAANS ontworpen bodemgeschiktheidsindeling van het gebied rond Bergen op Zoom en wel speciaal in verband met de tuinbouw.

Dit gebied loopt in samenstelling uiteen van stuifzand tot zware zee-klei, terwijl de Bergense tuinbouw zich toelegt op de teelt van talrijke

gewassen en daarbij van allerlei bodemgesteldheden gebruik maakt. Van een dominerende teelt kan niet worden gesproken, hoewel de vroege aardbeien en de asperges de bekendste producten zijn. Geen Bergens bedrijf is echter compleet, indien het niet een ruime variatie van producten aan de markt brengt. Op deze redenen was het niet mogelijk, de landclassificatie te richten op één enkel doel van overheersende betekenis, zoals dat in het Westland het geval was.

De landclassificatie van het Bergense gebied heeft de vorm verkregen van een grote tabel. Verticaal zijn uitgezet de onderscheiden bodemtypen, ongeveer 20 in getal, terwijl horizontaal zijn opgenomen de belangrijke teelten en wel bladgroenten (spinazie, sla, andijvie), knolselderie, worteltjes, prei en rode bieten, aardbeien, bonen, erwten, witlof, frambozen en bessen, appels en peren, kersen en tenslotte asperges, in totaal dus 12 kolommen. In de 240 vakjes van de tabel is de geschiktheid van de bodem voor de met name genoemde gewassen aangeduid in een vergelijkende schaal: zeer geschikt, geschikt, ongeschikt. Iedere onderscheiding van de bodemkaart is dus twaalf maal beoordeeld en de tabel geeft dezelfde inlichtingen als twaalf bodemgeschiktheids- of landclassificatiekaarten. De tabel is dus als het ware de tuinbouwkundige sleutel tot het lezen van de bodemkaart.

De publicatie van het onlangs afgesloten rapport van Ir J. C. F. M. HAANS zal nog wel geruime tijd op zich laten wachten, in verband met het enigszins delicate karakter van de ruimtelijke problemen rondom Bergen op Zoom, zodat het ons juist leek, er op deze plaats iets uitvoeriger op in te gaan.

De bodemgeschiktheids-tabel van Bergen vertoont een zekere gelijkenis met de „Productivity ratings”, die men in alle nieuwere rapporten van de U.S. Soil Survey kan vinden. Deze productivity ratings hebben reeds een gehele ontwikkeling doorgemaakt. Zij geven thans weer de opbrengst, die een goede boer van een bepaald gewas op het betreffende bodemtype in een gemiddeld jaar kan bereiken. Een bepaalde standaardopbrengst = 100 stellend, schat men de te verwachten opbrengst in procenten, dus 70, ook wel 115 %. In enkele tabellen schat men afzonderlijk voor middelmatige en zeer goede bedrijfsleiding. Dit laatste zou in Nederland voor het grasland van veel belang kunnen zijn.

In de U.S.A. heeft men met de „productivity ratings” reeds veel ervaring opgedaan. Wij trachten thans onze ervaring in de landclassificatie aan het landbouwkundig onderzoek in Nederland dienstbaar te maken.

Alvorens in te gaan op enkele andere werkzaamheden op het gebied van de landclassificatie, die thans door de Stichting voor Bodemkartering worden ondernomen, is het wenselijk, eerst nog enige algemene opmerkingen te maken.

