MEDEDELINGEN
VAN DE
STICHTING VOOR BODEMKARTERING

BOOR EN SPADE

XIII

VERSPREIDE BIJDRAGEN TOT DE KENNIS VAN DE
BODEM VAN NEDERLAND

STICHTING VOOR BODEMKARTERING, WAGENINGEN
DIRECTEUR: DR. IR. F. W. G. PIJLS

Soil Survey Institute, Wageningen, Holland
Director: Dr. Ir. F. W. G. Pijls

1963
H. VEENMAN & ZONEN N.V. – WAGENINGEN

INHOUD/CONTENTS

Voorwoord VII

1. EDELMAN, C. H. en A. W. EDELMAN-VLAM, Bijdrage tot de ontginningsgeschiedenis van enige agrarische nederzettingen op de zandgronden 1
Studies concerning the morphogenesis of some old rural settlements in the sandy areas of the Netherlands.

2. AKKER, A. M. VAN DEN en M. KNIBBE, Glaciale verschijnselen in de stuwwal van Ootmarsum 12
Glacial phenomena in the pushed preglacial of Ootmarsum.

3. SLUYS, P. VAN DER en G. C. MAARLEVELD, Dekzandruggen uit de Jonge Dryastijd in Zeeuws-Vlaanderen 21
Cover-sand ridges from the Late Dryas time in Zealand Flanders.

4. KLUNGEL, A. E., De sleufakkers van de Westerwoldse essen . . . 27
The „ditched" fields on the plaggen soils of the Westerwolde area.

5. PAPE, J. C., Een bodemprofiel in de Gelderse Vallei 40
A soil profile in the Guelders Valley.

6. EDELMAN, C. H., Bospodzolen en heidepodzolen 51
Forest podzols and heath podzols.

7. JAGER, A. en A. C. F. M. SCHELLEKENS, Handleiding voor het conserveren van zware en/of natte bodemprofielen 61
Manual for conservation of heavy and wet soil profiles.

8. EDELMAN, C. H., K. C. BHATTACHARYYA, A. OP 'T HOF en A. JAGER, Structuurprofielen van stroomruggronden 66
Structure profiles of levee soils.

9. VOORDE, P. K. J. VAN DER, Gronden met een textuur-B-horizont in het Utrechtse rivierkleigebied 82
Soils with a texture-B horizon in the Utrecht river clay area.

10. JONGERIUS, A. en A. REIJMERINK, De micromorfologie van enige gronden met textuur-B-horizonten in het Utrechtse rivierkleigebied 112
The micromorphology of some soils with textural-B horizons in the Utrecht river clay area.

11. BOERBOOM, J. H. A., Het verband tussen bodem en vegetatie in de Wassenaarse duinen 120
The relation between soil and vegetation in the Wassenaar dunes.

12. BOOY, A. H., De bouwvoor van de dalgronden 156
The tilth of the high moor peat reclamation soils.

13. JANSE, A. R. P. en F. F. R. KOENIGS. Het verslempingsbeeld . . . 168
Structural changes in soil with wetting.

14. JONGERIUS, A. en A. REIJMERINK, Over de betekenis van de zg. perforatiegraad als onderdeel van het profielonderzoek. 178
The so-called perforation degree and its significance to soil profile investigations.

15. Publikaties van de Stichting voor Bodemkartering 193

VOORWOORD

Na het verschijnen van twee in hoofdzaak Engels-talige nummers van Boor en Spade (XI en XII) wordt de reeks met Boor en Spade XIII thans weer op de oude voet, d.w.z. in de Nederlandse taal, voortgezet.

Toch verschilt dit nummer van de voorgaande Nederlandse en wel in dien zin, dat ook enkele artikelen van niet-medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering konden worden opgenomen. Zo zijn de artikelen 6, 7, 8, 11 en 13 afkomstig uit kringen van de Landbouwhogeschool; de artikelen 6, 7 en 8 van de afdeling Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie, artikel 11 van de afdeling Plantensystematiek en -geografie en artikel 13 van de afdeling Landbouwscheikunde.

Juist bij het ter perse gaan van deze editie bereikte ons het nieuws van de benoeming van Dr. P. Buringh tot hoogleraar in de Tropische Bodemkunde aan de Landbouwhogeschool. Wij nemen deze gelegenheid gaarne te baat om deze oud-medewerker van de Stichting voor Bodemkartering en oud-redacteur van Boor en Spade met deze benoeming van harte geluk te wensen.

Rectificatie Boor en Spade XIII
Rectification Auger and Spade XIII

Artikel/*article* 6.

Fig. 6a: Bovenzijde van de foto van het bodemprofiel is onderzijde.
Top of the profile photo is the underside.

Artikel/*article* 7.

Foto 5: Bovenzijde is onderzijde.
Photo 5: Top is underside.

Artikel/*article* 9.

Pag. 85: 4e regel van onderen vervalt.
4th line from bottom must be crossed out.

Artikel/*article* 10.

Foto 6: In onderschrift: 4 veranderen in 5.
Photo 6: In subscription change 4 into 5.

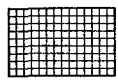
Classification table, pag. 176.

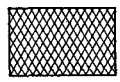
1. *a.* The aggregates are not moistened on submersion. (2)
   b. The aggregates are moistened on submersion. (3)
2. *a.* The aggregates float. *Irreversible soils rich in organic matter.*
   b. The aggregates are submerged. *Irreversible soils poor in organic matter.*
3. *a.* The moisture uptake is slow. *Difficultly wettable soils.* (4)
   b. The moisture uptake is quick. *Easily wettable soils.* (4)
4. *a.* The aggregates remain intact or fall apart along cracks already visible when dry. (5)
   b. The aggregates fall apart. (7)
5. *a.* The aggregates or major parts of them do not fall apart on gentle shaking of the recipient. (6)
   b. The aggregates fall apart on shaking. (7)
6. *a.* The aggregates are not easily dispersed on stroking with a brush. *Stable not working soils.*
   b. The aggregates are easily dispersed on stroking with a brush. *Unstable not working soils.*
7. *a.* The aggregates disperse quickly while air bubbles appear. (8)
   b. The aggregates fall apart into small units (mm range). On repeated drying and wetting they do not desintegrate much further and the secondary aggregates formed on drying are easily crushed. (9)
   c. The aggregates disperse slowly independent of the original moisture content. (10)
8. *a.* The aggregates explode if submerged air dry. *Soils very susceptible to air explosion.*
   b. The aggregates explode only after stronger drying (Fall normally apart into small units).
   Soils moderately susceptible to air explosion.
9. *a.* The fragments are not easily dispersed on stroking with a brush. *Stable working soils.*
   b. The fragments are easily dispersed by brushing. *Unstable working soils.*
10. *a.* The dispersion is accompanied by a noticable swelling of the remainder of the aggregate. *Na clays* (montmorillonitic).
    b. The dispersion is not accompanied by a large degree of swelling. *Other automatically dispersing soils.*

USE OF THE TABLE

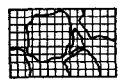
It is checked with which of the possibilities (a or b) listed behind the first number the behaviour of the soil agrees. The number in brackets behind that line refers to the number in front with which you should continue. The sentences in italics give a property of the soil.

LEGENDA/*LEGEND*, pag. 72.

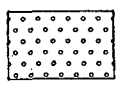

A4 (fig. 1–6)

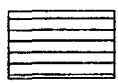

A5 (fig. 2,5–7)

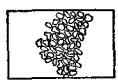
B3/A4 (fig. 3, 6)


A4s (fig. 3)

B5 (fig. 5–7)


G1 (fig. 2, 4)


H (fig. 2)


Diergangen/*animal voids* (fig 1–6)

Scheuren/*cracks* (fig. 1–3, 5–7)

BIJDRAGE TOT DE ONTGINNINGSGESCHIEDENIS VAN ENIGE AGRARISCHE NEDERZETTINGEN OP DE ZANDGRONDEN

STUDIES CONCERNING THE MORPHOGENESIS OF SOME OLD RURAL SETTLEMENTS IN THE SANDY AREAS OF THE NETHERLANDS[1])

door/*by*

C. H. Edelman [2]) **en A. W. Edelman-Vlam** [3])

1. SOCIOLOGISCHE ACHTERGROND VAN DE PERCELERING

Bij een onderzoek naar de ontwikkeling van de kavelvormen in Nederland hebben Hofstee en Vlam (1952) aangetoond, dat er verband bestaat tussen de verschillende verkavelingstypen en de maatschappelijke verhoudingen, waaronder de „ontwerpers" van de percelen, d.w.z. de ontginners leefden.

In een „primitieve", nog geheel op familieverwantschap gebaseerde maatschappij had men als regel een overvloed aan ontginbare grond ter beschikking, die eigendom was van de stam of familiegroep. Wanneer zo'n groep zich in een bepaald gebied vestigde konden de families ieder voor zich één of meer percelen ontginnen, die ze verder als hun eigendom beschouwden. Daar het niet noodzakelijk was veel rekening te houden met de ontginningen van anderen – er was toch grond genoeg – kon men bij de afpaling van zijn perceel eventueel gebruik maken van natuurlijke grenzen, zoals watertjes, laagten, e.d. Omdat de vorm er niet veel toe deed, ontstond in deze gevallen een verkaveling van min of meer blokvormige percelen, die zich bij voortgaande ontginning samenvoegden tot wat de Duitsers een *Blockflur* noemen.

Langzamerhand wijzigden zich deze toestanden, omdat zich steeds meer vreemdelingen tussen de oorspronkelijke familiegroepen vestigden. De binding door de familieband, of wat daarvoor doorging, maakte plaats voor die van de woon- of dorpsgemeenschap. Die territoriale groep was echter niet meer identiek met de groep van vanouds gerechtigden op het gebruik van de woeste gronden. Er ontstond, ook al omdat de grond door bevolkingstoename schaarser werd, een tegenstelling tussen hen, die wel en hen, die geen rechten op de grond konden laten gelden. Een scherpe afbakening van ieders rechten werd noodzakelijk, niet alleen tegenover buitenstaanders, maar ook tussen de rechthebbenden zelf. Men kon dus niet langer spontaan ontginnen, doch moest het nieuwe cultuurland eerlijk, d.w.z. systematisch, verdelen tussen de ontginners, hetgeen aanleiding werd tot het ontstaan van de zg. *strokenverkaveling*. Men kan hierin twee verschillende typen onderscheiden, nl. één waar de boerderijen op het kopeinde van de kavels zijn geplaatst en één zonder bewoning op de kavels.

De strokenverkaveling met bewoning op de kavel, waartoe o.a. de opstrekkende heerden en de koopontginningen van de lage veen- en moerasgebieden behoren, kwam tot ontwikkeling toen de rechten op de grond waren geëvolueerd tot een zuiver individuele aangelegenheid. Dit type, noch de modern rationele verkaveling, zoals die in haar meest gepronon-

[1]) Onder deze titel in het Engels verschenen in T.K.N.A.G., Deel 77, 1960, p. 312–318.

[2]) Hoogleraar in de Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen.

[3]) Afdeling Historische Geografie van de Stichting voor Bodemkartering.

ceerde vorm is toegepast in de nieuwe Zuiderzeepolders, komt hieronder verder ter sprake.

In de door ons onderzochte nederzettingen op de zandgronden staan de boerderijen bijeen in dorpen of gehuchten en liggen de landerijen van de verschillende eigenaren verspreid over de grote aaneengelegen bouwlandcomplexen, bekend als *essen*, *engen*, *akkers* of *velden*. Ze zijn gekarakteriseerd door een systematische verdeling in stroken, waarop geen bewoning voorkomt en die al dan niet bloksgewijze zijn gerangschikt.

2. BLOKVORMIGE VERKAVELINGEN IN DE CENTRA VAN DE NEDERZETTINGEN, STROOKVORMIGE AAN DE BUITENKANT

Ons onderzoek, dat betrekking heeft op een aantal nederzettingen op de zandgronden van het zuiden, het midden en het noorden van ons land heeft ons het inzicht verschaft, dat de centra van deze nederzettingen een blokvormige verkaveling hebben, terwijl de strookvormige verkavelingen meer aan de buitenzijde van de dorpsarealen worden aangetroffen. De gedachtengang van Hofstee en Vlam volgend zijn de kernen van de betreffende dorpen ontstaan toen familieverwantschap nog de voornaamste binding vormde en er grond in overvloed ter beschikking stond, terwijl de latere uitleg de kenmerken van een territoriale maatschappij vertoont, waar de grond reeds schaars werd. Diverse nederzettingen hebben een omvangrijk blokvormig verkaveld areaal rondom de dorpskernen, in andere gevallen begint het strookvormig verkavelde land reeds dicht bij de kern. Anders gezegd, sommige nederzettingen zijn reeds in de genealogische maatschappij tot een tamelijke ontwikkeling gekomen, andere eerst in de territoriale maatschappij. Men kan dit verschil b.v. constateren aan vlak bijeen gelegen nederzettingen, o.a. tussen de gehuchten, die samen de gemeente Heeze (N.B.) vormen. In de „oude" nederzettingen Kreil, Rul, Strabrecht, Eimerik en Kerkhof nemen de blokvormige percelen een groot gedeelte van het oude bouwlandcomplex in; in het „jonge" Ginderover grenst de strookvormige percelering onmiddellijk aan de huiskampen, terwijl Kruis een tussenpositie inneemt (Edelman en Edelman-Vlam, 1960).

3. HERKENNING VAN DE OUDSTE VESTIGINGSPLAATSEN IN DE DORPSKERNEN

De meeste door ons bestudeerde nederzettingen zijn vanouds gegroepeerd om een open ruimte, die in het noorden en midden van Nederland *brink* heet en die in het zuiden geen bepaalde naam draagt. Soms, zoals in Rul (Heeze, N.B.) is deze open ruimte niet meer dan een verbreding van een weg. In al deze gevallen mag worden aangenomen, dat de ontginners zich hebben gevestigd rondom een open ruimte in een bos, hetgeen in overeenstemming is met de bodemkundige gegevens en met de vele toponiemen, die op bosbegroeiing wijzen.

Onder de aan de brinken grenzende percelen kunnen er een aantal worden aangewezen van een aanmerkelijke grootte, nl. 1–1½ ha. Soms zijn ze later onderverdeeld, maar kan de oude toestand nog gereconstrueerd worden. Hun grootte staat in scherpe tegenstelling tot de vaak zeer geringe afmetingen van de talrijke overige tot de bedrijven behorende percelen.

Wij beschouwen deze grote percelen als het resultaat van de oudste ontginningsactie, waaraan de nederzettingen hun ontstaan te danken hebben.

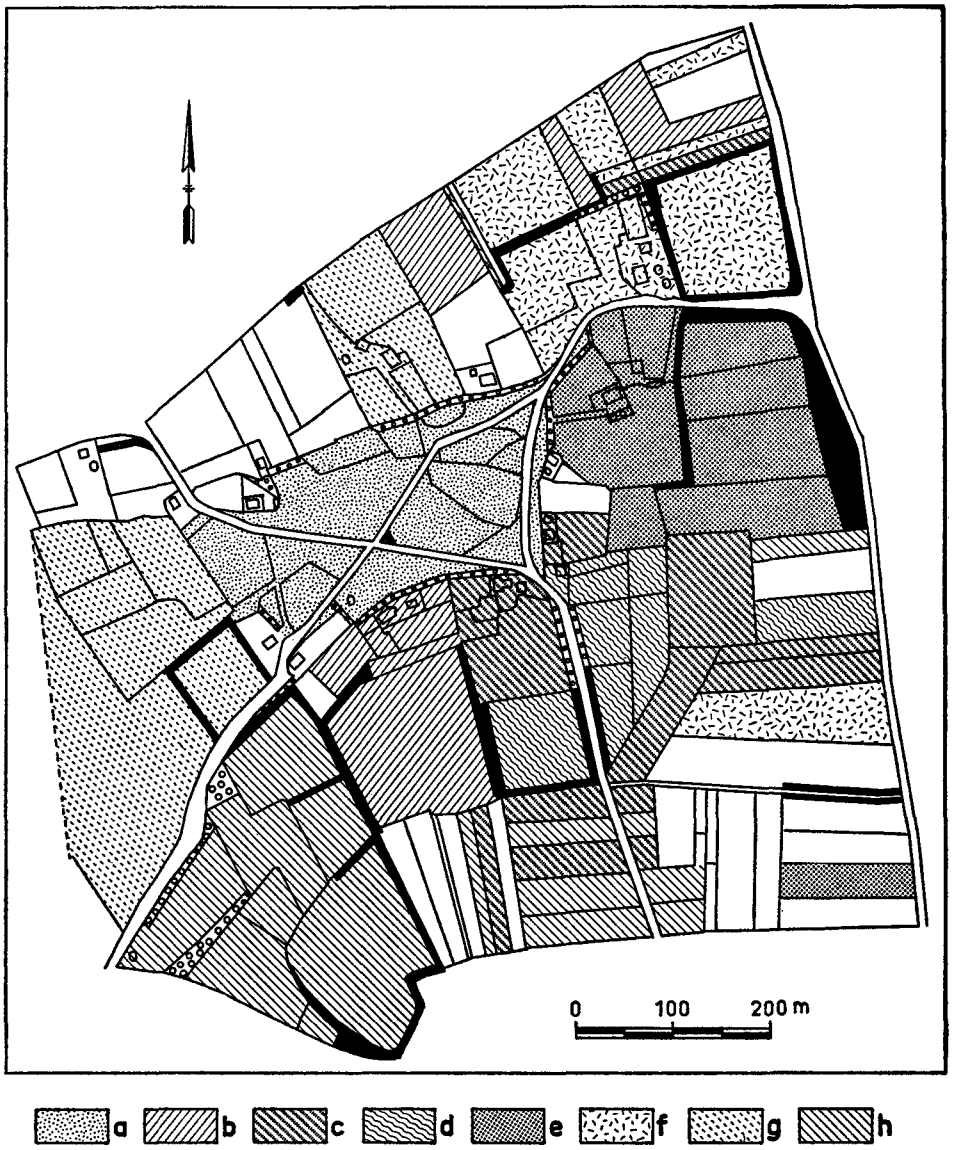


Fig. 1.
Blokverkaveling om de brink van de buurschap Hal (Bennekom, Gld.). Eigendomsverhoudingen volgens het kadaster van 1830; a: brink, b–h: huiserven met blokvormige uitbreiding; wit: diverse kleine eigenaren; zwarte stroken: hakhout; open cirkeltjes: opgaande bomen. Waarschijnlijk vormden c en d oorspronkelijk één bedrijf. In dat geval moet de verdeling hebben plaatsgevonden vóór 1329, in welk jaar boerderij d in bezit kwam van het St. Catherina Gasthuis in Arnhem, dat dit bedrijf in 1830 nog bezat. Sommige huiserven zijn opmerkelijk groot van afmeting. De noord- en zuidgrenzen van het kaartje worden gevormd door veedriften, die van west naar oost lopen.

Block parcelation around the „brink" of the hamlet Hal (Bennekom, municipality of Ede, Gelderland). Ownership according to the cadaster of 1830, a: brink or „village green"; b–h: extended homesteads; white: various small owners; black strips: hedge rows; open circles: oak row plantings. Probably c and d were originally one. In that case the subdivision must have taken place before 1329, in which year farm d became the property of the St. Catherine's Hospital in Arnhem, which still owned the farm in 1830. The rather large size of some of the extended homesteads is remarkable. The northern and southern boundaries of the map are formed by cattle droves, running from west to east.

Deze toestand kan worden herkend in de meeste door ons bestudeerde nederzettingen, b.v. in 8 gehuchten van de gemeente Heeze (N.B.) en in de meeste gehuchten van de gemeente Venray (Noord-Limburg), in 2 van de 3 buurschappen van Bennekom (fig. 1) en in enkele dorpen van de gemeente Rolde. Steekproeven in Vlaanderen, Belgisch Brabant en op andere plaatsen gaven ons de overtuiging, dat het door ons gevonden principe over een aanmerkelijk areaal van toepassing is.

Enkele nederzettingen, b.v. Kerkhof (gem. Heeze, N.B.) en Oirlo (gem. Venray) zijn niet om een open ruimte ontstaan. Volgens de traditie zijn deze nederzettingen de oudste in de wijde omtrek. De plaats Hezia (genoemd in 780) kan mogelijk met Kerkhof[1]) worden geïdentificeerd, waar vanouds de St. Maartenskerk heeft gestaan.

In de kernen van Kerkhof en Oirlo kan men evenals in de brinkdorpen de grote ontginningspercelen herkennen. Zij liggen dicht bijeen en hun rangschikking doet vermoeden, dat zij om een wegkruising in het bos zijn aangelegd (fig. 2). Zij moeten ouder zijn dan de brinkdorpen, want de aanwezigheid van een voor vestiging geschikte open ruimte (brink) in het bos,

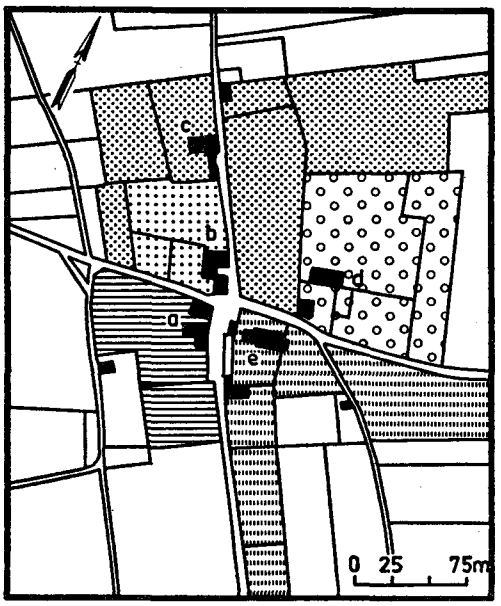


Fig. 2.
Het centrum van Oirlo (gem. Venray). Volgens het kadaster van 1830 was het land in het centrum van het dorp in het bezit van 5 eigenaren. De huiserven liggen rondom een wegkruising. De noord-zuid weg zal oorspronkelijk breder zijn geweest, 2 smalle percelen ten oosten van de tegenwoordige weg kunnen ertoe hebben behoord. De huiserven a, b en d waren aan de kruising gelegen. De kerk staat op de vierde hoek en heeft de percelen aangeduid met e in bezit. Boerderij c ligt wat apart.

The centre of Oirlo (municipality of Venray, Limburg). The land around the centre was the property of 5 owners in 1830, according to the cadaster of that year. The homesteads are arranged around a road crossing. The north-south road originally may have been broader than now, two narrow parcels east of the present road having belonged to it. In that case the homesteads a, b and d are situated at the crossing. The church occupies the fourth corner and owns the parcels indicated by e. Homestead c lies a little apart.

[1]) Volgens F. Smulders: Brab. Heem 1962 no. 5, zou het moeten worden geïdentificeerd met de Hees bij Eersel.

doet reeds enige druk van de bewoning op het bos vermoeden. Die kan zijn uitgegaan van deze vestigingen langs wegen of wegkruisingen.

4. CONCENTRISCHE UITBREIDING VAN DE BLOKVORMIGE VERKAVELING OM DE VESTIGINGSKERNEN

Aangezien de ontginningspercelen uit blokken van 1–1½ ha bestaan, liggen de eerst gestichte bedrijven ± 100 m uit elkaar. De eerste uitbreiding van deze bedrijven was veelal mogelijk door het vestigingsperceel naar achteren uit te breiden. Door bevolkingstoename en door vererving moest op den duur noodzakelijkerwijze splitsing van de bestaande bedrijven optreden. De vestigingsplaatsen van de nieuwe of van de afgesplitste bedrijven kunnen vaak nog aan de buitenzijde van de oudste kernen worden aangewezen. Men mag aannemen, dat het bestaande land zo eerlijk mogelijk tussen de rechthebbenden, i.c. erfgenamen, werd verdeeld. De delen van een gesplitst bedrijf konden door verdere ontginning weer op de gewenste grootte worden gebracht. Voor deze ontginning was nog grond genoeg beschikbaar, maar de verspreide ligging van het land was er het onvermijdelijke gevolg van.

Een ander gevolg van de splitsing van bedrijven is, dat de oorspronkelijke blokken in drie of meer strookvormige percelen gesplitst werden. Men zou dergelijke percelen ook kunnen aanzien voor strookvormig ontgonnen complexen. Ze zijn echter zelden groter dan 2 ha en het lijkt onwaarschijnlijk, dat zulke betrekkelijk kleine blokken door leden van een dorpsgemeenschap in strookvorm zijn aangelegd. De grootte, die varieert tussen 1 en 2 ha komt meer overeen met ontginningen in familie- of gezinsverband. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de originele blokken gebruikt zullen zijn voor alle gewassen, die op het bedrijf verbouwd werden en daarom vaak uit meerdere akkers bestonden. Wanneer een blok bij splitsing werd verdeeld veranderde er dus weinig aan de percelering zelf.

In deze periode van langzame uitbreiding van de nederzetting groeide de ontgonnen oppervlakte min of meer concentrisch, omdat men aan land dicht bij huis de voorkeur zal hebben gegeven boven dat, wat verder weg lag.

5. STROOKVORMIGE UITBREIDING VAN DE BOUWLAND-COMPLEXEN ALS ONTGINNING VAN DE DORPSGEMEENSCHAP

Zoals hierboven reeds werd uiteengezet, was de blokverkaveling rondom de kern van de nederzettingen het werk van de leden van een familiegroep of wat daarvoor doorging. Langzamerhand werd echter de woongemeenschap, waartoe men behoorde, belangrijker. De ontginningen van de leden van een dorpsgemeenschap zijn gebaseerd op het principe, dat de rechten op de woeste grond van ieder lid van de groep nauwkeurig zijn afgebakend. Wanneer land werd ontgonnen, werd het werk gedaan door de deelgerechtigden gezamenlijk of in groepen en het nieuwe land werd verdeeld in verhouding tot de rechten, die men erop kon laten gelden.

De verdeling is geschied door toewijzing van stroken van gelijke of variabele breedte aan de leden van de groep. Deze strokencomplexen hebben gewoonlijk een flinke oppervlakte, veel groter dan de familieblokken van de eerste ontginningsfase. Ieders aandeel in de onderneming was echter betrekkelijk klein, als gevolg van het toegenomen aantal deelgerechtigden.

In Drenthe is veel van het 17e eeuwse verpondingsveldwerk bewaard gebleven. Hierdoor waren wij in de gelegenheid de essen van enkele buurschappen van Rolde te bestuderen. Wij achten het aannemelijk, dat de afzonderlijke stroken in de bedoelde complexen oorspronkelijk de forse afmetingen van ± 1½ ha hebben gehad. Het aantal deelhebbers aan de ontginning bedroeg te Nijlande 2, later 3 en te Deurze 4. De mogelijkheid bestaat, dat in Deurze het grondplan van ongeveer 1650 niet veel verschilt van dat uit de 13e eeuw. De 4 boerderijen waren nl. in het bezit van kerkelijke instellingen en twee ervan worden reeds als zodanig in 13e eeuwse charters vermeld (Oorkondenboek Utrecht III no. 1506 en IV no. 2358).

In de figuren 3 en 4 is de percelering van de es van Deurze afgebeeld omstreeks 1650 en 1830, volgens de gegevens van respectievelijk het verpondingsveldwerk (Oude Statenarchieven no. 845, R.A. Drenthe) en die van het eerste kadaster.

Het doel van de 17e eeuwse opmeting was een bruikbare grondslag te verkrijgen voor de belasting op de bezaaide landen en de groenlanden. De huiserven waren hierin niet begrepen, evenmin als de zg. *goorns* en zijn dus ook niet in de kaarten opgenomen. Dit wil echter niet zeggen, dat er geen tuinen of weiden om de erven voorkwamen. Slicher van Bath (1957) merkte hetzelfde op bij de belastingkohieren van de Overijsselse erven, die ook geen melding maken van tuinen, e.d.

Zoals in par. 3 is uiteengezet, beschouwen wij deze huiskampen als het resultaat van de oudste ontginningsactie, die nog plaatsvond in familieverband. Ter oriëntatie geven we de huiserven van 1830 met een gebroken lijn weer op het situatiekaartje van ± 1650.

Vergelijking van de beide kaartjes van Deurze maakt wel duidelijk, dat erfdeling een belangrijke factor is geweest bij het ontstaan van het op het eerste gezicht zo chaotische beeld van de meeste essen. Het perceel de Corte Bree was ± 1650 één groot blok, maar had een typische strokenverkaveling in 1830, door slechts één erfdeling. De forse stroken in Deurze evenals in het jongere „Nijlande" beschouwen wij als de resultaten van de eerste ontginningen in territoriaal verband. Ook in Grollo en Rolde (dorp) kunnen op de 17e eeuwse veldkaartjes nog enkele van dergelijke forse stroken worden herkend, die doen vermoeden, dat de oorspronkelijke toestand hier niet anders is geweest dan in Deurze en Nijlande. Rond 1650 waren de essen van Grollo en Rolde echter reeds in het stadium van oplossing. Slechts enkele van de oorspronkelijk brede stroken waren aan verdeling ontsnapt. Het is duidelijk, dat dit proces voornamelijk het gevolg was van een toeneming van het aantal boerderijen. Op andere plaatsen maken de strokencomplexen de indruk, door een groter aantal dorpsgenoten te zijn aangelegd, zodat de afzonderlijke stroken daar altijd slechts smal zijn geweest.

Op geen enkele van de door ons bestudeerde plattegronden van essen en engen hebben wij sporen aangetroffen van een zg. *Langstreifenflur* die volgens de Duitse literatuur (Müller-Wille, 1943; Wrede, 1954) de kern van de oudste essen zou vormen. Ook zijn er geen aanwijzingen gevonden voor een latere zg. *Vergewannung*, zoals beschreven door Mortensen (1955). Wel is het patroon van de oorspronkelijk blokvormige aanleg door erfdeling veel gecompliceerder geworden en is het gaan gelijken op de gemeenschappelijk aangelegde complexen, die reeds direct strookvormig werden verkaveld.

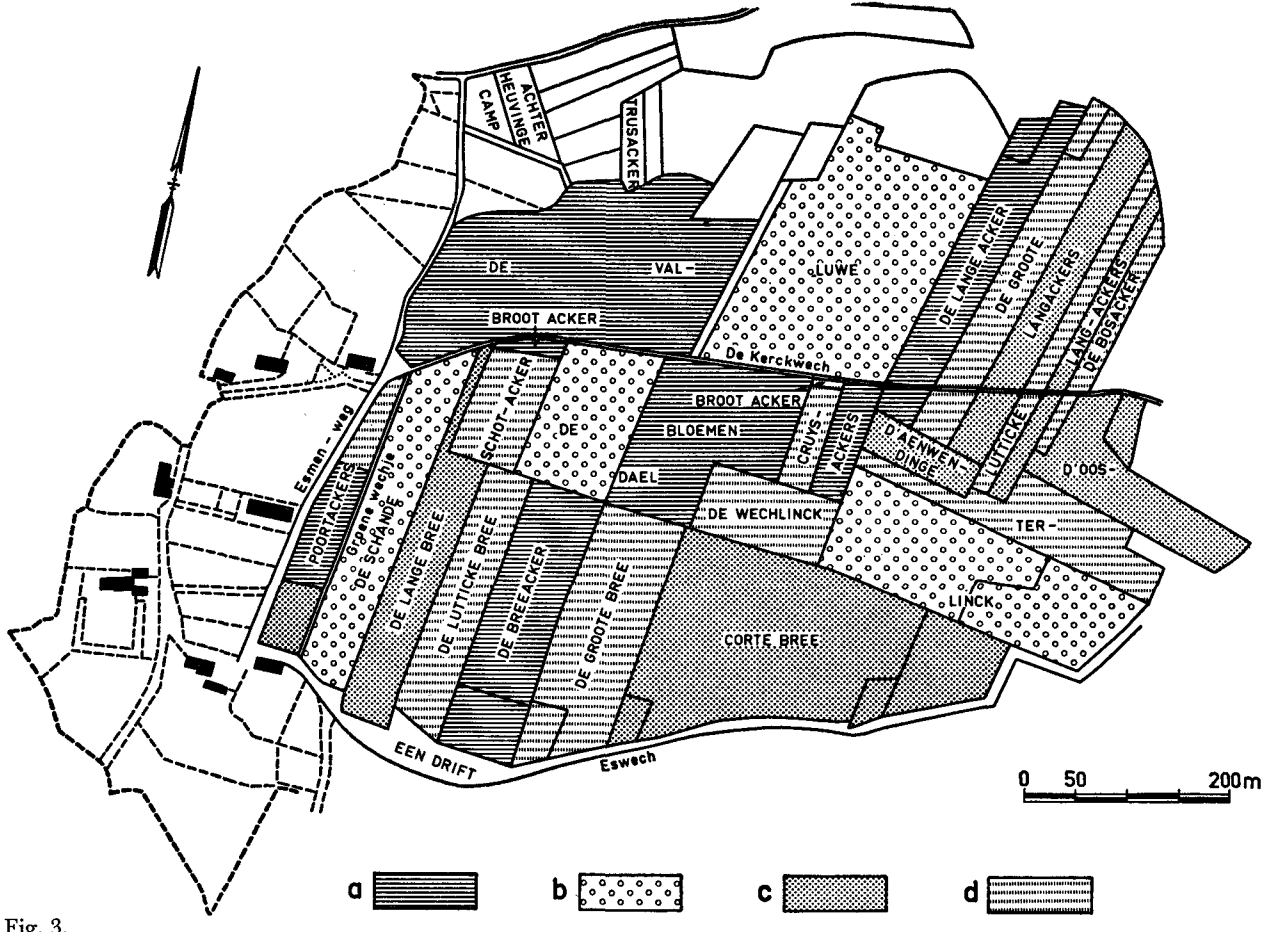


Fig. 3.
De es van het dorpje Deurze (Gem. Rolde) volgens het kaartje uit het verpondingsveldwerk van ca. 1648 (R.A. Assen). Het gehucht bestaat uit 4 boerderijen: a, b, c en d. Boerderij b omvat slechts 4 percelen en kwam in 1288 in het bezit van de abdij in Assen. Het is mogelijk, dat het kaartje van 1648 niet veel verschilt van de situatie in de 13e eeuw.

The open field (the es) of the hamlet of Deurze (municipality of Rolde, Drenthe) according to a land tax map of about 1648. The hamlet consists of 4 farms: a, b, c and d. Farm b comprises no more than 4 parcels. This farm became the property of the Nunnery of Assen in 1288. It is probable that the map of 1648 does not deviate much from the situation of the 13th century.

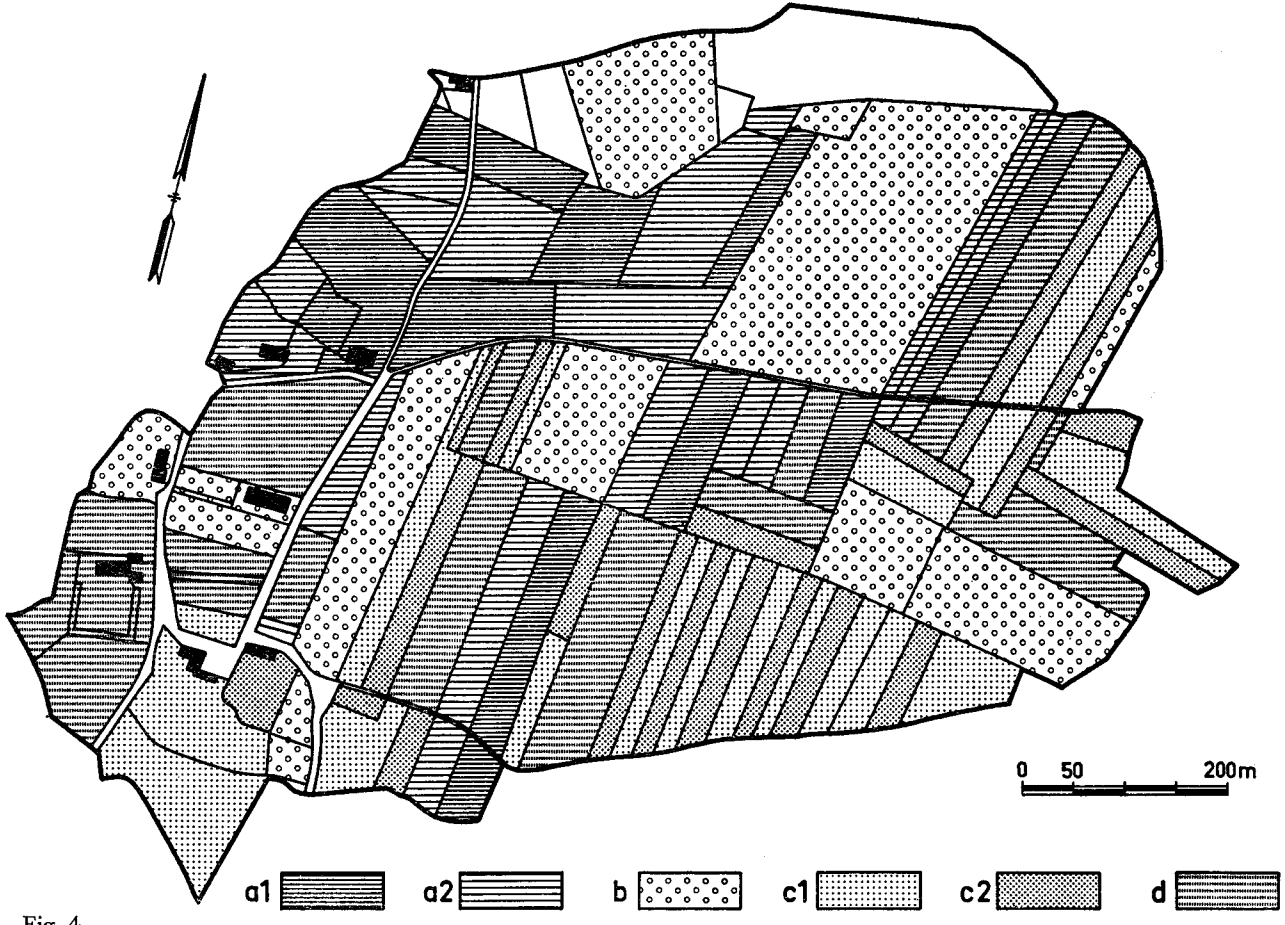


Fig. 4.
Deurze met de Deurzer es volgens het kadaster van 1830. Boerderijen a en c van fig. 3 zijn verdeeld, waardoor het grootste gedeelte van de es in smalle stroken is komen te liggen.

The hamlet of Deurze (municipality of Rolde, Drenthe) with the open field (the es), according to the cadaster of 1830. Farms a and c of fig. 3 have been subdivided. A strip division of most of the es has been the result.

6. JONGERE BLOKVORMIGE UITBREIDING VAN DE BOUWLANDEN

In Heeze (N.B.) ziet men buiten de zone van de strokencomplexen van de dorpsbouwlanden wederom een blokvormige verkaveling (fig. 5). Wij hebben getracht deze toestand te verklaren door verband te zoeken met de toenemende invloed van de grondheer (Edelman en Edelman-Vlam, 1960). Deze trad op als eigenaar van de woeste grond en zo werd de ontginning een zaak tussen dorpsheer en individuele belanghebbenden. Onder deze omstandigheden werden blokken en geen stroken gevormd.

7. „EINZELHÖFE"

In het bovenstaande is de ontwikkeling van het land van de dorpsgemeenschappen geschetst. In de meeste door ons beschreven dorpen bestaan echter ook geïsoleerde ontginningen, gewoonlijk van tamelijke omvang, waarbij het land aan één stuk ligt. Men vindt deze grote bedrijven buiten de dorpskernen. Men kan deze situatie het beste verklaren door aan te nemen, dat vreemdelingen ontginningsrechten op woeste grond hebben gekregen en dat zij deze omvangrijke bezittingen nauwkeurig hebben afgepaald. In het zuiden en midden van Nederland kunnen deze kolonisten zeer wel van Frankische herkomst zijn geweest.

Het land van zo'n aaneengelegen bedrijf ligt in blokvormige percelen, niet in stroken. Soms hebben deze bedrijven hun deel ontvangen bij latere verdelingen van woeste grond, zodat zij enige strookvormige percelen kunnen omvatten, die niet bij huis liggen.

8. RELATIE TUSSEN MIDDELEEUWSE EN OUDERE NEDERZETTINGEN

Zoals in par. 3 is uiteengezet, zijn vele dorpen op de Nederlandse zandgronden ontgonnen uit bos. Dit bos was echter niet oorspronkelijk. Ontelbare opgravingen hebben aangetoond, dat hetzelfde gebied reeds vrij dicht bevolkt was gedurende de IJzertijd en eerder. In de door ons bestudeerde gebieden kan men een breuk constateren tussen de bewoning in de prehistorische en de vroeghistorische periode.

Volgens Waterbolk (1959) zouden de uitkomsten van het archeologisch onderzoek er op wijzen, dat de bevolking van Drenthe gedurende en na de IJzertijd de zandstreken heeft verlaten en zich heeft gevestigd op de nieuwe alluviale gronden langs de noordelijke kust. De meeste van de zg. *celtic fields* zouden in deze tijd zijn verlaten.

Vele nederzettingen op de Veluwe lagen binnen een straal van 50 km ten noorden van de Rijn, welk gebied door de Romeinen werd ontvolkt ter beveiliging van hun lines (grens).

Ook in Brabant vertoont de bewoning een breuk na de Romeinse periode (Edelman en Edelman-Vlam, 1960).

Bijgevolg moeten de door ons in deze bijdrage beschreven ontginningen min of meer als herontginningen worden beschouwd uit vroeghistorische of Merovingische tijd.

Tussen de twee vestigingsperioden hadden de bossen de gelegenheid het verloren terrein terug te winnen, hetgeen behalve uit de bodem, ook blijkt uit de talrijke bostoponiemen in de door ons bestudeerde dorpen. Deze terugkomst van het bos werd mogelijk onder invloed van de zg. *volksver-*

Fig. 5.
Gedeelte van het grote bouwlandcomplex van de gemeente Heeze (N.B.). 1: Huiserven, die volgens onze opvattingen de oudste ontginningspercelen zouden weergeven; 2: blokvormige uitbreiding van de huiserven; 3: blokvormige verkaveling, die niet meer met de huiserven samenhangt; 4: strokenverkaveling als resultaat van groepsontginningen van de dorpsgemeenschap; 5: jonge blokverkaveling, die in verband is te brengen met de toenemende macht van de dorpsheer; 6: lage graslanden met betrekkelijk late verkaveling; 7: brinken, in 1830 eigendom van de gemeente.

Part of the open field of the municipality of Heeze (Noordbrabant), from a map of the land taxation survey of about 1830. 1. Homesteads: according to the authors these represent the oldest reclamations; 2. block extension of the homesteads. 3. zone of blocks, no longer connected with the homesteads; 4. zone with strip division; 5. younger blocks, the form of which is related to the increased power of the village squire; 6. low lying grasslands, only recently reclaimed; 7. „brinken", property of the municipality in 1830.

huizingen uit de 4e en 5e eeuw. De groepen, die het land na deze migraties in bezit namen leefden nog in familieverband en hadden een overvloed aan woeste grond ter beschikking. De sporen hiervan, nl. de blokvormige percelen, troffen wij aan in de kernen van een groot aantal kleine nederzettingen. Langzamerhand namen deze nederzettingen in bevolking toe, zodat hun latere uitleg plaatsvond in een overgangsperiode naar de zg. territoriale maatschappij, gekenmerkt door schaarser wordende grond. Deze laatste periode zien we weerspiegeld in de systematische verdeling van het land in stroken.

9. SUMMARY

Many of the villages in the sandy areas of the Netherlands have been reclaimed from forest. This forest however was not virgin forest. Numerous excavations have shown that the same areas were widely populated during the Iron Age and earlier. Between the two periods of occupation there was a break, effected by the so called Great Migrations (volksverhuizing) during the 4th and 5th centuries, in which the forest had an opportunity to recover.

The groups of settlers who took possession of the land after these movements still lived under kinship conditions. As a rule cultivable land was plentifully available; as demarcations, natural boundaries were adopted as far as possible, resulting in a kind of block parcelation.

Gradually these settlements increased in population and situation changed. As more outsiders and „new-comers" settled amongst the original kinship group a destinction was made between those entitled and those not entitled to the right of the land. Reclamation could no longer be spontaneous, and systematic division of the land into strips occurred in a transitional period between the genealogical and the territorial phases. So the centres of the described settlements present a block parcelation and these complexes of blocks are surrounded by a zone with strip division. In the old rural settlements in the sandy areas the strips of various owners are lying scattered over open fields (essen, engen, akkers or velden).

10. LITERATUUR

1. *Edelman, C. H. en A. W. Edelman-Vlam,* 1958: Een poging tot reconstructie van het verloop van de ontginning van Bennekom. In: Een Veluws dorp. Uitg. Stichting „Oud-Bennekom", 163–174.
2. *Edelman, C. H. en A. W. Edelman-Vlam,* 1960: Een bijdrage tot de ontginningsgeschiedenis van de zuidelijke zandgronden. In: Kultuurhistorische Verkenningen in de Kempen. I. Uitg. Stichting „Brabants Heem". 21–42.
3. *Hofstee, E. W. en A. W. Vlam,* 1952: Opmerkingen over de perceelsvormen in Nederland. Boor en Spade V, 195–235.
4. *Mortensen, H.,* 1955: Zur Entstehung der Gewannflur. Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie, 30–48.
5. *Müller-Wille, W.,* 1944: Langstreifenflur und Drubbel. Dtsch. Arch. für Landes- und Volksforsch. 8.
6. *Slicher van Bath, B. H.,* 1957: Een samenleving onder spanning; Geschiedenis van het platteland van Overijssel. Assen. 557.
7. *Waterbolk, H. T.,* 1959: Nieuwe gegevens over de herkomst van de oude bewoners der kleistreken. Akademiedagen XI, 16–37, Amsterdam.
8. *Wrede, G.,* 1954: Die Langstreifenfluren im Osnabrücker Land. Osnabrücker Mitteilungen 66, 1–103.

GLACIALE VERSCHIJNSELEN IN DE STUWWAL VAN OOTMARSUM

GLACIAL PHENOMENA IN THE PUSHED PREGLACIAL OF OOTMARSUM

(eastern Netherlands)

door/*by*

A. M. van den Akker [1]) **en/and M. Knibbe** [1])

1. INLEIDING

Bij de landelijke karteringen van de Stichting voor Bodemkartering op kleine schaal, zoals de Bodemkaart van Nederland (1960) 1:200.000 en de kaartbladenkartering 1:50.000 i.v., bleek het uitermate moeilijk de variatie in de bodemgesteldheid van de Twentse stuwwallen bevredigend weer te geven. Het vermoeden bestond, dat dit aan de zeer gecompliceerde bouw van de stuwwallen te wijten was. Teneinde voor de reeds begonnen en nog uit te voeren bodemkarteringen een beter inzicht in de opbouw te verkrijgen, werd in 1960 een kleine, zeer gedetailleerde kartering nabij Vasse verricht. Het resultaat van deze kartering vormt, tezamen met andere gegevens, de inhoud van dit artikel.

De stuwwallen van midden-Nederland bestaan voornamelijk uit zanden en grinden, afgezet door de Rijn, de Maas en de oostelijke rivieren ten tijde van het Pleistoceen, voorafgaande aan de komst van het landijs. De Twentse stuwwallen ten oosten van de lijn Kloosterhaar-Almelo-Haaksbergen bestaan grotendeels uit zanden en kleien van tertiaire ouderdom afgewisseld met jongere, oostelijke zanden en grinden. Het tertiair uit deze heuvels is een afzetting uit diverse tijdvakken, zoals Mioceen, Oligoceen en Eoceen. De afzetting geschiedde in een zee, die zich geleidelijk terugtrok. De jongste tertiaire afzetting uit het Plioceen ontbreekt (Burck 1950, Geologische Kaart 1:50.000 Almelo 28 kwartblad II). De oostelijke zanden en grinden zijn afzettingen van de middenduitse rivieren, zoals de Elbe en de Wezer. Door het opdringen van het landijs in tijden voor de Risstijd, zoals in de Mindelijstijd, werden deze rivieren gedwongen hun oorspronkelijke afwateringsrichting naar het westen en zuidwesten te verleggen (Maarleveld, 1956), waarbij grote hoeveelheden zand en grind werden afgezet.

Tijdens de voorlaatste ijstijd (Riss), waarin ons land grotendeels door het ijs bedekt raakte, werd de heuvel van Ootmarsum-Uelsen gevormd door de druk, die een bewegende ijslob, gelegen in het noord-zuid gestrekte dal van de Vecht, ten noorden van Rheine, op de dalwanden uitoefende (Burck, 1950).

Door de druk van het ijs is de oorspronkelijk min of meer horizontale ligging van de sedimenten dermate veranderd dat steil staande pakketten geen zeldzame verschijning zijn. In diverse ontsluitingen is deze steile stand der lagen dan ook goed te zien. In de heuvel van Ootmarsum werden bij de fosforietontginningen in 1919 reeds vele metingen verricht omtrent de helling en de strekking (richting) der gestuwde lagen (Burck, 1950).

Opmerkelijk is dat de strekking der lagen in het noordelijke deel van de

[1]) Prov. Afd. Overijssel van de Stichting voor Bodemkartering. Bij de voorbereiding van het onderzoek en bij de interpretatie der gegevens werd medewerking verleend door Dr. Maarleveld (Afd. Geologie en Paleobotanie van de Stichting voor Bodemkartering).

stuwwal evenwijdig is aan de richting van de stuwwal en in het zuidelijke deel met een boog in zuidoostelijke richting verloopt.

Behalve uit de metingen van helling en strekking in ontsluitingen kan de aard van de gestuwde afzettingen worden waargenomen door een patroon van dagzomende smalle evenwijdige stroken. In het noordelijke, Duitse deel van de stuwwal Ootmarsum-Uelsen werd een kartering uitgevoerd, waarbij een bijzonder fraai beeld van de wijze van opeenvolging van de gestuwde sedimenten werd verkregen (Richter, Schneider en Wager, 1950). De Jong (1955) onderzocht de opbouw van de stuwwallen in westelijk Overijssel, o.a. de Archemerberg en de spoorweginsnijding bij Nijverdal en wees, evenals Tesch (1931) had gedaan, op de schubstructuur. Op de Veluwe werd bij een tweetal studiekarteringen een patroon van evenwijdig lopende banen gevonden, waarvan de richting fraai overeenstemt met die van de strekking der gestuwde lagen (Schelling, 1953). Door ons werd in het gebied van Vasse een kartering uitgevoerd, waarbij dit eveneens bleek en waarbij bovendien een beeld omtrent de opbouw van de afzonderlijke schubben werd gevonden.

2. HET VERBAND TUSSEN DE TOPOGRAFIE VAN DE STUWWAL EN DE AARD VAN DE GESTUWDE LAGEN

De vorm van de stuwwal van Ootmarsum is in de eerste plaats door de stuwing van het landijs bepaald. Opmerkelijk is het schematische dwarsprofiel dat voorkomt op de geologische kaart van dit gebied (fig. 1), waaruit blijkt, dat de kern van de stuwwal voornamelijk bestaat uit eocene en paleocene pakketten, aan beide zijden begrensd door vrij steil staande oligocene afzettingen, terwijl de flanken worden gevormd door miocene sedimenten.

Na de vervorming van het landschap door het landijs kreeg de erosie

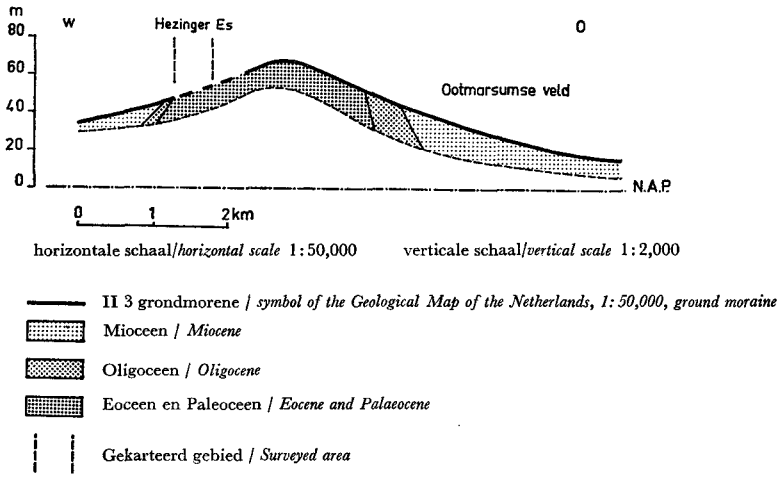


Fig. 1.
Schematisch dwarsprofiel van de stuwwal van Ootmarsum, naar de Geologische kaart 1:50.000 (Burck, 1950).
Schematic cross-section of the ice-pushed ridge of Ootmarsum, according to the Geological Map of the Netherlands 1: 50,000 (Burck, 1950).

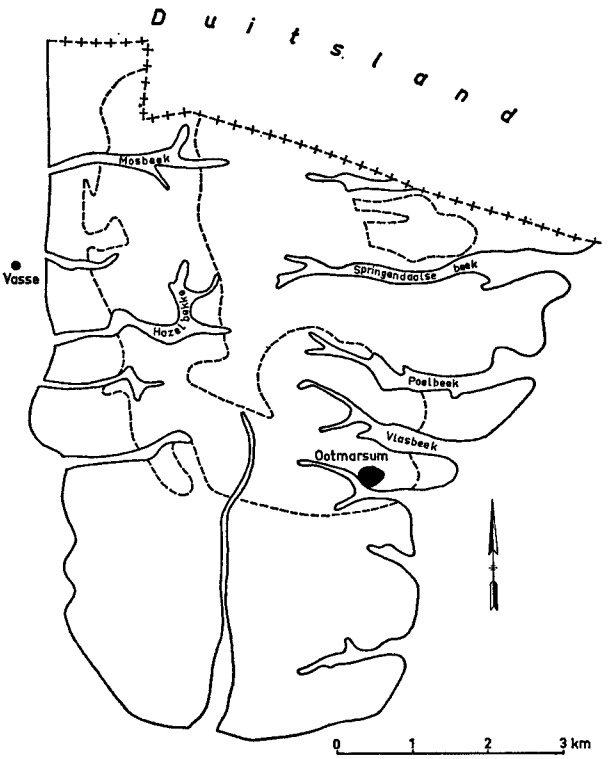


Fig. 2.
Diep ingesneden (consequente) radiale erosiedalen in stuwwal van Ootmarsum (naar Van der Hammen, 1951) en de Geologische Kaart van Nederland, 1:50.000.

Deeply incised (consequent) radial erosion valleys in the ice-pushed ridge of Ootmarsum (after Van der Hammen, 1951) and the Geological Map of the Netherlands, 1: 50,000.

----- Schematische omgrenzing van de tertiaire afzettingen (volgens de Geologische Kaart, 1:50.000)
Rough boundaries of the tertiary sediments (after the Geological Map, 1: 50,000)

nieuwe kansen. Vanaf de waterscheiding lopen naar het oosten, zuiden en westen een aantal smalle, diep ingesneden dalen (fig. 2). De opbouw en het ontstaan van deze dalen werden door Van der Hammen uitgebreid beschreven (v. d. Hammen, 1951). De vorming heeft voornamelijk tijdens het Würm-Pleniglaciaal plaatsgevonden. De richting der dalen is consequent en voornamelijk loodrecht op de strekking der gestuwde lagen.

Naast de genoemde vrij scherp ingesneden erosiedalen komt een andere, minder opvallende erosievorm voor. In een deel van de stuwwal (fig. 2) liggen tertiaire zanden en kleien aan de oppervlakte. In deze lemige, fijnzandige afzettingen zijn brede, vlakke laagten gevormd, waartussen de pleistocene grovere zanden als ruggen zijn overgebleven. De hoogste delen hiervan zijn grindkoppen, zoals de Tutenberg, de Braamberg en de Galgenberg.

De richting van deze laagten evenals de richting van de stroken pleistocene zanden in deze laagten is dezelfde als de strekkingsrichting van de gestuwde lagen, het zijn dus subsequente laagten. Als voorbeelden zijn op figuur 3 o.a. de dalen van de Mosbeek (zie ook fig. 4) en de Hazelbekke aangegeven. Deze bezitten vrij brede, relatief vlakke erosielaagten evenwijdig aan de strekkingsrichting van de gestuwde lagen in het gebied van de tertiaire afzettingen en smalle, diep ingesneden erosiegeulen loodrecht op de

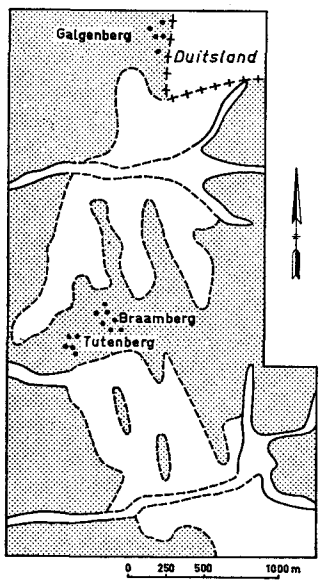


Fig. 3.
Globaal beeld van de erosiedalen in het westelijke deel van de stuwwal van Ootmarsum.
Rough picture of the erosion valleys in the western part of the ice-pushed ridge of Ootmarsum.

1 Smalle, diepe dalen in de pleistocene afzettingen / *Narrow, deep valleys in the pleistocene deposits.*
2 Brede, vlakke laagten in de tertiaire sedimenten / *Wide, flat depressions in the tertiary deposits.*
3 Smalle, minder uitgesproken dalen / *Narrow, less distinct valleys.*
4 Pleistocene zanden / *Pleistocene sands.*
5 Grindhoogten / *Gravel risings.*

strekkingsrichting van de gestuwde lagen in het gebied van de pleistocene grovere afzettingen. Het hier gevonden beeld komt dus overeen met de resultaten van Schelling (1953) en De Jong (1955) uit hun onderzoekingen resp. op de Veluwe en de Archemerberg.

3. DE KARTERING VAN HET GEBIED

Het gekarteerde terrein ligt op ca. 2 km oost van Vasse op de Hezinger es en bestaat uit twee vlakke brede erosiedalen, waartussen een 8 à 10 m hogere rug (fig. 5 en fig. 6). In het geologisch dwarsprofiel (fig. 1) is de plaats aangegeven evenals op de inzet van fig. 5. Er werd in raaien geboord, de raaien lagen in oost-west richting, loodrecht op de strekkingsrichting der gestuwde lagen.

De boorpuntsafstand bedroeg 25 m, de raaiafstand 50 m. Er werd tot 2,25 m diepte geboord. Het resultaat is in fig. 5 aangegeven, waarbij het 80 à 100 cm dikke esdek werd weggelaten. De afgrenzing moest met behulp van tussenboringen gebeuren, daar de natuurlijke grenzen door het esdek versluierd zijn.

4. NADERE OMSCHRIJVING VAN DE GEKARTEERDE EENHEDEN

De legenda van het bodemkaartje (fig. 5) is voornamelijk op lithologische basis opgesteld.

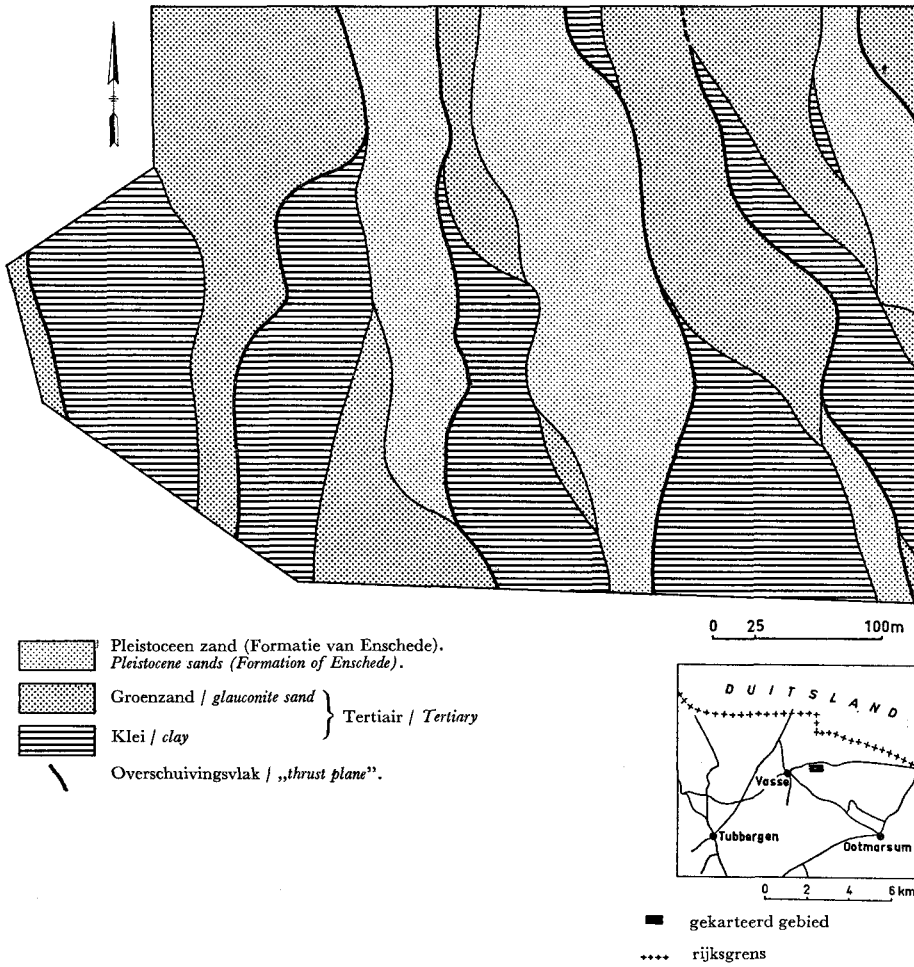


Fig. 5.
Vereenvoudigd kaartje van de gestuwde lagen bij Vasse (met weglating van de bedekkende jongere lagen).
Simplified map of the „scales", the ice-pushed layers near Vasse (with omission of the covering younger layers).

a. Esdek

Het reeds genoemde esdek, dat vrijwel in het gehele gekarteerde gebied aanwezig is, is niet op de kaart aangegeven. Het is 80 tot 100 cm dik en bestaat uit zwart humeus, sterk lemig, matig fijn zand. Humusgehalte ca. 6%, leemgehalte 22–26%, M50 150–210 mu.

b. Pleistocene zanden

Dit pleistocene zand behoort tot het type Noord-Nederland (Edelman en Maarleveld, 1958), een afzetting van mogelijk Mindel-ouderdom (Formatie van Enschede).

Het gehalte aan deeltjes kleiner dan 50 mu is 6–8%, het zand is tamelijk

Fig. 4.
Overzicht van een verbreding in het radiale dal van de Mosbeek (zie ook fig. 2). De foto werd in zuidelijke richting, loodrecht op de richting van de beek, genomen. De donkere „vegetatievlek" in het midden geeft het laagste deel van het dal weer.
View of the widening of the „radial" valley of the Mosbeek (see also fig. 2). The photograph has been taken in southern direction perpendicular to the rivulet. The darkening in centre of the photo, caused by other vegetation indicates the lowest part of the valley.

Fig. 6.
Westelijk deel van de Hezinger es, op de voorgrond een in noordelijke richting verlopend breed, vlak erosiedal. Op de achtergrond de rug met es.
Western part of the Hezinger es. In foreground a S-N oriented flat erosion depression. In background the ridge with old arable land.

grof, M50 ca. 210 mu. Soms komen grofzandige, soms grindhoudende lagen voor. Onder het esdek werden sporen aangetroffen van een keienvloertje, een erosieresidu van de keileem. In dit zand is aansluitend aan het esdek een goed ontwikkeld humusijzerpodzolprofiel aanwezig.

c. Groenzand

Deze overwegend uiterst fijnzandige afzetting, rijk aan glauconiet, behoort tot de tertiaire lagen in dit gebied. Op enkele plaatsen werd in deze afzetting zwak lemig, matig fijn zand aangetroffen. Het zeer fijne zand is sterk groen gekleurd en bevat glauconiet, het matig fijne zand bevat een grote variatie van gekleurde zandkorrels.

Onder het esdek is in deze zanden een krachtig ontwikkelde B-laag van een humusijzerpodzolprofiel aanwezig. In enkele gevallen (hellingen) was op de overgang esdek-groenzand een keienvloertje, een erosierest van de keileem, aanwezig.

d. Leem

Deze afzetting bestaat uit zware, uiterst fijnzandige, lutumrijke leem, die bovenin bont is gekleurd, naar beneden blauwgrijs. Ook hier is vaak aan de top van de afzetting een grindlaagje of keienvloertje van 20 à 30 cm aanwezig.

5. BESPREKING VAN HET KAARTBEELD

Oppervlakkige beschouwing van het kaartbeeld van figuur 5 leert dat er een regelmatig patroon van afwisselende lagen in oost-west richting aanwezig is. De volgorde der sedimenten is bijna steeds pleistoceen zand-groenzand-leem etc.. Op de grens van leem en pleistoceen zand liggen de overschuivingsvlakken. De laag pakketten (De Jong, 1955) is hier in de vorm van schubben over elkaar geschoven bij de stuwing.

Door enkele boringen op zeer korte afstand werd op één plaats de helling der lagen vastgesteld (fig. 7). De oppervlakte van het terrein op de waarnemingsplek helt vrij sterk van oost naar west. Het pleistocene zand ligt hier op het groenzand, terwijl het grensvlak van west naar oost helt.

Ook in diverse andere boringen werden twee afzettingen boven elkaar aangetroffen. Hoofdzakelijk was dit groenzand op leem. Sporadisch werd pleistoceen zand op groenzand en leem op pleistoceen zand aangetroffen.

6. ENKELE WAARNEMINGEN IN DE OMGEVING VAN HET GEKARTEERDE GEBIED

Naast de bestudering van de erosieverschijnselen en de kartering van een klein gebied werden een aantal ontsluitingen bestudeerd.

In een verse slootwand langs de oost-west verlopende weg op de noordrand van de Hezinger es was een fraaie afwisseling van steil staande lagen te zien. Het globale beeld daarvan kwam geheel overeen met dat van de kartering van de es. In deze ontsluiting konden veel meer afzonderlijke elementen worden onderscheiden dan bij de kartering mogelijk was. Het verschijnsel deed zich voor op een flauwe helling.

Op de oostrand van de Mander es werd een ontsluiting aangetroffen met

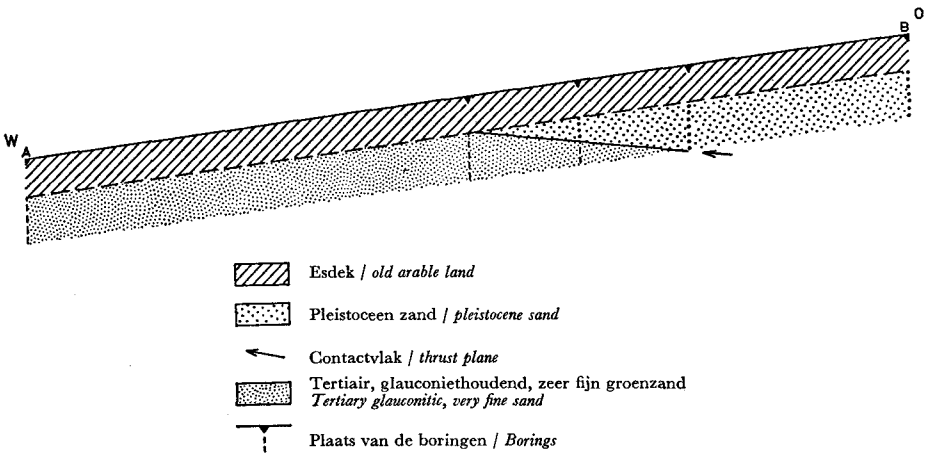


Fig. 7.
Profiel van een gedeelte van de Hezinger es, waar een contactvlak tussen tertiair groenzand en pleistoceen zand werd aangeboord.
B ligt ± 80 cm hoger dan A. Afstand A–B ± 25 m.
Profile of a part of the Hezinger es with a „thrust plane" between tertiary glauconitic and pleistocene sand.
B is appr. 80 cm higher situated than A. Distance A-B appr. 25 m.

steil staande gestuwde zand- en grindlagen met een noord-zuid gerichte strekking (fig. 8).

Langs de weg van Vasse naar Ootmarsum ligt een grote ontsluiting, waarin zowel aan de oost- als aan de westzijde stuwingsverschijnselen voorkomen (fig. 9). In het westen hellen de lagen in westelijke richting, in het oosten van de ontsluiting is de helling oostelijk.

Deze waarnemingen herinneren aan hetgeen Tesch (1931) over de stuwwallen schreef:

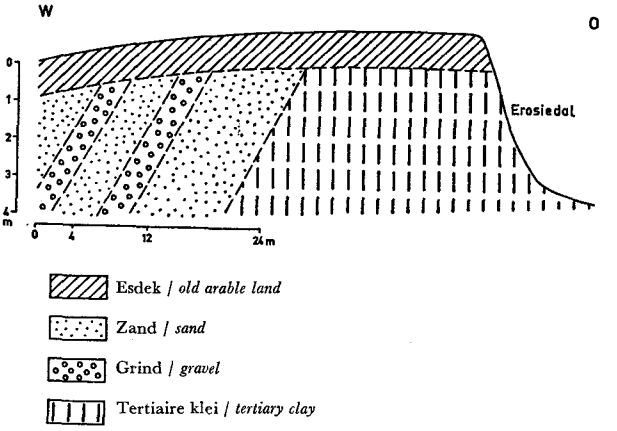


Fig. 8.
De ligging van klei-, zand- en grindbanen in een groeve op de Mander es.
Position of clay, sand and gravel scales in a pit on the Mander es.

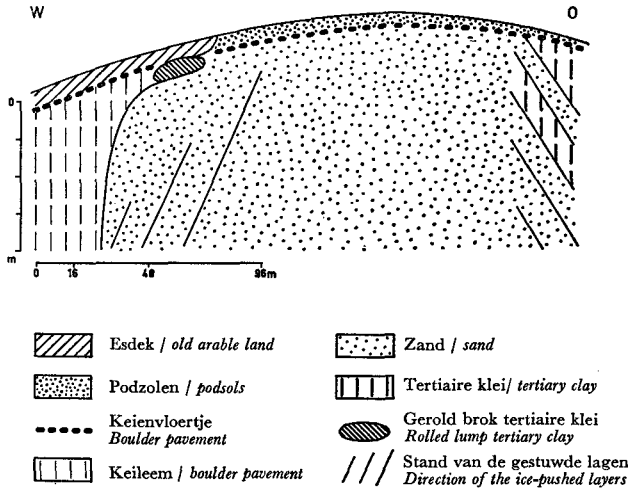


Fig. 9.
Schematisch profiel in een zandrug bij Vasse.
Schematic section of a sand ridge near Vasse.

„De inwendige bouw is, in het klein gezien, uiterst grillig en gecompliceerd, men ziet allerlei uitwerkingen van oprichting, stuwing, plooiing en kneding. In het groot blijkt een schubstructuur aanwezig te zijn". Alle verschijnselen wijzen er echter wel op, dat de strekkingsrichting in dit deel van de stuwwal onveranderlijk vrijwel noord-zuid is.

december, 1961

7. SUMMARY

Some detailed surveys on the western part of the icepushed ridge of Ootmarsum (eastern Netherlands) have been carried out. Except of the earlier found radial running, as a rule incised erosion valleys, in the region of the tertiary sediments flat wide depressions with some sandy and gravelly risings have been found.

In general the direction of these depressions is perpendicular to those of the radial valleys and parallel to the direction of the ice-pushed layers because of differential erosion.

A good correspondence with the results of German investigators was found by a very detailed survey of a small area near Vasse.

8. LITERATUUR

Burck, H. D. M., 1950: De bewegingsrichting van het landijs in Oostelijk Midden-Nederland. In: Sporen der IJstijd, 34–43, Zutphen.

Edelman, C. H. und G. C. Maarleveld, 1958: Pleistozän-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. Geol. Jahrbuch *73*, 639–684. Hannover.

Haans, J. C. F. M., i.v.: De Bodem van de provincie Overijssel.

Hammen, Th. van der, 1951: Late-glacial flora and peri-glacial phenomena in the Netherlands, Leiden. Diss. Leiden.

Jong, J. D. de, 1955: Geologische onderzoekingen in de stuwwallen van Oostelijk Nederland. I. Archemerberg en Nijverdal. Meded. van de Geologische Stichting no. 8, 33–58.

Maarleveld, G. C., 1956: Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten; (diss.). Het onderzoek van de afzettingen in Nederland en aangrenzende gebieden. Maastricht, Bodemkundige Studies no. 1. Diss. Utrecht.

Maarleveld, G. C., 1953: Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade *VI*, 95–105.

Richter, von Schneider-Wagner, Die Saale-eiszeitische Stauchzone von Itterbeek-Uelsen (Grafschaft Bentheim). „Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft" 1950 Band 201/I.

Geologische kaart van Nederland, schaal 1:50,000 28 Almelo, kwartblad II. Rijks Geologische Dienst.

Schelling, J., 1953: Twee studiekarteringen op de stuwwallen van de Veluwe. Boor en Spade *VI*, 113–125.

Tesch, P., 1931: Geologisch overzicht in „Overijssel". Deventer 1931. De Bodem van Nederland. Toelichting op blad 3, de bodemgesteldheid van provincie Overijssel, de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland.

DEKZANDRUGGEN UIT DE JONGE DRYASTIJD IN ZEEUWS-VLAANDEREN

COVER-SAND RIDGES FROM THE LATE DRYAS TIME IN ZEALAND FLANDERS

door/*by*

P. van der Sluijs [1]) **en G. C. Maarleveld** [2])

Langs de landsgrens worden zowel in westelijk als in oostelijk Zeeuws-Vlaanderen aan de oppervlakte uitlopers van het Belgische zandgebied aangetroffen. Dit zandlandschap helt in noordelijke richting en duikt op een hoogte van ca. 1 m + NAP weg onder jonge mariene afzettingen. In het zandgebied van oostelijk Zeeuws-Vlaanderen, waar in het bijzonder het gedeelte tussen Sas van Gent en Koewacht werd bestudeerd, vertoont de topografie een typisch reliëf van min of meer evenwijdig lopende ruggen. De breedte van deze terreinverheffingen reikt tot ongeveer 500 meter. De hoogte wisselt en het verschil bedraagt niet meer dan een paar meter. Hierbij moet worden bedacht, dat niet alleen de ruggen plaatselijk nog een weinig opgehoogd kunnen zijn, doch dat ook de omringende laagten met jong materiaal zijn bedekt en dus niet meer het oorspronkelijke maaiveld vormen.

Het materiaal van de ruggen is niet-lemig of zwak lemig, zeer fijn zand. De granulaire samenstelling is meestal vrij constant en het zand heeft een gewichtspercentage van ca. 60 aan deeltjes tussen 105 en 210 mu. Het M50-cijfer ligt grotendeels tussen 135 en 150 mu. Op enige diepte heeft het zand meestal een wat andere samenstelling, hetgeen het beste tot uitdrukking komt in een hoger leemgehalte.

In verband met de hoogte van de ruggen kunnen 2 verschillende typen worden onderscheiden en wel het lage, brede type en het iets hogere, brede type (fig. 1). De ruggen hebben overwegend een zuidwest–noordoost verloop, terwijl min of meer dwars hierop liggende boogvormige gedeelten voorkomen.

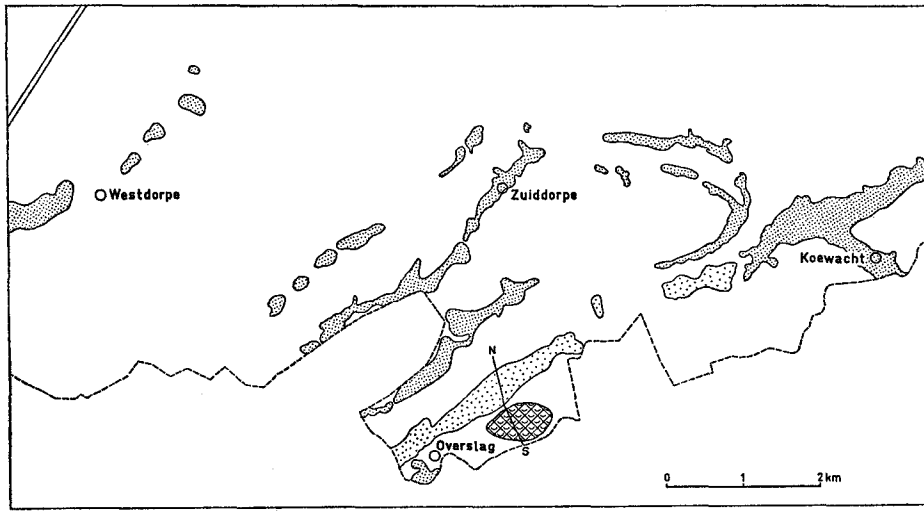
Ruggen met soortgelijke boogvormige delen komen ook elders in het land voor, zoals bij de recente zeeduinen (Faber, 1947; Vanhouten, 1939) en de dekzanden van de Gelderse Vallei (Maarleveld en Van der Schans, 1961). Ze moeten worden beschouwd als paraboolduinen.

Ruggen met een ongeveer zuidwest–noordoost oriëntatie worden ook in westelijk Noordbrabant (Van Dorsser, 1956) en in midden-Nederland aangetroffen. Onder deze ruggen (we denken hierbij in het bijzonder aan de pseudo-osar van de Veluwe) vinden we een oud bodemprofiel, dat blijkens ^{14}C-ouderdomsbepalingen uit de Allerødtijd stamt. Daar ze in een praktisch kaal landschap gevormd moeten zijn, komt als tijd van afzetting alleen de Jonge Dryastijd in aanmerking.

Daar de ruggen van Zeeuws-Vlaanderen dus hetzelfde verloop hebben als de middennederlandse uit de Jonge Dryastijd, leek het interessant na te gaan of ook deze zuidnederlandse ruggen van gelijke ouderdom zijn.

Tijdens de opname van een bodemkaart onder leiding van eerstgenoemde schrijver werd een gyttjalaag onder een dekzandrug gevonden (fig. 2). Deze

[1]) Karteringsleider afdeling Zeeland van de Stichting voor Bodemkartering.
[2]) Hoofd van de afdeling Geologie en Paleobotanie van de Stichting voor Bodemkartering.



1 2 3

1. Tamelijk hoge brede rug / *Rather high broad ridge.*
2. Lage brede rug / *Low broad ridge.*
3. Kalkgyttja aan het oppervlak van de pleistocene afzettingen / *Lime gyttja at the surface of the pleistocene deposits.*

Fig. 1.
Kaart van de dekzandruggen van een deel van oostelijk Zeeuws-Vlaanderen.
Map of the cover-sand ridges of a part of eastern Zealand Flanders.
Voor N – S zie fig. 2 / *For N – S see fig. 2.*

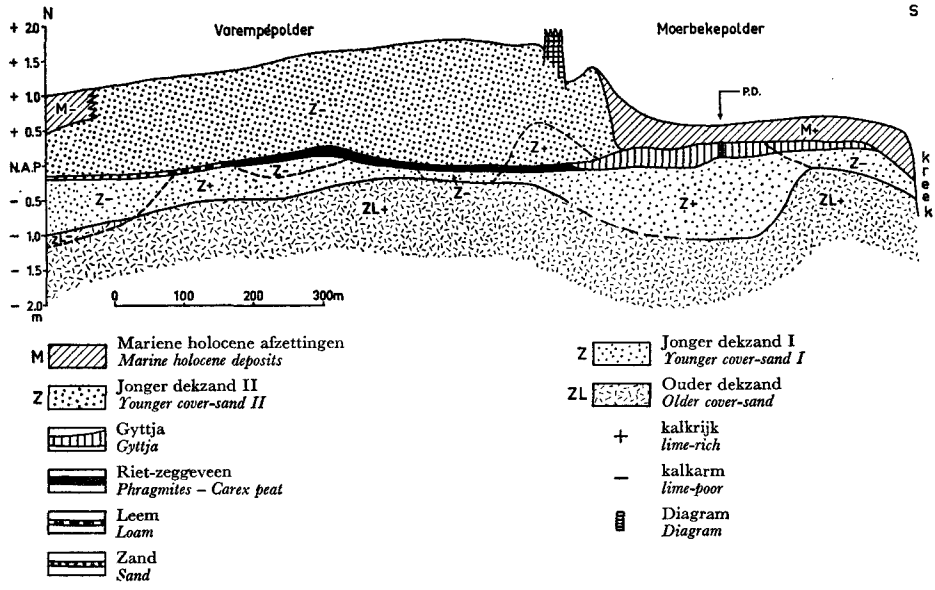


Fig. 2. Doorsnede dekzandrug / *Cross section of the cover-sand ridge.*

gyttjalaag gaat zijdelings over in riet-zeggeveen, vervolgens in een iets humeus leemlaagje van ongeveer 5 cm dikte en ten slotte in bruin getint zand.

De gyttjalaag werd pollenanalytisch onderzocht. Dr. B. Polak van de Afdeling voor Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie van de Landbouwhogeschool was zo vriendelijk het pollendiagram (zie fig. 3) met een rapport toe te lichten. Het pollenanalytisch beeld blijkt volgens haar interpretatie geheel in overeenstemming te zijn met de gedachte, dat de kalkgyttja gedurende de Allerødtijd is afgezet.

Het hoge aantal boompollen, vooral van *Pinus*, ten opzichte van niet-boompollen, de hoeveelheid *Artemisia* en verder het voorkomen van *Empetrum* en *Ericaceae* sluiten een Bølling-ouderdom uit.

Bij Sterre (zuidwestelijk van Zuiddorpe) werden onder de zandrug een humeus zandlaagje en een erboven liggend dun leemlaagje bemonsterd en eveneens op polleninhoud onderzocht. Ook hier bleek een Allerødlaag aanwezig te zijn. Opvallend is het vrij hoge percentage (60%) *Pinus* van het humeuze zandlaagje. Het leemlaagje bevat 23% *Pinus*. De Allerødlaag werd verder nog op talrijke plekken op hetzelfde niveau aangetroffen als in de Moerbekepolder, doch ter plaatse van de kern van de ruggen werd een 50 à 75 cm hogere ligging van de Allerød-laag opgemerkt.

Daar vanaf het Preboreaal een dichte begroeiing aanwezig was, zal hierdoor de winderosie sterk belemmerd of geheel onmogelijk zijn geweest, zodat we mogen aannemen, dat ook de ruggen van Zeeuws-Vlaanderen in de Jonge Dryastijd zijn gevormd. De oriëntatie is, zoals reeds werd opgemerkt, ongeveer gelijk aan die van even oude ruggen op de Veluwe. Het boogvormig verloop wijst op de paraboolvorm en dit betekent, dat de overheersende windrichting tijdens de vorming van de duinen zuidwestelijk was.

Uit fig. 4 blijkt, dat niettegenstaande de grote overeenkomst in oriëntatie van de Zeeuwsvlaamse zandruggen met die van midden-Nederland uit de Jonge Dryastijd, er toch een gering verschil is. Zo vertonen de Zeeuwsvlaamse ruggen een meer zuidwest-noordoost richting (gem. $\pm$ N 65° E) dan die van de Veluwe (gem. $\pm$ N 80° E). Onlangs verscheen van de hand van Van Straaten (1961) een studie, waarin onder meer de invloed van de wind op de duinen langs onze kust wordt beschreven. Uit Van Straatens kaartje met de richting van de topografie van de recente duinen blijkt eveneens een gering verschil in de oriëntatie van de duinen. In het noorden en midden van ons land komen meer duinen met een zuiver west-oost verloop voor dan in het zuidelijke deel van Nederland. Het is curieus, dat dit verschijnsel ook bij de dekzandruggen uit de Jonge Dryastijd wordt aangetroffen. We willen ons nog niet aan een verklaring wagen, doch zullen eerst meer gegevens uit andere delen van Nederland en omgeving trachten te verzamelen. Wat de oorzaak van het verschil ook mag zijn, het belangrijkste is, dat uit de gegevens in Zeeuws-Vlaanderen weer blijkt, dat de conclusie, getrokken uit waarnemingen in een ander deel van ons land omtrent een zuidwestelijke windrichting gedurende de Jonge Dryastijd, hier wordt bevestigd (tabel 1). Interessant in dit verband is de waarneming die te Witów, nabij Lodz (Polen) bij soortgelijke zanden werd gedaan. Hier bevindt zich in het zandpakket een gebleekte houtskoolrijke laag, die blijkens ^{14}C-onderzoek van het houtskool (10.815 $\pm$ 160; G.R.O. 828) van Allerød-ouderdom is. Door het voorkomen van vingervormige uitstulpingen etc. is de overeenkomst met de in ons land zo bekende Laag van Usselo treffend. Onder de Allerødlaag worden hier zanden uit de Oudere Dryastijd aangetroffen, die

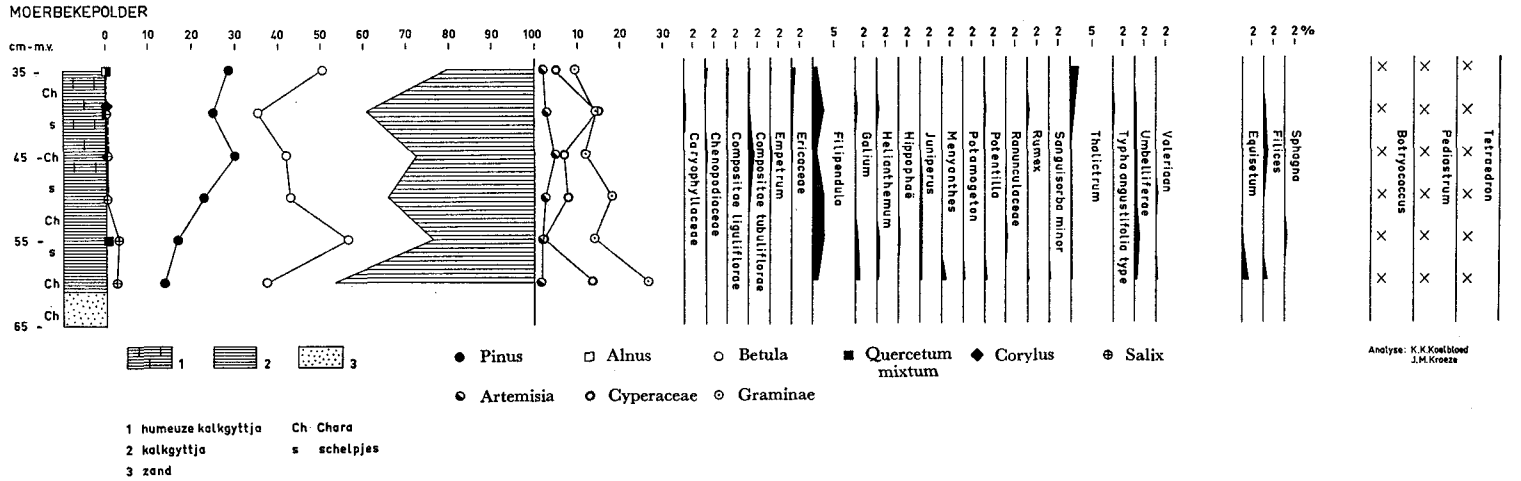


Fig. 3.
Diagram Moerbekepolder.
Diagram Moerbeke polder (cm–m.v. = cm below surface)

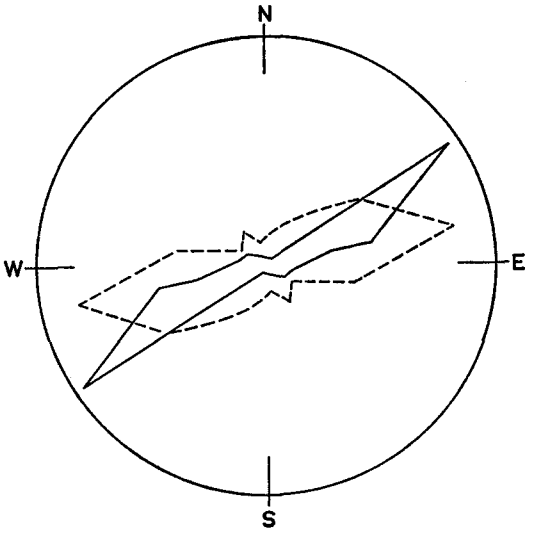


Fig. 4.
Oriëntatie van de dekzandruggen uit de Jonge Dryastijd.
Orientation of the cover-sand ridges of the Late Dryas time.

1 ——— Zeeuws-Vlaanderen / *Zealand Flanders*
2 – – – – Midden-Nederland / *Central Netherlands*

TABEL 1. Stratigrafische tabel van het Laatglaciaal.

	Perioden	Dekzanden	Overheersende windrichting tijdens duinvorming	Jaren v. Chr.
Laatglaciaal	Jonge Dryastijd	Jonger dekzand II	± zuidwest	
		houtskool		-8900
	Allerød	bodemvorming		
			± noordwest	-9800
	Oudere Dryastijd	Jonger dekzand I		
				-10400
	Bølling	bodemvorming		
				-11300

door noordwestelijke winden zijn afgezet, terwijl boven de laag uit de Allerødtijd zanden voorkomen uit de Jonge Dryastijd. Metingen, aan de afzettingen uit de Jonge Dryastijd verricht, gaven als uitkomst een zuidwestelijke sedimentatierichting (Dylik en Dylikowa, 1960; Chmielewska en Chmielewski, 1960). Deze waarnemingen stemmen dus geheel overeen met de Nederlandse. Het is al zeer opmerkelijk, dat niet alleen de verandering van windrichting omstreeks de Allerødtijd, doch tevens het krimpen van de wind van noordwest naar zuidwest zowel in Polen als in Nederland in dezelfde tijd heeft plaatsgevonden.

Reeds eerder werd vermeld, dat de dekzandruggen vrij laag zijn. Vooral bij die van Overslag is dit het geval; deze rug is op vele plekken ongeveer 75 cm lager dan de andere ruggen. De zeer lage ruggen bezitten voor zover thans bekend, geen podzolprofiel. Bij de iets hogere brede ruggen wordt dit bodemprofiel echter wel aangetroffen. Het is zeer wel mogelijk, dat de thans lage brede ruggen (zie fig. 1) na de vorming sterk zijn aangetast, hoewel hiermede geenszins wil worden gezegd, dat dit de oorzaak voor het ontbreken van het podzolprofiel is. Op verschillende plaatsen zijn soms ook gedeelten van de dekzandruggen volkomen verdwenen, zoals het noordelijke deel van de rug nabij Westdorpe. Ter plaatse van de voormalige rug vinden we thans een grote doorbraak van de Axelse Kreek. De erosie heeft echter gelukkig niet zo'n omvang gehad, dat het patroon van de dekzandruggen onherkenbaar is geworden.

april, 1962

SUMMARY

In Zealand Flanders cover-sand ridges occur, which have been deposited by south-western winds in Late Dryas time. With only a small deviation the orientation of these ridges is identical to that of the ridges of the Central Netherlands. This also corresponds with the orientation of cover-sand ridges from Late Dryas time recently found in Poland (Witów, near Lodz).

Small deviations in the orientation of the recent dunes in the Northern and Central Netherlands at the one hand and the Southern Netherlands at the other also occur.

LITERATUUR

Chmielewska, M. et W. Chmielewski, 1960: Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. de Leczyca. Biuletyn Peryglacjalny, *8*, 133–141.

Dorsser, H. J. van, 1956: Het landschap van westelijk Noordbrabant. Middelharnis. Proefschrift Utrecht.

Dylik, J. et A. Dylikowa, 1960: Compte-rendu des excursions du 19 au 30 Septembre 1958. Biuletyn Peryglacjalny, *8*, 81–132.

Faber, F. J., 1947: Geologie van Nederland III. Nederlandse Landschappen. Gorinchem.

Maarleveld, G. C. en R. P. H. P. v. d. Schans, 1961: De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen., *78*, 22–34.

Straaten, L. M. J. U. van, 1961: Directional effects of winds, waves and currents along the Dutch North Sea Coast. Geologie en Mijnbouw, *23*, 333–346.

Vanhouten, J., 1939: De oppervlaktevormen van het Haagsche duinlandschap. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen., *56*, 1–50.

DE SLEUFAKKERS VAN DE WESTERWOLDSE ESSEN

THE „DITCHED" FIELDS ON THE PLAGGEN SOILS OF THE WESTERWOLDE AREA

door/*by*

A. E. Klungel [1])

1. INLEIDING

In aansluiting op het artikel: „Groeiverschillen in graangewassen op de essen van Westerwolde in het droge jaar 1959" door A. E. Klungel en Ir. L. A. H. de Smet, gepubliceerd in het maandblad „Landbouwvoorlichting" januari 1962, wordt in dit artikel nader ingegaan op het daarin genoemd sleuvenstelsel, dat de oorzaak van de groeiverschillen bleek te zijn.

Uit het onderzoek naar de systematische variaties in lengtegroei van een graangewas bleek nl. dat het verschijnsel verklaard moest worden door verschillen in hoeveelheden beschikbaar vocht. Deze hingen samen met afwisselende dikten van het esdek (fig. 1 en fig. 2).

2. VOORGESCHIEDENIS EN ONTSTAAN VAN DE ESSEN IN WESTERWOLDE

Westerwolde is een dekzandlandschap gelegen in het zuidoostelijke deel van de provincie Groningen. De naam wordt ontleend aan het woudgebied van het vroegere Saksenland ten westen van de Eems.

Het landschap is zeer afwisselend, hoog gelegen zandruggen omzomen de soms diep ingesneden beekdalen.

De middelhoge en laag gelegen gronden zijn veelal min of meer lemig. Ook in de hoog gelegen zandgronden komen dikwijls lemige horizonten binnen boorbereik voor ($< 1{,}20$ m).

In het gebied werden enkele hoogveencomplexen aangetroffen, die afgegraven en ontgonnen zijn.

Lange tijd heeft Westerwolde geïsoleerd gelegen, het gebied was aan drie zijden ingesloten door de hoogveenmoerassen van het Boertanger moor en de Oostermoerse venen.

In tegenstelling met Drenthe komt hier, op enkele uitzonderingen na, geen keileem aan of dicht aan het oppervlak. Alleen nabij Onstwedde worden enkele grote keileemruggen aangetroffen.

Ook de opduiking de „Hasseberg", ten oosten van Sellingen bestaat uit keileem. Het „geologisch profiel", dat vrij algemeen voorkomt, bestaat uit verschillende preglaciale zandformaties die met dekzanden zijn afgedekt.

De lotgevallen van Westerwolde gaan terug tot ver in de prehistorie. Uit het Mesolithicum dateert een vuurstenen schrabber die in 1931 nabij Sellingen werd gevonden.

Ook door Van Giffen (1939) worden vondsten microlithica genoemd.

[1]) Stichting voor Bodemkartering afd. Groningen.

Andere archeologische vondsten – vuurstenen voorwerpen en tumuli – dateren uit het Neolithicum. Onder meer zijn een drietal opgegraven grafheuvels nabij Wessinghuizen bekend (Van Giffen, 1939).

Vondsten uit de Bronstijd en de IJzertijd zijn veelvuldig. Op diverse plaatsen zijn grafvelden (kring-grep-urnenvelden) onderzocht en beschreven. (Van Giffen, 1939).

Vooral op de hoger gelegen gronden langs het water zijn vele aardewerkscherven en lithen te vinden. Ook de urnenvelden dateren uit deze tijd.

Aan de hand van luchtfoto's en door veldwaarnemingen zijn op een aantal plaatsen celtic fields of raatakkers gevonden. Hier worden ze „heidense legerplaatsen" genoemd. Ze liggen meestal nabij urnenvelden. Van Giffen (1939) maakt in dit gebied van een 13-tal waarnemingen melding. Ook zullen raatakkers met de ontginningen of herontginningen verdwenen zijn.

De in Westerwolde voorkomende prehistorische bouwlanden zijn te vergelijken met die in Drenthe, beschreven o.a. door Wieringa (1954, 1958).

Op de hoger gelegen zandgronden, in de nabijheid van water, wordt veelal direct onder het esdek een vuil-grijs gekleurde grond aangetroffen, waarin vuursteentjes en aardewerkscherven zijn gevonden.

Wanneer deze gronden in bouwland hebben gelegen is moeilijk te zeggen. De betreffende laag wordt als „archeologisch vuil" betiteld. Wellicht zijn deze gronden tot aan de estijd tot ca. 1200 na Chr. in cultuur geweest, zij het misschien met onderbrekingen.

Er zijn geen aanwijzingen dat de Romeinen in Westerwolde nederzettingen hebben gehad of tot hier zijn doorgedrongen. Wel moet het in hun invloedssfeer hebben gelegen.

Nabij Mussel zijn enkele Romeinse munten gevonden (Muntinga, 1945). De Romeinse legers zouden de Eems als vaarweg hebben gebruikt en de afstand tot deze rivier is niet erg groot.

Volgens Karsten (1829) zou de thans geheel verdwenen veenbrug van Valthe in Drenthe naar Ter Haar (ten noorden van Ter Apel) deel hebben uitgemaakt van de Romeinse heirweg naar de Eems.

Ook deze brug zou behoren tot de door Tacitus beschreven „Pontes longi". Anderen dateren deze brug uit prehistorische tijden.

Naast deze hebben nog enkele veenbruggen Westerwolde met het omliggende gebied verbonden. Zoals uit onderzoekingen in Drenthe is gebleken kunnen deze bruggen zeer oud zijn.

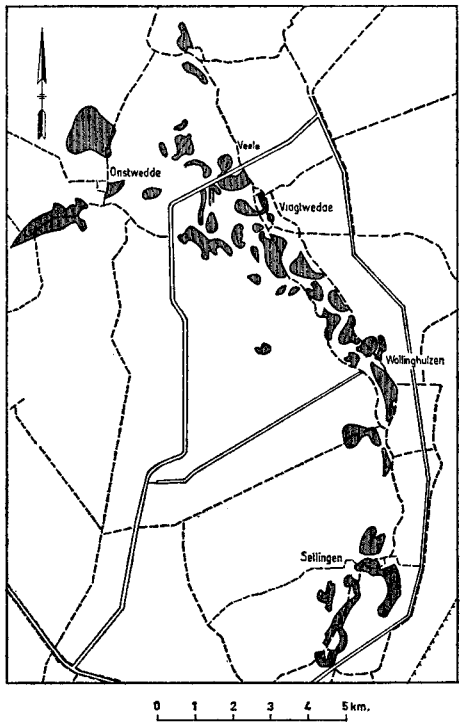
Tot in de Romeinse tijd zal de akkerbouw hoofdzakelijk zijn uitgeoefend op de raatakkers. Nog worden in Westerwolde complexen met de rechthoekige akkers, omringd met een aarden wal, aangetroffen.

Of de ploeg in de Romeinse tijd werd ingevoerd en algemeen toegepast is moeilijk te zeggen. De raatakkers lenen zich hiertoe minder goed.

Het schijnt dat tussen ± 500 vóór en ± 400 na Chr. grote delen van de zandgebieden zijn ontvolkt ten gunste van de kleigebieden langs de Waddenkust. De heide heeft zich daardoor sterk kunnen uitbreiden. De verlaten oude cultuurgronden zijn overdekt met struikgewas en heide, terwijl de oerbossen op de middelhoge en laag gelegen gronden nog onaangetast waren.

De ontvolking kan een gevolg zijn geweest van klimatologische veranderingen (Waterbolk, 1959). Tegenwoordig komt hij hiervan terug. Er zijn weinig gegevens over het tijdvak vanaf de Volksverhuizing (± 400 na Chr.) tot de vroege middeleeuwen (900 à 1200).

Fig. 3.
De ligging van de essen in Westerwolde.
Distribution of the plaggen soils in the Westerwolde area.



Volgens Edelman en Edelman-Vlam (1960) is er mogelijk een hiaat in de geschiedenis van ca. 400 na Chr. tot 900 à 1000.

Het begin van de esaanleg schijnt in Westerwolde tussen 900 en 1200 te moeten worden gedateerd. Ook Naarding (1947) is van mening dat dit tijdens de kerstening of nog later is geweest. Welke vorm van landbouw voor de esaanleg gevonden werd is moeilijk te zeggen. De bevolkingsdichtheid in deze streken is vermoedelijk echter niet groot geweest.

Het ligt voor de hand dat het eerst die gronden voor de landbouw werden gebruikt die in vroeger tijden zijn verlaten. Hier groeide een licht bos en de ontginning hiervan leverde minder moeilijkheden op dan dat van het zware oerbos.

Op vele plaatsen, meestal onder het esdek, wordt een vuil-grijs gekleurde horizont aangetroffen die „archeologisch vuil" is genoemd. Het is zeer goed mogelijk dat deze horizont de landbouwgronden van voor de estijd vertegenwoordigt. Later zijn deze gronden opgehoogd met een mestdek waardoor de essen zijn ontstaan.

In de vroege middeleeuwen hebben zich grote veranderingen op landbouwgebied voltrokken en daarmee tevens in de gehele samenleving.

Voor het eerst in de geschiedenis werden akkerbouwgronden regelmatig bemest met materiaal dat afkomstig was van elders. Hiermee is dan de estijd begonnen (zie voor de ligging van de essen in Westerwolde fig. 3).

Voor de bemesting waren plaggen nodig, waarmede de mest werd gebonden en verschraald. Hiervoor werden heideplaggen genomen maar ook wel bosstrooisel. Uit de overwegend zwarte esdektinten mag worden geconclu-

deerd dat merendeels heideplaggen werden gebruikt. Bosstrooisel geeft een meer bruine verkleuring. In dit gebied komen deze tinten veel onderin de opgebrachte dekken voor.

De heidevelden werden in stand gehouden door schaapskudden die in de vroege middeleeuwen in groten getale verschenen (Naarding, 1947). Het afplaggen van de heidegronden vond dicht bij de nederzettingen plaats. Via de potstal kwamen de plaggen vermengd met mest en zand op de es terecht. (Domhof, 1953).

Bij al deze veranderingen waren de kloosterlingen nauw betrokken. Het klooster van Ter Apel met name moet in dit verband worden genoemd.

In de betreffende literatuur wordt veelal vermeld, dat de essen uit bos zijn aangelegd. Deze bossen bedekten zowel de lemige hoog gelegen gronden als de natte beekdalgronden.

Naast essenaanleg op gronden die reeds langer, zij het afgewisseld, in cultuur zijn geweest, zullen ook essen zijn ontstaan op gronden die in bos lagen of met houtopslag en heide waren bedekt.

De eskernen moeten vrij klein zijn geweest en eerst naderhand zijn vergroot door opruiming van het omringende bos (Oldenbanning, 1949).

Een es kan zijn samengesteld uit een aantal kleine kernen. Op de Wester es (Veele) menen we verschillende kernen te kunnen aanwijzen. Ook de percelering wijst hierop.

Door een regelmatig weerkerende bemesting, waarbij zowel organische stof als minerale delen op het land werden gebracht nam het esdek in dikte toe. Het verdikken van de humeuze bovengrond was geen doel, maar een gevolg van de toegepaste bemestingsmethode. De ophoging moet iets minder dan 1 mm per jaar hebben bedragen. In vergelijking met esdekken uit Gelderland en Overijssel zijn deze in Westerwolde, evenals in Drenthe, dun. De gemiddelde dikte bedraagt hier ca. 30 cm.

Heinemann (1961) vermeldt dat op verschillende cultuurgronden van in Eemsland in 1788 gevestigde nederzettingen het humeuze dek 40–60 cm dik is. In ca. 140 jaren tijds moet dit dek zijn ontstaan.

Door de hoge en bolle ligging waren de essen gevrijwaard tegen de soms hoog oplopende waterstanden. Op natuurlijke wijze vond de afwatering plaats naar de omringende beekdalen. Waren de graslanden en heidegronden gemeenschappelijk bezit van de Markegenoten, op de es had ieder zijn eigen bouwlandpercelen. Onderzoek hiernaar zal nog vele belangrijke en interessante gegevens aan het licht kunnen brengen.

De graslanden in de beekdalen waren als weidegronden minder geschikt. Door de te hoge waterstanden waren deze gronden meestal drassig en voor het vee onbegaanbaar. In de herfst bracht men daarom het vee naar de essen waar vooral de met rogge ingezaaide percelen werden beweid.

De veehouderij, de schapen- en runderteelt was, alleen al met het oog op de mestproduktie, een onmisbare schakel in de samenleving. Zonder de mest zouden de akkerbouwgronden in korte tijd uitgeput zijn geweest.

De essen zijn meestal aangelegd op bospodzolen. Ook komen op een aantal plaatsen heidepodzolen voor. Nabij Onstwedde rust een matig dik esdek (30 à 40 cm) op keileem.

Het oorspronkelijke profiel van de zandgronden is meestal niet volledig terug te vinden. Als gevolg van de grondbewerking zijn vele profielen onder het esdek onthoofd.

In de gronden waarop thans de esdekken liggen zijn eens, volgens een bepaald systeem, geulen gegraven.

Vooral met behulp van de optredende groeiverschillen in het droge jaar 1959 is op de essen van Westerwolde een „nieuw" sleuvensysteem gevonden.

Analoog aan namen als „hoogakkers" en „raatakkers" worden de gronden waarin deze sleuven werden aangetroffen „sleufakkers" genoemd.

3. BESCHRIJVING VAN HET WAARGENOMEN SLEUVENSTELSEL

In fig. 4 is het sleuvenstelsel aan de hand van de waargenomen groeiverschillen geschetst.

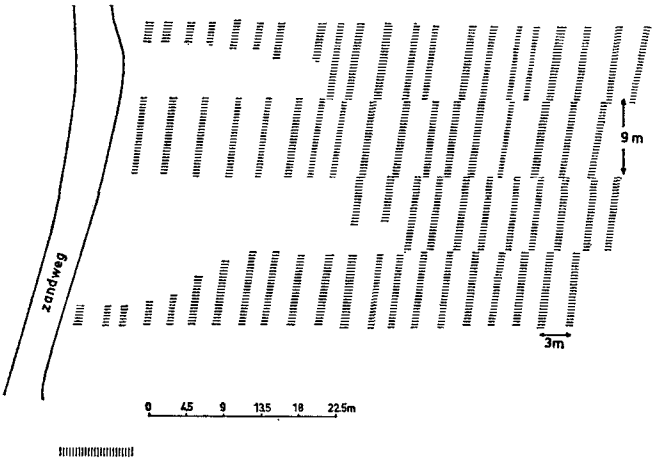


Fig. 4.
Schets van het sleuvenstelsel, aangegeven door de groeiverschillen in haver in het droge jaar 1959 op een gedeelte van de Wester es bij Veele. De groeiverschillen staan in verband met de grotere dikte van het humeuze dek in de sleuven.
The „ditches" pattern, indicated by differences in growth in oats in the dry summer of 1959 on a part of the western plaggen soils near Veele. The zones of greater plant vigour are related to a greater thickness of the humose man-made cover „in the ditches".

Deze sleuven liggen in banen naast elkaar over de es. Meestal werden deze waargenomen op de hoogste en oudste esdelen, maar ze kwamen ook voor op hellingen en lager gelegen delen van een es. De meestal ca. 9 m lange en ca. 50 cm brede sleuven liggen op tamelijk regelmatige afstand van 2–3 m van elkaar.

De sleuven in een volgende baan verspringen meestal iets, zodat ze niet in elkaars verlengde behoeven te liggen.

Het systeem gaat mee met de vorm van een es of esdeel. Ook perceelsscheidingen zijn soms grenzen van het sleuvenstelsel.

Op de Hoornakkers, ten noorden van Wollinghuizen en ook op de Wester es nabij Veele, zijn in ontsluitingen het systeem en de opgevulde sleuven afzonderlijk bestudeerd.

In fig. 5 is de ontsluitingswand van de Hoornakkers met een 10-tal sleuven geschetst. Niet alleen valt de regelmatige onderlinge sleuvenafstand op, maar ook dat ze ongeveer dezelfde vorm hebben.

De waargenomen sleuven van dit systeem hebben in de Westerwoldse

essen alle dezelfde grondvorm. Op onderdelen zijn er onderlinge verschillen, maar deze doen aan de grondvorm geen afbreuk.

De sleuven die in een baan naast elkaar liggen, kunnen zozeer op elkaar gelijken, dat het lijkt of dezelfde persoon deze achter elkaar in routine-werk heeft gegraven.

Een wand van de sleuven – in onze voorbeelden van fig. 5 en 6 de rechterwand – is daarbij verticaal of zelfs iets schuin naar buiten afgestoken. De begrenzing van het materiaal in de sleuf met het niet geroerde zand is vrij scherp. De andere sleufwanden lopen meer schuin naar boven. De begrenzingen van de sleufinhoud met het gele of bruine zand is minder scherp, soms vaag. Wel zijn de omtrekken van de sleuven duidelijk waarneembaar.

De sleufbodems zijn enigszins hol, in het midden het diepst.

Het materiaal waarmee de sleuven zijn opgevuld is veelal een donker gekleurde humeuze grondmassa. In de sleuf is deze massa als regel niet homogeen verdeeld. Vooral nabij de schuin oplopende wand en onderin de sleuven worden in de regel brokken geel of geelbruin zand gevonden (fig. 6). De kleuren hiervan corresponderen met die van het zand in de omgeving (fig. 5).

Op enkele plaatsen worden soms zwarte humeuze of venige laagjes aangetroffen. Deze kunnen afkomstig zijn van een plag of van humeuze bovengrond die in de sleuven is gestort. Ook komen houtskoolrestanten voor.

Zeer belangrijk voor onze verklaring is het geel-bruin gekleurde zand tussen het opvullingsmateriaal en het esdek. Deze grenslaag komt praktisch overal voor. Nabij de steile wand is deze laag meestal dikker en duidelijker dan boven de schuin oplopende wand.

Het esdek, zowel boven de opgevulde sleuven als daartussen, is homogeen en uniform. Op geen enkele plaats hebben we aanwijzingen gekregen dat het esdek tussen de sleuven verschilt met het dek boven de sleuven (fig. 2).

Bij ongeveer 9 m (zie fig. 5) is te midden van donker gekleurd vlekkerig zand een ca. 30 kg zware zwerfsteen gevonden. In de nabijheid lagen enkele aardewerkscherven.

Aan één kant was deze steen afgeplat. Volgens deskundigen van het Biologisch Archeologisch Instituut te Groningen zou dit een maalsteen zijn, die waarschijnlijk in een graf is bijgezet. Deze steen werd aan genoemd Instituut geschonken.

4. GEGEVENS EN BESCHOUWINGEN OVER SLEUVENSTELSELS ONDER ESDEKKEN

In de literatuur wordt het voorkomen van sleuven onder esdekken beschreven en verschillende verklaringen worden genoemd. De opvattingen over oorsprong en doel hiervan zijn niet eensluidend. Wel dient te worden opgemerkt, dat elders onder esdekken voorkomende sleuvenstelsels in onderlinge afstand en vorm verschillen van die in Westerwolde.

De verklaringen betreffende systemen, die in een bepaald gebied voorkomen, kunnen echter voor de plaats, waarop zij betrekking hebben, opgaan, doch in ons geval voor Westerwolde niet gelden.

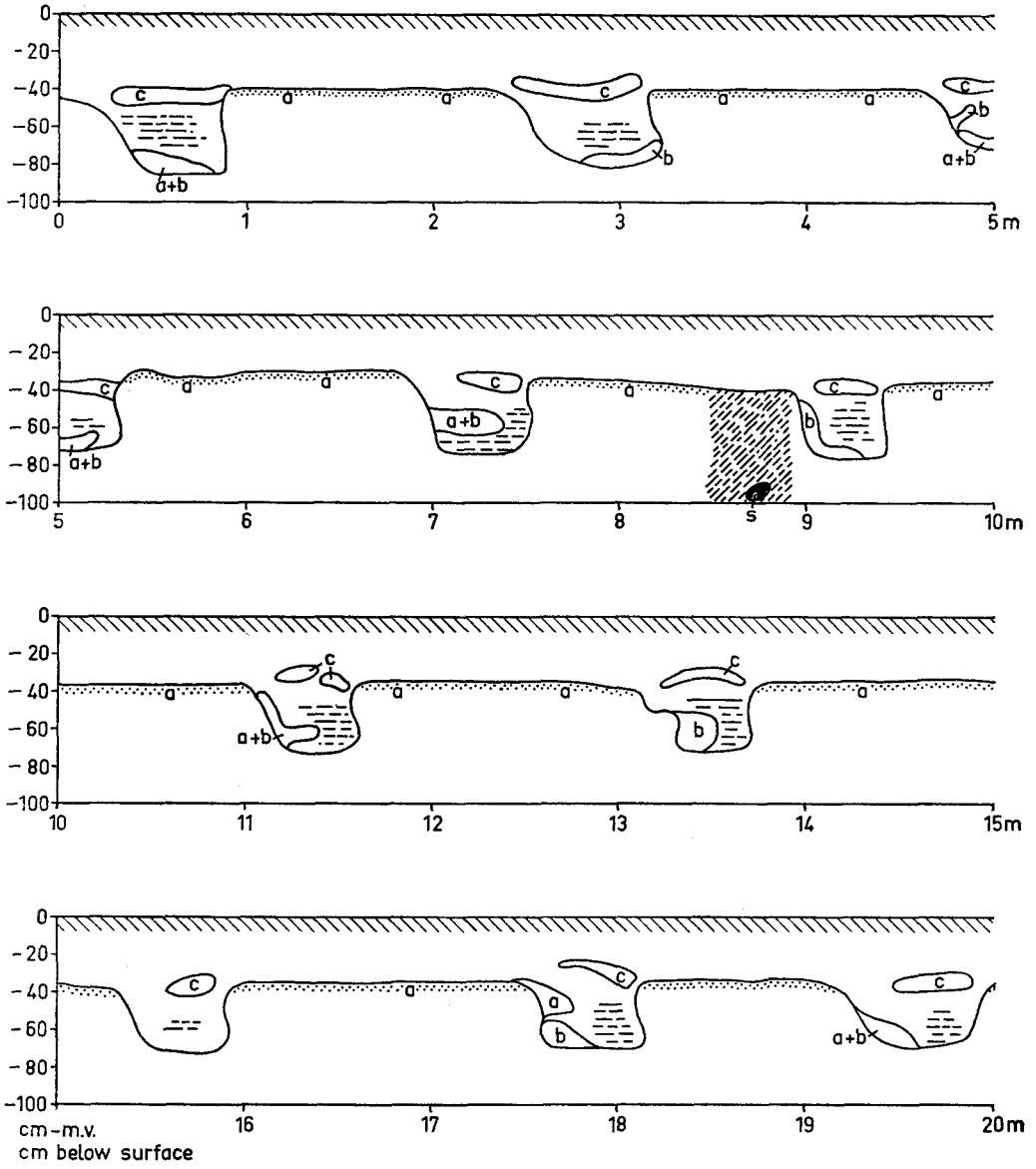
In dit hoofdstuk zullen enkele gegeven verklaringen aan onze bevindingen bij de Westerwoldse essen worden getoetst.

Fig. 1.
Groeiverschillen in haver (juli, 1959). Het „sleuvenstelsel" is duidelijk in het gewas te zien.
Growth differences in oats (july, 1959). The pattern of „ditches" is easily visible in the crop.

Fig. 2.
De „sleuven" onder het esdek zijn opgevuld met de uitgeputte en zure oude bovengrond.
The „ditches" below the humose man-made plaggen soil are filled with exhausted and acid old surface soil.

Fig. 6.
De rechterkant van de sleuf is recht afgestoken. Onderin de sleuf brokken geel en geelbruin zand.
The right side of the „ditch" has been cut vertically. At the bottom lumps of yellow and yellow-brown sand.

Fig. 7.
Het bovenste gedeelte van een sleuf onder het esdek met een plag en brokken pleistoceen zand.
The upper part of a „ditch" filling with a sod and lumps of pleistocene sand.



a b c s

a. archeologisch vuile grond / *archeologically previously disturbed greyish soil.*
b. brokken geel en bruin zand / *lumps of yellowish and brownish sand.*
c. geel zand, bovenin de geul / *yellowish sand, in the upper part of the 'ditch' filling.*
d. steen / *stone.*

Fig. 5.
Ontsluitingswand op de Hoornakker es bij Wollinghuizen.
Excavation face in the Hoornakker plaggen soils near Wollinghuizen.

a. Het ligt voor de hand, dat bij het opmerken van een dergelijk sleuven- of geulenstelsel in de eerste plaats aan een afwateringssysteem wordt gedacht. Tijdens het ontstaan van de essen of naderhand zou dit kunnen zijn aangelegd.

Men mag veronderstellen, dat ook de iets hoger gelegen gronden, die alleen natuurlijk afwaterden, in bepaalde tijden van het jaar niettemin wateroverlast hadden. De veronderstelling met een afwateringsstelsel te maken te hebben zou dan aannemelijk zijn.

Bestuderen we echter het systeem nader, dan blijkt, dat de sleuven in banen onafhankelijk van elkaar liggen en onderling niet verbonden zijn (fig. 4).

Ook de vorm van de sleuven wijst niet op afwateringsgeulen daar ze in dit geval veel meer afgerond zouden moeten zijn en minder scherp begrensd. Bovendien zou de bewerking van deze akkertjes van gem. 9 × $2\frac{1}{2}$ m met de ploeg niet aannemelijk zijn.

b. Vóór de aanleg van de essen zouden op deze plaatsen prehistorische cultuurgronden hebben gelegen in de vorm van hoogakkers en raatakkers. De sleuven zouden uit die tijd stammen.

Van de hoogakkers uit Drenthe weten we dat ze rechthoekig waren en omgeven door een greppel (Wieringa, 1958). Af en toe werden deze akkers opgehoogd met materiaal uit de greppels. De afmetingen van de Drentse hoogakkers zijn ca. 50 × 5 m.

Ook bij de raatakkers of celtic fields, die tegen de es aanliggen en hier en daar onder het esdek schijnen te verschijnen is tot op heden van sleufakkers geen spoor gevonden. De wallen om de raatakkers waren veelal begrensd door een geul.

Het blijkt onmiddellijk, dat het sleuvenstelsel in Westerwolde geheel anders van opzet is dan dat van de hoogakkers en raatakkers.

Ook de begrenzingsvormen en de sleufinhoud zouden in dit geval moeilijk verklaarbaar zijn.

c. In zijn artikel over de Drentse essen zegt De Roo (1953) dat de kanteelvormige figuratie van het esdek waarschijnlijk een gevolg is van het laten zakken van hoog gelegen centrale delen van het bouwland.

De sleuven, die hij beschrijft liggen dichter op elkaar en zijn veel breder dan die in Westerwolde.

Om dichter bij het grondwater te komen heeft men het maaiveld willen verlagen door het uitgraven van zand. Ook uit het Eemsland (Heinemann, 1961) wordt melding gemaakt van wanvormige sleuven. Breedte boven ± 185 cm en onder 50 cm. Onderlinge afstand 3,8–4 m.

Oosting (1940) zegt dat er boeren zijn geweest die hun percelen met dit doel hebben laten zakken.

Voor ons gebied kan dit echter de verklaring niet zijn. Door deze omslachtige methode zou het maaiveld slechts 5–10 cm verlaagd worden en dit zou op de waterhuishouding niet zoveel invloed hebben.

Ook het sleufopvullingsmateriaal zou overal homogeen moeten zijn.

d. Een andere verklaring naar de oorsprong van de sleuven door enkele boeren gegeven, is dat zand uit hoog gelegen esdelen is gegraven met het doel met dit materiaal de es te vergroten.

Sommige essen schijnen inderdaad op deze wijze te zijn vergroot. Tot de 20ste eeuw toe werd veel in de essen gegraven. Dat men op bijna alle essen

systematisch, zoals blijkt uit het stelsel, zand heeft gewonnen met het doel de es te vergroten lijkt zeer onwaarschijnlijk.

Om te voorkomen dat grote kuilen in de essen ontstaan zou het zand voor beide doeleinden in sleuven zijn weggegraven.

Deze zouden zijn opgevuld met een deel van het esdek.

Het op deze wijze winnen van zand is niet erg economisch. Ook de aard van het geulopvullingsmateriaal kan hiermee niet worden verklaard.

e. Oosting (1940) zegt, dat de esgronden afwisselend in bos en bouwland hebben gelegen. Bij het bebossen met eikehakhout werd vooral het stelsel van rigoleren of rioleren toegepast. Hierdoor werd de grond in sleuven ondermijnd, waardoor de bovengrond onder en de ondergrond boven kwam.

Voorts noemt hij het voorbeeld van een boer, die na het rigoleren besloot terug te rioleren daar hem het resultaat niet beviel.

Het eikehakhout verving de akkerbouwgewassen als de opbrengsten hiervan daalden. Misoogsten traden op als gevolg van verzuring van de grond, veroorzaakt door de bemesting met heideplaggen en door een tekort aan mineralen.

Of deze afwisseling hier een even belangrijke plaats heeft ingenomen als elders is ons niet bekend.

Dat men op bijna alle essen de grond zo systematisch heeft vergraven om op een andere teelt over te gaan is in Westerwolde niet waarschijnlijk. Het esdek moet bij het vergraven reeds een bepaalde dikte hebben gehad. In de betrekkelijk kleine sleuven kon 5–10 cm van het esdek worden gestort.

Onze waarnemingen van het systeem en van de opgevulde sleuven afzonderlijk, maken ook deze verklaring niet aannemelijk.

f. Oosting (1940) spreekt ook over „uitsmijten" van de grond als gevolg van verzuring.

De „giftige" bouwvoor werd „gekwijt" in systematisch gegraven sleuven die in banen over een es werden aangelegd.

Deze methode hield in dat het esdek in een pas vergraven sleuf werd geworpen waarna het verse zand uit een volgende sleuf over het oppervlak werd verspreid.

Een dunne laag pleistoceen zand kwam zodoende bovenop te liggen (fig. 7). Met deze oplossing worden toch niet alle vraagpunten opgelost. Vooral geldt dit t.a.v. de heterogene samenstelling van de geulinhoud. Ook wanneer dit verversen heeft plaatsgevonden blijft onbesproken. Bij het „uitsmijten" van de verzuurde grond kon slechts een deel van het zure esdek worden weggewerkt.

5. BESCHOUWING OVER OORSPRONG EN DOEL VAN HET SLEUVENSYSTEEM

Met de verklaring die hierbij wordt gegeven worden een aantal vraagpunten over oorsprong en doel van het sleuvenstelsel nader opgelost.

In de vroege middeleeuwen was een deel van de gronden, waarop we thans de esdekken aantreffen, al dan niet tijdelijk in cultuur. Een ander deel was begroeid met houtopslag en heide. De meeste van deze gronden hadden reeds geruime tijd in cultuur gelegen.

Een minder groot gedeelte zal begroeid zijn geweest met oerbos. Uit deze tijd van voor de esaanleg moeten de sleuven dateren.

Op bouwlanden was de grond na bepaalde tijd uitgeboerd. De braakliggende gronden waren met houtopslag en heide begroeid en hadden een zure bovengrond. Bij het weer in cultuur nemen van deze gronden werd het hout verwijderd en de rest afgebrand.

In deze situatie had men allerlei redenen om de grond te verversen. Voor dit verversen werd een bepaald systeem toegepast.

Er werd een ca. 50 cm brede en ca. 9 m lange sleuf gegraven. Op regelmatige afstanden van 2–3 m moest dit worden herhaald (fig. 4). Direct na het graven van een sleuf werd deze gevuld met humeuze grond die meestal vrij zuur was. Deze humeuze bovengrond of plag bevond zich tussen de gegraven en de nog te graven eerstvolgende sleuf.

Was de sleuf volgestort dan werd daarop de volgende gleuf gegraven.

Het zand hieruit werd verspreid over het pas afgegraven of „afgeschraapte" en/of afgeplagde deel en ook over de gevulde sleuf.

Op deze wijze had het verweren een dubbel resultaat. Niet alleen werd de grond ververst, maar ook kon een deel van de bovengrond of plag worden weggewerkt in de sleuf.

Een laagje vers zand van 5–10 cm kwam aan de oppervlakte (fig. 7).

De sleuf gevuld met min of meer homogene humeuze grond kan er op duiden dat deze grond bij het graven van de sleuven, langere of kortere tijd in cultuur is geweest. De sleuven waarin we de humeuze of venige strepen vinden kunnen wijzen op een plag of bosstrooisellaag (fig. 7).

De houtskoolresten duiden op afbranden van de vegetatie. Het volstorten van een sleuf zal niet altijd even nauwkeurig zijn gebeurd. We kunnen ons voorstellen dat bij de steile sleufwand minder humeus materiaal terechtkwam dan bij de schuin oplopende wand. In ons voorbeeld (fig. 5) is de humeuze bovengrond en ook het zand uit de volgende sleuf van rechts naar links verplaatst zodat bij de steile wand een dode hoek ontstond.

Rechts bovenin de geul moest een grotere ruimte worden opgevuld met geel zand. Ook zakte het humeuze materiaal in de sleuf enigszins zodat bij het slechten of bewerken van het oppervlak een deel van het gele zand bovenin de sleuf onaangeroerd bleef.

Thans vinden we nog in alle sleuven deze lichter gekleurde horizont terug. In ons voorbeeld (fig. 5) is deze rechtsboven het meest uitgesproken.

In fig. 5 treffen we naast het humeuze materiaal ook restanten aan afkomstig van het zandprofiel. Het vuil-grijze zand duidt op cultuurgrond van voor de estijd. Het wordt aangeduid als „archeologisch vuil". Ook werden brokken bruin en geelbruin zand aangetroffen.

Dit materiaal is afkomstig van de inspoelingshorizont (Brown podzolic B) of van een humus B. Het gele zand dat meestal bovenin de sleuf voorkomt, komt onder uit de gegraven geulen (fig. 7).

Ook wordt in ons voorbeeld in het humeuze materiaal soms een zekere gelaagdheid aangetroffen. Waarschijnlijk is dit afkomstig van het begroeide oppervlak (zode of plag) dat in de sleuf is gestort.

Nergens werd tot nu toe een sleuf aangetroffen die geheel gevuld was met zoden of plaggen.

Vermoedelijk werd bij de aanleg van het sleuvenstelsel elke baan zelfstandig ontworpen en werden de sleuven in een bepaalde baan volgens een vastgesteld plan direct na elkaar gegraven, vanwege de onderlinge gelijkenis wellicht zelfs door één persoon.

Waarom de sleuven in een volgende baan iets moesten inspringen kan niet goed worden verklaard. Het lijkt wel zeker, dat de sleuven met opzet niet volledig in elkaars verlengde zijn gelegd. Mogelijk werd een aangrenzende baan één of enkele jaren later ontworpen.

Het verwijderen van de humeuze bovengrond was tevens een goede onkruidbestrijdingsmethode. Dat de grond in de sleuven zuur was bleek uit bemonsteringen.

Tot aan de 20ste eeuw leefde de gedachte dat bij ontginningen de plaggen diep weggewerkt moesten worden. Men denke hierbij slechts aan de heideontginningen met osseploegen.

De aanleg van dit sleuvenstelsel is in eerste stadium een vorm van cultuurtechniek. Ook uit cultuurtechnisch oogpunt is dit systeem zeer interessant.

Het doel van deze verversingswerkzaamheden was de grond geschikt of weer geschikt te maken voor de teelt van landbouwgewassen. Hiertoe was het noodzakelijk dat de grond werd bemest.

Via de potstal werd de bemesting uitgevoerd. Zo zijn op deze ververste gronden de essen ontstaan.

In latere perioden, bij toenemende behoefte aan landbouwgronden, zijn vele essen vergroot en samengevoegd. De aangrenzende gronden werden daarbij ontgonnen. Niet overal zijn sleuven gegraven, het systeem houdt soms plotseling op. Onze waarnemingen wijzen er op dat op de kernen en oudste esdelen de rigolering wel is toegepast.

Men kan zich afvragen wie de ontwerpers van dit sleuvenstelsel zijn geweest en wie de graafwerkzaamheden hebben uitgevoerd.

Zijn de bewoners in de vroege middeleeuwen op eigen houtje gaan graven of is er een centrale leiding geweest?

De stelling is niet goed houdbaar, dat ieder naar eigen inzichten zou hebben gewerkt. Het systeem als zodanig, de afmetingen en de onderlinge afstanden variëren daartoe te weinig. In Drenthe, waar dit sleuvenstelsel ook veelvuldig voorkomt, wijken onderling in afstand en vorm de sleuven iets af van het systeem in Westerwolde.

Indien de werkzaamheden onder centrale leiding hebben gestaan ligt het min of meer voor de hand deze toe te schrijven aan de Premonstratenser kloosterlingen van Ter Apel. Het is bekend dat deze monniken veel graafwerk hebben verricht. Mogelijk dat deze kloosterlingen, door de plaatselijke bevolking daarbij geholpen, de grondleggers zijn geweest van het sleuvenstelsel en tevens nieuwe landbouwmethoden hebben ingevoerd.

De toegepaste techniek en werkwijze bij het graven van de sleuven is een nog niet opgelost probleem. De ene geulwand is vrij verticaal afgestoken terwijl de andere meer afgerond is en schuin naar boven loopt. De bodem is altijd iets hol.

Het is mogelijk dat men, staande in de sleuf met een schop het zand van rechts naar links heeft geworpen. In genoemde ontsluitingen zijn de zuidelijke wanden het steilst. Met een overheersende zuidwestelijke wind heeft men met de rug naar de wind gekeerd het zand gemakkelijk kunnen verspreiden.

We hebben de indruk gekregen dat de ligging van de banen op diverse essen allerlei variaties in richting vertoont en dat men bij aanleg van de

sleuven meer rekening heeft gehouden met de vorm van de es dan met een bepaalde windrichting.

Na het rigoleren heeft men op de essen steeds geboerd op wisselende dikten van het humeuze dek.

In de vochtvoorziening, speciaal in droge jaren speelde dit een belangrijke rol daar de dikte van de hangwaterzone varieert.

Evenals vroegere bewoners van Westerwolde en elders, die landbouw uitoefenden op raatakkers, eens tot de conclusie zijn gekomen dat de wallen om hun akkers in droge jaren een beter gewas voortbrachten dan hun landbouwgronden, zo bleek ook het esdek boven de sleuven in jaren met weinig neerslag vruchtbaarder.

In het droge jaar 1959 traden daardoor groeiverschillen op, wat voor ons een aanleiding is geweest tot nadere studie.

mei, 1962

6. SUMMARY

The dry summer of 1959 revealed marked differences in growth of cereal crops (e.g. oats) on the plaggen soils in Westerwolde (NE Netherlands). These zones of greater plant vigour were found to be associated with a more favourable moisture regime. This in turn was the result of a greater thickness of the humose sandy surface soils.

Detailed examination of these zones showed it to be a regular pattern of „ditches" as a result of human activity.

The „ditches" are about half a meter wide and they occur in strips about 9 m long. The distance between them varies from 2–3 m. The thickness of the cover in between the ditches is about 35 cm; in the „ditches" about 70 cm. These ditching served not for drainage but to provide fresh earth and to replace the exhausted and acid surface soil. The latter was used to fill the ditches up again and to restore the level surface.

Prehistoric findings (celtic fields) indicate that the area of Westerwolde has been occupied for a long time. During Roman times the area was thinly populated. For the period from 400 A.D. until about 1200 A.D. little historic information is available. Settlement and cultivation of the old agricultural lands date from the early middle ages. The „ditches" were dug during this period and before the humose cover of man-made plaggen soil was built up. The uniformity of the pattern suggests the work was directed, probably by the monks of the monastry of Ter Apel.

7. LITERATUUR

Domhof, J., 1953: Strooiselwinning voor potstallen in verband met de profielbouw van heide- en oude bouwlandgronden. Boor en Spade VI, 192–203.

Edelman, C. H. en A. W. Edelman-Vlam, 1960: Studies concerning the morphogenesis of some old rural settlements in the sandy areas of the Netherlands. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. *77*, 312–318.

Giffen, A. E. van, ± 1928/1940: Bouwstoffen voor de Groninger oergeschiedenis *I* t/m *IV*. Overdrukken uit de verslagen van het Museum van Oudheden te Groningen.

Heinemann, B., 1961: Gräben und Gräbensysteme unter den Plaggenböden des Emslandes. Meppen.

Karsten, J. W., 1829: Verslag wegens het oude plankenvoetpad tussen Ter Apel en Valthe.

Klungel, A. E. en L. A. H. de Smet, 1962: Groeiverschillen in graangewassen op esgronden in Westerwolde. Landbouwvoorlichting *19*, 35–42.

Muntinga, J. E., 1945: Het Landschap Westerwolde; een landbouwkundige studie. Groningen. Proefschrift Wageningen.

Naarding, J., 1947: Vroegere Drentse schapenteelt en over het ontstaan der Drentse essen. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. *64*, 699–708.
Oldenbanning, L. G., 1949: De Drentse essen. De Landbode *3*, 24 dec.
Oosting, W. A. J., 1940: De ouderdomsbepaling van onze bouwlanden op het plistoceen en het vraagstuk der ophooging door plaggenbemesting. Landbouwk. Tijdschr. *52*, 695–704.
Roo, H. C. de, 1953: Enkele bodemkundige aantekeningen over de Drentse essen. Boor en Spade *VI*, 59–76.
Waterbolk, H. T., 1959: Nieuwe gegevens over de herkomst van de oudste bewoners der kleistreken. Akademiedagen *XI*, 16–37. Tevens: Varia Bio-Archaeologica *10*.
Wieringa, J., 1954: Enige aantekeningen over de bodemgesteldheid van praehistorische landbouwgronden in Drenthe. Boor en Spade *VII*, 217–223.
Wieringa, J., 1958: Opmerkingen over het verband tussen de bodemgesteldheid en oudheidkundige verschijnselen naar aanleiding van de Nebo-kartering in Drente. Boor en Spade *IX*, 97–114.

EEN BODEMPROFIEL IN DE GELDERSE VALLEI

A SOIL PROFILE IN THE GUELDERS VALLEY

door/*by*

Ir. J. C. Pape [1])

1. INLEIDING

Aan de Griftweg, tussen De Klomp en Veenendaal (fig. 1), is in een ontsluiting de dwarsdoorsnede door een dekzandrug zichtbaar. De dekzandrug is de arm van een paraboolduin (Maarleveld en Van der Schans, 1961). Hij bereikt een hoogte van ruim 8 m + N.A.P. terwijl het lage land in de omgeving op ca. 6 m + N.A.P. ligt. In zuidwestelijke richting wordt het land snel nog lager.

Het onderste gedeelte van de dekzandrug bestaat uit zwak gelaagd oud dekzand, dat werd afgezet in het Würm-Pleniglaciaal. Het bovenste gedeelte van ca. 1 m bestaat uit jong dekzand I, afgezet in de periode tussen Bølling en Allerød: de Oude Dryastijd. Plaatselijk is een dunne laag jong dekzand II aanwezig, dat werd afgezet in de Jonge Dryastijd. Tussen beide jonge dekzanden komt hier en daar een houtskoolrijke laag voor; de laag van Usselo.

Bovenin het jonge dekzand is een podzol tot ontwikkeling gekomen, die een aantal bijzonderheden vertoont, die mede aanleiding zijn geweest tot dit onderzoek.

Op de A_1-horizont van de podzol bevindt zich een ongestoorde veenlaag van geringe dikte, die naar alle waarschijnlijkheid destijds samenhing met de grote massa van het veen van Veenendaal.

Plaatselijk heeft de veengroei in het westelijke deel van de Gelderse vallei een aanvang genomen in het Laatglaciaal, toen het klimaat nog koud was. Hierop wijst mogelijk het hypnaceeënveen, dat op lage plaatsen veelvuldig voorkomt. De grote uitbreiding heeft het veen ondergaan in het Atlanticum. Het veen op de dekzandrug stamt ongeveer uit het midden van het Subboreaal.

Het veen in de omgeving van Veenendaal is eutroof tot mesotroof. Er komen veel zeggen in voor (Goedewaagen 1943–'45) en resten van bomen zoals den, eik en els. Reeds in de middeleeuwen is men begonnen het veen af te graven. Op grote schaal is dit gebeurd na de stichting van Veenendaal in 1549 door Gilles van Schoonebeke.

Volgens Van Iterson (1932) was in 1605 het gebied nagenoeg verveend.

Op verschillende plaatsen zijn door het veen heen, tot in de podzol, op regelmatige afstanden van elkaar greppels gegraven, waarvan de bodem is bedekt met verwerkte resten veen. De greppels lopen in het verlengde van de dekzandrug (zie ook fig. 5).

Over dit alles heen ligt een oud bouwlanddek van ca. 50 cm dikte; boven de greppels dikker, zodat deze aan de oppervlakte in het reliëf niet zichtbaar zijn.

[1]) Stichting voor Bodemkartering, afd. Gelderland en Utrecht.

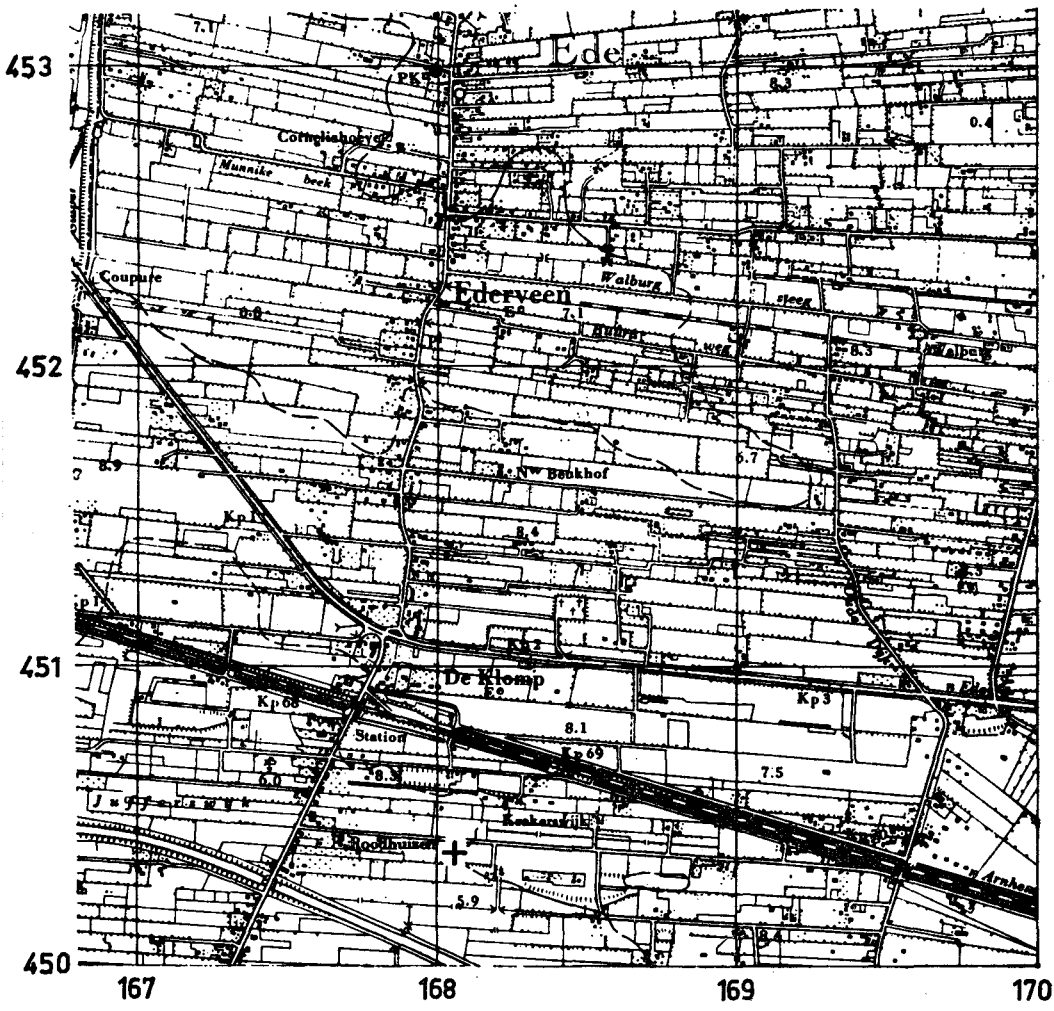


Fig. 1.
Situatieschets van het bodemprofiel nabij De Klomp; + plaats van de ontsluiting.
Sketch plan of the soil profile near De Klomp; + position of the exposure.

Beschrijving van het profiel (fig. 2).

0– 48 cm	A_{an}	Zwart, oud bouwlanddek met 6½% org. stof in niet lemig, matig fijn zand. Kleur 10YR 2/1.
48– 58 cm	D	Zwart, veraard, sterk lemig veenlaagje met 48% org. stof. Kleur o/o.
58– 68 cm	A_{1b}	Zwarte, oude bovengrond van het podzolprofiel met ca. 1% org. stof in zwak lemig, matig fijn zand. Kleur 10 YR 3/1.
68– 88 cm	A_{2b}	Donkergrijze, gebleekte horizont in zwak lemig, matig fijn zand. Kleur 10YR 4/1.
88–100 cm	B_{2b}	Zeer donker bruine inspoelingshorizont in zwak lemig, matig fijn zand. Kleur 7.5 YR 2/2.
100–110 cm	B_{3b}	Bruine inspoelingshorizont in niet lemig, matig fijn zand. Kleur 7.5 YR 3/4.
110– cm	C	Zeer licht grijsgele ondergrond in niet lemig, matig fijn zand. Kleur 10YR 7.5/3.

Om enig inzicht te krijgen in het verloop van de gebeurtenissen ter plaatse, is het humeuze gedeelte van het profiel bemonsterd voor pollenanalytisch onderzoek. Dit onderzoek werd uitgevoerd door de afd. Paleobotanie van de Stichting voor Bodemkartering.

2. HET POLLENDIAGRAM

Verscheidene onderzoekers hebben zich beziggehouden met de vraag, welke waarde men kan toekennen aan pollendiagrammen van minerale gronden (Dimbleby, 1961). Vooral in zandgronden komen omstandigheden voor, die zeer kunnen afwijken van die, welke men in de meeste veengronden aantreft.

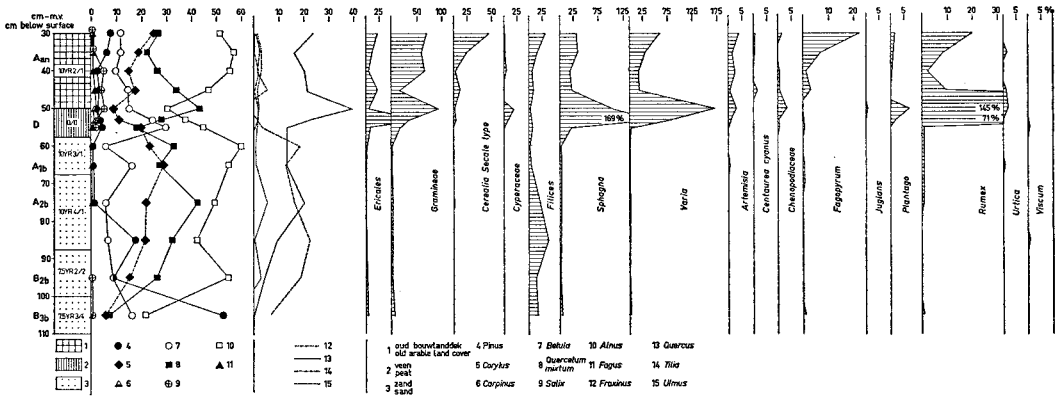


Fig. 3.
Pollendiagram van het bodemprofiel nabij De Klomp.
Pollen diagram of the soil profile near De Klomp.

In het palynologisch onderzochte bodemprofiel (fig. 3) komen duidelijke aanwijzingen voor, dat het pollen in de loop van de tijd naar beneden is verplaatst (Dimbleby, 1957; Havinga, 1957; Munaut, 1959). Op een diepte van ca. 100 cm bevindt zich in het diagram de *Pinus-Alnus*-kruising die, naar men algemeen aanneemt, het begin van het Atlanticum aanduidt: 5500 jaar v. Chr.. Het voorkomen van de Allerødlaag, vlak onder het oorspronkelijke maaiveld, wijst er op, dat de rug na het Laatglaciaal niet meer is verplaatst.

Het maaiveld lag toen ca. 55 cm beneden het huidige niveau. Men kan nu stellen dat in de loop van $\pm$ 7500 jaar het stuifmeel ca. 45 cm in het profiel is gedaald. Dat komt neer op gemiddeld 0,6 cm per eeuw. Dit is een gering bedrag als men het vergelijkt met opgaven uit de literatuur. Er zijn dan ook redenen om aan te nemen dat de daling van het stuifmeel niet met eenparige snelheid heeft plaatsgevonden, maar periodiek of plaatselijk is geremd.

Uit de aard van de gevormde bodem blijkt duidelijk dat gedurende een zekere tijd het grondwater veel hoger heeft gestaan dan nu het geval is. Gloeit men monsters uit het podzolprofiel, dan worden zij nagenoeg wit. De grond is in sterke mate ontijzerd. Dit verschijnsel treft men voornamelijk aan in humuspodzolen, die werden gevormd onder sterke invloed van water.

Hoog boven het grondwater gevormde humuspodzolen hebben direct onder de B-horizont ijzerhuidjes om de zandkorrels. Als dit zand wordt gegloeid, wordt het rood (Van Diepen, 1957). Ook de veenlaag tussen de podzol en het oude bouwlanddek wijst op een periodiek hoge grondwaterstand. Deze hoge grondwaterstand zal de beweging van het stuifmeel naar beneden sterk hebben geremd.

Daarnaast heeft er een aanzienlijke inspoeling plaatsgevonden van humeuze stoffen, die de stuifmeelkorrels en de zandkorrels kunnen omhullen, het poriënvolume verkleinen en de stuifmeelkorrels aan de zandkorrels vastplakken. Een aanwijzing voor het verstoppen van de poriën vindt men in het voorkomen van de sterk gebleekte A_2-horizont, die men veel aantreft in gronden met slecht doorlatende lagen.

De periode met hoge grondwaterstand heeft waarschijnlijk lang geduurd. Afgaande op de aard van het podzolprofiel, is het waarschijnlijk dat een voorstadium van een podzol, ontwikkeld bij een lage grondwaterstand, ontbreekt. Humuspodzolen die pas later nat zijn geworden, hebben in het algemeen een B-horizont waarin de kleuring door de humeuze stoffen enige malen plotseling verspringt; zg. cascadepodzolen.

Voordat tot het analyseren van de verschillende zandmonsters werd overgegaan, zijn een aantal mogelijkheden en wensen overwogen.

Hierbij werd o.a. gesteld, dat het stuifmeel in het oude bouwlanddek waarschijnlijk voor het grootste gedeelte zou zijn verdwenen of in elk geval sterk zou zijn aangetast. Het stuifmeel in die monsters is immers aangevoerd met plaggen of aarde en heeft geruime tijd in de potstal gelegen en mogelijk ook op de mesthoop. In een dergelijke nitraatrijke omgeving is het te verwachten dat de pollenine sterk wordt aangetast. Nadat de mest op het land was uitgestrooid, is het materiaal jaar op jaar geploegd en anderszins bewerkt, waarbij een sterke doorluchting van de grond plaatsvond. Gelegenheid te over dus om het stuifmeel aan te tasten (Selle, 1940). Het merkwaardige verschijnsel doet zich nu voor dat de monsters van het oude bouwlanddek rijk zijn aan pollen en dat van een opvallende aantasting van het stuifmeel geen sprake blijkt te zijn. We zullen op mogelijke verklaringen van dit verschijnsel niet ingaan, maar het als merkwaardig feit signaleren.

Fig. 4 geeft een indruk van de boompollenrijkdom van het profiel, ruw geschat. Opvallend is de armoede aan boompollen in het veenoppervlak. De uitspoelingslaag, A_{2b}, van de podzol bevat meer stuifmeel dan de inspoelingslaag, de B_{2b}, daaronder. Dit is een verschijnsel dat vreemd aandoet, het werd echter door verscheidene onderzoekers in humuspodzolen vastgesteld.

Gedurende de sedimentatie van het jonge dekzand I, is ongetwijfeld een hoeveelheid reeds eerder gesedimenteerd stuifmeel opnieuw tot afzetting gekomen (Polak, 1959). De hoeveelheid hiervan is ten opzichte van de stuifmeelregen die wordt geleverd door de vegetatie in de omgeving, gering. Men kan zich hiervan enigszins een indruk vormen door na te gaan, wat men van de door organische stof en ijzerverbindingen gekleurde zandkorrels terugvindt in de stuifzanden, als in de omgeving de B-horizont van een humuspodzolprofiel, of roodzand is verstoven. Van deze intensief gekleurde horizonten vindt men in het stuifzand nauwelijks de sporen terug (Schelling, 1955). Zo zal ook de verdunning van het pollen bij verstuiving zeer groot zijn, vooral daar het gewicht van het stuifmeel gering is vergeleken met dat van de zandkorrels.

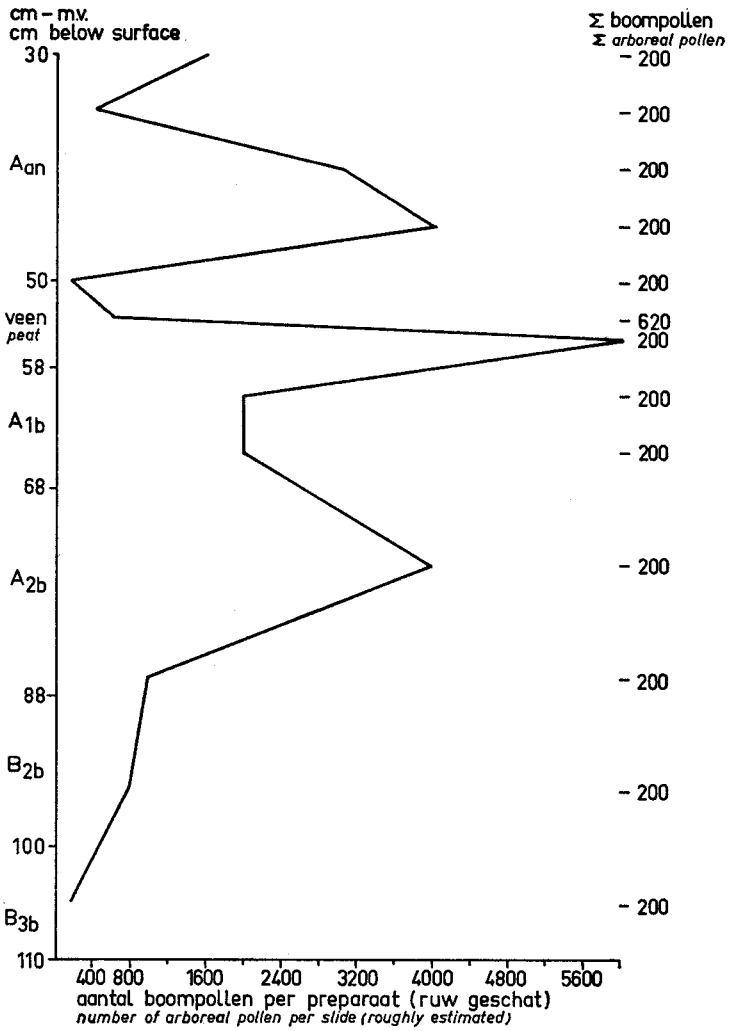


Fig. 4.
Grafische voorstelling van het aantal boompollen op verschillende diepten van het bodemprofiel nabij De Klomp.
Graph of the total number of arboreal pollen at different depths of the soil profile near De Klomp.

Een groot aantal dieren graaft, ter vervulling van een gedeelte van de levenscyclus, in de grond. Sommige van deze dieren komen intensief met stuifmeel in aanraking, verzamelen het, of jagen soms op dieren die stuifmeel verzamelen. Vooral in ontsluitingen is goed te zien hoe veelvuldig door dieren gangen in de grond worden gemaakt. Het verdient dan ook aanbeveling een te bemonsteren profiel in dit opzicht eerst goed te bekijken. Heeft men met een reeds bestaande wand te maken dan dient deze te worden afgestoken. Onder grasland vindt men gewoonlijk veel meer diergangen in de grond dan onder bouwland. Het gemakkelijkst te beoordelen zijn humuspodzolen, waarin de opgevulde diergangen scherp afsteken tegen de om-

geving. Het zijn bovendien gronden waarin meestal weinig diergangen worden aangetroffen. In het bemonsterde profiel waren enige sporen van dierlijke activiteit aanwezig, die zo goed mogelijk bij de monsterneming zijn vermeden. Geringe aantallen pollen van *Rumex* en *Fagopyrum* in de ondergrond wijzen er op dat dit vermoedelijk niet geheel is gelukt.

Wat in het pollendiagram het meest opvalt, is de armoede aan „niet-boompollen" in de zandondergrond beneden de veenlaag. Slechts varens worden in de podzol in aanzienlijke aantallen aangetroffen. Ze zijn beneden 75 cm diepte vrijwel alle van het *Dryopteris*-type, alleen in het monster op 75 cm diepte komt 0,5% *Pteridium* voor.

In de kolom *Filices* zijn de volgende soorten opgenomen:

cm	*Dryopteris* type	*Osmunda*	*Polypodium*	*Pteridium*
30	30,5	–	1,5	1,0
35	14,5	0,5	–	–
40	4,3	–	–	1,9
45	6,5	–	0,5	1,5
50	0,5	–	–	2,5
53	4,0	–	–	1,5
55	7,0	0,5	–	0,5
60	2,5	–	–	–
65	3,0	–	–	1,5
75	21,5	–	–	0,5
85	39,0	–	–	–
95	15,5	–	–	–
105	18,0	–	–	–

Het „niet-boompollen" neemt in de veenlaag sterk toe.

In het oude bouwlanddek blijft het aandeel van het „niet-boompollen" in de totale polleninhoud groot.

Uit het overheersende aandeel van het boompollen in het dekzand onder het veen valt met grote waarschijnlijkheid af te leiden, dat de begroeiing van de dekzandrug en van de directe omgeving uit bos bestond, voordat de veengroei op de dekzandrug een aanvang nam.

Men kan zich nu afvragen of de podzol in de dekzandrug is gevormd onder een bosbegroeiing, of dat zij is ontstaan onder het veen. Het meest waarschijnlijk is dat de podzol ontstond onder een bosvegetatie. Men vindt namelijk in de Gelderse Vallei op vele plaatsen op de dekzandruggen, waar een vroegere veenbegroeiing uitgesloten moet worden geacht, podzolen, die uiterlijk geheel overeenkomen met die van De Klomp. Bovendien vindt men daar waar veen op een blanke ondergrond is terechtgekomen wel vaak een infiltratie van bruine humeuze stoffen in de ondergrond, echter nooit de vorming van een duidelijke, gebleekte A_2-horizont (fig. 6).

3. HET PODZOLPROFIEL

Het podzolprofiel volgt het oppervlak van het jonge dekzand betrekkelijk regelmatig. De A_1 van het podzolprofiel is ca. 10 cm dik. Met een scherpe overgang ligt hierop het veenlaagje. De gebleekte laag, het loodzand, wisselt geleidelijk van dikte, maar is aan de lage zijden van de rug meestal het

dikst; tot meer dan 50 cm toe. In het loodzand bevinden zich deeltjes organische stof die, als zij veel voorkomen, de laag een grauw uiterlijk geven. Waar zij ontbreken is het loodzand opvallend wit.

De B-horizont heeft een iets onregelmatiger verloop dan de A_2-horizont, maar voor een podzol is toch de betrekkelijk geringe wisseling in dikte opvallend. De overgang van A_2 naar B_2 is abrupt. De dikste B-horizonten komen aan de flanken van de rug voor. Opvallend is de bruine bovenzijde van de B-horizont. Waar een geringe depressie in het oorspronkelijke maaiveld aanwezig is, zijn het veenlaagje en de A_2 wat dikker; de B begint daar dieper. Podzolen die overeenkomen met het hier beschreven type, komen in Nederland geregeld voor. Ze zijn gebonden aan ruggen van geringe afmetingen, of aan randen van plateaus. Ze liggen nooit zeer hoog boven het grondwater en meestal in situaties die een periodieke zijdelingse beweging van het grondwater doen vermoeden. Reeds verscheidene malen is door medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering het vermoeden uitgesproken dat dergelijke podzolen onder bos zouden zijn ontstaan. Ze worden nl. aangetroffen op plaatsen waar men in de naaste omgeving de sporen van bossen nog aantreft (Edelman, 1960).

Zo komen in een groot deel van de Gelderse Vallei deze podzolen voor onder oude bouwlanddekken op dekzandruggen, terwijl men in de laagten in de omgeving gleygronden kan vinden die in de ondergrond op ca. 1 m diepte de nog niet verteerde wortels van bomen bevatten; vermoedelijk *Alnus*. Deze gebieden zijn later ontgonnen dan de grote engcomplexen op de overgang van de Gelderse Vallei naar de stuwwallen. Dit is vermoedelijk niet alleen een gevolg van het aanvankelijk onvoldoende beheersen van de techniek van de ontwatering, maar ook van de aanwezigheid van een in deze natte gebieden resistent bos (Edelman, 1954). De gleygronden in de omgeving duiden er op dat het milieu niet extreem arm is aan basen. Het betrekkelijk basenrijke milieu van de hier besproken podzolen vormt een argument voor een langdurige bosbegroeiing. Als de veronderstelling, dat de podzol in de ontsluiting gevormd is onder bos, juist zou zijn, dan is het te verwachten dat de veengroei ter plaatse een aanvang nam omstreeks of vóór het Subboreaal. In de podzol ontbreken nl. de sporen van zwarte, disperse organische stof die in het algemeen aan een heidebegroeiing worden toegeschreven.

4. HET VEENLAAGJE

De veenlaag bestaat uit een droge, harde, brokkelige, amorfe massa waarin slechts hier en daar duidelijke planteresten zijn te herkennen. Op de meeste plaatsen is zij minder dan 10 cm dik (fig. 5). In het pollendiagram neemt het aandeel van het „niet-boompollen" in de polleninhoud sterk toe. Heide, grassen en veenmos bereiken hoge waarden. De ontbossing van het gebied wordt hierdoor duidelijk gedemonstreerd. De linde neemt sterk af, maar de es verschijnt. De eik neemt sterk toe, ten koste van de els en de hazelaar. De wilg komt weer in de diagrammen voor. De berk, die aanvankelijk sterk toeneemt, loopt bij het vorderen van de veengroei weer terug. Men krijgt het beeld van een nat en betrekkelijk arm milieu. Het pollendiagram wekt de indruk dat de veengroei ter plaatse een aanvang nam ongeveer in het midden van het Subboreaal. Het bovenste gedeelte is Subatlantisch, te oordelen naar het optreden van *Carpinus* waarschijnlijk na-Romeins (Zagwijn, 1959).

Het spectrum van de veenoppervlakte vormt een beeld apart. De heide, die in het veen een maximum van 106% bereikt, loopt sterk terug. De grassen zijn maximaal vertegenwoordigd evenals de zeggen. Het aandeel van het veenmos loopt terug, maar blijft aanzienlijk. Duidelijk blijkt hieruit de invloed van de ontwatering. Reeds in het veen worden graanpollen aangetroffen; voornamelijk rogge. Het in flinke aantallen voorkomen van *Artemisia* en *Chenopodiaceae* in het veenoppervlak wijst eveneens op een voor veen betrekkelijk droog milieu. *Plantago*, *Rumex* en *Urtica* bevestigen de grote invloed van de mens op het milieu van het veenoppervlak.

5. HET OUDE BOUWLANDDEK

De humeuze bovengrond boven het ongestoorde veen is gemiddeld 50 cm dik. Midden op de dekzandrug is de dikte doorgaans iets geringer, naar de zijkanten wat groter. Dit is een in de Gelderse Vallei algemeen voorkomend verschijnsel, dat vermoedelijk samenhangt met de wijze van grondbewerking. Elders in Gelderland komt namelijk streeksgewijs het tegengestelde beeld voor, met de dikste dekken bovenop de dekzandruggen en de minder dikke dekken aan de zijkanten. Het gehalte aan delen kleiner dan 50 mu ligt iets beneden, het organische-stofgehalte iets boven het gemiddelde voor dergelijke gronden in de Gelderse Vallei.

Het humeuze dek is zoals dat bij oude bouwlanden regel is, homogeen van samenstelling. Er komen verspreid stukjes baksteen, gebrande leem en houtskool in voor. Typisch voor de oude bouwlanden in het veenontginningsgebied tussen Ede en Veenendaal is het voorkomen van brokjes humeus materiaal met een iets hoger organische-stofgehalte dan de omgevende humeuze grond. Deze brokjes zijn waarschijnlijk afkomstig van turfstrooisel of dergelijk materiaal.

Het oude bouwland is ontstaan ten gevolge van een in de zandgebieden van Nederland algemeen toegepaste methode van mest maken. Eeuwenlang is de potstal in gebruik geweest, waarin als strooisel heideplaggen, grasplaggen, bosstrooisel en zand werden gebruikt. De plaggen werden geslagen in juni met de plaghak of plaggenzicht, als de zomergewassen in de grond waren en de hooibouw nog niet was begonnen (Van Oosten Slingeland, 1958). De plaggen hadden afmetingen van 25 à 30 cm in het vierkant en een dikte van ca. 3 cm.

Het was de kunst de plaggen zo dun mogelijk te slaan. Vooral mosrijke plaggen waren in trek; grove heide was ongeschikt. De grasplaggen werden gewonnen langs bermen en akkerranden en werden vooral in de koestal gebruikt. Zand werd gewonnen uit de akkers, waarin greppels werden gegraven 2 steek diep en 2 steek breed. Dit zand werd in de koestal en de schapestal gestrooid, samen met ander strooisel. In de varkensstal werden alleen heideplaggen gebruikt. Door deze wijze van zandwinnen zijn waarschijnlijk ook de greppels ontstaan onder het oude bouwland van De Klomp. Immers, als het ontwateringssloten zouden zijn, is niet goed in te zien waarom geen sloten dwars op de rug zijn gegraven en waarom men de moeite heeft genomen het veen weer op de bodem van de greppels te deponeren in plaats van het uit te spreiden over het veenoppervlak. Wilde men alleen zand winnen, dan is het begrijpelijk dat men het voor de waterhuishouding belangrijke veen weer zoveel mogelijk terugzette. Dat de greppels dienden

voor zandwinning is des te aannemelijker omdat ook elders in de Gelderse Vallei, waar van veengroei op de dekzandruggen geen sprake is geweest, men onder de oude bouwlanden dergelijke greppels aantreft. Dat is o.a. het geval achter het kerkhof van Barneveld. Ook elders in Nederland worden dergelijke greppels onder de oude bouwlanden aangetroffen. Zij worden door De Roo (1953) vermeld uit Drenthe, door Klungel en De Smet (1962) uit Groningen. Dat de greppels waarschijnlijk nooit water hebben gevoerd, blijkt ook uit de gave toestand van de wanden en de bodem. Op veel plaatsen staan zij hoekig op elkaar zonder enige afronding. De wanden van de greppels zijn vaak niet ingekalfd (fig. 6).

Uit het pollendiagram krijgt men uit de lage waarden voor de Ericaceeën de indruk dat op het oude bouwland van De Klomp weinig mest is gestrooid waarin heideplaggen waren verwerkt. Grassen en sporen van veenmos komen in verhouding veel meer voor. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat in de stallen veel turfstrooisel is verwerkt, wat niet verwonderlijk is in een gebied waar lang veen is gewonnen. Ook de brokjes humeus materiaal in het oude bouwlanddek wijzen in deze richting.

In het pollendiagram valt verder het regelmatige, samenhangende verloop van de polleninhoud in het oude bouwlanddek op; b.v. van *Fagopyrum.* Men krijgt sterk de indruk dat de spectra een samenhangend beeld geven van een mogelijk vervaagde, maar toch doorlopende geschiedenis van het oude bouwland.

Een nog niet gepubliceerd pollendiagram uit de omgeving van Eibergen geeft een ander, maar eveneens samenhangend verloop van de polleninhoud te zien. Klaarblijkelijk zijn sommige oude bouwlanddekken minder sterk gehomogeniseerd dan vaak wordt aangenomen. Het lijkt niet onmogelijk dat bij zorgvuldige keuze van de monsterplaatsen, de pollenanalyse belangrijke gegevens kan verschaffen over de geschiedenis van de landbouw in de zandgebieden van Nederland.

6. DE ONTGINNING

Aan het pollendiagram zijn enige gegevens te ontlenen, die het mogelijk maken het tijdstip van ontginning te benaderen. In het veen en in het veenoppervlak komen al *Cerealia* van het secale type voor, tezamen met *Artimisia* en *Chenopodiaceae,* hetgeen wijst op akkerbouw. De rogge doet vermoeden dat deze akkerbouw na de Romeinse tijd moet worden gesteld. In het onderste spectrum van het oude bouwlanddek komen, op 45 cm diepte, korenbloem en boekweit naast rogge voor. Mikkelsen (1954–1955) meent dat *Centauria Cyanus,* de korenbloem, niet voor ca. 1300 in onze korenvelden verschijnt.

De boekweit komt eerst omstreeks 1400 in grotere hoeveelheden voor. Het lijkt dus zeer waarschijnlijk dat het oude bouwland na ca. 1400 na Chr. is ontstaan.

Hiermede in overeenstemming is ook het patroon van de verkaveling (fig. 1), (Edelman, Edelman-Vlam: „Een Veluws dorp").

7. CONCLUSIES

Op de dekzandrug is vermoedelijk gedurende het Atlanticum onder een begroeiing met loofbos een humuspodzol gevormd, onder sterke invloed van water.

Fig. 2.
Overzicht van een gedeelte van de groeve.
View of a part of the pit.

Fig. 5.
In het verlengde van de dekzandrug zijn greppels gegraven. Op de bodem is het restveen teruggestort.
Into the extension of the cover-sand ridge trenches are dug. Peat rests are returned to the bottom.

Fig. 6.
Gave wanden en bodem van een met veenresten opgevulde greppel. Humeuze stoffen dringen vanuit het veen in de zandondergrond.
Undamaged walls and bottom of a trench filled up with rests of peat. From the peat humous substances penetrated the sand subsoil.

Uit het diagram krijgt men de indruk, dat het stuifmeel gemiddeld 0,6 cm per eeuw naar beneden is verplaatst, waarbij de beweging waarschijnlijk niet eenparig is geweest en vooral is geremd door de hoge stand van het grondwater en misschien ook door de aanwezigheid van humeuze stoffen.

Waarschijnlijk is in het Subboreaal, voor de grote uitbreiding van de heidevelden, de dekzandrug met veen overdekt geraakt, terwijl de veengroei eerst na de Romeinse tijd ophield.

Omstreeks, of na 1400 na Chr. is de vorming van een oud bouwlanddek op het veen op de dekzandrug begonnen. De greppels onder het oude bouwlanddek, die door het veen heen in de zandondergrond zijn gegraven, hebben waarschijnlijk geen dienst gedaan bij de ontwatering, maar dienden mogelijk voor het winnen van zand.

De potstalmest, waarmede de akkers werden opgehoogd, is voor een belangrijk deel ontstaan door gebruik van turfmolm als strooisel. Het aandeel van de heideplaggen in de mest is gering geweest.

Hoewel theoretisch de omstandigheden in de potstal en op de oude bouwlanden ongunstig zijn voor de conservering van stuifmeel, bleken de monsters rijk te zijn aan in het algemeen gave stuifmeelkorrels.

Het diagram wekt de indruk dat pollenanalytisch onderzoek van de oude bouwlanden een bijdrage kan leveren tot de kennis van de geschiedenis van de landbouw op deze zandgronden[1]).

april, 1962

8. SUMMARY

In the Guelders Valley an exposure is described.

The parent material is cover-sand, deposited during the Würm Glacial Time. Sedimentation ended at the end of Late Glacial Time.

Probably during the Atlanticum a humus podzol was formed under deciduous forest and was strongly influenced by water.

The diagram indicates that pollen moved downward at a rate of 0.6 cm a century. A uniform movement is unlikely and the velocity was probably suppressed by a high ground water table and perhaps by humous substances also.

Before the extension of the heather the cover-sand probably was covered during the Subboreal by peat the growing of which only stopped after the Roman Period.

About or just after 1400 B.C. on the peat the forming of old arable land started. Beneath this cover of old arable land trenches were dug through the peat into the sand. It is more likely that they were dug in order to obtain sand than for drainage purposes.

Dung from ancient stables or pens used for raising the fields arose mainly from the usage of mosspeat therein. Heath sods were hardly applied.

Though the circumstances in those stables and on the old arable land were theoretically unfavourable for the conservation of pollen the samples were rich in generally undamaged grains.

[1]) Het hier beschreven onderzoek zou niet mogelijk zijn geweest zonder de medewerking van specialisten.

Met Mej. Dr. B. Polak en de heer Dr. G. C. Maarleveld werden de palynologische problemen besproken.

Mej. K. K. Koelbloed en Mej. J. M. Kroeze voerden de tijdrovende analyses uit en tekenden de diagrammen.

Voor hun medewerking zeg ik hun hartelijk dank.

The diagram indicates that pollen-analytical investigations of old arable land may contribute to the knowledge of the agricultural history of these sand soils.

LITERATUUR

Diepen, D. van, 1957: De gloeimethode als vorm van ijzeronderzoek bij de profielstudie van zandgronden. Boor en Spade *VIII,* 160–173.

Dimbleby, G. W., 1957: Pollen analysis of terrestrial soils. The New Phytologist *56,* 12–28.

Dimbleby, G. W., 1961: Soil pollen analysis. The Journal of Soil Science, vol. *12,* 1–11.

Edelman C. H. 1954: Over de plaatsnamen met het bestanddeel woud en hun betrekking tot de bodemgesteldheid. Boor en Spade *VII* 197–216.

Edelman, C. H., 1960: Bospodzolen en heidepodzolen. Versl. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., afd. Nat. *69,* 6, 87–88.

Goedewaagen, M. A., 1945: Investigations sur des tourbières Neerlandaises N. La tourbière dans la partie meridionale de la Vallée Gueldroise. Rec. des Trav. Bot. Neerl. Vol. *XL,* Amsterdam 1943–'45, 542–559.

Havinga, A. J., 1957: Pollen analysis of fossil vegetation profiles. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Serie dl. *17,* 139–145.

Iterson, W. van, 1932: De historische ontwikkeling van de rechten op de grond in de provincie Utrecht. Leiden Diss. Leiden.

Klungel, A. E. en Ir. L. A. H. de Smet, 1962: Groeiverschillen in graangewassen op esgronden in Westerwolde. Landbouwvoorlichting, *19,* 35–42.

Maarleveld, G. C., 1958: Geologie van Bennekom in: Een Veluws dorp; een herinneringswerk voor Ir. M. M. van Hoffen. Uitgave: Stichting „Oud Bennekom"

Maarleveld, G. C. en R. P. H. P. v. d. Schans, 1961: De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. *78,* 22–35.

Mikkelsen, V. M., 1954: Danm. Geol. Undersøgelse II Ser. 80: 210.

Munaut, A. V., 1959: Première contribution à l'étude palynologique des sols forestiers du district picardo-brabançon. Bull. Soc. For. Belg. *66,* 361–379.

Oosten Slingeland, J. F. van, 1958: De Sysselt; een bijdrage tot de kennis van de Veluwse bosgeschiedenis. Wageningen. Diss. Wageningen.

Polak, B., 1959: Palynology of the Uddeler Meer. Acta Botanica Neerlandica *9* 547–571.

de Roo, H. C., 1953: Enkele bodemkundige aantekeningen over de Drentse essen. Boor en Spade *VI,* 59–76.

Schelling, J., 1955: Stuifzandgronden Wageningen. Uitvoerige verslagen van het Bosbouwproefstation T.N.O. Band *2,* verslag no. 1.

Selle, W., 1940: Die Pollenanalyse von Ortstein-Bleichsandschichten. Beih. Bot. Zentralblatt 60 B, 525–549.

Zagwijn, W. H., 1960: Het Paleobotanisch Laboratorium te Haarlem, 1953–1959. Jaar verslag Geologische Stichting, 1959, 30–34.

BOSPODZOLEN EN HEIDEPODZOLEN

FOREST PODZOLS AND HEATH PODZOLS

door/*by*

C. H. Edelman [1])

1. SAMENVATTING

De bewijsvoering van de hoge ouderdom van vele humuspodzolen berust deels op landschappelijke overwegingen, deels op de geringe diepte van de bodemvorming ter plaatse. Het valt niet te ontkennen, dat het bedoelde bewijs lang niet overal kan worden geleverd. In het reeds zo lang bevolkte West-Europa zijn slechts weinig terreinen aan de invloed van de mens ontsnapt. Het is onvermijdelijk, dat de bijzondere kennis, die op dergelijke plaatsen wordt verkregen, door middel van extrapolatie op andere plaatsen wordt toegepast.

Ten aanzien van de geringe diepte van de bodemvorming kan worden opgemerkt, dat dit argument nog zo recent is, dat vermoedelijk alleen de meest evidente gevallen zijn herkend. Dat zijn de gevallen, waarin een duidelijke geologische gelaagdheid op geringe diepte nog ongestoord aanwezig is. Echter zijn niet alle zandgronden duidelijk gelaagd, zodat het criterium van de ondiepe gelaagdheid niet overal kan worden gebruikt. Strikt genomen kan van een aantal humuspodzolen nog niet worden beslist of ze jong of oud zijn. Aan deze formele onzekerheid kan een eind worden gemaakt, door het criterium van de gelaagdheid te vervangen door dat van de natuurlijke pakking van het zand. Waar wortels of dieren in de grond zijn doorgedrongen is deze natuurlijke pakking gestoord en zijn poriën ontstaan, die veel groter zijn dan in de oorspronkelijke toestand. Het poriënstelsel is dan heterogeen. In deze richting zal het onderzoek worden voortgezet.

In afwachting van de resultaten van een dergelijk onderzoek moet de conclusie luiden, dat de humuspodzolen vaak oud zijn en onder bos ontstaan. Een aantal humuspodzolen is jong en uit bruine podzolige bosgronden (thans humusijzerpodzolen genaamd) ontstaan. De heide heeft de bospodzolen een meer zwarte kleur en een hoger humusgehalte gegeven. Inzonderheid is de zwarte B_{2h}-horizont door de heidebegroeiing ontstaan.

2. INLEIDING

Blijkens de literatuur uit de meeste landen worden podzolen onder bos gevormd.

In Noord- en Oost-Europa bestaat dit bos voornamelijk uit naaldhout, maar in andere werelddelen behoeft dit niet het geval te zijn.

In West-Europa worden podzolen in hoofdzaak aangetroffen in de heidevelden. Algemeen wordt zelfs aangenomen, dat de heidebegroeiing de oorzaak is van het ontstaan van de podzolprofielen. Men spreekt dan ook van heidepodzolen. In de Franse en Duitse literatuur leest men, dat podzolen ontstaan onder naaldhout en onder heide. Van beide vegetaties wordt aangenomen, dat ze zulk een zure humus produceren, dat op arme zandgronden de podzolering onvermijdelijk is.

[1]) Hoogleraar in de Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen.

De vraag, welke vegetatie verantwoordelijk is voor de podzolering, is niet alleen van theoretisch belang. De mening, dat in West-Europa heide en naaldhout podzoleren en loofhout niet, is het voornaamste uitgangspunt voor de in de bosbouw verbreide mening, dat loofhout, in het bijzonder de eik, de bodem verbetert, terwijl omgekeerd naaldhout tot podzolering aanleiding geeft. Met de heidevelden gelden ook de heidepodzolen voor antropogeen. Anders gezegd: in West-Europa is de podzolering het gevolg van het wanbeheer, dat de mens over de natuur uitoefent. De natuur, in Nederland een eikenbos, zou geen podzolen leveren.

3. HET ONTSTAAN VAN DE HEIDEVELDEN

De mening, dat de uitgestrekte Westeuropese heidevelden antropogeen zijn, is goed gefundeerd. Het pollenanalytisch onderzoek van tal van veenprofielen heeft duidelijk aangetoond, dat de heide als stuifmeelleverancier eerst in de loop van het Subboreaal van enig belang wordt en dat de grote uitbreiding van de heidevelden eerst in de historische tijd heeft plaatsgevonden.

De ouderdom van de podzolen heeft het onderwerp uitgemaakt van veel onderzoek van de archeoloog Van Giffen en diens leerlingen. Volgens Van Giffen wordt onder grafheuvels uit de steentijd nooit een podzolprofiel aangetroffen, onder die uit de Bronstijd soms. Dit „soms" moet zo worden opgevat, dat de meeste grafheuvels op de iets betere gronden worden aangetroffen. Deze hebben nooit een podzol. Wanneer grafheuvels echter op zuivere zandgronden zijn opgeworpen, kan men een podzolprofiel aantreffen, indien de bouwsels uit de Bronstijd dateren.

In het grafheuvellichaam zelf vindt men vaak podzolprofielen, die ontstaan zijn na het opwerpen van de heuvels.

Blijkens deze waarnemingen bestonden er dus in de steentijd nog geen podzolen; nadien zijn deze echter op vele plaatsen ontstaan. De onderzoekingen van Van Giffen zijn voor het midden van Nederland in hoofdzaak bevestigd door Modderman (1954), die bij zijn onderzoek speciale aandacht aan de bodemprofielen in en onder de grafheuvels heeft besteed. Na er op te hebben gewezen, dat de vegetatieprofielen onder de grafheuvels ten nauwste verband houden met het materiaal waarin zij zijn gevormd, concludeert Modderman, dat het zg. Preglaciaal (Rijn) en de dekzanden in de Bronstijd nog geen typisch heidepodzolprofiel droegen. Wel vond Modderman onder aeneolitische grafheuvels op de Veluwe een bodemprofiel met een bijna witte A-horizont, rustend op een opvallend oranjebruin gekleurde B-horizont. Hij noemt dit een typisch aeneolitisch bodemprofiel. In morfologisch opzicht komt het overeen met de in het onderhavige geschrift als bospodzolen aangeduide profielen.