De landclassificatie in de door ons gekozen vorm berust op de resultaten, die bij goede bedrijfsleiding kunnen worden verkregen. Zij veronderstelt dus, dat de bodemkundige verstand heeft van alle teelten, waarmede hij te maken krijgt. Het zal iedere lezer duidelijk zijn, dat dit een zware en in eerste instantie nauwelijks redelijke eis is. De bodemkundige is echter niet alleen op de wereld. Nederland beschikt over talrijke deskundigen op speciale onderdelen van de plantenteelt en het zou dwaas zijn, van een bodemkundige te verlangen, dat hij evenveel of zelfs meer van alle teelten tezamen zou weten, dan de bij uitstek deskundigen van een bepaald onderdeel. Niets ligt meer voor de hand, dan de landclassificatie te beschouwen als het terrein, waarop de deskundigen van de verschillende teelten samenwerken met de bodemkundigen. In de door ons reeds genoemde voorbeelden is dat ook gebeurd. Dr W. J. VAN LIERE werkte in het Westland intensief samen met de Proeftuin van het Zuid-Hollands Glasdistrict en de grote kennis van de tuinbouw onder glas van Ir J. R. RIEMENS en zijn staf, is als het ware verwerkt in de bodemgeschiktheidskaart van het Westland. Ir J. C. F. M. HAANS werkte in Bergen nauw samen met Ir H. J. A. SLITS, Rijkstuinbouwconsulent te 's-Hertogenbosch en met Dr Ir F. W. G. PIJLS, Rijkstuinbouwconsulent voor Bodemaangelegenheden te Wageningen en de verantwoordelijkheid van het betreffende hoofdstuk in het Bergens rapport zal mede door de eerste van genoemde consulenten worden gedragen. Op deze weg voortgaande menen wij de landclassificatie in Nederland zo goed mogelijk in de bestaande kennis te verankeren.

Het lijkt ons van groot belang, dat de landclassificatie zo spoedig mogelijk een kwantitatieve grondslag verkrijgt. Daartoe zullen de opbrengsten van goed geleide bedrijven zorgvuldig moeten worden bestudeerd. De boekhoudgegevens van Nederlandse land- en tuinbouwbedrijven worden thans voornamelijk gebruikt voor het prijsbeleid van de overheid en voor het vaststellen van een redelijk peil van belastingen, maar zij zouden zeer bevruchtend kunnen werken op de vooruitgang van onze landbouw. Voor de landclassificatie zijn zij onontbeerlijk. Daarnaast kan de landclassificatie berusten op *proefoogsten*. De Stichting voor Bodemkartering heeft in de afgelopen jaren reeds veel proefoogsten verricht, vooral ter illustratie van de invloed van grondverschillen op de opbrengst van bepaalde gewassen. Dergelijke proefsnitten worden steeds genomen op één perceel, waardoor een duidelijke bodemgrens loopt en wel aan weerszijden van een dergelijke grens. Op die manier verkrijgt men een beeld van de invloed van de bodemverschillen onder praktische bedrijfsomstandigheden. Het is denkbaar, dat de techniek van proefoogsten nog zeer voor verbetering vatbaar is, welke aan de studie van het verband tussen bodemgesteldheid en mogelijke opbrengst van ge-

wassen zeer ten goede zou komen.

In de omschrijving van de landclassificatie komt voor de aanduiding: *goede bedrijfsleiding*. Het heeft geen zin, de landclassificatie te richten op opbrengsten, die met buitengewone middelen verkregen kunnen worden. Een zeer droge zandgrond kan door regelmatige besproeiing met water wellicht even hoge opbrengsten geven als een mooie vochthoudende grond. Maar een dergelijk kunstmiddel behoort niet tot het normale, goed geleide bedrijf.

Intussen ziet men uit dit voorbeeld, dat de landclassificatie niet verstarren mag in een conservatieve beschouwing van het landbouwbedrijf. Veranderen de technische mogelijkheden, zo verandert tevens het karakter van het goed geleide bedrijf, en daarmee het oordeel over de productiviteit van de gronden.

Het is nuttig, in dit verband te herinneren aan de veranderingen, die destijds door de invoering van de kunstmest in het landbouwbedrijf zijn opgetreden. Gronden, die tevoren met geen mogelijkheid productief te maken waren, bleken met behulp van kunstmest een goede productiviteit te vertonen. Gesteld, dat wij in de vorige eeuw een landclassificatie hadden uitgevoerd, zo zou de productiviteit van dergelijke arme gronden zeer laag zijn gewaardeerd. Thans komen zij wellicht in een redelijk goede klasse. Een principiële verandering in de plantenvoeding brengt dus met zich mede een wijziging in de landclassificatie.