4. HUMUSPODZOLEN OP PLAATSEN, DIE NOOIT DOOR EEN HEIDEVELD WERDEN BEDEKT

Twijfel aan de algemene geldigheid van het bovenstaande bestaat reeds geruime tijd. Er worden, ook in Nederland, podzolprofielen aangetroffen op plaatsen, die redelijkerwijze niet tot een heideveld kunnen hebben behoord. Men is dan ook veiligheidshalve van de naam heidepodzol afgestapt en noemt deze gronden thans podzolen resp. humuspodzolen naar aanleiding van de samenstelling van de B-horizont van deze profielen.

a) In het Speulderbos (Gelderland) vindt men overwegend bruine diepe bosgronden, vroeger bruine podzolige gronden, thans humusijzerpodzolen genaamd, op gestuwde, preglaciale, iets lemige, afzettingen. Hoewel dit terrein ongetwijfeld één of meer malen kaal zal zijn geweest is de kwaliteit van deze gronden zodanig, dat het bos zich steeds heeft kunnen herstellen en de heidebegroeiing nooit van werkelijke betekenis is geweest. Onder de gestuwde lagen is er één bestaande uit grof zeer arm zand, dat in een smalle baan van niet meer dan enige meters breedte dagzoomt. Daar ter plaatse vindt men een podzol met eigenschappen, die enigszins afwijken van die van de vroeger als heidepodzol beschouwde gronden. De B-horizont is bruin en mist de zwarte B_{2h}, terwijl de A_2-horizont (het loodzand) een iets bruinige kleur heeft.

De strook met de bedoelde podzolen in het Speulderbos is zo smal, dat ze als het ware beschermd is geweest door de bosgronden in de omgeving.

Van een heideveld, dat een podzolering had kunnen veroorzaken kan hier geen sprake zijn. Het Speulderbos is bodemkundig gekarteerd door Schelling (1953).

b) Het schiereiland Vollenhove (prov. Overijssel) is eveneens een oud bosgebied. Het wordt in 944 als *Silva Fulnaho* vermeld. Vóór het ontstaan van de Zuiderzee moet het een keileemeiland in een uitgestrekt veengebied zijn geweest. Het was een moeilijk bereikbaar gebied en er zijn nooit sporen van oude bewoning gevonden, dit in tegenstelling tot het Speulderbos. Vollenhove is door Haans (1953) bodemkundig gekarteerd. Een groot deel van het gebied bestaat uit mooie lemige gronden op keileem, maar waar de keileem door dekzand is bedekt treft men diep ontwikkelde humuspodzolen aan, die gedeeltelijk een mestdek dragen. De kleur van de A_2 en de afwezigheid van een B_{2h} veroorzaken een overeenstemming met het bospodzolprofiel van Speulde, met dien verstande dat de horizonten veel dikker ontwikkeld zijn. Ook voor dit gebied geldt dat het bezwaarlijk langdurig een heideveld kan zijn geweest.

Een verschil tussen de profielen Speulde en Vollenhove wordt gevormd door de diepere delen van de B-horizont. In Speulde komen die overeen met die van de diepe bruine bosgronden in de omgeving. In Vollenhove vertoont het profiel kenmerken van invloed van grondwater.

c) De Drentse dalen bestaan grotendeels uit lage zandgronden van de groep der zwarte gleygronden en uit veengronden. De zwarte gleygronden worden geacht onder moerasbos te zijn ontstaan, voornamelijk bestaande uit elzen. Temidden van deze elzenbroeken vormt het dekzand soms kleine heuveltjes. Deze dragen humuspodzolen, met vaak dik ontwikkelde horizonten, die dezelfde bruine tinten hebben als de podzolen, die onder a en b besproken zijn, maar in het bijzonder als die onder b.

De situatie is zodanig, dat het wederom vrijwel uitgesloten is, dat deze kleine verheffingen, omsloten door het moerasbos, een oude heidebegroeiing hebben gedragen. Integendeel wijst alles er op, dat ook deze podzolen onder eikenbos zijn ontstaan en dus als bospodzolen moeten worden beschouwd.

d) Een vierde voorbeeld van bospodzolen wordt veelvuldig gevonden in de bosgordels, die de Brabantse vennen omringen (Edelman, 1950). Deze profielen liggen vaak op een helling en zijn dan extra dik ontwikkeld.

De bijzondere kenmerken van deze profielen zijn wederom de bruinachtige kleur van het loodzand (A_2) en het ontbreken van een zwarte B_{2h}.

5. ONDERZOEKINGEN IN BELGIË

In 1954 beschreven Scheys, Dudal en Beyens oude bospodzolen onder stuifzand. Blijkens dit onderzoek verschillen de bospodzolen van de podzolen van de heidevelden door de zalmkleur van het loodzand en het geringe humusgehalte van de B-horizont. In de Belgische nomenclatuur zijn de bospodzolen ijzerpodzolen en de heidepodzolen humuspodzolen. De genoemde schrijvers konden ook de transformatie van de bospodzolen (ijzerpodzolen) in heidepodzolen (humuspodzolen) bestuderen.

De hier bedoelde bospodzolen (ijzerpodzolen) liggen alle hoog boven het grondwater. Dr. Scheys was zo vriendelijk de schrijver persoonlijk mede te delen, dat hij ook oude bospodzolen kent, die dicht bij het grondwater zijn gevormd en die morfologisch geheel overeenkomen met de onder bos ontstane humuspodzolen, die in dit geschrift worden besproken. Bij vergelijking van de interessante publikatie van de genoemde Belgische onderzoekers met het onderhavige geschrift is het nodig rekening te houden met het huidige gebruik van de term podzol in Nederland. Een humuspodzol is een podzol met een B-horizont, waarin disperse humus is geaccumuleerd, ongeacht een eventueel ijzergehalte van deze horizont. In België en andere landen worden de ijzerpodzolen van de humuspodzolen onderscheiden. In het onderhavige geschrift wordt niet ingegaan op het verschil tussen humuspodzolen en ijzerpodzolen.

6. HUMUSPODZOLEN ONDER VEEN

De heer Ir. A. J. Havinga te Wageningen heeft een uitgebreide studie gemaakt van de humuspodzolen, die onder veen worden aangetroffen. Zijn proefschrift over dit onderwerp is onlangs verschenen.

De uitgestrekte veengebieden, b.v. van Groningen en Drenthe, hebben eerst geleidelijk hun latere uitbreiding gekregen. In het centrum van deze gebieden rust het veen op meerafzettingen en dus niet op een terrestrisch bodemprofiel.

Langs de randen van de veenkommen echter heeft gedurende het oudste deel van het Holoceen een vegetatie gegroeid, die een bodemprofiel deed ontstaan, meestal een humuspodzol, alvorens de veengroei zich van de groeiplaats meester maakte. Havinga heeft de polleninhoud van deze humuspodzolen onderzocht, alsmede die van het bedekkende veen, zodat het tijdstip van het begin van de veenvorming bekend is. Verscheidene van de onderzochte humuspodzolen bevatten nagenoeg of in het geheel geen stuifmeel van de heide. Zij zijn ontstaan in het Boreaal, toen er van een heidevegetatie nog geen sprake was. In humuspodzolen uit het Atlanticum is overvloedig stuifmeel van de eik gevonden, met weinig heide. Weer andere profielen bevatten meer heidestuifmeel dan men in het Atlanticum voor mogelijk zou houden. In het algemeen is de stuifmeelinhoud van de humuspodzolen zeer gevarieerd. De conclusie van Havinga is, dat de humuspodzolen onder veen onder allerlei vegetaties ontstaan zijn. Er zijn echter stellig een aantal podzolen onder, die bos hebben gedragen en dus als bospodzolen moeten worden beschouwd.

7. ONDIEPE BODEMVORMING EEN BELANGRIJK KENMERK VAN TALRIJKE HUMUSPODZOLEN

In de discussie over de bos- of heidepodzolen kan nog een nieuw argument

worden aangevoerd voor de betekenis van de bospodzolen. Het betreft de geringe diepte van de bodemvorming.

In Nederland en aangrenzende gebieden worden de meeste humuspodzolen aangetroffen op een ondergrond van gelaagde zanden. De diepte van de bodemvorming kan worden beoordeeld naar de diepte waarover de gelaagdheid verbroken is. De homogenisatie van het bovenste gedeelte van het profiel (Hoeksema, 1953) voltrekt zich allereerst door de werkzaamheid van bodemdieren, vooral wormen en mollen, voorts door de beworteling. Het verband tussen de dieren en de beworteling is evident. Waar de dieren de grond hebben losgemaakt kunnen de wortels gemakkelijk doordringen. Omgekeerd volgt een aantal dieren de wortels, wanneer die afsterven.

Vele gelaagde zanden hebben zulke fijne poriën, dat de meeste plantenwortels er niet in doordringen, indien dieren niet zijn voorgegaan. Vandaar de grote betekenis, die thans in Wageningen aan de bodemdieren wordt toegekend.

Onder Nederlandse omstandigheden zijn er twee hoofdzaken, waarom dieren niet diep in een grond doordringen.

De voornaamste is gebrek aan lucht in de ondergrond, anders gezegd een slechte afwatering. De tweede is armoede. De mengende dieren, inzonderheid de regenwormen, moeten voedsel van geschikte kwaliteit hebben.

Terugkerend naar de humuspodzolen moet worden opgemerkt, dat in de meeste humuspodzolen op geringe diepte de oorspronkelijke gelaagdheid nog grotendeels intact is. Dit merkwaardige feit heeft tot nu toe weinig aandacht gehad. De literatuur bevat tal van profielbeschrijvingen, tekeningen en ook wel foto's van humuspodzolen, die de lezer door onduidelijkheid op dit punt in het onzekere laten. In het terrein is deze ondiepe gelaagdheid niet altijd gemakkelijk waarneembaar, vooral in met de spade schoongemaakte en afgestreken profielwanden. Beter gelukt de waarneming aan lakfilms. In de meeste lakfilms van humuspodzolen van het Laboratorium voor Regionale Bodemkunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen bleek de oorspronkelijke gelaagdheid op 40–50 cm diepte nog aantoonbaar. Op die diepte vindt men gewoonlijk de donkerbruin gekleurde humeuze B-horizont. De humus in deze B-laag is dispers, d.w.z. uit de bovengrond in sol-vorm naar beneden gezakt. Voor deze humeuze sijpeling zijn de poriën van het gelaagde zand uiteraard ruim genoeg en zo is deze disperse humus terechtgekomen in een profielgedeelte waar wortels of bodemdieren in het algemeen niet konden binnendringen.

De ondiepte van de biologische activiteit in de meeste Nederlandse humuspodzolen kan een gevolg zijn van de armoede van het materiaal of van de natheid van het terrein of van beide oorzaken tegelijk. De armoede van de humuspodzolen is algemeen bekend. Vele heidevelden zijn ook thans nog een groot deel van het jaar zeer nat, en waren voor de tijd van de grote ontginningen nog veel natter dan nu. Indien er in bepaalde oudere perioden van het Holoceen een vochtiger klimaat is geweest dan thans, dan zijn die perioden gekenmerkt geweest door een zeer vochtige toestand van het terrein en dit betekent nog meer beperkingen voor de biologische activiteit in de grond.

De insijpeling van disperse humus en de afzetting daarvan in de B-horizont leidt tot een geringe doorlatendheid van deze horizont. Dientengevolge stagneert het water op deze ondoorlatende B-horizont. Ten gevolge van de wisselwerking van een aantal bodemvormende factoren is deze ondoor-

latende B-horizont zowel oorzaak als gevolg van deze geringe biologische activiteit van de bovengrond van de humuspodzolen. Uit een nadere beschouwing van de ondergrens van de biologische activiteit in humuspodzolprofielen blijkt hoe onregelmatig deze vaak is. In sommige profielen vindt men resten van de gelaagdheid op 25 cm diepte. Dit betekent echter niet dat er geen wortels dieper in de grond zijn doorgedrongen. Gehomogeniseerde en gelaagde delen van het profiel komen naast elkaar voor. Door opmeting zijn in een aantal voorbeelden de percentages van de gehomogeniseerde delen van het profiel op verschillende diepten bepaald. In sommige gevallen is de gelaagdheid op 45 cm nog geheel intact. In andere gevallen vindt men op 75 cm nog 5–10% homogenisatie (Fig. 1–6).

De ondiepte van de bodemvorming van de humuspodzolen is oud. Immers, indien de vegetatie in een oudere periode van het Holoceen de gelaagdheid tot een grotere diepte zou hebben verbroken, zo zou dat ook thans nog te zien zijn. De geologische gelaagdheid kan zich, na verbroken te zijn, niet meer herstellen.

Welk bodemprofiel kan door deze oude ondiep wortelende vegetaties zijn veroorzaakt? Het kan onmogelijk een bruine podzolige bosgrond zijn geweest. Deze profielen worden immers gekenmerkt door een aanzienlijke mate van biologische activiteit. Rekening houdend met de armoede van de groeiplaatsen die in verband met het hier besproken vraagstuk van belang zijn, kan een dun bodemprofiel bezwaarlijk iets anders zijn dan een humuspodzol. Dit betekent dat de hier bedoelde humuspodzolen oud zijn, veel ouder dan de heidevelden. Zij zijn dan ook reeds onder bos gevormd.

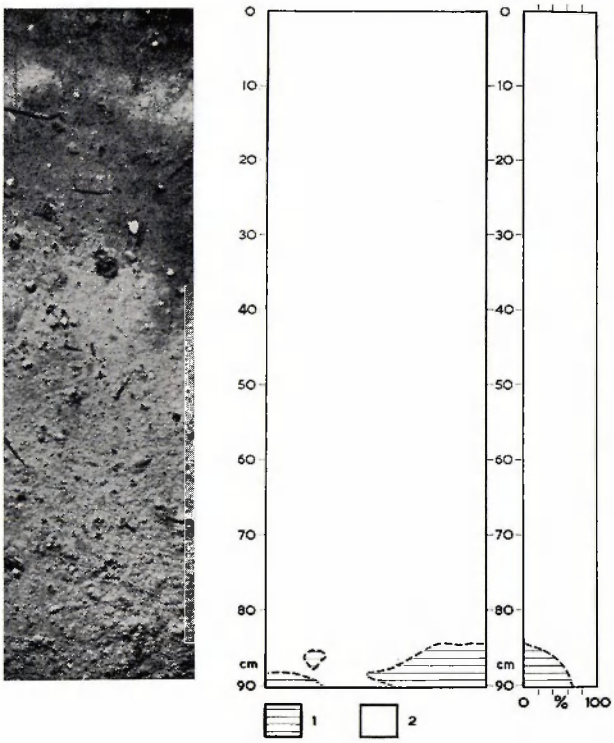
8. OUDE EN JONGE HUMUSPODZOLEN

De belangrijkste vraag, die zich thans opdringt, is of deze nieuwe zienswijze zich verdraagt met de onder 3 besproken theorie van Van Giffen. Deze vond nooit een humuspodzol (Van Giffen sprak steeds van heidepodzol) onder grafheuvels uit de Jonge Steentijd, maar soms wel onder die uit de Bronstijd. Vandaar zijn conclusie dat er in de Jonge Steentijd nog geen heidepodzolen en heidevelden bestonden.

De theorie van Van Giffen en de in het bovenstaande ontwikkelde zienswijze lijken tegenstrijdig, maar dat is slechts schijn. De bewoners uit de Jonge Steentijd waren gevestigd op de hogere plekken van het landschap. Daar ontbrak één der voorwaarden voor het ontstaan van humuspodzolen: het stagnerende water. Daar was de biologische activiteit in de grond altijd aanzienlijk geweest en daar werden de grafheuvels opgebouwd op een weinig gedifferentieerde bruine bosgrond, zoals Van Giffen zeer juist heeft waargenomen.

Een deel van deze weinig gedifferentieerde bruine bosgronden, tot voor kort bruine podzolige gronden, thans humusijzerpodzolen genoemd, is later oppervlakkig gepodzoleerd. Deze gronden vertonen bovenin de voor humuspodzolen kenmerkende opeenvolging van horizonten, maar laten onderin nog duidelijk zien, dat ze vroeger door een veel dieper gaande biologische activiteit gekenmerkt waren. Deze humuspodzolen zijn jong en als zodanig eerst na de ontbossing ontstaan. De theorie van Van Giffen geldt ten volle voor deze jonge podzolen.

Het is niet onmogelijk, dat enkele van de humuspodzolprofielen, die door Van Giffen en diens leerlingen onder grafheuvels uit de Bronstijd zijn aange-



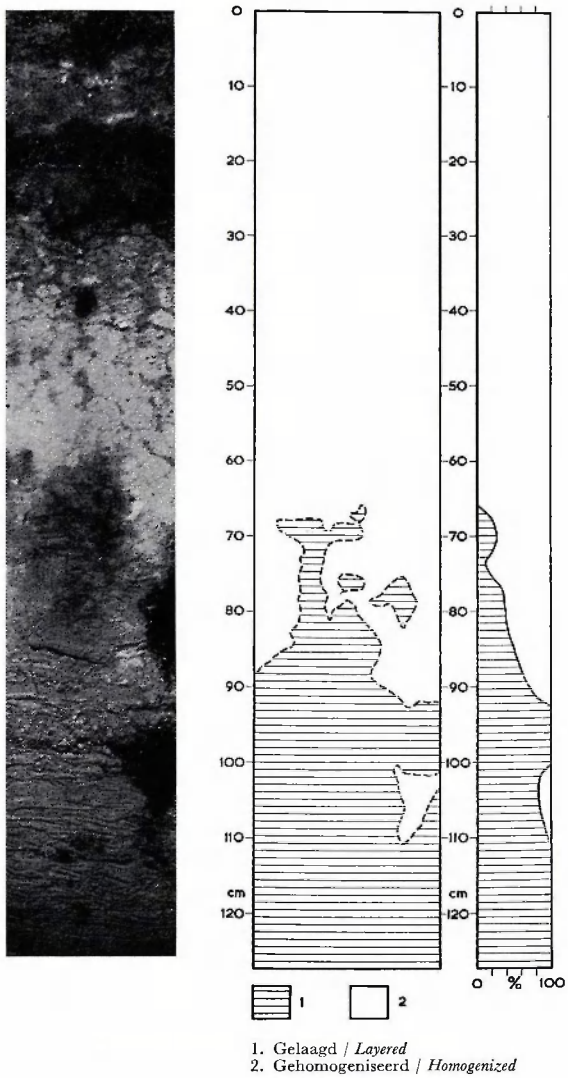
1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 1.
Humuspodzol (bospodzol) bij Speulde (G), 35 m+ NAP. Stuwmoraine. Bos. Regelmatige verdeling van het wortelstelsel tot 85 cm. Diepe homogenisatie. (Analytische gegevens uit het Archief van de Stichting voor Bodemkartering).

Humus podzol (forest podzol) near Speulde (G), 35 m+ Amsterdam Ordnance Datum. Pushed moraine. Forest. Regular root system down to 85 cm. Deeply homogenized. (Analytic data Netherlands Soil Survey Institute).

Hor.	Diepte *Depth*	Kleur (droog) *Colour (dry)*	granulaire samenstelling *granular composition*			N totaal	P_2O_5-totaal	Porositeit % *Porosity %*	Org. stof % *Org. matter %*	Fe_2O_3 %	pH KCl	pH H_2O
			< 2	2–50	> 50							
A_1	0–9	7,5YR3½/0	1,5	6,0	92,5	0,14	18	60,0	5,4	0,24	2,9	4,0
A_2	9–16	10YR6½/1	2,0	5,5	92,5	0,01	5	44,0	0,4	0,14	3,6	4,5
B_{21}	16–26	10YR4½/1	2,0	4,5	93,5	0,05	16	48,6	2,1	0,80	3,5	4,1
B_{22}	26–38	10YR5½/3	2,5	8,5	89,0	0,04	18	51,3	1,6	0,68	4,3	4,7
BC	38–82	10YR6½/4	2,5	9,5	88,0	0,01	17	48,4	0,7	0,50	4,6	4,7
C	82	10YR7/5½	1,5	8,5	90,0	0,01	12	43,0	0,1	0,37	4,5	4,8

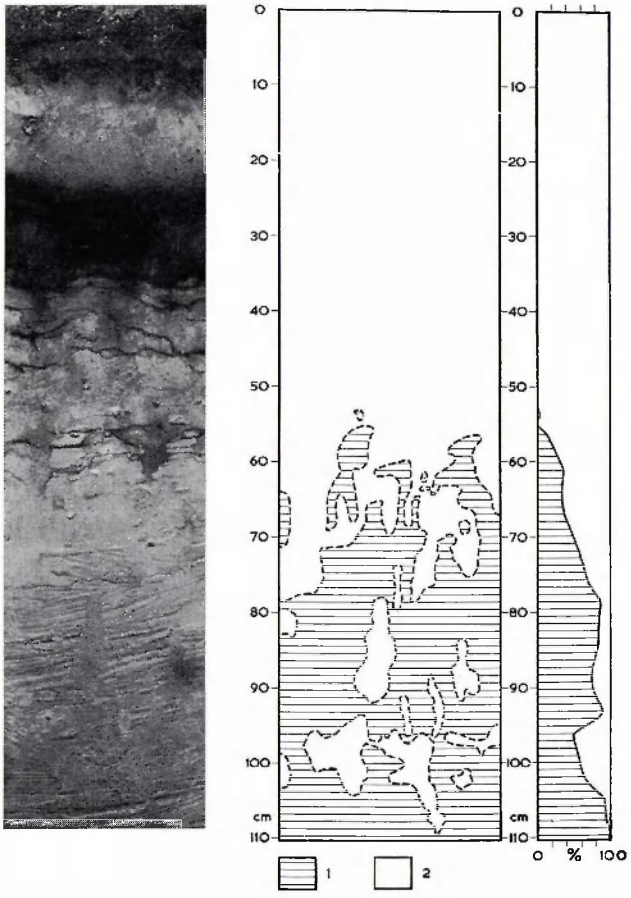
N.B. Enig grind op elke diepte, op 85 cm lemige laag.
Some gravel at any depth, loamy layer at 85 cm.



1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 2.
Humuspodzol (heidepodzol) bij Speulde (G). Overgang stuwmoraine-fluvioglaciaal. Vrij diepe homogenisatie.

Humus podzol (heath podzol) near Speulde. Transition pushed moraine-fluvioglacial. Fairly deep homogenization.

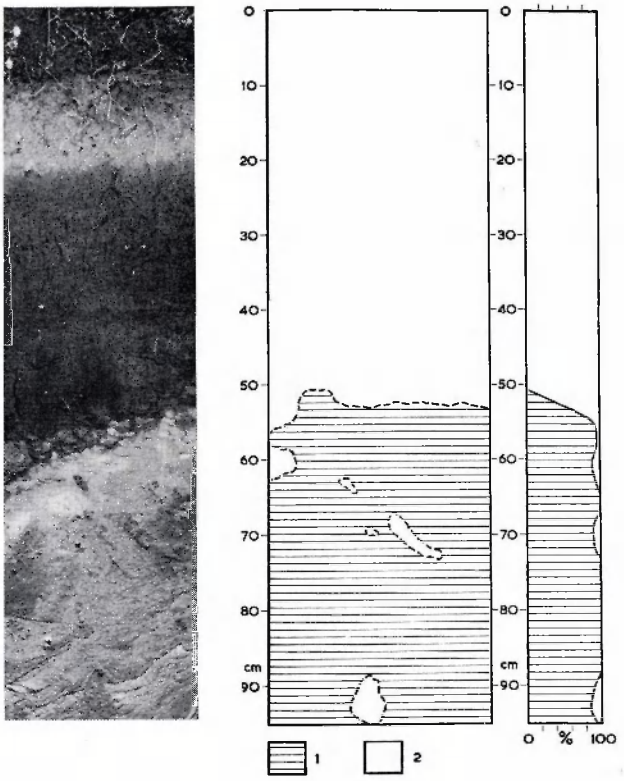


1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 3.
Humuspodzol (heidepodzol) bij Ballo (Dr.). Dekzand. Grens van het bouwland. Kreupelhout. Matige homogenisatie. (Analytische gegevens van Dr. J. van Schuylenborgh te Wageningen van een ander profiel uit dezelfde zandgroeve).

Humus podzol (heath podzol) near Ballo (Dr.). Cover-sand. Border of arable land. Brush-wood. Moderate homogenization. (Analytic data of another profile from the same sand pit of Dr. J. van Schuylenborgh, Wageningen).

Hor.	Diepte *Depth*	Kleur (droog) *Colour (dry)*	Granulaire samenstelling *Granular composition*			Org. stof *Org. matter* %	Fe_2O_3 %	pH H_2O
			<2	2–50	>50			
A_{an}	0–8	10YR3½/1	bovengrond verontreinigd / *topsoil contaminated*					
A_1	8–11	10YR2/1	0,9	6,2	92,9	5,5	0,23	4,4
A_2	11–23	10YR5½/1	1,0	4,6	94,4	1,0	0,34	4,9
B_2h	23–29	5YR2/1	1,5	4,9	93,6	3,0	0,84	4,7
B_2	29–39	5YR3/2	1,3	4,8	93,1	1,6	0,89	4,4
BC	39–68	10YR5½/3	1,3	5,8	92,9	0,6	0,58	5,2
C	68–	10YR6½/4	1,5	10,0	88,5	0,3	0,83	5,0



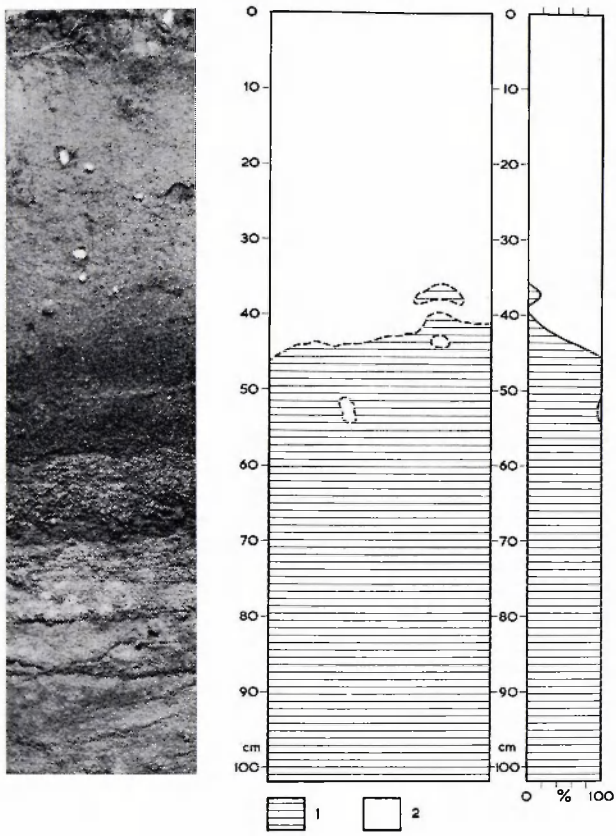
1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 4.
Humuspodzol (heidepodzol) bij Grollo (Dr.). Dekzand op grondmoraine. Heide (Calluna en een weinig Erica) met enkele verspreide berken. Matige homogenisatie. (Analytische gegevens van Dr. J. v. Schuylenborgh, Wageningen).

Humus podzol (heath podzol) near Grollo (Dr.). Cover-sand on ground moraine. Heath (Calluna and some Erica) with some scattered birches. Moderate homogenization. (Analytic data of Dr. J. van Schuylenborgh, Wageningen).

Hor.	Diepte *Depth*	Kleur (droog) *Colour (dry)*	Granulaire samenstelling *Granular composition*			Org. stof *Org. matter* %	Fe_2O_3 %	pH H_2O
			<2	2–50	>50			
A_1	0–14	10YR2/2–3/3	–	–	–	43	0.16	3,60
A_2	14–29	10YR6/2–2,5Y6½/0	0,8	2,8	96,4	2,5	0,08	4,18
B_{2h}	29–48	5YR2/2–7, 5YR3/2	1,3	1,7	97,0	8	0,21	4,25
B_2	48–64	5YR3/4–7, 5YR4/4	1,0	2,3	96,7	2,5	0,29	4,64
D	64–	7, 5YR6/6–10YR7½/6	1,9	1,5	96,6	0,8	0,36	5,02

Bovengrond verontreinigd / *Topsoil contaminated*

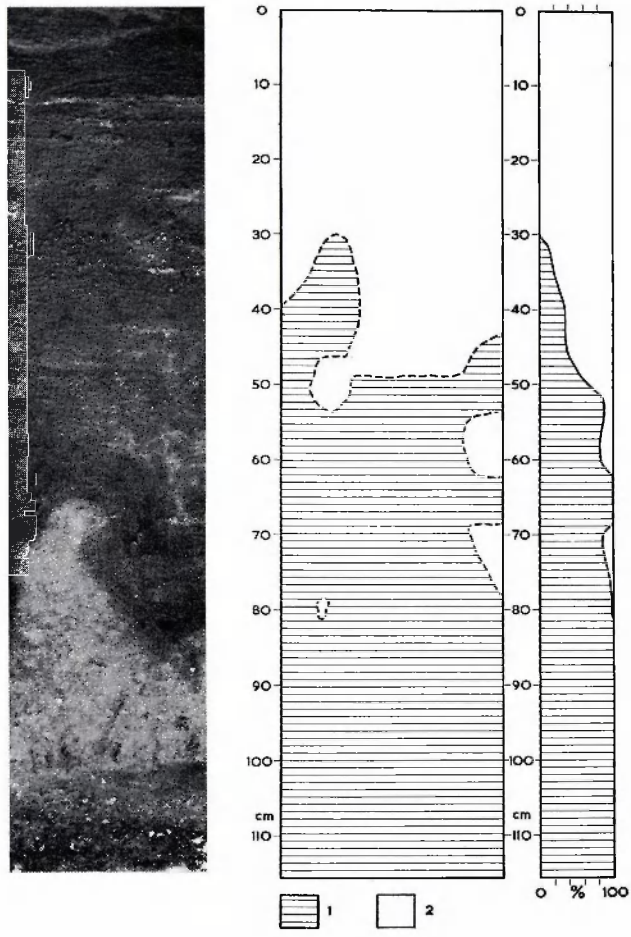


1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 5.
Humuspodzol (heidepodzol). Filipsberg bij Heerde (G.). Stuwmoraine. Dennenbos met heide als ondergroei. Ondiepe homogenisatie. (Analytische gegevens van Dr. J. Ch. L. Favejee, Wageningen).

Humus podzol (heath podzol). Filipsberg near Heerde (G.). Pushed moraine. Fir-wood with heath. Shallowly homogenized. (Analytic data of Dr. J. Ch. L. Favejee, Wageningen).

Hor.	Diepte *Depth*	Kleur (nat) *Colour (wet)*	Granulaire samenstelling *Granular composition*			Org. stof *Org. matter* %
			<2	2–50	>50	
A_1	0–9	7,5YR3½/0	–	–	–	–
A_2	9–43	7,5YR5/0	0,5	2,9	96,6	0,8
B_2h	43–52	7,5YR2½/0	1,1	2,0	96,9	4,2
B_2	52–72	10YR3½/2	0,5	2,2	97,3	0,7
BC	72–	10YR6/2	0,3	1,5	98,2	0,02



1. Gelaagd / *Layered*
2. Gehomogeniseerd / *Homogenized*

Fig. 6a.
Humuspodzol (heidepodzol). Schaarsbergen. Grof fluvioglaciaal zand. Heide. Ondiepe homogenisatie. (Analytische gegevens van Dr. J. Ch. L. Favejee, Wageningen).
Humus podzol (heath podzol). Schaarsbergen. Coarse fluvioglacial sand, Heath. Shallowly homogenized (Analytic data of Dr. J. Ch. L. Favejee, Wageningen).

Hor.	Diepte *Depth*	Kleur (nat) *Colour (wet)*	Granulaire samenstelling *Granular composition*			Org. stof *Org. matter* %
			<2	2–50	>50	
A_o	0–7	10YR3/1½	–	–	–	–
A_1	7–16	7,5YR3½/0	0,7	2,0	97,3	4,3
A_2	16–35	7,5YR5/0	0,8	2,3	96,9	0,7
B_2h	35–40	7,5YR2/0	0,8	1,9	97,3	1,2
B_2	40–	10YR2/1½–3/2	0,7	1,6	97,7	1,4

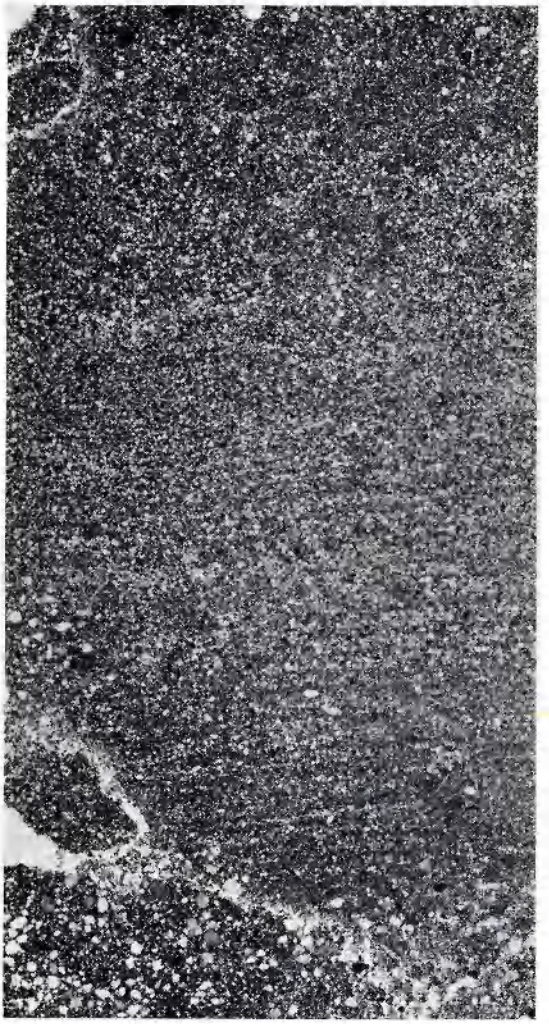


Fig. 6b.
Dunne doorsnede van de B-horizont van een humuspodzol (Schaarsbergen). Diepte 30–45 cm. Ware grootte. Gelaagdheid intact. (Slijpplaat en foto van Dr. A. Jongerius, Stichting voor Bodemkartering).

Thin section of the B horizon of a humus podzol (Schaarsbergen). Depth 30–45 cm. Layered. Full seize. (Thin section and photo of Dr. A. Jongerius, Netherlands Soil Survey Institute).

troffen, tot de groep der oude podzolen behoren. De bewoning van de Bronstijd wordt niet meer uitsluitend op de hoogste terreinen aangetroffen, zoals in de Jonge Steentijd het geval was, maar ook op lagere terreinen. Dit kan wijzen op een uitdroging van het landschap gedurende het betreffende deel van het Subboreaal, hetgeen zou betekenen, dat bepaalde terreinen, die tevoren zo nat waren, dat humuspodzolen konden ontstaan, later voor menselijke vestiging in aanmerking kwamen.

De hier beschreven tegenstelling tussen oude en jonge humuspodzolen leidt tot tal van nog onbeantwoorde vragen en zal dan ook aanleiding geven tot allerlei nieuw onderzoek.

9. DE OORSPRONG VAN DE HEIDEVELDEN EN DE INVLOED VAN DE HEIDEVEGETATIE OP DE HUMUSPODZOLEN

Nu gebleken is, dat tal van humuspodzolen veel ouder zijn dan de heidevelden waarvoor zij karakteristiek zijn, is een herziening van de opvattingen over het ontstaan van de heidevelden onvermijdelijk.

De vegetatiegeschiedenis van het Holoceen berust allereerst op de palynologie. Deze heeft duidelijk aangetoond, dat de voornaamste bomen uit het Boreaal waren de berk en de den en in het Atlanticum de eik en de berk.

De latere heidevelden zijn met de genoemde boomsoorten begroeid geweest, in overeenstemming met de algemeen geldende opvattingen. Alleen zullen enkelen moeten wennen aan het feit, dat deze bomen, inzonderheid de eik, op humuspodzolen hebben gegroeid, ja, deze hebben doen ontstaan. Gezien de ongelukkige bodemgesteldheid kan het bos op deze humuspodzolen niet zwaar zijn geweest. Toen het door menselijke activiteit in de Bronstijd te gronde ging, kon het zich dan ook niet meer goed herstellen, ondanks de nog maar geringe druk, die de weinig talrijke bevolking destijds op het bos uitoefende. Zo kon de heide zich op deze terreinen uitbreiden. Aanvankelijk was het heideveld nog lang niet kaal, maar ook in de volksverhuizingstijd heeft het bos zich niet op de humuspodzolen kunnen herstellen. De kolonisten uit deze tijd hebben de bossen op de goede gronden gerooid en lieten het armelijke heideveld aan hun vee over. Later is de veebezetting nog toegenomen en is het heideveld steeds kaler geworden. Dit was de toestand aan het eind van de 18e eeuw, toen de herbebossing met naaldhout begon. Eerst in de 20ste eeuw is dank zij de kunstmest en de ontwatering de ontginning van de humuspodzolen voor landbouwdoeleinden mogelijk geworden.

Is blijkens het bovenstaande de betekenis van de heide voor het ontstaan van de humuspodzolen beperkt tot de jonge humuspodzolen, de invloed van de heide op de morfologie van de oude humuspodzolen is aanzienlijk geweest. In het algemeen is de kleur van de heidehumus zwart. Dientengevolge zijn de A_1- en A_2-horizonten van de humuspodzol onder invloed van de heidebegroeiing grijs gekleurd, tegen een meer bruine tint van de A-horizonten van de bospodzol. De gedispergeerde zwarte heidehumus is ook omlaaggezakt en heeft zodoende de belangrijke zwarte tot donkerbruine B2h-horizont gevormd, die het voornaamste kenmerk van de onder heide-invloed ontstane humuspodzolen vormt. Deze B_{2h}-horizont ontbreekt bij de tot nu toe herkende bospodzolen.

Cnossen en Heijink (1958) vermelden nog enkele kenmerkende verschil-

len tussen onder bos en onder heide ontstane humuspodzolen. Zo zijn de humusgehalten van de bospodzolen lager dan die van de heidepodzolen. Vaak zijn de humuspodzolen, die onder bos ontstaan zijn, losser dan die welke een sterke heide-invloed hebben ondergaan. Dit is echter een verband, waarbij men oorzaak en gevolg mag verwisselen: de sterk verdichte humuspodzolen zijn blijkens het bovenstaande het sterkst onder invloed van de heide gekomen.

10. DE NATUURLIJKE VEGETATIE VAN DE HUMUSPODZOLEN EN DE CONSEQUENTIES DAARVAN VOOR DE PLANTENSOCIOLOGIE EN DE BOSBOUW

Gelijk in het voorafgaande is aangetoond, hebben de oude humuspodzolen in de loop der tijden verschillende vegetaties gedragen. In het Boreaal waren berk en den de voornaamste bomen, in het Atlanticum eik en berk. In het Subboreaal is deze laatste vegetatie reeds op vele plaatsen door heide vervangen, maar eik en berk bleven de natuurlijke vegetatie bepalen.

Volgens vriendelijke inlichtingen van de heer Ir. H. Doing Kraft te Wageningen, die ik hartelijk voor zijn hulp dankzeg, zou deze natuurlijke vegetatie op de vochtige humuspodzolen bestaan uit een Querceto roboris-Betuletum molinietosum. Op de hoge droge, uiterst arme humuspodzolen van de Veluwe moet het bos een Querceto Betuletum typicum zijn geweest. Het is echter wel nodig op te merken, dat dit bos weinig florissant was en op vele plaatsen reeds heide in de ondergroei had en onder invloed van de menselijke samenleving gemakkelijk tot heide verviel.

Het is mogelijk en in een aantal gevallen waarschijnlijk, dat het humuspodzolprofiel reeds gedurende het Boreaal onder een vegetatie van berk en den is ontstaan. In dat geval heeft de loofhoutvegetatie uit het Atlanticum het humuspodzolprofiel niet meer veranderd tot een meer homogeen bodemprofiel, in tegenstelling tot wat men algemeen van een loofhoutvegetatie heeft verwacht.

Hiermede is het punt bereikt, waar de consequenties van het gevondene voor de plantensociologie en de bosbouw het grootst zijn. Dat een natuurlijk loofhoutbos in het gematigde klimaat van West-Europa zelfs op arme gronden tot de vorming van humuspodzolen zou leiden is als uitgesloten beschouwd. In het bijzonder geldt de eik voor een bodemverbeteraar. Thans is duidelijk, dat ook een natuurlijke eikenvegetatie een humuspodzol kan vormen, indien de groeiplaats voldoet aan de dubbele voorwaarde van armoede en geringe diepte van de doorwortelbare horizont.

SUMMARY

It is generally assumed, that podzols are formed under forest, both coniferous and deciduous. In Western Europe the opinion is, that deciduous forest does not podzolize the soils, and the heather resp. coniferous forest are made responsible for the formation of podzols. Since both vegetations are anthropogeneous, the whole process of podzolization is said to be due to man. The heath fields and their podzols are formed since the Bronze Age. This is said to be proven by comparing tumuli from the Stone Age and the Bronze Age.

It has been explained that humus podzols have been found on places

which never have belonged to a heath. Belgian scientists have already described iron podzols formed under forest.

Havinga studied humus podzols occurring below a peat layer. These humus podzols were formed during the Boreal and Atlantic periods, long before the heather became important. They contain large quantities of pollen from deciduous trees, including oak. Havinga concluded, that humus podzols can form under very different vegetations.

The generally accepted opinion is, that humus podzols are formed out of an acid brown forest soil profile. This is not in agreement with the very shallow occurrence of the original stratification of the sand, in which the podzols are formed. This shallow soil formation indicates a much restricted biological activity because of extreme poverty or wetness of the spot or of both causes together. According to the depth of biological activity old and recent podzols can be differentiated. Old podzols have stratified B-horizons and are formed under forest during the Boreal and Atlantic periods. Recent podzols have homogenized B horizons and are formed recently out of a deep brown forest soil.

The heath vegetation has changed the properties of the forest podzols. The A horizon has become more greyish instead of brownish. Also the black B_{2h} is due to the heath vegetation. The humus content of the B horizon increased considerably because of the heath.

The natural vegetation of the forest podzols on moist spots is the Querceto roboris-Betuletum molinietosum. On the dry podzols of the Veluwe (Geld.) the Querceto-Betuletum typicum is the natural vegetation. The latter vegetation was rather poor and this forest could easily develop into a heath.

The conclusion is that humus podzols often are old and formed under forest. Other podzols are young. In other cases future research will have to decide when the podzols were formed.

LITERATUUR

Besprekingen over het heidepodsolprofiel; gehouden op de bijeenkomst der Sectie Nederland van de Intern. Bodemkundige Vereeniging op 18 en 19 april 1941. Groningen.

Braun Blanquet, J., 1951: Pflanzensoziologie. 2. Aufl. Wien.

Brouwer, A., 1947: Pollenanalytisch onderzoek van overstoven Drentse veentjes. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. *64*, 1–12.

Cnossen, J. en W. Heijink, 1958: Enkele opmerkingen omtrent de bodemgesteldheid van de zandgronden in een deel van Noordoost-Friesland. Boor en Spade *IX*, 156–172.

Demolon A., 1949: La génétique des sols. Paris.

Duchaufour, P., 1956: Pédologie; applications forestières et agricoles. Nancy.

Edelman, C. H., 1950: Soils of the Netherlands. Amsterdam.

Edelman, C. H., 1954: Over plaatsnamen met het bestanddeel woud en hun betrekking tot de bodemgesteldheid. Boor en Spade *VII*, 197–216.

Galoux, A., 1953: La chênaie sessiliflore de Haute Campine. Station de Recherches de Groenendaal. Travaux – Série A, no. 8.

Giffen, A. E. van, 1941: De tijd van vorming van heidepodsolprofielen aan de hand van archaeologische waarnemingen. In: Besprekingen over het heidepodsolprofiel, 12–28. Groningen.

Haans, J. C. F. M. en C. Hamming, 1954: De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Vollenhove. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport no. *392*.

Havinga, A. J., 1962: Een palynologisch onderzoek van in dekzand ontwikkelde bodemprofielen. Wageningen. Diss. Wageningen.

Hoeksema, K. J., 1953: De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade *VI*, 24–30.

Jong, B. de, 1959: Een vegetatiekaart van de bossen van het landgoed „Egheria" met toelichting. Wageningen.
Lemee, G., 1937: Recherches écologiques sur la végétation du Perche. Paris.
Meyer Drees, E., 1936: De bosvegetatie van de Achterhoek en enkele aangrenzende gebieden. Wageningen. Diss. Wageningen.
Modderman, P. J. R., 1954: Grafheuvelonderzoek in Midden-Nederland. Ber. Rijksd. Oudheidk. Bodemonderzoek *5,* 7–44.
Schelling, J., 1953: Twee studiekarteringen op de stuwwallen van de Veluwe. Boor en Spade *VI,* 113–125.
Scheys, G., R. Dudal et L. Baeyens, 1954: Une interprétation de la morphologie de podzols humo-ferriques. Actes et C.R. 5e Congr. Intern. de la Sci. du Sol, Leopoldville. Vol. *IV,* 274–281.
Stoutjesdijk, P., 1959: Heaths and inland dunes of the Veluwe. Wentia, *2.* Diss. Utrecht.
Tüxen, R., 1957: Die Schrift des Bodens; kurzer Führer durch die Sammlung von Bodenprofilen nordwestdeutscher Wald- und Heidegesellschaften aus der Bundesanstalt für Vegetationskartierung. Angew. Pflanzensoziologie *14.* Stolzenau/Weser.
Vlieger, J., 1941: Oecologische voorwaarden der podsolvorming. In: Besprekingen over het heidepodsolprofiel, 109–117. Groningen.
Waterbolk, H. T., 1947: De oudheidkundige verschijnselen in verband met de ontwikkeling van plantengroei en klimaat. In: Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland, 57–97. Meppel.
Waterbolk, H. T., 1954: De praehistorische mens en zijn milieu; een palynologisch onderzoek naar de menselijke invloed op de plantengroei van de diluviale gronden in Nederland. Assen. Diss. Groningen.
Westhoff, V., J. W. Dijk, H. Passchier, e.a., 1946: Overzicht der plantengemeenschappen in Nederland. Amsterdam.
Wieringa, J., 1954: Enige aantekeningen over de bodemgesteldheid van praehistorische landbouwgronden in Drente. Boor en Spade *VII,* 217–223.
Wieringa, J., 1958: Opmerkingen over het verband tussen de bodemgesteldheid en oudheidkundige verschijnselen naar aanleiding van de Nebokartering in Drente. Boor en Spade *IX,* 97–114.
Zeist, W. van, 1955: Pollenanalytical investigations in the Northern Netherlands. Acta Botanica Neerlandica *4,* 1.

HANDLEIDING VOOR HET CONSERVEREN VAN ZWARE EN/OF NATTE BODEMPROFIELEN

MANUAL FOR CONSERVATION OF HEAVY AND WET SOIL PROFILES

door/*by*

A. Jager [1]) **and A. F. C. M. Schellekens** [2])

1. INLEIDING

Het gebruik van geconserveerde bodemprofielen – zg. lakfilms – als demonstratie- en studiemateriaal voor voorlichting, onderwijs en onderzoek is de laatste jaren sterk toegenomen. De normale veldmethode bij drogere en lichte zand- of kleigronden lijkt wel zo algemeen bekend, dat hier geen nadere aandacht aan geschonken behoeft te worden (zie literatuurlijst). Bij zware en/of natte gronden geeft deze genoemde veldmethode echter een zeer grote kans op mislukking, daar een gering poriënvolume en/of overmaat van vocht de lak verhindert in te dringen.

Om nu ook van deze gronden een natuurgetrouw lakprofiel te maken, werd een nieuwe methode ontwikkeld, welke zeer goede resultaten geeft.

Het grote verschil tussen deze nieuwe methode en de bekende veldmethode is wel dat het monster nu in het laboratorium geconserveerd wordt. Met behulp van een ijzeren monsterbak (zie fig. 1 en foto 1) wordt het monster uit het veld meegenomen voor verdere behandeling.

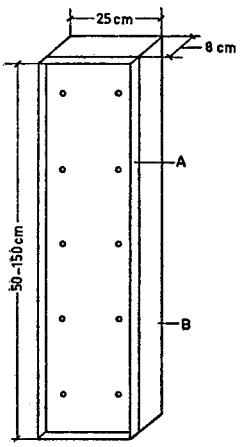


Fig. 1.
Monsterbak van gegalvaniseerd plaatijzer.
Sampling box (of galvanized sheet-iron).

A. Opgelaste ijzeren slagkant (2,5 cm diep, 0,5 cm dik).
Reinforced iron frame (2.5 cm depth, 0.5 cm thick), for driving box into pit face.
B. Scherp bijgeslepen randen.
Sharpened edges.

2. VELDWERKZAAMHEDEN

Men begint met het graven van een ruime werkkuil. Daarna maakt men een keuze welke wand men gaat bemonsteren.

In tegenstelling met de bekende veldmethode – waarbij de profielwand wat schuin wordt afgestoken – steekt men nu de wand zuiver verticaal en vlak af. Men plaatst nu de monsterbak – met de bovenrand gelijk aan het maaiveld – tegen de wand en slaat deze vervolgens met een moker (gewicht

[1]) Afd. Regionale Bodemkunde, Mineralogie en Geologie; thans Stichting voor Bodemkartering.
[2]) Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden.

2000 gram) in de profielwand. De monsterbak wordt zover ingeslagen, dat de bodem van de bak contact heeft met de wandoppervlakte van het profiel (foto 2).

Alvorens met het uithalen van het monster kan worden begonnen, steekt men met een schop een sleuf langs de zijkanten van de ingeslagen bak. We maken de sleuven ± 10 cm dieper dan de ingeslagen bak in de profielwand reikt.

Het uithalen van het monster geschiedt met een speciaal voor dit doel ontworpen steekschop met slagkop (zie fig. 2). Deze schop wordt ± 10 cm – aan de oppervlakte – achter de ingeslagen bak geplaatst, waarna men deze rechtstandig naar beneden drukt. Indien de schop te veel weerstand ondervindt, kan men deze, door met de moker op het daarvoor gemaakte balhoofd te slaan, verder naar beneden drijven.

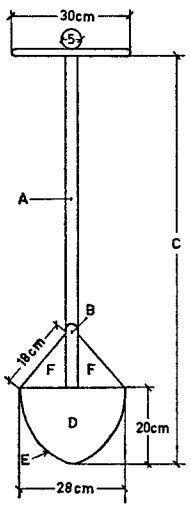
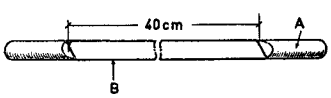


Fig. 2.
Steekschop met slagkop.
Spade with reinforced head weighted, for driving in.

A. Massief ijzeren staaf (diameter 2,5 cm).
Massive iron shaft (2.5 cm diameter).
B. Platgesmede overgang naar schopblad.
Flattened joint with spade blade.
C. Totale lengte 10 cm langer dan monsterbak.
Length of sampling box + 10 cm.
D. Schopblad van staalplaat (3 mm dik).
Steel spade blade (3 mm thick).
E. Scherp bijgeslepen rand.
Sharpened edge.
F. Driehoekjes van staalplaat voor versteviging.
Sheet-iron reinforcements.

Naarmate de schop dieper wordt ingeslagen zal de monsterbak geleidelijk vrij komen. Men moet nu de bak wat steunen om plotseling achterover vallen te voorkomen. Is de schop zover ingeslagen dat de punt zich beneden de monsterbak bevindt, dan kan men vanuit de kuil het balhoofd naar zich toe trekken, waardoor de gevulde monsterbak uit de wand wordt geïsoleerd (foto 3). Nadat het monster in de horizontale stand op de rand van de profielkuil is gelegd, wordt alle overtollige grond met een trekmes (zie fig. 3) afgesneden (foto 4). De bak is nu geheel tot de rand gevuld. Het veldwerk is hiermede beëindigd.



A. Handvat.
Handle.
B. Scherp geslepen zijde.
Sharpened knife edge.

Fig. 3.
Haalmes, waarmede het monster in de bak wordt vlakgesneden.
Knife for levelling soil in sampling box.

3. LABORATORIUMWERKZAAMHEDEN[1])

3.1. Het drogen en conserveren van het profiel

Naar gelang de vochtigheid moet het monster enige dagen te drogen worden gelegd. Wanneer het oppervlak voldoende is ingedroogd kan met het opbrengen van de lak worden begonnen.

We dienen rekening te houden met de aard van het monstermateriaal, daar zwaardere kleiprofielen meer zorg verlangen dan zandprofielen. Daarom zullen we de behandeling van deze beide apart beschrijven.

Zware kleigronden

Het optreden van kleine droogscheurtjes in het oppervlak van het monster geeft het juiste moment aan, waarop de profiellak opgebracht kan worden. De monsterbak wordt nu zodanig tegen een wand geplaatst, dat hij daarmee een hoek van ± 15° vormt. Met behulp van een schenkkan met tuit wordt het monster eerst begoten met een sterk verdunde lakoplossing (± 60% verdunning) (foto 5).

Dit verdunde laklaagje is echter beslist onvoldoende om van een goede hechting verzekerd te zijn. Door gebruik van deze verdunde lak wordt een groot indringend vermogen verkregen.

Vooral bij deze zware kleigronden is dit onmisbaar, daar het poriënvolume meestal gering is.

Ook hebben deze gronden – vooral naar beneden – vrij grote structuurelementen, wat tot gevolg heeft dat er een groot gewicht aan de lakfilm komt te hangen. Om een goede hechting te verkrijgen wordt vervolgens de rugzijde van de film versterkt met behangersjute (foto 6). Deze jute spannen we nu strak over het met dunne lak begoten grondoppervlak. Om deze jute op haar plaats te houden steken we enkele spijkers aan de bovenzijde door de jute in het monster. Over deze jute wordt weer een dikkere laklaag aangebracht. De lak behoeft nu vrijwel niet verdund te worden (foto 6). Indien er luchtbellen tussen jute en lak ontstaan, worden deze plaatsen met een plat voorwerp aangedrukt, waardoor deze bellen verdwijnen.

Het vergt ongeveer 2 dagen alvorens de lak voldoende is gedroogd. Deze tijd is zeker nodig, daar de ingedrongen lak niet zo spoedig droog is. Het profiel kan aan de buitenkant droog zijn, doch verder naar binnen ongeschikt voor nadere afwerking.

Natte zandgronden

Na het drogen behoeft de rugzijde van de film bij deze gronden minder versterkt te worden dan bij kleiprofielen, omdat hierbij minder gewicht aan de film komt te hangen. Het aanbrengen van één laklaag van vloeibare dikte is voldoende. Ook het gebruik van behangersjute kan achterwege blijven.

3.2. Het prepareren en afwerken van de film

Zware kleigronden

Voordat men met het afhalen een begin maakt, moet de bak weer in horizontale stand worden gebracht. Vervolgens wordt het monster losgesneden

[1]) Bij de laboratoriumwerkzaamheden dient men zeer voorzichtig te zijn met open vuur in directe omgeving, daar zowel lak als verdunner zeer brandbaar zijn.

van de kanten van de bak. Dit kan het beste gebeuren door met een stevig mes langs de binnenzijden van de bak te snijden (foto 7). Daarna wordt de monsterbak op een plank of hardboardplaat omgekeerd (de bodem van de monsterbak ligt nu boven).

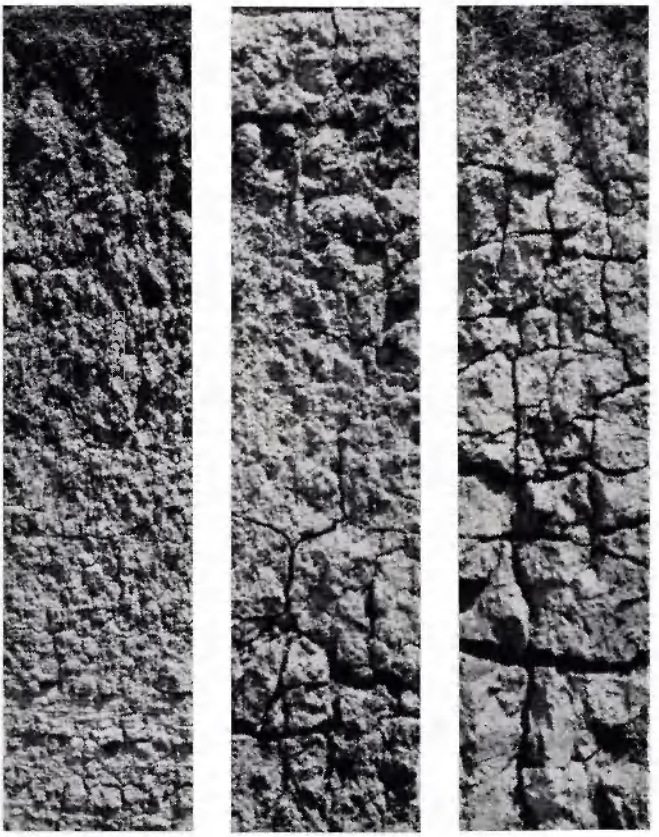
Voorzichtig wordt nu de bak van het monster getild. Meestal geven de zijkanten van de bak enige weerstand. Het beste wordt deze overwonnen door op die plaatsen aan de buitenkant tegen de bak te kloppen (foto 8).

Nadat de bak van het monster verwijderd is, heeft men een kleitablet verkregen van gelijke grootte als de binnenwerkse afmeting van de gebruikte monsterbak. De onderzijde van deze kleitablet (rugzijde van de film) hebben we nu reeds verstevigd met jute en ingedrongen lak. Alle overtollige niet gehechte grond gaan we nu verwijderen. Door met een mes niet te diep in de grondplak te steken – wat beschadiging van gehechte structuurelementen tot gevolg kan hebben – wordt alle overtollige grond losgewrikt (foto 9). Beschadiging van gehechte structuurelementen moet zorgvuldig worden vermeden, daar dan het natuurlijke effect verloren gaat. Beter is daarom de niet gehechte grond maar gedeeltelijk te verwijderen en het resterende aan verdere uitdroging bloot te stellen.

De half-afgewerkte lakfilm plakken we nu op een hardboardplaat. De plaat wordt hiertoe rijkelijk met iets verdunde lak ingesmeerd, waarna de film voorzichtig van de plank of hardboardplaat op de ingesmeerde lakplaat wordt „gegleden" (foto 10). Na de film met de vingers goed te hebben aangedrukt moet deze 1–2 dagen in horizontale stand worden gedroogd. Ook kan voor het opplakken een tevoren ingelijste hardboardplaat worden gebruikt. De binnenwerkse afmeting der lijst is gelijk aan de afmeting van de half afgewerkte lakfilm. Tijdens het nadrogen zullen de structuurelementen verder gaan krimpen, waardoor overtollige niet gehechte gronddeeltjes zich zeer gemakkelijk laten verwijderen. Door met een houten hamer of plankje aan de achterzijde der boardplaat te kloppen vallen alle niet gehechte gronddelen af (foto 11). Het resultaat is nu een lakfilm waarin duidelijk de natuurlijke structuurvorm te zien is (foto 12). Wanneer niet een tevoren ingelijste hardboardplaat wordt gebruikt, is een houten lijst voor versteviging van het geheel aan te bevelen. Het afspuiten van de film met een zeer verdunde lakoplossing – zoals dit bij de veldmethode vaak nog wordt gedaan – is niet meer nodig, ja zelfs nadelig, omdat men de poriën en eventueel aanwezige kleihuidjes min of meer onzichtbaar maakt. Voor stereoscopisch onderzoek is het noodzakelijk dat deze kenmerken aanwezig blijven. Sterk humeuze klei- en veengronden geven na algehele uitdroging grote krimpscheuren. Dit is niet te ondervangen. De sterke krimp is een eigenschap van een dergelijke grond. Men krijgt hierdoor een versterkte indruk van wat er in de natuur gebeurt wanneer bij deze gronden grote wateronttrekking plaatsvindt.

Natte zandgronden

Ook hier wordt het monster losgesneden langs de binnenzijden van de bak. Omkeren van het monster is hierbij niet nodig. Nu wordt de monsterbak in schuine stand tegen een wand geplaatst. De film wordt nu van boven naar beneden afgetrokken, zoals bekend bij de veldmethode. Na het opplakken en eventueel inlijsten is de film gereed.



Voorbeelden van zeer zware kleigronden geconserveerd volgens de nieuwe methode. Het structuurbeeld is duidelijk zichtbaar.

Some illustrations of very heavy clay soils, preserved by the „laboratory method". Structure is clearly shown.

The following sequence of photographs shows a method for preserving soil profiles. These profiles can be used for detailed examination, permanent reference and demonstration. The sampling in the field is shown in the photographs 2–4. Photographs 5–12 illustrate the work done indoors on the monolith.

Previous „field" methods gave good results when dealing with lighter textured soils. With these however it was difficult to obtain good penetration of the lacquer impregnans in heavier textured soils with small pore space and a moisture surplus.

The present „laboratory" method lifts a profile section of about 8 cm thick out of a pit face and this section is subsequently processed in the laboratory.

This has also the advantage, that only one visit to the sample pit suffices and that the work is less dependent on the weather.

Foto 1. *Equipment for the work in the field (see also fig. 1, 2 and 3)*

Foto 2.

Foto 3.

Foto 4.

The sampling box must be struck into the pit face until the soil touches the back of the box (photo 2). The sample is removed from the pit by driving the spade into the soil a few inches behind the box and down some distance below the full depth of the sample (photo 3). The excess soil is cut off to the edge of the box with the knife of fig. 3 (photo 4).

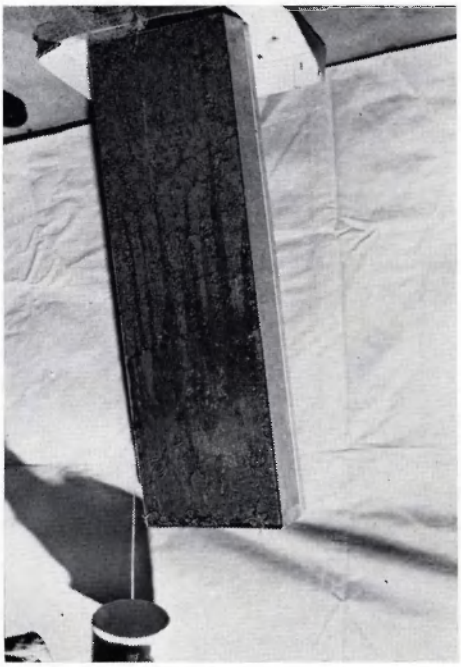


Foto 5.

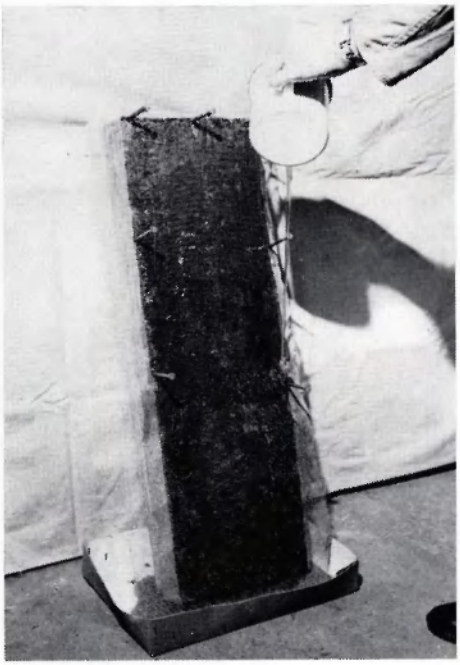


Foto 6.

Foto 7.

The work indoors on the monolith. The sample is first allowed to dry until small cracks appear in its surface. The box is then stood up at a slight angle (15°) and a strongly with acetone diluted (about 60%) solution of cellulose lacquer poured over it (photo 5). To reinforce the soil monolith some hessian is strung over the impregnated surface. This is covered by a layer of undiluted lacquer (photo 6). Any air bubbles should be pressed out. After leaving the lacquer to dry for two days the sample is freed from the walls of the box with a knife (photo 7).

Foto 8.

Foto 9.

The box is turned over onto a sheet of hard board and carefully lifted off the sample (photo 8). All surplus soil is now cautiously removed along the faces of the structural elements until a single layer of these last remains. If necessary the soil should be allowed to dry out further until the structural elements can be easily isolated (photo 9).

Foto 10.

Foto 11.

The near-finished monolith is now glued to the sheet of hard board with slightly diluted lacquer (photo 10) and left to dry one or two days. Any loose soil particles and structural elements are removed by gently tapping with a mallet (photo 11).

Foto 12.
The monolith is strengthened and the work completed by framing it.

4. VERGELIJKING VAN DE NIEUWE WERKMETHODE MET DE VELDMETHODE

1. De reeds bekende veldmethode geeft goede resultaten bij zand- en lichte kleiprofielen. Bij deze nieuwe methode is ook succes verzekerd bij zware en/of natte gronden.
2. Bij de nieuwe werkwijze is men veel minder afhankelijk van de weersomstandigheden, daar het opbrengen van de lak en afwerken van de film binnenshuis plaatsvindt.
3. Het vervoer van een pas gemaakte lakfilm volgens de veldmethode dient met zorg te gebeuren, daar de pas gemaakte film nog zeer kwetsbaar is. Een goed gevulde monsterbak geeft geen risico van beschadigen.
4. De vervoerkosten worden gehalveerd, daar men nu maar eenmaal voor bemonstering naar buiten gaat. Bij de veldmethode moet nog een reis worden gemaakt voor het afhalen van de film.
5. De halvering van het vervoer houdt ook een tijdbesparing in. De tijd welke men anders voor de tweede reis nodig heeft, is vaak voldoende om de werkzaamheden in het laboratorium uit te voeren.

LITERATUUR

Hulshof, H. J., 1955: Handleiding voor het vervaardigen van lakfilms en bodemprofielen. Tuinbouwgids, 281.

Jager, A., 1959: Handleiding voor het conserveren van bodemprofielen. Wageningen, Landbouwhogeschool, Afd. Regionale Bodemkunde.

Tanis, K., 1952: Het conserveren van bodemprofielen. Maandblad Landbouwvoorlichtingsdienst *9*, 449–454.

Tanis, K., 1954: Nieuwe handleiding voor het conserveren van bodemprofielen. Landbouwvoorlichting *11*, 170–173. Herdrukt in: Boor en Spade *VII*, 1954, 178–180.

STRUCTUURPROFIELEN VAN STROOMRUGGRONDEN

STRUCTURE PROFILES OF LEVEE SOILS

door/*by*

Prof. Dr. C. H. Edelman [1]), **K. C. Bhattacharyya** [2]), **A. op 't Hof** [1]) **en A. Jager** [1])

INHOUD/*CONTENTS*

1. Inleiding; de granulometrische classificatie 66
2. De biologische homogenisatie 67
3. De morfologie van de bodemstructuur; structuurprofielen 69
4. De stroomruggronden met zandige ondergrond 70
5. De structuurvorm van de stroomruggronden met zandige ondergrond 72
6. Gehomogeniseerde stroomruggronden 74
7. Gelaagde stroomruggronden 78
8. Oorzaken van verschillen in de mate van homogenisatie van stroomruggronden 79
9. Summary 80
10. Literatuur 81

1. INLEIDING; DE GRANULOMETRISCHE CLASSIFICATIE

De classificatie van de rivierkleigronden dateert uit de beginjaren van de bodemkartering. De indeling in stroomruggronden, komgronden, overslaggronden etc. heeft algemene bekendheid gekregen.

Deze hoofdindeling leidt tot eenheden, die een fysiografisch karakter dragen. Toch waren de criteria, die destijds werden gesteld in verband met de toedeling van een bepaalde grond tot de eenheden van de classificatie, van morfologische aard. Zo leest men in „Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk" (Edelman c.s. 1950), dat bij de overzichtskartering 1:25.000 de zandigheid als criterium van de reeks Rs: stroomruggronden is gebruikt. Een begeleidend criterium: de hoge ligging, zou thans worden uitgedrukt in een beoordeling van de drainagetoestand. In vergelijking tot bijv. de komgronden, is deze drainagetoestand in het algemeen gunstig. Het derde kenmerk van de stroomruggronden, de kalkhoudendheid, geldt voor de stroomruggronden, die door Rijn en Waal beinvloed zijn. In Edelman c.s. (1950) leest men op pag. 11: „De stroomruggronden in de Bommelerwaard zijn meestal in de ondergrond kalkrijk. Soms bevat de bovengrond van nature nog wel vrije kalk. Over het algemeen zijn de lichte, zandige horizonten kalkrijker dan de zwaardere".

De detail-indeling van de stroomruggronden van de Bommelerwaard heeft geen betrekking op de zoëven genoemde begeleidende kenmerken: drainagetoestand en kalkgehalte van boven- of ondergrond, maar houdt zich wederom met de zandigheid bezig.

Een tweedeling gaat naar de zwaarte en de dikte van de kleiige bovengrond (Edelman c.s. 1950, pag. 32) in:

a) lichte stroomruggronden (Rs1–Rs5)
b) afgedekte stroomruggronden (Rs6–Rs10).

[1]/ Laboratorium voor Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie van de Landbouwhogeschool, Wageningen.
[2]) Gastmedewerker.

In ieder der groepen a en b gaat de onderverdeling naar de aanwezigheid en de diepteligging van los grof rivierzand, en de aan- resp. afwezigheid van zware kleilagen, alles in de ondergrond.

Deze indeling volgt dus het verloop van de granulaire samenstelling van de grond van boven naar beneden en kan dan ook een *granulometrische indeling* worden genoemd. Er waren destijds goede redenen om deze werkwijze te volgen. De aanwezigheid van het grove rivierzand op geringe diepte (Rs1) uitte zich overal in een slechte stand van de gewassen. De vruchtbomen ondervonden op vele plaatsen ernstige bezwaren, waar de ondergrond uit zware slecht doorlatende klei bestond (Rs5). Omgekeerd bleken de stroomruggronden met een fijnzandige ondergrond tot de beste cultuurgronden van Nederland te behoren. Een tweede voordeel van deze indeling was haar objectiviteit. Iedereen, die de betreffende grote verschillen in de grondsoort kon herkennen, kon tot deze detailkartering bijdragen. Ten slotte kan niet worden ontkend, dat de verkregen kaartbeelden op fraaie wijze het verband van de bodem in landbouwkundige zin met de sedimentatie in geologische zin illustreerden.

De granulometrische indeling van de gronden van de Bommelerwaard is nagevolgd in andere rivierkleigebieden, zoals de Betuwe, de Brabantse Maaskant, het Land van Maas en Waal, het Land van Heusden en Altena en laatstelijk de Tielerwaard, hoewel de betreffende onderzoekers de kennis van rivierkleigronden in andere opzichten belangrijk hebben vergroot.

Daarentegen is bij de studentenkarteringen van het Utrechtse rivierkleigebied (1947–1956) en later in de Betuwe (1956–heden) een onderverdeling van de stroomruggronden in gebruik gekomen, die in par. 6b en par. 7 nader wordt besproken.

2. DE BIOLOGISCHE HOMOGENISATIE

Een geheel nieuw inzicht in het ontstaan van de rivierkleigronden is afkomstig van Hoeksema (1953). Deze onderzoeker heeft opgemerkt, dat de meeste profielen van rivierkleigronden onderin gelaagd zijn en bovenin niet. Aangezien de rivierkleigronden toch door langzame opslibbing zijn ontstaan, moet het kenmerk van de gelaagdheid in de hogere delen van de profielen verloren zijn gegaan.

Dit is vooral gebeurd door de werking van dieren, waaronder de regenwormen en de mollen de hoofdrol spelen. Dit proces is door Hoeksema *biologische homogenisatie* genoemd. In deze term klinkt de granulometrische indeling na. De granulaire samenstelling van de diverse horizonten is ten gevolge van de biologische activiteit homogeen geworden. De door wormen en mollen gemaakte holten en gangen echter geven aan de gehomogeniseerde grond een typisch *heterogeen* poriënstelsel (Hoeksema 1953). Het woord homogenisatie kan dus tot misverstand aanleiding geven, indien men het proces op alle eigenschappen van de grond wil betrekken.

Een voorbeeld van een gehomogeniseerde grond vindt men in profiel 1. Men ziet uit dit profiel, dat de granulaire samenstelling van de grond over een diepte van 65 cm dezelfde is. Het kalkgehalte neemt over dezelfde diepte enigszins toe. Hoeksema verklaart een dergelijk verloop doordat er enerzijds een uitspoeling van kalk optreedt onder invloed van het klimaat en die is uiteraard het sterkst in de bovengrond, terwijl anderzijds door de dieren kalk uit de ondergrond naar boven wordt gebracht. De analyses

PROFIEL 1. Overgang Rs1 naar Rs3 (Hoenderveld, Bruchem)
Profiel 71, p. 34 uit Edelman c.s. 1950

Diepte in cm	pH-H_2O	% $CaCO_3$	% humus	< 2 mu	< 16 mu
0–30	7,4	4,0	2,7	17	28
30–40	7,4	4,3	1,4	17	27,5
40–65	7,4	5,7	1,0	17	27
65–90	7,7	12,0	0,4	10	18
90–	7,6	12,1	0,4	2,5	6

laten zien hoe de huidige toestand uit een wisselwerking van de beide processen is ontstaan.

Het humusgehalte is het hoogst in de bovengrond. Dit wordt ook in de sterkst homogeniserende profielen gevonden. De meeste gronden ontvangen nu eenmaal hun organische stof aan de oppervlakte. Echter is het verschil tussen het gehalte aan organische stof in de bovengrond en de daaronder gelegen horizonten in het geanalyseerde profiel geringer dan in slecht homogeniserende profielen, zoals bijv. in profiel 2.

PROFIEL 2. Overgang Rs5 naar Rs9 (St. Teunis, Bruchem)
Profiel 20, p. 36 uit Edelman c.s. 1950

Diepte in cm	pH-H_2O	% $CaCO_3$	% humus	< 2 mu	< 16 mu
0–15	6,3	0,1	4,3	35	60
15–60	7,7	3,0	1,6	20	59
60–85	7,7	10,5	0,8	26	64
85–	7,5	0,6	1,4	46	88

De geringe homogenisatie van profiel 2 blijkt allereerst uit de granulaire analyses, verder uit de $CaCO_3$-cijfers.

Hoeksema (1953) heeft de oorzaken van het verschil in de mate van homogenisatie in verschillende profielgedeelten en profielen aangewezen. De voornaamste belemmering voor de activiteit van de mengende dieren is gebrek aan lucht, anders gezegd: de bovenkant van het grondwater. Ieder gehomogeniseerd profiel van een rivierkleigrond vertoont op enige diepte de gelaagde ondergrond. Lakprofielen hiervan laten prachtig zien, hoe de gelaagdheid naar beneden toe steeds meer intact is, terwijl van onder naar boven de gevolgen van de activiteit van de dieren steeds toenemen.

Een tweede oorzaak van een gebrekkige dierlijke activiteit is de toestand van de bovengrond. In een publikatie van Hoeksema, Jongerius en Van der Meer (1956) wordt de bodemstructuur van een gemulchte, een beweide en een gehooide boomgaard op hetzelfde bodemtype (in granulaire zin) vergeleken. Het hooien heeft een slechte invloed op de structuur van de grond. Deze structuur is prismatisch. Het mulchen doet de structuur veranderen in de richting van de kruimelstructuur. Het beweide perceel neemt een tussenpositie in.

Men ziet hieruit hoe belangrijk het bodemgebruik kan zijn voor de eigenschappen van het bodemprofiel.

3. DE MORFOLOGIE VAN DE BODEMSTRUCTUUR; STRUCTUURPROFIELEN

Een tweede vordering van het bodemkundig onderzoek, met belangrijke consequenties voor de kennis van het rivierengebied, is het morfologisch onderzoek van de bodemstructuur volgens Jongerius (1957). Tot voor kort vond het onderzoek naar en van de bodemstructuur voornamelijk in het laboratorium plaats. Er bestonden wel methoden om de structuur in het terrein te karakteriseren, maar met deze methoden, waarvan het systeem uit de Soil Survey Manual wel het belangrijkst is, zijn nooit opvallende resultaten bereikt.

Het onderzoek van de bodemstructuur is onderhevig aan het gevaar, dat velen in feite denken aan goede en slechte structuren zonder zich voldoende rekenschap te geven van de structuurvormen. Jongerius (1957) heeft dit gevaar onderkend en definieert de diverse door hem waargenomen structuren naar hun vormen. In dit verband wordt het woord vorm gebruikt in morfologische zin. De stap van de structuurvormen naar de kwaliteit van de structuren in landbouwkundige zin is nog niet gedaan, maar in grote trekken is het toch wel mogelijk, de verschillende vormen te rangschikken naar afnemende „kwaliteit". Wie een bodemstructuur althans globaal wil waarderen, moet eerst de vorm vaststellen, waarna de „kwaliteit" van de structuur blijkt uit een vergelijking met andere bekende structuurvormen.

Rangschikt men op deze wijze de structuren van een bepaalde groep gronden, bijv. die van de stroomruggronden van het rivierengebied, dan blijkt, dat de „goede" structuren ten nauwste samenhangen met de activiteit van bodemdieren. Met enige overdrijving mag men stellen, dat de goede bodemstructuren worden gemaakt door bodemdieren. De slechte structuren zijn slecht omdat ze tot stand komen zonder de werking van de bodemdieren. De middelmatige structuren vertonen een zwakke werking van de bodemfauna.

De nauwe relatie tussen de goede bodemstructuren en de bodemfauna legt een verband tussen het sub 2 besproken verschijnsel van de biologische homogenisatie en de bodemstructuur. Waar de biologische activiteit en dus ook de homogenisatie groot is, zou men volgens dit verband goede bodemstructuren mogen verwachten; waar de biologische homogenisatie zwak is, zouden de structuren slecht moeten zijn. Deze onderstelling vertoont zodanige perspectieven, dat ze verdient op vele plaatsen te worden beproefd.

Om misverstand te vermijden is het nodig, er op te wijzen, dat de bodemstructuur afkomstig kan zijn van toestanden uit het verleden en dus niet altijd in overeenstemming behoeft te zijn met de huidige omstandigheden.

De betekenis van de bodemstructuren voor de gewassen vormt een veel omstreden vraagstuk. Om dit duidelijk te maken behoeft slechts te worden herinnerd aan de persoon van Ir. O. J. Cleveringa. Terugblikkend op de periode, waarin Cleveringa zijn opzienbarende demonstraties gaf, ontbrak destijds de objectieve beschrijving van de bodemstructuur. De huidige generatie onderzoekers van de betrekking grond-plant kan voortbouwen op een veel verbeterde kennis van de Nederlandse bodem, met inbegrip van de morfologie van de bodemstructuur. Ook deze zijde van het structuuronderzoek verdient zorgvuldige aandacht. Een eerste stap in deze richting is onlangs gedaan door Van der Kloes c.s. (1960). Deze onderzoekers hebben nagegaan aan welke beperkingen de ontwikkeling van het wortelgestel van

appelbomen in lagen met verschillende bodemstructuren onderhevig is. Zonder in te gaan op de details van hun resultaten kan hier in het kort worden opgemerkt, dat de invloed van de diverse structuren volgens Jongerius (1957) op de beworteling van appelbomen *zeer groot* is. Ten einde deze verschillen te demonstreren gaan de genoemde onderzoekers uit van het „structuurprofiel". Daaronder kan worden verstaan een voorstelling van de vormen van de bodemstructuren afhankelijk van de diepte. Gelijk sub 1 is uiteengezet ging men vroeger voor de classificatie van de profielen uit van het „granulaire profiel", enigermate aangevuld door „kalk- en pH-profielen", „humusprofielen", etc. Men ziet de grote vooruitgang van het bodemkundig onderzoek van de laatste jaren door de structuurprofielen fraai geïllustreerd.

Ook in deze publikatie zullen structuurprofielen worden besproken. Het zwaartepunt ligt echter ditmaal meer op bodemgenetisch dan op tuin- of landbouwkundig gebied.

4. DE STROOMRUGGRONDEN MET ZANDIGE ONDERGROND

Ons onderzoek had ten doel na te gaan, welke variaties in de bodemstructuur worden aangetroffen in de *lichte stroomruggronden op sterk fijnzandige klei* (*Rs3*). Deze grond geldt als de beste van het rivierkleigebied. Wij beperkten ons tot gronden, die door Rijn- of Waalwater beïnvloed zijn en dus in beginsel kalkrijke ondergronden hebben. Het bleek wenselijk de waarnemingen ook uit te strekken over enkele verwante gronden. Ook gronden met storende kleilagen worden ter wille van de vergelijking besproken. Wij sommen hier de verschillende eenheden uit Edelman c.s. (1950) op, die voor ons doel van belang waren.

Rs1: lichte stroomruggronden, ondiep op grof los rivierzand (ondieper dan 55 cm)
Rs6: afgedekte stroomruggrond, ondiep op grof los rivierzand (ondieper dan 55 cm)
Rs2: lichte stroomruggrond, diep op grof rivierzand (tussen 55 en 85 cm)
Rs7: afgedekte stroomruggrond, diep op grof rivierzand (tussen 55 en 85 cm)
Rs3: lichte stroomruggrond op sterk fijnzandige klei
Rs8: afgedekte stroomruggrond op sterk fijnzandige klei.

Beschouwt men deze profielen van het sedimentologische standpunt van ongeveer tien jaar geleden, dan zijn de lichte stroomruggronden Rs1 en Rs2 gevormd bovenop en langs de flanken van zandbanken in de voormalige stroombeddingen; Rs3 met zijn fijnzandig-kleiige ondergrond ligt tussen de zandbanken in. De afgedekte gronden Rs6, Rs7 en Rs8 zijn op dezelfde wijze ontstaan, maar in een later stadium nog opgehoogd met zwaardere klei, afkomstig van verder verwijderde stromen. Deze ophoging heeft ten gevolge gehad, dat de grofzandige ondergrond dieper is komen te liggen dan oorspronkelijk het geval was. De eenheid Rs6 is dan ook niet van belang. Vreemd en destijds onverklaard is, dat deze ophoging zo grillig verloopt en dat éénzelfde stroomrug plaatselijk „afgedekt" is en plaatselijk niet. Wel liggen de niet-„afgedekte" plaatsen topografisch hoger dan de „afgedekte", maar alles in aanmerking nemend, blijft het volgens de toen-

malige gedachtengang toch moeilijk in te zien, waarom de niet-„afgedekte" gedeelten van oude stroomruggen niet met slib bedekt zijn.

Hoeksema (1953), die zijn ideeën over de biologische homogenisatie in het rivierkleigebied ontwikkelde, heeft de verklaring van deze moeilijkheid gevonden. De hogere, volgens de granulometrische classificatie niet-„afgedekte" gronden zijn evengoed met jonger rivierslib afgedekt geweest als de lager gelegen, wel als „afgedekt" aangeduide gronden, maar omdat ze hoger gelegen zijn, is deze „afdekking" door middel van homogenisatie met de ondergrond vermengd geraakt, hetgeen met de iets lager gelegen, wel „afgedekte" gronden niet of in veel mindere mate het geval is geweest. Een zekere mate van homogenisatie heeft ongetwijfeld reeds tijdens de sedimentatie plaatsgevonden. De latere ontwatering heeft de homogenisatie van de daarvoor in aanmerking komende gronden stellig bevorderd.

PROFIEL 3. Overgang Rs6 naar Rs7 (Achterdijk, Hedel)
Profiel 12, p. 37 uit Edelman c.s. 1950

Diepte in cm	pH-H_2O	% $CaCO_3$	% humus	< 2 mu	< 16 mu
0–9	6,0	0,5	11,8	54	80
9–28	6,5	0,1	3,6	50	75
28–43	6,9	0,2	0,7	31	49
43–55	6,7	0	0,3	9	14
55–	6,9	0,1	0,1	2,5	3

Een voorbeeld van een afgedekte stroomruggrond is weergegeven in profiel 3. Men ziet duidelijk, dat een zware kleilaag met een scherpe overgang rust op een zeer lichte ondergrond. Het hoge humusgehalte van de bovengrond is uiteraard een gevolg van het feit, dat dit perceel in gras ligt.

Het type Rs8 komt in de Bommelerwaard veel meer voor. Het is gekenmerkt door een zware bovengrond. Een der hieronder gereproduceerde profielen heeft nog kalk in de bovengrond en is ook minder zwaar dan andere „afgedekte" gronden. Men kan hieraan zien hoe rigoureus het granulaire principe in de Bommelerwaard is gehanteerd. Het gehalte aan deeltjes < 16 mu was te hoog om de grond tot Rs3 te rekenen, hoewel de samenhang met Rs3 toch groter is dan met de overige gronden van het type Rs8.

PROFIEL 4. Rs8 (Leigraafveld, Bruchem)
Profiel 1, p. 38 uit Edelman c.s. 1950

Diepte in cm	pH-H_2O	% $CaCO_3$	% humus	< 2 mu	< 16 mu
0– 17	7,8	2,3	1,9	38,5	60
17– 25	> 7,8	2,7	1,7	36	58
25– 60	> 7,8	13,8	0,5	37	65
60–100	7,8	16,6	0,2	14,5	38

Het hier besproken profiel kan ook dienst doen als voorbeeld, dat de biologische homogenisatie niet beperkt is tot lichte gronden. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn, kunnen ook zware gronden een zekere biologische homogenisatie vertonen. Dat deze omstandigheden betrekkelijk zelden voorkomen is een gevolg van het feit, dat zware gronden krachtens de wet-

ten van de sedimentatie meestal laag in het landschap liggen. En bovendien, naarmate zware dekken met de zandige ondergrond vermengd raken verliezen zij hun zwaarte.

PROFIEL 5. Rs8 (Drielse Veld, Driel)
Profiel 73, p. 38 uit Edelman c.s. 1950

Diepte in cm	pH-H_2O	% $CaCO_3$	% humus	< 2 mu	< 16 mu
0– 8	5,8	–	14,0	50	76
8–40	6,1	0,1	3,7	54	81
40–60	7,7	1,2	1,2	38	57
60–	8,2	15,6	0,4	20	34,5

De overige profielen van het type Rs8, waarvan er hier één (5) gereproduceerd is, laten het verschil tussen boven- en ondergrond duidelijk zien. De homogenisatie heeft ontbroken en de bovengrond is kalkarm, terwijl op geringe diepte hoge percentages kalk worden aangetroffen.

5. DE STRUCTUURVORMEN VAN DE STROOMRUGGRONDEN MET ZANDIGE ONDERGROND

Van de vele structuurvormen, die Jongerius (1957) in zijn proefschrift heeft beschreven, is slechts een aantal voor de hierna te behandelen stof van belang. Zij worden hier opgesomd, ieder met een korte verklaring.

Holoëders (A)

A1 en A2 Kruimels en kruimelachtige elementen. Het zijn broodkruimel-, druiventros-, of bloemkoolachtige, sterk tot zwak microporeuze structuurelementjes.

A3 De grond is opgebouwd uit enkelvoudige, niet in elkaar passende structuurelementjes.

A4 Afgerond blokkige (hoekige) structuurelementen; deze zijn begrensd door vlakken, die voor een deel glad en plat zijn, voor een ander deel rond en ruw.

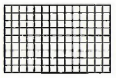
A5 Blokkige (hoekige) structuurelementen. Bij deze vorm zijn alle vlakken plat, ten dele soms schelpvormig. De ribben zijn alle scherp.

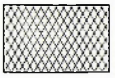
Prismatische elementen (B)

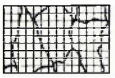
B3a Samengestelde, ruwe prisma's. Het prismatische karakter van de elementen is vrij duidelijk ontwikkeld. De vlakken bezitten echter een min of meer duidelijk reliëf. De ribben verlopen dan ook over het algemeen kartelig. De elementjes van lager orde zijn als zodanig zichtbaar.

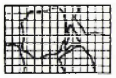
B5a Enkelvoudige, ruwe prisma's. De elementen hebben vrij ruwe, onregelmatige, doch duidelijk verticale vlakken, ruwe horizontale vlakken en lopen enigszins piramidaal toe.

LEGENDA/*LEGEND*

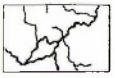

A4 (fig. 1–6)


A5 (fig. 2,5–7)


B3/A4 (fig. 3, 6)


A4s (fig. 3)

B5 (fig. 5–7)


G1 (fig. 2, 4)

H (fig. 2)

Diergangen/*animal voids* (fig 1–6)

Scheuren/*cracks* (fig. 1–3, 5–7)

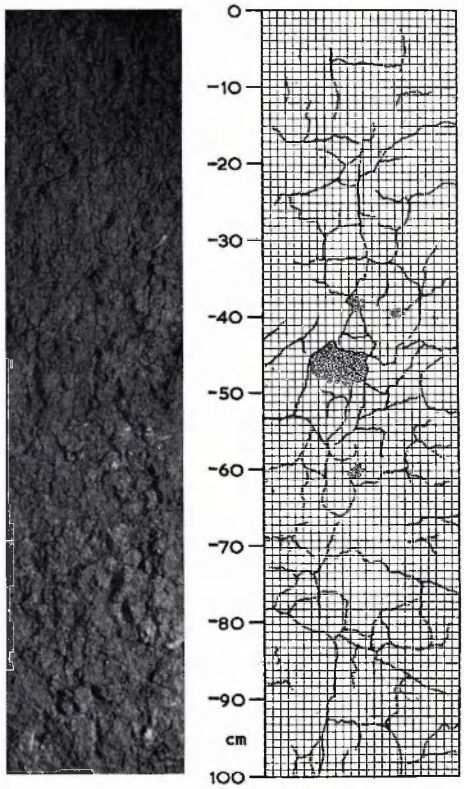


Fig. 1.
Profiel 6. Appelboomgaard „Klein-Westerhout", Geldermalsen. Foto en structuurprofiel.
Profile 6. Apple orchard „Klein Westerhout", Geldermalsen. Photograph and outlined structure profile.

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
A4a1 II-III^1 ½–1½	0–									10YR 3/1½	–0
	–9 10–	5,0	6,8	2,4	30	26	34	5	5		–11
	20–	4,2	7,0	2,2	32	26	31	5	6	10YR 3½/2	
	30–	3,1	7,1	4,3	32	27	33	4	4		–26
	40–	2,4	7,1	5,5	30	28	34	5	3	10YR 4½/2	
	50–	1,5	7,1	6,8	31	28	35	4	2		–42
	60–	1,4	7,5	9,5	30	31	36	3		10YR 5/2	
A4a1 II-III ½	70–	0,9	7,6	11,0	28	31	38	3			
	80–	0,9	7,4	11,5	27	28	42	3			
	90–	0,8	7,4	14,3	28	29	40	3			–87
	100–	0,8	7,4	13,2	31	33	32	4		10YR 4/2½	

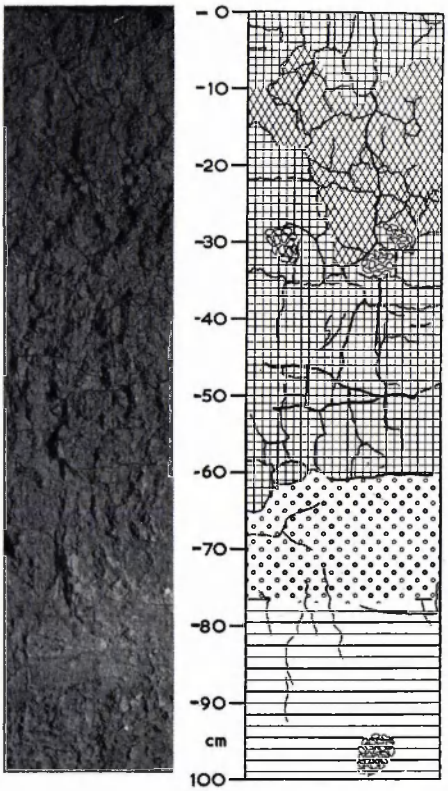


Fig. 2.
Profiel 7. Kersenboomgaard „Klein Westerhout", Geldermalsen (zie ook legenda).
Profile 7. Cherry orchard „Klein Westerhout", Geldermalsen (see also legend).

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
	0–										–0
A4al-II-III ½	–7	2,4	6,7	3,4	31	31	25	6	7	10YR 4/2	–8
	10–										
A4a3 III 1½		2,0	7,0	2,0	32	34	23	5	6	10YR 4/1½	
A5a3- IV-V 1½	–19 20–										
		2,1	7,1	1,9	34	33	22	5	6		–27
A5a3 III-IV 2½	–32 30–										
		1,2	7,1	6,8	33	33	27	4	3	10YR 4/2½	
	40–										–42
A4al + III ½		1,1	7,3	10,6	29	29	29	8	5	10YR 4½/2	
	50–										
	–55	0,7	7,4	14,1	18	18	32	21	11		–56
	–60 60–										
		0,7	7,4	14,6	20	20	32	19	9	10YR 5/2½	
G1b	70–										–71
		0,7	7,2	14,4	20	19	25	20	16		
	–78 80–										
		0,5	7,3	14,5	16	17	27	22	18	10YR 5/2	
H2	90–										
		0,5	7,3	16,6	18	18	31	21	12		
	100–										

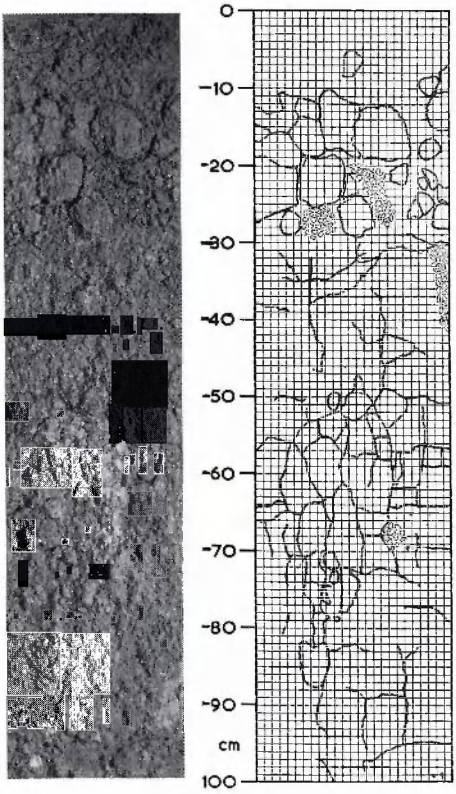


Fig. 3.
Profiel 8. Uiterwaard, Opheusden (zie ook legenda).
Profile 8. Outer march, Opheusden (see also legend).

Het opvallende van dit profiel is, dat de bovenste 70 cm, wat de textuur betreft, overeenkomt met een komgrond.

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
	0–										–0
A4a1 III 3		3,3	6,9	6,6	42	36	14	2,0	8	10YR 3/1½	
	–11 10–										–15
A4a1 s III 2		1,5	7,0	8,0	44	41	13	2,0			
A4a1 III 3	20–	1,6	6,9	6,2	43	42	11	4,0			
	–28 30–										
A4a1-III-IV2½		1,6	6,9	7,2	46	41	12	1,0		10YR 4½/2	
	40–	1,6	7,1	7,2	47	42	9	2,0			
	–48 50–										
B3a IV 1½		1,4	7,1	7,3	45	39	13	3,0			
A4a1 III 2	60–	1,1	7,1	7,9	41	38	17	4,0			–61
	–70 70–										
A4a1 IV ½		0,8	7,0	10,2	29	30	23	7	11	10YR 5/2	
met enkele grove	80–	0,7	7,2	11,8	25	26	30	9	10		
en meerdere	90–	0,6	7,0	12,0	20	17	29	12	22		
fijne scheuren	100–	0,4	6,9	11,7	12	12	18	19	39		
	120–	0,7	7,0	16,8	29	24	34	7	6		
	140–										

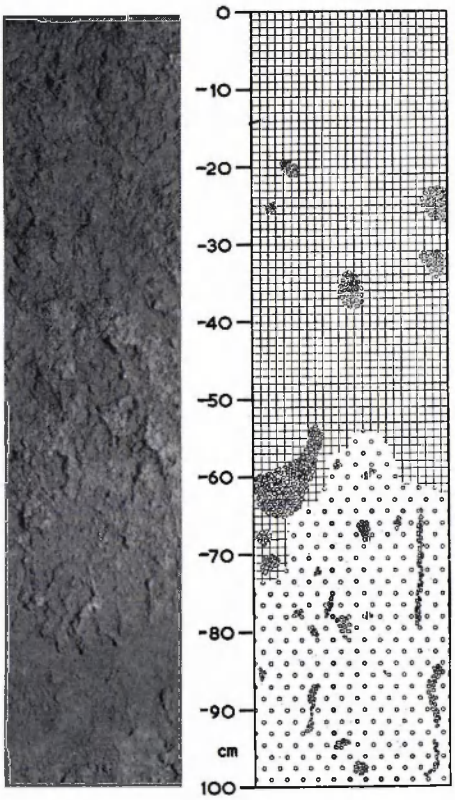


Fig. 4.
Profiel 9. Oude boomgaard in huisweide achter de boerderij „Groot Breedslag", Maurik (zie ook legenda).

Profile 9. Old orchard in pasture behind the yard „Groot Breedslag", Maurik (see also legend).

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur: < 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu	Kleur	Diepte in cm
	0–										–0
A4a1 I-II 1½ (A3a1)	10–	6,6	5,7	0,2	18	10	10	10	52	10YR 3/1½	
	20–	3,7	5,7	0,3	16	12	10	10	52		
	30–	2,5	5,3	0,3	19	12	8	10	51		
	40–	2,3	5,3	0,3	18	12	8	10	52		–38
A4a1 I-II 1½	50–	1,6	5,3	0,3	19	11	8	10	52	10YR 3/2	
	60–	1,4	5,2	0,3	19	11	8	10	52		
	–69 70–	1,1	5,2	0,4	18	9	7	9	57		–69
G1b	80–	1,0	5,4	0,2	18	7	7	9	59	10YR 4/1½	
	90–	0,7	5,8	0,2	13	6	6	10	65		
	100–	0,4	6,4	0,2	11	5	7	12	65		

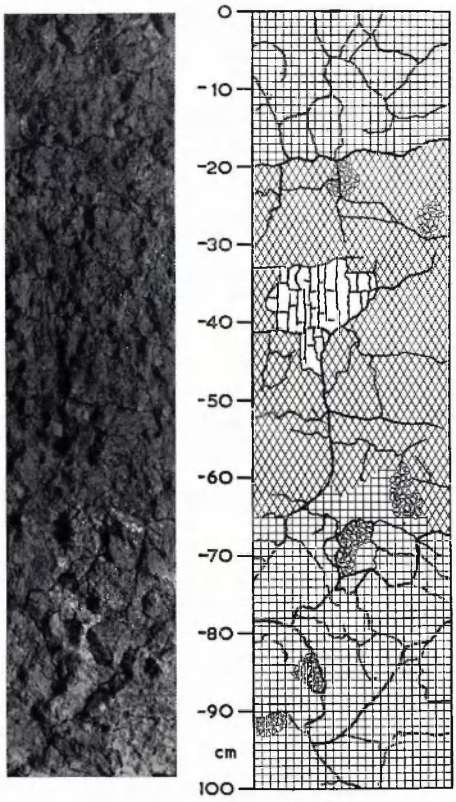


Fig. 5.
Profiel 12. Boomgaard „Het Lange Veld" Bruchem (zie ook legenda)
Profile 12. Orchard „Het Lange Veld", Bruchem (see also legend).

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
	0–										–0
A4a1 III 2½		2,6	6,8	2,4	27	18	23	14	18	10YR 4/1½	
	10–	2,2	6,8	3,3	26	18	25	14	17		–18
	–20 20–	1,8	6,8	3,6	26	18	23	14	19	10YR 4½/1½	
	30–	1,5	6,9	4,5	25	19	24	13	19		–42
A5a3 III/IV 1½	40–	1,0	7,0	7,6	33	24	30	6	7		
B5a3 III 1½	50–	0,9	7,0	10,3	32	26	34	4	4	10YR 5/3	
	–62 60–	0,8	7,1	14,5	33	27	34	5	1		–64
	70–	0,6	7,2	16,5	30	23	35	9	3	10YR 6/2½	
	80–	0,4	7,2	14,3	14	17	24	18	27		–88
A4a3 III ½	90–	0,1	7,2	10,4	1	2	2	13	82	2½ Y 5½/1	
	100–										

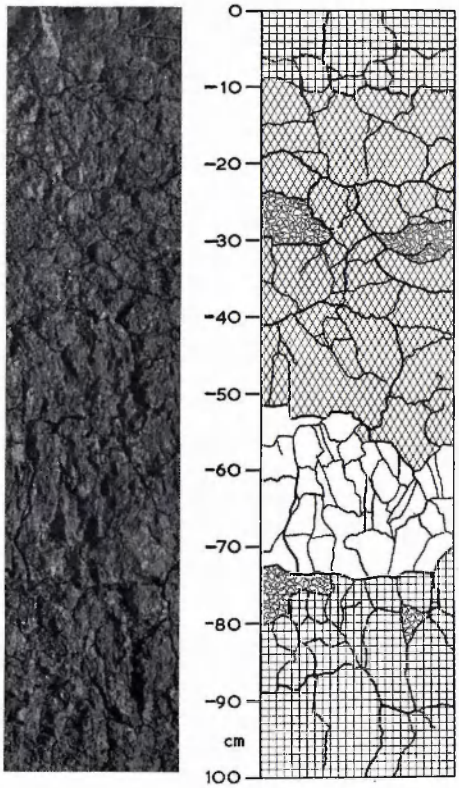


Fig. 6.
Profiel 13. Perenboomgaard, Remse straat, Marspolder, Lienden (zie ook legenda).
Profile 13. Pear orchard, Remse straat, Marspolder, Lienden (see also legend).

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
	0–									10YR 2/1	-3
A4a3 III 3		5,5	4,9	0,1	33	32	17	5	13		
	–10 10–									10YR 3½/2	-14
		3,5	5,3	0,2	34	30	22	4	10		
	20–										
		2,0	6,4	0,4	36	31	22	3	8		
	30–									10YR 4/2½	
	–35	1,3	6,7	0,7	35	34	21	3	7		
	40–										
A5a3 IV 3		1,2	6,7	0,6	37	37	19	3	4		-47
	50–										
	–55	1,2	6,8	1,2	39	37	18	6	–		
	60–										
B5a3 III 3		1,2	7,0	1,4	42	36	17	5	–		
	–72 70–									10YR 5/2½	
B3a III 2		1,2	7,0	4,0	48	39	11	2	–		
	80–										
		0,9	7,1	9,0	42	37	20	1	–		
	90–										
A4a3+III-IV ½		0,9	7,0	10,2	39	40	20	1	–		
	100–										

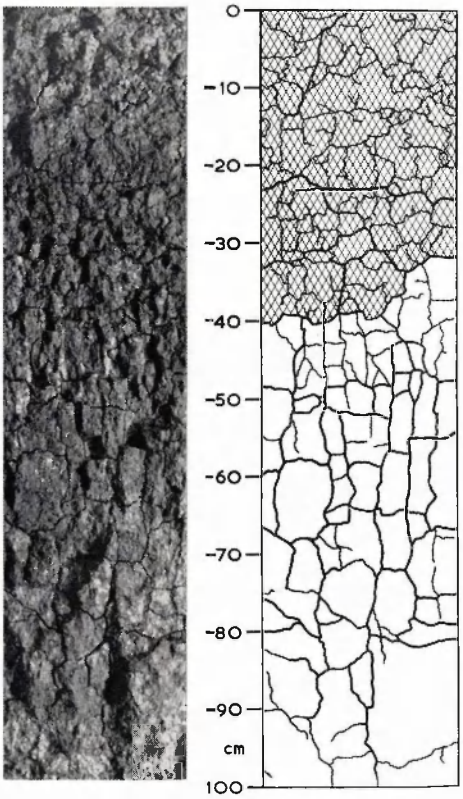


Fig. 7.
Profiel 14. Boomgaard „Abdijhof", Lienden (zie ook legenda).
Profile 14. Orchard „Abdijhof", Lienden (see also legend).

Structuur-profiel	Diepte in cm	% humus	pH KCl	% $CaCO_3$	Textuur					Kleur	Diepte in cm
					< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu		
	0–										–0
		3,7	5,8	0,2	32	30	22	6	10		
A5a2 IV 3	10–									10YR 4/1½	
		3,5	5,8	0,2	32	30	23	6	9		
	–22 20–										–22
		1,7	5,8	0,2	37	28	24	4	7		
A5a2 IV 3	30–									10YR 4/2	
		1,6	6,0	0,2	47	31	16	6	–		
	–40 40–										–42
		1,3	6,0	0,2	49	30	17	4	–		
	50–										
		1,0	6,0	0,1	44	31	21	4	–	10YR 4/2½	
	60–										
		0,9	6,3	0,7	41	28	23	3	5		
	70–										–66
B5a3 III-IV 1½		0,9	6,6	3,9	34	30	28	4	4		
	80–										
		0,9	6,9	7,5	29	21	36	10	4	10YR 5/1½	
	90–										
		0,6	6,9	13,9	29	39	26	5	1		
	100–										

Gatenstructuren (G)

G1 Sponsstructuur. Gangen, die met de loep 4 × lineair, dikwijls zelfs al met het blote oog, zichtbaar zijn, in iedere richting door de grond verlopend en onderling verbonden.

Geërfde Macro-bouwpatronen (H)

H Dit zijn fijngelaagde sedimenten van wisselende korrelgrootte.

Enkel-korrelstructuur (J)

J De pakking van los zand.

Ter toelichting van deze opsomming kan worden opgemerkt, dat de structuurvorm A1, de kruimelstructuur, in het rivierengebied van theoretische betekenis is. Dientengevolge is de kruimelachtige structuur A2 de „beste", die men onder de gunstigste omstandigheden kan aantreffen. De A2-vorm bestaat voornamelijk uit excrementen van wormen, die veelal tussen elementen van A3 of A4 worden aangetroffen. Zowel A2 als A3 zijn typische oppervlaktestructuren. Indien ze dieper dan 5 cm voorkomen, overweegt gewoonlijk reeds de A4-vorm. Ze houden geen stand, wanneer over het land wordt gereden of gelopen. In het cultuurland behoren zij dus tot de uitzonderingen. De „beste" structuurvorm, die geregeld wordt gevonden is dus de A4. In goed gehomogeniseerde profielen kan deze structuurvorm tot één meter diepte optreden. Onder deze laag treft men ander materiaal met andere structuurvormen aan. De vorm A5 is gebonden aan een geringe biologische activiteit. A5 is in overwegende mate een fragmentatiestructuur, waarin krimpen en zwellen, alsmede mechanische druk, de voornaamste omstandigheden vormen.

De elementen van lagere orde van de B3a kunnen afgerond blokkig zijn en dus tot de vorm A4 worden gerekend. Dit is in het onderzochte gebied vaak het geval. Deze structuurvorm is dan niet bepaald „minder" goed dan A5. Het kan echter ook voorkomen, dat het B3a-prisma uit A5-componenten bestaat. De B5a is een typische fragmentatiestructuur en heeft dan ook een zeer geringe biologische activiteit.

De sponsstructuur G1 is in het algemeen gebonden aan ondergronden met een gering tot matig gehalte aan afslibbare delen. In bepaalde gevallen is deze horizont tijdens de sedimentatie gevormd door wormen van de Tubifex-groep, die onder stromend water leven.[1]) De sponsstructuren G1 zijn van grote praktische betekenis, hetgeen o.a. kan blijken uit de reeds geciteerde publikatie van Van der Kloes, c.s.

H is de structuurvorm van het gelaagde profielgedeelte dat niet of nauwelijks door dieren beïnvloed is. Indien de gelaagde afzettingen de sponsstructuur reeds plaatselijk vertonen, wordt de structuurvorm tot de G gerekend.

J is de structuurvorm, die in grof los zand optreedt. Het losse rivierzand komt als diepere ondergrond bij vele stroomruggronden voor. Dit bevat nooit de sponsstructuur.

[1]) De schrijvers zijn Dr. J. Doeksen erkentelijk voor deze interessante mededeling.

Aan het structuursymbool worden bij een meer gedetailleerde beschrijving nog een letter en enkele cijfers toegevoegd. Achtereenvolgens hebben deze betrekking op onderstaande kenmerken, althans voor zover het de granulaire en hoekige elementen betreft:

1) Met a of b wordt de vorm van het element nader omschreven; zo is de eerste meer onregelmatig met sterk uit- en inspringende gedeelten, terwijl de tweede een meer regelmatige vorm heeft.
2) De porositeit wordt genoteerd in een schaal van 1–4, naar aantal en soort van de poriën.
3) De grootte van de aggregaten wordt uitgedrukt in mm in Romeinse cijfers I–VIII. Naarmate het cijfer hoger is neemt de afmeting toe.
4) De structuurgraad of binding tussen de elementen onderling is aangegeven in een schaal van 0–3; een hoog cijfer betekent hier weinig binding tussen de aggregaten.

Wat de samengestelde prismata aangaat, hierbij wordt de hoedanigheid uitgedrukt in de vorm van een breuk. De teller heeft betrekking op het hoofdtype, de noemer op het subtype, dus op de componenten waaruit het prisma bestaat. Overigens zijn de volgorde en betekenis van de toevoegingen sub 2, 3 en 4 bij de samengestelde en enkelvoudige prismata dezelfde als bij de granulairen en hoekige elementen, met dien verstande dat de porositeit van het samengestelde prisma niet op dit element maar op de componenten betrekking heeft.

6. GEHOMOGENISEERDE STROOMRUGGRONDEN

We beschikken thans over een aantal structuurprofielen van stroomruggronden, die duidelijke kenmerken van homogenisatie vertonen.

a. De vroeger als Rs3 beschreven en thans opnieuw onderzochte profielen blijken alle goed gehomogeniseerd te zijn. Bewust of onbewust is de goede structuur bij de toedeling van de grond aan de eenheden van de classificatie in rekening gebracht.

De „goede" structuurtoestand wordt aangetroffen over een wijd korrelgrootte-traject met dien verstande, dat kleirijke gronden met „goede" structuurprofielen betrekkelijk zeldzaam zijn. Het proces van de homogenisatie leidt nu eenmaal tot vermenging van de bovengrond met de lichtere ondergrond. De betrekkelijk zeldzame zwaardere gronden met een „goed" structuurprofiel moeten worden beschouwd als zeer hoog opgeslibde gronden die zo hoog boven de lichte ondergrond komen te liggen, dat de invloed daarvan op de granulaire samenstelling in de bovengrond is opgehouden.

Als eerste voorbeeld van een dergelijke zeer hoge, zware, goed gehomogeniseerde stroomruggrond kan een profiel gelden, afkomstig van het bedrijf Klein-Westerhout te Geldermalsen. De bemonsterde plek lag bovenop de oeverwal van de Linge.

Fig. 1 geeft een foto van een lakfilm van dit profiel, alsmede een schematische tekening van het structuurprofiel van dezelfde lakfilm.

Figuur 1, alsmede het uitgebreide cijfermateriaal van profiel 6, geeft een prachtig beeld van de homogenisatie van een zware stroomruggrond. In de bovenste meter komen alleen A4-structuren voor. De geleidelijkheid van de overgangen wordt eveneens duidelijk gemaakt door de analysecijfers, allereerst die van de granulaire samenstelling maar evenzeer die betreffende het

kalkgehalte en het humusgehalte. Eerst tussen 90 en 100 cm vindt men het eerste spoor van gelaagdheid.

Interessant is de vergelijking van profiel 6 met profiel 7, afkomstig van hetzelfde bedrijf, maar van een ander perceel. Het valt op, dat profiel 7 enigszins gelaagd is. In de bovenste 32 cm werd structuur A5 aangetroffen naast A4. De homogenisatie is hier minder volledig geweest dan in profiel 6 en is ook minder diep gegaan. Op fig. 2 met de bijbehorende tekening komt een en ander duidelijk tot uiting in de resten van de gelaagdheid, die vanaf 75 cm zichtbaar zijn. De geringere porositeit van profiel 7 blijkt uit de omschrijving van de structuur: A1 over de volle diepte in profiel 6, A3 in de minder gunstige lagen van profiel 7.

Bij de bemonstering van de profielen 6 en 7 is de ervaring opgedaan, dat de lutumgehalten ook door ervaren karteerders veel te laag worden getaxeerd, klaarblijkelijk ten gevolge van de goede structuren. Mogelijk is dit ook op andere plaatsen het geval geweest, hetgeen er op zou kunnen wijzen, dat zware maar goed gehomogeniseerde stroomruggronden minder zeldzaam zijn dan voorheen werd aangenomen (zie ook par. 4 en par. 6a).

Dit feit illustreert voorts, dat de goede structuur het hoofdkenmerk van de gehomogeniseerde stroomruggronden is en niet het lutumpercentage.

In aansluiting hierbij geven wij ook de analyses van een zware goed gehomogeniseerde uiterwaard.

Toch is het een mooie, bruine, homogeen kalkhoudende kleigrond.

Daaronder volgt het profielgedeelte, waarin nog enige gelaagdheid zichtbaar is, hetgeen overigens uit de analyses niet blijkt. Tussen 100 en 140 cm is de grond duidelijk gelaagd en ditmaal tonen ook de analyses grote verschillen. Het kalkgehalte vertoont een minimum op 20–30 cm diepte. Dit kan worden verklaard door een versnelde opslibbing en de daarbij behorende aanvoer van kalk. Het organische-stofgehalte verloopt op bijna ideale wijze.

Terloops kan er op worden gewezen, dat de uiterwaardklei een betrekkelijk hoog gehalte aan silt (2–50 mu) heeft. Pons (1957) heeft er op gewezen, dat de afzettingen van de Nederlandse rivieren meer silt (2–50 mu) bevatten naarmate zij jonger zijn. Hij verklaarde dit verschijnsel door de geleidelijk toegenomen ontginning in de loessgebieden van Midden-Europa, zodat de rivieren steeds meer afgespoelde loess zijn gaan vervoeren. Het uiterwaardprofiel van Opheusden is een mooie steun voor de juistheid van de opvatting van Pons.

b. Tijdens de studentenkarteringen is van de Rs3 een groep gronden Rs3– afgescheiden, die het grove rivierzand tussen 80 en 120 cm diepte hebben. Bij diepe ontwatering lijden bepaalde gewassen op deze gronden gedurende droge zomers aan verdroging.

De tot nu toe als Rs3– beschreven en thans opnieuw onderzochte profielen zijn ook alle gebleken goed gehomogeniseerd te zijn. Blijkens hun opbouw is zand aanwezig tussen 80 en 120 cm beneden maaiveld. In dit zand werden overwegend J-structuren aangetroffen. Daarboven bevindt zich vaak nog een horizont met een sponsstructuur (G) of direct de A4-vorm.

Gelijk reeds herhaaldelijk is opgemerkt, wijzen de A4-structuren op homogenisatie. De aangetroffen G-structuren zijn fossiel en staan dus niet in verband met recente of sub-recente biologische processen. Waar A4-structuren direct op G-structuren rusten, vormt hun grens tevens die van de homogenisatie in engere zin.

c. Tijdens ons onderzoek hebben wij enige bijzondere aandacht besteed aan de tegenstelling tussen kalkhoudende en kalkarme profielen. Het is gebleken dat kalkrijkdom geen essentiële voorwaarde is voor een levendige homogenisatie.

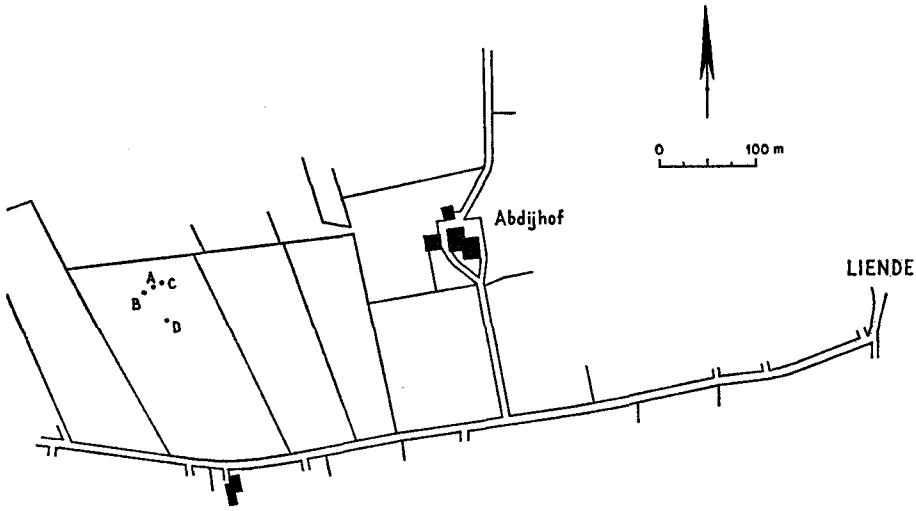
Fig. 4 (profiel 9) is een voorbeeld van een zeer goed gehomogeniseerde grond, die echter tot een diepte van 100 cm kalkarm is. De profielkuil lag op de rand van een inheemse woonplaats uit de Romeinse tijd en de bovengrond was dan ook enigszins zwart gekleurd.

De granulaire samenstelling is over een diepte van 60 cm zeer constant. Nog dieper wordt het lutumgehalte lager. Het gehalte aan organische stof verloopt zeer regelmatig naar de diepte. De gemeten pH-waarden zijn laag ondanks de aanwezigheid van enig $CaCO_3$.

De stroomrug, waarop de boerderij „Groot Breedslag" is gelegen, moet blijkens de erop aangetroffen oudheden voor-Romeins zijn. Hiermede in overeenstemming is het hoge gehalte aan zand > 105 mu (Pons, 1957).

Op de boerderij Abdijhof te Lienden zijn enkele dichtbijeen gelegen profielen bestudeerd, met zeer verschillende kalkprofielen (fig. 8).

Profiel A heeft kalk over de gehele diepte, echter in de bovengrond slechts 1,7% $CaCO_3$. Het vlakbij gelegen profiel B vertoont pas op 50 cm een hoog kalkgehalte terwijl C en D tot 65 cm kalkarm zijn.



Profiel 10 A–D, Bouwland, „Abdijhof", Lienden
A–D, Arable land, „Abdijhof", Lienden

Diepte in cm	A			B			C			D		
	%$CaCO_3$	pH		%$CaCO_3$	pH		%$CaCO_3$	pH		%$CaCO_3$	pH	
		H_2O	KCl		H_2O	KCl		H_2O	KCl		H_2O	KCl
0–												
20–	1,7	8,1	7,0	0,1	7,6	6,5	0,1	6,6	5,6	0,3	7,9	6,7
35–	13,9	8,2	7,2	0,2	7,5	6,4	0,1	6,7	5,7	0,0	7,8	6,5
50–	17,6	8,4	7,2	0,4	7,9	6,7	0,1	7,1	5,9	0,1	7,9	6,5
65–	12,4	8,1	7,1	8,6	8,3	7,1	0,3	7,8	6,6	0,0	8,0	6,5

Deze profielen wijzen op verschillen op korte afstand in de mate van homogenisatie. Men zou deze profielen matig gehomogeniseerd kunnen noemen.

Een ander voorbeeld van een onregelmatigheid in een kalkprofiel wordt gevormd door profiel 11. Tussen 60 en 70 cm werd 3,9% $CaCO_3$ gevonden, terwijl 10% normaal geweest zou zijn. Ook hier is sprake van een matige homogenisatie. De analyses wijzen op een zwakke gelaagdheid, hetgeen bij een goede homogenisatietoestand niet voor had mogen komen.

Men kan drie verschillende lagen onderscheiden. De bovenste drie analyses betreffen een dek van oevergrond volgens Pons (1957). Daarna volgen drie analyses die bij elkaar behoren. Het lage kalkcijfer tussen 60 en 70 cm moet betrekking hebben op een oude enigszins ontkalkte bovengrond.

Dit profiel is hier opgenomen om te laten zien, dat er gelaagde profielen bestaan, waarvan de afzonderlijke lagen betrekkelijk weinig in samenstelling verschillen. In een classificatie komt dit profiel bij de Rs3 ondanks de matige homogenisatie. Het profiel vormt dan ook een overgang naar die van § 7.

Profiel 11. Appelboomgaard „De Huiskamp". Aalst, gem. Lienden
Apple orchard „De Huiskamp", Aalst, mun. Lienden

Structuur profiel	Diepte in cm	% humus	pH-KCl	% $CaCO_3$	Textuur < 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	> 105 mu	Kleur	Diepte in cm
	0–										–0
A4a3 III ½		1,9	6,7	1,5	14	12	20	17	37	10YR 4/2½	
	10–	1,4	6,7	1,2	14	12	21	16	37		
	–22										–22
	20–	1,1	6,7	1,9	17	11	21	17	34		
A4a1 III 2½	30–	0,8	6,8	4,1	18	12	24	18	28	10YR 4/3	
	–43										–43
	40–	0,8	6,8	8,3	18	14	23	17	28		
A4a1 II-III 3	50–	0,7	6,8	8,1	19	17	22	18	24		
	–65										
	60–	0,6	7,0	3,9	19	11	23	19	28	10YR 6/3½	
	70–	0,4	7,1	11,2	12	11	21	22	34		
G1b	80–	0,3	7,1	13,6	12	11	22	22	33		–85
	90–	0,3	7,1	18,8	13	12	28	24	23	10YR 6/3	
	100–										

Terugkerend naar de kalkrijke profielen kan worden gezegd, dat alle bestudeerde profielen de gevolgen van de ontkalking vertonen. Deze moet als kenmerkend voor het Nederlandse klimaat worden beschouwd. Het verschijnsel van de homogenisatie maakt het noodzakelijk, de theorieën over de ontkalking te herzien. In het bijzonder zal de vraag naar de snelheid van de ontkalking opnieuw moeten worden bestudeerd. Voor wat betreft het rivierkleigebied zal daarbij rekening moeten worden gehouden met de ouderdom van de diverse stroomruggen. De rug, waarop de boerderij

„Groot Breedslag" ligt en waarop het kalkarme profiel 10 bemonsterd is, is stellig oud, vanwege de resten van bewoning uit de Romeinse tijd.

7. GELAAGDE STROOMRUGGRONDEN

Dat vele stroomruggronden gelaagd zijn, kan reeds volgen uit de talrijke notaties zoals Rs3+, Rs3++, Rs3/, Rs6 en Rs7, die bij de voortgezette kartering van stroomruggronden in Utrecht en de Betuwe nodig gebleken zijn.

Na het voorafgaande zal duidelijk zijn, dat al deze varianten karakteristiek zijn voor een gebrek aan homogenisatie. Reeds in de vorige par. kwamen enkele gevallen ter sprake van een onvolledige homogenisatie.

De nu volgende bodemprofielen vertonen alle een duidelijke onregelmatigheid in de lutumprofielen en de structuurprofielen.

Fig. 5 (profiel 12) is afkomstig van de stroomrug van Bruchem gelegen in de Bommelerwaard.

Het lutumprofiel laat een iets zwaardere laag zien tussen 40 en 70 cm. Het kalkprofiel is regelmatig, alsmede het humusprofiel. Het structuurprofiel echter vertoont in de zwaardere laag een A5, welke structuur in goed gehomogeniseerde profielen weinig wordt aangetroffen.

In de legenda van de bodemkaart van de Bommelerwaard valt dit profiel onder Rs4: lichte stroomruggronden met gelaagde ondergrond.

Een ander voorbeeld wordt gevormd door profiel 13 (fig. 6) uit de Marspolder bij Lienden. De lutumcijfers laten duidelijk een toeneming naar beneden zien (tot 80 cm). Voor een zo jonge grond zijn de kalkcijfers tot 70 cm te laag. De structuur van 55–72 cm is B5, terwijl de kleur van de grond grijzig wordt. Er zijn echter geen abrupte overgangen, zodat er toch nog wel enige homogenisatie heeft plaatsgevonden. De homogenisatie is echter zwak geweest.

Terloops wijzen wij nog op de aanzienlijke fractie 2–50 mu, die zoals reeds sub 6 is opgemerkt, kenmerkend is voor jonge Rijnafzettingen. De Marspolder kan als een middeleeuwse uiterwaard van de Rijn worden beschouwd.

Een vergelijking van profiel 13 met het uiterwaardprofiel 8 is interessant. Men lette allereerst op de cijfers voor de fractie < 16 mu. In beide gevallen benaderen de gehalten afslibbaar die van de komgronden. De verschillen in kalkgehalten kunnen niet uit het verschil in ouderdom worden verklaard. Tal van gronden in het rivierengebied zijn nog kalkhoudend, ondanks hogere ouderdom dan de Marspolder. De ontkalking van dit profiel moet dan ook het gevolg zijn van de natte ligging en de geringe biologische activiteit. Het grootste verschil echter wordt aangetroffen in de structuurprofielen. De A5-structuren van profiel 13 contrasteren sterk met de A4-structuren van profiel 8. In de meer traditionele opvatting van het verband tussen granulaire samenstelling en structuur had het omgekeerde het geval moeten zijn.

Een fraai voorbeeld van geringe homogenisatie van een stroomruggrond levert fig. 7 (profiel 14), van de Abdijhof te Lienden. De lutumcijfers laten duidelijk de aanwezigheid van een zware laag zien, vooral tussen 30 en 70 cm. Ook de kalkcijfers wijzen op een afwezigheid van homogenisatie. De humuscijfers leveren niets bijzonders op. In het structuurprofiel valt de zware laag op door de structuur B5, de enkelvoudige prisma's, terwijl de hogere lagen in het profiel door A5 zijn gekenmerkt.

In de thans gebruikelijke symboliek van de stroomruggronden wordt deze grond aangeduid als Rs6+.

Wij leggen nog de nadruk op het hoge gehalte aan deeltjes 2–50 mu van de bovenste 30 cm in verhouding tot het lutumgehalte. Deze laag is door de middeleeuwse Rijn afgezet. Tengevolge van de geringe homogenisatie is deze laag merkwaardigerwijze in stand gebleven.

8. OORZAKEN VAN VERSCHILLEN IN DE MATE VAN HOMOGENISATIE VAN STROOMRUGGRONDEN

De voornaamste oorzaak van een gebrekkige homogenisatie onder Nederlandse omstandigheden is de *natheid van de ondergrond.* Een natte ondergrond belemmert de regenwormen en andere bodemdieren in hun levenscyclus. Het gevolg is onvermijdelijk het overheersen van fragmentatiestructuren.

Aan alle stroomruggronden kan gelaagdheid worden waargenomen in het profielgedeelte onder de grondwaterspiegel.

Toch is enkele malen een A4-structuur in de laag onder een zware kleilaag aangetroffen. Onder de huidige omstandigheden kan een dergelijke structuur onmogelijk ontstaan zijn. Het moet een fossiele structuur zijn, afkomstig uit de tijd toen de zware kleilaag nog niet aanwezig was en de waterstanden nog aanzienlijk lager waren.

Ook de sponsstructuur wordt herhaaldelijk in een gereduceerde ondergrond aangetroffen. Gelijk sub 5 is uiteengezet, is deze voor een ondergrond gunstige structuur tijdens de sedimentatie op de rivierbodem ontstaan. Deze sponsstructuren zijn eigenlijk altijd fossiel.

De hoge ouderdom van enkele als goed te beschouwen structuren vormt een merkwaardig resultaat van het recente structuuronderzoek. Nog niet lang geleden was de algemene opinie, dat de goede bodemstructuren vanzelf vervallen en steeds opnieuw gevormd moeten worden. Thans lijkt het erop of de structuur, althans van de ondergrond, een eigenschap is die zeer nauw met de betreffende eenheden van de bodemclassificatie is verbonden, ja, daarvoor karakteristiek is.

Het is duidelijk, dat *ontwatering* een premisse vormt voor verbetering van een onvoldoende biologische homogenisatie van een nat bodemprofiel. Van der Kloes c.s. (1960) beschreef reeds mooie voorbeelden van een dergelijke verbetering. Ontwatering kan de sponsstructuur van de ondergrond voor de beworteling toegankelijk maken. Ook het bekende centraal bemestingsproefveld voor de fruitteelt „De Lange Ossekampen" aan de Haarweg te Wageningen, op komklei gelegen, geeft een voorbeeld van een door ontwatering zeer toegenomen biologische activiteit (Op 't Hof 1959).

Toch is een natte ondergrond niet de enige belangrijke oorzaak voor een gebrekkige biologische homogenisatie van een bodemprofiel. De sub 7 besproken voorbeelden van gelaagde stroomruggronden zijn alle afkomstig uit een gebied, dat diep ontwaterd is.

De oorzaak van de onvoldoende biologische activiteit is in dit geval het eeuwenoude gebruik van het land als bouwland. Vele Betuwse bedrijven waren vroeger zuivere akkerbouwbedrijven. Wel leverden de paarden enige mest, maar die is meest op de achter het huis gelegen grasboomgaard terecht gekomen. Het bouwland is dus slecht met organische stof voorzien geweest met als resultaat een geringe biologische activiteit.

In verschillende publikaties is er op gewezen, hoezeer grasmulch de bo-

dem verbetert. De sterk toenemende biologische activiteit vervormt de gelaagde tot gehomogeniseerde stroomruggronden. Uiteraard geldt dit alleen voor goed ontwaterde gebieden (Hoeksema, Op 't Hof en Van der Kloes).

In § 4 is reeds opgemerkt, dat de goede Rs-profielen gehomogeniseerd zijn tijdens de opslibbing, dus voor de bedijking. De vanouds goed bemeste percelen achter de huizen kunnen echter zeer wel nadien gehomogeniseerd zijn, vooral wanneer de omgeving uit gelaagde stroomruggronden bestaat. Bij de karteringen in rivierkleigebieden is tot nu toe op dit laatste verschijnsel onvoldoende gelet.

De analyses, behorende bij de profielen no. 6 tot en met no. 14 zijn gemaakt onder leiding van Dr. J. Ch. L. Favejee, Afdeling Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie van de Landbouwhogeschool. Wij bedanken Dr. Favejee hartelijk voor zijn medewerking. Voorts zijn wij de heren Ir. K. J. Hoeksema, Dr. Ir. A. Jongerius, Dr. Ir. L. J. Pons, Ir. J. N. B. Poelman en S. Slager dank verschuldigd voor waardevolle opmerkingen.

juli 1961

9. SUMMARY

The authors have examined in detail the structure of a number of profiles selected in six soiltypes on the fluviatile deposits in the Rhine delta. Earlier work by Edelman et al. (1950) had identified these as developed on the levees of prior or abandoned streamcourses of the Rhine or the Waal, its major distributary. The system and terminology devised by Jongerius (1957) have been used to describe all the structural features.

The profiles cover a range of soils developed both on the original levees (Types Rs1, Rs2, Rs3) and on levees covered at a later stage by a layer of finer textured, „still water" deposits (Types Rs6, Rs7, Rs8). Subsequent work by Hoeksema (1953) had shown these last to be mixed or „homogenized" to varying degrees by the soil fauna – mainly earthworms and moles. With this process goes an upward distribution of the calcium carbonate and a downward spreading through the profile of the organic matter.

The homogenized levee soils (profiles 6, 7, 8 and 9) consist of subangular blocky aggregates (structure class A4) extending down as much as one meter. This structure is associated with a high porosity (porosity class 1). In the deep subsoil this horizon grades into a material with a sponge structure (structure class G1). This last is a fossil or inherited feature of the soil profile.

The layered levee soils (profiles 12, 13 and 14) show an angular or subangular blocky structure (structure classes A4 and A5) near the surface. This grades into an angular blocky or (compound) prismatic structure (structure classes A5, B3a or B5) in the subsoil or deep subsoil. These structures are generally less well developed than in the homogenized levee soils and the aggregates are less porous. The vertical variations in particle size composition and the carbonate and organic matter distribution show these soils to be markedly less homogenized.

It is held that in these soils at least, soil structure is closely linked with the degree of homogenization, i.e. the activity of earthworms and moles. This

in turn is controlled by the degree of aeriation. Homogenization was absent and stratification or vertical variations in the original deposits could (always) be observed in parts of the profile below the water table. Homogenization was found to take place independently of carbonate content in the soils examined.

The „better" structures agriculturally – i.e. those most favourable to root development (Van der Kloes, 1960) – are those resulting from the greatest activity of the soil fauna in these soils. Soil structure in the surface horizon and the associated biological activity also vary with land-use. They are less favourable to plant growth in cultivated soils than under a grass mulch.

10. LITERATUUR

Edelman, C. H. c.s., 1950: Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk. 's-Gravenhage Versl. Landb. Onderz. *56*.18. Serie: De bodemkartering van Nederland, dl. *VII*.

Edelman, C. H. en A. op 't Hof, 1960: De betekenis van de biologische homogenisatie van de grond. Bodem nr. *40*: 8–15.

Hoeksema, K. J., 1950: Over de invloed van het bodemgebruik op de bemestingstoestand van de landerijen in de Bommelerwaard. Landbouwkundig Tijdschr. *62*, 276–281. Herdrukt in: Boor en Spade *IV* (1951), 207–214.

Hoeksema, K. J., 1953: De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade *VI*, 24–30.

Hoeksema, K. J. en A. op 't Hof, 1960: De perforatiegraad, een maat voor de activiteit van regenwormen in de grond. Landbouwvoorlichting *17*, 673–676.

Hoeksema, K. J., A. Jongerius en K. van der Meer, 1956: Over de invloed van regenwormen op de bodemstructuur in gemulchte boomgaarden. Tijdschr. Ned. Heide Mij. *67*, 83–89 en 109–120.

Hoeksema, K. J. en A. Jongerius, 1959: Deterioration of soil structure due to exhausting methods of land use and its influence on recent crop rotations. Med. L.H.S. Gent, deel *XXIV*. Intern. Symposion on soil structure Ghent, May 28–31, 1958, 16–23.

Hoeksema, K. J. en A. Jongerius, 1959: On the influence of earthworms on the soil structure in mulched orchards. Med. L.H.S. Gent, deel *XXIV*. Intern. Symposion on soil structure Ghent, May 28–31, 1958, 188–194.

Hof, A. op 't, 1959: Biologische bodemverbetering in de boomgaard. De Fruitteelt, *49*, nr. 12–13; 318–320 en 350–352.

Hulshof, H. J., L. J. J. van der Kloes en A. F. C. M. Schellekens, 1960: Beworteling van appelbomen en bodemstructuur. Med. Dir. Tuinb. *23*, 33–42.

Jongerius, A., 1957: Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. 's-Gravenhage Versl. Landb. Onderz. *63*.12. Bodemkundige studies 2.

Pons, L. J., 1957: De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. 's-Gravenhage Versl. Landb. Onderz. *63*.11. Bodemkundige studies 3.

GRONDEN MET EEN TEXTUUR-B-HORIZONT IN HET UTRECHTSE RIVIERKLEIGEBIED

SOILS WITH A TEXTURE-B HORIZON IN THE UTRECHT RIVER CLAY AREA

door/*by*

P. K. J. v. d. Voorde [1])

INHOUD

1. Inleiding 82
2. Kartering 83
3. Afzetting van de Kromme Rijn 86
4. Algemene kenmerken van de Gray Brown Podzolics 86
5. De Gray Brown Podzolics in het Kromme-Rijngebied 88
6. Grensgevallen met de Gray Brown Podzolics 91
7. Verbreiding van Gray Brown Podzolics in het Kromme-Rijngebied 92
8. Micropedologisch onderzoek 94
9. Chemisch onderzoek 94
10. Summary 95
11. Literatuur 96
12. Profielbeschrijvingen en analyseresultaten 96

1. INLEIDING

In het gebied van de Kromme Rijn in de provincie Utrecht liggen rivierkleigronden, die in drie verschillende systemen over en naast elkaar werden afgezet. De stroomgronden van deze drie systemen zijn aan een nader onderzoek onderworpen om te kunnen nagaan of er bodemvorming is opgetreden en, zo ja, of er verschillen in bodemvorming kunnen worden aangewezen.

Door de afdeling voor Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie van de Landbouwhogeschool te Wageningen werden eerder een onderzoek en bodemkartering uitgevoerd in dit gebied, waarbij een grote hoeveelheid basismateriaal in de vorm van kaarten en rapporten werd verzameld. Bij ons onderzoek naar de bodemvorming in de stroomgronden kon hierop worden teruggegrepen.

Gaan wij na, waardoor eventueel verschillen in bodemvorming der drie systemen kunnen zijn ontstaan, dan valt allereerst op, dat het moedermateriaal voor de stroomgronden door dezelfde rivier, de Rijn, is aangevoerd en van dezelfde samenstelling was, zij het, dat dit moedermateriaal in verschillende perioden werd afgezet. Sinds de afzetting kan, onder daarvoor gunstige omstandigheden, bodemvorming zijn opgetreden. Als in de profielen verschijnselen van bodemvorming worden geconstateerd, die zich in de oudere gronden in sterkere mate voordoen dan in de jongere, mag worden besloten dat we in dit alluviaal gebied inderdaad met een bodemvorming te maken hebben, die door verschillen in de factor tijd is ontstaan.

De tijd en plaats van de drie systemen van de Kromme Rijn kunnen als volgt worden omschreven (Hoeksema, 1952).

Het oudste of *Werkhovense systeem* ontstond rond 3000 v. Chr. en ligt in het midden van het Kromme-Rijngebied. Aan west- en zuidwestzijde liggen de

[1]) Nederlandsche Heidemaatschappij, Arnhem. Vroeger bodemkundige bij de Stichting voor Bodemkartering (Provincie Utrecht).

sedimenten van het middelste of *Houtense systeem*, dat met behulp van een ^{14}C-datering op 3150 $\pm$ 50 jaar (GRO 1010) kon worden bepaald (Subboreaal) en dat globaal een 1700 jaar jonger is dan het Werkhovense systeem. Aan de oostzijde van dit systeem ligt het jongste of *Kromme-Rijnsysteem*, waarvan de afzettingen dateren van vóór 1165 na Chr., het jaar waarin de Kromme Rijn bij Dorestad werd afgesloten. Globaal gesproken zal het grootste deel van deze sedimenten dateren uit de post-Romeinse transgressie-periode van de zee (Bennema, 1954), zodat deze sedimenten ongeveer 1700 jaar jonger zijn dan het Houtense systeem.

In grote lijnen gezien, vinden wij op de diep ontkalkte stroomgronden van het Werkhovense systeem bodemprofielen, die tot de Gray Brown Podzolics, de gronden met een textuur-B-horizont behoren. De stroomgronden van het Houtense systeem zijn reeds tot 50 à 70 cm ontkalkt; zij zijn doorgaans diep gehomogeniseerd en er komen veranderingen in het profiel voor. In het Kromme-Rijnsysteem is de ontkalking van de stroomgronden zeer ondiep ($\pm$ 10 cm) en treedt nog geen homogenisatie op. Wanneer, zoals op bouwland, de kalkrijke lagen worden aangeploegd, varieert de bouwvoor van kalkhoudend tot kalkrijk.

2. KARTERING

Het Utrechtse Kromme-Rijngebied, van Amerongen om Langbroek heen tot Zeist-Utrecht, is gedurende de jaren 1947 tot 1955 het „exercitieterrein" geweest voor studenten aan de Landbouwhogeschool met het keuzevak Bodemkunde. Onder leiding van Ir. K. J. Hoeksema met verschillende assistenten werd gekarteerd; de studenten werkten in groepen van twee of meer personen en kregen per groep ongeveer 100 ha te karteren (fig. 1), die met raaien in een 50 $\times$ 20 m verband of een 30 $\times$ 30 m verband werden afgeboord. Vaak werden ook nog voor grensvaststelling tussenboringen uitgevoerd en voor meer algemeen inzicht in de opbouw der lagen in de ondergrond enige diepboringen. De legenda was vastgesteld op de indeling in stroomgronden Rs en komkleigronden Rk, zoals deze voor het rivierkleigebied van de Bommelerwaard was gebruikt (Edelman, 1950).

Sommige profielkenmerken, zoals kalkgehalte en profielverloop, waren niet in deze legenda verwerkt. In het Utrechtse rivierkleigebied echter geeft dit kalkgehalte belangrijke informatie over de stroomgronden, waardoor een eerste scheiding naar leeftijd mogelijk wordt.

Na deze studenten-kartering bleek er behoefte te bestaan de verkregen gegevens te coördineren. En dit wel in verband met het hydrologisch onderzoek, dat door de afdeling Onderzoek van de Cultuurtechnische Dienst werd uitgevoerd voor de Commissie Hydrologisch Onderzoek Kromme-Rijngebied, welke Commissie in 1952 werd ingesteld door Gedeputeerde Staten van Utrecht.

Ten einde eventuele droogteschade, veroorzaakt door het Amsterdam-Rijnkanaal, na te gaan, construeerde de afdeling Onderzoek uit de studenten-karteringen een bodemkaart, schaal 1:10.000. Daarbij werd enig aanvullend veldwerk verricht voor de aansluiting van de karteringen, terwijl tevens enkele schattingsfouten werden gecorrigeerd. De legenda, die bij deze revisie werd toegepast, werd afgeleid uit de legenda van de rivierkleigronden en was gericht op het bepalen van het vochthoudend vermogen van de grond.

Deze legenda van de rivierkleikartering betrof o.m. de eenheden:

Rs1 Stroomgrondprofiel met een bovengrond van minder dan 25% lutum, ondieper dan 50 cm overgaande in los, grof zand.

Rs2 Stroomgrondprofiel met een bovengrond van 18–25% lutum, tussen 50 en 80 cm overgaand in los grof zand.

Rs3 Stroomgrondprofiel met een bovengrond van 18–25% lutum, naar beneden toe al dan niet lichter wordend; vaak afwisseling van iets zwaardere en iets zandiger lagen, doch geen overgang naar los of grof zand of zware grijze klei op minder dan 120 cm diepte.

Rs3+ Als Rs3 maar met een bovengrond (meer dan 50 cm) met 25–35% lutum.

Rs4 Stroomgrondprofiel met een hinderlijke grijze zware klei-bovengrond met meer dan 35% lutum binnen 50 cm, ondergrond als bij Rs3.

Rs6 Als Rs3 maar waarbij tussen 50 en 80 cm een matig zware tot uiterst zware grijze kleiondergrond begint, die minstens 30 cm dik is.

Hieruit werden 3 typen volgens overeenkomstig vochthoudend vermogen als volgt samengesteld.

Type I

Meestal de gebruikelijke Rs1. Onder dit type vallen niet de gronden met een goed vochthoudende bovenlaag en een fijnzandige ondergrond. Bij dit type zijn tevens opgenomen de gronden van Rs2 met een grofzandige textuur en een *gering slibgehalte van de bouwvoor.*

Type II

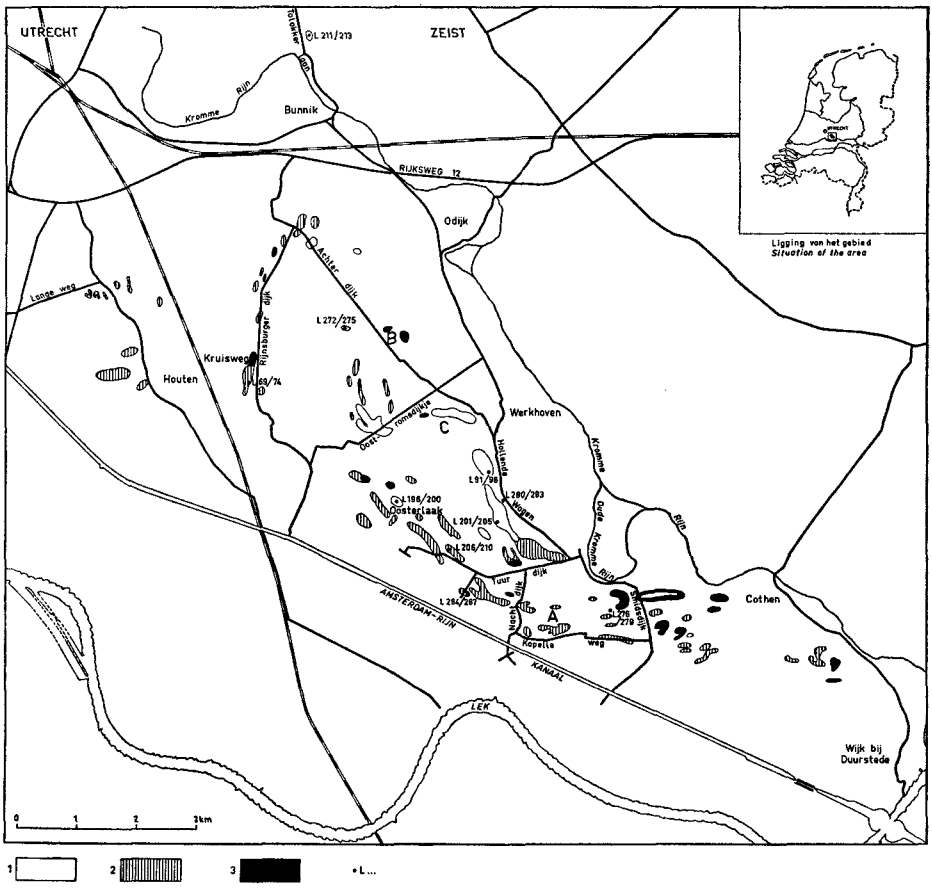
Meestal de gebruikelijke Rs2 en veelal de Rs3. Bovendien zijn bij dit type opgenomen de Rs1-gronden met een vochthoudend vermogen, overeenkomend met het type Rs2. Om dezelfde reden als voor het vorige type aangegeven, komen er ook die gronden van het type Rs3 bij, die, wat betreft het vochthoudend vermogen, beter onder type Rs2 kunnen worden gerangschikt.

Type III

Meestal de gebruikelijke Rs3 en Rs3+. Daar komen bij Rs6, wanneer de bovengrond licht is en Rs4, wanneer de kleilaag dun is en de ondergrond grofzandig.

Bij de proefkartering voor de kaartbladenkartering van Nederland op schaal 1:50.000 in 1959 op de topografische bladen 32C en 39A werden door J. L. Kloosterhuis, voor zover dit binnen het bestek van deze kartering mogelijk was, profielen met een textuur-B-horizont en bepaalde twijfelgevallen genoteerd. Na de kartering werd een zestal profielen bemonsterd. Hierna werd ter plaatse van de bovenbeschreven typen I en II een aanvullend onderzoek met bemonstering van enige profielen ingesteld. De studenten-karteringen werden daarbij gebruikt voor het verschaffen van gedetailleerde gegevens.

In een betrekkelijk korte tijd konden hierdoor meer gegevens worden verzameld dan met normaal veldwerk mogelijk zou zijn geweest. In geval van twijfel kon door boringen in de omgeving van de typen meer zekerheid worden verkregen omtrent het afzettingssysteem.



1 Gronden van het oudste systeem (Werkhovense systeem) met Gray Brown Podzolic profielen
Soils of the oldest rivercourse system (Werkhoven system) with Gray Brown Podzolics

2 Gronden van het middelste systeem (Houtense systeem) soms met Gray Brown Podzolic profielen, overwegend andere typen van bodemvorming
Soils of the second system (Houten system) occasionally Gray Brown Podzolics, predominantly other types of soil formation

3 Gray Brown Podzolic profielen of profielgedeelten in de ondergrond
Gray Brown Podzolics or remnants of this profile type in the subsoil

L.. Bemonsteringsplaatsen (zie voor analyseresultaten bijlage I)
Sample plots (for results of analyses see appendix I)

Fig. 1.
Het voorkomen van Gray Brown Podzolics in het Kromme Rijngebied.
The position of Gray Brown Podzolics in the Kromme Rijn Area (province of Utrecht).

Opname Geallieerde Luchtmacht 24-12-1944; Foto 4115 archief Stichting voor Bodemkartering

Alle gegevens zijn met de monsternummers in fig. 1 aangegeven. Voor de gedetailleerde beschrijvingen en de analyseresultaten van de bemonsterde en andere profielen mogen wij verwijzen naar bijlage I.

3. AFZETTINGEN VAN DE KROMME RIJN

De sedimenten van *het oudste of Werkhovense systeem* worden als afzettingen van een verwilderde rivier (braided river) beschouwd, die het veenlandschap ten zuidwesten van de Utrechtse heuvelrug aantastte (Atlanticum). Door deze rivier werd een groot aantal zandbanken van grillige, doch gestrekte vorm afgezet (fig. 2). Deze waren uit grof zand opgebouwd en waarschijnlijk iets met klei vermengd. Tussen de zandbanken was een groot aantal „anastomoserende" beddingen aanwezig met grover zand dan op de zandbanken. Deze oorspronkelijke structuur van dit landschap is niet bewaard gebleven en kan alleen uit de combinatie van waarnemingen aan raaiboringen worden afgeleid. Ofschoon deze zanden nu in de bovenste lagen geen kalk bevatten, doch wel in de diepere ondergrond, zijn er geen redenen aan te voeren, waarom dit zand geen kalk zou hebben bevat.

In het Subboreaal ontstond het *middelste of Houtense systeem.* Uit de bodemkaarten en uit raaiboringen kan worden afgeleid, dat dit systeem is opgebouwd volgens het normale patroon van stroomruggen en kommen. Afhankelijk van de stroompatronen en de hoogteligging werden daarbij lichtere of zwaardere sedimenten gevormd, die in principe laagsgewijs zijn opgebouwd, zodat er stroomgronden voorkomen met zware lagen en komgronden met lichtere lagen. De kommen liggen vrijwel steeds op stroomgronden.

De stroomgronden zijn kalkrijk afgezet, doch sinds het Subboreaal is door ontkalking de bovenste halve meter kalkloos geworden en werden de diepere lagen kalkarm.

De stroomgronden en komgronden van het Houtense systeem overdekken geheel tot gedeeltelijk de zandgronden van het Werkhovense systeem. Plaatselijk bleef dit systeem vrijwel onveranderd liggen.

Een analoge situatie geldt voor de afzettingen van *het jongste of Kromme-Rijnsysteem,* dat plaatselijk soms ook het oudste systeem heeft overdekt. Ook de Lek heeft nabij Wijk bij Duurstede waarschijnlijk afzettingen op eerder afgezette gronden alsook op die van het oudste systeem neergelegd.

Het effect van de latere systemen is echter niet alleen aanvullend geweest, maar ook afbrekend. Veel materiaal, dat door het oudste systeem was gedeponeerd, is door de latere stromingen weer verplaatst. Waar dit over korte afstanden is geschied, kon het karakter van de sedimenten enigszins bewaard blijven.

4. ALGEMENE KENMERKEN VAN DE GRAY BROWN PODZOLICS

Volgens TAVERNIER en SMITH (1957), die de bruine gronden kritisch beschouwen, kunnen Gray Brown Podzolics in de staat New York zich ontwikkelen door toenemende uitspoeling van basen. Daarbij daalt de biologische activiteit, waarna de structuurelementen in de B-laag worden bedekt met dikke lagen van georiënteerde kleisilicaten, die op verplaatsing en accumulatie van klei wijzen.

In Europa worden volgens Aubert (in Demolon, 1938) de Gray Brown Podzolics gekenmerkt door mull-humus, een dikke A_1 en een A_2-laag met geen of weinig bleking en een lage klei-accumulatie. Bij sterkere uitloging wordt moder gevonden, een gebleekte A_2 en duidelijke kleiverplaatsing. Soms wordt de B-laag opgelost.

TAVERNIER [1]) gaf bij zijn inleiding tot de excursie 1958 naar België de

[1]) Stencil 1776, Stichting voor Bodemkartering.

volgende samenvatting van de Gray Brown Podzolic-kenmerken onder bos in de leemstreek op löss:

A_1 – met mull-humus van 10–20 cm dikte en met een fijne kruimelstructuur;

A_2 – een uitgeloogde laag met 15% lutum, structuurloos, massief, doch verkruimelbare enkele-korrelstructuur, terwijl onder bouwland in het onderste deel van de laag een platige structuur is ontwikkeld;

B_t – een inspoelingshorizont van 40 cm dikte en met 22% lutum, met een blokkige structuur, die niet kan worden opengewreven en relatief weinig poreus is, met huidjes waarvan de kleur bruinrood is, contrasterend met de binnenzijde der elementen. De blokkige structuur is samengesteld uit vele kleinere polyaeders. De huidjes worden overal op verticale wanden gevonden, minder op horizontale. De huidjes zijn op de kleinste vlakjes discontinu;

B_3 – een laag op 80 cm diepte, waarin het lutumgehalte afneemt, de grootte van de elementen toeneemt, waarbij de huidjes alleen op verticale vlakken worden gevonden;

$C_{11}C_2$ – lagen, die op kalkgehalte van elkaar worden onderscheiden, doch die overigens geen speciale kenmerken vertonen. Vaak wordt op de kalkgrens een lichte klei- en humusverrijking als een fiber aangetroffen.

Onder bouwland met sterke biologische activiteit worden door wormen de bovenste lagen sterk vermengd en donkerder van kleur, terwijl ook de coatings in de B-laag vetter worden. Onder weiland of boomgaard komt volgens TAVERNIER en SMITH (1957) tot 20% vermengd materiaal in de B-laag voor („anthropic textural B"). Hoeksema en Jongerius [1]) gaven naar aanleiding van de discussie over kleur-B-lagen een samenvatting van hun zienswijze op deze B-laag. Zij zien deze laag ontstaan als gevolg van dierlijke werking. Wellicht ware het juister deze laag als A-laag te beschouwen.

Hoeksema en Edelman (1960) beschrijven het ontstaan van twee typen Gray Brown Podzolics na sterke ontkalking door humuszuren tijdens de jongste Dryastijd (± 8900–8100 v. Chr.). Ofschoon hun betoog uiteraard niet kan worden toegepast op jongere sedimenten, beschrijven zij als „intrazonale ontstaanswijze", dat de armste profielen met de minste weerstand tegen uitloging door sterke doorlatendheid de sterkste bodemvorming vertonen.

THORP en medewerkers (1949) komen tot de conclusie, dat het verschil in horizonten van Miami silt loam, een veel onderzochte Gray Brown Podzolic, ontstaat door een neerwaartse verplaatsing van klei in suspensie. De klei slaat neer door opdrogen uit de suspensie of door een verschil in chemisch milieu.

Vooral het feit, dat het water vrijwel niet door het profiel naar het grondwater toe beweegt, maar als hangwater wordt verbruikt, draagt bij tot het transport van kleideeltjes, die dan in het profiel uit de suspensie opdrogen.

De klei in de B-laag ligt als „clay-skins" georiënteerd langs de vlakken met de C-as van de mineralen loodrecht op de oppervlakten. Dit ontstaat door verdamping van de vloeistof of door het wegzuigen van het water in de droge structuurelementen.

Verder zien Thorp en medewerkers ook klei ontstaan in de B-laag uit de verwering van primaire mineralen, zoals mica en „shale". Deze klei maakt

[1]) Stencil van Laboratorium voor Regionale Bodemkunde, dd. 23 juni 1958.

minder dan de helft uit van de in de B-lagen totaal aanwezige klei, maar vormt een groot deel van de klei in de A- en C-lagen van het profiel. Veldspaten hebben nog slechts weinig bijgedragen tot de kleivorming.

Als voorbereiding voor de kartering van Nederland op schaal 1:50.000, werd door de Stichting voor Bodemkartering een bodemclassificatie opgesteld. Hierbij werden morfometrische criteria gebruikt om de verschillende niveaus van classificatie te definiëren.

Om een „grond met een textuur-B-horizont" te kunnen zijn, moet de B-laag volgens het concept [1]) van deze classificatie:

1. minimaal 15 cm dik zijn;
2. minstens 10% lutum (<2 mu) bevatten;
3. inspoelingshuidjes van lutum (klei en ijzer) op een aantal horizontale en verticale wanden van structuurelementen en poriënwanden bezitten; of
4. als er een A_2-laag is, moet er tussen A- en B-horizont minstens 3% lutumverschil zijn met een overgangslaag tussen A- en B-laag, die kleiner is dan 15 cm; of
5. als er geen A_2-laag is, moet er tussen de B- en C-laag minstens 3% lutumverschil zijn. Als er geen C-laag aanwezig is of als er superpositie is van verschillende sedimenten, moet de B-laag met de BC-laag worden vergeleken.

5. DE GRAY BROWN PODZOLICS IN HET KROMME-RIJNGEBIED

Indien wij volgens deze criteria te werk gaan, voldoen slechts enkele profielen binnen de stroomgronden van de Kromme Rijn aan deze criteria doch met de profielen, die een grensgeval vormen met de „gronden met een textuur-B-horizont" geven zij juist door onderlinge vergelijking een beter inzicht in het proces, dat leidt tot de vorming van de Gray Brown Podzolic.

Maken wij ons vertrouwd met de opbouw van het Gray Brown Podzolicprofiel, zoals dit in het Utrechtse rivierkleigebied voorkomt, dan is het „central concept", de normgrond (SCHELLING, 1959) van de Utrechtse Gray Brown Podzolic de volgende:

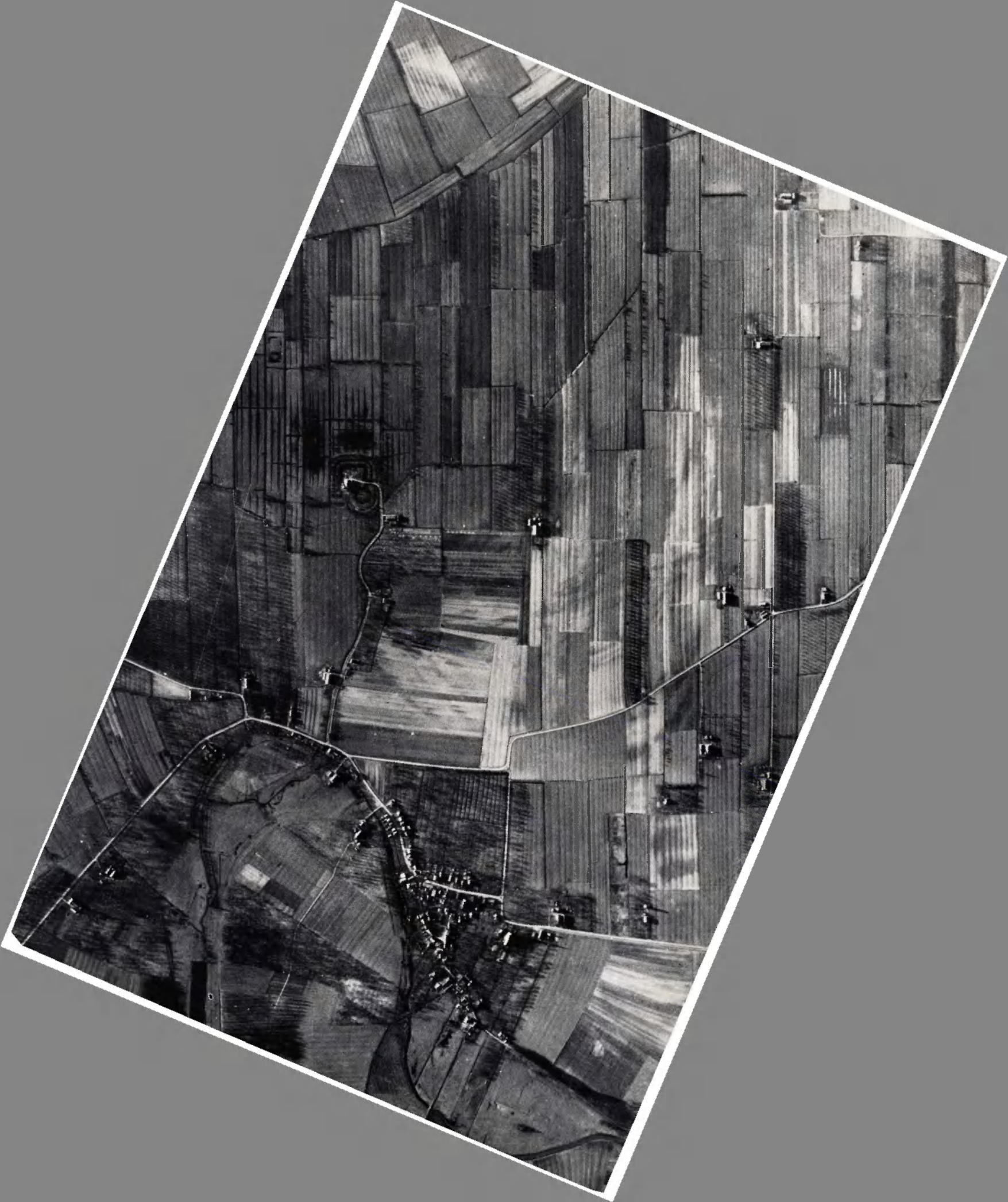
A_1 – een iets grofzandige, zwak humeuze laag met ongeveer 12% lutum;
A_2 – een iets lichtere, eveneens grofzandige laag met grijze vlekjes om de

[1]) Stencil 1717 van de Stichting voor Bodemkartering.

Fig. 2.
Het oudste of Werkhovense systeem, ten westen van Werkhoven. De stroomgronden van dit systeem vallen op deze luchtfoto duidelijk op (lichtere tint). De talloze donkere strepen wijzen op een sterke wisseling dwars op de stroomrichting. Beneden links op de foto stroomgronden van het middelste of Houtense systeem. Tussen beide stroomgrondsystemen komgronden met ontwateringssloten. Rechts boven stroomgronden van het jongste of Kromme Rijnsysteem.

The oldest or Werkhoven system, west of Werkhoven. On the photograph the river ridge soils of this system are visible (lighter coloured). The many dark streaks show the variation right across the current direction. Below left river ridge soils of the second or Houten system. Between the soils of the two systems bassin clay soils with drainage ditches.
At the top right river ridge soils of the youngest or Kromme Rijn system.

Opname van de Geallieerde Luchtmacht, Luchtfoto-archief Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. 24-XII-'44; 125-I-27 en 125-I-29. Schaal ± 1:10800



structuurvlakken en soms bij bouwland een platige structuur; vaak vermengd als A_p met de A_1- en soms met de B_1-laag in welke gevallen de A_2-laag onduidelijk is of afwezig;

B_1 – een tamelijk scherpe overgang naar een bruine, grofzandige laag, die zwakke coatings heeft op de verticale wanden van de afgerond-blokkige structuurelementen en geen coatings op horizontale vlakjes;

B_{2t} – een vage overgang naar een bruine grofzandige laag met 16–18% lutum, met flinke coatings op alle wanden van de afgerond-blokkige structuurelementen; de laag heeft in vochtige toestand een zwak plakkende en in droge toestand een harde, zeer vaste consistentie;

B_3 – een scherpe overgang naar een bruine, grofzandige laag met 8–12% lutum; er zijn coatings op de verticale wanden van de vage structuurelementen, doch zeker in worm- en wortelgangetjes; het zand plakt sterk onder natte omstandigheden en kan in droge toestand door wrijven worden gescheiden in een fijne (lutum) fractie en een grof-zandfractie; vaak lijkt het of deze klei ingespoeld is uit de B_2-laag en dat de thans als B_3 aangeduide laag oorspronkelijk geen klei of een zeer klein percentage heeft bevat;

C_1 – een grofzandige fletsbruine laag met minder dan 8% lutum, die minder plakt en die alleen hier en daar in een profielkuil nog een kleihuidje vertoont;

C_2 – in de ondergronden wisselen grove en grindrijke lagen af met fijnzandiger lagen; soms liggen hierin dunnere kleilaagjes; binnen boorbereik, maar meestal dieper, komt daaronder hier en daar een koolzure-kalkrijke C_2-laag in zand van wisselende korrelgrootte voor.

Enige malen werd in profielkuilen gezien, dat in de zwaardere lagen van deze profielen horizontaal verlopende snoertjes grof zand tot fijn grind voorkomen. Deze laagjes zijn op profielwanden als „stonelines" te zien en wij nemen aan, dat zij afkomstig zijn van overstromingen door snel stromend water tijdens de langzamer sedimentatie van de kleilagen.

Afgezien van de texturele en structurele verschillen in een profielkuil is vooral bij de studie met de boor de B_3-laag met de eigenschappen van plakkend of klevend grof zand een gemakkelijk herkenbaar punt. Het is daarom niet verwonderlijk, dat in de tekst en kaartjes van vele studentenkarteringen hieraan veel aandacht werd geschonken.

„Vuilbruin grof zand" (1947–11) [1]), „leem" (1950–1, 1950–5, 1951–4), „bruinleem" (1950–2), „vuil zand" (1951–5), „kuit" (1951–9), „coatings" (1953–3) en „bruine suiker" (1952–11) geven blijk van herkenning, vooral van de B_3-lagen. In het laatstgenoemde verslag lezen wij: „bruine suiker", waaronder wij verstaan midden grofzandig materiaal met een filmpje van afslibbare delen om de korrels, geheel kalkloos, roodbruin gekleurd, welk materiaal in vochtige toestand goed aan elkaar plakt.

Uit ons onderzoek blijkt, dat gronden die in de oude rivierkleilegenda met Rs2 (stroomgrondprofiel met een bovengrond van 18–25% lutum, tussen 50 en 80 cm overgaande in los grof zand) zouden worden aangeduid, de meest typische normgronden zijn voor een Gray Brown Podzolic-ontwikkeling, tenminste als aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan.

[1]) Nummers van de studenten-karteringen, aangeduid door jaartal en volgnummer, hier verder zonder auteurs gegeven.

Deze zijn de volgende:

a. *Geen lagen met meer dan 25% lutum in de bovengrond*

Indien meer dan 25% lutum voorkomt in de B_2-laag, dan is deze laag storend voor de waterbeweging en daardoor roestig en gevlekt. De coatings zijn op de verticale wanden niet meer continu. Deze lagen geven in de ondergrond overgangen naar roestige, soms zelfs oranjerode (5YR 5/8) [1]) gekleurde lagen, waarin de roest zo sterk is, dat deze de matrixkleur vormt.

b. *Een lutumarme laag op 70 à 80 cm diepte beginnend*

Als de lutumarme laag binnen 50 cm voorkomt, een bodemtype overeenkomend met Rs1 (stroomgrondprofiel met een bovengrond van minder dan 25% lutum, ondieper dan 50 cm overgaande in los grof zand); uit de rivierkleilegenda zijn in de zwaardere laag boven het zand de coatings te zwak om deze als B_2-laag te kunnen aanduiden. Er is dan zoveel grof zand vermengd in de bovengrond, dat de coatings zich niet continu kunnen ontwikkelen, mogelijk ook omdat de laag, die de klei zou moeten leveren voordat deze kan worden verplaatst, te dun is. Wel is opvallend, dat bij deze profielen vaak dikke B_3-lagen voorkomen, waarbij het plakkerige karakter tot grote diepte doorgaat.

c. *Vrije ontwatering, dus geen stagnerende lagen door een doorlatende tot overmatig doorlatende ondergrond*

Op plaatsen waar geen vrije ontwatering kan optreden door het aanwezig zijn van storende kleilagen onder of in de B_3-laag, zijn de profielen roestig en zijn de coatings niet voldoende continu om de laag waarin zij voorkomen tot B_2-laag te bestempelen.

De doorlatende of zelfs overmatig doorlatende ondergronden lijken noodzakelijk voor de vorming van Gray Brown Podzolic; dit zou overeenstemmen met de door Thorp en medewerkers ontwikkelde zienswijze.

d. *Diepe homogenisatie van de grond*

Diepe homogenisatie, vooral in gemulchte boomgaarden, verwijdert en verwerkt eventuele storende of weinig zwaardere lagen en brengt grof zand in de profielen, zodat de doorlatendheid toeneemt.

De normgronden blijken doorzeefd door wormen, waarbij de gangen volledig bedekt zijn met coatings. Op bouwland werkt de ploegzool storend.

e. *Diepe ontkalking*

Diepe ontkalking blijkt voorwaarde, willen er Gray Brown Podzolics ontstaan. Dit is van chemische zijde bezien begrijpelijk, daar eerst de basen moeten uitspoelen en door H-ionen moeten worden vervangen, voor er zich klei kan verplaatsen. Zoals verder nog wordt betoogd, zijn overigens fraaie en aan alle verdere voorwaarden beantwoordende gronden, doch met koolzure kalk in het profiel nog niet verder dan het stadium van de kleur-B-laag.

[1]) Munsell-notatie, voor vochtige gronden, tenzij anders vermeld.

f. *Ouderdom*

Het blijkt, dat de ontkalking slechts optreedt bij doorlatende profielen van voldoende ouderdom. De gronden van het Houtense systeem hebben nog geen Gray Brown Podzolic-eigenschappen verkregen, terwijl de jongste gronden zelfs nog niet gehomogeniseerd zijn.

Het „baanderige" karakter van de grofzandige afzettingen van het Werkhovense systeem heeft tot gevolg, dat dwars op de stroomrichting sterke variatie optreedt in de dikte van de laag boven het plakkerige zand, en daardoor in de mate van Gray Brown Podzolic-vorming. In de stroomrichting zelf blijkt volgens de detailbodemkaarten dat de Rs2-profielen slechts in lensvormige patronen worden gevonden, waartussen Rs3 en zelfs komkleibanen kunnen optreden.

De toevalkans, dat bij een kartering, schaal 1:50.000 een aantal opeenvolgende boorgaten juist in deze Gray Brown Podzolic zouden komen, is klein. Het blijven bij deze schaalverontreinigingen in het algemene stroomgrondenpatronen en de Gray Brown Podzolics komen daardoor in de provincie Utrecht bij de kartering schaal 1:50.000 niet als een aparte bodemeenheid op de kaart.

6. GRENSGEVALLEN MET DE GRAY BROWN PODZOLICS

In het algemeen zijn in het rivierkleigebied vele profielen te vinden, die qua zwaarte, profiel- en kalkverloop dicht bij de beschreven Gray Brown Podzolic staan. Vooral in het Kromme-Rijngebied zijn het de diep (tot 70 cm, soms 90 cm) ontkalkte, matig grove gronden van het Houtense systeem, die in bepaalde opzichten veel op de Gray Brown Podzolic kunnen lijken. Het zijn de gronden, die tijdens de voorstudie van de bodemclassificatie veelal aanleiding hebben gegeven tot uitvoerige discussies. De „kleur-B-gronden", waarin „iets" te zien valt en waarbij men aanvoelt, dat er in het profiel veranderingen op til zijn zich uitend door bruine kleuren en daardoor in een alluviaal gebied opvallend vormen een schakel in de reeks: „geen bodemvorming" → „Gray Brown Podzolic". Ter wille van de vergelijking werd bij de beschrijvingen ook hiervan een enkel voorbeeld opgenomen (zie bijlage 1: L284–287). Zo er al huidjes te zien zijn, zijn dit geen kleihuidjes, maar meer humushuidjes en verder ontbreekt het zwaarteverschil tussen een A- en B-laag. Ook het typische, plakkerige, leemachtige gevoel van het B_2- en B_3-materiaal is meestal niet aanwezig. Deze gronden zijn qua kalkgehalte en dus basenverzadiging nog te weinig „geschikt" om de verdere processen van bodemvorming te ondergaan. Wel is door hoge ligging de homogenisatie van de horizonten diep voortgeschreden en zijn door de landschappelijke ligging de mogelijkheden geschapen, waarop door Thorp en medewerkers (1959) werd gewezen, om tot accumulatie van klei te komen, doordat het neerwaarts bewegende regenwater in de zomer in de wortelzone weer wordt opgenomen. Met de verdamping van de kleisuspensie kan de klei dan later, na daling van de basenverzadiging, achterblijven als coating. Een fraai voorbeeld is het stroomgrondcomplex langs de Kappeleweg (zie fig. 1 bij A).

Het profiel van deze stroomgrond met kleur-B-laag was als volgt:

0–15 cm	A_1	donker grijsbruine (10YR 4/2) zwak humeuze, sterk zandige klei, kalkloos, M50 180.
15–40 cm	C_1	bruin (10YR 4/3) sterk kleiig zand, kalkloos (kleur-B).

40–70 cm	C_{21}	donker geelbruine (10YR 4/4) kalkarme, sterk zandige klei
70–90 cm	C_{22}	donker geelbruine (10YR 4/4) kalkhoudende, sterk zandige klei
90–100 cm	C_{23}	idem, kalkrijk, enkele witte vlekjes
100+(120) cm	C_{24}	zeer fletsbruin (10YR 7/3) kalkrijk, iets lutumhoudend zand.

Elders in het gebied vinden we, dat de Gray Brown Podzolic-profielen in wisselende mate overdekt zijn door jongere sedimenten. Al dan niet kan hierbij vóór de afzetting van deze sedimenten erosie van de gronden hebben plaatsgevonden, waardoor vele variaties mogelijk zijn (fig. 1 bij B). In dit profiel komt boven grof bruin, plakkerig zand een C_2-laag voor, die met de bovengrond door het jongste systeem werd afgezet. In fig. 1 bij C werd een profiel gevonden met het volgende verloop: stroomgrond tot 40 cm, komklei tot 75 cm, lichte stroomgrond (kalkrijk) tot 90 cm en daarna een grofzandige B_3-laag van een Gray Brown Podzolic op grofzandig C_1-materiaal, (beide lagen grofzandig). Ook in de studentenverslagen vinden we overeenkomstige situaties, zoals het volgende citaat geeft:

„In het materiaal van het Houtense systeem komen plaatselijk „bruine suiker"-laagjes voor, speciaal in strookjes oeverwal tegen de geulen aan. Vermoedelijk is dit verspoeld materiaal en afkomstig van plaatsen waar de geulen uit het Houtense systeem het oudste systeem hebben aangevreten. Ook deze „bruine suiker" is kalkloos of bevat ten gevolge van inspoeling alleen in de bovenste centimeters een weinig $CaCO_3$ (1952–13)."

Elders werd in kuilen naast beddingen van het Houtense systeem gezien, dat de lagen „bruine suiker" uitwigden, wat niet bepaald op bodemvorming wijst.

De tamelijk sterke verbreiding van B_3-materiaal, als „bruine suiker" of anders aangeduid, wijst erop, dat kennelijk vrij veel van dit materiaal wordt aangetroffen. Dit zou erop wijzen, dat de bodemvorming in het oudste systeem vrij ver moet zijn voortgeschreden, waarbij, alvorens de sedimenten van het Houtense systeem werden afgezet, veel B_3-materiaal werd gevormd. Wij mogen niet veronderstellen, dat in verplaatste lagen de bodemvorming onafhankelijk van bovenliggende lagen doorging. Wel wijzen deze verschijnselen erop, dat de coatings van klei om de grove zandkorrels tegen beperkte verplaatsing bestand zijn. Ook heeft latere overdekking met kalkrijk materiaal kennelijk geen andere gevolgen, dan dat de kalk ondiep in het B_3-materiaal doordringt.

7. VERBREIDING VAN GRAY BROWN PODZOLICS IN HET KROMME-RIJNGEBIED

De verbreiding van Gray Brown Podzolic-profielen in het Kromme-Rijngebied is in fig. 1 aangegeven. In de legenda van deze figuur werd enerzijds het voorkomen van zuivere Gray Brown Podzolics op sedimenten van het Werkhovense systeem aangegeven, anderzijds het voorkomen van deze bodemvorming, overdekt door jongere sedimenten. Daarenboven werd de ligging van de lichtste gronden van het Houtense systeem getoond. Ook hier komen soms Gray Brown Podzolics voor.

Uit deze figuur blijkt globaal de verspreiding der verschillende afzettingen. Enkele details zijn nog:

Ten zuidoosten van Cothen tussen Trekweg en Provinciale Weg vinden we op enige plaatsen een kalkarm op kalkrijk Lekdek op grofzandig B_3-materiaal van het oudste systeem.

Ten zuidwesten van Cothen troffen we overwegend gronden aan van het Houtense systeem, waarbij enige malen B_3-materiaal in de ondergrond werd gevonden. Het aangegeven vlak met Gray Brown Podzolics heeft een zeer diep doorgaande B_3-laag. Aan de noordzijde van dit complex werden enige profielen van het jongste systeem gezien, waarbij jonge stroomgrond B_3-materiaal had overdekt, dat weer op zware lagen rustte.

Het blok tussen Nachtdijk, eerste meander van de Kromme Rijn, Smidsdijk en Kappeleweg heeft aan de noordzijde het Kromme-Rijnsysteem, langs de oostzijde enige kleine opduikingen van het Werkhovense systeem met Gray Brown Podzolic-profielen. Langs de Kappeleweg komen zeer fraaie voorbeelden voor van ondiep ontkalkte, zeer diep (90–95 cm) homogene profielen met kleur-B lagen van het Houtense systeem.

Ten zuidwesten van de Hollende Wagen ligt een belangrijk verspreidingsgebied van Gray Brown Podzolic-profielen. Vaak liggen deze als kernen te midden van gronden van het Houtense systeem. De Gray Brown Podzolics komen over redelijke oppervlakten voor. Op enkele plaatsen hebben ook profielen met vrij zware bovengronden nog de eerder genoemde kenmerken.

De strook ten westen van de Nachtdijk over de Tuurdijk tot het Oostrooms Dijkje heeft op vele plaatsen duidelijke Gray Brown Podzolic-profielen en eveneens zien we vaak overdekte profielen of profielen van het Houtense systeem met B_3-materiaal in de ondergrond. Op de luchtfoto's is het sterk „baanderige" karakter van de afzettingen te zien en in de droge zomer 1959 tekenden de zandstroken zich duidelijk af.

In het gebied rondom Oostrooms Dijkje liggen als opduikingen tussen het Houtense systeem enige klassieke voorbeelden van Gray Brown Podzolic-profielen op het Werkhovense systeem. Dwars op de stroomrichting vinden we belangrijke verschillen in het kalkverloop van de profielen en op bouwland kunnen hier duidelijke verschillen in verslemping worden opgemerkt.

Ten oosten van Kruisweg worden evenals in het vorige gebied textuur-B-gronden gevonden tussen afzettingen van het Houtense systeem.

Ten westen en ten noordwesten van Houten komen overwegend gronden van het Houtense systeem voor, waarbij enkele fraaie kleur-B-gronden langs de Lange Weg werden gezien. B_3-materiaal werd op enige plaatsen aangetroffen als verspoelde laag.

Langs de Rijnsburgerdijk komen tussen gronden van het middelste systeem kleinere plekken voor, waar onbedekte profielen van het Werkhovense systeem aan de oppervlakte komen. Enige fraaie Gray Brown Podzolic-profielen komen hier voor.

Naar het noorden toe tegen Rijksweg 12 aan, overheerst het jongste systeem.