Iets soortgelijks voltrekt zich onder invloed van de plantenveredeling. Gesteld, dat er variëteiten van bepaalde gewassen konden worden verkregen, die goed tegen droogte bestand waren, zo zou daardoor de productiviteit van de grote oppervlakte droge zandgronden in niet onbelangrijke mate kunnen toenemen. In het goed geleide bedrijf zouden dan hogere opbrengsten worden verkregen en bepaalde gronden zouden door dergelijke nieuwe vindingen tot een hogere klasse worden gebracht.

Hetzelfde geldt uiteraard voor nieuwe gewassen. Zo zou een goede suikerbiet voor onze zandgronden eveneens de productiviteit van deze gronden verhogen.

In het algemeen kan men zeggen, dat iedere verbetering van het peil van de land- of tuinbouw de productiviteit van het land verhoogt en dus ten gevolge kan hebben, dat bepaalde bodemtypen in een hogere productie-klasse terecht komen.

De landclassificatie kan dus verouderen onder invloed van de vooruitgang van het peil van de landbouw.

Daarnaast doet de *grondverbetering* zich gelden. Grondverbetering beoogt een slecht bodemprofiel in een goed, althans beter bodemprofiel te veranderen. Slaagt de grondverbetering, zo komt de grond automatisch in een hogere productieklasse. Deze invloed is ingrijpender dan de zo-

even genoemde verhoging van het peil van het landbouwbedrijf, want de grondverbetering leidt niet alleen tot wijzigingen in de landclassificatiekaart, maar ook in de bodemkaart. Tegenover de grondverbetering staat de grondverslechtering, die in ons land veelal op *verdroging* van het land neerkomt. Onttrekking van water, voor de drinkwaterwinning, aanleg van kanalen, ook wel door te ver doorgevoerde cultuurtechnische ontwatering, doet de productiviteit van het land op vele plaatsen schade. Het water in de grond is, blijkens de resultaten van de bodemkartering in ons land de voornaamste natuurlijke grondslag voor de bodemvruchtbaarheid. Zonder voldoende vocht is in ons klimaat geen behoorlijke plantproductie mogelijk. Vooral de zand- en veengronden zijn gevoelig voor te diepe ontwatering. Doet deze zich voor, zo daalt de waardering van het land met sprongen.

Evenals met de grondverbetering het geval was, leidt ook de grondverslechtering tot wijziging in de bodemkaart.

Men ziet uit het bovenstaande, dat de landclassificatie een minder blijvend karakter heeft, dan een bodemkaart, hoewel ook deze aan veranderingen onderhevig kan zijn. De normale schommelingen in de conjunctuur beïnvloeden de kaart echter niet. Zij is objectief en blijft zichzelf gelijk, tenzij één der drie bepalende factoren grond, plant of technisch peil van de landbouw van eigenschappen verandert.

De landclassificatiekaart geeft *mogelijke* producties weer. De *werkelijke* producties zijn veelal lager dan de mogelijke. Het verschil tussen werkelijkheid en mogelijkheid is het arbeidsterrein van de landbouwvoorziening. Het mogelijke is het onderwerp van het landbouwonderwijs. Verruiming van mogelijkheden is het doel van het landbouwkundig onderzoek.

Het voornaamste vraagstuk, waarvoor de landclassificatiekaarten van belang zijn, is dat van het *meest gewenste grondgebruik*. In ons kleine landje met zijn talrijke bevolking, is het ruimtevraagstuk een nationaal vraagstuk. Grond kan voor vele niet-landbouwdoeleinden worden gebruikt: voor stedelijke bebouwing, industrieterrein, verkeerswegen, recreatie, mijnbouw en andere winning van grondstoffen, militaire doeleinden enz. Al deze belangen dienen de welvaart van ons volk, maar het valt niet te ontkennen, dat de daartoe nodige ruimte in het algemeen van het landbouwareaal af gaat. Wel vindt er enige landaanwinning plaats, terwijl er ook nog wel iets ontgonnen wordt, maar het is duidelijk, dat de totale hoeveelheid cultuurgrond in Nederland over zijn maximum heen is. Vooral in de naoorlogse jaren is het duidelijk geworden, dat de genoemde burgerlijke vormen van grondgebruik aanzienlijke oppervlakten cultuurgrond, naar schatting verscheidene procenten, zullen gaan opslokken. De land- en tuinbouw zullen zich in deze uitbreiding