Ten noorden van Bunnik, langs de Tolakkerlaan werden textuur-B-profielen geïsoleerd gevonden, die op dekzand rusten.

Rondom de zuidelijke en de noordelijke meander bij Werkhoven komen ontkalkte, zeer grove sedimenten van het Kromme-Rijnsysteem voor, waarin nog geen bodemvorming is opgetreden.

Van Werkhoven tot Odijk en verder tot Bunnik zuidelijker van Wijk bij Duurstede tot Cothen vinden we langs de huidige gekanaliseerde Kromme Rijn de stroomgronden van het Kromme-Rijnsysteem. De gronden van dit systeem werden niet aangegeven op de kaart (fig. 17).

Uit deze beschrijving blijkt, dat het te velde moeilijk valt het ingewikkelde patroon van 3 systemen, die elkaar hebben beïnvloed te scheiden. Alleen in duidelijke gevallen, namelijk als kleihuidjes op de structuurelementen worden gezien, kunnen de gronden volgens de beschreven normen tot de Gray Brown Podzolics worden gerekend. In het veld is daarbij de textuur en aard van de beschreven B_3-laag een gids, die waarschuwt dat goed moet worden gelet op inspoelingsverschijnselen in bovenliggende B_2-horizonten.

8. MICROPEDOLOGISCH ONDERZOEK

Ten einde de morfologische veldwaarnemingen te toetsen, werden drie profielen micropedologisch onderzocht door Dr. A. Jongerius en A. Reymerink. Dit onderzoek wordt als aansluitend artikel in deze uitgave van Boor en Spade (pag. 112) gepubliceerd. Hiervoor werd uit de drie groepen, namelijk zonder profielontwikkeling, met matige en met sterke profielontwikkeling, één profiel bestudeerd. Alle drie gronden zijn in gebruik als grasland.

Het zijn de volgende:

1. Jonge stroomgrond van het Houtense systeem (L284–287)
2. Oude stroomgrond van het Houtense systeem (L69–74)
3. Stroomgrond van het Werkhovense systeem (L91–96).

De veldwaarnemingen blijken in goede overeenstemming met het micropedologisch onderzoek, waarbij een precisering van de inspoelingsverschijnselen mogelijk is. Voor details wordt naar het aansluitende artikel verwezen.

9. CHEMISCH ONDERZOEK

In totaal werden voor dit onderzoek tien profielen bemonsterd, met 46 monsters. Profielbeschrijvingen en analyses van de grond worden gegeven in bijlage I.

Betreffende het chemisch onderzoek kan het volgende worden opgemerkt:

De algemene tendens is, dat de pH-KCl van de A_1-laag naar de A_2-laag, de B_1-laag en B_{2t}-laag afneemt en daarna van de B_3- of BC-laag naar de C_1-laag toeneemt. Bij voorkomende kalkrijke C_2-lagen vindt een belangrijke pH-sprong plaats (bij $CaCo_3$-gehalte tot 13,5%).

Organische-stofgehalten

De geanalyseerde profielen hebben lage organische-stofgehalten, die naar diepere lagen snel afnemen.

Kationenbezetting, H-bezetting en basenverzadiging

De kationenbezetting en de H-bezetting spelen bij de Gray Brown Podzolic-profielen een grote rol. Calcium overheerst duidelijk aan het complex, gevolgd door Mg, K en Na. H-ionen zijn in wisselende mate aanwezig. Ten einde enig inzicht in deze mate te verkrijgen, werd de basenverzadiging in M.eq uitgedrukt als percentage van de totale kationenbezetting. De kationenwaarde werd hiervoor niet gebruikt, omdat deze bij een andere pH werd bepaald en derhalve niet gelijk is aan de som van alle kationen.

De als sterk ontwikkeld beschreven profielen hebben in de B_{2t} 60 en 53%, de als matig ontwikkeld beschouwde 84, 79, 78, 78 en 75% en de zwak ontwikkelde 88 en 89% basenverzadiging. Het kalkrijke profiel is in de A_1 voor 95% verzadigd.

Ook in de andere horizonten van de profielen kan een dergelijke tendens worden opgemerkt. De verkregen gegevens werden in tabel 1 bijeengebracht.

TABEL 1. Baseverzadiging in verschillende horizonten van Gray Brown Podzolic-profielen.
TABLE 1. *Base saturation in various horizons of Gray Brown Podzolics.*

Profiel-ontwikkeling *Profile development*	Monster no. *Number of Sample*	Horizonten / *Horizons*						
		A_1	A_2	B_1	B_{2t}	B_3	BC	C
Sterke	L 91– 96	54	45	49	60	57		64
Strong	L211–213	70			53			73
Matige	L 69– 74	78		71	84		83	
Moderate	L196–200	77			79	76		
	L201–205	64			78		78	
	L206–210	63		76	78			
	L272–275	76			75	94		
Zwakke	L276–279	89			88			
Weak	L280–283	84		88	89			
Geen	L284–287	95						97
No								

januari, 1962

10. SUMMARY

The river ridge soils of the Kromme Rijn area (SE of Utrecht) are classified according to age into three systems of sedimentation. The found Gray Brown Podzolics (soils with a textural-B), relicts of this soil formation or stages of development have been related to these systems (fig. 1).
Distinguished are:

The oldest or Werkhoven system (± 3000 B.C.) Gray Brown Podzolics were found in the deeply decalcified soils.

The second or Houten system (± 1200 B.C.). Weakly developed Gray Brown Podzolics or soils with a colour-B. Soils of this system as a rule are decalcified down to 50–70 cm and deeply homogenized.

The youngest or Kromme Rijn system (before ± 1165 A.D.). Decalcification reaches about 10 cm. Soils are not or shallowly homogenized.

The Gray Brown Podzolic concept of this region is follows:

A_1 – somewhat coarse sandy, weakly humose, about 12% clay (past <2 mu)

A_2 – slightly lighter textured coarse sandy, grey specks on structural faces. This layer may be indistinct or absent in arable land sharply merging into:

B_1 – brown, coarse sandy; weakly developed coatings on vertical faces of the rounded blocky structural elements. Gradually merging into:

B_{2t} – brown, coarse sandy, 16–18% clay well developed coatings on all faces of the rounded blocky structural elements. Sharply merging into:

B_3 – brown, coarse sandy, 8–12% clay, coatings at least on all faces of the indistinct structural elements, but present in worm and root voids; sticky when wet, easily separated in clay and coarse sand by rubbing.

C_1 – pale-brown, coarse sandy, less than 8% clay, less sticky;
C_2 – in the subsoil alternating coarse gravelly and fine sandy layers, sometimes clay layers occurring within ± 120 cm; deeper sometimes lime-rich layer in sand of varying grain size.

It was found that the river ridge soils of this region with a topsoil of 18–25% clay, merging between 50 and 80 cm into loose coarse sand are well-disposed to Gray Brown Podzolic formation on the condition that soil is well-drained, well-homogenized and deeply decalcified. Ten profiles with Gray Brown Podzolic features have been described and analysed granulometrically and chemically.

11. LITERATUUR

Bennema, J., 1954: Bodem en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. Boor en Spade *VII*, 1–96. Diss. Wageningen.

Demolon, A., 1938: Dynamique du sol. Paris 2me ed.

Edelman. C. H. e.a., 1950: Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk, 's-Gravenhage. Versl. Landbouwk. Onderz. no. 56.18. De bodemkartering van Nederland, dl. *7*.

Hoeksema, K. J. and C. H. Edelman, 1960: The role of biological homogenization in the formation and transformation of gray-brown podzolic soils. Transact. 7th Int. Congress of Soil Sci., Madison. Vol. *IV*, 402–405.

Koenigs, F. F. R., 1949: Een bodemkartering van de omgeving van Azewijn, 's-Gravenhage. Versl. Landbouwk. Onderz. no. 54.17. De bodemkartering van Nederland, dl. *3*.

Pijls, F. W. G., 1948: Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam. 's-Gravenhage. Versl. Landbouwk. Onderz. no. 54.1. De bodemkartering van Nederland, dl. *1*. Diss. Wageningen.

Schelling, J., 1959: Doel en principe van de moderne bodemclassificatie. Landbouwk. Tijdschr. *71*, 737–743.

Tavernier, R. and G. D. Smith, 1957: The concept of Braunerde (Brown Forest × Soil) in Europa and the United States. Advances in agronomy *9*, 217–289.

Thorp, J. and G. D. Smith, 1949: Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil groups. Soil Science *67*, 117–126.

12. PROFIELBESCHRIJVINGEN EN ANALYSERESULTATEN

Sterke Gray Brown Podzolic ontwikkeling.
Het profiel werd bemonsterd in een afgraving voor zandwinning in een door boomgaarden omgeven graslandperceel. Hollende Wagen t.o. huisnummer 13. De bovenste 2 à 3 cm van het profiel bestaat uit gemorst grof zand van de zandwinning en werd buiten beschouwing gelaten (kaartblad 39A, coördinaten 145.000 W/O en 447.400 Z/N).

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–8	A_1	bruin (10YR 5/3) sterk kleiig, grof zand met enkele grijze vlekken en roestspikkels, beworteld (L91), geleidelijk onregelmatig begrensd met
8–22	$A_{1(2)}$	bruin (10YR 4/3) sterk kleiig, grof zand; beworteld, geen kleihuidjes en slechts plaatselijk humuscoatings; zwak prismatische, plaatselijk dun platige structuur; openwrijfbaar (L92), vlakke scherpe begrenzing met
22–30	B_1	bruine (10YR 4/3, gewreven 5/3) sterk grofzandige, lichte klei; prismatische tot kubische structuur met op alle vlakken coatings, door druk uiteenvallend tot zeer kleine afgerond fijnblokkige elementen; openwrijfbaar, niet vast (L93), geleidelijke vlakke begrenzing met
30–50	B_{2t}	donkerbruine (10YR 3/3, gewreven 5/3) matig grofzandige klei, volledige en sterke coatings op alle vlakken en vlakjes van de grof prismatische structuur, uiteenvallend door druk

		in afgerond fijnblokkig; poreus, openwrijfbaar, doch vast (L94), geleidelijke vlakke begrenzing met
50–70	B_3	donkerbruine (10YR 3/3, gewreven 4/3) sterk grofzandige, lichte klei met zwakke prismatische tot afgerond blokkige structuur, uiteenvallend in granulairen; zwakke coatings, niet continu; plakkend tot sterk plakkend in vochtige toestand (L95), scherp en vlak begrensd met
70+	C_1	fletsbruin (10YR 5½/3), grof zand, gelaagd met soms kleiiger, soms grindhoudende laagjes (L96).

L284/287
Het profiel ligt tussen de Tuurdijk en het Amsterdam-Rijnkanaal. Het profiel behoort tot het middelste systeem, is geheel kalkrijk en zou als kleur-B-profiel kunnen worden aangeduid.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–15	A_1	zeer donker grijsbruine (10YR 3½/2) fijnzandige lichte klei, humeus, kalkrijk (L284), geleidelijke regelmatige begrenzing met
15–40	C_{21}	donker grijsbruine (10YR 4/2½) fijnzandige, lichte klei, (gewreven bruin 10YR 4/3), zeer veel dierlijke activiteit, veel humuscoatings op de zwakke structuurelementen (kleur-B-laag) (L285), vlakke regelmatige begrenzing met
40–62	C_{22}	overgangslaag met plaatselijk zwaardere of lichtere gedeelten, gemengd C_{21} en C_{23}, bruin (10YR 4/3) als matrix met matig veel duidelijke donker geelbruine (10YR 3/6) roestvlekken (L286), vlakke regelmatige begrenzing met
62+	C_{23}	gelaagd fletsbruin en licht bruingrijs (10YR 6/3 en 2.5Y 6/3), kleiig zand met matige, duidelijke, fijne, bruingele (10YR 6/8) roestvlekken (L287).

L280/283
Het profiel werd beschreven aan de Hollende Wagen en vertoont een Gray Brown Podzolic met sterke huidjes, doch op 60 cm is het bodemmateriaal kalkrijk. Kaartblad 39A, coördinaten W/O 145.150, Z/N 446.900.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–20	A_p	zeer donker grijsbruine (10YR 3½/2) zwak humeuze lichte klei, iets grofzandig; afgerond blokkige structuur met humushuidjes (L280) geleidelijke regelmatige begrenzing met
20–45	B_1	bruine (10YR 4/3) iets grofzandige klei; grove en fijne afgerond blokkige structuur met eerst humeuze huidjes en dieper kleihuidjes; gewreven bruin (10YR 4½/3); huidjes alleen op verticale wanden, niet op de horizontale en niet continu (L281), scherpe vlakke begrenzing met
45–60	B_{2t}	donker grijsbruine (10YR 4/2), gewreven bruine (10YR 5/3) klei; zeer vast, stug en hard; grofzandig; grove sterke afgeronde en scherp blokkige structuur, dikke huidjes, beworteling op de structuurvlakken (L282), geleidelijke matig scherpe begrenzing met
60–85	C_{21}	sterk gevlekte, donkerbruine en zeer fletsbruine (10YR 3/3 en 7/4) kalkrijke lichte klei (L283), onregelmatig golvend begrensd met
85+	C_{22}	geelbruin (10YR 5/4) kalkrijk fijn zand.

L276/279
Zwakke Gray Brown Podzolic ontwikkeling
Het profiel werd beschreven in een boomgaard tegenover de bocht van de Oude Kromme Rijn tussen Cothen en Werkhoven. Kaartblad 39A, coördinaten W/O 147.150, Z/N 445.350.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–22	A_{pg}	donker grijsbruine tot donker geelbruine (10YR 4/2 en 4/4) klei, zwak humeus, iets bijgemengd met grof zand door

		homogenisatie; zeer fijn en bont roestig gevlekt (L276), geleidelijke regelmatige begrenzing met
22–40	$IIC_{11}(B_{2t})$	donkerbruine (7.5YR 4/3) plakkerige lichte grofzandige klei met enkele lichtbruine roestvlekken langs wortels; (gewreven bruin, 10YR 4/3), zwakke structuur afgerond fijnblokkig met op veel vlakken kleihuidjes, doch niet of zwak op horizontale vlakken; poreus (L277), door vlak grindlaagje begrensd met
40–51	$IIC_{12}(B_3)$	donkerbruin (7.5YR 4/3), grofzandig kleiig zand, gewreven donker geelbruin (10YR 4/4); zwak gelaagde horizont met discontinue huidjes en langs dikke wortelgangen B_{2t}-materiaal (L278), vlakke scherpe begrenzing door een iets verijzerd kleibandje van 2 mm dikte, dat roodbruin is gekleurd
51–68	$IIC_{13g}(C_{11})$	diepbruin en geelbruin (7.5YR en 10YR 5/6) gelaagd zeer grof en fijn zand (M50 resp. 180 en 800) soms iets met klei vermengd, met donkeroranje (5YR 4/4 + 4/8) gekleurde horizontale roeststrepen en verticale roestvlammen; kleiiger laagjes sterker roestig dan zandiger laagjes, grindlaagjes soms blond (L279)
68+	$IIC_{14g}(C_{12})$	donker geelbruin en geelbruin (10YR 4/4 en 5/6) matig grof, kleiig zand, plakkerig door lutum, met oranje (5YR 6/6) roestvlammen; sterk gelaagde horizont, waarbij zeer grof tot fijn zand voorkomt.

L272/275
Bemonsterd in een bietenperceel aan de Achterdijk. Kaartblad 39A, coördinaten W/O 142.500, Z/N 449.850.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–20	A_1	donker grijsbruine (10YR 4/2) lichte klei, gewreven: bruin (10YR 4/3); zwak humeus; bovenin losse structuur, onderin vast in de ploegzool (L272), scherpe, vlakke begrenzing met
20–48	B_{2tg}	donker grijsbruine (10YR 4/2) fijnzandige klei, gewreven bruin (10YR 4/3); matig, duidelijk en scherp begrensde (donkerbruine 7.5YR 4/4–5/6) roestvlekken; huidjes niet continu op de verticale structuurvlakken, doorschemerende, doch wel duidelijk aanwezige roestvlekking; structuur grof prismatisch, bij geringe druk uiteenvallend in afgerond fijnblokkig (L273), scherpe, vlakke begrenzing met
48–75	B_3	donker grijsbruin (10YR 4/2), zeer grof kleiig zand, gewreven bruin (10YR 4/3) met kleicoatings om de zandkorrels; klevend, niet plastisch; gelaagd; plaatselijk zeer grof; poreus, in de grove poriën coatings; een vage, zwakke onduidelijke, donkerbruine (7.5YR 4/6) roestvlekking (L274)
75+	C_1	fletsbruin (10YR 6/3) grof tot zeer grof zand met grindrijke lagen afwisselend, gelaagd, structuurloos (L275).

L206/210
Het profiel werd beschreven in een boomgaard met grasland aan de Tuurdijk. Kaartblad 39A, coördinaten W/O 136.350, Z/W 446.030. Vroeger is hier zand gegraven. Het land ligt ongelijk.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–17	A_1	zeer donker grijsbruine (10YR 3/2) zwak humeuze, lichte klei; dichte vaste structuur, zwakke roestvlekking (L206), scherpe vlakke begrenzing met
17–43	B_1	donkerbruine (7.5YR 4/3) lichte klei, iets grofzandig, zwak prismatische, vrij dichte structuur, zwakke huidjes (L207), scherpe vlakke begrenzing met
43–70	B_{2t}	donkerbruine (7.5YR 4/3) klei; toenemend grofzandig met betrekkelijk weinig huidjes voor een B_2-laag; afgerond blokkige structuur, uiteenvallend bij druk in fijnere elementen (L208), scherpe vlakke begrenzing met
70–90	C_1	donkerbruin (7.5YR 4/3) tot grijsbruin (10YR 5/2) roestig structuurloos grof zand (L209), scherpe vlakke begrenzing met

90+	C_2	grijsbruin (2.5YR 5/2) structuurloos, grof kalkrijk zand, met bruingele (10YR 6/6) roestvlekking (L210).

L201/205
De profielbeschrijving werd gemaakt in een zandkuil in een weiland aan de Hollende Wagen ten zuiden van Werkhoven. Kaartblad 39A, coördinaten O/W 145.110, Z/N 446.500.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–5/8	A_{1p}	zeer donker grijsbruin (10YR 3/2) zwak humeus, grof kleiig zand van de ondergrond (grove fractie waarschijnlijk door afgraving toegevoegd) met tamelijk veel graswortels doorgroeid, onregelmatige vlakke begrenzing met
5/8–15	A_2/B_1	donkerbruin (10YR 3/3), droog fletsbruin (10YR 6/3) kleiig, matig fijn zand; plaatselijk een dun platige structuur, waar deze afwezig is, zijn enkele vage coatings op verticale vlakken aanwezig, doch naar de diepte snel toenemend en dan ook op horizontale vlakken; grof prismatische structuur, uiteenvallend in kleinere scherpe prismata (L201), geleidelijke vlakke begrenzing met
15–40	B_{2t}	donkerbruin (7.5YR 4/3) droog bruin (10YR 5/3) kleiig zand tot fijnzandige klei; zwakke prismatische structuur, die vaak horizontaal onderbroken is, coatings op alle structuurvlakken en in gangen en holten (gewreven kleur donker geelbruin 10YR 4/4), behalve op zeer grove zandkorrels; een onregelmatige iets gelere vlekking in de matrix, die de laag een gespikkeld uiterlijk geeft; poreus (L202), geleidelijke vlakke begrenzing met
40–60	B_3	bruin (10YR 4/3) droog, licht geelbruin (10YR 6/4) kleiig matig fijn zand; met zwakke blokkige structuur, uiteenvallend in kleine scherpe prismata tot blokjes en veel los zand; zwak klevend, niet plastisch; plaatselijk voornamelijk op verticale vlakken (donkerbruine 7.5YR 4/4) coatings vooral tegen de C_1-laag aan in een bruinere laag geconcentreerd, die iets vaster (kleiiger) is, enkele mica's (L203), scherpe vlakke begrenzing met
60–92	C_{11}	donkerbruin (7.5YR 4/3), grofzandig, zwak kleiig zand met grote verticale roestvlekken (tot donker roodbruin 2.5YR 3/4 gekleurd) en een scheef staande gelaagdheid in NZ-richting, die zich aftekent door grove lagen, klevend, niet plastisch, structuurloos, alleen gelaagd, veel mica (L203), scherpe vlakke begrenzing met
92–122	C_{12}	geelbruin (10YR 5/4), fijn (zwak kleiig) zand; structuurloos, mica's (L204), scherpe vlakke begrenzing met
122–136	C_{21}	grijsbruine (2.5Y 5/2), fijnzandige lichte klei; kalkrijk; afwisselend gelaagd met zeer dunne laagjes fijn zand; plaatselijk een licht olijfbruine (2.5Y 5/6) vlekking in de kleilaag, scherpe vlakke begrenzing met
136+	C_{22}	licht geelbruin (10YR 6/4) kalkrijk matig fijn zand, mica's (L205).

L196/200
Het profiel werd beschreven in een weide van boerderij Oosterlaak (Houten). Het weiland is ten dele afgegraven voor zandwinning. Kaartblad 39A, coördinaten O/W 144.350, Z/N 446.020.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–15	A_{1p}	donker grijsbruin (10YR 4/2) zwak humeus kleiig zand; sterk beworteld; kruimelstructuur; zwak klevend, iets plastisch (L196), scherpe zwak golvende begrenzing met
15–50	B_{2t}	donkerbruin (10YR 3½/3) fijn kleiig zand tot lichte zandige klei met op alle verticale en vrijwel alle horizontale vlakken coatings (gewreven kleur 10YR 5/4); zwakke prismatische structuur, uiteenvallend bij druk in scherpe kruimels; zwak klevend, niet plastisch; structuur wordt grover naar diepte

		toe, vlakken niet horizontaal, doch scheef verlopend; poreus (L197), geleidelijke vlakke begrenzing met
50–70	B_3	donkerbruin (10YR 3/3) matig fijn kleiig zand, met in de grotere poriën continu coatings; op verticale vlakken en kleinere poriën niet aaneengesloten, op horizontale vlakken verspreide coatings; enkele kleinere lichtere bruingele (10YR 6/6) vaag begrensde vlekken in deze laag; zwakke grof prismatische structuur, die in onregelmatige kruimels uiteenvalt; zwak klevend, niet plastisch (L198), scherpe vlakke begrenzing met
70–110	C_{21g}	geelbruin (10YR 5/4) en licht bruingrijs (6/2) gevlekt matig fijn zand, (vlekking duidelijk sterk fijn) enkele roestvlammen, structuurloos, scherpe vlakke begrenzing met
110–120	C_{22g}	grijsbruine (2.5Y 5/2) lichte zandige klei met kleiiger en meer geroeste laag die grijsbruin (10YR 5/2½) is gekleurd (L199), geleidelijke vlakke begrenzing met
120+	C_{23}	licht bruingrijs (2.5Y 6/2) grof zand met kleilaag op 125–132 cm van licht olijfgrijze (5Y 6/2) kleur (L200).

L69/74
Het profiel werd beschreven in een boomgaard met grasland in het NW quadrant bij de Kruisweg, gemeente Houten. Kaartblad 39A, coördinaten W/O 140.950, Z/N 448.790.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–12	A_1	donker grijsbruin (10YR 4/2) zwak humeus sterk kleiig, grof zand; structuurloos, zoderoest, beworteld (L69), geleidelijke golvende begrenzing met
12–40	B_1	donker grijsbruin (10YR 4/2½) sterk kleiig, grof zand, zwak beworteld, fijne afgerond blokkige structuur, veel duidelijke roestvlekking (L70), scherpe, regelmatige begrenzing met
40–62	B_{2tg}	donker grijsbruin (10YR 4/2, gewreven 4/3) kleiig, grof zand; fijne afgerond blokkige structuur, poreus, op alle vlakken huidjes doch niet in sterke mate (L71) scherpe regelmatige begrenzing met
62–75	BC	overgangslaag, bruin (7.5YR 4/3) zwak kleiig, grof zand; door dierlijke activiteit enige kleiiger pijpen in het zand; structuurloos (L72), scherpe, regelmatige begrenzing met
75–100	C_{11g}	aanvankelijk donkerbruine (7.5YR 4/4), dieper donker grijsbruine (2.5Y 4/2) roestige lichte zandige klei, enigszins gelaagd (licht, zwaarder, licht) en door dierlijke activiteit van zandbanen voorzien (L73), geleidelijke regelmatige begrenzing met
100–160	C_{12}	lichtgrijs (10YR 7/2) en donkerbruin (7.5YR 4/3) gelaagd pakket, de eerste kleuren voor zandiger lagen, de tweede voor kleiiger lagen die plakkend zijn; grofzandig in toenemende mate (L74)
160–±190	C_2	lichtgrijs (10YR 7/2) kalkrijk, grof zand (boring)
190	G	grijsbruin (2.5Y 5/2), kalkrijk, grof zand (boring).

L211/213
Het profiel ligt ten noorden van Bunnik, aan de weg Bunnik–De Bilt (Tolakkerlaan) nabij het K.I.-station. De beschrijving werd gemaakt in een jonge boomgaard (geplant 1959). In het zuidelijke deel van het perceel is over de eerste 50 cm zand afgegraven en werd de bovenlaag teruggestort. De profielbeschrijving werd in het niet afgegraven deel gemaakt. Kaartblad 32C, coördinaten O/W 141.950, Z/N 454.700.

Diepte in cm	Horizont	Beschrijving
0–23	A_{1p}	een door grondbewerking vermengde bovengrond van grofzandig, humeus, kleiig zand (nat, zeer donker grijsbruin 10YR 3½/2), kluiten van B-laag aanwezig (L211), scherp, zwak golvende begrenzing met
23–50 à 70	$B_{2t(g)}$	donkerbruine (7.5YR 4/3) grove zandige klei met sterke coatings op horizontale en verticale vlakken alleen de grofste zandkorrels gedeeltelijk bedekt (gewreven kleur donkerbruin

		7.5YR 4/4); sterk klevend, niet plastisch, vrij veel wortel- en wormgangen, waarin veel coatings; enkele wortelgangen gevuld met humusinspoelingsmateriaal uit de A_{1p}; tussen 30 en 45 cm een laag met grijze (10YR 6/1) vlakken, die op horizontale doorsnede ½ cm dik en op verticale wanden 2½–4 cm lang zijn, omgeven door dunne roodbruine rondjes; enkele wormnesten, gevuld met zwartbruine excrementen. Structuur zwak prismatisch met scherpe ribben. Na 50 cm enkele grofzandige laagjes (L212), sterk golvende, vage begrenzing met
50 à 70–97	BC	bruin (10YR 4/3) kleiig grof zand, coatings in gangen en verticale vlakken eerst continu, later minder aaneengesloten, waardoor dieper ook fijnere zandkorrels niet meer geheel bedekt zijn. Horizontale structuurvlakken, plaatselijk door huidjes bedekt; zeer poreuze laag; sterk klevend, niet plastisch; zwakke fijn prismatische structuur. Plaatselijk (80 à 85 cm diep) een uiterst vettig, sterk glimmend laagje met verspreide, soms continu zwarte vlekken als in een ijzerinspoelingslaagje in een uiterst grofzandige laag
97–150	C_1	licht geelbruin (10YR 6/4) grof en zeer grof zand met enkele kleiige laagjes (L213)
150+	G	fletsbruin (10YR 5/3) grof zand met veel bonte rossig gekleurde korrels.

Analyseresultaten van profiel L91/96: Werkhoven, Hollende Wagen (Werkhovense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L91/96: Werkhoven, Hollende Wagen (Werkhoven system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						2 mu / 16 mu × 100
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L91	0– 8	A_1	4,1	–	2,3	24	74	12	13	11	7	5	52	48
2	8–22	$A_{1(2)}$	3,8	–	1,0	21	78	10	11	21	7	3,5	47	48
3	22–30	B_1	3,7	–	0,7	25	74	14	12	19	8	2,5	45	54
4	30–50	B_{2t}	3,7	–	0,4	20	80	16	4	4	1,5	2	73	80
5	50–70	B_3	3,8	–	0,7	17	82	11	7	–	1,5	1	80	61
6	70+	C_1	4,0	–	0,6	6	93	4	2,5	–	0,4	1,5	91	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H ions*	% basen verzadiging *% base saturation*
			Na	K	Mg	Ca	H		
L91	0– 8	A_1	0,1	0,5	0,7	3,9	4,5	9,7	54
2	8–22	$A_{1(2)}$	0,1	0,7	0,4	2,6	4,7	8,5	45
3	22–30	B_1	0,1	0,3	0,6	3,5	4,8	9,3	49
4	30–50	B_{2t}	0,1	0,1	0,9	5,1	4,1	10,3	60
5	50–70	B_3	0,1	0,1	0,6	3,2	3,0	7,0	57
6	70+	C_1	0,0	0,0	0,3	2,0	1,3	3,6	64

Analyseresultaten van profiel L284/287: tussen de Tuurdijk en het Amsterdam-Rijnkanaal (Houtense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L284/287: between the Tuurdijk and the Amsterdam-Rijnkanaal (Houten system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{\text{2–16 mu}}{\text{<16 mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	< 2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L284	0–15	A_1	7,3	1,0	2,6	30	66	17	14	24	12	11	22	55
L285	15–40	C_{21}	7,4	2,1	1,2	34	63	22	13	24	15	11	15	62
L286	40–62	C_{22}	7,7	6,0	0,6	11	82	11	1,5	2,5	10	21	54	88
L287	62+	C_{23}	8,2	6,5	0,4	5	88	3,5	2	2,5	6	16	70	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaal kationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basen verzadiging *% base saturation*	C-el	N-tot.
			Na	K	Mg	Ca	H				
L284	0–15	A_1	0,1	0,1	0,3	17,3	0,9	18,4	95	1,4	0,15
L285	15–40	C_{21}	0,1	0,2	0,6	18,8	0,6	20,3	97		
L286	40–62	C_{22}	0,0	0,1	0,1	8,8	0,2	9,3	95		
L287	62+	C_{23}	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	–	–		

Analyseresultaten van profiel L280/283: Werkhoven, Hollende Wagen (zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L280/283: Werkhoven, Hollende Wagen (for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{<16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L280	0–20	A_p	4,9	–	1,4	32	67	18	14	23	13	10	22	56
L281	20–45	B_1	4,9	–	1,0	34	65	21	13	18	13	13	22	62
L282	45–60	B_{2t}	5,3	–	0,8	33	66	21	13	23	13	11	20	62
L283	60–85	C_{21}	7,7	13,5	0,5	31	68	13	18	16	27	21	14	42

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaal kationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basen verzadiging *% base saturation*	C-el	N-tot.
			Na	K	Mg	Ca	H				
L280	0–20	A_p	0,1	0,1	0,8	10,3	2,2	13,5	84	0,8	0,09
L281	20–45	B_1	0,1	0,2	1,3	12,8	2,1	16,5	88		
L282	45–60	B_{2t}	0,1	0,2	1,2	12,9	1,8	16,2	89		
L283	60–85	C_{21}	0,2	0,1	0,3	11,1	0,5	12,2	96		

Analyseresultaten van profiel L276/279: Cothen, Smidsdijk (zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L276/279: Cothen, Smidsdijk (for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L276	0–22	A_{pg}	4,3	–	1,6	26	72	15	12	22	13	11	27	55
L277	22–40	$C_{11}(B_{2t})$	4,2	–	0,8	19	80	18	1	11	7	6	56	95
L278	40–51	$C_{12}(B_3)$	4,3	–	0,7	5	94	4,5	1	1	0,4	0,5	93	–
L279	51–68	$C_{13g}(C_{11})$	4,4	–	0,7	5	94	4	1	2	2,5	4	86	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basenverzadiging *% base saturation*	Kationen waarde *Cat-ions value*	C-el	N-tot.
			Na	K	Mg	Ca	H					
L276	0–22	A_{pg}	0,2	0,3	0,5	6,5	3,8	11,3	10,7	67	1,3	0,09
L277	22–40	$C_{11}(B_{2t})$	0,1	0,1	0,7	8,1	2,6	11,6	11,6	78		
L278	40–51	$C_{12}(B_3)$	0,0	0,0	0,0	2,5	1,2	–	3,9			
L279	51–68	$C_{13g}(C_{11})$	0,0	0,0	0,0	2,3	1,0	–	2,7			

Analyseresultaten van profiel L272/275: Werkhoven, Achterdijk (Werkhovense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L272/275: Werkhoven, Achterdijk (Werkhoven system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{\vee 16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L272	0–20	A_1	4,8	–	4,5	46	50	28	20	20	7	3	22	58
L273	20–48	B_{2tg}	4,0	–	1,3	48	51	34	15	33	11	4	4	70
L274	48–75	B_3	4,4	–	1,1	8	91	8	1	1	2	2,5	86	89
L275	75+	C_1	4,7	–	0,6	3	96	1,5	1	0	0,4	1	96	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting m. eq./100 g *Attached cat-ions*					Totaal kationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basenverzadiging *% base saturation*	Kationenwaarde *Cat-ions value*	K-fix. *K-fix.*	C-el	N. tot.	C/N
			Na	K	Mg	Ca	H							
L272	0–20	A_1	0,1	0,3	2,1	16,8	5,1	24,4	79	22,2	34	2,3	0,23	10
L273	20–48	B_{2sg}	0,2	0,3	3,2	16,3	4,6	24,6	81	23,1	43			
L274	48–75	B_3	0,1	0,1	0,6	3,8	1,0	5,6	82	4,6				
L275	75+	C_1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3	–	–	1,2				

Analyseresultaten van profiel L206/210: Houten, Tuurdijk (Houtense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L206/210: Houten, Tuurdijk (Houten system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L206	0– 17	A_1	4,6	–	4,0	21	75	12	10	17	15	10	36	55
L207	17– 43	B_1	4,5	–	1,2	22	77	15	7	21	15	12	31	68
L208	43– 70	B_{2t}	4,3	–	0,8	21	78	14	7	12	13	10	44	66
L209	70– 90	C_1	4,7	–	0,8	10	89	7	3	6	7	15	63	–
L210	90–120	C_2	7,4	8,8	0,4	5	86	3	2,5	2,5	6	15	70	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	Kationenwaarde *Cat-ions value*	% basen verzadiging *% base saturation*
			Na	K	Mg	Ca	H			
L206	0– 17	A_1	0,1	0,1	1,1	7,8	5,3	14,4	12,5	63
L207	17– 43	B_1	0,1	0,1	1,6	8,4	3,2	13,4	11,9	76
L208	43– 70	B_{2t}	0,1	0,1	1,5	8,4	2,8	12,9	11,8	78
L209	70– 90	C_1	0,1	0,0	0,8	4,3	1,5	6,7	5,9	–
L210	90–120	C_2	0,0	0,0	0,2	3,4	0,2	3,8	3,8	–

Analyseresultaten van profiel L201/205: Werkhoven, Hollende Wagen (Werkhovense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L201/205: Werkhoven, Hollende Wagen (Werkhoven system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{\text{2 mu}}{\text{16 mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L201	0– 15	A_1	4,2	–	2,2	27	71	16	11	16	7	4,5	46	59
L202	15– 58	B_t	4,2	–	0,8	20	79	17	3,5	4	2,5	4,5	69	34
L203	58– 92	BC	4,6	–	0,8	7	92	5	1,5	3	0,5	2	87	–
L204	92–122	C_{21}	7,7	4,8	0,2	4	91	3	0,5	2,5	6	12	76	–
L205	136–150	C_{22}	8,0	7,9	1,3	4	87	3	1	0,5	3	22	70	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H ions*	Kationenwaarde *Cat-ions value*	% basen verzadiging *% base saturation*
			Na	K	Mg	Ca	H			
L201	0– 15	A_1	0,1	0,1	1,2	7,5	5,0	13,9	11,9	64
L202	15– 58	B_t	0,2	0,1	1,5	9,4	3,1	14,3	10,6	78
L203	58– 92	BC	0,1	0,0	0,9	3,5	1,3	5,8	4,4	78
L204	92–122	C_{21}	0,1	0,0	0,2	3,1	0,2	2,6	3,8	92
L205	136–150	C_{22}	0,0	0,0	0,1	2,0	0,2	2,3	3,3	91

Analyseresultaten van profiel L196/200: Houten bij boerderij Oosterlaak (Werkhovenste systeem zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L196/200: Houten (Werkhoven system for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L196	0– 15	A_1	5,4	–	5,7	24	70	15	11	19	10	10	37	57
L197	15– 50	B_t	4,5	–	1,8	26	72	16	10	16	10	12	36	62
L198	50– 70	B_3	4,5	–	0,7	11	88	8	3,5	4	5	7	73	69
L199	110–120	C_{21g}	7,6	7,0	0,5	4	89	3	1	3	7	19	67	–
L200	120+	C_{22g}	8,1	4,9	0,3	3	92	2,5	0,5	3,5	4	11	79	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	Kationenwaarde *Cat-ions value*	% basenverzadiging *% base saturation*
			Na	K	Mg	Ca	H			
L196	0– 15	A_1	0,2	1,1	2,1	10,7	4,3	18,4	16,5	77
L197	15– 50	B_t	0,2	0,5	1,5	11,1	3,6	16,9	13,0	79
L198	50– 70	B_3	0,1	0,2	0,9	4,2	1,7	7,1	6,4	76
L199	110–120	C_{21g}	0,1	0,0	0,2	2,4	0,2	2,9	3,6	93
L200	120+	C_{22g}	0,1	0,0	0,1	2,1	0,1	2,4	1,9	96

Analyseresultaten van profiel L69/74: Houten, Kruisweg (Houtense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L69/74: Houten, Kruisweg (Houten system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{<16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L69	0– 12	A_1	5,5	–	3,6	18	78	10	9	18	11	8	45	53
L70	12– 40	B_1	5,0	–	1,1	20	79	11	10	14	10	8	47	52
L71	40– 62	B^2_{tg}	4,5	–	0,8	21	78	14	7	13	7	5	54	66
L72	62– 75	BC	4,7	–	0,4	9	91	5	4	9	4,5	5	72	–
L73	75–100	C_{11g}	4,4	–	0,5	31	69	18	13	32	23	6	7	58
L74	100–160	C_{12g}	4,7	–	1,0	9	90	6	2,5	4	10	18	60	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaalkationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basenverzadiging *% base saturation*
			Na	K	Mg	Ca	H		
L69	0– 12	A_1	0,1	0,4	0,6	8,4	2,7	12,2	78
L70	12– 40	B_1	0,1	0,2	0,8	7,1	1,9	10,1	81
L71	40– 62	B_{2tg}	0,2	0,1	1,1	9,1	2,0	12,5	84
L72	62– 75	BC	0,1	0,1	0,5	3,6	0,9	5,2	83
L73	75–100	C_{11g}	–	–	–	–	–	–	–
L74	100–160	C_{12g}	–	–	–	–	–	–	–

Analyseresultaten van profiel L211/213: Bunnik, Tolakkerlaan (Werkhovense systeem, zie ook fig. 1).
Results of analyses of profile L211/213: Bunnik, Tolakkerlaan (Werkhoven system, for position see fig. 1).

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	pH/KCl	In perc. van de grond *In perc. of the soil*				In perc. van de minerale delen *In perc. of the mineral fraction*						$\frac{2\text{ mu}}{16\text{ mu}} \times 100$
				$CaCO_3$	Humus	<16 mu	Tot. zand *Tot. sand*	<2 mu	2–16 mu	16–50 mu	50–105 mu	105–150 mu	>150 mu	
L211	0– 23	A_{1p}	5,1	–	3,0	17	80	9	8	14	12	5	52	53
L212	23– 70	B_{2t}	3,6	–	0,8	26	73	14	12	20	17	8	29	54
L213	97–120	C_1	4,7	–	0,5	4	96	2	1,5	–	0,4	1	95	–

Monsternummer *Number of sample*	Diepte in cm ben. maaiveld *Depth in cm below surface*	Horizont *Horizon*	Kationenbezetting (m. eq./100 g) *Attached cat-ions*					Totaal kationen + H-ionen *Total cat-ions + H-ions*	% basenverzadiging *% base saturation*	C-el	N. tot.	C/N
			Na	K	Mg	Ca	H					
L211	0– 23	A_{1p}	0,4	0,3	0,5	6,8	3,5	11,5	70	1,4	0,12	11,7
L212	23– 70	B_{2t}	0,2	0,1	0,4	4,1	4,3	9,1	53			
L213	97–120	C_1	0,0	0,0	0,4	1,2	0,6	2,2	73			

DE MICROMORFOLOGIE VAN ENIGE GRONDEN MET TEXTUUR-B-HORIZONTEN IN HET UTRECHTSE RIVIERKLEIGEBIED

THE MICROMORPHOLOGY OF SOME SOILS WITH TEXTURAL-B HORIZONS IN THE UTRECHT RIVER CLAY AREA

door/*by*

A. Jongerius [1]) **en/and A. Reijmerink** [1])

Om een nader inzicht te krijgen in het ontstaan van de textuur-B-horizonten van een deel der stroomgronden in het Utrechtse rivierkleigebied, werd een drietal door Van der Voorde beschreven profielen micromorfologisch onderzocht, te weten: [2])

Profiel L284–287: stroomgrond van het Houtense systeem, zonder textuur-B.
Profiel L69–74: stroomgrond van het Houtense systeem, met weinig geprononceerde textuur-B.
Profiel L91–96: stroomgrond van het Werkhovense systeem, met sterk geprononceerde textuur-B.

1. MICROMORFOLOGISCHE BESCHRIJVING VAN DE PROFIELEN

De hierbij vermelde benamingen en diepten van de horizonten zijn overgenomen uit de gegevens van Van der Voorde.

Profiel L284–287

Dit werd onderzocht van 0–75 cm beneden maaiveld aan de hand van 5 mammoet-slijpplaten (Jongerius en Heintzberger, 1963).

A_1 0–15 cm

Er komen geen structuurelementen voor met een hoge structuurgraad. De bovenste cm's zijn zwak kruimelig, dieper is de structuur afgerond-blokkig; de elementen zijn tot enige mm's groot. In gangen en holten liggen hier en daar kleine groepjes lutumrijke excrementjes van 30–100 mu diameter.

De niet-capillaire poriën bevinden zich voornamelijk in het kruimelige laagje; ze zijn zeer grillig omgrensd. Dieper is – met uitzondering van enkele doorlopende millimeters brede gangen – de niet-capillaire porositeit vrij laag en overwegend van het mesoporeuze type (foto's 1 en 2).

De kruimelige laag is zeer sterk microheterogeen, d.w.z. zij bestaat uit een mozaïek van kleiige gedeelten, die in min of meer afgeronde nestjes liggen, doch ook wel in langgerekte verticaal of boogvormig georiënteerde baantjes (dicht gedrukte wormgangen) en zeer zandige gedeelten die verticaal gericht zijn (opgevulde wormgangen). Dieper is de microheterogeniteit minder, doch nog steeds duidelijk zichtbaar (foto's 1 en 2). Vanaf ca. 12 cm beneden maaiveld is de heterogeniteit weer veel groter.

Het klei-humuscomplex van de kleirijke horizontgedeelten bestaat uit een microporeus, vlokkig mengsel van klei en zeer fijn verdeelde, doch ten dele nog slechts matig gehumificeerde organische stof. In opvallend licht heeft deze mull-massa een lichte okerkleur, wat wijst op de aanwezigheid van zeer fijn verdeeld geoxydeerd ijzer. Het klei-humuscomplex

[1]) Micropedoloog en assistent-micropedoloog bij de Stichting voor Bodemkartering.
[2]) Zie voor ligging, profielbeschrijvingen, analysecijfers en chemische gegevens fig. 1 en bijlage 1 van het voorgaande artikel van P. K. J. van der Voorde: Gronden met een textuur-B-horizont in de provincie Utrecht.

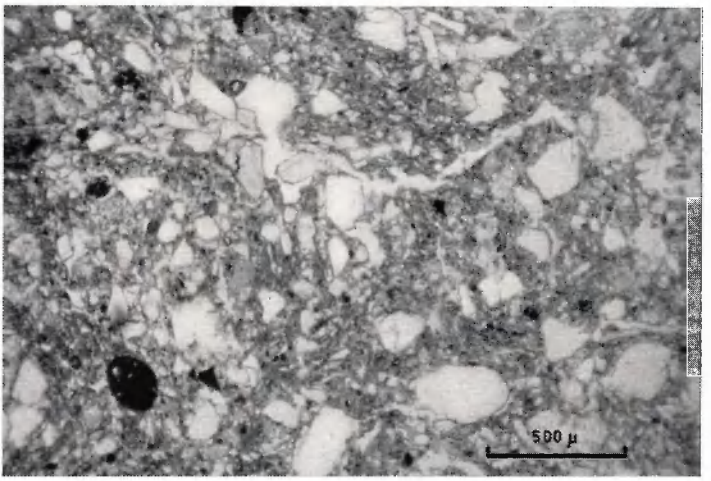


Foto 1.
Verticaal slijpplaatje uit de A_1-horizont van profiel L284–287 (± 10 cm beneden maaiveld). De structuur is tamelijk heterogeen: zandige nestjes wisselen af met mull-banen. De grond heeft weinig niet-capillaire poriën. Verspreid enige opake, scherp omgrensde roest-concreties (op de foto zwart).
Foto Stiboka no. 14507. Slijppl. no. G64.

Photo 1.
Vertically oriented thin section of the A_1-horizon of profile L284–287 (± 10 cm below surface). Structure is fairly heterogeneous: pockets of sandy material alternate with mull bands. Soil has few non-capillary pores. Scattered some opaque sharply confined iron oxide concretions (black on photograph).

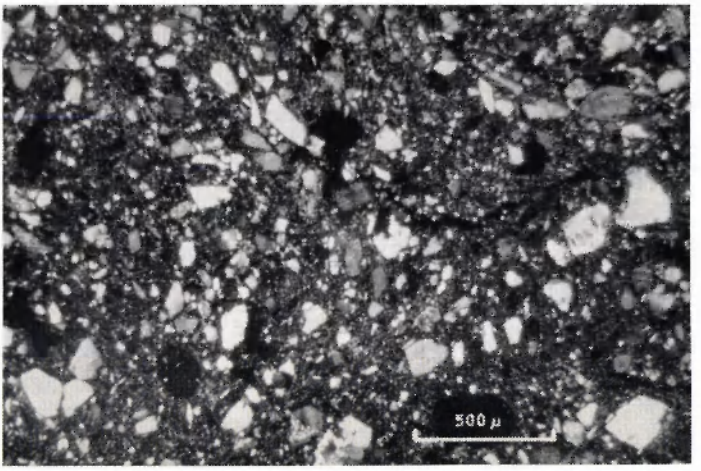


Foto 2.
Zelfde beeld als foto 1, bij gekruiste nicols. In de grondmassa een zeer zwakke plasma-oriëntatie.
Foto Stiboka no. 14716. Slijppl. no. G64.

Photo 2.
Same subject as photo 1, crossed nicols. A slight orientation of the plasma in the matrix.

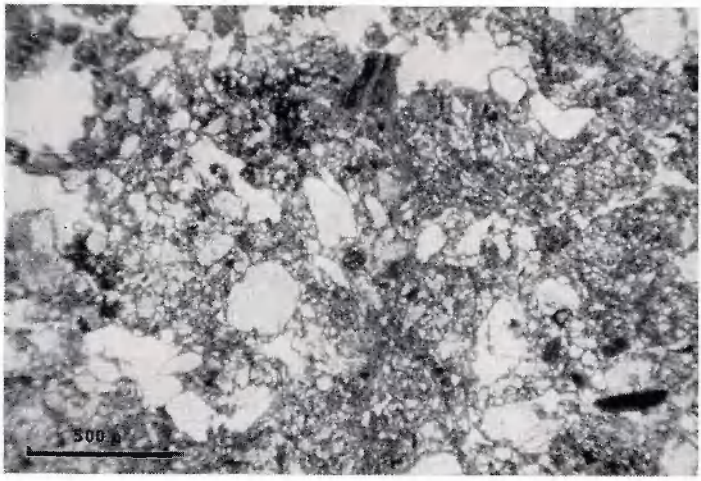


Foto 3.
Verticaal slijpplaatje uit de C-horizont van profiel L284–287, (± 40 cm beneden maaiveld). De structuur is grof-poreus. Verticaal loopt over het midden van de foto een smalle baan (grijs), bestaande uit een lutum-ijzer-concentratie. De donkere onregelmatige vlek aan de bovenzijde bevat veel roest.
Foto Stiboka no. 14508. Slijppl. no. G66.

Photo 3.
Vertically oriented thin section of the C horizon of profile L284–287 (± 40 cm below surface). Structure is coarsely porous. In centre a vertical narrow grey band of clay-iron concentration. The dark irregular mottle right at the top contains much iron oxide.

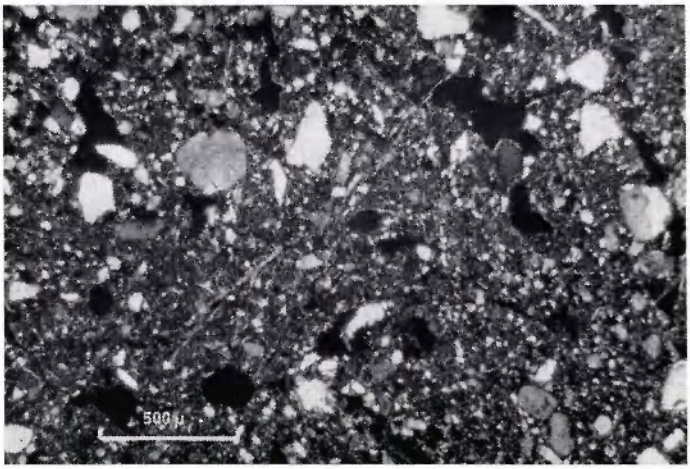


Foto 4.
Ongeveer hetzelfde beeld als van foto 3, doch nu bij gekruiste nicols. Het dubbelbrekende karakter van de lutum-ijzer-band is goed te zien. Langs holten duidelijke plasmaconcentraties.
Foto Stiboka no. 14717. Slijppl. no. G66.

Photo 4.
About the same subject as photo 3, crossed nicols. The birefringent character of the clay-iron band is well visible. Along cavities distinct plasma concentrations.

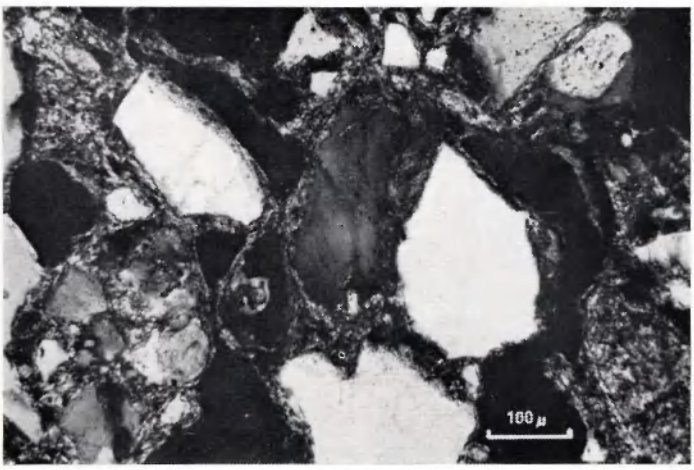


Foto 5.
Verticaal slijpplaatje uit de B_{2tg}-horizont van profiel L69–74. (± 50 cm beneden maaiveld). Gekruiste nicols. De grondmassa (o.m. links boven) vertoont een sterke dubbelbreking. Ook om de grotere zandkorrels sterk optisch georiënteerde lutum-ijzer-huidjes.
Foto Stiboka no. 14802. Slijppl. no. G72.

Photo 5.
Vertically oriented thin section of the B_{2tg} horizon of profile L69–74 (± 50 cm below surface). Crossed nicols. The matrix (a.o. at the top left) presents a powerfull birefringence. Optically oriented clay-iron coatings also around the bigger sand grains.

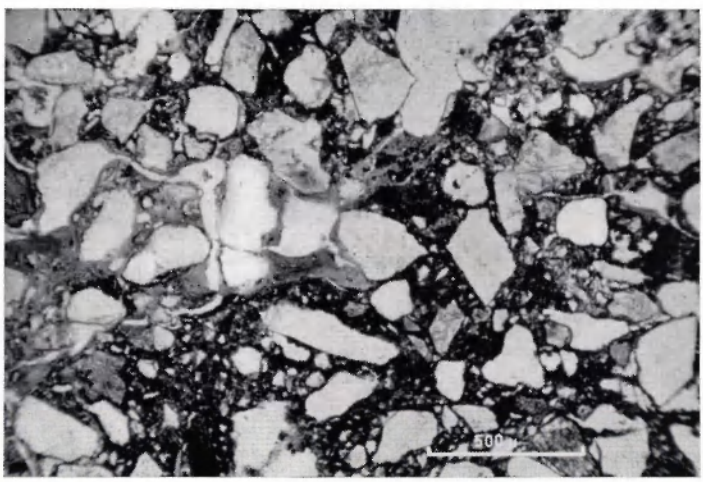


Foto 6.
Verticaal slijpplaatje van dezelfde diepte als foto 4. Het grijze materiaal links op de foto is een duidelijke incrustatie van lutum en fijn verdeelde ijzeroxyden. Het is omgeven door een grote roestconcentratie, die vrijwel opaak is (op de foto de donkere partijen tussen de zandkorrels).
Foto Stiboka no. 14510. Slijppl. no. G72.

Photo 6.
Vertically oriented thin section of the same depth as photo 4. The grey material left is an incrustation of clay and finely divided iron oxides. The incrustation is surrounded by a large concentration of almost opaque iron oxides (the dark fields between the sand on the photograph).

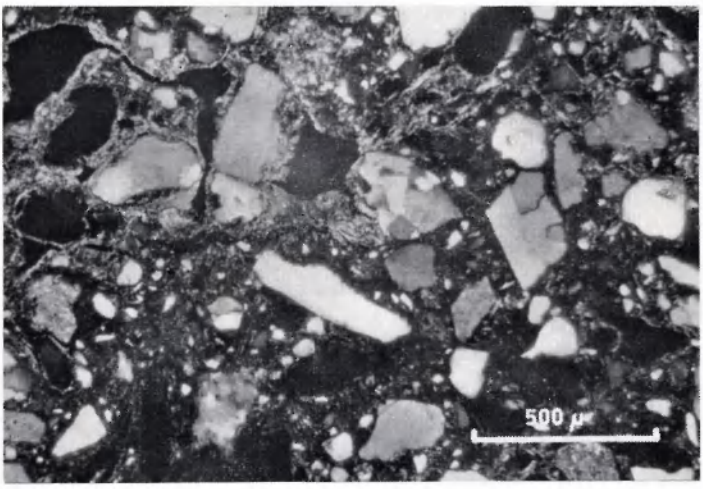


Foto 7.
Zelfde beeld als foto 6, doch bij gekruiste nicols. De incrustatie is herkenbaar aan het sterke oplichten.
Foto Stiboka no. 14801. Slijppl. no. G72.

Photo 7.
The same subject as photo 6, crossed nicols. The incrustation is recognizable by the bright lighting.

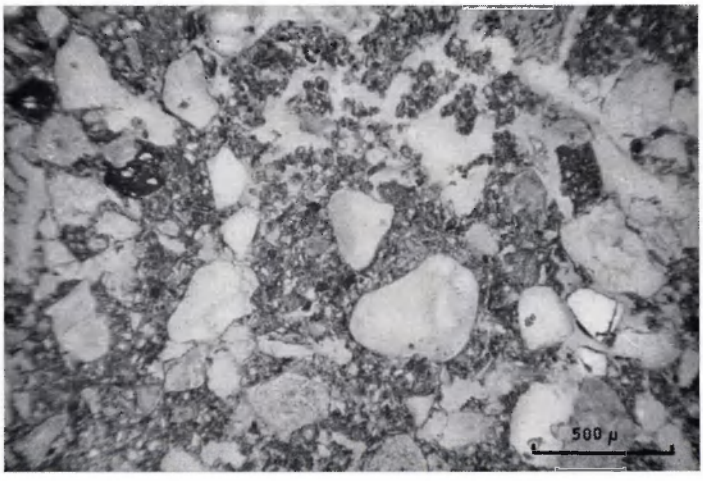


Foto 8.
Verticaal slijpplaatje van het bovenste deel van de A_1-horizont van profiel L91–96 (1–3 cm beneden maaiveld). In de holte liggen vele kleine excrementjes, die ten dele tot kruimels verenigd zijn. Ze vervallen snel tot een vrij dichte grondmassa (midden van foto) Links een roestconcentratie.
Foto Stiboka no. 14501. Slijppl. no. 2146.

Photo 8.
Vertically oriented thin section of the upper part of the A_1 horizon of profile L91–96 (1–3 cm below surface). In the cavity are many small droppings, partly cohered in crumbs. These integrate rapidly to a fairly dense ground mass (centre). To the left a concentration of iron oxide.

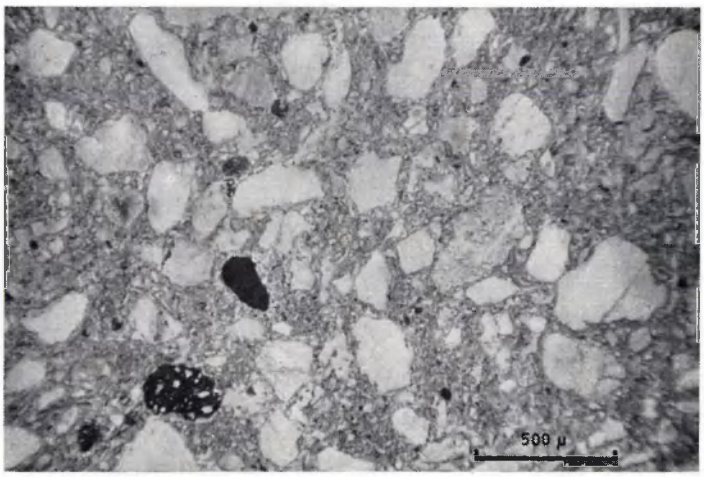


Foto 9.
Verticaal slijpplaatje van dezelfde A_1-horizont, doch nu van 5–8 cm beneden maaiveld. De macrostructuur is dicht. Het structuurbeeld is zeer homogeen. Zeer geprononceerde roestconcreties.
Foto Stiboka no. 14502. Slijppl. no. 2147.

Photo 9.
Vertically oriented thin section of the same A_1 horizon (5–8 cm below surface). The macrostructure is massive. Structure presents a homogeneous picture. Distinct concretions of iron oxide.

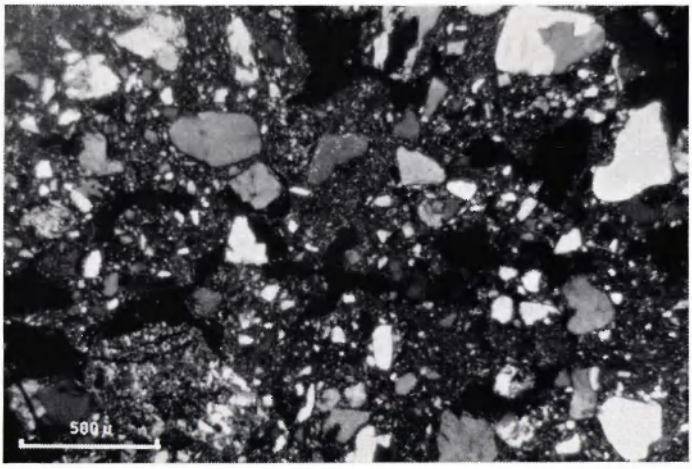


Foto 10.
Verticaal slijpplaatje van de B_1-horizont van profiel L91–96 (26–29 cm beneden maaiveld). Gekruiste nicols. Veel grote, grillige holten. Matig sterke dubbelbreking in de matrix; dunne dubbelbrekende bekledingen van de holten.
Foto Stiboka no. 14711. Slijppl. no. 2151.

Photo 10.
Vertically oriented thin section of the B_1 horizon of profile L91–96. (26–29 cm below surface). Crossed nicols. Many large, capriciously formed cavities. Moderate birefringence in the matrix, thin birefringent cavety coatings.

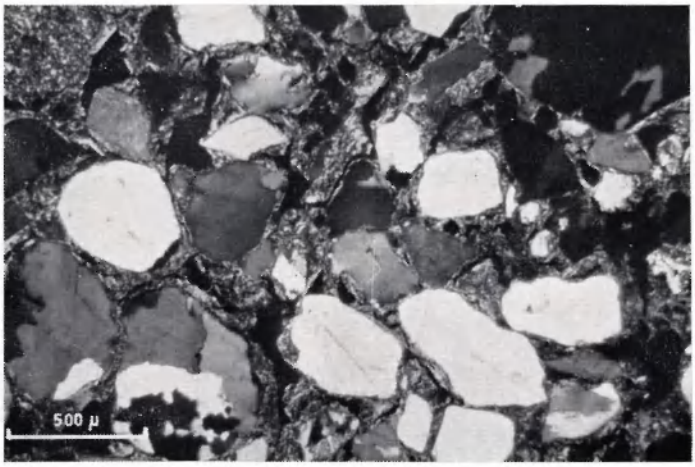


Foto 11.
Verticaal slijpplaatje van B_{2t}-horizont in hetzelfde profiel (43–45 cm ben. maaiveld). Gekruiste nicols. De grove zandkorrels zijn door dikke huidjes met sterk dubbelbrekende lutumijzerstructuren omgeven; op de raakpunten brede bruggen.
Foto Stiboka no. 14712. Slijppl. no. 2154.

Photo 11.
Vertically oriented thin section of the B_{2t} horizon of the same profile (43–45 cm below surface). Crossed nicols. The coarse sand grains are surrounded by coating with large braces at the points of contact. Powerfully birefringent clay-iron structures.

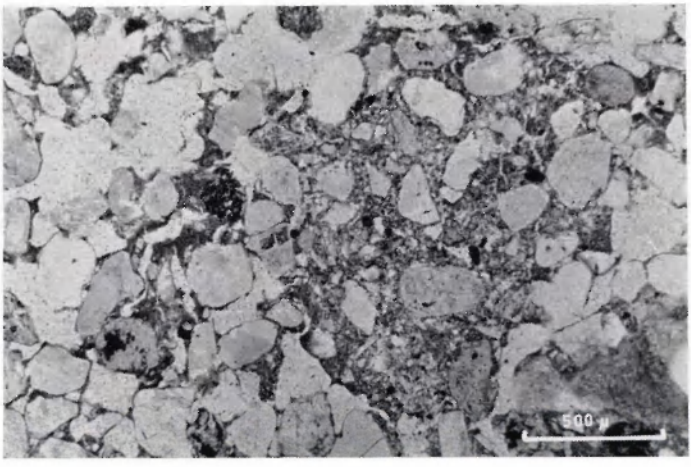


Foto 12.
Verticaal slijpplaatje van een kleiig aggregaat in de zandige B_3-horizont van profiel L91–96 (54–56 cm beneden maaiveld). Het aggregaat is vermoedelijk met het zand gesedimenteerd.
Foto Stiboka no. 14805. Slijppl. no. 2156.

Photo 12.
Vertically oriented thin section of clayey aggregate from the sandy B_3 horizon of profile L91–96, (54–56 cm below surface). Probably the aggregate has been deposited together with the sand.

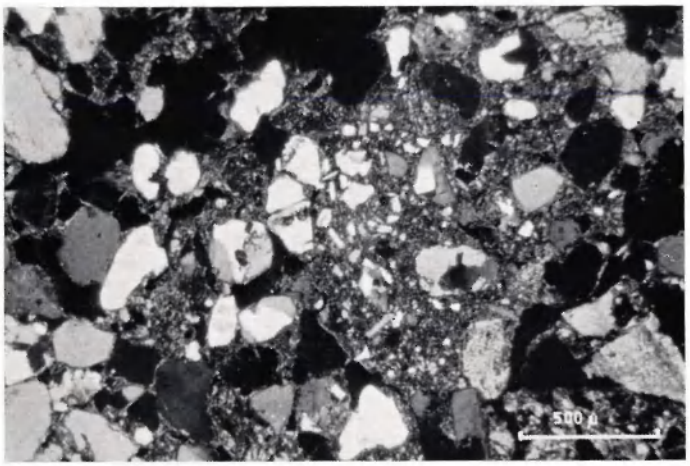


Foto 13.
Zelfde beeld als foto 12, doch bij gekruiste nicols. De dubbelbreking in het aggregaat is slechts matig.
Foto Stiboka no. 14804. Slijppl. no. 2156.

Photo 13.
The same subject of photo 12, crossed nicols. Moderate birefringence in the aggregate.

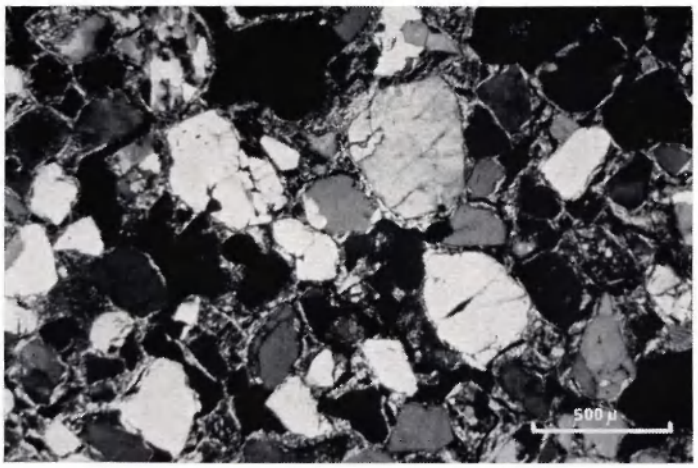


Foto 14.
Verticaal slijpplaatje uit de B_3-horizont van L91–96, (61–64 cm beneden maaiveld). Sterk optisch georiënteerde brugstructuur rondom de grove zandkorrels.
Foto Stiboka no. 14713. Slijppl. no. 2157.

Photo 14.
Vertically oriented thin section of the B_3 horizon of profile L91–96 (61–64 cm below surface). Highly optically oriented braced structure around the coarse sand grains.

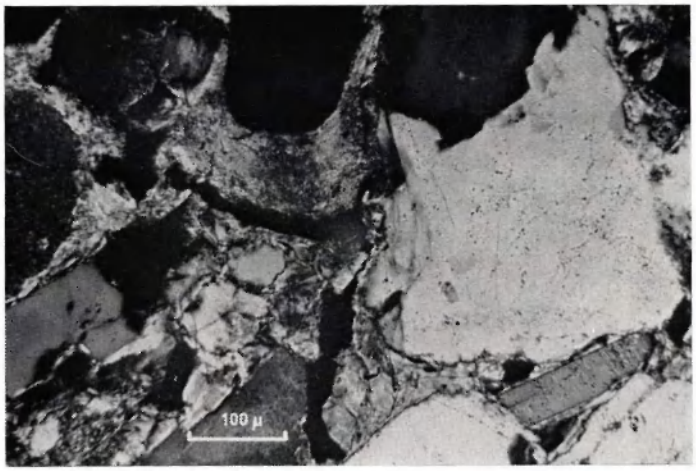


Foto 15.
Als foto 14. Sterkere vergroting. Op de foto is een duidelijke incrustatie te zien met een enigszins laminaire structuur. Foto Stiboka no. 14803. Slijppl. no. 2157.

Photo 15.
Like photo 14, enlarged. Distinct incrustation with somewhat laminar structure.

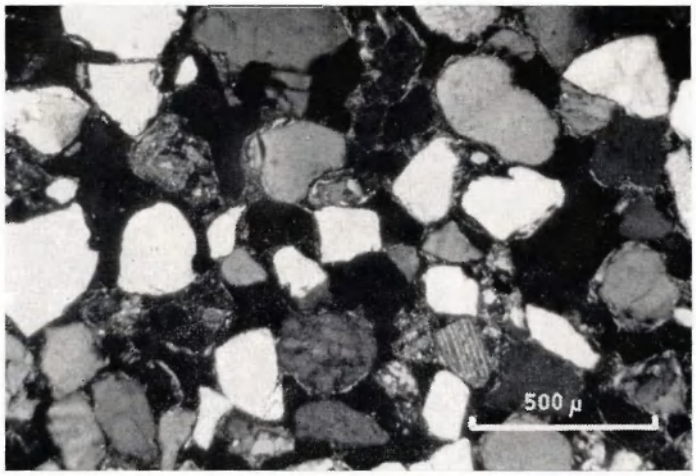


Foto 16.
Verticale slijpplaatjes van de C_1-horizont van het profiel L91–96 (70–73 cm beneden maaiveld). Gekruiste nicols. Dunne dubbelbrekende ijzer-lutum-huidjes om de zandkorrels. Foto Stiboka no. 14714. Slijppl. no. 2158.

Photo 16.
Vertically oriented thin section of the C_1 horizon of profile L91–96 (70–73 cm below surface). Crossed nicols. Thin birefringent clay-iron coatings around the sand grains.

vertoont naar de diepte bij gekruiste nicols een toenemend aantal plekjes met zwakke plasma-oriëntatie (dubbelbreking).

In de mull en er innig mee verbonden, ligt zand van allerlei korrelgrootte (tot ca. 300 mu diameter), een weinig oudere nog herkenbare planteresten, alsmede een klein aantal afgeronde, tot enige mm's grote donkere ijzerconcreties, die in opvallend licht ten dele felrood zijn. Tevens bevat de mull-massa vele kalksplintertjes (waarschijnlijk schelpfragmenten).

De zandige gedeelten bestaan uit een open gepakt skelet (zand > 100 mu diameter). Een klein deel van de korrels is blank, doch de meeste zijn omgeven door zeer dunne vlokkige huidjes van het boven omschreven mull-type. Op de raakpunten der zandkorrels zijn de huidjes meestal tot bruggen verdikt, plaatselijk zijn de poriën van het skelet zelfs geheel opgevuld. Door de gehele horizont verspreid komen zandkorrels voor, die omgeven zijn door een dun zwak dubbelbrekend lutum-ijzerhuidje.

C_{21} 15–40 cm

Het gehalte aan organische stof neemt naar beneden geleidelijk af.

Tot 32 cm diepte dezelfde afgerond-blokkige structuur als in de A_1-horizont. Dieper is de grond echter samengesteld uit tot enige mm's grote granulairen en afgerond-blokkigen met hoge structuurgraad. Verspreid in gangen en holten nog weinige lutumrijke excrementjes van 30–100 mu.

Aanvankelijk blijft het niet-capillaire porositeitsbeeld gelijk aan dat van de A_1-horizont: behalve enkele tot 8 mm brede holten en gangen hoofdzakelijk mesoporiën. Op ca. 25 cm beneden maaiveld neemt de niet-capillaire porositeit plotseling sterk toe: met name treden zeer vele grillig verlopende, grotendeels biogene macroporiën op; vanaf 32 cm ook veel kronkelige krimpscheurtjes.

De sterke microheterogeniteit die op 12 cm begon, wordt naar beneden geleidelijk minder, doch de grond behoudt een duidelijk complex karakter (zoals van 3–12 cm beneden maaiveld). Vanaf ca. 25 cm is de microheterogeniteit weer zeer uitgesproken: grote zandnesten wisselen af met lutumrijke nesten en banen.

De dubbelbrekende microstructuren nemen zowel kwalitatief als kwantitatief toe. Vele zandkorrels zijn omgeven door een dun, matig sterk optisch georiënteerd lutum-ijzerhuidje; in het plasma beginnen langere, matig georiënteerde snoertjes op te treden. Vanaf ca. 30 cm diepte komen tevens verspreid langs structuurvlakken en holten scherp afgegrensde, vrij sterk georiënteerde lutum-ijzerconcentraties (BREWER, 1960) voor (foto's 3 en 4).

In het bovenste gedeelte van de horizont bevinden zich vrij veel tot enige mm's grote afgeronde, in doorvallend licht zeer donker gekleurde ijzerconcreties; naar de diepte wordt de kleur in toenemende mate rood.

De gehele laag bevat vele, vaak vrij grote schelpfragmenten, daarnaast min of meer bolvormige, tot enige honderden mm grote, microkristallijnen kalkconcreties.

C_{22} 40–62 cm

Plaatselijke resten van een horizontale, geogene laging in een overigens vrij sterk gehomogeniseerde horizont. Deze bestaat eensdeels uit een open gepakt zandskelet (zand grotendeels > 100 mu), anderdeels uit kleiige nesten. In de grondmassa van de laatste zwakke lutumoriëntatie en rondom de zandkorrels zwak ontwikkelde lutum-ijzerhuidjes. Ook in de zandige gedeelten komen deze huidjes om vele korrels voor. Zeer incidenteel ziet men nog kleine, doch duidelijk sterk dubbelbrekende lutum-ijzerconcentraties.

Verspreid onregelmatige roestvlekken. Door de gehele horizont treden vele bolvormige of langwerpig afgeronde microkristallijnen $CaCO_3$-concreties van maximaal 100 à 150 mu op.

C_{23} > 62 cm

De horizont is duidelijker horizontaal gelaagd dan de vorige. De hoeveelheid kleiige nestjes is kleiner. Overigens is het beeld vrijwel hetzelfde als dat van de C_{22}-horizont.

Profiel L69–74

Ook dit profiel werd tot 75 cm beneden maaiveld onderzocht aan 5 mammoetslijpplaten.

Het is veel zandiger dan profiel L284–287.

A_1 0–12 cm

De bovenste cm's hebben een plaatstructuur met hoge structuurgraad; daaronder is plaatselijk een zwak ontwikkelde afgerond-blokkige structuur zichtbaar, doch in het grootste deel van de horizont zijn geen structuurelementen herkenbaar. In gangen en holten komen in groepjes lutumrijke excrementjes tot enige honderden mu diameter voor.

Plaatselijk is de niet-capillaire porositeit zeer hoog (gangen tot 8 mm diameter), overigens vrij hoog.

De microheterogeniteit van de horizont is vrij groot, doch minder dan in het vorige profiel.

De kleiige gedeelten zijn microporeuzer dan die in de A_1-horizont van profiel L284–287: er is meer organische stof – die ten dele nog weinig gehumificeerd is – en minder lutum. De binding met de grote zandkorrels is belangrijk minder: op vele plaatsen is het klei-humuscomplex door vrij brede scheurtjes van het zand gescheiden. Het zand is daar dan geheel schoon. Ook langs de grotere holten komen vaak blanke zandkorrels voor. De mull-massa, die ook hier fijn verdeeld geoxydeerd ijzer bevat, heeft tot ca. 10 cm beneden maaiveld geen dubbelbrekende plasmastructuren. Dieper, dus in de overgang naar de onderliggende horizont, komen enige nesten voor waarin de zandkorrels door dubbelbrekende lutum-ijzerhuidjes omgeven zijn en in het mull-plasma vrij sterk optisch georiënteerde lange snoertjes liggen.

De zandige nesten bevatten zeer veel zand van meer dan 100 mu diameter, doch daarnaast veel kleiner dan 50 mu. Het hierboven beschreven klei-humuscomplex omgeeft de korrels geheel of ten dele en vormt ook bruggetjes tussen de korrels.

In de A_1-horizont komen vrij veel, doorgaans minder dan 1 mm grote, ronde, donkere ijzerconcreties voor. De plaatjes in de bovenste cm's hebben dikke rode roesthuidjes. De overgangszone naar de onderliggende horizont bevat grote, grillige rode roestplekken.

B_1 12–40 cm

In deze horizont is het organische-stofgehalte nog slechts gering.

Tot 25 cm beneden maaiveld is de grond vrij sterk microheterogeen, doch ook in de zandige gedeelten komt nog relatief veel fijner materiaal voor. Daardoor is deze laag vrij dicht, d.w.z. de niet-capillaire porositeit is hoofdzakelijk beperkt tot een betrekkelijk kleine hoeveelheid macroporiën.

De lutumrijke gedeelten zijn veel dichter dan die van de A_1-horizont van het profiel L284–287. Een deel van de zandkorrels is door matig sterk optisch georiënteerde lutum-ijzerhuidjes omgeven. Door de gehele laag zijn plekjes, vooral langs en nabij holten en gangen, waar in de grondmassa een sterker ontwikkelde dubbelbreking te zien is.

Er komen vele, vaak donkere, kleine ronde ijzerconcreties zowel als rode roestvlekken in de laag voor.

Vanaf 25 cm beneden maaiveld bevat de grond meer, grillig omgrensde grote holten. Voornamelijk tot ca. 30 cm beneden maaiveld komen langs een deel van die holten granulaire elementen voor. De microheterogeniteit is groot; er zijn nu ook zandige nesten zonder relatief veel fijner materiaal.

De dubbelbreking in de grondmassa neemt naar beneden geleidelijk toe; ook zijn steeds meer zandkorrels door sterk optisch georiënteerde lutum-ijzerhuidjes omgeven en holten met hetzelfde materiaal bekleed.

De laag bevat zeer veel dikwijls grillig gevormde roestvlekken.

B_{2tg} 40–62 cm

Tot 52 cm beneden maaiveld is de structuur van de grondmassa zeer dicht; er is alleen een gering aantal grotere holten. De dubbelbreking is in de grondmassa zeer sterk ontwikkeld (foto 5). Er zijn veel nesten waar zowel de holten als de zandkorrels bekleed zijn met sterk optisch georiënteerde lutum-ijzerconcentraties, die tot meer dan 100 mu breed kunnen zijn en laminair ontwikkeld (foto's 6 en 7).

In dit niveau is ook de roestconcentratie nog gestegen. Een groot deel van de dikwijls zeer grote roestvlekken is in doorvallend licht zeer donker (foto 6).

Dieper dan 52 cm beneden maaiveld heeft de grond een bruggenstructuur die op ca. 55 cm reeds overgaat in een zeer open gepakt zandskelet met dunne ijzer-lutumhuidjes. Verspreid vele kleine kleirijke aggregaatjes, die voor een deel een grondmassa hebben met vrij veel dubbelbrekende sliertjes en matig tot vrij sterk optisch georiënteerde huidjes om de zandkorrels.

BC 62–75 cm

Deze horizont heeft nagenoeg dezelfde structuur als de onderzijde van de B_{2tg}-horizont: de huidjes zijn echter enigszins minder ontwikkeld, terwijl ook de optische oriëntatie in de kleiige nestjes gemiddeld minder duidelijk is. In het preparaat bevindt zich een brede wormgang, die met dicht lutumrijk materiaal is opgevuld.

Vele roestophopingen (donker tot rood in doorvallend licht) in de kleiige nesten.

Profiel L91–96

Ook dit profiel werd tot 75 cm diepte bestudeerd, echter aan 13 kleine slijpplaten: hierdoor zijn de grenzen van de verschillende fenomenen minder exact aan te geven dan bij de vorige profielen het geval was.

A_1 0–8 cm

De bovenste cm's zijn doortrokken met grote holten en gangen waarin veel lutumrijke tot ca. 200 mu grote excrementjes liggen. Ze zijn veelal tot kruimelige elementjes verenigd (foto 8). Het grootste deel van dit toplaagje wordt echter ingenomen door zeer zwak ontwikkelde onregelmatige afgerond-blokkige elementen.

Het laagje heeft een vrij sterke microheterogeniteit. In de kruimelige elementjes is de microstructuur van het vlokkige, ijzerrijke klei-humuscomplex, waarin bij sterkere vergroting nog vrij veel, weinig gehumificeerde planterestjes herkenbaar zijn, zeer microporeus. In de afgerond-blokkige elementen is dit in veel mindere mate het geval. De binding met het grove zand (tot ca. 1 mm diameter) is goed. Verspreide zandkorrels die omgeven zijn door zeer dunne dubbelbrekende huidjes.

Weinige, kleine, afgeronde donkere roestconcreties.

Op ca. 5 cm beneden maaiveld is het structuurbeeld totaal anders. Bij zwakke vergroting is de grond zeer dicht: er komen slechts weinig holten en enige vrij rechte scheurtjes voor (foto 9).

Het grove zand is zeer homogeen verdeeld door de grondmassa, die vlokkig en matig microporeus is. Geleidelijke toename van optisch georiënteerde plasmavlekjes en van de hoeveelheid door huidjes omgeven zandkorrels. Hier en daar is de binding tussen matrix en zand slechts matig.

Vele kleine roestconcreties; deze komen overigens over de gehele onderzochte diepte voor.

$A_{1(2)}$ 8–22 cm

In de horizont komen vele grote holten en gangen voor: de structuur is grof-poreus.

De onderzijde van de horizont is echter weer enigszins dichter.

De grond is matig microheterogeen. De dubbelbreking in de grondmassa en rondom zandkorrels is verder toegenomen. Ook langs een aantal grotere poriën is een dunne, optisch georiënteerde lutum-ijzer-concentratie te zien. Anderzijds komen langs de holten op allerlei punten blanke zandkorrels voor.

B_1 22–30 cm

De horizont is aan de bovenzijde vrij dicht, doch naar beneden neemt de niet-capillaire porositeit weer sterk toe. Geleidelijke stijging van de dubbelbrekende structuren in de grondmassa, rondom zandkorrels en langs holten. Er zijn vrijwel geen blanke zandkorrels meer.

B_{2t} 30–50 cm

Vanaf ca. 30 cm beneden maaiveld zijn de optisch georiënteerde lutum-ijzer-concentraties zowel kwalitatief als kwantitatief zeer sterk ontwikkeld.

Naar de diepte neemt de fractie van 2–50 mu geleidelijk af: op ca. 45 cm beneden maaiveld bestaat de grond vrijwel alleen uit een tamelijk open gepakt zandskelet, waarop vrij dikke, sterk dubbelbrekende huiden, met lutum-ijzer-concentraties die op de raakpunten van de zandkorrels doorgaans tot bruggen verbreed zijn (foto 11).

B_3 50–70 cm

Open gepakt zandskelet met dubbelbrekende brugstructuur, die veel zwakker ontwikkeld is dan in de vorige horizont. Er komen vrij veel kleiige aggregaatjes voor met een matig

sterke plasma-oriëntatie in de grondmassa. De aggregaatjes zijn enigszins humushoudend (foto's 12 en 13).

Dieper dan ca. 60 cm wordt het beschreven beeld afgewisseld door horizontale grofzandige laagjes die een sterk dubbelbrekende, plaatselijk zelfs laminair ontwikkelde brugstructuur hebben (foto's 14 en 15).

$C_1 > 70$ cm

Zeer open gepakt skelet van grof zand; de korrels zijn door zeer dunne dubbelbrekende ijzer-lutumhuidjes overdekt (foto 16).

2. BESPREKING VAN DE WAARNEMINGEN

Micromorfologisch bezien zijn de opvallendste verschijnselen in de drie profielen de verschillende optisch georiënteerde, uit lutum en ferriverbindingen bestaande plasmastructuren. Recapituleren wij de beschrijvingen, dan blijkt dat we zes dubbelbrekende plasmastructuren kunnen onderscheiden:

a. Zwakke in kleine plekjes optredende plasmadubbelbreking in de grondmassa.
b. Enigszins sterker ontwikkelde dubbelbreking in de grondmassa en dunne optisch georiënteerde plasmaconcentraties rondom de zandkorrels.
c. Lange optisch vrij sterk georiënteerde plasmasnoertjes in de grondmassa; dikke vrij sterk dubbelbrekende huidjes om zandkorrels, alsmede dunne matig sterk dubbelbrekende plasmabekledingen om holten.
d. Hetzelfde beeld in de grondmassa en rondom de daarin gelegen zandkorrels, doch zeer dikke optisch sterk georiënteerde lutum-ijzer-bekledingen van holten en van zand in poreuze nesten. Die bekledingen hebben soms een duidelijk laminaire structuur.
e. Een zandskelet met zeer dikke, optisch sterk georiënteerde lutum-ijzerbekledingen van de korrels.
f. Hetzelfde beeld, doch met dunne bekledingen.

Laten we de structuur van de kleiige nestjes in de ondergrond van de profielen buiten beschouwing, dan is de verticale opeenvolging van de typen in:

Profiel L 284–287. A_1: a; C_{21}: b en vanaf ca. 30 cm beneden maaiveld verspreid c; C_{22} en C_{23}: f en zeer plaatselijk d.

Profiel L69–74. A_1: geen dubbelbrekende plasmastructuur; B_1: b, vanaf ca. 25 cm beneden maaiveld c; B_{2tg}: tot ca. 50 cm diepte c en veel nesten van type d, daaronder enige cm e, gevolgd door f; BC: f.

Profiel L91–96. A_1: b; $A_{1(2)}$: b met c-nesten; B_{2t}: d, vanaf ca. 45 cm beneden maaiveld e; B_3: e–f, dieper dan ca. 60 cm diepte met horizontale bandjes van een extreem ontwikkeld e-type; C_1: f.

De vraag is nu, hoe we ons het ontstaan van die dubbelbrekende plasmastructuren moeten voorstellen. Tot voor weinige jaren meende men dat alle optische plasma-oriëntatie in de grond („kleihuidjes", „vloeistructuren") een gevolg zou zijn van inspoeling (Kubiena, 1938, 1948). Sindsdien is men echter tot het inzicht gekomen dat deze voorstellingswijze zeer onvolledig is. Zo noemt Brewer (1956, 1960) als mogelijke oorzaken van optische plasma-oriëntatie: inspoeling, diffusie, druk, verwering in situ van mineralen tot lutum dat vervolgens door afwisselend zwellen en krimpen van de grondmassa gericht wordt, en ten slotte een specifieke granulaire samenstelling van een alluviaal sediment. Jongerius (1956, 1957) schrijft de vorming van

huidjes om structuurelementen behalve aan inspoeling onder meer ook aan afwisselende zwel en krimp toe. Ook Altemüller (1960) meent dat dit laatste proces in vele gevallen de dubbelbrekende structuren doet ontstaan. Volgens Parfenova (1956) en Parfenova en Yarilova (1956) zijn optisch georiënteerde lutumstructuren een gevolg van synthese van kleimineralen uit de verweringsprodukten van primaire bodemmineralen en fulvozuren, silicium, ijzer en aluminium die uit het strooisel vrij komen. Deze laatste opvatting wordt echter door Minashina (1958) op zeer gefundeerde wijze bestreden.

In het onderhavige geval zijn in de slijpplaten geen aanwijzingen te vinden van een verwering van primaire mineralen als oorzaak van de optisch georiënteerde structuren. Diffusie als genetische factor kunnen we hier eveneens uitsluiten. Immers, slechts in water oplosbare stoffen kunnen zich op deze wijze tot optisch georiënteerde structuren concentreren (Brewer, 1960), doch geen materiaal dat suspensie vormt, zoals lutum. Ook uit de granulaire samenstelling van het bodemmateriaal zijn de waargenomen verschijnselen niet te verklaren, althans niet voor de profielen als totaliteit. Wel is dit mogelijk voor de zandige ondergronden.

Immers, bij een combinatie van veel grover zand en weinig lutum zal bij uitdroging een sterke parallelle oriëntatie van het lutum op het oppervlak van de zandkorrels kunnen plaatsvinden, waarbij dus een structuur als die van de typen e of f ontstaat.

Deze kunnen echter ook een gevolg zijn van inspoeling, waar ook de structuurtypen c en d, in ieder geval ten dele, door zijn ontstaan. Bij de laatste twee toch zien we optisch sterk georiënteerde bekledingen van de holten in de grond. Deze bekledingen bestaan vrijwel geheel uit lutum en ferriverbindingen, in tegenstelling tot de grondmassa: het zijn typisch concentraties (Brewer, 1960). Daar we in het voorgaande alle ontstaansmogelijkheden, behalve die door zwel en krimp of door inspoeling, reeds hebben uitgesloten en door het eerste proces geen duidelijke concentraties ontstaan, moeten de bekledingen van de holten een gevolg zijn van illuviatie.

Zoals uit de literatuur blijkt, beschouwen ook verschillende andere onderzoekers (o.m. Kubiena, 1938, 1948; Frei en Cline, 1949; Altemüller, 1956, 1960; Blume, Schlichting en Altemüller, 1959) deze zogenaamde incrustaties (Minashina, 1958) als een inspoelingsverschijnsel. Vooral het werk van Brewer en Haldane (1957) is echter een zeer sterke ondersteuning voor onze opvatting. Zij maakten namelijk kunstmatig inspoelingshorizonten met incrustatiestructuren door lutumsuspensies door zandkolommen te laten percoleren en deze daarna te drogen.

Ook de grotere, sterk dubbelbrekende plasmasnoertjes in de matrix zijn door inspoeling ontstaan. Voor de kleine, zwak of matig optisch georiënteerde plasmavlekjes, zoals die in de typen a en b voorkomen, is dit echter zeer de vraag. Immers, ook door afwisselende zwel en krimp vindt optische oriëntatie plaats, doch geen concentratie van bepaalde componenten of fracties. Met andere woorden: een door afwisselende zwel en krimp gevormde dubbelbrekende microstructuur heeft een samenstelling die niet of slechts weinig van die van de niet-gerichte matrix afwijkt. Zijn de dubbelbrekende vlekjes nu zeer klein, dan is het (nog) vrijwel niet mogelijk met zekerheid vast te stellen of het concentraties of separaties zijn. Toch menen we dat in de onderzochte profielen ook de microstructuren a en b, althans voor een groot deel, het gevolg zijn van het illuviatieproces. Immers, steeds zien we a

en/of b boven de andere typen: ze vormen er als het ware een genetische reeks mee. We stellen ons dan ook voor dat de zwakke oriëntatie in het type a een gevolg is van de „stroming" van plasmadeeltjes, die zich gedeeltelijk in steeds duidelijker banen in de matrix en om zandkorrels concentreren (typen b, c en d). Tevens treedt een deel van dit stromende plasma uit de matrix en vormt dan grotere, sterk dubbelbrekende concentraties langs holten en op zandkorrels van het zandskelet (typen c, d, e en f). Zoals uit de micromorfologische beschrijvingen blijkt, gaat dit gepaard met een verdichting van de accumulatiehorizonten.

Opmerkelijk is, dat in de A_1-horizont van profiel L69–74 geen dubbelbrekende structuren zijn waar te nemen. Mogelijk is dit het gevolg van het hogere organische-stofgehalte van dat profiel (3,6% tegen 2,6 resp. 2,3% in de beide andere) en het lagere lutumgehalte (10% van de minerale delen tegen 17 resp. 12%) in de andere profielen.

Als men de opeenvolging van de dubbelbrekende structuren in de drie profielen nu nagaat, ziet men in profiel L284–287 zwakke inspoelingsverschijnselen, in profiel L69–74 matig sterke en in L91–96 zeer sterke. In het laatste gaan ze zelfs gepaard met de ontwikkeling van een duidelijke uitspoelingshorizont, namelijk de laag van 8–22 cm beneden maaiveld. Hierin immers komen langs holten vele blank-"gewassen" zandkorrels voor. Bij vergelijking met de veldbeschrijvingen (zie artikel 9, deze Boor en Spade) is het duidelijk dat de ontwikkeling van de textuur-B-horizont recht evenredig is met de ontwikkeling van de dubbelbrekende structuren, dus met de mate van lutuminspoeling. Hierbij zij opgemerkt, dat de zeer zwakke textuur-B-vorming in profiel L284–287 kennelijk niet in het veld werd waargenomen. Het is overigens zeer belangwekkend dat in het laatstgenoemde profiel lutuminspoeling plaatsvindt. Immers, het wordt gekenmerkt door een grote activiteit van bodemdieren, met name van regenwormen. Dit is aan de slijpplaten zeer duidelijk te zien: naast grote open wormgangen komen vele met zandig materiaal of geheel of ten dele dichtgedrukte gangen voor. Tot diep in het profiel ziet men wormexcrementen. Er is dus een grote, nog steeds voortgaande biogene verticale verplaatsing van bodemmateriaal in beide richtingen. Dat desondanks lutuminspoeling optreedt, bewijst dat in deze gronden de bodemfauna de heterogenisatie wel kan afremmen, doch niet voorkomen. De kleiige aggregaatjes in de ondergrond van de profielen zijn ten dele op te vatten als recente of fossiele excrementen. Daarnaast zijn er echter vele waarvan we het vrijwel zeker achten dat het verspoelde kleibrokjes zijn die met het zand ter plaatse zijn gesedimenteerd. De zwakke dubbelbreking die doorgaans in hun matrix te zien is, wordt vermoedelijk hoofdzakelijk door een beginnende plasmastroming veroorzaakt.

Onbesproken blijft hier in hoeverre de in de behandelde profielen voorkomende roestconcreties mede een indicatie zijn van het optreden van het podzoleringsproces (o.m. Minashina, 1958).

3. SUMMARY

In order to get a better insight into the formation of a textural-B horizon in river clay soils three profiles of levee soils from the river clay area in the province of Utrecht were examined by means of the so-called mammoth-sized thin sections.

The profiles were L 284–287 of the Houten-system, without the formation

of a textural-B horizon; L 69–74 of the Houten-system too but with a weakly developed textural-B and L 91–96 from the Werkhoven-system with a strongly developed textural-B horizon. The description of the profiles is given in the forgoing article of Van der Voorde.

In the given order the optical orientated plasma structures within these profiles increase in number. They exist of lutum (particles < 2 mu) and ferri compounds. It proved to be possible to distinguish several subtypes within these structures.

In literature it was found that optical orientation can be the result of diffusion, illuviation and pressure or by the newly formed clay mineral, the weathering of primary minerals in situ followed by an orientation as a result of alternating swelling and shrinkage of the soil mass.

In this case it came out that the orientation was the result of illuviation. And therefore a relationship exists between the degree of development of the textural-B formation and the intensity of the illuviation.

The observation on profile L 284–286 pointed out that under the prevailing circumstances even a great activity of earthworms cannot present heterogenisation of the soil profile.

LITERATUUR

Altemüller, H. J., 1956: Mikroskopische Untersuchung einiger Löss Bodentypen mit Hilfe von Dünnschliffen. Zeitschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, *72* (11&, 152–167).

Altemüller, H. J., 1960: Mikromorphologische Untersuchungen an einigen Gipskeuperböden im Raum Iphofen. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, *37*, Sonderheft 4/60, 70–85.

Blume, H. P., E. Schlichting en H. J. Altemüller, 1959: Nachweis einer Tonverlagerung in Bodenprofilen. Zeitschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, *85* (130), 227–244.

Brewer, R., 1956: Optically oriented clays in thin-sections of soils. Trans, 6th Int. Congr. Soil Science, *I*, 21–25.

Brewer, R., 1960: Cutans: their definition, recognition and interpretation. Journ. Soil Science, *11*, 280–292.

Brewer, R. en A. D. Haldane, 1957: Preliminary experiments in the development of clay orientation in soils. Soil Science, *84*, 301–309.

Frei, E. en M. G. Cline, 1949: Profile studies of normal soils of New York II. Micromorphological studies of the Gray-brown podzolic-Brown podzolic soil sequence. Soil Sc., *68*, 333–344.

Jongerius, A., 1956: Quelques remarques sur les macrostructures des sols aux Pays-Bas. Trans. 6th Int. Congr. Soil Science *I*, 361–364.

Jongerius, A., 1957: Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. Dissertatie Wageningen V.L.O. 63–12. Bodemkund. Studies *2*. 's-Gravenhage.

Kubiena, W. L., 1938: Micropedology, Iowa.

Kubiena, W. L., 1948: Entwicklungslehre des Bodens, Wien.

Minashina, N. G., 1958: Optically oriented clays in soils. Soviet Soil Sc., *4*, 424–430.

Parfenova, Ye. I., 1956: An investigation of the minerals of podzolic soils in connection with their genesis. The crust of weathering. (Russ.). Akad. Nauk S.S.S.R., *2*. Moscou.

Parfenova, Ye. I en Ye. A. Yarilova, 1956: Formation of secundary minerals in soils and plants in relation to the migration of elements (Russ.). Doklady VI Mezhudarod. Kongressa Pochvovedor, *II* Komissiya. Akad. Nauk, S.S.S.R., Moscou.

HET VERBAND TUSSEN BODEM EN VEGETATIE IN DE WASSENAARSE DUINEN

THE RELATION BETWEEN SOIL AND VEGETATION IN THE WASSENAAR DUNES

door/*by*

J. H. A. Boerboom [1])

INHOUD

1. Inleiding 120
2. Terreinschets 122
3. Opzet van het onderzoek 124
4. De bodem der zeereepbegroeiingen 125
5. De bodem van mos- en korstmosbegroeiingen 127
6. De bodem van duingraslanden 133
7. De bodem van enkele duinstruwelen 137
8. De bodem der duinbossen 139
9. Enkele slotopmerkingen en conclusies 150
10. Summary 154
11. Literatuur 154

1. INLEIDING

De vorming van het jonge duinlandschap, dat zich langs onze kust uitstrekt, nam waarschijnlijk omstreeks de 9e eeuw haar aanvang. De morfologie der duinen wijst erop, dat zij sinds hun ontstaan aan krachtige verstuivingen onderworpen zijn geweest. Talloze berichten uit oude geschriften bevestigen dit (vgl. Boerboom 1958). Door het beplanten der duinen met helm en andere gewassen heeft men sedert eeuwen getracht de verstuivingen te beteugelen. Tijdelijke successen wisselden af met perioden waarin men zich opnieuw voor een schier hopeloze taak geplaatst zag. Op sommige plaatsen heeft het tot ver in de 19e eeuw geduurd, eer men de verstuivingen in hoofdzaak meester was. Hoewel over het algemeen sprake is van een zekere consolidering van het duinoppervlak, treden secondaire verstuivingen van beperkte omvang nog regelmatig op. Het duinlandschap is derhalve gekenmerkt door een sterk dynamisch karakter en door jonge tot zeer jonge bodems (fig. 1).

Planten spelen een actieve rol bij de vastlegging van het stuivende of tot rust gekomen zand. Afhankelijk van de intensiteit waarmee het zand opstuift ontwikkelt zich een begroeiing, in hoofdzaak gevormd door helm, door verschillende andere, minder forse duingrassen of door bepaalde mossen en korstmossen. Alleen bij zeer krachtige verstuivingen zal een plantendek geheel ontbreken. Door de vegetatie wordt humus in de bodem gebracht, waarmee ontkalking van het oorspronkelijk meestal kalkrijke materiaal gepaard gaat. Het maakt daarbij in principe verschil of men te doen heeft met een uitgestoven bodem, die pas begroeid geraakte na het tot rust komen

[1]) Destijds Laboratorium voor Plantensystematiek en -geografie van de Landbouwhogeschool.

Het aan dit onderzoek verbonden veldwerk werd verricht in samenwerking met Ir. A. Coops, destijds op basis der Marshall-gelden verbonden aan genoemd laboratorium. Voor het analyseren der grondmonsters werden fondsen ter beschikking gesteld door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.

van het bodemoppervlak en die dus op enige diepte geen of nagenoeg geen humus hoeft te bevatten, of met een opgestoven bodem die ook reeds een plantenkleed droeg tijdens de verstuiving en derhalve een zwak humeus profiel zal vertonen. Korte perioden van stilstand in de zandsedimentatie manifesteren zich in het profiel als donkere bandjes.

Wijzigt het bodemniveau zich gedurende langere tijd niet of weinig, dan zal dit zekere veranderingen in het plantenkleed meebrengen, die over het algemeen tot een grotere sluitingsgraad van de vegetatie leiden. De door de planten gevormde en in de bodem vastgelegde humus blijft nu in hoofdzaak geconcentreerd in de bovenste horizont, die, afhankelijk van de duur waarover de processen zich afspelen en de aard van de begroeiing, een dikte bereikt van één of enkele tot ca. 15 centimeter. Deze bruingrijze, humeuze en aan uitloging onderhevige horizont gaat als regel geleidelijk via een lichtgrijze, zwak humushoudende horizont over in het witte tot geelwitte duinzand. Ten N. van Bergen (N.-H.) is het moedermateriaal zeer kalkarm, ten Z. van dit dorp kalkrijk (meestal ca. 3–10% $CaCO_3$).

Hiermede zijn de voornaamste factoren aangeduid, waarop de bodemkundige verschillen in droge duingronden berusten, t.w. het oorspronkelijk kalkgehalte van het duinzand, de mate van ontkalking onder invloed van neerslag en vegetatie en de dikte en het humusgehalte van de A-horizont(en). Daarnaast spelen uiteraard andere factoren een rol, doch veelal zijn deze gekoppeld aan de voorgaande.

Waar de bodem onder invloed van het grondwater staat, treden gleyverschijnselen op. Sedert ca. 3/4 eeuw is het freatisch niveau in de duinen van het Hollandse vasteland echter sterk gedaald. De gley, die men hier soms in de bodem van duinpannen aantreft, is dan ook als regel van fossiele aard.

De betrekkelijke uniformiteit der duingronden en anderzijds hun geringe landbouwkundige betekenis hebben ertoe geleid dat zij bij veldbodemkundigen geringe belangstelling genoten. Van der Meer (1952) en De Roo (1953), in wier karteringsgebieden uitgestrekte duinterreinen voorkomen, geven er slechts een summiere beschrijving van („droge woeste duinzanden"). Een meer gedetailleerde studie van duinbodems, gebaseerd op chemische analysen van grondmonsters, vindt men in enige vegetatiekundige publikaties (Westhoff 1947, Salisbury 1952). Over het algemeen werd door deze auteurs een duidelijke correlatie tussen de bodemkundige en vegetatiekundige eigenschappen waargenomen. Dat een dergelijke correlatie niet in alle gevallen a priori behoeft te bestaan werd o.a. reeds betoogd door Westhoff (1955) en Zonneveld (1959).

In het kader van het zg. Meijendel-onderzoek (zie Schierbeek 1925, Kuenen 1954 en Boerboom 1958) werd in 1955 door het Laboratorium voor Plantensystematiek en -geografie der Landbouwhogeschool een gecombineerde vegetatiekundig-bodemkundige studie ter hand genomen in het wingebied van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage. Het bodemkundige deel van dit onderzoek werd – behoudens enkele latere aanvullende waarnemingen – in 1956 afgesloten. Het vegetatiekundige onderzoek, dat reeds enkele jaren eerder begonnen was, is tot op heden voortgezet. In dit artikel zullen de voornaamste resultaten van het bodemonderzoek behandeld worden.

2. TERREINSCHETS

Het onderzochte gebied omvat het gedeelte van het jonge duinlandschap gelegen tussen het Wassenaarse Slag en de stedelijke bebouwing van Scheveningen en 's-Gravenhage. Ter weerszijden vindt het zijn begrenzing in strand en binnenduinrand. Het strekt zich, gemeten langs het strand, uit over een lengte van 7 km (strandpalen 92–99). De grootste breedte wordt bereikt bij Wassenaar (3250 m); bij Scheveningen zijn de duinen echter niet veel smaller, b.v. ter hoogte van de Haagse watertoren 2600 m.

Het gebied is in exploitatie ten behoeve van de drinkwatervoorziening van 's-Gravenhage en omstreken en wordt – met uitzondering van enkele terreingedeelten – beheerd door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage. Sinds 1955 wordt dit gebied in verband met de waterwinning kunstmatig met rivierwater geïnfiltreerd (Gurck 1948).

Voor een goed begrip van hetgeen volgt is het gewenst enige aandacht te schenken aan de natuurlijke gesteldheid van het terrein. Uitvoeriger beschouwingen over de geomorfologie en het optreden der voornaamste plantengemeenschappen vindt men bij Vanhouten (1939) en in enkele vroegere publikaties van mijn hand (1957, 1960).

Staande op het strand ziet men de eerste duinreeks als een steile ononderbroken wal, die als een gesloten front het duingebied afgrenst. De top van deze duinketen vertoont een golvende contour en bereikt hoogten tot 23 m. Deze klifvorm is een gevolg van de afslag waaraan de zeereep bij noordwester stormen onderhevig is. Het afgekalfde zand, aan de duinvoet achtergelaten, wordt op een later tijdstip opnieuw door de wind tegen de duinhelling opgestoven, waar het door de daar aangeplante helm wordt vastgelegd. Zo handhaaft zich door toedoen van de mens een toestand van betrekkelijk evenwicht.

De top van de zeereep bezit een onregelmatig reliëf. De afzetting van zand, afkomstig van de zeewaartse helling in de duinvoet, blijft in hoofdzaak tot een smalle zone direct achter de eerste kam beperkt. In deze strook bezit de hier van nature groeiende helm een opmerkelijk grotere vitaliteit dan op de buitenhelling van de zeereep. Hetzelfde geldt voor de enkele andere soorten die deel uitmaken van deze begroeiing, de helmgemeenschap (*Elymus arenarius-Ammophila arenaria*-associatie). Tussen de strandpalen 93 en 95 treft men vóór deze zeereep een jongere, minder hoge duinketen aan, die daar waarschijnlijk omstreeks 1900 ontstond. Langs de duinvoet sluiten beide zeerepen bij elkaar aan, zodat gezien van het strand af de jonge vorming zich slechts door de geringere hoogte onderscheidt. In de ondiepe, langgerekte terreininzinking, die beide zeerepen onderling scheidt, heeft zich in de windschaduw van de eerste kam de laatste decennia een dicht duindoorn-vlier-struweel ontwikkeld (*Hippophaë rhamnoides-Sambucus nigra*-ass.). Onder de struiken komt het aanstuivende zand tot rust, zodat – evenals binnen de helmgemeenschap – een voortdurende ophoging van de bodem plaatsheeft. Aan de vegetatie openbaart zich dit door het ontbreken van een kruidenbegroeiing onder de vlieren.

De basisbreedte van de zeereep kan men op ca. 200 m stellen. Achter de zeereep, en op de meeste plaatsen scherp ervan te onderscheiden, strekt zich een markant duinlandschap uit. Het is niet steeds gemakkelijk er een structuur in te onderkennen. Langgerekte boogduinstelsels liggen tegen en deels over elkaar heen, terwijl later gevormde windkuilen het beeld veelal

verdoezelen. In een gordel ca. 300–1000 m uit de duinvoet trekken enige hoge, nagenoeg W.-O. gerichte duinketens de aandacht. Zij wisselen af met relatief uitgestrekte en lage dellen. De noordhellingen in deze zone dragen dichte begroeiingen, rijk aan kruiden en mossen, waarin o.a. de kruisbladgentiaan een karakteristiek element vormt (wondklaver-nachtsilene-gemeenschap, *Anthyllis vulneraria-Silene nutans*-ass.). In latere ontwikkelingsstadia geraken kruipwilg en liguster tot dominantie. De open begroeiing der zuidhellingen vormt hiermee een scherpe tegenstelling. Het witte zand treedt daar overal te voorschijn in het ijle plantendek, dat bepaald wordt door mossen, korstmossen en enkele duingrassen en kleine éénjarige soorten (duinsterretjesgemeenschap, *Erodium glutinosum-Phleum arenarium*-ass.). De duindoorn vormt op de zuidhellingen struwelen.

De dellen in deze gordel werden voorheen overwegend ingenomen door een kleurrijk duingrasland met veel schapegras, tijm, rolklaver en echt walstro (paardebloem-walstro-gemeenschap, *Taraxacum obliquum-Galium verum*-ass.). Sinds de kunstmatige bevloeiing van de Wassenaarse duinen zijn deze begroeiingen vrijwel geheel verloren gegaan.

Landinwaarts gaande neemt allengs het aandeel der struwelen toe, terwijl zij aan hoogte winnen en het struikensortiment groter wordt. Afgezien van het nabij de watertoren gelegen Koningsbos – een dennenaanplant uit de tweede helft van de vorige eeuw – vindt men de eerste duinbossen op ca. 1400 m uit de duinvoet. Het zijn grote groepen zwarte populieren, voorkomend op enige hoge en brede duincomplexen. Daarop sluit de zone aan waarin Meijendel, Kijfhoek en Bierlap liggen – grote valleien, die vanouds met berkenbos bedekt waren.

Op een deel van deze terreinen is in de vorige eeuw landbouw bedreven. De eerste ontginningen hadden plaats in Meijendel en dateren van 1829. Door de zeer wisselvallige grondwaterstanden – dan had men met wateroverlast te maken, dan klaagde men over droogte –, door de schade die men van de konijnen ondervond en door de onvoldoende hoeveelheden beschikbare mest kon men deze cultuur slechts met grote moeite in stand houden. De grootste uitbreiding bereikten de ontginningen omstreeks 1840–1845, toen ook vrijwel de gehele Bierlap en een deel van de Kijfhoek in cultuur waren. Daarna werden geleidelijk weer terreinen prijsgegeven en geraakten de woningen, op verschillende plaatsen in het duin gezet, verlaten. Aan de laatste nog in gebruik zijnde ontginningen werd de genadeslag toegebracht omstreeks 1885, toen de verlaging van de grondwaterspiegel als gevolg van de drinkwaterwinning zich ook in dit duingedeelte deed gevoelen. Het berkenbos breidde zich spontaan uit over de verlaten terreinen. Op enkele plaatsen vestigde zich echter ratelpopulier of duindoorn of behield het terrein een open karakter (zie Boerboom 1958 en Boerboom en Coops 1959).

De valleien Meijendel, Kijfhoek en Bierlap worden aan de landwaartse zijde begrensd door enige matig hoge duinen, waarop een brede, langzaam in hoogte toenemende, ongeveer parallel aan de kust lopende duinrug aansluit. Op deze rug, die tot 30 m reikt, bevindt zich de Wassenaarse watertoren. Met een steile helling naar het achtergelegen lage land sluit deze duinrug het jonge duinlandschap af. Vanhouten veronderstelt dat dit duin ontstond door gelijktijdige landwaartse verplaatsing van grote massa's zand, waarbij plantengroei eerst optrad nadat het duin zijn huidige plaats had ingenomen. Hij spreekt van een waaiduinrug. In deze het verst van het strand gelegen gordel treden verspreide groepjes eiken veelvuldig op. Ook de

grauwe abeel is algemeen. Bijzonder kenmerkend is het grijze korstmossendek, bij droogte krakend onder de voet, dat vele hellingen, toppen en dalen bedekt. Hogere planten (fanerogamen) spelen een vrij ondergeschikte rol, hoewel enkele duingrassen nog regelmatig voorkomen, zoals de soort waarnaar de gemeenschap genoemd werd: buntgras (duinbuntgrasgemeenschap, *Viola canina-Corynephorus canescens*-ass.).

3. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Doel van dit onderzoek was de betrekkingen na te gaan tussen de bodemgesteldheid en de plantengemeenschappen van de Wassenaarse duinen. Toen in 1955 met het bodemkundige gedeelte een aanvang werd gemaakt, was het vegetatieonderzoek reeds enige jaren op gang en bestond er een overzicht van de in dit gebied voorkomende plantengemeenschappen. In verband hiermee vond de huidige studie haar uitgangspunt in de vegetatie.

Typische voorbeelden van de voornaamste vegetatie-eenheden werden in het terrein uitgezocht. Van een beperkt gedeelte, waarvan de grootte afhankelijk van de aard der begroeiing van 2 tot ca. 75 m^2 varieerde, werd een „vegetatieopname" gemaakt, d.w.z. de begroeiing werd naar structuur zowel als naar kwalitatieve en kwantitatieve samenstelling beschreven. Vervolgens werd het bodemprofiel onderzocht, waarbij monsters werden genomen van één of enkele horizonten – wanneer volstaan kon worden met het onderzoeken van de bovenste decimeters van het profiel als regel mengmonsters, bij de tot op grotere diepte onderzochte bodemprofielen enkelvoudige monsters. De plaats van de proefperken werd op een kaart vastgelegd. Een benadering vindt men in de tabellen, waar de beide „coördinaten" van de objecten opgegeven zijn (afstand tot de duinvoet in m en ligging ten opzichte van de strandpalen). In totaal werden 169 bodemmonsters verzameld, betrekking hebbend op 73 profielen. Van de monsters werden geanalyseerd: pH-water, pH-KCl, $CaCO_3$-%, humus-%, N-totaal-% en P-totaal-%. Het humusgehalte werd, indien niet anders vermeld, bepaald uit het gloeiverlies.

Bepaling van N-totaal genoot de voorkeur boven die van nitraat wegens de sterke variatie waaraan de laatste waarde, afhankelijk van jaargetijde en weersomstandigheden, onderhevig is. Omdat het P-gehalte van duinbodems als regel vrij laag is, werd ook in dit geval de totale hoeveelheid bepaald en niet slechts het in citroenzuur oplosbare deel, waarbij onnauwkeurigheden in de bepaling zwaarder zouden wegen. Aan een aantal monsters, verzameld in bosbodems, hadden bovendien bepalingen plaats van het totaal poriënvolume, het vochtgehalte bij verschillende zuigkrachten en het veldvocht.

Een onderzoek naar de korrelgrootteverdeling van het duinzand werd niet door mij verricht. Enige cijfers die betrekking hebben op het onderzochte gebied vindt men echter bij Tromp (1932).

Het blijkt dat dit duinzand relatief grof van textuur is: 67% der korrels is meer dan 0,3 mm in doorsnee. Men vergelijke hiermee b.v. de opgave van De Roo (1953), volgens welke auteur het zand der duinen van Noord-Kennemerland een fractie van 0,105–0,300 mm heeft van 85 à 95%. Landinwaarts neemt het aandeel der grofste fractie af. Uit onderzoekingen in andere duingebieden is gebleken dat onder invloed van de begroeiing een toename van de fijne fracties plaatsheeft, die verklaard kan worden uit de corroderende werking door koolzuur, humuszuren, enz. (Massart 1908, Jeswiet 1913, Turmel 1949).

4. DE BODEM DER ZEEREEPBEGROEIINGEN

Van een viertal plantengemeenschappen die in de zeereep voorkomen werd de bodem onderzocht (fig. 2):

(1) De zeer ijle begroeiing van biestarwegras, helm en zandhaver langs de voet van de zeereep, een gezelschap intermediair tussen de biestarwegrasgemeenschap (*Elymus arenarius-Agropyron junceum*-ass.) en de helmgemeenschap (*Elymus arenarius-Ammophila arenaria*-ass.).

(2) De enigszins open maar vitale helmbegroeiing op de top van de zeereep, met zandhaver, duinvormen van rood zwenkgras en akkermelkdistel en soms reeds enige duindoornopslag (helmgemeenschap).

(3) Het dichte duindoorn-vlier-struweel (*Hippophaë rhamnoides-Sambucus nigra*-ass.) in de beschutting van de eerste duinkam.

(4) De nagenoeg gesloten vegetatie op de zeewaartse helling van de tweede zeereep, ontstaan uit een open duindoorngewas. De duindoorn is er thans in hoofdzaak afgestorven en er treden geen andere heesters op die de soort op deze zeer aan de wind blootgestelde helling kunnen vervangen. Naast vertegenwoordigers van de helmgemeenschap (zie (2)) vindt men in deze begroeiing een reeks nieuwe soorten, zoals dauwbraam (dominant), schermhavikskruid, glad walstro en paardebloemen.

De uitkomsten der bodemanalysen zijn opgenomen in tabel 1.

Sub (1). Aan de voet van de zeereep kan tijdelijk veel zand afgezet worden, zodat in sommige jaren op een verhoging van het bodemoppervlak van naar schatting 50–80 cm moet worden gerekend. De gedurige zandaanvoer en de spaarzame, nog weinig organische stof producerende begroeiing maken dat men met een nagenoeg homogene, maagdelijke grond te doen heeft. De duidelijk basische bodemreactie – een algemeen kenmerk van strandvegetaties – vloeit voort uit de aanwezigheid van zouten, aangevoerd bij zeer hoge waterstand of storm („spray") of met het stuivende zand. De in geringe hoeveelheid aanwezige humus is in hoofdzaak afkomstig van organisch materiaal op het strand, door de wind met het zand aangevoerd. Van N werden hoogstens sporen ($< 0{,}005\%$) aangetroffen. Voor de N-voorziening van de plant is het van strand en vloedmerken aangevoerde zand van betekenis (Van Dieren 1934). De Vries (1947) toonde in stuivend zand, opgevangen tijdens storm, 0,001% N aan (Vlieland). Bovendien kan door een snelle omzetting van de humus, waardoor belangrijke voorwaarden aanwezig zijn (hoge pH, goede aëratie, hoge bodemtemperatuur) de voor de plant beschikbare hoeveelheid aan gemakkelijk uitspoelbare N-verbindingen groter zijn dan de analyse-cijfers doen vermoeden.

Sub (2). Op de top van de zeereep, waar de begroeiing een aanmerkelijk dichtere structuur bezit, is de produktie van organische stof belangrijk groter. Maar de zandaanvoer kan ook hier buitengewoon groot zijn. Van een heterogenisatie van de bodem onder invloed van de begroeiing is dan ook nog nauwelijks sprake. Slechts kan men in het profiel licht humeuze vlekken aantreffen van vergane helmwortels of zeer smalle bandjes die een vroeger terreinoppervlak markeren, waarop zich tijdens een periode van rust afgestorven plantedelen verzamelden. De analyses op 0–10 en 10–25 cm (052) en op 0–25 en 25–45 cm (057) geven geen verschillen van betekenis te zien. De pH – hoewel duidelijk $> 7{,}0$ – is lager dan aan de voet van de zeereep, maar het kalkgehalte schijnt iets hoger. Mogelijk heeft aan de duinvoet een

TABEL 1. Bodemanalyses van de zeereepbegroeiingen
TABLE 1. *Soil sample analyses of the coastal dune ridge vegetations*

Proefperk *Trial plot*	Datum *Date*	Afstand tot strand in m *Distance to shore in m*	Strandpaal *Coast-mark*	Diepte in cm *Depth in cm*	pH-H_2O	pH-KCl	% $CaCO_3$	% Humus	% N-totaal	100 N/ humus	% P-totaal
(1) Overgangsstadium / *Transitional stage* – Elymus-Agropyron-ass. – Elymus-Ammophila-ass. (duinvoet – *dune base*)											
123	27–7	0	95,5	0–25	8,6	8,0	2,4	0,3	0,00	<1,7	0,04
(2) Elymus-Ammophila-ass. (top eerste zeereep / *top first coastal dune ridge*)											
052	12–6	30	94,5	0–10	7,7	7,8	3,0	0,3	0,00	<1,7	0,05
				0–25 [1]	7,6	7,9	3,1	0,3	0,01	3	0,05
				10–25	7,5	8,0	3,1	0,3	0,01	3	0,05
057	14–3	30	93,4	0–25 [2]	7,6	7,6	2,7	0,5	0,01	3	0,04
				25–45 [2]	7,9	7,3	2,5	0,3	0,01	3	0,04
Gemiddeld (2) / *averaged*				0–25	7,6	7,8	2,9	0,4	0,01	3	0,045
Idem (achterduinen / *innermost dunes*)											
066	19–6	2700	96,2	0–25	7,8	7,5	2,4	0,3	0,01	3	0,02
(3) Hippophaë-Sambucus-ass. (dal tussen de eerste en tweede zeereep / *swale between first and second coastal dune ridge*)											
166	8–7	40	94,9	0–25 [2]	7,8	7,7	2,6	0,5	0,01	2	0,06
				25–55 [2]	7,9	7,4	2,6	0,4	0,01	2,5	0,07
				55–80 [2]	8,1	7,8	2,9	0,4	0,01	2,5	0,05
(4) Degeneratie-stadium duindoornstruweel (zeewaarts gerichte helling tweede zeereep) *Degeneration stage of buckthorn scrub (seaward slope second coastal dune ridge)*											
053	12–6	60	94,5	0–10	7,8	7,2	2,8	0,5	0,02	4,0	0,06
				0–25 [1]	7,9	7,6	2,7	0,6	0,02	3,3	0,05
				10–25	8,0	7,8	2,6	0,7	0,02	2,9	0,05
059	14–6	60	93,2	0–25 [2]	7,9	7,6	3,1	0,9	0,02	2,2	0,06
				25–50 [2]	7,6	7,7	3,0	0,8	0,02	2,5	0,04
Gemiddeld (4) / *averaged*				0–25	7,9	7,6	2,9	0,8	0,02	2,8	0,06

[1]) Berekend uit monsters 0–10 en 0–25 cm / *calculated from samples 0–10 and 0–25 cm*
[2]) Enkelvoudige monsters / *single samples.*

selectieve uitblazing plaats van de soortelijk lichtere en in vorm van de zandkorrels afwijkende schelpfragmentjes. Salisbury (1952, p. 163) vermeldt dit verschijnsel van Engelse duinen.

Sub (3). Waar beschutting tegen de zeewind geboden wordt vestigt zich duindoorn en in een later stadium vlier. Omdat de windsnelheid in dit struweel abrupt en sterk afneemt zet zich veel zand af. Vaak bezit het bodemoppervlak er de maximale helling van het losse, droge duinzand. Door de overeenkomstige genese van de bodem stemt het profiel overeen met dat onder de helmgemeenschap. De humeuze bandjes, onregelmatig over het profiel verspreid, kunnen tot 1 cm breed zijn en kunnen tot op grote diepte worden teruggevonden. Wortels bevinden zich in hoofdzaak tussen 20 en 60 cm, maar zij reiken nog aanmerkelijk dieper. Voor de onderzochte factoren worden in verticale zin slechts uiterst geringe verschillen gevonden. De onderling zo sterk afwijkende helm- en vlierbegroeiingen worden dus op geheel overeenkomstige bodems aangetroffen. Het is duidelijk dat in dit geval het windklimaat bepalend is voor de aard van de begroeiing.

Sub (4). Ook de bodem van de vegetatie op de zeewaartse helling van de tweede zeereep vertoont nog een grote mate van overeenkomst met die van de helmgemeenschap – met welke gemeenschap deze begroeiing trouwens floristisch nauw verwant is. Ofschoon nog weinig humeus heeft niettemin een duidelijke humustoename plaatsgehad. N-totaal is evenredig gestegen. Het feit dat de horizont van 10–25 cm iets rijker aan humus kan zijn dan de bovenste horizont (no. 053) moet in verband worden gebracht met het geringe aandeel in de begroeiing van oppervlakkig wortelende gewassen, de snelle en nagenoeg volledige afbraak van het bovengrondse organische materiaal en de niet geheel te verwaarlozen zandaanvoer vanaf het strand en de eerste zeereep.

Met betrekking tot de analyseresultaten van de bodemmonsters van de zeereep afkomstig moet nog gewezen worden op de relatief hoge waarden die steeds voor P-totaal gevonden worden (men vergelijke de desbetreffende cijfers in de overige tabellen). Dit verschijnsel wordt bovendien in tabel 1 geïllustreerd, doordat hierin tevens werden opgenomen de bodemanalyses van een helmbegroeiing in krachtig stuivend duin nabij de binnenrand der duinen (no. 066). Afgezien van een iets lager kalkgehalte vertoont alleen P-totaal een significant verschil. Floristisch onderscheidt de helmgemeenschap in de achter de zeereep gelegen duinen zich door een nog grotere armoede aan soorten (zo ontbreken zandhaver en akkermelkdistel er als regel).

5. DE BODEM VAN MOS- EN KORSTMOSBEGROEIINGEN
(zie ook fig. 3)

(1) In het duingebied dat achter de zeereep aansluit wordt geen zand meer rechtstreeks van het strand of uit de zeereep aangevoerd. De windkracht is hier niet onbetekenend afgenomen, de beweeglijkheid van het zand is door de vorming van een humus- of ijzerhoudend laagje om de korrels geringer geworden, terwijl ook de aard van de vegetatie ertoe bijdraagt dat over het algemeen een betere consolidering van de bodem wordt verkregen. Heeft zich eenmaal een gesloten plantenkleed ontwikkeld, dan biedt dit voldoende weerstand om directe aantasting van de bodem door de wind te voorkomen.

Het reliëf en het hiermee samenhangende microklimaat zijn er evenwel de oorzaak van dat de ontwikkeling tot een dergelijk vegetatiedek zich plaatselijk slechts zeer langzaam voltrekt (zuidhellingen!). Incidentele verwondingen, veroorzaakt door betreding, graverij van konijnen of slagregens kunnen bovendien een regressie van de vaak kwetsbare begroeiingen veroorzaken. Veelal krijgt de wind onder deze omstandigheden opnieuw vat op de bodem. Doordat het duinbeheer erop gericht is de tot verstuiving neigende plekken consequent met helm in te planten blijft de omvang van dergelijke secondaire verstuivingen over het algemeen beperkt. Slechts hoogst zelden bereikt de zandverplaatsing een intensiteit die bestaansvoorwaarden schept voor de helmgemeenschap – de associatie van het sterk stuivende duin. Meestal zijn het rood zwenkgras, zandzegge, fakkelgras en eventueel buntgras, die als pioniers optreden. Ook een aantal laag blijvende soorten kunnen zich onder dergelijke omstandigheden vestigen, zoals muurpeper en verscheidene duinmossen en kleine éénjarigen. Vooral het mosduinsterretje is zeer kenmerkend voor de zich thans installerende gemeenschap (duinsterretjesgemeenschap, *Erodium glutinosum-Phleum arenarium*-ass.). Het vormt grote kussens, die door hun structuur het stuivende zand binden. De groei van dit mos wordt hierdoor gestimuleerd, zodat na enige tijd de moskussens ettelijke centimeters boven hun omgeving uitsteken. Stagneert de zandaanvoer, dan breiden de soorten zich in horizontale richting uit en ontstaat een gesloten begroeiing.

Het bodemprofiel onder deze vegetatie vertoont een begin van humus-„inspoeling" in de bovenste horizont. Door de onrust van de standplaats kan men echter veelal verschillende successievelijk gevormde „inspoelingshorizonten" over een diepte van luttele centimeters onderscheiden, hetgeen de bemonstering bemoeilijkt. Een voorbeeld van de superpositie van twee profielen laat no. 039 (tabel 2) zien. Blijkens de overige proefobjecten heeft echter in de duinsterretjesgemeenschap enige uitloging van de bovenste 5 cm plaatsgehad (048, 050), maar het kalkgehalte daalt in de onderzochte gevallen niet onder 1%. De bodemreactie is nog duidelijk alkalisch. Het voornaamste bodemkundige verschil met de helmgemeenschap is het hogere humusgehalte (1,0 tegen 0,3%).

In de tabel werden de bemonsterde proefvakken gerangschikt naar toenemende afstand tot de duinvoet. Het blijkt dat het kalkgehalte in deze volgorde in grote lijn afneemt, hetgeen – gezien de over het algemeen hogere ouderdom der meer landwaarts gelegen duinen – verklaarbaar is. Minder begrijpelijk is de daling van het N-totaal en – in geringere mate – het humus-%. Floristisch onderscheidt de duinsterretjesgemeenschap der achterduinen zich door het veelvuldiger optreden van buntgras – een soort die over het algemeen haar maximale ontplooiing bereikt op kalkarm substraat (buntgras ontbreekt in de proefvakken 192, 050 en 191, maar komt voor in de no's 048, 039 en 075).

Een merkwaardige variant van de duinsterretjesgemeenschap treft men aan in de meeuwenkolonie *(Bryum argenteum*-variant*)*. Onder invloed van de aanvoer van organisch materiaal (voedselresten en mest) en van de intensieve betreding door de vogels ontwikkelt zich een begroeiing die zich onderscheidt door het voorkomen van nitrofielen en tredplanten, zoals muur *(Stellaria media* subsp. *pallida)*, straatgras en zilvermos. Op vele plaatsen is gedurende de herfst, de winter en het voorjaar muur zelfs dominant en heeft men vaak moeite de typische vertegenwoordigers van de duinsterretjesgemeenschap terug te vinden. 's Zomers krijgt de begroeiing door de activiteit der meeuwen een zeer onaantrekkelijk en vaak dor aanzien. Muurpeper *(Sedum acre)* treedt dan sterk op de voorgrond, maar tot bloei komt de soort in deze vegetatie niet.

Fig. 1.
Duinafbraak en -opbouw gaan hand in hand. Links wordt een begroeiing van kruipwilg en duinriet uitgestoven en opgerold, in het midden vormt zich achter de stuifkuil een nieuw duin met rood zwenkgras als eerste vastlegger van het zand.

Destruction and formation of dunes take place together. On the left a plant cover of creeping willow (Salix repens) *and wood small-reed* (Calamagrostis epigejos) *is being blown out and pushed back; in the centre, behind the blown-out depression a new dune is being stabilized by a pioneer grass sand fescue* (Festuca rubra).

Fig. 2.
Blik vanaf de top van de tweede zeereep westwaarts, ten noorden van Scheveningen, waarvan de boulevard geheel links nog juist zichtbaar is. In de tekst en tabel 1 worden achtereenvolgens behandeld de bodem en vegetatie van de duinvoet aan de zeezijde (1) (niet zichtbaar op de foto); de top van de eerste zeereep (2); het dal tussen eerste en tweede zeereep (3) en de zeewaarts gerichte helling van de tweede zeereep (4).

View westwards from the top of the second coastal dune ridge, north of Scheveningen with the boulevard of this sea resort just visible at the extreme left. Text and table 1 successively treat the soil and vegetation on the dune base (1) (not visible on the photograph), on the top of the first coastal dune ridge (2), in the swale between first and second ridges (3) and on the seaward slope of the second coastal ridge (4).

Fig. 3.
Een beeld van de duinbuntgrasgemeenschap tijdens droog weer. Het aspect wordt hier bepaald door *Cladonia alcicornis*, een korstmos waarvan bij droogte de witte onderzijde naar boven gekeerd is. Zodra enige neerslag gevallen is ontrolt zich het thallus en wordt de grijsgroene bovenzijde zichtbaar, waarbij de assimilatie een aanvang kan nemen. Het donker gekleurde korstmos is kraakloof. Voorts neemt men talrijke pollen buntgras en verspreide spruiten rood zwenkgras waar.

A picture of a Viola canina – Corynephorus canescens-*community with a lichen* Cladonia alcicornis, *giving it its particular aspect. After rainfall the thallus unrolls, exposing the grey-green top side, making assimilation possible. The dark-coloured lichen is* Cornicularia aculeata. *In addition tussocks of grey hair-grass and scattered shoots of sand fescue can be seen.*

Fig. 4.
Een duingrasland in een droge vallei nabij de Ruigenhoek. Waarschijnlijk is deze vallei in de vorige eeuw ontgonnen geweest. Gewoon struisgras domineert. De samenstelling van de grasmat duidt erop, dat de bovengrond geen kalk meer bevat. Het rijk bloeiende Jacobskruiskruid verleent het grasland zowel als het duindoornstruweel dat de hellingen langs de rand der vallei bekleedt een kleurig aanzien.

A dune grassland in a dry valley near Ruigenhoek. This valley has probably been cultivated in the last century. Common bent (Agrostis tenuis) *dominates. The composition of the grass cover indicates a non-calcareous topsoil. The rich-flowering* Senecio jacobaea *gives the grass cover as well as the buckthorn-scrub covering the slopes flanking the swale a colourful appearance.*

Fig. 5.
Dicht duindoornstruweel met Jacobskruiskruid en verschillende duingrassen. De duindoorn is aangewezen op een bodem, die althans enige kalk bevat. Op de achtergrond het Koningsbos, een dennenaanplant, daterend van omstreeks het einde van de vorige eeuw.
Dense buckthorn (Hippophaë rhamnoides)-*scrub with* Senecio jacobaea *and various dune grasses. The* Hippophaë rhamnoides *is found on soils containing at least some lime. In the background the „Koningsbos", a pine* (Pinus silvestris) *plantation dating from the end of the last century.*

Fig. 6.
Het droge duinberkenbos *(Crataegus-Betula-*ass.*)*, zoals dit in de vallei Kijfhoek wordt aangetroffen. De sterke dominantie van duinriet wordt toegeschreven aan de geleidelijke daling van de grondwaterspiegel sinds de tweede helft van de vorige eeuw, gevolg van de drinkwaterwinning, welke ontwikkeling de concurrentiekracht der vroeger aanwezige vochtplanten in sterke mate verminderde.

Dry dune birch wood (Crataegus-Betula-*ass.*), *as found in the valley of Kijfhoek. The marked dominance of wood small-reed* (Calamagrostis epigejos) *is attributed to a gradual lowering of the groundwater table beginning in the second half of the last century. This is a result of the drawing on the groundwater for urban drinking water. This development decreased the competitive strength of the previously present moisture indicators.*

In de bodemanalyses van de – hier iets dikkere – A-horizont trekken de hogere waarden van N-totaal en vooral P-totaal de aandacht. Omtrent een verhoging van het kalkgehalte geven de cijfers geen aanwijzing. Wel treft men op de bodem vaak grof schelpgruis aan, doch dit wordt bij het zeven uit het monster verwijderd.

Ook door andere auteurs worden hoge, soms zeer hoge, N- en P-waarden opgegeven voor de bodem in en om meeuwenesten. Het aandeel aan NH_4-verbindingen blijkt vaak groot. Voor enige cijfers en literatuur hierover zij verwezen naar Westhoff 1951.

(2) Wanneer de afzetting van kalkrijk zand achterwege blijft doen verschillende nieuwe soorten successievelijk hun intrede in de duinsterretjesgemeenschap. Het duinsterretje zelf moet hierbij zijn plaats als dominant afstaan aan andere mossen (b.v. duinklauwtjesmos), terwijl ook de eerste korstmossen de vegetatie binnendringen (*Cladonia rangiformis, Cornicularia aculeata*). De typische subassociatie der duinsterretjesgemeenschap heeft dan het veld moeten ruimen voor de *Cladonia*-subass.. Het blijkt dat deze ontwikkeling gepaard gaat met enige verdere uitloging van de bodem, maar overigens werden geen verschillen van betekenis aangetoond.

(3) Van deze *Cladonia*-subass. kan een bijzondere vorm worden onderscheiden (*Rhacomitrium*-variant). Het duinsterretje wordt in deze variant nog slechts in kleine hoeveelheid gevonden. Als dominant treedt vaak grijs duinmos (*Rhacomitrium canescens*) op. Korstmossen gaan een grotere plaats innemen en onder de Ca-neutrofiele soorten voegt zich sporadisch een soort die gewoonlijk op een min of meer zure bodemreactie wijst. Toch wijkt de pH, bepaald aan de bovenste 6 cm, niet af van die in de vorige gemeenschappen. Het kalkgehalte is daarentegen belangrijk gedaald (tot 0,3 à 0,4%) en het is dan ook waarschijnlijk dat direct aan het oppervlak de kalk geheel of nagenoeg geheel verdwenen is en er daar een aanmerkelijk lagere pH heerst. In de horizont van 6–18 cm is de ontkalking eveneens van betekenis. Omtrent een toename van het humusgehalte valt ook thans weinig of niets te bespeuren.

(4) De onder (1), (2) en (3) behandelde gezelschappen, alle deel uitmakend van de duinsterretjesgemeenschap, laten in deze volgorde een geleidelijke verandering in botanische samenstelling zien. Met de reeks: typische subass.-*Cladonia* subass. typische variant – *Cladonia*-subass. *Rhacomitrium*-variant is daarnaast tevens de natuurlijke ontwikkelingsmogelijkheid (successie) van de vegetatie weergegeven. Deze lijn is nog te vervolgen, doch de bewuste begroeiingen wijken vegetatiekundig te zeer van de duinsterretjesgemeenschap af om daarmee tot één associatie verenigd te mogen worden. Zij behoren tot de duinbuntgrasgemeenschap (*Viola canina-Corynephorus canescens*-ass.). In de vormen waarin deze gemeenschap in de Wassenaarse duinen ontwikkeld is overheersen – evenals in de duinsterretjesgemeenschap – cryptogamen. Hieronder treft men echter geen basifielen meer aan. Ook onder de fanerogamen ontbreken thans enkele der kalkminnende soorten. Het zijn de kleinste vertegenwoordigers van deze groep, zoals kandelaartje en ruw vergeet-menietje, soorten waarvan de wortels gewoonlijk nog geen 10 cm diep gaan. Aanvankelijk kan men enkele andere op kalkhoudend substraat aangewezen soorten echter nog regelmatig aantreffen (zanddoddegras, kleverige reigersbek, fakkelgras). Deze soorten bezitten een enigszins dieper reikend wortelgestel. Eén en ander gaat gepaard met het binnendringen van acidofiele kruiden, zoals schapezuring en zandblauwtje.

TABEL 2. Bodemanalyses van mos- en korstmosbegroeiingen
TABLE 2. *Analyses of soil samples of lichen vegetations*

Proefperk *Trial plot*	Datum *Date*	Afstand tot strand in m *Distance to shore in m*	Strandpaal *Coast-mark*	Diepte in cm *Depth in cm*	pH-H_2O	pH-KCl	% $CaCO_3$	% Humus	% N-totaal	100 N/ humus	% P-totaal
(1) Erodium-Phleum-ass. typicum											
192	5–11	130	92[9]	0–5 [3])	7,4	6,9	2,4	1,3	0,06	4,6	0,04
050	12–6	160	94[9]	0–6	7,8	7,2	2,7	1,2	0,05	4,2	0,04
				6–15	7,8	7,6	3,3	0,5	0,01	2	0,02
191	4–11	650	94[8]	0–5 [3])	7,3	7,3	2,1	0,9	0,03	3,3	0,01
048	9–6	900	94[5]	0–5	7,7	7,6	2,2	1,2	0,05	4,2	0,04
				5–15	8,1	7,2	3,3	0,6	0,02	3,3	0,03
039	8–6	2200	93[4]	0–6	7,3	7,7	1,0	0,9	0,02	2,2	0,03
				6–12 [2])	7,5	6,8	0,5	0,9	0,02	2,2	0,03
075	19–6	2450	95[7]	0–6	7,5	8,0	1,3	0,5	0,01	2	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–6	7,5	7,5	2,0	1,0	0,04	3,5	0,03
				6–15	8,0	7,4	3,3	0,6	0,015	2,7	0,03
(1a) Id. Bryum-variant											
130	30–7	1450	94°	0–7	7,5	7,3	1,33	1,3	0,06	4,6	0,06
				7–15	8,0	7,6	2,4	0,4	0,01	2,5	0,03
133	30–7	1600	93[7]	0–8	7,1	6,7	0,9	1,9	0,07	3,7	0,09
				8–15	7,8	7,4	1,9	0,5	0,01	2	0,04
040	8–6	2200	93[2]	0–9	7,2	7,3	2,6	0,5	0,03	6	0,05
Gemiddeld / *Averaged*				0–8	7,3	7,1	1,6	1,2	0,05	4,8	0,07
				8–15	7,9	7,5	2,2	0,5	0,01	2,3	0,035
(2) Erodium-Phleum-ass. Cladonia-subass.											
154	6–8	300	94[4]	0–8	7,5	7,0	1,3	1,4	0,05	3,6	0,03

				5–15	8,2	7,7	3,1	0,4	0,01	2,5	0,03
041	8–6	2250	93[2]	0–5	7,2	7,6	1,7	0,8	0,03	4,8	0,04
				5–15	8,0	7,9	2,6	0,5	0,02	4,0	0,03
042	8–6	2250	93[2]	0–5	7,3	6,9	0,7	1,3	0,04	3,1	0,04
				5–15	7,9	7,7	2,4	0,4	0,01	2,5	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–6	7,4	7,4	1,4	1,1	0,04	3,6	0,035
				6–15	8,0	7,8	2,7	0,5	0,01	2,7	0,03
(3) Id. Rhacomitrium-variant											
033	6–6	1150	92[5]	0–6	7,5	7,3	0,4	1,1	0,04	3,6	0,02
	6–18			6–18	8,0	7,7	1,0	0,8	0,02	2,5	0,02
070	19–6	2250	95[2]	0–6 [3])	7,7	7,3	0,3	1,0	0,02	2,0	0,03
				6–18 [3])	7,8	7,6	1,0	0,7	0,01	1,5	0,02
Gemiddeld / *Averaged*				0–6	7,6	7,3	0,4	1,1	0,03	2,8	0,025
				6–18	7,9	7,7	1,0	0,8	0,015	2,0	0,02
(4) Viola-Corynephorus-ass. initiale fase / *initial phase*											
166	8–8	2950	93[5]	0–7	6,5	5,8	0,0	1,5	0,05	3,3	0,04
				7–20	8,2	7,7	1,4	0,6	0,01	1,7	0,03
080	22–6	3050	93[5]	0–6	5,9	5,4	0,1	1,1	0,05	4,5	0,03
				6–20	7,9	7,2	1,0	0,5	0,01	2	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–7	6,2	5,6	0,05	1,3	0,05	3,9	0,035
				7–20	8,1	7,5	1,2	0,6	0,01	1,9	0,03
(5) Id. terminale fase / *terminal phase*											
136	31–7	2650	95[6]	0–7	5,4	4,4	0,0	2,6	0,08	3,1	0,04
				7–20	6,1	5,4	0,1	0,7	0,02	2,9	0,03

[1]) No's 191 en 192 in 1955, overige / *other* in 1956.
[2]) Niet in gemiddelden betrokken / *excluded for calculation of means.*
[3]) Enkelvoudige monsters / *single samples.*

Beziet men de resultaten van het bodemkundig onderzoek, dan trekt de sterkere mate van uitloging bij de duinbuntgrasgemeenschap de aandacht. Van kalk worden in de horizont van 0–7 cm hoogstens nog sporen aangetroffen. Opvallend is ook de scherpe daling van de pH (vooral pH-KCl), wanneer het kalkgehalte tot 0,1% daalt (vgl. ook no. 136). De beschikbare hoeveelheid kalk in de bodem is dan blijkbaar niet meer in staat een voldoende hoeveelheid Ca-ionen te produceren om een alkalische reactie teweeg te brengen, terwijl tevens de basenverzadiging van de humus sterk afneemt. Dit zou erop kunnen wijzen dat de kalk zich niet in fijnverdeelde toestand in de bodem bevindt, doch als relatief grove schelpfragmenten. Afgezien van wellicht iets hogere waarden voor humus- en N-totaal-% in de A1-horizont zijn de bodemkundige verschillen met het voorgaande gezelschap overigens gering.

(5) In een latere fase verdwijnt ook zanddoddegras en eventueel kleverige reigersbek uit de duinbuntgrasgemeenschap. Tevens hebben in de mos- en korstmoslaag de neutro- tot zwak acidofiele soorten plaats moeten maken voor uitgesproken acidofielen (*Polytrichum juniperinum*, *Cladonia sylvatica*, *C. glauca*). Het enige „kalkrelict" dat in de Wassenaarse duinen steeds nog aanwezig is, vaak zelfs in vrij grote hoeveelheid, is dan het diep wortelende fakkelgras. Van slechts één vegetatie, die deze terminale fase van de duinbuntgrasgemeenschap vertegenwoordigt, staan bodemanalysen ter beschikking. Deze stemmen geheel overeen met hetgeen men op grond van de botanische samenstelling kon verwachten. De bovenste horizont blijkt geheel uitgeloogd, de pH is verder gedaald, evenals de basenverzadiging van de humus. Het humusgehalte en N-totaal zijn echter gestegen. Maar ook de horizont van 7–20 cm is nu vrijwel ontkalkt, waarbij de bodemreactie zwak zuur werd. Hoewel geen monster afkomstig van een diepte tussen 20 en 50 cm geanalyseerd werd, mag aangenomen worden dat de bodem daar belangrijk meer kalk bevat.

In duingebieden waar het zand primair arm aan kalk is (Waddeneilanden), is de duinbuntgrasgemeenschap veel algemener. De terminale fase wordt daar sneller bereikt en fakkelgras ontbreekt erin.

Samenvattend kan men het volgende over de betrekkingen van de hier besproken mos- en korstmosbegroeiingen tot de bodem zeggen.

De duinsterretjesgemeenschap is gebonden aan een bodem, die in de horizont van 0–6 cm kalkhoudend is. Is het kalkgehalte $\geqslant$ 1,0% dan kan zowel de typische subass. worden verwacht als de typische variant van de *Cladonia*-subass.. In de eerste gemeenschap domineren pioniersoorten (duinsterretje, muurpeper); het zijn soorten die een zwakke overstuiving verdragen maar in rustig milieu de concurrentie van andere soorten slecht verdragen. In de tweede gemeenschap hebben de pioniers moeten wijken voor andere, onder de gegeven omstandigheden concurrentiekrachtiger soorten (duinklauwtjesmos e.a.). Welke van de beide gemeenschappen zal optreden is dus afhankelijk van de stabiliteit van de bodem en de ouderdom van de vegetatie. In verband hiermee zal bij de typische variant van de *Cladonia* subass. in doorsnee een lager kalkgehalte worden gevonden.

De pH van de bodem is alkalisch, maar voorts onafhankelijk van het kalkgehalte zolang dit $\geqslant$ 0,3% is. Vermindert echter het kalkgehalte tot 0,1%, dan veroorzaakt dit een plotselinge daling van de pH tot waarden rond 6,0,

waarna verdere uitloging tot een verdere daling van de pH kan leiden. De vegetatie reageert scherp op deze milieuveranderingen. Aangezien een min of meer volledige ontkalking het eerst bereikt wordt in de bovenste centimeter van de bodem, vallen de met de ontkalking gepaard gaande verschuivingen in de botanische samenstelling het eerst te bespeuren aan mossen en korstmossen (optreden van enkele acidofiele soorten in de *Rhacomitrium*-variant der duinsterretjesgemeenschap). Bij toenemende ontkalkingsdiepte moeten – afhankelijk van het bewortelingsniveau – successievelijk groepen van basifiele kruiden het veld ruimen en ondergaat de vegetatie daardoor ingrijpende veranderingen (ontstaan van duinbuntgrasgemeenschap). Wanneer de ontkalking tot op 7 cm vrijwel volledig is, zijn niet alleen de basifiele en een goed deel der neutrofiele cryptogamen verdwenen, maar evenzeer enige zeer ondiep wortelende fanerogamen.

Bij een diepere ontkalking en verdere daling van de pH neemt het aandeel der uitgesproken acidofielen toe, totdat fakkelgras, waarvan de wortels tot 50 cm diep reiken, de enige nog aanwezige kalkminnende soort is. Tijdens de laatste schrede van deze ontwikkeling neemt het humusgehalte toe, maar daalt de basenverzadiging van de humus in sterke mate.

6. DE BODEM VAN DUINGRASLANDEN (fig. 4)

De droge graslanden der duinen worden in hoofdzaak aangetroffen op de noordhellingen en in de valleien die buiten de invloedsfeer van het grondwater staan. Zij kunnen zich over het algemeen slechts als zodanig in stand houden wanneer begrazing (i.c. door het konijn) of betreding (b.v. door de mens) plaatsheeft. Wordt hier niet aan voldaan dan ontwikkelt het grasland zich vroeger of later tot struweel. Van deze successie kon men vooral gedurende de jaren volgend op het uitbreken van de myxomatose, de beruchte virusziekte die de konijnenpopulatie in korte tijd tot op een fractie van de vroegere terugbracht, veel voorbeelden zien.

De volgende duingraslanden zijn in het bodemkundig onderzoek betrokken (tabel 3):

(1) De paardebloem-walstro-gemeenschap (*Taraxacum obliquum-Galium verum*-ass.), een dichte grasmat (schapegras-fakkelgras-zachte haver), rijk aan kruiden: tijm, rolklaver, echt walstro, kruipend stalkruid, zandviooltje, vleugeltjesbloem en duinpaardebloemen. De meeste van deze soorten staan bekend als kalkminnend. In de voorzomer tooit dit grasland zich met talloze bloemen. Vóór de bevloeiing van de duinen besloeg deze gemeenschap vele valleien, thans is haar areaal sterk teruggedrongen.

(2) De gemeenschap van wondklaver en nachtsilene (*Anthyllis vulneraria-Silene nutans*-ass.), een zeer soortenrijk gezelschap, vnl. voorkomend op noordhellingen. Hoewel het merendeel der soorten die in verband met de vorige gemeenschap genoemd werden ook in de wondklaver-nachtsilene-gemeenschap voorkomen, overwegen hier toch veelal forsere kruiden, zoals kruisbladgentiaan, bitterkruid, driedistel, welriekende salomonszegel en wilde peen. Ook in deze gemeenschap nemen de kalkplanten een voorname plaats in. Bovendien is de gemeenschap zeer rijk aan mossen. Enige opslag van kruipwilg of liguster treft men veelvuldig aan.

TABEL 3. Bodemanalyses van duingraslanden
TABLE 3. *Analyses of soil samples of dune grasslands*

Proefperk *Trial plot*	Datum *Date*	Afstand tot strand in m *Distance to shore in m*	Strandpaal *Coast-mark*	Diepte in cm *Depth in cm*	pH-H_2O	pH-KCl	% $CaCO_3$	% Humus	% N-totaal	100 N/ humus	% P-totaal
(1) Taraxacum-Galium-ass. typicum											
055	14–6	220	93[4]	0–7	7,6	7,1	1,5	3,3	0,14	4,2	0,05
				7–18	8,0	7,4	2,6	0,9	0,02	2,2	0,03
163	8–8	600	95°	0–9	7,6	7,3	1,3	3,8	0,15	4,0	0,04
				9–20	8,1	7,6	3,6	1,3	0,04	3,1	0,03
004	4–11	v750	95°	3–8	7,7	6,9	1,5	2,6	0,10	3,8	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–8	7,6	7,2	1,4	3,6	0,15	4,1	0,045
				8–19	8,1	7,5	3,1	1,1	0,03	2,7	0,03
Taraxacum-Galium-ass. Cladonia-subass.											
085	4–11	450	95°	0–10	7,0	6,5	0,3	5,4	0,19	3,4	0,03
				15–20	7,5	7,3	2,7	0,4	0,01	2,5	0,02
062	15–6	1700	94°	0–10	6,8	6,3	0,2	2,7	0,09	3,3	0,03
				10–25	7,7	7,1	0,9	1,4	0,05	3,6	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–10	6,9	6,4	0,3	4,1	0,14	3,4	0,03
				12–22	7,6	7,2	1,8	0,9	0,03	3,1	0,025
(2) Anthyllis-Silene-ass.											
107	21–7	250	94[9]	0–10	7,3	7,1	1,1	3,2	0,10	3,1	0,04
				10–25	8,3	7,7	2,9	0,7	0,02	2,9	0,03
157	6–8	250	94[3]	0–8	7,7	7,3	1,3	3,5	0,12	3,4	0,04
				8–20	7,8	7,7	3,1	0,6	0,01	1,7	0,02
094	18–7	350	94[4]	0–13	7,2	7,4	2,7	2,1	0,07	3,3	0,03

095	19–7	400	93[8]	0–9	7,2	7,3	1,8	2,7	0,10	3,7	0,03
				9–25	8,0	7,7	3,4	0,9	0,03	3,3	0,03
21	4–11	550	94[9]	0–6	7,5	7,2	2,4	2,3	0,07	3,0	0,02
				6–18	7,4	7,4	3,7	0,8	0,02	2,5	0,02
098	20–7	2700	93[6]	0–10	7,3	7,2	1,4	2,5	0,08	3,2	0,03
				10–25	7,8	7,5	2,0	1,1	0,03	2,7	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–9	7,4	7,3	1,8	2,7	0,09	3,3	0,03
				9–22	7,8	7,6	2,9	0,8	0,03	2,7	0,03
(3) Ranunculus-Trifolium-ass.											
018	10–6	750	98[7]	0–10	5,7	4,5	0,0	6,4	0,28	4,4	0,07
				10–25	6,1	4,8	0,0	1,0	0,04	4,0	0,04
049	19–6	800	98[7]	0–8	5,7	4,6	0,0	5,4	0,22	4,1	0,06
				8–15	5,9	4,8	0,0	1,2	0,05	4,2	0,03
020	10–6	900	98[7]	0–10	5,8	4,7	0,0	4,6	0,25	5,4	0,09
				10–25	6,2	5,4	0,0	2,1	0,09	4,3	0,06
Gemiddeld / *Averaged*				0–9	5,7	4,6	0,0	5,5	0,25	4,6	0,07
				9–22	6,1	5,0	0,0	1,4	0,06	4,2	0,04
(4) Agrostis-Polytrichum-gem. / *comm.*											
022	16–6	1650	95[8]	0–10	5,7	4,5	0,0	2,2	0,08	3,6	0,04
				10–30	6,0	5,0	0,0	1,6	0,05	3,1	0,03
023	4–11	1800	95[8]	0–10	5,6	4,3	0,0	1,5	0,05	3,3	0,01
				10–20	5,6	4,3	0,0	1,3	0,05	3,8	0,02
				60–65	6,1	5,2	0,0	0,2	0,00	<2,5	0,01
024	6–6	2050	95[5]	0–10	6,6	6,2	0,2	1,6	0,06	3,7	0,03
				10–25	6,9	6,3	0,1	1,3	0,04	3,1	0,03
				25–40	7,0	6,5	–	0,7	0,02	2,9	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–10	5,7	4,4	0,0	1,9	0,07	3,5	0,025
				10–25	5,8	4,7	0,0	1,5	0,05	3,5	0,025

(3) De gemeenschap van knolboterbloem en gestreepte klaver (*Ranunculus bulbosus-Trifolium striatum*-ass.), een grasland vnl. gevormd door ruw beemdgras, rood zwenkgras en gewoon struisgras met veel akkerhoornbloem, akkerwinde en schapezuring en voorts knolboterbloem, viltganzerik en hazepootje. Kalkminnende soorten, zoals fakkelgras en tijm, treft men nog slechts sporadisch aan. De gemeenschap beperkt zich in het bestudeerde gebied tot de Harstenhoek, een uitgestrekte en kunstmatig geëgaliseerde vallei nabij Scheveningen, die reeds in de 18e eeuw in landbouwcultuur werd genomen, maar thans sinds enige decenniën gebruikt wordt voor het drogen en boeten van netten („nettenboetstersterrein").

(4) De gemeenschap van kruipend struisgras (*Agrostis canina* var. *arida*) en zandhaarmos (*Polytrichum juniperinum*). Struisgras, duinriet, schapegras, schapezuring en zandzegge vormen hier een ijle kruidlaag. De bodem is echter bedekt door een dichte cryptogamenbegroeiing, waarin naast het als regel dominerende haarmos veel korstmossen (*Cladonia* sp. div.) worden aangetroffen. Onder de cryptogamen telt men uitsluitend acidofielen, maar ook onder de hogere planten geven deze de toon aan. Slechts zelden vindt men enkele planten die aan een kalkhoudend substraat gebonden zijn. Dit gezelschap komt plaatselijk in de vallei Meijendel voor. Ook hier werd vroeger landbouw bedreven (tot ca. 1920). In de oorlogsjaren werd de zode van het terrein verwijderd en de grond na een diepe bewerking opnieuw in cultuur genomen, echter zonder enige mestgift. De oogst mislukte en op de verlaten akkers ontwikkelde zich deze gemeenschap.

Sub (1). Bij de paardebloem-walstro-gemeenschap bevat de A_1-horizont nog vrij veel kalk (1,4%). De bodemreactie is alkalisch. Ten opzichte van de duinsterretjesgemeenschap (typicum), waaruit ook dit gezelschap zich kan ontwikkelen, blijkt dus van enige oppervlakkige uitloging sprake te zijn. Thans is echter bovendien vrij veel humus vastgelegd (3,6%). De bodemgenese wijkt hierdoor bij de paardebloem-walstro-gemeenschap af van die tijdens de ontwikkeling tot de duinbuntgrasgemeenschap, waar immers een duidelijke toename van het humusgehalte eerst optrad nadat vrijwel alle kalk uitgespoeld was. De sterkere „inspoeling" van humus blijkt zich ook enigszins in de A_2-horizont (8–19 cm) te manifesteren. Overigens is de A_2 nog vrijwel onveranderd.

Sub (2). De bodemkundige verschillen tussen de paardebloem-walstro- en de wondklaver-nachtsilene-gemeenschap zijn uiterst gering. Waarschijnlijk is het kalkgehalte van de A_1 bij het laatste gezelschap in doorsnee nog iets hoger en het humusgehalte iets lager. Men dient hierbij te bedenken dat de wondklaver-nachtsilene-gemeenschap vaak op vrij steile hellingen (20°–35°) wordt aangetroffen, waar graverij van konijnen, aftrappen en eventueel afspoelen van de bodem een ongestoorde ontwikkeling veelal tegengaan. De floristische verschillen tussen beide gemeenschappen berusten dan ook niet zozeer op edafische factoren als wel op microklimatologische. Metingen van de luchttemperatuur en -vochtigheid in deze gemeenschappen hebben dit uitgewezen.

Veelvuldig treft men op de noordhellingen zeer steile, vaak min of meer loodrechte wandjes aan, b.v. wanneer konijnen aan het graven zijn geweest. Op deze plaatsen, door de omringende vegetatie beschermd tegen direct invallend zonlicht, installeert zich een merkwaardige mossengemeenschap (*Didymodon recurvirostris-Tortella flavovirens*-ass.). Enkele soorten worden in de duinen vrijwel uitsluitend in dit gezelschap gevonden, maar treden daar-

buiten o.a. in de Zuidlimburgse kalkgraslanden op. Bodemanalysen van de bovenste 3 cm geven relatief hoge kalkgehalten te zien (1,0–2,9%, gemiddelde uit 3 bepalingen 1,9%). Ter vergelijking werd van een aangrenzende begroeiing behorend tot de wondklaver-nachtsilene-gemeenschap eveneens de bovenste 3 cm geanalyseerd. Daar bedroeg het kalkgehalte slechts 0,3%. De uitloging van de bovenste centimeters is op de steile wandjes dus veel minder sterk dan op de aangrenzende minder steile noordhelling. Dit is zowel een gevolg van de veelal geringere ouderdom van het microprofiel op de steile wandjes als van de omstandigheid dat het water er voor een groot deel langs de oppervlakte afstroomt. Hieruit wordt het feit verklaard, dat de op een kalkrijk substraat aangewezen mossen zich op de noordhellingen in hoofdzaak tot de steilste gedeelten beperken.

Sub (3) en (4). Bij de overige twee duingraslanden – de gemeenschap van knolboterbloem en gestreepte klaver en die van kruipend struisgras en zandhaarmos – heeft een uitloging van de bodem plaatsgehad tot op een belangrijk grotere diepte dan bij de tot dusver behandelde vegetatietypen het geval was. Ongetwijfeld is de krachtige ontkalking een gevolg van de diepe bodembewerking en langdurige landbouwcultuur waaraan de betrokken terreinen onderworpen zijn geweest. De bodem van de knolboterbloem-gestreepte klaver-gemeenschap bevat op 25 cm diepte nog geen $CaCO_3$. Op 40 cm kon echter met behulp van zoutzuur enige kalk worden aangetoond. Bodemmonsters in de gemeenschap van kruipend struisgras en zandhaarmos bleken daarentegen tot op 65 cm nog volkomen ontkalkt.

Een uitzondering hierop vormt proefperk 024, waar de bodem op 0–10 cm 0,2% $CaCO_3$ bevatte, op 10–25 cm 0,1%, terwijl in het op 25–40 cm genomen monster kalk geheel ontbrak. Dit afwijkende verloop van het kalkgehalte moet met de grondbewerking, die hier betrekkelijk recent plaatsvond, in verband worden gebracht. Het is interessant hierbij aan te tekenen dat ook de begroeiing van dit proefperk enigszins afweek en wel door de aanwezigheid van een enkel en weinig vitaal exemplaar van hondstong, kleverige reigersbek en fakkelgras-soorten die we uit de gemeenschappen van het kalkrijke duin kennen.

De pH in de bovenste 10 cm is bij beide gemeenschappen duidelijk zuur. Opvallend zijn de voor alle monsters gevonden grote verschillen tussen pH-water (variërend van 5,6–5,8) en pH KCl (van 4,3–4,7), hetgeen op een geringe basenbezetting van de humus wijst. Het kruipende struisgras-zandhaarmos-gezelschap laat in dit opzicht het minst gunstige beeld zien.

Belangrijke bodemkundige verschillen bestaan echter ten aanzien van het humusgehalte (5,5% voor de knolboterbloem - gestreepte klaver-gemeenschap, 1,9% voor de kruipend struisgras-zandhaarmos-gemeenschap), N-totaal (0,25 resp. 0,06%) en P-totaal (0,07 resp. 0,03%). Het is duidelijk dat in deze cijfers de behandeling die de terreinen ondergingen of nog ondergaan haar weerslag vindt: in het ene geval de vroegere landbouwcultuur en de nog steeds plaatshebbende aanvoer van organisch materiaal met visnetten, in het andere geval de verwijdering van de graszode in de laatste oorlog.

7. DE BODEM VAN ENKELE DUINSTRUWELEN

Het dichte vlierstruweel, dat zich op beschutte plaatsen in de zeereep installeert werd reeds in 4 besproken (*Hippophaë rhamnoides-Sambucus nigra* ass.). Op deze plaats zal aandacht geschonken worden aan twee andere struweeltypen (zie ook tabel 4), t.w.:

(1) Het duindoornstruweel (fig. 5) dat vooral op zuid- en westhellingen voorkomt en daar ontstaan is uit de duinsterretjesgemeenschap (*Hippophaë rhamnoides*-sociatie). Omdat het duindoorngewas op dergelijke standplaatsen een niet bijzonder dichte stand aanneemt dringt nog relatief veel licht tot de bodem door en kan een groot aantal soorten uit de voorafgegane gemeenschap zich nog geruime tijd handhaven. Zo treft men in de

TABEL 4. Bodemanalyses van duinstruwelen
TABLE 4. *Analyses of soil samples of dune scrubs*

Proefperk *Trial plot*	Datum *Date*	Afstand tot strand in m *Distance to shore in m*	Strandpaal *Coast-mark*	Diepte in cm *Depth in cm*	pH-H_2O	pH-KCl	% $CaCO_3$	% Humus	% N-totaal	100 N/ humus	% P-totaal
Hippophaë rhamnoides-struweel / *scrub*											
124	27–7	600	95[2]	0–10	7,8	7,6	2,9	1,4	0,04	2,9	0,03
				10–25	8,2	7,8	3,1	0,5	0,01	2	0,02
165	8–8	1850	92[9]	0–10	7,8	7,5	1,8	1,5	0,03	2,0	0,03
				10–25	8,2	7,8	1,9	0,6	0,02	3,3	0,02
Gemiddeld / *Averaged*				0–10	7,8	7,6	2,4	1,5	0,04	2,5	0,03
				10–25	8,2	7,8	2,5	0,6	0,02	2,7	0,02
Salix repens-struweel / *scrub*											
047	9–6	750	94[3]	0–8	7,2	6,9	0,7	3,9	0,17	4,4	0,04
				8–20	8,1	7,6	4,1	0,7	0,03	4,3	0,03
063	15–6	1750	93[8]	0–8	6,6	6,0	0,1	4,1	0,13	3,2	0,03
				8–25	7,6	7,1	1,1	1,3	0,05	3,8	0,03
Gemiddeld / *Averaged*				0–8	6,9	6,5	0,4	4,0	0,15	3,8	0,04
				8–23	7,9	7,4	2,6	1,0	0,04	4,1	0,03

kruid- en moslaag regelmatig muurpeper, zanddoddegras, zandhoornbloem en duinsterretje aan. Specifieke elementen van dit struweel zijn voorts hondstong en bitterzoet.

(2) Het kruipwilgstruweel, een laag blijvend struikgewas voornamelijk op noordhellingen en in valleien voorkomend (*Salix-repens*-sociatie). Deze begroeiing wordt meestal voorafgegaan door grasland: de paardebloem-walstro-gemeenschap of de wondklaver-nachtsilene-gemeenschap (zie 6). Daarom kunnen in het kruipwilgstruweel graslandrelicten nog een voorname rol spelen: schapegras, zachte haver, echt walstro, duinpaardebloemen, etc.. Van deze begroeiing maakt veelal dauwbraam deel uit.

Van beide gemeenschappen werden slechts twee vegetaties bemonsterd, steeds één in het voorduin en één in het achterduin. De analyses brengen markante verschillen aan het licht. Hoewel het aantal bepalingen gering is mag aangenomen worden dat deze verschillen reëel zijn, aangezien zij in overeenstemming zijn met elders door anderen opgedane ervaringen. Bij het duindoornstruweel komt in de bovenste horizont belangrijk meer kalk voor dan bij het kruipwilgstruweel (1,8–2,9% tegen 0,1–0,7%). Ook pH-H_2O (gem. 7,8 resp. 6,9) en pH-KCl (gem. 7,6 resp. 6,5) zijn er hoger. De humusgehalten (1,5 resp. 4,0%) gedragen zich, evenals de N-totaal-percentages (0,04 resp. 0,15), tegengesteld aan de pH's.

In de A_2-horizont worden de verschillen in hoofdzaak genivelleerd, hoewel de pH's hoger blijven bij het duindoornstruweel en het humusgehalte iets hoger bij de kruipwilgbegroeiing. Het monster 8–20 cm van proefperk 047 bleek het hoogste kalkgehalte (4,1%) te hebben van alle bij dit onderzoek verrichte bepalingen.

Vergelijkt men deze cijfers met de overeenkomstige waarden gevonden bij de gemeenschappen, waaruit beide struwelen zijn voortgekomen – het duindoornstruweel met de duinsterretjesgemeenschap, het kruipwilgstruweel met de paardebloem-walstro-gemeenschap – dan blijkt nog een grote mate van overeenstemming te bestaan. In beide gevallen heeft echter enige toename van het humusgehalte der A_1 plaatsgehad. Bij de kruipwilgbegroeiing ging deze ontwikkeling gepaard met een duidelijke ontkalking van de bovengrond, terwijl bij het duindoorngewas de kalkgehalten van dezelfde grootte-orde bleven.

Ondanks het feit dat zowel de bodems van de beide duindoornvegetaties onderling als die van de twee kruipwilgvegetaties een grote verwantschap vertonen, valt het op dat steeds de kalkgehalten van de A_1 en de A_2 in het voorduin hoger zijn dan in het achterduin. Hetzelfde verschijnsel werd reeds gesignaleerd bij de duinsterretjesgemeenschap. De regelmatige maar langzame stijging van het kalkgehalte bij toenemende diepte, zoals monsters in het achterduin die soms te zien geven (b.v. 063: 0–8 cm 0,1%, 8–25 cm 1,1%, 55–65 cm 1,9%), zou kunnen wijzen op een betrekkelijk langdurige periode van uitloging, gedurende welke geen sterke verstoringen (verstuiving) optraden. Echter zijn geen gegevens beschikbaar aan de hand waarvan men zich een idee kan vormen omtrent de snelheid waarmee de ontkalking zich onder de verschillende omstandigheden voltrekt. Wel is het duidelijk dat deze in sterke mate afhankelijk is van de inclinatie van het terrein en de aard van de begroeiing.

8. DE BODEM DER DUINBOSSEN

Slechts een gering deel der Wassenaarse duinen – nog geen 10% – is met bos bedekt. Het grootste oppervlak nemen de berkenbossen in. Hoewel deze

veelal voorkomen in valleien die de vorige eeuw in cultuur zijn geweest, ontstonden zij spontaan en trof men ze ook reeds vóór de ontginning aan. Ratelpopulier en in sommige gevallen eik en wellicht grauwe abeel en zwarte populier vormen eveneens natuurlijke duinbosjes. Daarnaast komen er beplantingen voor, o.a. van witte abeel, Canadapopulier, Oostenrijkse, Corsikaanse en groveden.

De meest belangwekkende groep vormen ongetwijfeld de berkenbossen. Zij bestaan veelal voor 90–100% uit berk. Men treft zowel zachte als ruwe berk aan, maar de eerste soort is bij verre de meest algemene. Hier en daar neemt meidoorn naast berk een voorname plaats in de hoogste etage in. Lijsterbes en eik groeien in deze bossen slechts zelden tot boom uit. Kamperfoelie daarentegen reikt vaak tot aan de toppen der berken en ook heggerank en op één plaats hop dringen tot in het kronendak door. De struiklaag is soortenrijk. Afgezien van de soorten die tevens in de boomlaag optreden kan men er liguster, Gelderse roos, kardinaalsmuts, wegedoorn en diverse rozen in vinden.

Naar de samenstelling van boom- en struiketage vormen de berkenbossen een vrij homogeen geheel. De kruidengroeiing der bossen wijkt echter van plaats tot plaats sterk af, hetgeen een verdeling van de duinberkenbossen over verscheidene associaties noodzakelijk maakt.

De vegetatie-eenheden die voor ons van belang zijn zullen we hier gemakshalve aanduiden als (1) „droog duinberkenbos" (fig. 6) (*Crataegus monogyna-Betula pubescens*-ass. typische subass.), (2) „vochtig duinberkenbos" (*Crataegus mon.-Betula pub.*-ass. *Mentha aquatica*-subass.), (3) „nat duinberkenbos" (bossen behorend tot het onderverbond *Alnion glutinoso-incanae*) en (4) „afstervend duinberkenbos" (degeneratiestadia der voorgaande gemeenschappen). De droge en vochtige duinberkenbossen kenmerken zich door een gesloten plantendek van o.m. brandnetel, dagkoekoeksbloem, gewone klis en veelal enige grassen. Daaronder bevindt zich als regel een tweede kruidlaag, waarin drienerfmuur domineert. Het vochtige bostype onderscheidt zich van het droge type door het voorkomen van watermunt, kattestaart, glidkruid en enige andere vochtminners en door een weelderiger groei en rijkere bloei van sommige kruiden. In het natte duinberkenbos, dat zeldzaam is, overheerst leverkruid veelal in de hoogste kruidlaag, eventueel samen met brandnetel en valeriaan. Naast de vochtplanten die reeds in het vochtige bostype optraden kan men tevens engelwortel en bosbies vinden. In de laagste kruidlaag bereikt ook hier drienerfmuur een hoge bedekking.

Wanneer de berken aan vitaliteit gaan inboeten, een holle stand aannemen en eventueel geleidelijk afsterven – een verschijnsel dat op ettelijke plaatsen in het duin een opvallende vorm heeft aangenomen – dringt meer licht tot de bodemvegetatie door, hetgeen belangrijke verschuivingen in de kruidlaag teweegbrengt. Steeds breidt duinriet zich onder deze omstandigheden in sterke mate uit, terwijl het merendeel der tot dusver genoemde bosplanten het veld moet ruimen (fig. 6). De kruidlaag van een dergelijk afstervend duinberkenbos stemt daardoor in floristische samenstelling vaak meer overeen met bepaalde duingraslanden dan met de kruidengroei der hiervóór beschreven bossen.

Het bodemonderzoek der duinbossen heeft zich bepaald tot 16 permanente vegetatiekundige proefperken – in 1952 en 1953 in het terrein uitgezet en sindsdien periodiek opgenomen, d.w.z. kwalitatief en kwantitatief botanisch

geïnventariseerd – benevens 2 aanvullende proefperken. Drie proefperken zijn gelegen in bos van ratelpopulier (no.'s 23, 24 en 33), één in eikenbos (no. 065), de overige in berkenbos. De bossen van ratelpopulier laten zich ongedwongen rangschikken onder de voor de berkenbossen beschreven eenheden. De eikenbossen echter wijken sterk af. Enige grassen (beemdgras, fioringras), dauwbraam en kamperfoelie bepalen er het aspect van de kruidlaag. Deze bossen worden tot een zelfstandige associatie gerekend (*Convallaria majalis-Quercus robur*-ass.). De grondwaterstand in de permanente proefperken is bekend dank zij een maandelijkse opname door personeel van de Duinwaterleiding van de daar in verband met dit onderzoek geslagen peilputten.

In alle 18 objecten werden bodemmonsters genomen van de bovenste 15 cm (mengmonsters). Hieraan werden de gebruikelijke bepalingen verricht. Bovendien zijn bij 10 permanente proefperken profielkuilen tot 1,— à 1,40 m gegraven. Met behulp van de Munsell Soil Color Chart werden profielbeschrijvingen gemaakt, terwijl tevens de verschillende bodemhorizonten bemonsterd werden (enkelvoudige monsters). Behalve de normale bepalingen werden in dit geval eveneens een aantal bepalingen gedaan van het totaal poriënvolume, het vochtgehalte bij verschillende zuigkrachten en het veldvocht.

In tabel 5 vindt men de analyseresultaten van de bodemmonsters 0–15 cm der 18 bosobjecten.

Omdat de aantallen bemonsterde objecten per vegetatie-eenheid sterk uiteenlopen en de variatie binnen enkele eenheden voor verschillende factoren aanzienlijk is, valt het moeilijk algemene tendensen aan te tonen. In samenhang tot hetgeen anderszins van de bewuste vegetatietypen en over de geschiedenis van de terreinen bekend is, kan echter het volgende worden opgemerkt.

Conclusies omtrent een correlatie tussen kalkgehalte van de bodem en vegetatietype laten de uitkomsten nauwelijks toe. Daarentegen blijkt het kalkgehalte een duidelijke samenhang te bezitten met het feit of al dan niet in het verleden landbouw werd bedreven op de betrokken bodems. Door het raadplegen van oude kadastrale kaarten en de bestudering der bodemprofielen is namelijk aan het licht gekomen dat 7 proefperken zich op oude landbouwgrond bevinden (no.'s 12, 23, 33, 24, 051, 50 en 25). Hier blijkt een volledige uitloging van de horizont van 0–15 cm te hebben plaatsgegrepen – behoudens no. 24 met 0,1% $CaCO_3$ (vgl. echter het overeenkomstige monster van no. 24 in tab. 6). Dezelfde horizont bevat evenwel bij de bosvegetaties op waarschijnlijk onbewerkte bodem meestal nog een weinig kalk (0,1–0,2%), in twee proefperken die op een geringere afstand tot het strand liggen zelfs vrij veel (no. 16 1,2% en no. 6 1,4%).

Over het verband tussen pH en bostype geven de analyses wel enige aanwijzingen. De gevonden zeer lage waarde bij het afstervende berkenbos is waarschijnlijk maatgevend, evenals de lage pH bij het eikenbos. De betrekking tussen pH en kalkgehalte is ook hier evident. Wanneer geen kalk werd aangetoond bedroeg b.v. de pH-KCl 3,8–5,7 (gem. 4,6), bij 0,1–0,2% kalk 5,7–6,3 (gem. 6,0), terwijl bij de twee monsters met kalkgehalte $> 1{,}0\%$ de pH tot 6,8–7,1 steeg.

Significante verschillen geeft het humusgehalte te zien, dat toeneemt in de volgorde: eikenbos – afstervend berkenbos – droog, vochtig, resp. nat berkenbos. Overeenkomstige tendensen zijn waarneembaar voor N-totaal en P-totaal.

TABEL 5. Bodemanalyse (0–15 cm) der duinbossen (mengmonsters)
TABLE 5. *Analyses of soil samples (0–15 cm) of dune woods*

Proefperk *Trial plot*	Afstand tot strand in m *Distance from shore in m*	Strandpaal *Coast-mark*	pH H_2O	pH KCl	$CaCO_3$-%	Humus-%	N-totaal-%	100N/humus	P-totaal-%
(1) Crataegus-Betula-ass. typicum („droog duinberkenbos") („*dry dune birch wood*")									
16	800	95°	7,1	6,8	1,2	4,5	0,13	2,9	0,03
5	1450	92⁸	6,6	6,1	0,1	5,6	0,18	3,2	0,04
12	1950	94⁹	5,7	4,8	0,0	8,6	0,25	2,9	0,04
11	2050	94⁸	5,4	4,4	0,0	5,5	0,14	2,5	0,02
23	2050	94°	6,3	5,7	0,0	4,5	0,16	3,6	0,03
8	2150	94⁶	6,4	5,9	0,1	2,9	0,09	3,1	0,02
9	2150	94⁸	6,5	5,3	0,2	3,4	0,11	3,2	0,02
33	2200	93⁶	5,1	3,8	0,0	4,3	0,17	4,0	0,03
gemiddeld / *averaged*			*6,1*	*5,5*	*0,2*	*4,9*	*0,15*	*3,2*	*0,029*
(2) Crataegus-Betula-ass. Mentha-subass. („vochtig duinberkenbos") / („*moist dune birch wood*")									
13	1900	94⁸	6,0	5,2	0,0	7,0	0,20	2,9	0,04
10	2050	94⁸	6,4	6,0	0,2	5,4	0,15	2,8	0,03
24	2050	94°	6,3	5,7	0,1	4,4	0,14	3,2	0,03
051	2050	93⁶	5,9	5,0	0,0	7,1	0 24	3,4	0,04
50	2250	93⁷	5,8	4,6	0,0	3,9	0,14	3,6	0,03
gemiddeld / *averaged*			*6,1*	*5,3*	*0,1*	*5,6*	*0,17*	*3,2*	*0,034*
(3) Alnion glutinoso-incanae („nat duinberkenbos") / („*wet dune birch wood*")									
6	1450	92⁷	7,3	7,1	1,4	8,3	0,25	3,0	0,05
35	1500	94⁵	6,3	6,0	0,1	5,1	0,17	3,3	0,03
36	1500	94⁵	6,5	6,2	0,2	7,5	0,24	3,2	0,04
gemiddeld / *averaged*			*6,7*	*6,4*	*0,6*	*7,0*	*0,22*	*3,2*	*0,04*
(4) Degeneratiestadia berkenbossen / *Degeneration-stages birch woods*									
25	2150	93⁸	4,9	3,8	0,0	4,4	0,08	1,8	0,02
(5) Convallaria-Quercus-ass.									
65	2700	96⁶	5,4	4,2	0,0	3,1	0,09	2,9	0,03

Datum / *Date:* no. 065 19-6-1956, overige / *others* 17-8-1955.
Diepte / *Depth* 0–15 cm.

Over een verband tussen humus-, N-totaal en P-totaal-% enerzijds, kalkgehalte anderzijds valt weinig te bespeuren. Evenmin schijnen de eerste drie grootheden afhankelijk van het feit of al dan niet landbouwcultuur heeft plaatsgehad.

Profielkuilen werden gegraven in berken- en ratelpopulierenbossen van het droge (no.'s 5, 12, 9 en 33), vochtige (no.'s 10, 24 en 50) en natte type (no.'s 6 en 36), benevens in afstervend berkenbos (no. 25). In het droge en het vochtige bostype treft men een 10–15 cm dikke, sterk doorwortelde, humusrijke A_1-horizont aan, waaronder zich een 15–25 cm dikke, eveneens sterk doorwortelde, maar humusarme A_2-horizont bevindt. Op de gronden waar in de vorige eeuw landbouw werd bedreven is de A_2 onregelmatig grijsbruin-geelbruin gevlekt. Hierop volgt geelwit, slechts zwak doorworteld zand met op 30–60 cm vaak enige gley-vlekken. Bij het natte berkenbos treden vaak gley-vlekken reeds op 25 cm diepte op en zijn deze meer geprononceerd. Overigens sluit het bodemprofiel bij dat der droge en vochtige bossen aan. Bij het afstervende berkenbos werden geen gley-verschijnselen gevonden.