van het burgerlijk grondgebruik moeten schikken, maar het is voor agrarisch Nederland geenszins onverschillig, *welke* terreinen zullen worden onttrokken. De landclassificatiekaarten zullen daarbij goede diensten kunnen bewijzen, aangezien zij de weg wijzen naar het minder goede land, dat de landbouw in zijn geheel het best zal kunnen missen. De droge zandgronden zullen daarbij vermoedelijk het eerst in aanmerking komen, aangezien de landbouw op deze gronden slechts met subsidies in stand kan worden gehouden.

De uitbreiding van het burgerlijk grondgebruik bedreigt naar verhouding meer de tuinbouw dan de landbouw, aangezien de tuinbouw om economisch-historische redenen vooral in de nabijheid van de grote steden tot ontwikkeling is gekomen. De stadsuitbreiding rolt de tuinbouw als het ware op. Er bestaat geen nauwkeurige schatting van het aantal tuinbouwbedrijven dat in de uitbreidingsplannen van onze grote steden valt, maar het staat vast, dat enige duizenden bedrijven met spoedige verplaatsing worden bedreigd. Dit verschijnsel vormt thans een groot tuinbouwvraagstuk. Immers, men zal de goede tuinbouwgronden met hun grote deviezenbron niet anders dan in uiterste noodzaak afstaan en men streeft uiteraard naar goede vestigsterreinen voor die bedrijven, waarvan de verplaatsing onvermijdelijk is.

Voor beide doeleinden zijn landclassificatiekaarten zeer nuttig. Enerzijds tonen deze kaarten, waar de gronden liggen, die men zo enigszins mogelijk zal willen behouden, terwijl de kaarten tevens de weg wijzen naar die terreinen, die men gaarne voor de tuinbouw zal verwerven. Het is ook geen toeval, dat de bodemkartering een groot deel van haar activiteit in deze richting ontwikkelt. Meer dan de helft van de medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering is belast met onderzoekingen, die in meerdere of mindere mate met het vestigingsvraagstuk van de tuinbouw in verband staan en de in het begin van dit artikel besproken landclassificaties van het Westland en Bergen op Zoom kunnen reeds een indruk geven van de aard van hun resultaten. Zelfs heeft de Stichting voor Bodemkartering een afzonderlijke afdeling opgericht voor het samenstellen van korte rapporten ten behoeve van uitbreidings- en streekplannen, welke afdeling onder leiding staat van Dr Ir W. J. VAN LIERE. Ook deze werkzaamheid leidt tot landclassificatie, waardoor de bevoegde autoriteiten een goede grondslag krijgen om te beoordelen hoe de ruimtelijke plannen van het grondgebruik moeten worden ontwikkeld.

Het streven om de tuinbouw naar de beste gronden te leiden heeft aanleiding gegeven tot de voorbereiding van een nationaal tuinbouwvestigingsplan voor het gehele land. Het bodemkundige gedeelte van de voorbereiding wordt door de Stichting voor Bodemkartering verzorgd en met de betreffende werkzaamheden is Ir H. EGBERTS belast. Het is de

bedoeling, dat op deze wijze een overzicht wordt verkregen van de bij uitstek voor bepaalde takken van tuinbouw geschikte gronden. Uit deze terreinen zal dan op klimatologische, economische en sociale overwegingen een keus kunnen worden gemaakt, waardoor in de toekomst de tuinbouw onder de gunstigst denkbare omstandigheden zal kunnen werken. De voorbereiding voor het tuinbouwvestigingsplan van Nederland komt, in bodemkundige zin, neer op een grootscheepse landclassificatie voor tuinbouwdoeleinden, beperkt tot de beste gronden.