Ettelijke profielen wijken af door de aanwezigheid van humeuze lagen op diepten tussen 50 en 120 cm (no.'s 12, 50, 36 en 25) of een dun veenlaagje (no. 50 op 140 cm). Ter illustratie zal hier een drietal profielbeschrijvingen volgen.

No. 12 (droog berkenbos op oude cultuurgrond; afwijkend doordat waarschijnlijk twee profielen boven elkaar liggen).
0–15 zeer humusrijk zand, veel wortels, 10 YR 2/1.
15–25 minder humeus, enigszins gevlekt, sterk doorworteld, 10 YR 3/2.
25–50 geel zand met gley-verschijnselen, weinig wortels, 2,5 Y 7/4.
50–55 humusrijk, veel wortels, 10 YR 3/1.
55–(110) geelwit zand, weinig gley-vlekken, enkele wortels, 2,5 Y 6/2.

No. 10 (vochtig berkenbos op onbewerkte bodem).
0–10 sterk humeus zand, sterk doorworteld, 10 YR 2/1.
10–25 enigszins humeus, vrij veel wortels, 10 YR 5/3.
25–(100) wit-geel zand, schaars doorworteld, met enkele humeuze plekjes (oude wortels) en enkele gley-vlekken, 2,5 Y 5/4.

No. 6 (nat berkenbos op onbewerkte bodem).
0–8 humusrijk zand, sterk doorworteld, 10 YR 2/1.
8–23 minder rijk aan humus, veel wortels, 2,5 Y 3/2.
23–(100) geel zand met veel gley-vlekken, dunne boomwortels tot op ca. 70 cm, 5 Y 6/3.

De analyseresultaten der verzamelde bodemmonsters zijn opgenomen in tabel 6. Vergelijkt men de voor de bovenste horizont gevonden waarden met die der overeenkomstige mengmonsters van tabel 5 – waarbij men echter rekening moet houden met de niet steeds gelijke dikte der bemonsterde horizont en ten dele ook met het verschillende tijdstip, waarop de monsters werden genomen – dan ziet men dat vrij grote verschillen kunnen optreden. Blijkbaar is de bodem in horizontale zin weinig homogeen. Bij de profielen op vroegere bouwgrond (12, 24, 25, 33 en 50) heeft de min of meer volledige uitloging van de bodem – evenals dit bij de andere oude cultuurgronden het geval bleek, zie 6 – zich als regel tot op vrij grote diepte voortgezet. Bij no. 50 zijn in de bovengrond echter nog sporen kalk aanwezig, hetgeen ook, zoals reeds werd opgemerkt, blijkens het desbetreffende mengmonster bij no. 24 het geval was. Bij de overige profielen valt de regelmatige, maar betrekkelijk langzame toeneming van het kalkgehalte bij groter wordende diepte op. Overeenkomstig de verwachtingen stijgt in deze richting de pH, terwijl humus-, N-totaal- en P-totaal-% afnemen.

De waarden van het totaal poriënvolume, van het vochtgehalte bij pF 0,7, 2,0, 2,3, 2,48 en 2,7 en van het veldvocht, bepaald aan de diverse horizonten van dezelfde profielen (uitgezonderd no. 24), vindt men in tabel 7. In het algemeen kan over deze cijfers het volgende worden opgemerkt.

a. Totaal poriënvolume

Blijkens de tabel neemt het totaal poriënvolume bij groter wordende diepte af. Gezien het feit, dat het poriënvolume vnl. afhankelijk is van de structuur en het humusgehalte van de bodem en daarmee van de mate van doorworteling, is dit zeer begrijpelijk. De beide uitzonderingen (no. 12 horizont 50–55 en no. 36 horizont 30–45) bevestigen slechts de genoemde afhankelijkheid (vgl. de profielbeschrijvingen en analyseresultaten in tabel 6).

Onderling bestaan er tussen de diverse profielen in de bovenste horizont duidelijke verschillen (57,2–77,6%); over het algemeen moeten de gemeten

TABEL 6. Bodemanalysen der duinbossen (enkelvoudige monsters)
TABLE 6. *Analyses of soil samples of dune woods (single samples)*

Proefperk *Trial plot*	Datum *Date* 1955	Diepte in cm *Depth in cm*	pH-H_2O	pH-KCl	% $CaCO_3$	% Humus	% N-totaal	100N/Humus	% P-totaal
5	9–9	0–10	6,6	6,0	0,1	5,4	0,15	2,8	0,03
		20–30	7,5	7,1	1,8	0,9e[1])	0,01	1,1	0,02
		50–60	8,2	7,6	2,2	0,4e	0,01	2,5	0,02
12	10–9	0–15	5,9	5,2	0,1	4,7	0,18	3,8	0,02
		15–20	7,2	6,9	0,6	1,3e	0,04	3,1	0,03
		30–40	7,5	7,4	0,5	0,2	0,01	–	0,02
		50–55	7,1	6,8	0,0	3,5	0,11	3,1	0,03
		60–70	6,8	6,3	0,0	0,3e	0,01	3	0,02
		90–100	8,3	8,0	2,2	0,3e	0,01	0,01	0,02
9	10–9	0–10	5,9	5,2	0,0	2,6	0,07	2,7	0,02
		10–25	7,2	7,0	1,1	0,6e	0,02	3,3	0,01
		40–50	7,6	7,4	1,5	0,3e	0,00	<1,7	0,02
33	2–9	15–30	5,4	4,3	0,0	0,9e	0,04	4,4	0,02
		30–50	7,0	7,0	0,4	0,3e	0,01	3	0 02
		70–80	8,1	8,0	2,0	0,1e	0,01	–	0,02
10	10–9	0–10	5,6	4,8	0,0	4,7	0,15	3,2	0,01
		10–20	7,2	7,1	0,5	0,8e	0,02	2,5	0,02
		40–60	8,1	7,5	1,4	0,5e	0,01	2	0,01
24	8–9	0–15	5,8	4,9	0,0	5,3	0,19	3,6	0,04
		15–30	6,4	5,9	0,0	1,5	0,03	2,0	0,02
		40–60	7,6	7,5	0,8	0,2e	0,01	–	0,02
50	9–9	0–10	5,7	4,6	0,1	3,0	0,10	3,3	0,03
		10–25	6,3	5,7	0,1	1,2e	0,05	4,2	0,02
		40–50	7,8	7,7	2,3	0,3e	0,01	3	0,02
6	9–9	0–8	7,1	6,8	0,3	5,4	0,17	3,1	0,04
		8–22	7,3	7,2	1,5	1,6e	0,04	2,5	0,02
		40–50	7,8	7,4	1,6	0,3e	0,01	3	0,02
36	10–9	0–10	6,0	5,4	0,0	4,0	0,13	3,3	0,02
		10–25	7,4	7,2	1,4	0,4e	0,01	2,5	0,02
		30–40	7,4	7,2	2,2	0,8e	0,02	2,5	0,02
		50–60	7,8	7,6	1,8	0,2e	0,01	–	0,01
		95–105	7,2	6,8	0,1	0,7e		4,3	0,03
25	8–9	0–30	4,8	3,8	0,0	2,0	0,06	3,0	0,01
		40–50	5,1	4,0	0,0	1,2e	0,04	3,3	0,02
		70–80	5,8	4,9	0,0	0,4e	0,01	3	0,02

[1]) e = bepaling elementair / *elementary determination.*

TABEL 7. Het totale poriënvolume, het vochtgehalte bij verschillende pF-waarden en bij veldcapaciteit van de bodem der duinbossen.
TABLE 7. *Total pores volume, moisture content at different pF-values and at field capacity of the soils of dune woods.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Proefperk *Trial plot*	Diepte in cm beneden m.v. *Depth in cm below surface*	Monster *Sample*	Totaal poriën vol. *Total pores volume*	Vochtgehalte bij *Moisture content at*							Veldvocht [1] *field capacity*
				pF = 0,7	pF = 2,0	pF = 2,3	pF = 2,48	pF = 2,7	pF = 4,2[1]	pF = 2,0 –pF = 4,2	
5	0–10	0–10	71,9	47,1	17,6	15,9	14,0	14,0	8,5	9,1	7,0
	45–(100)	45–65	46,9	36,5	5,5	5,3	5,1	4,7	3,0	2,5	6,7
12	0–15	0–15	70,3	42,1	17,0	15,5	15,3	15,2	9,2	7,8	7,5
	25–50	25–50	49,9	32,6	5,8	5,9	5,2	5,1	3,2	2,6	8,8
	50–55	50–55	52,3	35,8	11,8	11,7	9,8	9,6	6,1	5,7	13,0
	55–75	60–75	47,3	33,2	5,5	5,5	5,4	5,2	3,1	2,4	7,0
9	0–10	0–10	59,3	36,0	10,8	10,8	10,6	10,3	6,2	4,6	5,2
	10–25	10–25	52,4	36,3	6,4	6,2	6,1	6,0	3,8	2,6	4,6
	25–(100)	40–60	46,0	33,1	4,8	5,0	4,8	4,7	2,9	1,9	9,0
33	0–15	0–15	57,2	36,4	8,4	7,2	7,2	7,1	4,3	4,1	5,4
	30–50	30–50	46,4	33,6	5,4	5,1	5,0	4,3	2,8	2,6	5,5
10	0–10	0–10	77,6	52,5	20,7	18,3	17,8	17,7	10,9	9,8	19,5
	10–25	10–25	47,1	30,0	6,1	6,0	5,8	5,6	3,7	2,4	8,1
	25–(100)	40–60	45,0	33,1	5,1	5,1	4,9	5,0	2,8	2,3	7,6
50	0–12	0–10	58,6	41,1	11,3	11,1	11,1	11,0	6,4	4,9	9,7
	12–25	10–25	51,3	35,8	8,2	8,1	8,0	8,0	5,0	3,2	6,9
	25–65	40–50	46,9	33,6	5,6	5,6	5,5	5,3	3,1	2,5	5,3
6	0–8	0–8	61,8	46,6	15,0	12,9	12,9	12,7	7,7	7,3	11,9
	8–23	8–22	57,4	10,1?	8,0	7,2	7,1	7,0	5,0	3,0	10,1
	23–(100)	40–50	48,8	33,2	4,6	4,5	4,4	4,2	2,4	2,2	18,4
36	0–10	0–10	–	53,0	20,7	20,0	19,9	18,9	12,0	8,7	13,9
	10–30	10–30	48,4	34,1	4,8	4,8	4,3	4,3	2,8	2,0	6,1
	30–45	30–40	49,3	34,9	5,8	5,8	5,6	5,5	3,2	2,6	5,0
	45–60	50–60	45,3	36,4	5,1	4,7	4,5	4,2	2,8	2,3	6,0
25	0–15	0–15	60,4	35,6	10,9	9,3	9,1	9,0	5,5	5,4	4,0
	15–30	15–30	57,3	29,4	7,1	6,3	5,9	5,8	3,5	3,6	4,8
	30–60	40–50	48,5	34,3	5,4	5,3	5,1	5,0	2,9	2,5	5,3
	60–100	70–80	47,5	35,3	5,2	4,9	4,7	4,5	2,8	2,4	5,0

[1]) Afgelezen uit grafiek fig. 7 / *derived from graph fig. 7.*
[2]) Bepaald aan monsters verzameld in / *samples taken in 1955 op 2–9 (no. 33), 8–9 (no. 25), 9–9 (no's 5, 6, 50) en 10–9 (no's 9, 10, 12, 36).*

poriënvolumina als vrij hoog tot hoog worden aangemerkt. Bij toenemende diepte daalt het poriënvolume tot een min of meer constante waarde (ca. 47%).

b. Vochtgehalte bij verschillende pF's

Uit de gevonden waarden bij de hogere zuigkrachten (pF = 2,48 en pF = 2,7) blijkt, dat hier vrijwel steeds de afzuiging was verbroken. Bij het tekenen der pF-curven (fig. 7) werd derhalve het punt, dat het vochtgehalte bij pF = 2,3 aangeeft, door een rechte met het punt met vochtgehalte 0% (bij pF = 7,0) verbonden. De in de tabel opgegeven waarden bij pF = 4,2 (verwelkingspunt) werden uit de curven afgelezen. Zeer sterk is de afneming van het vochtgehalte over het traject tussen pF = 0,0 en pF = 2,0, hetgeen duidt op het grote aantal grove poriën (zandgrond). Naar verhouding treedt dit verschijnsel het sterkst aan den dag bij grotere diepte (minder humus).

Van groot belang voor de plant is het verschil in vochtgehalte bij pF = 2,0 en pF = 4,2 (kolom 11), omdat dit getal de hoeveelheid water aangeeft, die na verzadiging van de bodem en uitlekken onder normale druk voor de plant beschikbaar blijft. Voor de bovenste 10 à 15 cm vindt men hiervoor 4,1–9,8%, op grotere diepte ten gevolge van het lage vochtgehalte bij pF = 2,0 slechts 1,9–2,6%.

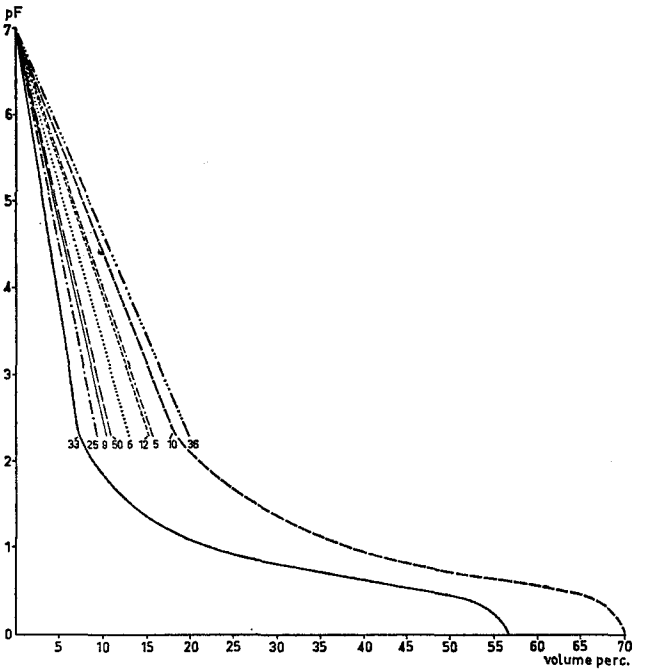


Fig. 7.
pF-curven van de bovenste 10–15 cm van een aantal bosproefperken. Voor nummers zie tabel 7.
pF-curves of the topmost 10–15 cm of a number of woodland trial plots. For numbers see table 7.

c. Veldvocht

Uiteraard is de voor het veldvocht gevonden waarde zeer afhankelijk van de weersgesteldheid over de periode voorafgaande aan de monsterneming. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid dienen de monsters in een zo kort mogelijk tijdsbestek en tijdens standvastig weer te worden genomen. Aan deze voorwaarden werd voldaan.

De omstandigheid, dat de monsters gedurende een zeer droge periode werden genomen, maakt de uitkomsten belangwekkend. Na een zeer droge julimaand en een vrij normale neerslag in de eerste helft van augustus waren de tweede helft van augustus en begin september nl. uitgesproken droog. Tijdens de 4 weken voorafgaande aan de dag, waarop de laatste monsters werden genomen, viel er bij het Pompstation slechts 34 mm regen tegen een gemiddelde over 50 jaar gedurende dezelfde periode van 74 mm.

Bij een 4-tal profielen bleek het veldvocht van de *bovenste bodemhorizont* onder het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (pF = 4,2) te liggen. Dit betreft drie proefperken gelegen in de droge bossen (no.'s 5, 12 en 9) en het proefperk in het afstervende berkenbos (no. 25). Hoewel men in de meeste gevallen voor het veldvocht bij toenemende diepte een lagere waarde vindt, blijft het veldvocht daar steeds duidelijk boven het corresponderende vochtgehalte bij pF = 4,2. Men merke op, dat het veldvocht in de onderste monsters bij sommige profielen eveneens hoger is dan het vochtgehalte bij pF = 2,0. Blijkbaar is nog niet al het zakwater (gravitatiewater) volledig naar de ondergrond verdwenen. Over het algemeen bereikt het veldvocht in deze monsters een waarde van ongeveer 6. Slechts no. 9 (met 9,0) en no. 6 (met 18,4) wijken hiervan in belangrijke mate af. Het grondwater kan in de beide laatste gevallen geen rol spelen, omdat dit ten tijde van de bepalingen ter plaatse eerst op ca. 2,5 resp. 6 m onder maaiveld bereikt werd. De stagnatie in de afvloeiing moet worden veroorzaakt door een slecht doorlatend laagje in de ondergrond; aanwijzingen hiervoor in de beschrijvingen der bodemprofielen ontbreken echter.

De voor het veldvocht gevonden waarden bevestigen het feit – reeds bekend door de directe metingen van de grondwaterstand in de corresponderende peilputten – dat de aanwezigheid van vochtminnende planten in de bosvegetaties in de jaren waarover het onderzoek zich uitstrekte althans in verreweg de meeste gevallen niets uitstaande heeft met de toentertijd heersende grondwaterstanden. De hoedanigheden van de bovenste, humusrijke bodemhorizont zijn bepalend voor de aard der begroeiing. De gley-verschijnselen die in de meeste profielen reeds op enkele decimeters onder maaiveld voorkomen moeten van fossiele aard zijn.

Ten einde het verband tussen de vochtcondities van de bovenste bodemhorizont en de vegetatie-eenheden duidelijk aan het licht te stellen werden de per bostype berekende gemiddelden opgenomen in een afzonderlijke tabel (tabel 8). Met uitzondering van het veldvocht, dat in het vochtige duinbos iets hoger werd gevonden dan in het natte bos, blijken zowel het totaal poriënvolume als alle vochtgehalten een geleidelijke toename te vertonen volgens de reeks afstervend duinberkenbos – droog bos – vochtig bos – nat berkenbos. De spreiding der gevonden waarden is voor de verschillende bostypen echter groot, zodat in de meeste gevallen de trajecten elkaar sterk overlappen (vgl. tab. 7).

Ten slotte werd het verband tussen verschillende bodemkundige hoedanig-

TABEL 8. Gemiddelde waarden voor totaal poriënvolume, vochtgehalte bij verschillende zuigspanningen, voor de plant beschikbare hoeveelheid water en veldvocht van de bovenste horizont van de onderzochte bostypen.

TABLE 8. *Averaged values of total pore space, moisture content at various pF-figures, available moisture and field capacity of the topmost soil horizon of the examined wood types.*

	Totaal poriënvolume *Total pore volume*	Vochtgehalte pF = 0,7 *Moisture content pF = 0,7*	Vochtgehalte pF = 2,0 *Moisture content pF = 2,0*	Vochtgehalte pF = 2,3 *Moisture content pF = 2,3*	Vochtgehalte pF = 4,2 *Moisture content pF = 4,2*	Verschil in vochtgehalte pF = 2,0 en pF = 4,2 *Difference in moisture content pF = 2,0 and pF = 4,2*	Veldvocht *Field capacity*
afstervend berkenbos *degenerating birch wood*	60,4	35,6	10,9	9,3	5,5	5,4	4,0
droog bostype *dry type of wood*	64,7	40,4	13,5	12,4	7,1	6,4	6,3
vochtig bostype *moist type of wood*	68,1	46,8	16,0	14,7	8,7	7,4	14,7
nat bostype *wet type of wood*	–	49,8	17,9	16,5	9,9	8,3	12,9

heden en de samenstelling van de kruidlaag der bossen ook geanalyseerd zonder daarbij direct aan te sluiten bij de bestaande indeling in vegetatie-eenheden. Bijzondere aandacht werd hierbij geschonken aan het voorkomen van soorten die in het algemeen als stikstof- resp. vochtindicerend worden beschouwd. Tot de eerste groep behoren: gewone klis, dagkoekoeksbloem, drienerfmuur, brandnetel, kleefkruid, hondsdraf en robertskruid; de tweede groep omvat: watermunt, kattestaart, valeriaan, kale jonker, glidkruid, riet, rietzwenkgras, leverkruid, engelwortel en bosbies. De eerste soorten zullen als stikstofplanten, de tweede groep van soorten als vochtplanten worden aangeduid.

Om een maatstaf te hebben voor de sterkte waarmee de soortengroepen in de bestudeerde vegetaties vertegenwoordigd zijn werd gebruik gemaakt van de zg. groepswaarde.

Het kwantitatief voorkomen der afzonderlijke soorten wordt geschat aan de hand van een zesdelige, door Braun-Blanquet (1928, 1951) ontworpen schaal („gecombineerde schatting"). Deze schaal kent bij toenemend exemplarental en/of toenemende bedekking de waarden +, 1, 2, 3, 4, 5. Men vindt de groepswaarde van een bepaalde soortengroep door de voor de betrokken soorten toegekende waarden volgens deze gecombineerde schatting bij elkaar op te tellen; voor het symbool + wordt hierbij ½ genomen.

Voor zover vegetatie-opnamen van het jaar, waarop de monsterneming plaatshad ter beschikking stonden, werd de groepswaarde aan deze opnamen ontleend. In fig. 8a werd de aldus voor de stikstofplanten gevonden groepswaarde uitgezet tegen het N-totaalpercentage van de bovenste bodemhorizont (mengmonsters). In fig. 8b geschiedde hetzelfde tegen het humuspercentage.

Uit de figuren blijkt, dat er een duidelijke samenhang tussen het voorkomen van de stikstofplanten en het stikstof- en humusgehalte van de bovenste horizont bestaat. Dat overigens van een vrij sterke spreiding der punten sprake is, behoeft geenszins te verwonderen. Men dient te bedenken, dat iedere plantesoort op een geheel complex van factoren, zowel bodemkundige als andere, reageert. Zo is b.v. het vochtgehalte van de bodem ook voor de stikstofplanten van grote betekenis. Lichtverhoudingen, dus sluitingsgraad van de boomlaag, en vooral het al dan niet aanwezig zijn van een sterk ontwikkelde struiklaag, spelen een voorname rol. Bovendien mag men veronderstellen dat niet N-totaal maatgevend is, doch de voor de plant beschikbare hoeveelheid N en deze is mede een functie van de nitrificatie van de bodem, een hoedanigheid die in de hier gegeven cijfers niet tot uitdrukking komt.

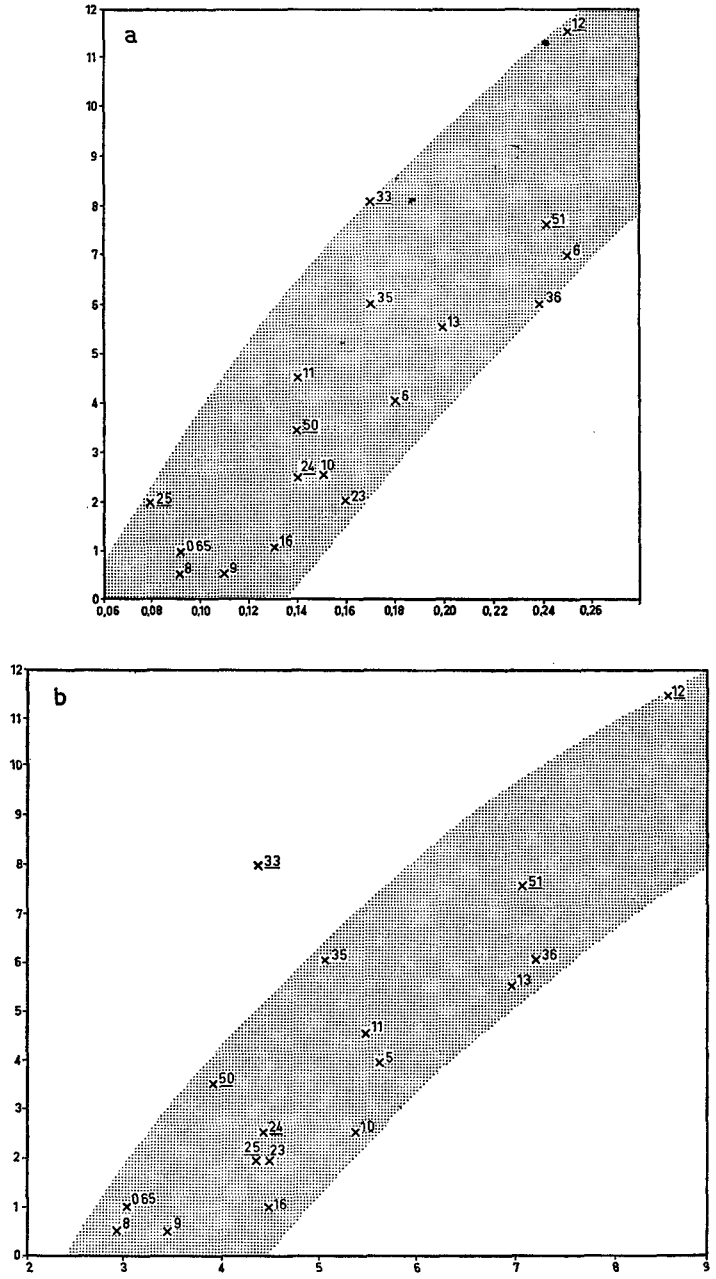


Fig. 8.
Het verband tussen de „groepswaarde" van de stikstofindicatoren en het N-totaal-% (a) resp. het humus-% (b) van de bovenste bodemhorizont. Voor nummers van de proefperken zie o.a. tabel 5.

The relation between the „group value" of the nitrogen indicators and the N-total-% (a) resp. the humus-% (b) of the topmost horizon. For numbers of the trial plots see also table 5.

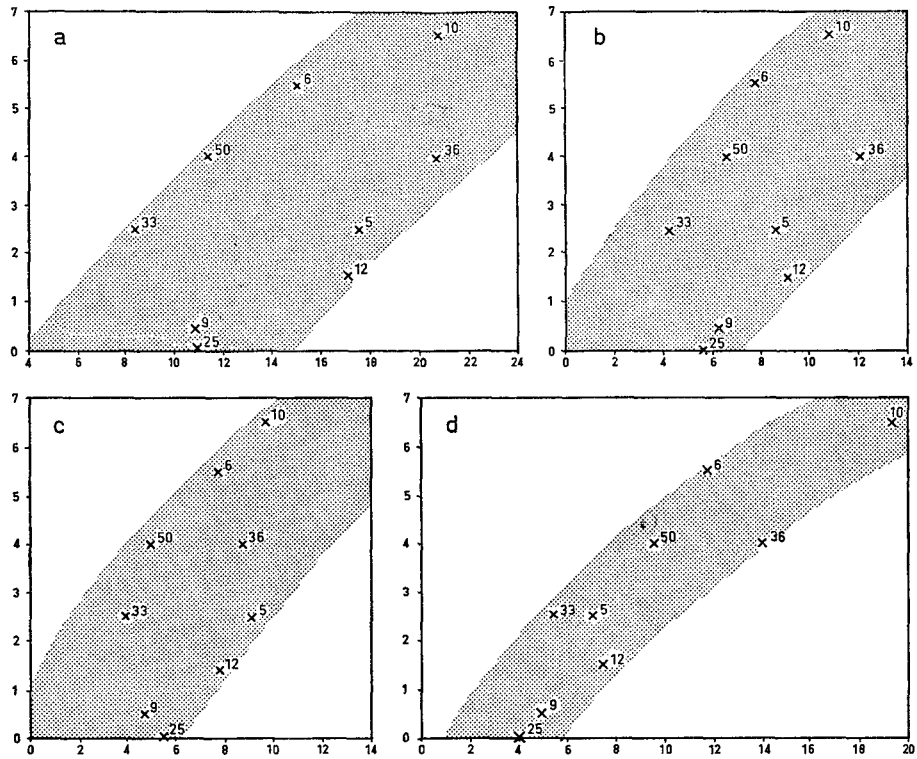


Fig. 9.
Verband tussen de „groepswaarde" van de vochtindicatoren (ordinaat) en de vochtgehalten bij pF = 2,0 (a) en pF = 4,2 (b); het verschil in vochtgehalte bij pF = 2,0 en pF = 4,2 (c) en het veldvocht van de bovenste 10–15 cm (d). Nummers hebben betrekking op de proefperken; zie ook tabel 5.

Relation between the „group value" of the moisture indicators (ordinate) and the moisture contents at pF = 2,0 (a) and pF = 4,2 (b); the differences in moisture contents at pF = 2,0 and pF = 4,2 (c) and the field capacity of the topmost 10–15 cm (d). Numbers refer to trial plots; see also table 5.

De indruk bestaat, dat bij eenzelfde N-totaal-resp. humusgehalte van de bodem de proefperken op oud bouwland een sterkere ontwikkeling van stikstofplanten te zien geven dan de overige proefperken. Aangenomen moet worden, dat een andere N-totaal-factor dan N-totaal- en humuspercentage de stikstofplanten op oud cultuurland heeft gestimuleerd. Het lijkt niet uitgesloten dat de nitrificatietoestand van de bodem hier een rol speelt. De vaak weelderige ontwikkeling van stikstofplanten op vroegere landbouwgronden was reeds bij de vegetatiekartering van dit gebied aan het licht gekomen.

In de figuren 9a, b, c en d zijn de groepswaarden der vochtplanten uitgezet tegen de vochtgehalten van de bovenste 10–15 cm bij pF = 2,0 en bij pF = 4,2 tegen het verschil van beide vochtgehalten (= de voor de plant beschikbare hoeveelheid na normaal uitzakken van de neerslag) en tegen het veldvocht. Ook hier is de samenhang duidelijk aanwijsbaar. De correlatie tussen de uitgezette grootheden neemt in de achtereenvolgende figuren toe.

9. ENKELE SLOTOPMERKINGEN EN CONCLUSIES

(1) Over het algemeen bezitten de onderzochte duinvegetaties een gepronnonceerd bodemprofiel. Een min of meer sterk humeuze A_1-horizont gaat in de meeste gevallen geleidelijk over in een zwak humeuze A_2-horizont.

Hieronder bevindt zich het weinig of niet veranderde duinzand. Met het afnemende humusgehalte bij toenemende diepte dalen ook de percentages N-totaal en P-totaal; het percentage $CaCO_3$ en de pH stijgen in deze richting. Slechts bij enkele pionierbegroeiingen heeft (nog) geen noemenswaardige heterogenisatie van de bodem plaatsgehad. De gley-verschijnselen, die bij sommige bossen in de valleien werden waargenomen, moeten van fossiele aard zijn.

(2) De grootste verschillen tussen de profielen onderling treden op in de bovenste horizont. De hier voor de geanalyseerde factoren gevonden uitersten, vindt men in tabel 9.

TABEL 9. De waargenomen uitersten in de bovenste lagen.
TABLE 9. *The observed extremes in the topmost layers.*

	Min.	Max.
pH-H_2O	4,8	8,6
pH-KCl	3,8	8,0
$CaCO_3$-%	0,0	3,3 [1]
humus-%	0,3	8,6
N-totaal-%	0,00	0,28
100 N/humus	1,7	5,4
P-totaal-%	0,01	0,09

[1]) Het hoogste $CaCO_3$-% van *alle* monsters bedroeg 4,1.
The highest $CaCO_3$-% of all samples was 4,1.

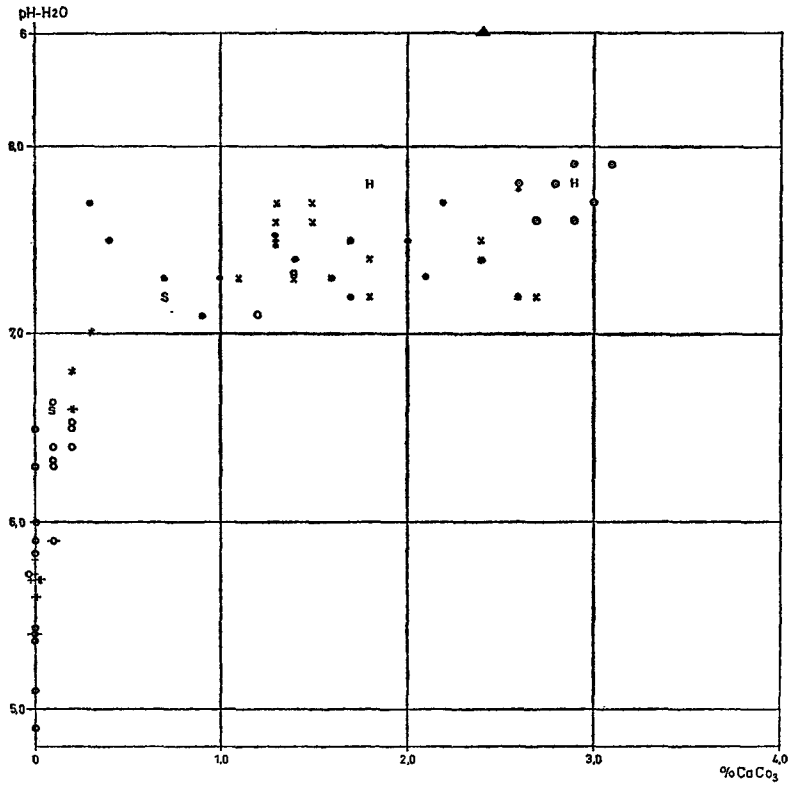
(3) Verschillende bodemkundige factoren zijn echter onderling duidelijk gecorreleerd. Met name het verband tussen kalkgehalte en pH-H_2O en -KCl is evident (zie fig. 10). Minder duidelijk treedt de samenhang tussen het kalkgehalte en humus-, N-totaal- en P-totaal-percentage aan den dag; deze laatste drie grootheden hebben de neiging bij afnemend kalkgehalte te stijgen (zie fig. 11).

(4) Het bleek steeds mogelijk een min of meer duidelijk verband tussen de vegetatie en bepaalde bodemkundige eigenschappen aan te tonen.

(5) In het bijzonder het kalkgehalte (en de hiermee nauw verbonden pH) van de bovenste horizont(en) bleek meestal van grote betekenis. Het kalkgehalte varieert in pioniergemeenschappen in de bovenste 5 à 10 cm van ca. 1,5% tot 3,0% en daalt in de loop van de successie tot minder dan 0,5%, eventueel tot 0,0%. Een relatief grote variatie vertoont het $CaCO_3$-percentage bij de duinberkenbossen in de horizont 0–15 cm. Bossen tot ontwikkeling gekomen op vroegere landbouwgrond bleken in de bovengrond vrijwel volledig ontkalkt. Binnen enkele vegetatietypen kon een afneming van het kalkgehalte bespeurd worden bij toenemende afstand tot het strand.

(6) De onderzochte duinbodems reageren – ook in de bovenste horizont – als regel enigszins basisch, soms neutraal-zwak zuur en slechts in enkele gevallen matig-sterk zuur. De hoogste pH werd gemeten aan een monster, afkomstig van de duinvoet (overgang biestarwegemeenschap-helmgemeenschap: pH-H_2O 8,6, pH-KCl 8,0), de laagste aan een afstervend duinberkenbos (pH-H_2O 4,8, pH-KCl 3,8).

(7) De basenbezetting is het geringst bij de zure bodems (groot verschil tussen pH-H_2O en pH-KCl). In een aantal gevallen, waarbij zowel pH-H_2O als pH-KCl groter was dan 7,0, viel dit verschil negatief uit (helm-



▲ duinvoetbegroeiing / *dune base vegetation*
⊙ zeereepbegroeiing / *coastal dune ridge vegetation*
• Erodium-Phleum-ass.
⊙ Viola-Corynephorus-ass.
x Taraxacum-Galium- en / *and* Anthyllis-Silene-ass.
* Taraxacum-Galium-ass. en / *and* Cladonia-subass.
+ Ranunculus-Trifolium-ass.
# Agrostis-Polytrichum gemeenschap / *community*
H Hippophaë-sociaties / *sociation*
S Salix-sociatie / *sociation*
o Bossen / *woods*

Fig. 10.
Verband tussen $CaCO_3$-% en pH-H_2O van de A_1-horizont onder enige duinvegetaties.
Relation between $CaCO_3$-% and pH-H_2O of the A_1 horizon underlying some dune plant covers.

gemeenschap, duinsterretjesgemeenschap en wondklaver-nachtsilene-gemeenschap).

(8) Het humusgehalte en het N-totaal-gehalte zijn onder meer van belang voor de samenstelling van de kruidlaag der duinbossen. Hoewel het een ervaringsfeit is dat op vele gronden, die eertijds in landbouwcultuur zijn geweest, een relatief sterke ontwikkeling plaatsheeft van zg. stikstofplanten, blijkt uit de analyses niet dat het stikstofgehalte van dergelijke gronden hoger is dan dat van niet ontgonnen gronden. Een andere factor moet waar-

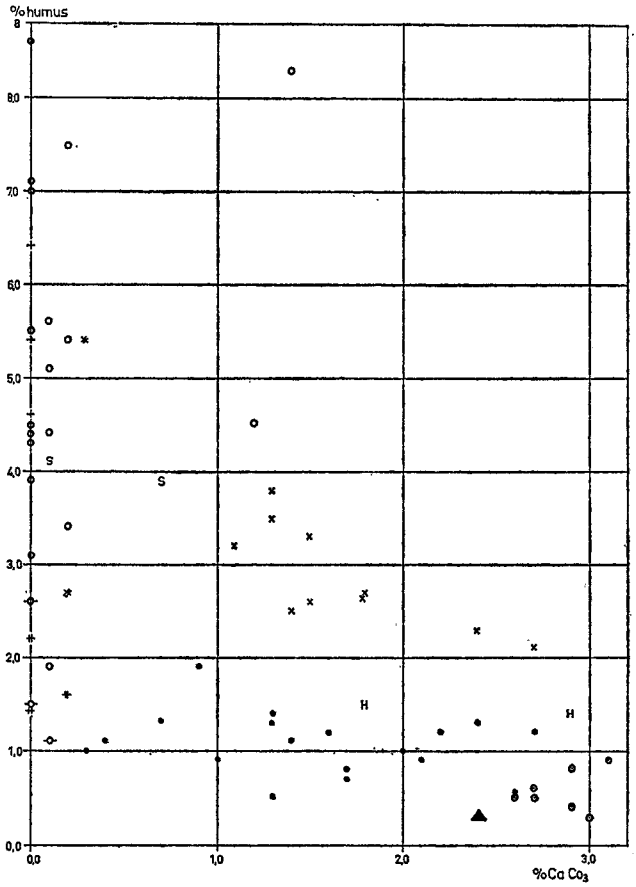


Fig. 11.
Verband tussen $CaCO_3$-% en humus-% van de A_1-horizont onder enige duinvegetaties. Voor de verklaring van de tekens zie fig. 9.
Relation between $CaCO_3$-% and humus-% of the A_1-horizon, underlying some dune plant covers. See for vegetation-symbols fig. 9.

schijnlijk aansprakelijk gesteld worden voor de krachtige groei van die planten op vroegere landbouwgrond.

(9) De waarde 100N/humus is het hoogst in de vegetaties die onder invloed staan van een voortdurende aanvoer van organische stof, nl. de begroeiingen in meeuwenkolonies (*Erodium-Phleum*-ass.) *Bryum*-variant: 4,8) en de graslanden waarop visnetten worden geboet (*Ranunculus-Trifolium*-ass.: 4,6). Tegen de verwachting in bleken de zeereepbegroeiingen een lage 100N/humus-waarde te bezitten (ca. 2,5–3).

(10) Sterker nog springen in het oog de hoge P-totaal-waarden van terreinen waar organisch materiaal wordt aangevoerd (in de beide onder (9) genoemde gemeenschappen 0,07%). Hierbij sluiten de vegetaties in de zeereep aan (0,05–0,06%), die wellicht profiteren van de op het strand uit aangespoeld materiaal ontstane rottingsprodukten. Voor de vroegere landbouw-

gronden werden geen bijzonder hoge P-cijfers gevonden; daartoe waren de terreinen waarschijnlijk gedurende te korte tijd in cultuur.

(11) De poriënvolumina van de bovenste ca. 10 cm dikke horizont van duinbossen, zijn vrij hoog–hoog (57,2–77,6%). Bij toenemende diepte dalen de waarden tot ca. 47%.

(12) Voor het optreden van zg. vochtplanten in de onderzochte duinbossen is niet de hoogte van de grondwaterstand bepalend, maar de hoedanigheid van de bovenste bodemhorizont. Er zijn aanwijzingen dat het veldvochtgehalte gedurende een periode van langdurige droogte in dit verband een betere maatstaf biedt dan het totaal poriënvolume, het vochtgehalte bij verschillende zuigspanningen of het verschil in vochtgehalte bij pF = 2,0 en = 4,2.

10. SUMMARY

In general the investigation dune plant covers grow on a more or less strongly humose A_1 horizon, gradually passing into a weakly humose A_2. The values of humus content, N-total and P-total decrease, the $CaCO_3$-percentage and pH increase with increasing depth. So the soils differ greatest in the topmost layers.

To relate the soil properties of the habitat with the nature and vitality of vegetations was mostly possible. To this in particular the lime content was found to play a dominant part.

Dune topsoils as a rule react alkalic, sometimes neutral to weakly acid, incidentally moderately to strongly acid.

For the development and growth of herbaceous zones in woods and woodlands humus content and N-total are among other factors of great importance. Relatively vigourous grow the nitrogen indicators on previously cultivated lands, though according to analyses the nitrogen content of these soils is not higher than that of uncultivated dune lands.

The 100N/humus-values and P-totals are highest in soils, which are frequently enriched with organic matter (e.g. bird colonies; *Erodium-Phleum*-ass. *Bryum*-variant; *Ranunculus-Trifolium*-ass.). Unexpected low 100N/humus-values showed the analyses of the samples of the coastal dune ridges (2.5–3). The P-totals of these ridges were rather high (0.05–0.06%), in contrast with those of previously cultivated dune lands. Probably these last lands were for to short a time under cultivation.

The pores volumina of the topmost 10 cm of dune woods and woodlands appeared fairly high. The presence of the so-called moisture indicators was found to be ordered by the quality of the topmost layer rather than by the depth of the groundwater level. The field capacity during a continued drought of this layer seems to produce a better standard for the presence of moisture indicators than the total pore space, the moisture content at various tensions or the difference between log-tensions 2.0 and 4.2.

11. LITERATUUR

Boerboom, J. H. A., 1957. Zonering van begroeiing en landschap in het Haagse duingebied. De Levende Natuur *60*, 247–259. Belmontia Ecol. *2* (1958), 10.

——— 1958: Begroeiing en landschap van de duinen onder Scheveningen en Wassenaar van omstreeks 1300 tot heden. In: Beplanting en recreatie in de Haagse duinen. Rapp. Adviescie Duinbeplanting. Meded. ITBON *39*, bijlage 2, 1–108.

Boerboom, J. H. A., 1960: De plantengemeenschappen van de Wassenaarse duinen. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen *60* (10), 1–135.
——— *en A. Coops*, 1959: Vegetatie en landschap van de Bierlap, een vroeger bewoonde duinvallei bij Wassenaar. Jaarb. Die Haghe 1958, 1–12. Belmontia Ecol. *5* (1960), 22.
Dieren, J. W. van, 1934: Organogene Dünenbildung. Diss. 's-Gravenhage.
Gurck, A. J., 1948: De toekomstige watervoorziening van 's-Gravenhage. Het Lek-duinplan. De Ingenieur 1948, no. 10, *11*.
Jeswiet, J., 1913: Die Entwicklungsgeschichte der Flora der holländischen Dünen. Beih. bot. Centralblatt *30* (2), 1–133.
Kuenen, D. J., 1954: Het Meijendel-Onderzoek. De Levende Natuur *57*, 148–154.
Massart, J., 1908. Essai de Géographie botanique des Districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Rec. Inst. bot. Léo Errera *7* (1907–'08).
Meer, K. van der, 1952: De bodemkartering van Nederland *11*. De bloembollenstreek. Versl. landbouwk. Onderz. *58* (2), 1–155.
Roo, H. C. de, 1953: De bodemkartering van Nederland *14*. De bodemgesteldheid van Noord-Kennemerland. Versl. landbouwk. Onderz. *59* (3), 1–202.
Salisbury, E. J., 1952: Downs and dunes. Their plant life and its environment. London. 1–328.
Schierbeek, A., 1925: Het Meijendel-onderzoek. De Levende Natuur *30*, 65–78.
Tromp, S. W., 1932. Korrelgrootte-onderzoek van het duinzand in Meyendel. Geol. mijnbouwk. Gen. Nederland en Koloniën. 153–170.
Turmel, J.-M., 1949. Végétation de la côte ouest du Cotentin. Mém. Mus. Hist., nat., Paris *28*, 1–72.
Vanhouten, J., 1939: De oppervlakte-vormen van het Haagsche duinlandschap. K.N.A.G. *56* (1), 1–50.
Vries, V. de, 1947: Over de stikstofvoorziening van de helm in binnen- en buitenduinen. K.N.A.G. *64* (6), 734–741.
Westhoff, V., 1947. The vegetation of dunes and salt marshes of the Dutch islands of Terschelling, Vlieland and Texel. Diss. 's-Gravenhage. 1–131.
——— 1951: De Weidechampignon (Agaricus campestris Fr.) in en om de Zilvermeeuwenkolonie van de Boschplaat op Terschelling. Fungus *21*, 33–37.
——— 1955: Samenhang tussen vegetatie en milieu, in het bijzonder de bodem. T.N.O.-Nieuws *106*, 9–16.
Zonneveld, I. S., 1959: Het verband tussen bodem- en vegetatiekundig onderzoek. Boor en Spade *X*, 38–58.

DE BOUWVOOR VAN DE DALGRONDEN

THE TILTH OF THE HIGH MOOR PEAT RECLAMATION SOILS

door/*by*

A. H. Booy [1])

INHOUD/*CONTENTS*

1. Inleiding 156
2. De dikte van de bouwvoor 156
3. De aard van de bouwvoor 159
4. Consequenties van verschillen in dikte en aard van de bouwvoor 161
5. Summary 166
6. Literatuur 167

1. INLEIDING

Dalgronden hebben een bouwvoor, die geheel door de mens is „gemaakt". Deze bouwvoor bestaat uit een minerale laag, die over de achtergebleven veenresten is aangebracht en door ploegen met veendeeltjes is vermengd.

Het minerale materiaal is als regel bij het graven van de zg. wijken, van waaruit het veengebied werd ontgonnen, vrijgekomen en daardoor meestal uit de ondergrond ter plaatse afkomstig. De hoeveelheid zand, die op deze wijze voor de bereiding kon worden benut is dus afhankelijk van de diepte en breedte, waarop de wijken werden gegraven, alsmede van de hoogte van de zandondergrond. Dit materiaal werd vanaf de wijk over het land gebracht met het gevolg, dat als regel de dikte van de bouwvoor vanaf de wijk afneemt. Daar voorts het materiaal, dat uit de ondergrond werd opgegraven veelal van uiteenlopende aard was (bijv. grof leemarm zand, leemhoudend fijn zand, keileem) dat vervolgens met veen van wisselende kwaliteit werd vermengd is het duidelijk, dat er zeer grote verschillen in dikte en aard van de bouwvoor der dalgronden voorkomen (zie ook tabel 1). In het volgende zullen deze verschillen in dikte van het zanddek, bouwvoordikte, org.-stofgehalte, draagkracht, bewerking, nachtvorstgevoeligheid enz. en de consequenties daarvan op de bedrijfsvoering en de opbrengst van het gewas (bijv. suikerbieten) worden behandeld (fig. 1).

2. DE DIKTE VAN DE BOUWVOOR

a. Verloop van de bouwvoordikte

Uit de inleiding blijkt dat de dikte van de bezandingslaag en daarmee dus ook de dikte van de bouwvoor, afhankelijk is van de hoeveelheid zand. We zagen, dat deze afhankelijk was van de insnijdingsdiepte in de zandondergrond, alsook van de breedte van de wijken. Was geen zand uit de wijken vrijgekomen, dan werd dit vaak per boot van elders aangevoerd. Om begrijpelijke redenen was in dergelijke gevallen de hoeveelheid opgebracht zand geringer dan wanneer dit ter plaatse werd gedolven.

[1]) Stichting voor Bodemkartering, Afd. Drenthe.

TABEL 1. Twee voorbeelden van de verschillende aard van de bouwvoor op verschillende afstanden van de wijk.
TABLE 1. *The nature of the tilth in two examples at different distances of the reclamation canal.*

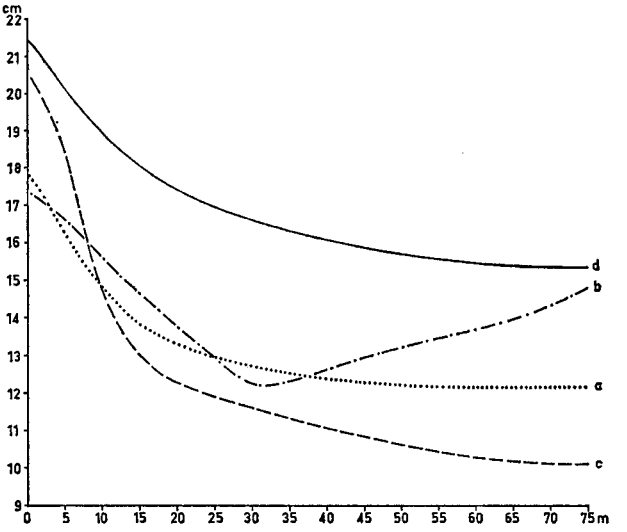
	Voorbeeld 1 / *Example 1*				Voorbeeld 2 / *Example 2*			
Afstand van de wijk in m *Distance from the reclamation canal in m*	0–25	25–50	50–75	75–100	0–25	25–50	50–75	75–100
pH–KCl	5,1	4,7	4,3	4,2	5,1	4,7	4,5	4,5
pH–H_2O	5,7	5,6	5,4	5,3	6,2	5,6	5,4	5,3
Humus (%)	13	16	22	22	14	20	24	31
van de min. delen *of the min. portion*	24	23	21	21	19	21	21	21
Gew. perc. leem (< 50 mu) *Weight perc. loam (< 50 mu)* van de bouwvoor *of the tilth*	21	20	16	17	17	16	16	14
gew. perc. *weight perc.* Org. stof *Org. matter* vol. perc.[1])	13 20	16 24	22 32	22 32	14 22	20 31	24 35	31 43

[1]) Het volumepercentage in de bouwvoor werd als volgt berekend: Het s.g. van de org. stof werd gesteld op 1,5, het s.g. van zand op 2,5. Waarschijnlijk is deze org. stof (meer veendeeltjes dan humus) in werkelijkheid lichter en het verschil dus nog groter.

[1]) *The volume percentage org. matter of the tilth was calculated as follows: Spec. gravity of org. matter was presumed at 1.5, the spec. gravity of sand at 2.5. Actually this org. matter (more peat fragments than humus) is probably lighter and in consequence the difference rather greater.*

De bezanding van het vlakgemaakte (binnengeslechte) zetveld geschiedde op verschillende manieren. Dikwijls gebeurde het met kruiwagens met het gevolg, dat de zandhoopjes (gemakshalve) verder van elkaar werden gestort, naarmate de afstand tot de wijk groter werd (Booy, 1956). Uiteindelijk ontstond hierdoor een zanddekje op veen dat vanaf de wijk naar de zwetsloot steeds dunner werd. Een verschil in dikte, dat door het oogsten van bieten en aardappelen eerder vergroot wordt dan verkleind. Waar de bouwvoor immers dunner en daardoor humeuzer is, blijft er meer zand aan de te oogsten produkten hangen. Deze worden bij de wijken opgeslagen, waardoor zij meestal per schip moeten worden afgevoerd. Via de transporteur of de zeef worden de aardappelen of bieten in het schip geladen, het inmiddels gedroogde zand valt eraf en is oorzaak dat de relatief toch al dikke bouwvoor langs de wijk nog dikker wordt. Dit verloop van de bouwvoordikte, werd in een 99-tal raaien, loodrecht op de wijken, nagegaan. Daarbij werden om de 5 meter de dikten van de bouwvoor gemeten. Het gemiddelde beeld, dat hieruit werd verkregen, is in fig. 2(a) weergegeven. Het verloop wordt nog duidelijker wanneer men, zoals in tabel 2, ziet, dat het org.-stofgehalte vanaf de wijken naar de zwetsloot toeneemt.

Uitzonderingen op dit beeld leveren die gevallen, waarbij ook zand uit de zwetsloot is gekomen. Dan werd het zand van beide zijden aangereden, waardoor de bezandingslaag ergens tussen wijk en zwetsloot het dunst werd. Deze gevallen zijn bij de bovengenoemde 99 raaien inbegrepen. Het gemiddelde van 18 raaien is in fig. 2(b) gegeven.



..... a. Gemiddeld beeld van 99 raaien (1485 waarnemingen)
Averaged representation of 99 ranges (1485 observations)

·—·—· b. Zand uit de wijk en vooral uit de sloten afkomstig
Sand for dressing dug out of the mineral subsoil (out of reclamation canal but mainly out of ditches)

— — — c. Aangevoerd zand niet uit wijken of sloten afkomstig
Sand for dressing imported, not from mineral subsoil

——— d. Zand vooral uit de wijken afkomstig
Sand for dressing mainly dug out of the reclamation canal

Fig. 2.
De relatie tussen de dikte van de bouwvoor in cm (y-as) en de afstand tot de wijk in m (x-as).
The relation between the thickness of the tilth in cm (ordinate) and the distance to the reclamation canal in m (absciss).

TABEL 2. Organische-stofpercentages en pH-KCl op verschillende afstanden van de wijk. Naarmate het percentage organische stof (binnen één perceel) hoger is, is de pH in de regel lager (pH van bolster = 3,8 of lager).

TABLE 2. *Percentage org. matter and pH-KCl values at different distances from the reclamation canal. As a rule a higher org. matter content (inside a single parcel) is related with a lower pH (pH of put back young moss peat = 3.8 or less).*

	pH-KCl				% organische stof / *org. matter*			
Afstand van de wijk in m *Distance from the reclamation canal in m*	0–25	25–50	50–75	75–100	0–25	25–50	50–75	75–100
Raai / *Range* 1	4,9	4,8	4,7		15	16	17	
4	5,0	4,9	4,8		13	16	14	
8	5,2	5,0	5,1		15	15	14	
11	5,1	4,7	4,5		18	25	25	
14	5,1	5,0	4,8		19	21	22	
17	5,5	5,1	5,2		15	19	20	
20	5,5	5,4	5,3		12	14	15	
23	4,7	4,5	4,5		9	11	12	
26	5,2	5,1	5,0		11	12	13	
29	5,1	4,7	4,3	4,2	13	16	22	22
32	5,1	4,7	4,5	4,4	14	20	24	31

Wanneer zoals bij veenwijken, er in het geheel geen zand uit de wijken kwam en dit van elders moest worden aangevoerd bleek de afneming van de dikte belangrijk groter te zijn dan met het gemiddelde van de 99 raaien (fig. 2(c); 18 raaien) overeenkwam. Als geheel zijn de bouwvoren in deze gevallen dunner en de verschillen in humusgehalte nog wat groter.

Fig. 2(d) ten slotte toont het geval, waarbij zeer veel zand uit de wijken kwam. De bouwvoor is veel dikker, hoewel ook dan een afneming in dikte in de richting van de zwetsloot wordt gevonden.

b. Variaties in bouwvoordikte

Neemt de bouwvoordikte vanaf de wijk in de richting van de zwetsloot in het algemeen af, in detail is het geenszins zo dat deze afneming geleidelijk is. Op korte afstand immers komen grote verschillen voor, die zo grillig zijn dat ze op een kaart niet kunnen worden omgrensd. De bouwvoordiktekaart van een dalgrond kan dan ook slechts tendensen van het dikteverloop weergeven, waaruit tevens volgt, dat de bouwvoordikte die midden op het perceel wordt gemeten, zoals dit bij de overzichtskartering gebruikelijk is, niet mag worden veralgemeend en niet representatief behoeft te zijn voor de bouwvoordikte op dat perceel.

Dit moge o.m. blijken uit fig. 3 waarin de bouwvoordikten uit de middens van de voornoemde 99 raaien werden uitgezet tegen de bouwvoordikten die werden gevonden dichter naar de wijk en dichter naar de zwetsloot. Aan beide kanten dus 7 waarnemingen in iedere raai. Als we bij de kartering een indeling maken van b.v. bouwvoordikten van $\pm$ 10, 15 en 20 cm, respectievelijk 8 t/m 12 cm, 13 t/m 17 cm en 18 t/m 22 cm, dan blijkt uit fig. 3, dat dit de feitelijke situatie niet weergeeft. In de grafiek zijn deze grenzen omlijnd. Het hokje van de bouwvoordikte van $\pm$ 10 cm (linksonder) in de figuur) geeft het geringe aantal gevallen aan, dat deze 10 cm werkelijk reëel is. Zo ook de hokjes van $\pm$ 15 en $\pm$ 20 cm. De spreiding is zeer groot. Eén waarneming per perceel ook al ligt die waarneming midden op het perceel, is dan ook onvoldoende om de bouwvoordikte van heel het perceel te karakteriseren.

3. DE AARD VAN DE BOUWVOOR

De aard van de bouwvoor is o.a. afhankelijk van de granulaire samenstelling van het zand, dat bij de bezanding werd gebruikt. Grof, jong dekzand bijv. zal een andere bouwvoor teweeg brengen dan vette keileem of löss.

Aangezien de bezandingslaag niet alleen de bouwvoor uitmaakt, maar tevens het veen, waarmede deze laag wordt vermengd, ligt het voor de hand dat de aard en de hoeveelheid doorgemengd veen de aard van de bouwvoor mede bepalen. Dit vermengen van zand en veen gebeurt o.a. door ploegen. Op plaatsen waar de bezandingslaag het dikst is, wordt bij eenzelfde ploegdiepte minder veen aangeploegd (Booy, 1959). Het gevolg is dat het organische-stofgehalte in de bouwvoor binnen een perceel belangrijke verschillen kan vertonen. Behalve in de beginfase wordt dit veen ook later nog wel aangeploegd. Het is echter niet zo dat het voortdurend aanploegen van bolster het organische-stofgehalte blijvend verhoogt (Hudig en Sjollema, 1911). Het „opnemen" van organische stof hangt zeer nauw samen met de granulaire samenstelling. Hoe meer fijne delen, hoe meer organische stof kan worden opgenomen zonder dat het als losse veenpartikeltjes tussen het zand komt te

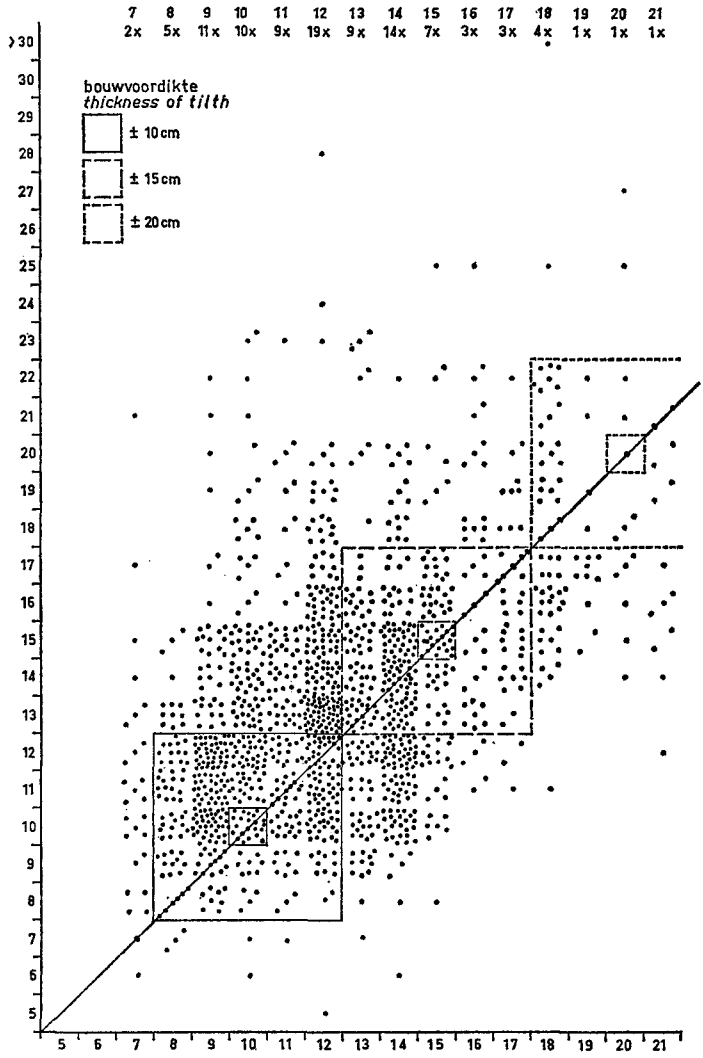


Fig. 3.
De relatie tussen de bouwvoordikten in cm van de middens (midden op het perceel) van 99 raaien (x-as) en de bouwvoordikten van controlewaarnemingen dichter naar de wijk en de zwetsloot (y-as).
The relation between the thicknesses of the tilth in cm of the centres of the parcels (99 ranges) (abscissa) and of checking observations nearer to the reclamation canal or the central ditch (ordinate).

liggen en bij uitdroging aanleiding geeft tot verstuiving. De aard van de bouwvoor is dus tevens afhankelijk van het later aanploegen van bolster.

Mede een rol bij de vorming van de bouwvoor spelen bemesting en bewerking. Met name de vroegere bemesting met stadscompost in de Groninger en straatvuil in de andere oudere veenkoloniën moet hierbij worden genoemd. Door bewerkingen als het frezen van de grond kan deze zo fijn worden gemaakt dat bij afwezigheid van stoppelresten op het veld, het ver-

Fig. 1.
Bieten (droge zomer 1959) doen het beter op dikke bouwvoren (voorgrond).
Sugar beets (dry summer 1959) grow better in thick tilths (foreground).

Fig. 4.
Een dunne bouwvoor heeft tot gevolg: het aanploegen van veen, slijtage van de dalgrond en het aanploegen van stobben.
A thin tilth results in: plowing up of peat and wastage of soil; finally the plow runs on tree stumps.

Fig. 5.
Vanaf de wijk naar de zwetsloot neemt de bouwvoordikte geleidelijk af en de nachtvorstschade toe. Let op de toenemende ruimte tussen de rijen. De aardappelen op de voorgrond zijn niet bevroren, de lichtere middenstrook is aangevroren, terwijl op de achtergrond de aardappelen geheel zwart-bevroren zijn.

The thickness of the tilth decreases going from reclamation canal to central ditch. Damaging by night frost increases in this direction. Notice the diverging spaces between the rows. The potatoes in foreground are not-frozen, the lighter coloured strip in centre of the photograph is showing a half-frozen area; in background potatoes are completely black-frozen.

Fig. 6.
De suikerbieten rechts werden gerooid op een afstand van 15 m van de wijk; de linkse op 60 m van de wijk. Tarra en vertakking zijn goed zichtbaar.

Sugar beets (right) have grown at a distance of 15 m from the reclamation canal; the left ones at 60 m. Tare and irregular rooting are striking.

stuiven van de grond er het gevolg van is. Bewerking in een te droge of te natte toestand kan de structuur ernstig benadelen.

4. CONSEQUENTIES VAN VERSCHILLEN IN DIKTE EN AARD VAN DE BOUWVOOR

4.1. *Bouwvoor en bemesting*

Voor een dalgrond geldt, dat men bij het geven van een bemestingsadvies in het algemeen rekening houdt met de gevonden cijfers voor een bepaalde voedingsstof in verhouding tot het humusgehalte (het gemeten gehalte aan organische stof). De vraag in hoeverre men het gehalte aan organische stof in een dalgrondbouwvoor gelijk kan stellen met het humusgehalte wordt hier buiten beschouwing gelaten.

Zoals uit tabel 2 blijkt, lopen deze org. stofpercentages echter sterk uiteen.

Verschillen van meer dan 10% org. stof binnen één perceel zijn als het ware regel, verschillen van 20% geen uitzondering, terwijl verschillen van 30% eveneens voorkomen.

Wanneer een dergelijke heterogene bouwvoor wordt bemonsterd en geanalyseerd rijst de vraag wat we aan deze aldus verkregen gemiddelde cijfers hebben. De verschillen in org.-stofpercentage immers vertonen een zekere lijn. Ze nemen vanaf de wijk in de richting van de zwetsloot toe. Daarbij geldt dat de eerste 25 meter vanaf de wijk het laagste percentage aanwijst, de tweede 25 meter een hoger enz. Daarbij moet worden bedacht dat naarmate het org.-stofgehalte hoger is er meer kalk nodig is om de pH te verhogen, terwijl het Mg-gehalte dan hoger (moet) en het kaligehalte lager (mag) zijn.

Gronden met een hoog gehalte aan organische stof hebben over het algemeen een gunstiger boriumtoestand en ze vragen als regel meer koper.

Doch niet alleen het percentage organische stof is belangrijk, ook de vorm speelt een belangrijke rol. Gliede-achtig materiaal of andere disperse humus functioneert anders dan b.v. moder of mull (Van Heuveln, Jongerius en Pons, 1961; Van Heuveln, 1959). Waarschijnlijk komen alle drie humusvormen in de dalgrondbouwvoor voor, zij het in het eerste geval in meerdere en in het laatste geval in mindere mate. Welke waarde in dit verband aan veendeeltjes toegekend moet worden is niet bekend.

Hoewel hieruit niet de conclusie moet worden getrokken, dat grondonderzoek waardeloos zou zijn, is er al met al genoeg verschil in org.-stofgehalte en daardoor in de diverse bemestingseisen binnen één perceel om de waarde van een mengmonster niet al te hoog aan te slaan (tabel 3).

Doch behalve verschil in aard van de bouwvoor spelen ook de verschillen in dikte daarvan ten aanzien van de bemesting een belangrijke rol. De *kalkfactor* geeft aan, zoals bekend is, de hoeveelheid zuurbindende bestanddelen (als CaO) die per ha nodig zijn, om een bouwvoor van 10 cm 0,1 in pH te verhogen. Niet zelden echter worden binnen één perceel dalgrond verschillen van 10 cm en zelfs meer in de bouwvoordikte aangetroffen, terwijl een verschil van 5 cm haast regel is.

Het bleek uit figuur 3 dat deze verschillen op korte afstand enorm kunnen zijn. Bij monsterneming kan men met deze verschillen geen rekening houden. Wel wordt soms de eerste 25 meter apart bemonsterd. Alle bezwaren zijn dan echter nog niet weggenomen. De vraag blijft voorts of de boer met dit alles rekening kan houden.

TABEL 3. Resultaten van een bemesting, gebaseerd op analyses van een (gemiddeld) mengmonster.
TABLE 3. *Effects of manuring, based upon analyses of an (averaged) mixed soil sample.*

	Afstand van de wijk in m *Distance from the reclamation canal in m*				Gemiddeld (mengmonster) *Averaged (mixed sample)*
	0–25	25–50	50–75	75–100	
Humus %	14	20	24	31	22
Kalkfactor / *Lime figure*	245	300	330	375	315
pH-H_2O	6,2	5,6	5,4	5,3	5,5
pH-H_2O (na bemesting volgens mengmonster[1]) *(after manuring according to mixed sample)* [1])	6,8	6,1	5,9	5,7	6,0

[1]) Om de pH = 5,5 van de bouwvoor tot een diepte van 10 cm op een gewenste pH = 6 te brengen moet worden bemest met 5 × 315 kg = 1575 kg zuurbindende bestanddelen. Ten aanzien van de afstand 0–25 m van de wijk blijkt de toestand te zijn verslechterd, terwijl op een afstand 75–100 m het doel niet bereikt wordt.

Een „aangepaste" bekalking, evenwijdig aan de wijk (machines) zou hier dus geboden zijn en wordt zo hier en daar ook al toegepast.

[1]) *For raising the pH = 5.5 up to 6 over about 2.5 acre to a depth of 10 cm one needs 5 × 315 = 1575 kg acid neutralizing elements.*

At the distance of 0–25 m from the reclamation canal after manuring according to the analyses of the mixed sample state of things deteriorated and at the distance 75–100 m the target was not reached. Adapted liming, parallel to the reclamation canal (machinery) should be recommended here.

Mogelijk zou het wellicht zijn bij gediepploegde dalgronden zoveel zand door de bouwvoor te mengen, dat men op den duur wel een bouwvoor krijgt van een bijna gelijkmatig org.-stofgehalte.

4.2. *Bouwvoor en bewerking*

Een bouwvoor heeft diverse functies. Zij is stand- en groeiplaats van het gewas (vooral het zanddekje) en geeft het land een zekere draagkracht.

Naarmate de bezandingslaag dikker is, is deze draagkracht groter, althans bij gelijke ondergrond. Zware landbouwmachines vragen een grote draagkracht. Het ploegen met behulp van tractorploegen eist een berijdbare bovengrond. Men laat hierbij de rechterwielen *door* de *open* voor rijden, waardoor het onderliggende veen wordt samengedrukt. Door het veelvuldig slippen hierbij kan de ondergrond in elkaar worden gedraaid. Op dunne bouwvoren moeten de trekkerploegers de tractor dan ook *over* de *vaste* voor laten rijden wat enig „vakmanschap" eist.

Het is opvallend dat boeren die nog met paarden werken, in de herfst langer en in het voorjaar eerder op het land kunnen komen, dan hun gemotoriseerde buren. Toch proberen de laatsten wel tijdig het land te bewerken, door gebruik te maken van de zg. kooiwielen. Een bezwaar daarbij is, dat men dan in de verleiding komt het land te bewerken in een toestand waarin dit eigenlijk nog net niet kan. Het is funest de grond te bewerken in een ongeschikte toestand. Men kan de eis stellen, dat de gehele bouwvoor los moet zijn. Velen pogen dit te bereiken door juist iets door het onderliggende veen te ploegen. De verschillen in bouwvoordikte zijn er echter oorzaak van, dat bij eenzelfde ploegdiepte dit niet kan worden bereikt.

Het aanploegen van veen is overigens niet aanbevelenswaard, omdat het

zijn grootste waarde heeft als waterreservoir. De gevolgen van het bovenploegen van veen zijn ernstig. Daar waar men dit niet doet verteert ook niets. Het is dan ook opvallend, dat men op zulke plaatsen nog bolster aantreft, die dezelfde fysische eigenschappen heeft als verse bolster uit een hoogveenprofiel. Waar men de bolster wel aanploegt, gaat een groot deel daarvan verloren; het verbrandt, bevriest, verstuift of wordt dispers. Dit proces wordt ook wel „het slijten der dalgronden" genoemd. Door het aanploegen van bolster krijgt men op de lichte plaatsen waar reeds weinig draagkracht is een belangrijke vermindering van het veenpakket, met als gevolg een minder waterbergend vermogen. Doordat het op deze plaatsen lager wordt zamelt het water zich hier op. Bij volgende bewerkingen kan men daar „door de bouwvoor zakken", vast komen te zitten, slippen met de wielen en zo het veen en de bouwvoor in elkaar draaien.

Door het aanploegen van bolster, waardoor het maaiveld daalt, komt men dichter bij het vaste veen en wordt meer last ondervonden van gebreken in de ondergrond; men stoot op stobben en boomstammen (fig. 4) die daarin veelvuldig voorkomen.

Oogst- en verplegingsbewerkingen[1])

Men onderscheidt oogstwerktuigen, die *in* de grond en die *op* de grond werken. Van de eerste categorie noemen we: de aardappelrooimachine en de bietenrooimachine. De volautomatische aardappelrooimachine neemt als het ware de gehele bouwvoor op. De bouwvoor met aardappelen komt op een zeef, het zand wordt eruit gezeefd en men houdt de aardappelen over. Natuurlijk wordt er niet meer grond opgenomen dan strikt noodzakelijk is. Op plaatsen met een dunne bouwvoor wordt echter toch alles opgenomen en dikwijls ook nog enig veen. Het zeven veroorzaakt verschillende moeilijkheden, zowel in natte als in droge jaren. In 1959 was de lucht zo vol stof, dat de rooimachines zelfs op korte afstand onzichtbaar waren.

In natte jaren kampt men met de moeilijkheid van het dichtrijden. De bietenrooimachine neemt minder grond op. De bieten echter die in dunne bouwvoren minder stevig staan dan in dikke, worden tijdens het koppen dikwijls scheef gedrukt, waardoor de kop er niet goed afkomt (tarra-boete); ook kan er teveel worden afgesneden, zodat men hier en daar gehalveerde bieten kan aantreffen. Alle landbouwwerktuigen hebben gemeen, dat ze een grote druk uitoefenen op de bouwvoor. Dit is schadelijk en wel vooral, als het land in een te natte of te droge toestand verkeert. Daar landbouw zonder machines vrijwel onmogelijk is in onze tijd, is het een eerste vereiste aandacht aan de draagkracht van de bouwvoor te besteden. Diepploegen (zie 4.4) komt dan in aanmerking.

Met betrekking tot de verplegende bewerking het volgende:

Veelvuldig schoffelt men tegenwoordig, ook in bieten, met het paard. Tellingen hebben uitgewezen dat op eenzelfde perceel bij dikke bouwvoren meer planten per ha staan dan bij dunne. Het aantal open plaatsen (zondagen) bij dunne bouwvoren is groter. Voor een deel kan dit worden geweten aan mollenschade, die in deze gevallen groter is, doch ook het paard heeft hieraan schuld. Het dieper wegzakken op die plaatsen kan soms verdroging, maar dikwijls ook het omvallen van de ernaast staande planten tot

[1]) Dr. Ir. E. G. Kloosterman (1962) heeft erop gewezen, dat „verpleging van gewassen" geen geschikte term is.

gevolg hebben. Voor aardappels geldt dit, zij het in mindere mate, eveneens. Ten aanzien van andere grondbewerkingen kan worden gezegd dat het frezen van een grond, die geen of weinig leem in de bouwvoor bevat en organische stof heeft die enkel uit veenpartikeltjes bestaat, weinig aanbevelenswaard is, vooral niet in droge toestand en als er geen stoppelresten aanwezig zijn die het stuiven kunnen tegengaan. Van de verschillende soorten ploegen die worden gebruikt valt het op dat er weinig fabriekstrekkerploegen zijn, die voor de dalgronden geschikt zijn. De meeste ploegen leveren slechts goed werk op een ploegdiepte, die groter is dan de normale bouwvoordikte op een dalgrond. Door plaatselijke smeden vervaardigde ploegen voldoen vaak nog het best.

4.3. *Bouwvoor en schade door nachtvorst*

Op de dalgronden komt dikwijls nachtvorstschade voor, vooral bij aardappelen (fig. 5) en stambonen. Uit een onderzoek bleek, dat er zeer grote verschillen zijn in de mate van aantasting. Hiervoor kunnen diverse, al dan niet bodemkundige oorzaken worden aangewezen. Ook de dikte en de aard van de bouwvoor spelen hierbij een rol. Men mag stellen, dat de schade door nachtvorst als regel op dikke, weinig humeuze bouwvoren gering is en op dunne, en/of sterk humeuze (in dalgrond: venige) zeer ernstig (Booy, 1961 en 1962).

4.4. *Bouwvoor en profielverbetering door diepploegen*

Het verbeteren van het „versleten" dalgrondprofiel, door middel van diepploegen komt de laatste jaren steeds meer in de belangstelling. De resultaten waren tot nu toe gunstig. Er is hiermede echter nog te weinig ervaring opgedaan en exacte cijfers zijn weinig beschikbaar. In het algemeen mag men aannemen, dat diepploegen, mits de ondergrond goed is, wel steeds een verbetering is. Of bekalking van de ondergrond tijdens het diepploegen zin heeft zal onderzoek hieromtrent moeten uitmaken (proeven van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding en het Nederlands Landbouwkalkbureau te Nieuweroord). Zolang deze vraag nog onbeantwoord is komt het ons voor dat men de bouwvoor steeds zal moeten overzetten. In de bouwvoor is een enorm kapitaal aan meststof en bodemleven geïnvesteerd. Het maken van een nieuwe bouwvoor (vooral als deze wat lemig is) is een langdurig proces, waarbij nog komt dat het materiaal dat vroeger werd gebruikt thans niet meer in dezelfde mate en hoeveelheden voorhanden is. Met name geldt dit ten aanzien van het veen, dat niet meer onbeperkt kan worden aangeploegd waardoor een eventuele nieuwe bouwvoor niet op het vroegere gehalte aan organische stof kan worden gebracht. Hoewel de ondergeploegde bouwvoor binnen het bereik van de wortels blijft, lijkt het voorlopig raadzaam bij diepploegen de bouwvoor over te zetten. Bij zwaar aardappelmoe land zou men de bouwvoor kunnen onderploegen (cysten begraven.[1])

[1]) Vermoedelijk is deze grondverversing reeds eeuwen toegepast. Ook in de prehistorie. De wallen rondom de „raatakkers" (celtic fields) (Wieringa 1958) en de sleuven in de essen bij Westerwolde (Klungel, 1963) bestaan uit, resp. zijn opgevuld met oude bouwvoor. Deze oude bouwvoor kan zijn weggewerkt, omdat „moeheids"verschijnselen in gierst (millet) of rogge voorkwamen.

4.5. *Bouwvoor en suikerbietenopbrengst*

Bij het proefplekkenonderzoek ten behoeve van het landclassificatiewerk in de provincie Drenthe in 1958, werd o.a. vastgelegd dat de bietenopbrengst lager werd, naarmate de bietenveldjes (in één perceel) verder van de wijk lagen. De bieten bleken meer te zijn vertakt en het percentage tarra was hoger (fig. 6). Op een aantal plaatsen werden loodrecht op de wijken twee rijen bieten gerooid, die per vijf-meterstrook werden gewogen. Tijdens de zeer natte herfst van 1958 werden slechts enkele rijen gerooid, waarna het rooien en wegen in 1959 werd herhaald (33 gevallen). Evenals in 1958 kon dezelfde conclusie worden getrokken. In 1959 werden bovendien van de bieten en de grond monsters genomen. Vastgesteld werd, dat het percentage suiker van de bieten toenam, naarmate zij verder van de wijk werden gerooid. Dit was in overeenstemming met het humuspercentage van de grond, dat in dezelfde richting toenam, terwijl metingen uitwezen dat in diezelfde richting de bouwvoordikte afnam (zie tabel 4). De bietenopbrengst zelf nam in die richting af. Het is merkwaardig, dat de indexcijfers van de

TABEL 4. Enige gemiddelde waarden betreffende de suikerbietenopbrengst in de jaren 1958 en 1959 in verband met de groeiplaats op dalgronden.
TABLE 4. *Some mean values of the sugar beet crop in the years 1958 and 1959 related to the habitat: high moor peat reclamation soils.*

Afstand tot de wijk in m *Distance to the reclamation canal in m*	0–30 m	30–60 m	60–90 m
1958:			
Bruto-opbrengst (1000 kg/ha) *Gross yield*	47.300	42.760	41.900
Tarra / *Tare* (%)	5,1	7,5	9,7
Netto opbrengst (1000 kg/ha) *Net yield*	44.890	39.550	38.020
1959 [1]) Afstanden tot de wijk in m *Distance to the recl. canal in m*	0–25 m	25–50 m	50–75 m
Bruto-opbrengst (1000 kg/ha)	36.140	29.790	25.790
Tarra / *Tare* (%)	2,2	3,3	3,5
Netto-opbrengst (1000 kg/ha)	35.340	28.820	24.890
Suiker / *Sugar* (%)	19,6	20,4	20,5
Suikeropbrengst (kg/ha) / *Sugar output*	6926,64	5877,24	5102,45
Bouwvoordikte (cm) *Thickness of tilth*	14,7	12,8	12,5
Org. stof (%) / *Org. matter*	13,7	15,9	18,2
Vol. perc. org. stof v. d. bouwvoor [2]) *Vol. perc. org. matter of the tilth*	21	24	27
Dikte zanddekje zonder [2]) org. st. (cm) *Thickness sand dressing without org. matter (cm)*	11,6	9,7	9,1
Index bouwvoordikte [3])	100	87	85
Index dikte zanddekje [3])	100	83	78
Index suikeropbrengst [3])	100	84	74

[1]) 1959 was zeer droog / *1959 was very dry.*
[2]) Zie voor berekening: tabel 1 / *See for calculation: table 1.*
[3]) De eerste afstand (0–25 m) op 100 gesteld / *The first distance (0–25 m) put at 100.*

dikte van het zanddekje en de suikeropbrengst veel overeenkomst vertonen. Indien hieruit de conclusie mag worden getrokken dat de bietenopbrengst (suiker) op dalgronden, afhankelijk is van de dikte van de bouwvoor en van het volumepercentage dat door zand wordt ingenomen, zou overbezanding van dalgronden aanbevelenswaard zijn. Zoals wij al eerder zagen is een dikke en stevige bouwvoor ook om andere redenen goed. Diepploegen zou dan wellicht perspectief bieden.

4.6. *De kleur van de bouwvoor*

Het droge jaar 1959 leerde dat de oogstdepressie van alle gewassen het grootst was op de dunste bouwvoren.

Datzelfde jaar leerde tevens, dat ongeacht de ondergrond (veen of een mengsel van zand en veen) op een (nieuwe) bouwvoor van geel zand de gewassen het sterkst verdroogden. Daar de beworteling in de ondergrond goed was moet wellicht met verbranding rekening worden gehouden; als het ware een verschroeien op het witte zand. Waaruit zou volgen dat in extreem droge zomers (met vele uren zonneschijn) ook de kleur van de bouwvoor een rol speelt.

4.7. *Bouwvoor en onkruid*

Op dunne bouwvoren wordt meer bezwaar van onkruid ondervonden dan op een dikke. Waarschijnlijk levert de dunne en lichte bouwvoor een beter kiembed.

Zelfs in een kunstgrond, als de dalgronden, zijn verschillen in (on)kruidenvegetatie aangetroffen. Deze verschillen vallen samen met verschillen in aard en dikte van de bouwvoor (Bannink en Zonneveld, i.v.).

4.8. *De lemigheid van de bouwvoor*

Lemige bouwvoren moeten in het algemeen beter worden beoordeeld dan veelal geschiedt. Het duurt echter verschillende jaren, voordat uit lemig zand gemengd met veen een „grond" wordt gevormd. Vooropgesteld dat het mengsel, waarvan men uitgaat, goed is kan de grond ook blijvend goed worden gehouden. De humusvorm van deze gronden is gunstiger, de C/N-verhouding nauwer en chemisch is deze grond rijker.

juli, 1961

5. SUMMARY

High moor peat reclamation soils are made by man. After the old moss peat has dug, the young moss is put back and dressed and mixed with a sand cover, making a tilth.

Both nature and thickness of the tilth of these soils usually differ greatly, effecting repercussions to tillage and manuring, cultivation and yield.

Differences in thickness, which are related to the distance from the reclamation canal, were found to correspondend with differences in sugar content (sugar beets) and in damaging by night-frost (potatoes). As a provisional conclusion a thicker sand dressing may be recommended. Deep plowing of the mineral subsoil with keeping the old tilth on top is an alternative measure serving the same purpose.

6. LITERATUUR

Bannink, J. F. en I. S. Zonneveld, 1961: Verslag van het onderzoek naar de akkeronkruidvegetatie in het Barger Westerveen. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering.

Booy, A. H., 1956: Het Drentse hoogveen, de dalgronden en hun toekomst. Boor en Spade *VIII,* 56–73.

Booy, A. H., 1959: Drentse dalgronden. Uniforme gronden? Boor en Spade *X,* 97–105.

Booy, A. H., 1961/1962: Verband tussen nachtvorstschade aan aardappelen en bodemgesteldheid op Drentse dalgronden. Landbouwvoorlichting *18* (1961) 1 (jan.) 10–18 en 19 (1962) 4 (april) 213–215.

Heuveln, B. van, 1959: Ouderdomsbepalingen van humus in een humuspodzol onder veen volgens de 14C-methode. Boor en Spade *X,* 27–38.

Heuveln, B. van, A. Jongerius en L. J. Pons, 1960: Soil formation in organic soils. Transact. 7th intern congress of Soil science Madison. Vol. *IV,* 195–204.

Hudig, J. en B. Sjollema, 1911:

Klungel, A. E., 1963: De sleufakkers van de Westerwoldse essen. Boor en Spade *XIII.*

Schothorst, C. J. en G. H. Reinders, 1961: Het effect van profielwijziging op de opbrengst van enige gewassen in de Groninger Veenkoloniën. Rapport *13,* I.C.W.

HET VERSLEMPINGSBEELD

STRUCTURAL CHANGES IN SOIL WITH WETTING

door/*by*

A. R. P. Janse [1]) **en F. F. R. Koenigs** [1])

SAMENVATTING

Op basis van een systematische analyse van het verslempingsbeeld kunnen gronden worden ingedeeld. De optredende veranderingen in de structuur van de grond zijn kenmerkend en geven een betere benadering voor het ordenen van de gegevens die tot dusver uit andere, vooral fysische meetmethoden werden verkregen.

1. INLEIDING

Een beschouwing van een bodemstructuur naar zijn verschijningsvorm verschaft de nauwlettende waarnemer reeds een belangrijke hoeveelheid gegevens over de aard van de bodem. Zulk een opname dient niet alleen om de structuur op het moment van waarneming te beschrijven, maar vaak ook kunnen uit de vorm, de huidjes en de poriën conclusies worden getrokken over de reactie van de grond op andere weersomstandigheden dan die welke bij de monsterneming heersten (Jongerius 1958). Perioden van droogte en sterk toegenomen verdamping laten evenzeer hun sporen na als die van een sterke regenval. Zo geeft ook een langdurige eenzijdige bemesting een typerend structuurbeeld, terwijl de invloed van een grondbewerking bij een verkeerd vochtgehalte zeer lang nadien nog waarneembaar kan zijn. Het is echter vaak niet gemakkelijk uit de structuur het gedrag van de gronden t.o.v. klimatologische veranderingen af te leiden, b.v. omdat de kenmerken fossiel kunnen zijn. Bovendien zal men door drainage, beregening, bevloeiing of ontbossing vaak de omstandigheden willen wijzigen, in welk geval de bestaande structuur geen uitsluitsel kan geven.

Van de factoren, die de structuur van de grond beïnvloeden zijn de volledige bevochtiging en de indroging wel de belangrijkste en meest universele. Ten eerste omdat zij niet te vermijden zijn, ten tweede omdat de veranderingen die tijdens de volledige bevochtiging optreden zeer groot zijn.

Het is daarom wenselijk direct en op eenvoudige wijze gegevens te verkrijgen over het gedrag van de structuur van een grond bij complete verzadiging. Experimenteel kunnen deze veranderingen eenvoudig worden nagegaan door het onderdompelen van enkele aggregaten van de grond in water. De veelvuldige wisselingen van het vochtgehalte in een onverzadigde grond zijn zonder twijfel ook van grote betekenis. Zij blijven hier echter buiten beschouwing, ten eerste omdat bij onvolledige verzadiging slechts zeer weinig wijzigingen in de bouw van de grond aflopend zijn; ten tweede, omdat de apparatuur voor het verrichten van waarnemingen binnen engere vochttrajecten aanzienlijk ingewikkelder zou moeten zijn en ten derde omdat slechts relatief grote veranderingen, zoals die bij onderdompeling optreden, visueel kunnen worden waargenomen.

[1]) Laboratorium voor Landbouwscheikunde van de Landbouwhogeschool.

Er kan daarenboven nog een praktisch argument worden aangevoerd. Voor de op de praktijk georiënteerde onderzoeker verdient het de voorkeur de reeds bestaande begrippen en uitdrukkingen over de eigenschappen van een bodem in een normaliserend schema onder te brengen. In de praktijk nu heeft men veelal de gronden benoemd naar hun eigenschappen bij volledige bevochtiging, zoals irreversibel indrogend en slempig. Het is dan ook zeker zinvol hiervan uit te gaan bij een nadere beoordeling. Men komt dan tot een samenhangend geheel; een reeks van verwante eigenschappen, die een indeling mogelijk maken en fysisch een reeks van definieerbare grootheden vertegenwoordigen. Deze gedachtengang ligt in hoofdzaak ten grondslag aan het indelingsschema, dat voorlopig alleen ten behoeve van studenten werd ontworpen. Hoewel de scheidingen niet altijd zeer scherp kunnen worden gemaakt blijkt de bruikbaarheid voldoende groot. Het schema is thans gedurende bijna drie jaar met succes op het bodem-fysisch practicum toegepast. Het schema werd als een determinatietabel ontworpen, die naar een typerende benaming leidt.

2. VERKLARING VAN DE OPTREDENDE VERSCHIJNSELEN

De proef is zo eenvoudig mogelijk gehouden, namelijk een onderzoek naar het gedrag van de grond bij verzadiging door onderdompeling. Gemakshalve werd onderdompeling gekozen daar het weinig uitmaakt of men de grond verzadigt door er water langs te laten stromen of door hem onder te dompelen. De belangrijkste verschijnselen waarop men moet letten zijn de volgende:

1. Bevochtiging;
2. Luchtexplosie;
3. Zwelling;
4. Stabiliteit.

2.1. *De bevochtiging*

Bevochtiging kan alleen plaatsvinden als de adhesie van het water aan de grond groter is dan de cohesie van het water zelf. Is de adhesie groot, dan zal de hoek die het water met het te bevochtigen voorwerp maakt klein zijn (het water wordt naar boven getrokken). Is de adhesie klein dan zal deze hoek groot zijn (het water wordt afgestoten).