Hoewel de bodemkundigen van de Stichting voor Bodemkartering zich bij herhaling in woord en geschrift over de tuinbouwkundige zijde van de bodemkartering hebben geuit, zou het onjuist zijn te concluderen, dat de land- en bosbouwkundige landclassificatie minder belangrijk zou zijn dan de tuinbouwkundige. Het grootste landbouwvraagstuk van Nederland, dat van het kleine landbouwbedrijf, hangt ook nauw samen met de productiviteit van het land. De algemene mening is, dat het kleinbedrijf, voor zover het op de opbrengst van de bodem berust, alleen bestaansrecht heeft, indien het intensief wordt bedreven. De voorlichting is er dan ook op gericht, het kleinbedrijf arbeidsintensief te maken. Zien wij af van de tuinbouwteelten, die hier en daar in het kleine landbouwbedrijf binnendringen, dan kan het doel alleen bereikt worden door een intensieve verbouw van groenvoedergewassen en een goede verzorging van het grasland en op deze wijze hoopt men het kleine landbouwbedrijf in stand te houden.

De bodemkartering van de gemeente Heeze (Noordbrabant) en Epe (Gelderland) heeft echter aangetoond, dat het gestelde doel niet overal kan worden bereikt. Op de droge zandgronden levert de verbouw van een gewas als voederbieten slechts lage opbrengsten. Ir D. VAN DIEPEN vond bij zijn onderzoek in Heeze, dat de kleine landbouwer in zijn begripelijk streven naar intensivering verder is gegaan dan bodemkundig verantwoord is. Men verbouwt, door grondgebrek gedwongen, de gewassen van het intensieve bedrijf op gronden, die daartoe te slecht zijn. De opbrengsten zijn dan ook onvoldoende en de kleine landbouwer krijgt voor zijn grotere inspanning toch weer geen redelijke beloning. Het kleine landbouwbedrijf op dergelijke gronden is, zoals Ir D. VAN DIEPEN het uitdrukt, *overspannen*. Men verwacht te veel van het geringe producerend vermogen van de betreffende gronden. Dr Ir W. J. VAN LIERE vond hetzelfde in Epe. Ook daar is het grootste deel van de zandbouwlanden te droog voor het intensieve bedrijf dat men nastreeft. Dit geldt in het bijzonder voor diegenen, die niet in staat zijn, het zgn. etagebedrijf uit te oefenen en wier bestaan geheel afhankelijk is van het producerend vermogen van het eigen bedrijfje.

De bodemkartering, gevolgd door een landclassificatie, heeft in derge-

lijke gebieden een belangrijke taak. De mogelijkheden van de zandgronden lopen zeer uiteen. De goede, vochtige zandgronden kunnen zeer productief zijn, terwijl de droge gronden slechts armelijke opbrengsten toestaan. Wij menen dan ook dat de landclassificatie voor de zandgebieden een belangrijke bijdrage tot het kleine boerenvraagstuk kan leveren, al zal daarbij op sommige plaatsen aan bepaalde verwachtingen de bodem worden ingeslagen. Daarvoor geldt echter het spreekwoord, dat zachte heelmeeesters stinkende wonden maken.

Het is geenszins zo, dat het kleine-bedrijvenvraagstuk het enige landbouwvraagstuk vormt, waarbij de landclassificatie van nut kan zijn. Wij willen ons echter in dit artikel tot bij uitstek belangrijke vraagstukken bepalen.

Daartoe rekenen wij ook de vraag naar de bestemming van de minste gronden in ons land, de arme en zeer droge zandgronden. Op dergelijke gronden kan de landbouw geen aanvaardbare opbrengsten leveren en, objectief gesproken, zou dit land dan ook voor bosbouw, resp. recreatie moeten worden bestemd. De ontginning van de arme droge zandgronden is betrekkelijk willekeurig geweest en men kan niet zeggen, dat speciaal de minder goede terreinen bebost en de betere terreinen voor landbouw in gebruik zijn genomen. Het gevolg is dan ook geweest, dat thans een niet gering oppervlak zeer slechte grond als grondslag voor boerenbedrijven moet dienen. Op sommige plaatsen heeft te diepe ontwatering tot dit euvel bijgedragen. Wanneer men als doel stelt een aan redelijke eisen voldoende grondgebruik, dan kan deze toestand niet gehandhaafd blijven. De zeer slechte landbouwgronden, die geen redelijke beloning voor de boer mogelijk maken, zullen vroeg of laat tot bos moeten worden gemaakt, waarnaast zou kunnen worden overwogen, of bepaalde voor de landbouw goed geschikte, thans beboste gronden voor de landbouw zouden kunnen worden vrijgegeven.

De discussie over dit onderwerp is echter nog niet begonnen, zodat wij er niet lang bij willen stilstaan. Het zal echter duidelijk zijn, dat de landclassificatie nodig zal zijn om een dergelijke conversie van landbouwgrond in bosgrond en omgekeerd te kunnen uitvoeren.

In verscheidene landen is men tot de overtuiging gekomen, dat het slechte, zgn. submarginale land eigendom van de gemeenschap behoort te zijn. Men wil daarmee voorkomen, dat er zich een landbouwende bevolking vestigt, die onvermijdelijk verpaupert of ten laste van de gemeenschap komt. Ook dit onderwerp is nauw met de landclassificatie verbonden.

Indien een goede classificatie van de Nederlandse gronden tot stand komt zou men kunnen verwachten, dat de indeling ten goede zou kunnen komen aan het beleid van de overheid tén aanzien van de koop- en huur-

waarde van het land. Voordat dit echter het geval zal zijn, zal er veel moeten veranderen. De pacht houdt in ons land slechts in geringe mate verband met de kwaliteit van het land. Het verschil tussen de pachten van goed en slecht land is gering, vergeleken met het verschil in productiviteit. Over het gehele land gerekend vindt men allerlei onredelijke verschillen in pacht. De pachtprizen hebben een sterk conventioneel karakter en als dit in de toekomst zo blijft, zo zal het vaststellen van pacht- en koopprizen van land slechts plaatselijk en in geringe mate van de landclassificatie kunnen profiteren.

Vatten wij thans ons betoog samen, dan concluderen wij, dat de landclassificatie als een zeer belangrijke landbouwkundige uiting van de bodemkartering moet worden beschouwd. Zodra er sprake is van bemoeiingen met het grondgebruik, zoals die in planologische werkzaamheden regel zijn, dan is de landclassificatie daartoe een zeer nuttige grondslag. De tuinbouw als meest intensieve vorm van agrarisch grondgebruik heeft groot belang bij classificatie van de beste gronden. Het intensieve kleine landbouwbedrijf moet berusten op land van goede kwaliteit. De kennis van slechte, in ons land vooral te droge gronden, is noodzakelijk in verband met een juiste vaststelling van de grens landbouw-bosbouw, welke thans tamelijk willekeurig is. Al deze redenen zijn voor de bodemkartering aanleiding, de landclassificatie met kracht ter hand te nemen en dus zoveel aandacht als mogelijk is te besteden aan de studie van de productiviteit van de Nederlandse gronden voor allerlei doeleinden. Tevens zal de methodiek van de landclassificatie verder moeten worden ontwikkeld.

LITERATUUR

- JACKS, G. V., Land classification for land-use planning. *Imp. Bur. of Soil Science, Techn. Comm.* 43. Harpenden, (1946).
- LAND CLASSIFICATION in the U.S.A. 1941, Nat. Resources Planning Board, Washington, D.C.
- LIERE, W. J. VAN, De bodemgesteldheid van het Westland, (Soil conditions in the Westland), *Versl. Landbouwk. Onderz.* Serie 54, 6, 's-Gravenhage. Serie: De bodemkartering van Nederland 2, (1948).
- SCHELLING, J., De bodemkartering v.h. landbouwgebied van de gemeente Groesbeek. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 55. Serie: De bodemkartering van Nederland, 4. 's-Gravenhage, (1949).
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING: Boort en Spade, I, II, en III, resp. Utrecht, 1948, 1949.

LIJST VAN ILLUSTRATIES

	Blz.
I. 1. De relatie tussen waterabsorptie en koolzuurproductie (vgl. LETA HENDERSON)	11
2. De relatie tussen nitraatabsorptie en koolzuurproductie (vgl. LUNDEGÅRDH)	12
II. 3. Schematische voorstelling van de gley-horizont in het bodemprofiel	23
4. Schematische voorstelling van de wijze waarop een plaatselijke verhoging van de grondwaterdruk opgevangen wordt	31
5. Schematische voorstelling, hoe een normale grondwaterbeweging bij plaatselijke drukverhoging gehinderd wordt door een ondoorlatende laag	32
6. Schematische voorstelling van de wijze waarop het hoge buitenwater druk uitoefent op het phreatisch water in de polder	32
IV. 7. Voorbeeld van een veldkaart	54
VI. 8. Vereenvoudigde bodemoverzichtskaart van de Bommelerwaard	65
9. Vereenvoudigde bodemkaart van oostelijk Gameren	68
10. Foto kunstweide	70
11. Foto van groeiverschillen in tarwe	71
12. Schematische voorstelling van de ligging van laklagen	72
13. Bodemkaartje komgronden z. van Zaltbommel	73
14. Lak-profiel uit het rivierkleigebied	74
VII. 15. Tentfiguur van HUDIG	77
IX. 16. Landschappenkaart van Zuid-Holland	93
XI. 17. Een „wiskundige” bodemkaart (vgl. HAMMING)	113

LIJST VAN PUBLICATIES VAN DE STICHTING VOOR BODEMKARTERING

EDELMAN, C. H., Over de bodemgesteldheid van Midden-Nederland, 96 p. Uitg. Oosthoek, Utrecht, 1947.

SERIE: DE BODEMKARTERING VAN NEDERLAND

deel uitmakende van de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen van het Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, met Engelse samenvattingen.

Hierin verschenen:

Deel I

PIJLS, F. W. G.: Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam. 116 p. Met gekl. krtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 54. 1. 's-Gravenhage 1948.

Deel II

LIERE, W. J. VAN: De bodemgesteldheid van Westland. 152 p. Met gekl. krtn. enz. V.L.O. 54. 6, 's-Gravenhage 1948.

Deel III

KOENIGS, F. F. R.: Een gedetailleerde bodemkartering van de omgeving van Azewijn. 46 p. Met gekl. krtn. enz. V.L.O. 55. 's-Gravenhage 1949.

Deel IV

SCHELLING, J.: De bodemkartering van het landbouwgebied van de gemeente Groesbeek. ± 40 p. Met gekl. bodemk. enz. V.L.O. 55. 's-Gravenhage 1949.

Andere delen zijn in voorbereiding o.a.

VEENENBOS, J. S.: De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoostpolder.
BAKKER, G. DE: De bodemkartering op Zuid-Beveland.

SERIE: BOOR EN SPADE

verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland. Met Engelse samenvattingen. Figuren, foto's, enz. Uitg. Oosthoek, Utrecht.

Boor en Spade I 283 p. 1948.

„ „ „ II 222 p. 1948.

„ „ „ III ± 275 p. 1948, (ter perse).

VINK, A. P. A., Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden, in het bijzonder van de Zuidoostelijke Veluwe. 147 p. Met gekl. krtn. en foto's. Uitg. Veenman, Wageningen, 1949.

EDELMAN, C. H., Sociale en Economische bodemkunde. ± 150 p. geill. Uitg. Noordhoff Uitg. Mij, Amsterdam. 1949. (ter perse).