Voornamelijk aan gronden die sterk ingedroogde zure ijzerhoudende humus bevatten zal de adhesie zeer gering zijn. Deze humus kan immers zeer sterk lucht adsorberen en het water kan door deze luchthuid, die bij onderdompeling duidelijk te zien is, de grond niet bereiken. De meniscus tussen grond en water is dan ook bolvormig en het kan bij deze gronden zeer lang duren eer het water wordt opgenomen. Door de snelheid van bevochtiging bij toenemende graden van indroging na te gaan (b.v. veldvochtgehalte, luchtdroog, stoofdroog) kan men een indeling maken van de mate van irreversibiliteit.

Daar de kluitjes in extreme gevallen van irreversibiliteit in het geheel niet bevochtigd worden, zullen zij, mits zij klein genoeg zijn, door de oppervlaktespanning van het water drijvende worden gehouden, aangezien de dichtheid van de aggregaten in een omgekeerd verband staat tot het humus-

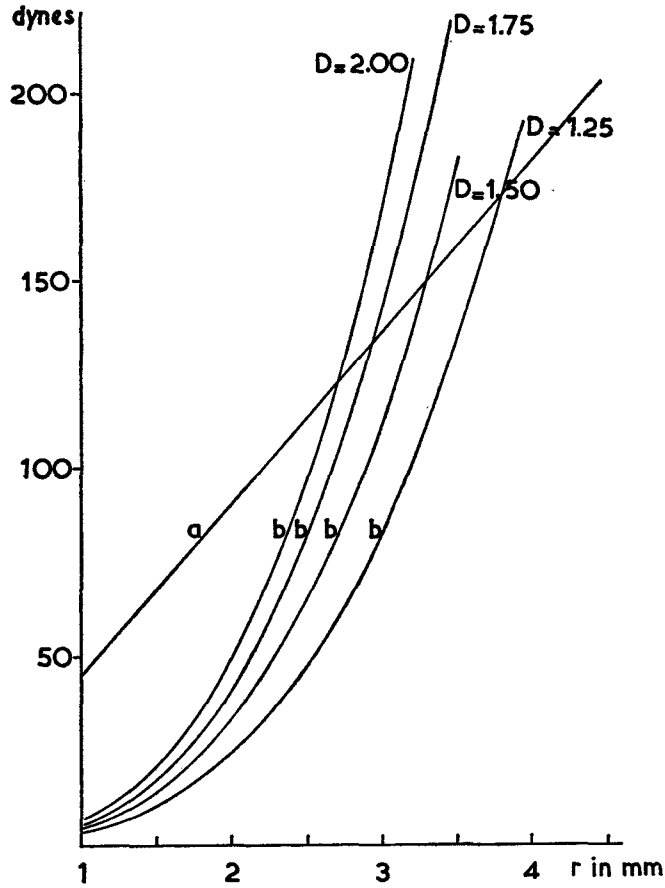


Fig. 1.
Het verband tussen de oppervlaktespanning en de straal van niet te bevochtigen kluitjes met een gegeven dichtheid.
Op de snijpunten van a (opwaartse druk van de oppervlaktespanning) en b (gereduceerde neerwaartse druk door de zwaartekracht) staat het kluitje op het punt te zinken.
The relation between the surface tension and the radius of „unmoistable" soil clods with given density. On the intersections of a (upward pressure of the surface tension) and b (reduced downward pressure of the gravitation) the clods are about to sink.

gehalte, m.a.w., dat de diameter van de kluitjes die nog net zinken kleiner is naarmate het humusgehalte lager is. Men kan dus door het bepalen van de diameter van de kluitjes die nog net zinken een indruk krijgen van hun dichtheid en dus van hun humusgehalte. In de bovenstaande grafiek wordt aangegeven bij welke straal een niet te bevochtigen bol met een onderscheiden dichtheid zal blijven drijven. Het hydrostatische evenwicht wordt hierbij berekend met behulp van de oppervlaktespanning van het water. Aangenomen wordt daarbij, dat deze oppervlaktespanning van het grensvlak grond – water dezelfde waarde heeft als van het grensvlak lucht – water. De kromming van de waterspiegel wordt dan gelijk gesteld aan de kromming van de bol. De opwaarts gerichte kracht tengevolge van het indrukken van

het wateroppervlak zal maximaal zijn als de bol tot op halve hoogte in de vloeistof ligt. De kracht is dan gelijk aan

$$\frac{2\sigma}{r} \times \pi r^2 = 2\pi\sigma r.$$

De naar beneden gerichte kracht volgt uit het volume en de dichtheid vermindert met de dichtheid van de vloeistof ($p = 1$), zodat deze gelijk is aan $(d - 1/2) \cdot 4/3\pi r^3 \cdot g$.

De snijpunten van de rechte met de kromme in de grafiek geven de grootte van de straal aan, waarbij een bol met een gegeven dichtheid nog juist niet zinkt.

Men ziet dat de invloed van de straal zeer groot is en de bepaling van de dichtheid van de grotere aggregaten, d.w.z. de nauwkeurigheid van de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal dus klein is.

Als de adhesie van het water aan de grond groot is, zal het water in de grond dringen. Bij een gelijke bevochtigingshoek hangt de snelheid voornamelijk af van de porositeit en de grootte van de poriën.

Als men aggregaten van eenzelfde grootte neemt kan men, door de bevochtigingstijd te vergelijken, zeer globaal geïnformeerd worden over de onverzadigde doorlatendheid. (Hiervoor moet men de aggregaten niet onderdompelen, maar in een laagje water leggen.)

Neemt men meer aggregaten van eenzelfde grond dan kan men geïnformeerd worden over de inhomogeniteit. Zo komen in de bovengrond van periodiek drassig weiland soms grote en kleine aggregaten voor. De eerste waren goed bevochtigbaar, de tweede slecht. Dit kan komen doordat de dichtheid van de kleine aggregaten groter is, wat op zichzelf de bevochtigingssnelheid remt; bovendien zullen zij door hun grotere dichtheid langer anaëroob blijven, wat weer invloed kan hebben op de hoeveelheid en aard van de humusverbindingen, zie Janse en Hulsbos (1956).

2.2. *De luchtexplosie* (fig. 2 en 3)

Indien het water van alle kanten tegelijk de aggregaten binnendringt, kan de daarin aanwezige lucht, bij een uniforme poriëndiameter, aan de buitenzijde van de aggregaten, moeilijk of niet ontwijken. De lucht wordt door het water, dat onder invloed van de capillaire krachten binnenstroomt, samengeperst. De aldus verkregen druk is maximaal gelijk aan het verschil tussen de zuigspanning van de droge grond en die van het water waarmee de grond in contact is; de druk bedraagt dus maximaal enkele honderden atmosferen. Aangezien de samenhang in de bevochtigde grond vrij gering is, wordt het bevochtigde deel van het aggregaat losgeblazen. Voor het geval men met homogene (kunstmatige) aggregaten te maken heeft ziet men telkens concentrische lagen afspringen; stopt men de bevochtiging dan houdt men een afgeronde kern over. Bij natuurlijke aggregaten zal de bevochtiging niet overal even snel voortschrijden en de aggregaten zullen uiteenvallen langs de vlakken waar de weerstand het geringst is. Voor de landbouwkundige interpretatie is de grootte van de deeltjes waarin de kluit uiteenvalt, van veel belang. In het geval van een groot aantal elementaire deeltjes of deeltjes waarvan de afmetingen zo gering zijn dat zij bij indroging een samenhangende korst zullen vormen, is het verschijnsel uitermate

schadelijk. In de tabel wordt in dit geval de term „dispergeren" gebruikt, hoewel de deeltjes nog vele malen groter kunnen zijn dan de primaire.

Vallen de kluiten echter uiteen in blokjes van enkele millimeters, dan kan men het verschijnsel als gunstig beschouwen, daar in dit geval de grondbewerking zo niet overbodig dan toch zeer gemakkelijk wordt.

Een voorwaarde voor de luchtexplosie is uiteraard dat er lucht in de fijne poriën aanwezig is. Dit zal het geval zijn als het vochtgehalte beneden het omslagpunt gedaald is. Het omslagpunt is het vochtgehalte waarbij de donkere kleur van de vochtige grond omslaat in de lichte kleur van de droge grond.

In sommige gevallen waar het niet duidelijk is of het uiteenvallen veroorzaakt wordt door de hierna te behandelen zwelling dan wel door een zwakke mate van luchtexplosie, kan men hier achter komen door de kluit eerst langzaam te verzadigen voordat men hem onderdompelt. Men legt de kluit op een stuk vloeipapier waarvan een slip in een 10 cm lager geplaatst bakje water hangt. Na bevochtiging legt men de kluit met vloeipapier en al in een bakje water.

2.3. *De zwelling*

De zwelling is het bekende verschijnsel van de volumetoename van droge kleien bij toevoer van water. Het water wordt aan de oppervlakte van de kleideeltjes gebonden en deze komen aldus op een grotere afstand van elkaar te liggen.

De oorzaak van de adsorptie van water aan klei is de volgende. De kleiplaatjes zijn door substitutie in het mineraal-rooster negatief geladen; deze negatieve lading wordt altijd geneutraliseerd door geadsorbeerde kationen, die samen met het negatieve kleiplaatje de zogenaamde „dubbellaag" vormen. Bij onderdompeling van een droge klei in water zijn de kationen aan twee tegengestelde krachten onderworpen, enerzijds worden zij aangetrokken door het kleiplaatje, anderzijds zullen zij van het plaatje verwijderd worden onder invloed van het verschil in concentratie (moleculen/ml) tussen de ruimte vlak om het plaatje en het toegevoegde water. De evenwichtstoestand is geformuleerd door Schofield (1946) en door Bolt en Peech (1953).

Zolang de evenwichtstoestand niet is bereikt zal door het systeem water worden aangetrokken, hetgeen als zwellingsdruk gemeten wordt. Daar er bij bezetting met tweewaardige ionen maar half zoveel ionen aanwezig zijn als bij bezetting met eenwaardige is de maximale zwellingsdruk in het eerste geval ook slechts half zo groot. Verhoging van de zoutconcentratie van de uitwendige vloeistof betekent een vermindering van het verschil in concentratie en doet dus de dubbellaag inkrimpen en de zwelling verminderen. Verder wordt de zwelling tegengewerkt door London-van der Waalskrachten, rand-plaatzijde attractie (Van Olphen, 1951) elektrostatische krachten (Mac Ewan, 1954) door humusbindingen en allerlei kitstoffen.

Daar de zwellingsdruk bij natriumbezetting groter is dan bij calciumbezetting en daar de humus- en kitstoffen in de natriumvorm min of meer oplosbaar zijn, zullen de natriumgronden in zuiver water onbeperkt zwellen en de calciumgronden slechts een beperkte zwelling vertonen.

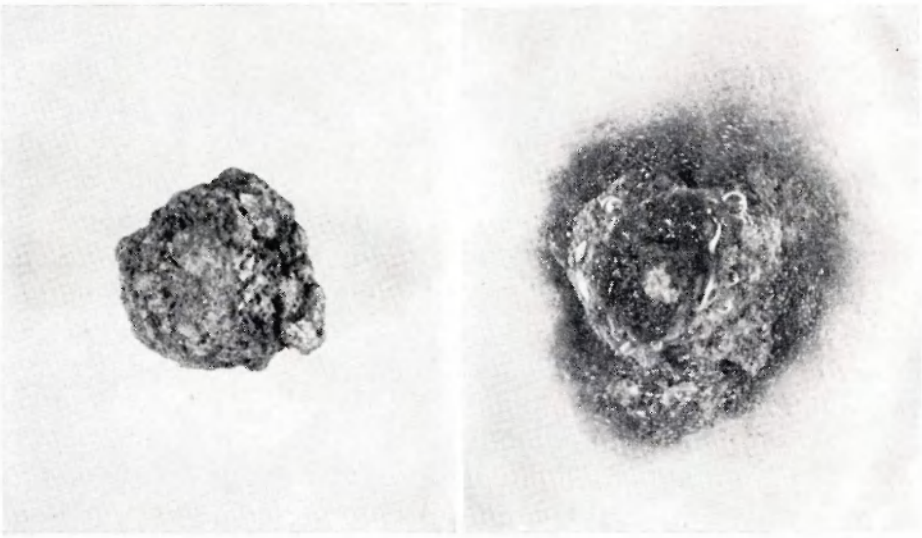
In het eerste geval is het eindstadium bereikt als de kleideeltjes hun samenhang verliezen en door de warmtebeweging in suspensie gaan. Dit disper-

a. droog / *dry*

b. ondergedompeld / *immersed* – 10 sec.

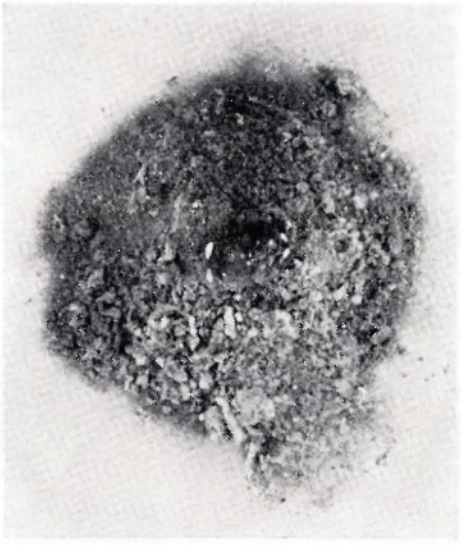
c. 20 sec.

Fig. 2. Luchtexplosie (löss) / *Air explosion (loess)*



a. droog / *dry*

b. ondergedompeld / *immersed* – 10 sec.

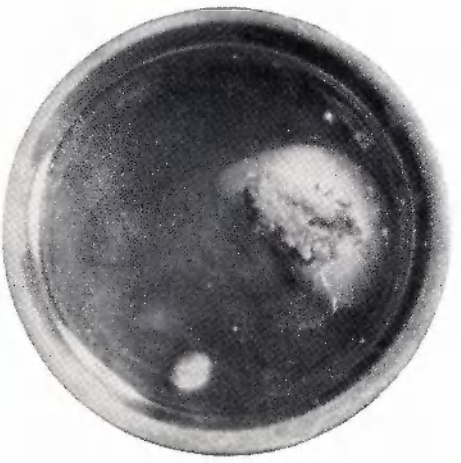


c. 30 sec.

De grijze keileem valt minder sterk uiteen dan de rode.
The grey boulder clay deteriorates less than the red.

Fig. 3.
Luchtexplosie (rode en grijsgevlakte keileem) / *Air explosion (red and grey stained boulder clay)*

a. droog / *dry*



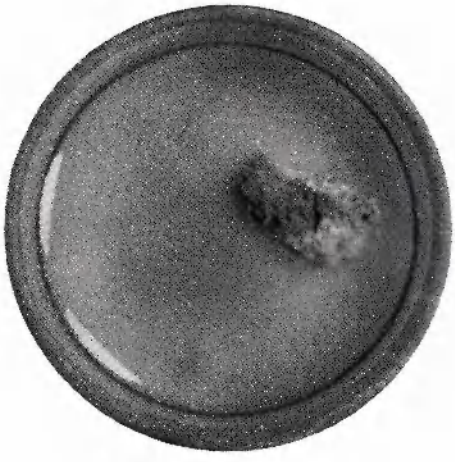
b. ondergedompeld / *immersed* – 5 min.

c. 10 min.

Fig. 4. Spontaan dispergeren (knipklei, Goeree) / *Spontaneous dispersion.*

d. 20 min.

e. 40 min.



f. 14 uur / *hours*

geren is vaak een zeer langdurig proces. Als men de omtrek van grondschilfertjes echter onscherp ziet worden en als de oppervlakte van de kluitjes lichter van kleur wordt zij men gewaarschuwd, dat het proces aan de gang is. Deze langzame dispersie treedt bij gedroogde monsters vaak niet meer op, daarom is het van belang deze proef ook aan verse monsters te verrichten, vooral als ondergronden bestudeerd worden. Tijdens het drogen van de monsters kunnen immers allerlei veranderingen, waaronder irreversibele, plaatsvinden. Soms kan men ook nog aan gedroogde gronden verschillen waarnemen, als men het verslempingsbeeld van een gekneed monster bepaalt. Door de intensieve mechanische inwerking van het kneden, bij voorkeur in de buurt van de kleefgrens, worden de invloeden van het drogen weer ten dele te niet gedaan.

Bij gronden bezet met tweewaardige ionen komt het zelden tot dispersie, maar al naar gelang de grootte van de zwelling zullen bij deze gronden tijdens de zwelling spanningen optreden, die de kluitjes uiteen doen vallen. Daar dit uiteenvallen soms niet erg duidelijk is (de stukken kunnen door wortelresten nog bij elkaar gehouden worden) beweegt men, nadat de zwelling is afgelopen, het schaaltje viermaal met matige snelheid heen en weer.

Zoals reeds gezegd heeft de zoutconcentratie een grote invloed op de zwelling. Het verdient dan ook aanbeveling juist die vloeistof te gebruiken, waarmede de grond in feite in contact komt of zal komen. Voor het onderzoek van de bovengrond in vochtige gebieden verdient regenwater (of gedestilleerd water) de voorkeur; voor de bovengrond in droge gebieden komt irrigatiewater in aanmerking (al dan niet verrijkt met gips).

Voor het onderzoek van ondergronden kieze men drain- of infiltratiewater.

2.4. *De stabiliteit*

In het voorgaande hebben we de stabiliteit leren kennen als resultante van de samenbindende en afstotende krachten binnen het aggregaat, en speciaal de oorzaken die tot vernietiging van een aggregaat bij bevochtiging kunnen leiden werden behandeld. We komen door de onderdompelingstechniek te weten of de aggregaten of delen ervan tegen snelle bevochtiging bestand zijn; we weten echter nog niets van hun weerstand tegen mechanische invloeden. Dit is echter een belangrijk gegeven, want nadat de aggregaten bevochtigd zijn kunnen er in de natuur nog andere vernietigende krachten werken, bijvoorbeeld de regenval. Om althans een globale relatieve schaal van stabiliteiten te kunnen opstellen, bekijken we de reactie van de geheel verzadigde kluiten op een gestandaardiseerde mechanische invloed. We strijken met een kwast viermaal over de oppervlakte van de kluiten en nemen het uiteenvallen en de troebeling waar. Ook de snelheid van bezinken wordt in aanmerking genomen daar deze een ruwe maat voor de fijnheid van de losgemaakte deeltjes oplevert. Door vergelijking met een reeks standaardmonsters kan men een onbekende grond inpassen. Voor kwantitatieve gegevens zal men de stabiliteitsanalyse van Koenigs (1961) moeten toepassen, die hier verder buiten beschouwing blijft.

3. DE OPZET VAN DE PROEF EN DE DETERMINATIE

Voor de uitvoering van de proef heeft men nodig: plastic zakjes, petrieschalen (desnoods theekopjes), flessen met gedestilleerd-, regen-, drain- of

infiltratiewater, een kwastje, een goede loep en eventueel een droog-mogelijkheid (au-bain-marie). Het is dus geen veldproef, maar een keuken- of tentproef. De werkwijze is simpel: men plaatst het kluitje of de aggregaten in de recipiënt en giet er langzaam vloeistof naast totdat het monster geheel onder water staat. Daarbij en daarna beschrijft men de veranderingen welke men waarneemt en volgt de hierna vermelde determinatietabel. Het kan daarbij wel voorkomen, dat men niet geheel scherp kan scheiden tussen twee vermelde eigenschappen. Dit onderzoek beoogt echter een kwantitatieve interpretatie te geven, in tegenstelling tot de determinatie in een flora, waarbij overwegend kwalitatieve kenmerken moeten worden vastgelegd.

Tabel bij het onderzoek van het verslempingsbeeld

(Liefst zowel luchtdroge als verse natuurlijke aggregaten, ø < 1 cm).

1. *a.* de aggregaten worden bij onderdompeling in water niet bevochtigd. (2)
   b. de aggregaten worden bij onderdompeling in water wel bevochtigd. (3)
2. *a.* de aggregaten drijven. *Irreversibele gronden, rijk aan organisch materiaal.*
   b. de aggregaten drijven niet. *Irreversibele gronden, arm aan organisch materiaal.*
3. *a.* de bevochtiging geschiedt langzaam, *moeilijk te bevochtigen gronden.* (4)
   b. de bevochtiging geschiedt snel, *gemakkelijk te bevochtigen gronden.* (4)
4. *a.* de aggregaten blijven intact of vallen uiteen langs reeds eerder gevormde zichtbare scheuren. (5)
   b. de aggregaten vallen uiteen. (7)
5. *a.* de aggregaten of grote delen ervan blijven bij schudden in water intact. (6)
   b. de aggregaten vallen bij schudden in water uiteen. (7)
6. *a.* de aggregaten zijn moeilijk te dispergeren met een kwast, *stabiele, niet-werkende gronden.*
   b. de aggregaten zijn gemakkelijk te dispergeren met een kwast, *onstabiele, niet-werkende gronden.*
7. *a.* de aggregaten dispergeren snel waarbij luchtbellen vrijkomen. (8)
   b. de aggregaten vallen uiteen in kleine kluitjes (mm). Bij herhaalde droging en onderdompeling vallen deze weinig uiteen en vormen gemakkelijk te breken secondaire aggregaten na droging. (9)
   c. de aggregaten dispergeren langzaam, nagenoeg onafhankelijk van het oorspronkelijke vochtgehalte. (10)
8. *a.* de aggregaten dispergeren na onderdompeling in luchtdroge toestand. *Gronden, zeer gevoelig voor luchtexplosie.*
   b. de aggregaten exploderen bij onderdompeling in ovendroge toestand (vallen normaal in kleine kluiten uiteen). *Gronden, matig gevoelig voor luchtexplosie.* (9)
9. *a.* de kluitjes kunnen onder water moeilijk worden gedispergeerd met een kwast. *Stabiele, werkende gronden.*
   b. de kluitjes kunnen gemakkelijk worden gedispergeerd met een kwast. *Onstabiele, werkende gronden.*
10. *a.* het dispergeren gaat met een aanzienlijke volumetoename (van

het nog niet gedispergeerde deel van het aggregaat) gepaard. *Na-kleien* (Montmorilloniet-houdend).

b. het dispergeren gaat niet van een duidelijke volumetoename vergezeld. *Slempige gronden.* (stofgronden, knipkleien).

Voorbeeld. Bovengrond van een humeuze komklei.

1. Tijdens het toevoegen van het water nemen we geen bolle meniscus waar en we zien ook geen luchtlagen tussen kluit en water. De grond wordt dus bevochtigd, we worden verwezen naar 3.
3. Als de grond onder water staat zien we zo nu en dan enige luchtbellen ontwijken, dit duurt ongeveer 10 minuten, daarna nemen we geen verandering meer waar. We hebben te maken met een *gemakkelijk te bevochtigen grond* en worden naar 4 verwezen.
4. Enkele korreltjes aan de rand van de kluit zijn er afgevallen, de rest blijft één geheel. Naar 5.
5. Het zachtjes heen en weer schudden heeft geen effect. Naar 6.
6. We strijken met een kwast langs de oppervlakte van de kluit. Deze valt niet uit elkaar en het water wordt niet erg troebel. Ook de korreltjes die er in het begin afgevallen zijn hebben hun scherpe omtrek behouden. De kluit was dus afkomstig van een *stabiele, niet-werkende gemakkelijk te bevochtigen grond.*

4. SLOTBESCHOUWING

Zonder twijfel kunnen uit de waargenomen verschijnselen voor de praktijk nuttige inzichten worden verkregen; een waardering van de gronden zal echter mede afhangen van de ligging en het gebruik dat ervan wordt gemaakt. Met de ligging is dan tevens bedoeld de hoogteligging ten opzichte van het freatisch niveau; met het gebruik naast de bewerkingsmethoden tevens het voorkomen van een open braak.

Ofschoon in de regel bij een geringe stabiliteit gemakkelijk structuurverval kan optreden, is een waardebepaling ook hier niet eenvoudig. Zeker is wel dat ligging en gebruik van de grond hierbij betrokken moeten worden. Als eis zal men moeten stellen dat de grond bij de gegeven variaties van het klimaat steeds voldoende lucht en water bevat en dat het aanrakingsoppervlak tussen lucht en water steeds voldoende groot is. Immers, de diffusiesnelheid van de zuurstof zal een functie zijn van de grootte van dit oppervlak. Bij slempigheid zal de waardering van de grond dus afhangen van de textuur, daar deze in dit geval de poriëngrootte zal bepalen, die op haar beurt weer de zuigspanning bepaalt waarboven lucht de grond kan binnendringen. Daar in ons klimaat alle gronden soms met water worden verzadigd, is het gedrag bij verzadiging een goede beoordelingsmaatstaf. Daar de mate van uitdroging in het veld echter ook afhangt van ligging en begroeiing, moet hiermede terdege rekening worden gehouden bij de vraag of de gevoeligheid voor de luchtexplosie als criterium mag worden gebruikt. Of „werkende" gronden hoger moeten worden gewaardeerd dan „niet-werkende" is vooralsnog een open vraag. Bij „werkende" gronden zal de ondergrond eerder dicht zwellen; de „niet-werkende" bezitten de eigenschap dat eenmaal ontstane grote kluiten door bevochtigen en indrogen moeilijk worden verkleind. Gronden, die gevoelig zijn voor luchtexplosie,

zullen niet mogen uitdrogen; de grens waartoe dit mag geschieden zal onder meer afhangen van het omslagpunt. Hun waarde zal ook afhangen van de hardheid van de korst die na luchtexplosie wordt gevormd en van de stabiliteit die ze boven het omslagpunt bezitten. Gronden, die spontaan in water dispergeren (fig. 4) of een zeer geringe stabiliteit bezitten, zullen in de praktijk de grootste moeilijkheden opleveren. Ook in dit geval moet de textuur bij de waardering worden betrokken.

januari, 1961

5. SUMMARY

Of the processes influencing soil structure (drying out, wetting, manuring, cultivation, etc.) wetting produces the greatest changes. This paper discusses these changes and it provides a scheme for systematically distinguishing and classifying differences between them. The wetting is achieved by immersing the soil in water, and it is combined with a standardized form of mechanical disturbance, which in this case consists of gently brushing the immersed material.

The changes produced this way in a soil fragment or aggregate fall into 4 groups. They are:

(a) *The nature of the moistening on immersion.* The forces of attraction between the soil and water can vary considerably, and the rate and nature of the moistening differ accordingly. In a soil with an acid, dried out, iron-rich humus for instance, they are small, and the material is moistened only slowly and/or incompletely.
Where the forces of attraction between water and soil are big, the water enters the soil easily. The rate of entry here is determined by the number and size of the pores. It provides also a rough measure of unsaturated permeability.

(b) *Fracturing from air explosion.* Water entering a soil (which has been sufficiently dried out) compresses any air present in the pores, and causes them to shatter to varying degrees. The size of the soil fragments produced this way is important to agriculture. When they are small, they may form a harmful crust on subsequent drying out. Where the soil peds formed are a few mm large, working of the land will be much facilitated.

(c) *Swelling.* The wetting of a soil is associated to varying degrees with the swelling and dispersion. These changes are indicated by a softening of the contours of the soil units and by a lightening of their surface colour. The swelling results in tensions which may cause the soil fragments or peds to break apart. Dispersion is a feature of soils with a significant proportion of monovalent ions in the exchange complex. It is slow, and it may be inhibited by irreversible changes with drying. It should be studied therefore on both dried and freshly taken samples, especially where these come from subsoils. The salt concentration of the water exerts an important influence on this process, and the water used for the test should approximate that with which the sample normally comes into contact.

(d) *The stability* of a soil fragment is the resultant of the forces of cohesion and repulsion acting on it once it is in equilirium with water. It is measured by gently brushing the immersed soil material. It provides

an indication of the mechanical effect of rainfall etc. The properties observed include the degree of breaking up, and the rate of settling of the disrupted material.

These changes in soil behaviour (structure) with wetting and mechanical disturbance have been defined and ranged in a scheme. The latter provides a means for systematically describing and distinguishing them. Together with the topographical situation of a soil, its plantcover, land-use and its texture the schema can help to evaluate a soil for agricultural and engineering purposes.

6. LITERATUUR

Bolt, G. H. and M. Peech, 1953: The application of the Gouy Theory to soil water systems. S.S.S.A.P. Vol. *17,* 210–213.

Janse, A. R. P. et W. C. Hulsbos, 1956: Influence de quelques plantes de couverture sur certaines propriétés physiques du sol. Agron. Trop., Nogent *11,* 759–777.

Jongerius, A., 1958: The morphological soil structure classification of the Dutch soil survey institute. Proc. of the Intern. Symposium on Soil Structure, Ghent 1958, 206–213.

Koenigs, F. F. R., 1961: The stability of clay soils as influenced by the moisture conditions and some other factors. Proefschrift, Wageningen 1961.

Schofield, R. K., 1946: Ionic forces in thick films of liquid between charged surfaces. Trans. Faraday Society B (1946), 219–225.

OVER DE BETEKENIS VAN DE ZG. PERFORATIEGRAAD ALS ONDERDEEL VAN HET PROFIELONDERZOEK

THE SO-CALLED PERFORATION DEGREE AND ITS SIGNIFICANCE TO SOIL PROFILE INVESTIGATIONS

door/*by*

A. Jongerius[1]) **en A. Reijmerink**[1])

INHOUD

1. Inleiding 178
2. Het begrip perforatiegraad 180
3. Het verband tussen de perforatiegraad en de doorlatendheid 182
4. Is er een verband tussen de perforatiegraad en de dierlijke activiteit? 183
5. Summary 191
6. Literatuur 191

1. INLEIDING

In vele slibhoudende gronden vindt men een min of meer sterk ontwikkeld, vanaf 10 à 20 cm beneden maaiveld hoofdzakelijk verticaal gericht stelsel van al dan niet onderling verbonden open gangen en gangetjes. Deze kunnen zowel door plantewortels als door bodemdieren zijn ontstaan. In de volgende bladzijden zullen we speciaal ingaan op de door de fauna gemaakte perforaties.

In een fluviatiel of marien sediment kunnen reeds gedurende de opslibbing door dieren gemaakte gangen ontstaan. Zo werd door Doeksen (1961 en mond. meded.) proefondervindelijk aangetoond, dat bepaalde aquatische wormsoorten (*Tubificidae*), die in ondiep, stromend zoet water leven, in slibrijke sedimenten een stelsel van vrij brede, onderling verbonden open gangetjes vormen: de door Jongerius (1957) beschreven grof-poreuze spons-structuur uit de ondergrond van beddingprofielen. Ook de structuur van het verse mariene sediment kan door diverse dieren sterk worden beïnvloed (Van Straaten, 1951). Uit eigen waarneming weten we, dat hieronder ook wormachtige dieren zijn die open gangen maken; althans bleek dit het geval in slibhoudende slikken langs de Wester-Schelde.

Dit initiale zoögene gangenstelsel bevordert – uiteraard indien voldoende wordt ontwaterd – een goede fysische en chemische rijping van het sediment, doch hierdoor wordt tevens de gehele of gedeeltelijke opheffing van dit perforatiesysteem vaak ingeluid. Gedurende en na de fysische en chemische rijping begint namelijk een andere fauna op te treden, die het initiale structuurbeeld aanzienlijk kan wijzigen. Tot de belangrijkste vertegenwoordigers van die fauna behoren de regenwormen (*Lumbricidae*), de enchytraeën (*Enchytraeidae*) en de grote groep der z.g. *microarthropoden* (o.m. Kühnelt, 1950, 1957, 1958).

Reeds sinds de publikaties van White (1777) en vooral van Darwin (1881) is bekend, dat met name de regenwormen een grote invloed op de bodemgesteldheid kunnen uitoefenen. Uit het werk van deze onderzoekers en dat

[1]) Micropedoloog en assistent-micropedoloog van de Stichting voor Bodemkartering.

van hun vele navolgers bleek, dat de regenwormen structuurverbeterend werken of een goede structuur handhaven, terwijl ze eveneens de chemische bodemvruchtbaarheid zouden verhogen. De structuurverbetering omvat het scheppen van gunstiger grond-water-lucht-verhoudingen in de bodem en de verhoging van de structuurstabiliteit (vorming van goede humus en intensieve menging van de grond met slijmstoffen).

Ofschoon het Darwin reeds bekend was, dat ook de diepere bodemlagen door de regenwormen kunnen worden beïnvloed, beperkte men zich gedurende lange tijd voornamelijk tot de studie van het effect van de wormenactiviteit op de bovenste grondlaag. Eerst vrij recent is men meer doelbewust onderzoek gaan verrichten naar het effect van de activiteit van deze dieren op het profiel als geheel. Zo kwam Hoeksema (1953) tot de conclusie, dat de geogene gelaagdheid hierdoor ten dele of geheel kan worden opgeheven: de homogeniserende werking van regenwormen. Tevens kunnen ze belangrijke hoeveelheden goed gehumificeerde organische stof in diepere lagen afzetten – de humeuze gangbepleisteringen – en de ondergrond sterk perforeren (o.m. Hoeksema, Jongerius en Van der Meer, 1957).

Ook enchytraeën kunnen de grond vrij diep perforeren. Daar deze gangetjes echter zeer smal zijn, valt het perforerend effect van deze diertjes kwantitatief doorgaans in het niet bij dat van de regenwormen. Slechts in gronden met hoge grondwaterstanden of met vrij dichte bovengronden, die periodiek zeer nat zijn – onder milieu-omstandigheden dus, die voor de meeste regenwormsoorten zeer ongunstig zijn – kan de activiteit van de enchytraeën relatief belangrijk blijken.

Wordt nu een grond intensief en diep door dieren geperforeerd, dan zullen hierdoor dus de doorlatendheid en de luchtverversing in grote mate worden verhoogd. Om een inzicht te krijgen in de zoögene bijdrage aan deze fysische grootheden, is uiteraard een kwantificering van de mate van perforatie op verschillende niveaus in de grond noodzakelijk. Hiertoe dient men tellingen van de aantallen zoögene gangen te verrichten. Het beeld, dat men zodoende verkrijgt is echter eigenlijk niet geheel correct. Men telt te velde namelijk de geheel of nog grotendeels open gangen; het is moeilijk tevens de min of meer dichtgedrukte te tellen. Ook deze gangen echter, die soms in grote aantallen kunnen optreden, zijn mede bepalend voor de doorlatendheid en de luchtverversing. Tevens zijn deze gangen juist zeer belangrijk als bewortelingsbanen voor het gewas. Slechts op het laboratorium kunnen ze exact kwantitatief worden bepaald met behulp van „mammoet"-slijpplaten (Jongerius en Heintzberger, 1963; Jongerius, 1962). Daar deze slijpplaten niet meer dan maximaal ca. 120 cm^2 oppervlakte hebben, zullen de metingen met enige herhalingen moeten worden verricht.

Er zou nog een tweede belangrijke reden zijn voor de kwantificering van de open zoögene gangen: volgens Hoeksema en Op 't Hof (1960) kan men hierdoor namelijk een inzicht krijgen in het verloop van de wormenactiviteit in boven- en ondergrond. Het nauwkeurige meten van die activiteit is reeds lang een groot probleem. Men tracht het op vele manieren te doen, o.m. door tellen – al dan niet naar soorten gedifferentieerd – van het aantal regenwormen in bepaalde volumina grond; het vaststellen van hun gewicht per m^2 of per ha over zekere diepten; het meten van excrementprodukties, etc. (o.m. Stöckli, 1958). De resultaten van de verschillende onderzoekers zijn slecht vergelijkbaar door de zeer verschillende vangmethoden, bemonsteringsoppervlakten, -diepten en -omstandigheden (Wilcke, 1955). Is de

interpretatie van die gegevens reeds moeilijk, van de wormenactiviteit in de diepere bodemlagen geven ze doorgaans in het geheel geen of slechts een zeer onbetrouwbaar beeld.

2. HET BEGRIP „PERFORATIEGRAAD"

Sinds enige jaren worden in Nederland in vele profielen tellingen van het aantal open zoögene gangetjes op meerdere, recht onder elkaar liggende, horizontale niveaus verricht. Het aantal aldus getelde perforaties per m^2 horizontale doorsnede wordt perforatiegraad genoemd (Hoeksema en Op 't Hof, 1960).

Dit is dus de perforatiegraad in engere zin; die in wijdere zin omvat tevens de gangen die door wortels zijn gemaakt.

Technisch is de bepaling zeer eenvoudig, zij het tijdrovend. In één der wanden van een profielkuil steekt men op de gewenste diepte een horizontaal vlak glad af en wrikt nu van een bepaald oppervlak het bij het steken dichtgesmeerde bovenlaagje met een mes los: alle open gangen worden zo zichtbaar en vervolgens geteld. Deze handelingen worden, van boven naar beneden werkende, op een aantal niveaus herhaald.

De door de regenwormen gemaakte perforaties zijn over het algemeen goed te herkennen. Vrijwel alle regenwormsoorten bepleisteren namelijk de wanden van hun gangen met hun uitscheidingsprodukten.

Meestal zijn die bekledingen donkerder dan het omliggende bodemmateriaal ten gevolge van een hoger organische-stofgehalte (Hoeksema, Jongerius en Van der Meer, 1957; Stöckli, 1958). Men dient echter bedacht te zijn op het feit, dat niet alle soorten de gangen even intensief bepleisteren. Bij potproeven [1]) met enige wormsoorten op allerlei mengsubstraten van klei en diverse organische stoffen bleek ons namelijk, dat *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora longa* en *A. caliginosa* hun gangen steeds gesloten bepleisteren, terwijl dit b.v. door *Allolobophora chlorotica* en *A. rosea* pleksgewijs wordt gedaan. Ontbreken de humeuze bepleisteringen, dan kan men echter toch vaststellen of een gang door regenwormen is gemaakt: ze laten namelijk alle op de wanden typische ribbelingen na, die haaks op de lengte-as van de gangen staan. De ribbelingen zijn kennelijk afdrukken van de wormlichamen. Ofschoon ze in zwaardere gronden het meest geprononceerd zijn ontwikkeld, kan men de afdrukken ook in zavelige lagen nog herkennen.

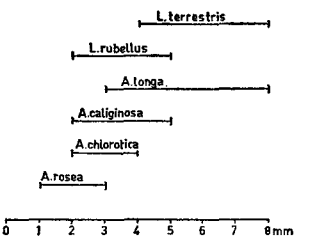
De te tellen gangen worden naar hun diameters meestal in drie klassen onderverdeeld, te weten:

gangen < 2 mm diam., gangen van 2–4 mm en gangen > 4 mm diam.

Deze indeling is niet willekeurig. De zoögene gangen > 2 mm diam. zijn altijd goed als zodanig herkenbaar, daar het vrijwel alle wormgangen zijn. De 4 mm-grens werd aangehouden om de gangen van de volwassen grotere soorten te scheiden van de overige. Nader onderzoek heeft echter twijfel doen rijzen aan de juistheid van deze grens. Metingen aan het materiaal van de reeds eerder genoemde potproeven leverden namelijk het in fig. 1 weergegeven overzicht van gangdiameters van een aantal veel voorkomende regenwormsoorten.

[1]) Deze proeven zijn een onderdeel van een onderzoek naar de morfologie van excrementen van bodemdieren en de veranderingen van die excrementen met de tijd. Dit onderzoek is mogelijk dank zij een persoonlijke Z.W.O.-subsidie.

Fig. 1.
Diameter in mm's der gangen van volwassen exemplaren van enige regenwormsoorten.
Diameter in mm of tubes formed by adult specimina of some earthworm species.



Men ziet daaruit, dat alleen gangen van meer dan 5 mm doorsnede zeker door de beide grote, diepgravende soorten *Lumbricus terrestris* en *Allolobophora longa* zijn gemaakt. Opmerkelijk is verder, dat van de in de proef opgenomen soorten alleen volwassen exemplaren van *Allolobophora rosea* gangen kunnen maken die kleiner dan 2 mm in doorsnede zijn. Dit zou betekenen, dat de regenwormgangetjes in de kleinste perforatieklasse vrijwel alle door jonge dieren worden gemaakt. De smalle zoögene gangetjes kunnen echter ook van enchytraeën of tubifexsoorten afkomstig zijn. De gangetjes van de laatste kan men slechts in de ondergrond van stroombeddingprofielen aantreffen of in uiterwaardprofielen, waar ze tot vrijwel aan het maaiveld kunnen voorkomen. In tegenstelling tot de regenwormgangetjes zijn deze niet alle uitgesproken verticaal georiënteerd, doch verlopen ze ook vaak min of meer gebogen of kronkelig. Tevens hebben ze doorgaans een gladde, niet-humeuze bekleding waaruit vaak blanke afgeërodeerde zandkorreltjes steken. Voor de enchytraeën-gangetjes bestaan nog geen goede morfologische kenmerken. Men vindt ze in groten getale voornamelijk in dichtere bovengronden, die periodiek of voortdurend nat zijn. Naast de aanwezigheid van de dieren zelf is dit een goed hulpmiddel bij de beslissing of men in bepaalde gevallen al dan niet met diergangetjes te maken heeft. Ofschoon het soms zeer moeilijk is vast te stellen of gangetjes < 2 mm van zoögene oorsprong zijn, volgt uit het bovenstaande, dat dit over het algemeen bij nauwkeurige waarneming wel lukt.

Daar de perforatiegraad wordt uitgedrukt in het aantal open gangen per m^2, zou het gewenst zijn de tellingen ook steeds te verrichten aan vlakken van 1 m^2. In de praktijk is dit echter vrijwel onuitvoerbaar, gezien het zeer grote grondverzet dat hiertoe nodig zou zijn.

Toch verdient het aanbeveling de vlakken zo groot mogelijk te houden, daar anders de betrouwbaarheid van de tellingen in de ondergrond, waar meestal het aantal gangen veel geringer is dan in de bovengrond, onvoldoende is. De bodemzoölogen verrichten hun kwantitatieve analyses van het wormenbestand veelal aan monsters die oppervlakken hebben van $25 \times \times 40$, 20×25 of 20×20 cm (Wilcke, 1955). Hoeksema en Op 't Hof (1960) bepalen de perforatiegraad aan vlakken van 25×40 cm, hetgeen een zeer goede maat is. Op proefvelden is men vaak gedwongen binnen een bepaald plantverband te werken. In zulke gevallen moet men toch streven naar een minimale afmeting van 20×20 cm. In dit geval is de kleine oppervlakte van het getelde vlak ook geen bezwaar, daar toch, om tot een redelijke uitspraak over de perforatiegraden van een veldje als geheel te kunnen komen, een aantal herhalingen zullen worden gedaan. Op korte afstand kunnen in gronden met eenzelfde profielverloop namelijk zeer grote verschillen in de perforatiegraden voorkomen. Dit is een gevolg van de vaak

zeer onregelmatige kwalitatieve en kwantitatieve spreiding in de wormenpopulaties. Het zal duidelijk zijn, dat uit het laatste tevens volgt, dat men de gegevens over de zoögene perforatie die van een bepaald profiel zijn verzameld, slechts mag gebruiken bij het onderzoek en de interpretatie van dat profiel. Ook hier geldt, dat voor uitspraken over grotere oppervlakken meerdere, soms vele herhalingen, nodig zijn.

Om een zo nauwkeurig mogelijk beeld te krijgen van het verloop van het aantal gangen in een profiel, is het gewenst de afstand tussen de verschillende niveaus zo klein mogelijk te houden. Hoeksema en Op 't Hof (1960) noemen een aantal van ca. 4 niveaus per profiel, waarbij ze voor bouwlanden 20, 40 en 80 cm beneden maaiveld aangeven, voor weilanden en grasboomgaarden 15, 30, 60 en 90 cm beneden maaiveld.

Volgens onze ervaring zijn deze afstanden te groot. Men vindt namelijk gevallen, waarin de perforatiegraad over een diepte van niet meer dan 10 cm plotseling zeer sterk toe- of afneemt, om iets dieper weer tot ongeveer de waarde van het eerste niveau terug te keren. Legt men de niveaus niet meer dan 10 cm onder elkaar, dan kan men ook voor alle te onderzoeken profielen op gelijke diepten werken, daar men bij een dusdanig intensieve opname altijd alle structuurhorizonten in de beschouwing betrekt. Tegenwoordig volgen we dan ook een opnamesysteem, waarbij het bovenste niveau op 5 cm beneden maaiveld ligt; iedere 10 cm dieper wordt vervolgens een telling verricht, tot op een diepte waar geen zoögene gangen meer voorkomen of hun aantal over een traject van minstens enige tientallen cm's laag, doch nagenoeg constant is. Het eerste zal bij profielen met een vrij hoge gemiddeld hoogste grondwaterstand al binnen 1 m beneden maaiveld het geval zijn. In profielen met een zeer diepe grondwaterstand of hangwaterprofielen doet het tweede geval zich meestal op ruim 1 m beneden maaiveld voor. In hoeverre men in bouwlandprofielen reeds op 5 cm beneden maaiveld met de tellingen kan beginnen, is sterk afhankelijk van de structuurtoestand van de bouwvoor. Is bijvoorbeeld kort voor de opname geploegd, dan is een telling op zo'n hoog niveau onmogelijk. Doorgaans kan men dan beginnen op 15 cm beneden maaiveld.

Ten slotte wijzen we erop, dat men de tellingen niet kan verrichten indien de grond sterk is uitgedroogd of zeer nat is. In het eerste geval kunnen bijna geen vlakke horizontale niveaus in het profiel worden uitgegraven (losspringen van structuurelementen), in het tweede geval is de grond te kleverig, waardoor men de gangetjes niet met een mes kan blootleggen. Bij abnormaal hoge grondwaterstanden (zoals in 1960) kan men het onderzoek niet tot op de gewenste diepten voortzetten.

3. HET VERBAND TUSSEN DE PERFORATIEGRAAD EN DE DOORLATENDHEID

In hoeverre is nu het begrip perforatiegraad bruikbaar bij de beoordeling van de doorlatendheid van een profiel of horizont? Bij de beantwoording van deze vraag dienen we te bedenken, dat de perforatiegraad van een bepaald niveau per definitie het totaal aantal open zoögene gangen per m^2 horizontale doorsnede van dat niveau is. De perforatiegraad wordt dus uitgedrukt in een aantal, dat kan variëren van zeer groot tot zeer klein. Dit getal geeft ons echter geen informatie over de spreiding van de klassen der zoögene gangdiameters in een bepaald niveau. Zo kan een perforatiegraad

p in het ene geval betekenen dat in de grond p zoögene gangetjes < 2 mm diameter per m^2 horizontale doorsnede voorkomen, terwijl in een ander geval, waar de perforatiegraad ook p is, p gangetjes > 4 mm diameter per oppervlakte-eenheid zijn. Een goede illustratie hiervan geeft fig. 3. Op 5 cm beneden maaiveld is de perforatiegraad 830, waarvan 745 gangetjes > 2 mm diameter. Op 85 cm beneden maaiveld is de perforatiegraad 825, doch daarvan zijn slechts 240 gangetjes > 2 mm diameter. De totale perforatiegraad is dus weinig geschikt als maatstaf bij de beoordeling van de doorlatendheid van een bepaald niveau. Men kan echter ook uitgaan van de gedifferentieerde perforatiegraden (dus de cijfers van de drie diameterklassen). Men heeft dan drie cijfers, die van geval tot geval ieder voor zich en onderling sterk kunnen variëren. Uiteraard is het niet eenvoudig zich op deze wijze snel te oriënteren over de bijdrage van de zoögene perforaties aan de doorlatendheid van een bepaald niveau.

Toch is deze informatie wel op een eenvoudige wijze uit de perforatiegraden af te leiden. De stroomsnelheid van water in een nauwe buis is volgens de Wet van Poiseuille evenredig aan het kwadraat van de diameter (d) van die buis. Tevens is per oppervlakte-eenheid de bijdrage van alle poriën van een zekere diameterklasse aan de doorlatendheid evenredig aan het aantal (n) van die poriën (Fahmy, 1961). Mede op grond van de publikaties van Marshall (1957, 1958) kan men dus stellen, dat de doorlatendheid evenredig is aan Σnd^2: de hydraulische dwarsdoorsnede.

Passen we deze formule nu toe op de perforatiegraden. We stellen dan de gemiddelde diameter van de wijde gangen op 6 mm, die van de tussengroep op 3 mm en die van de nauwste op 1 mm. De zoögene hydraulische dwarsdoorsnede, berekend op 1 m^2, is dan $2 \times 6^2 + b \times 3^2 + c \times 1^2$, waarin a = het aantal gangen > 4 mm, b = het aantal gangen van 4–2 mm en c = het aantal gangen < 2 mm. Om de werkelijke oppervlakte van de zoögene gangen op een geteld niveau te benaderen, zou men het geheel met $\frac{1}{4}\pi$ dienen te vermenigvuldigen. Daar de hydraulische dwarsdoorsneden echter slechts relatieve getallen zijn, is de vermenigvuldiging met $\frac{1}{4}\pi$ een overbodige complicatie.

Uit de formule Σnd^2 volgt, dat de doorlatendheid van een horizont hoog is, indien er veel wijde verticale gangen in voorkomen. Met andere woorden: een hoog getal voor de zoögene hydraulische dwarsdoorsnede betekent, dat de doorlatendheid van de betreffende horizont hoog is, terwijl een laag getal wil zeggen, dat de zoögene perforaties geen hoge doorlatendheid hebben veroorzaakt. Uiteraard kan de doorlatendheid dan toch nog hoog zijn, bijvoorbeeld ten gevolge van een bepaalde granulaire samenstelling.

Uit het voorgaande volgt, dat de uit de perforatiegraden berekende hydraulische dwarsdoorsneden ons een zeker inzicht geven over de betekenis van de zoögene perforaties voor de doorlatendheid. Om deze reden zijn in de figuren 3 t/m 11 naast de perforatiegraden de hydraulische dwarsdoorsneden uitgezet.

4. IS ER EEN VERBAND TUSSEN DE PERFORATIEGRAAD EN DE DIERLIJKE ACTIVITEIT?

Doorgaans komen in een grond meerdere wormsoorten voor, die zich zeer verschillend gedragen. Zo onderscheidt men (Guild, 1955; Stöckli, 1958) soorten, die in de bovengrond leven en daar een sterk vertakt gangenstelsel

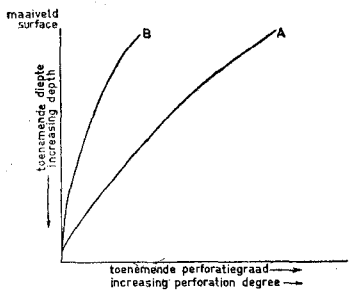


Fig. 2.
Theoretisch verloop van de perforatiegraad in een regelmatig aflopend profiel.
A: hoge activiteit van perforerende bodemdieren.
B: lage activiteit van perforerende bodemdieren.
Theoretical course of the perforation degree of a profile lighter in texture with depth.
A: much activity of perforating soil fauna.
B: some activity of perforating soil fauna.

opbouwen (o.m. *Allolobophora caliginosa*, *A. chlorotica* en *A. rosea*), terwijl andere soorten dieper in de bodem kunnen doordringen en daar dan een veel ijler stelsel van alleen verticaal gerichte gangen maken (*Lumbricus terrestris* en *Allolobophora longa*).

Daar in de meeste gevallen de regenwormen wel de grootste bijdrage aan de perforatiegraad leveren, zou men dus verwachten, dat in een regelmatig aflopend profiel de perforatiegraad naar beneden gaande geleidelijk lager zou worden. Bij een dichte wormenbezetting zou men theoretisch de curve A van fig. 2 verwachten, bij een geringe bezetting de curve B. In hoeverre de curves diep zullen doorlopen is alleen afhankelijk van het feit of de omstandigheden in de ondergrond onder kritieke weersomstandigheden (grote droogte, vorst) gunstig zijn voor de grotere, diep-gravende soorten. Is bijvoorbeeld gedurende de winter de grondwaterstand in een profiel regelmatig of periodiek hoog, of treden schijnspiegels in het profiel op, dan is de ondergrond wegens zuurstofgebrek onbewoonbaar voor de regenwormen. Een goede illustratie hiervan vormen de figuren 3 en 4. Fig. 3 toont het verloop

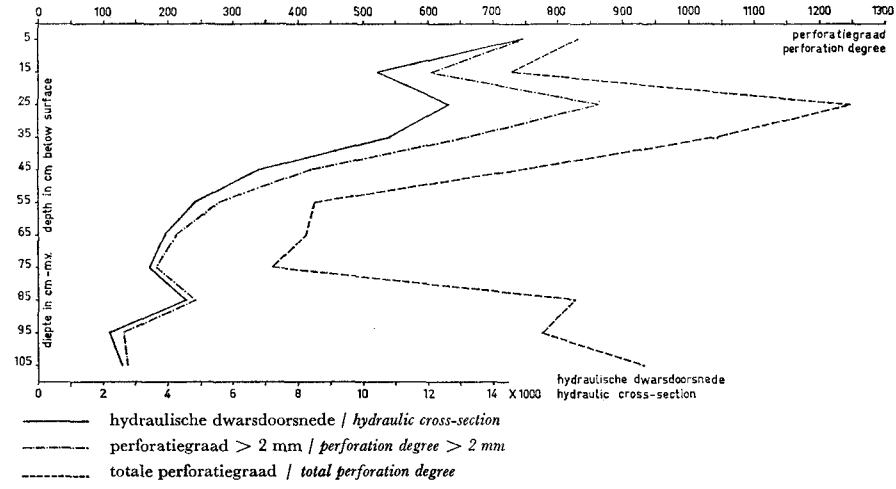


Fig. 3.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een stroombeddinggrond met periodiek hoge grondwaterstanden. Proefveld „Plantklaar maken voor de fruitteelt", Stichtse Fruittuin, Werkhoven.
Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a river channel soil with periodically high groundwater tables. Experimental field, Werkhoven (province of Utrecht).

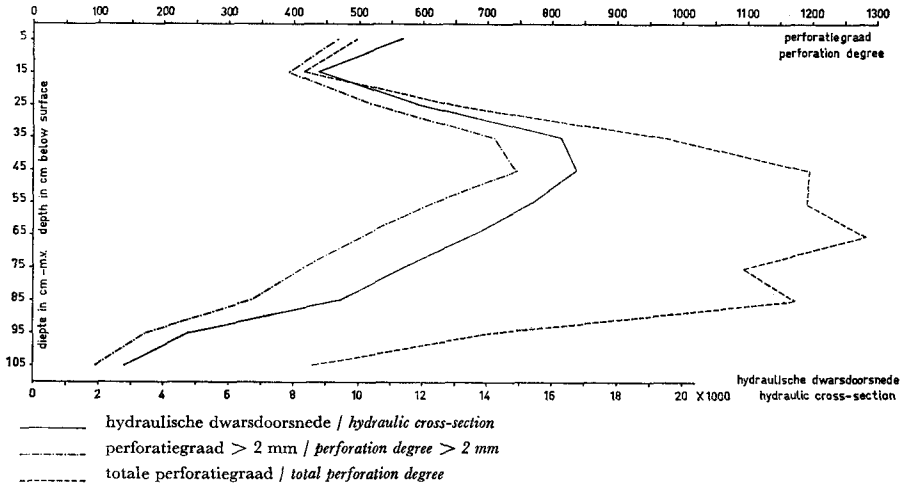


Fig. 4.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een zware stroomgrond met diepe grondwaterstanden. Proefveld „Plantklaar maken voor de fruitteelt", Stichtse Fruittuin, Werkhoven.

Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a heavy river ridge soil with deep groundwater tables. Experimental field, Werkhoven (province of Utrecht).

Dat de verschillen tussen de grafieken uit fig. 3 en fig. 4 niet toevallig zijn, blijkt uit het feit, dat ze zijn samengesteld uit de gemiddelden van drie resp. vier opnamereeksen, waarin wel onderlinge variaties in de grootte der perforatiegraden voorkomen, doch de curveverlopen steeds dezelfde zijn.

The differences between the graphs of fig. 3 and fig. 4 are not accidental. As a matter of fact they are compiled of the averages of three resp. four series of surveys. The perforation degrees of these series mutually vary but their curves run the same course.

van de perforatiegraden in een stroombeddinggrond, waarin in de winter periodiek zeer hoge grondwaterstanden voorkomen. Fig. 4 laat het verloop van de perforatiegraden zien in een op hetzelfde perceel gelegen zware stroomgrond, waarin geen abnormaal hoge grondwaterstanden optreden.

De perforatiegraad van de gangen > 2 mm diameter neemt in de ondergrond van de stroomgrond zeer regelmatig af, terwijl daarentegen in de beddinggrond vanaf 25 cm beneden maaiveld die perforatiegraad zeer snel terugloopt tot 75 cm beneden maaiveld. Op deze diepte bedraagt hij nog slechts 180, in de stroomgrond op dezelfde diepte echter nog 415. Dat dieper dan 75 cm beneden maaiveld de perforatiegraad van de beddinggrond weer toeneemt, is het gevolg van de hieronder te behandelen complicatie.

De enige uitzondering op het geschetste theoretische curveverloop zou het voorkomen van een initiale zoögene perforatie in de ondergrond zijn. Een voorbeeld is fig. 3. Op de overgang van de zware klei-opvulling van het geultje, die een blokkige en prismatische structuur heeft, naar de zandige ondergrond, ziet men een abrupte zeer sterke toename van het aantal gangetjes < 2 mm diameter; het aantal wijdere gangen is op ca. 85 cm beneden maaiveld eveneens iets gestegen. De sterke toename van de smalle gangetjes wordt veroorzaakt door het op ca. 80 cm diepte optreden van een gedurende de sedimentatie door tubifex gevormde grove sponsstructuur. Daar een

klein deel van de tubifex-gangetjes de 2 mm-grens overschrijdt, is ook de hoeveelheid wijdere gangen op dit niveau enigszins hoger.

Nu komt het geschetste theoretische curveverloop in werkelijkheid vrijwel niet voor, ook niet indien de activiteit van de bodemfauna zeer hoog is. In de figuren 3 en 4 bijvoorbeeld ziet men dat de curves in de bovengrond sterk afwijken van het beeld van figuur 2.

De diverse „complicaties" die in de curves kunnen voorkomen, kunnen het gevolg zijn van verschillende factoren.

Een daarvan is de textuur. Het is algemeen bekend, dat de activiteit van de regenwormen in zwaardere lagen doorgaans beperkt is. Noodzakelijkerwijs passeren de grotere soorten zulke lagen langs de kortste weg als door vorst of droogte het milieu in de bovengrond voor hen ongunstig is en ze uitwijken naar de ondergrond, waarin de levensomstandigheden op dat moment meestal geschikter zijn (Doeksen, 1957). Nu geeft echter geen van de vele grafieken die we hebben gemaakt een teruggang van de perforatiegraad in zulke lagen te zien; eerder is het tegendeel het geval. Dit verschijnsel wordt onder meer door fig. 5 geïllustreerd, waarin de perforatiegraad op 40 cm beneden maaiveld een duidelijk maximum vertoont. De verklaring is, dat in de zwaardere lagen, die doorgaans ook een dichte microstructuur hebben, de weerstand van het bodemmateriaal zo hoog is, dat de regenwormen de grond niet opzij kunnen duwen en daarbij andere gangen verstoren, doch zich door de grond heen moeten eten. De relatief weinige gangen die worden gemaakt, blijven dan ook vrijwel alle intact.

Bij lichtere gronden is de situatie vaak geheel anders. De microstructuur is meestal veel minder compact dan in zware gronden, terwijl ook de onderlinge binding tussen de gronddeeltjes veel geringer is. De dieren zijn in zulk materiaal in staat de grond opzij te duwen, waarbij ze oudere gangen geleidelijk dichtdrukken. Men kan in mammoetslijpplaten van bijvoorbeeld zandige stroomgronden dit verschijnsel zeer fraai zien, terwijl het ook in fig. 6 goed tot uiting komt. De grafiek heeft betrekking op een lichte woudgrond onder weiland, die een zeer hoge regenwormactiviteit heeft. Zowel de grotere, diep perforerende soorten als de in de bovengrond levende soor-

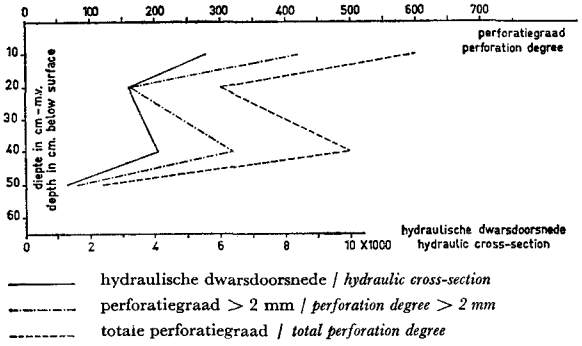


Fig. 5.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een komgrondprofiel met zware laag op 40 cm beneden maaiveld (57% < 2 mu op deze diepte tegen 42% < 2 mu op 20 cm beneden maaiveld). De Meern.

Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a river basin clay soil with heavy textured layer at 40 cm below surface (57% < 2 mu at this depth versus 42% < 2 mu at 20 cm below surface).

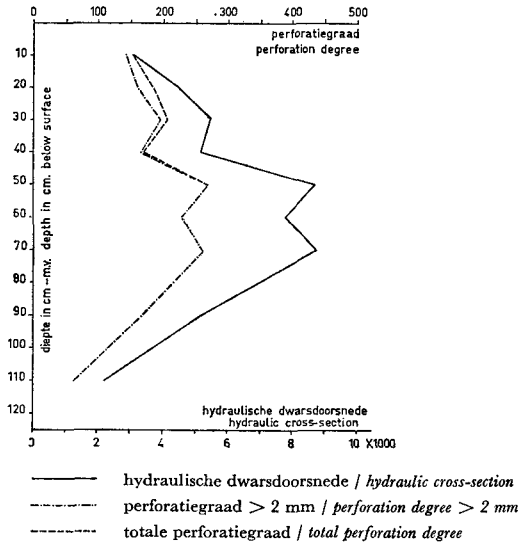


Fig. 6.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een lichte woudgrond onder blijvend grasland. Wognum.
Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a light textured „woudgrond" (permanent pasture).

ten komen in grote aantallen voor. Desondanks zijn de perforatiegraden in dit profiel zeer laag.

We zijn met deze grafiek op een ander verschijnsel gekomen, dat in wezen zeer nauw met het vorige verwant is. Opvallend is in fig. 6, dat de perforatiegraad in de zode zeer laag is, daarna geleidelijk oploopt tot het traject van 50 à 70 cm beneden maaiveld, om daaronder weer regelmatig terug te lopen.

Het onderste deel van de grafiek kan geheel op de zojuist behandelde wijze worden verklaard. In het bovenste deel is de situatie echter geheel anders. Door de zeer hoge biologische activiteit is in de zode een kruimelstructuur ontstaan, die naar beneden overgaat in een zeer open gepakte granulaire en afgerond-blokkige structuur. De bovengrond is dus geheel losgewerkt en er komen slechts zeer weinig doorlopende gangen voor. Is dit granulatie-stadium eenmaal bereikt, dan worden er ook vrijwel geen nieuwe gangen (die overigens zeer snel weer zouden worden verstoord) meer gevormd: de bodemdieren maken zoveel mogelijk van de tussen de structuurelementen voorkomende holten gebruik en/of zij duwen de elementen opzij (Van der Drift, 1955).

Het is op deze wijze te begrijpen, dat in vergelijkbare bouw- en graslandpercelen het verloop van de perforatiegraden in de bovengrond geheel overeen kan stemmen (fig. 7 en 8). Zoals uit vele onderzoekingen is gebleken, weerspiegelt ook het grondgebruik zich duidelijk in de kwantiteit van de bodemdieren (Van Rhee en Nathans, 1961). Onder akkercultuur komen in het algemeen veel minder dieren voor dan onder grasland, tenminste wat betreft regenwormen. Niet alleen is het microklimaat voor de regenwormen in een bouwvoor, althans periodiek na bewerkingen, zeer ongunstig; nog desastreuzer is blijkbaar het mechanische effect van de grondbewerkingen,

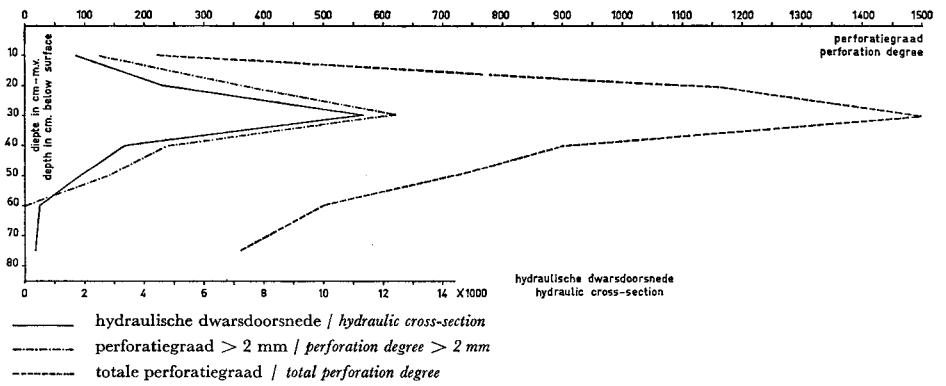


Fig. 7.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een licht Oude-Zeekleiprofiel onder bouwland. Zuidplaspolder.
Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a light textured Old Sea Clay profile (arable land).

zoals ploegen en vooral frezen (Finck, 1952; Krüger, 1952). Ook vindt in de akkerbouwcultuur geen regelmatige aanvoer van grote hoeveelheden organische stof plaats (Hoeksema, Jongerius en Van der Meer, 1957; Hoeksema en Jongerius, 1958).

Bij de bewerkingen wordt het bestaande gangenstelsel in de bovengrond steeds weer verstoord. Daar juist de kleinere regenwormsoorten wel het meest worden gedecimeerd – zij leven immers speciaal in de bovengrond –

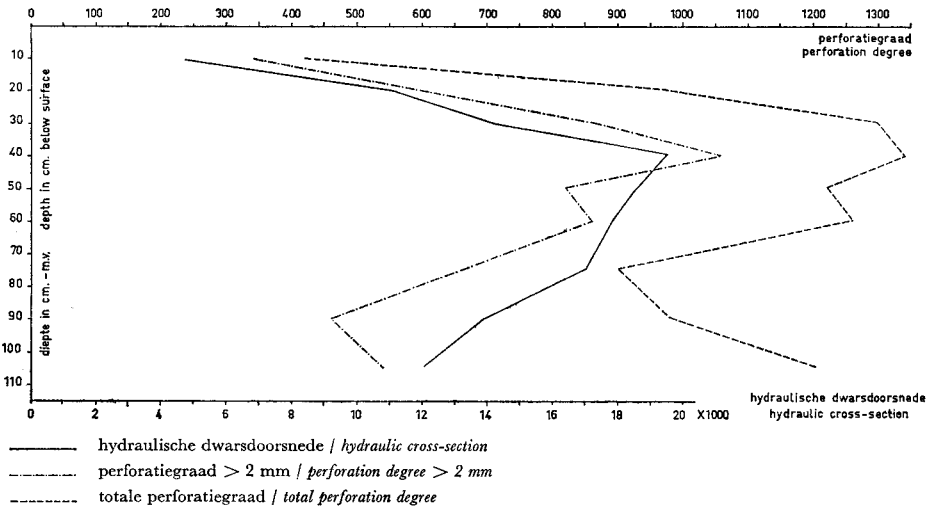


Fig. 8.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van dezelfde grond als van fig. 7, doch onder oud grasland. Zuidplaspolder.
Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of the same soil as mentioned in fig. 7 (old pasture).

en het juist deze soorten zijn, die snel een zeer sterk vertakt gangenstelsel in de bouwvoor zouden kunnen opbouwen, leidt de akkercultuur ertoe dat het aantal open wormgangen procentueel nog in veel sterkere mate zal afnemen dan het aantal wormen.

Het profiel van fig. 7 heeft dus een lage perforatiegraad in de bovengrond door lage biologische activiteit. De lage perforatiegraad in de zodelaag van het graslandprofiel (fig. 8) is daarentegen een gevolg van een zeer hoge biologische activiteit. Uit dit voorbeeld blijkt ook weer duidelijk, dat men de perforatiegraad altijd in samenhang met de structuur van het betreffende niveau moet bekijken om tot een uitspraak over de biologische activiteit te kunnen komen. In het gegeven geval bestaat de bouwvoor uit een dichte massa waarin, naast de weinige wormgangen, alleen microporiën voorkomen. De zode van het grasland is opgebouwd uit duidelijk ontwikkelde kruimelige en zeer poreuze afgerond-blokkige structuurelementjes.

Terloops zij hier gewezen op de zeer grote piek van gangetjes < 2 mm diameter op ca. 20–30 cm beneden maaiveld in het bouwlandprofiel (fig. 7). Deze perforaties zijn grotendeels gemaakt door enchytraeën, die in dit ongunstige milieu (ploegzool) relatief een zeer grote rol spelen.

In zware profielen onder gras kan men wel hoge perforatiegraden in de bovengrond aantreffen. Hierin zal namelijk alleen onder zeer gunstige fysische en chemische milieu-omstandigheden, en dan nog slechts zeer langzaam, een zeer losse kruimelige structuur ontstaan. Er zijn ook gevallen waarin men in de bouwvoor hoge perforatiegraden vindt, bijvoorbeeld onder meerjarige cultures zoals luzerne. De regenwormen hebben daar de gelegenheid kwantitatief te regenereren, terwijl ze bovendien, zoals in het genoemde voorbeeld, stikstofrijke organische stof ter beschikking krijgen.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn geworden, dat het in de meeste gevallen niet mogelijk is uit de perforatiegraden zonder meer de mate van activiteit van de perforerende bodemdieren af te lezen.

Men moet bij de interpretatie van de perforatiegraden in dit opzicht, rekening houden met een complex van factoren, waarvan we in dit artikel slechts een aantal van de voornaamste hebben behandeld. Het gecompliceerde karakter van de interpretatie is tevens de oorzaak, dat we, in het bestek van dit artikel, van de figuren geen uitputtende analyses hebben gegeven.

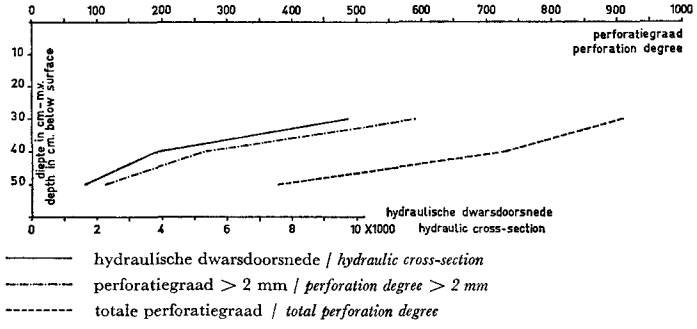


Fig. 9.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van een pikkleiprofiel. Structuurverbeteringsproefveld te Oud-Karspel. Profieltype A (oorspronkelijk pikkleiprofiel), veld 8.
Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of a „pik" (sticky)-clay profile (Experimental field for structure amelioration, Oud-Karspel).

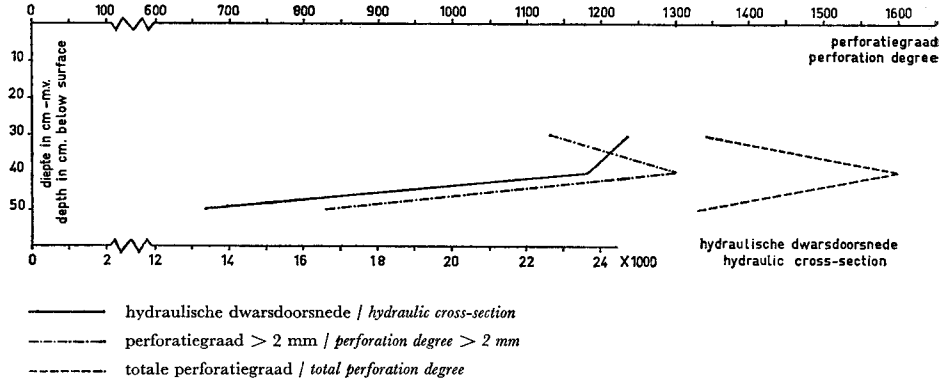


Fig. 10.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van dezelfde grond als van fig. 9, doch met toevoeging van 5 cm tuinturf en 1 cm V.A.M.-compost. Structuurverbeteringsproefveld te Oud-Karspel. Profieltype A, veld 3.

Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of the same soil as mentioned in fig. 9, but after addition of 5 cm black peat after freezing and 1 cm „V.A.M." (household refuse)-compost. (Experimental field for structure amelioration, Oud-Karspel).

Tot slot van ons betoog willen we erop wijzen, dat op proefvelden (althans indien men van een bepaalde uniforme toestand uitgaat met een niet al te gunstige bodemstructuur) de perforatiegraden wel een goede correlatie met de dierlijke perforatie-activiteit vertonen, tenminste in de eerste jaren van de proeven.

Als voorbeeld dienen enige curven van het structuurverbeteringsproefveld op pik te Oud-Karspel, waar het effect van diverse soorten organische stof op de structuur wordt bestudeerd. In het algemeen bleek toevoeging van organische stof de perforatiegraden in de bovengrond duidelijk te verhogen (fig. 9 en 10), terwijl ook op de veldjes kon worden waargenomen, dat de wormenactiviteit sterk gestegen was. Toevoeging van gelijke of nagenoeg gelijke hoeveelheden van verschillende soorten organische stof of combinaties

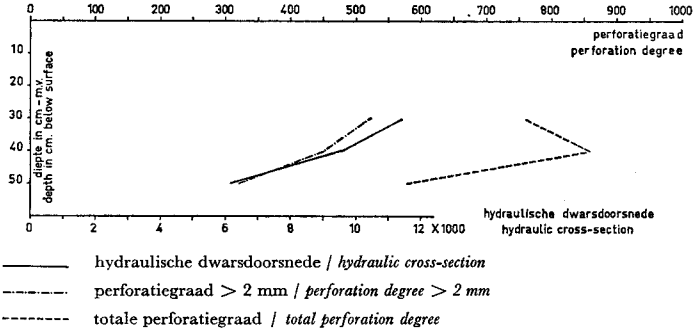


Fig. 11.
Perforatiegraden en hydraulische dwarsdoorsneden van dezelfde grond als van fig. 9, doch met toevoeging van 5 cm tuinturf. Structuurverbeteringsproefveld te Oud-Karspel. Profieltype A, veld 13.

Perforation degrees and zoogenic hydraulic cross-sections of the same soil as mentioned in fig. 9, after addition of 5 cm black peat after freezing. (Experimental field for structure amelioration, Oud-Karspel).

van enige soorten bleek grote onderlinge verschillen in de perforatiegraden te veroorzaken. De aard van de organische stof is dus een belangrijke factor in de mate van de dierlijke activiteit. Zo veroorzaakte toevoeging van 5 cm tuinturf slechts een relatief kleine stijging van de perforatiegraden (fig. 11), dezelfde hoeveelheid tuinturf + 1 cm V.A.M. compost een zeer grote stijging (fig. 10).

juli 1961

5. SUMMARY

In freshly deposited sediment and in already physically and chemically ripened soils vertical voids are made by various soil animals like Tubificidae, Lumbricidae, Enchytraeidae etc. The number of open zoogenic perforations (classes of diameters < 2 mm, 2–4 mm and > 4 mm) per square meter horizontal section is called „perforation degree" (of the reference level). From these degrees the so-called „zoogenic hydraulic cross-sections" can be deduced. Low values of this figure indicate that the zoogenic perforation-activity has not resulted into a high hydraulic conductivity.

For the comparative investigation of the zoogenic activity on trial spots perforation degrees are mostly well usable. However in the field of practical profile study to conclude from these perforation degrees to the activities of the perforating soil fauna is less reliable. In these cases one must take account of some confounding factors as there are soil structure, soil texture and land use.

6. LITERATUUR

Darwin, C. H., 1881: The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. London.

Doeksen, J., 1957: Regenwormen, bemesting en grondbewerking. Stikstof nr. 16, okt., 123–136.

Doeksen, J., 1961: Werkplan en projecten 1961. I.B.S. VIe Afd. Landbouwdierkunde. Project 15: Bodemfaunistisch onderzoek, verslag over 1960.

Drift, J. van der, 1955: Aardwormen, hun levenswijze en hun betekenis voor de vruchtbaarheid voor de grond. Bodem nr. *19* (lente): 24–32.

Fahmy, M. I., 1961: The influence of clay particles on the hydraulic conductivity of sandy soils. Dissertatie Wageningen.

Finck, A., 1952: Oekologische und bodenkundliche Studien über die Leistung der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Ztschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde *58*, 120–145.

Guild, W. J. Mcl., 1955: Earthworms and soil structure. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham School in Agric. Sci.) 83–98.

Hoeksema, K. J., 1953: De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade *VI*, 24–30.

Hoeksema, K. J. en A. Op 't Hof, 1960: De perforatiegraad, een maat voor de activiteit van regenwormen in de grond. Landbouwvoorlichting *17*, 673–676.

Hoeksema, K. J. en A. Jongerius, 1959: Deterioration of soil structure due to exhausting methods of land use and its influence on recent crop-rotations. Proc. Int. Symp. on Soil Struct., Ghent 1958. Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations v. d. Staat te Gent. *24*, no. 1, 16–23.

Hoeksema, K. J., A. Jongerius en K. J. v. d. Meer, 1957: Over de invloed van regenwormen op de bodemstructuur in gemulchte boomgaarden. Boor en Spade *VIII*, 183–201.

Jongerius, A., 1957: Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. Dissertatie Wageningen. 's-Gravenhage. Versl. Landbouwk. Onderz. no. *63*, 12. Bodemk. Studies 2.

Jongerius, A., 1962: Recente vorderingen in de micropedologie en haar mogelijkheden. Landbouwkundig Tijdschrift 74, 973–999.

Jongerius, A. en G. Heintzberger, 1963: The preparation of mammoth-sized thin sections. Soil Survey Papers I, Bennekom.
Krüger, W., 1952: Einflusz der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. Ztschr. Acker- u. Pflanzenbau *95*, 261–302.
Kühnelt, W., 1950: Bodenbiologie; mit besondere Berücksichtigung der Tierwelt. Wien.
Kühnelt, W., 1957: Die Tierwelt der Landböden in ökologischer Betrachtung. Verh. D. Zool. Ges. in Graz, 39–103.
Kühnelt, W., 1958: Zoogene Krümelbildung in ungestörten Böden. Tagungsberichte Nr. *13*, D. Akad. Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, 193–199.
Marshall, T. J., 1957: Permeability and the size distribution of pores. Nature *180*, 664–665.
Marshall, T. J., 1958: A relation between permeability and size distribution of pores. Journ. Soil Sci. *9*, 1–8.
Rhee, J. A. van en S. Nathans, 1961: Waarnemingen bij regenwormenpopulaties in boomgaarden. Meded. Dir. Tuinbouw *24*, 234–241.
Stöckli, A., 1958: Die Regenwurmarten in landwirtschaftlich genutzten Böden des schweizerischen Mittellandes. Landw. Jahrb. d. Schweiz 72, Heft 6, 699–725.
Straaten, L. M. J. U. van, 1951: Texture and genesis of Dutch Wadden Sea sediments. Proc. Third Int. Congr. Sedimentology Netherlands, 225–244.
Wilcke, D. E., 1955: Einflusz der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. Ztschr Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde *68*, 44–49.

PUBLIKATIES VAN DE STICHTING VOOR BODEMKARTERING

SERIE I: DE BODEMKARTERING VAN NEDERLAND, deel uitmakende van de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen van het Ministerie van Landbouw en Visserij, met Engelse samenvattingen.

Te bestellen bij de boekhandel of de Stichting voor Bodemkartering.

Hierin zijn verschenen:

Deel I *Pijls, F. W. G.:* Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam. 116 blz. Met gekl. krtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 54. 1. 's-Gravenhage, 1948. Prijs f 5,50.

Deel II *Liere, W. J. van:* De bodemgesteldheid van het Westland. 152 blz. Met gekl. krtn, enz. V.L.O. 54.6. 's-Gravenhage, 1948. Prijs f 6 —.

Deel III *Koenigs, F. F. R.:* Een gedetailleerde bodemkartering van de omgeving van Azewijn. 46 blz. Met gekl. krtn, enz. V.L.O. 54.17. 's-Gravenhage, 1949. Prijs f 3,25.

Deel IV *Schelling, J.:* De bodemkartering van het landbouwgebied van de gemeente Groesbeek. 55 blz. Met gekl. bodemkaart, enz. V.L.O. 55.4. 's-Gravenhage, 1949. Prijs f 3,65.

Deel V *Veenenbos, J. S.:* De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoostpolder. 161 blz. Met gekl. krtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 55.12. 's-Gravenhage, 1950. Prijs f 6,—.

Deel VI *Bakker, G. de:* De bodemgesteldheid van enkele Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. 182 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 56.14. 's-Gravenhage, 1950. Prijs f 6,—.

Deel VII *Edelman, C. H. e.a.:* Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk. 137 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 56.18. 's-Gravenhage, 1950. Prijs f 6,—.

Deel VIII *Egberts, H.:* De bodemgesteldheid van de Betuwe. 82 blz. Met krtn en foto's. V.L.O. 56.19. 's-Gravenhage, 1950. Prijs f 6,—.

Deel IX *Buringh, P.:* Over de bodemgesteldheid rondom Wageningen. 131 blz. Met gekl. bodemkaart, foto's en andere bijl. V.L.O. 57.4. 's-Gravenhage, 1951. Prijs f 6,—.

Deel X *Schelling, J :* Een bodemkartering van Noord-Limburg. 139 blz. Met gekl. krtn. en foto's. V.L.O. 57.17 's-Gravenhage, 1952. Prijs f 6,—.

Deel XI *Meer, K. van der:* De Bloembollenstreek. 155 blz. Met gekl. bodemkaart, andere krtn en foto's. V.L.O. 58.2. 's-Gravenhage, 1952. Prijs f 7,—.

Deel XII *Bennema, J. en K. van der Meer:* De bodemkartering van Walcheren. 169 blz. Met gekl. krtn en foto's. V.L.O. 58.4. 's-Gravenhage, 1952. Prijs f 7,—.

Deel XIII *Diepen, D. van:* De bodemgesteldheid van de Maaskant 213 blz. Met gekl. krtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 58.9. 's-Gravenhage, 1952. Prijs f 7,—.

Deel XIV *Roo, H. C. de:* De bodemgesteldheid van Noord-Kennemerland. 202 blz. Met gekl. bodemkaart, foto's en andere bijl. V.L.O. 59.3. 's-Gravenhage, 1953. Prijs f 7,—.

Deel XV *Haans, J. C. F. M.:* De bodemgesteldheid van de Haarlemmermeer. 154 blz. Met gekl. krtn., foto's en andere bijl. V.L.O. 60.7. 's-Gravenhage, 1954. Prijs f 7,—.

Deel XVI *Liere, W. J. van en G. G. L. Steur:* Een bodemkartering van de gemeente Epe en een bodemkundige verkenning van een deel van de gemeente Heerde. 88 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 61.13. 's-Gravenhage, 1955. Prijs f 7,—.

Deel XVII *Burck, P. du:* Een bodemkartering van het tuinbouwdistrict Geestmerambacht. 159 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 63.3. 's-Gravenhage, 1957. Prijs f 9,75.

Deel XVIII *Sonneveld, F.:* Bodemkartering en daarop afgestemde landbouwkundige onderzoekingen in het Land van Heusden en Altena. 320 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 64.4. 's-Gravenhage, 1958. Prijs f 15,75.

Deel XIX *Kuipers, S. F.:* Een bijdrage tot de kennis van de bodem van Schouwen-Duiveland en Tholen naar de toestand vóór 1953. 192 blz. Met gekl. bodemkrtn, foto's en andere bijl. V.L.O. 65.7. Wageningen, 1960. Prijs f 9,75.

Deel XX *Smet, L. A. H. de:* Het Dollardgebied; Bodemkundige en landbouwkundige onderzoekingen in het kader van de bodemkartering. 292 blz. Met gekl. bodemkaarten, foto's en andere bijlagen. Proefschrift Wageningen, 1962; V.L.O. 67.16. Prijs f 17,50.

SERIE II: BODEMKUNDIGE STUDIES, deel uitmakende van de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen van het Ministerie van Landbouw en Visserij, met Engelse samenvattingen.

Nr. 1 *Maarleveld, G. C.:* Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten. 105 blz. Met fign. tabn en kaartbijl. Maastricht. 1956. Prijs f 17,40.
Nr. 2 *Jongerius, A.:* Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. 93 blz. Met fign, foto's en bijl. V.L.O. 63.12. 's-Gravenhage, 1957. Prijs f 6,50.
Nr. 3 *Pons, L. J.:* De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. 156 blz. Met fign, foto's, krtn en tabn. V.L.O. 63.11. 's-Gravenhage, 1957. Prijs f 9,—
Nr. 4 *Zonneveld, I. S.:* De Brabantse Biesbosch; een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta, 3 delen: A. Engelse samenvatting. B. Nederlandse tekst. C. Bijlagen. 210 + 396 blz. Met foto's, gekl. bodemkrtn en andere bijlagen. V.L.O. 65.20. Wageningen, 1960. Prijs f 29,50.
Nr. 5 *Schelling, J.:* De hoge bosgronden van Midden-Nederland. 67 blz. Met gekl. bodemkrtn en andere bijl. V.L.O. 66.9. Wageningen, 1960. Prijs f 5,70.

SERIE III: BOOR EN SPADE. Verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland. Met Engelse samenvattingen, figuren, foto's, enz.

Boor en Spade I: 283 blz., 1948, prijs f 6,90. Uitg. Oosthoek, Utrecht.
Boor en Spade II: 222 blz., 1948, prijs f 5,90. Uitg. Oosthoek, Utrecht.
Boor en Spade III: 316 blz., 1949, prijs f 6,90. Uitg. Oosthoek, Utrecht.
Boor en Spade IV: 365 blz., 1951, prijs f 8,90. Uitg. Oosthoek, Utrecht.
Boor en Spade V: 268 blz., 1952, prijs f 6,90. Uitg. Oosthoek, Utrecht.
Boor en Spade VI: 250 blz., 1953, prijs f 8,65. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
Boor en Spade VII: 255 blz., 1954, prijs f 7,65. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
Boor en Spade VIII: 237 blz., 1957, prijs f 8,30. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
Boor en Spade IX: 172 blz., 1958, prijs f 8,—. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
Boor en Spade X: 249 blz., 1959, prijs f 10,40. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
Boor en Spade XI: 176 blz., 1961, prijs f 7,80. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen (alleen in het Engels).
Boor en Spade XII: 183 blz., 1962, prijs f 8,35. Uitg. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen (alleen in het Engels).

VERDERE PUBLIKATIES:

Vink, A. P. A.: Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden, in het bijzonder van de Zuidoostelijke Veluwe. 147 blz. Met gekl. krtn en foto's. Uitg. Veenman, Wageningen, 1949. Prijs f 5,75.
Edelman, C. H.: Over de bodemgesteldheid van Midden-Nederland. 96 blz. Uitg. Oosthoek, Utrecht, 1947. Prijs f 3,90 (uitverkocht).
Edelman, C. H.: Sociale en Economische Bodemkunde. 158 blz. Geïll. Noord-Hollandsche Uitg. Mij. Amsterdam, 1949. Prijs f 5,50 (uitverkocht).
Bodemkundige voordrachten ten behoeve van land- en tuinbouwonderwijs. Uitgegeven in de serie Landbouw, no. 9, van de Directie van de Landbouw. 138 blz. Geïll. 's-Gravenhage, 1949. Prijs f 1,35.
Edelman, C. H.: Soils of the Netherlands. VII + 177 blz., ill. with provisional soil map of the Netherlands, 1:400.000 North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1951. Price H.fl. 17,50.
Edelman, C. H.: Inleiding tot de bodemkunde van Nederland. VII + 178 blz. Geïll. Met voorlopige bodemkaart van Nederland, 1:400.000. Noord-Hollandsche Uitg. Mij. Amsterdam, 1961. Prijs f 17,50.

Güray, A. R.: De bodemgesteldheid van de IJpolders en een onderzoek naar het verband tussen de bodem en de suikerbietenopbrengsten in de Haarlemmermeer en de IJpolders in het jaar 1949. 85 blz. Met gekl. krtn, foto's en andere bijl. Uitg. Oosthoek, Utrecht, 1951. Niet in de handel. Herdrukt in Boor en Spade V.

Bennema, J.: Bodem- en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. Diss. Wageningen. 97 blz. Uitg. Veenman, Wageningen. Niet in de handel. Herdrukt in Boor en Spade VII.

STICHTING VOOR BODEMKARTERING

Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200.000. 9 kaartbladen + legendablad, gevouwen in map. Losse bladen, per stuk f 3,50; legendablad f 1,—; legendablad Engels f 2,50; geheel f 30,—.
In de handel gebracht door: Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Gen. Foulkesweg 1a, Wageningen (1962).

Boer, Th. A. de en *L. J. Pons:* Bodem en grasland in de Vijfheerenlanden. Wageningen, 1960. V.L.O. 66.6. Prijs f 4,—.

Hooghoudt, S. B., D. van der Woerdt, J. Bennema en *H. van Dijk:* Verdrogende veengronden in West-Nederland, Wageningen, 1960. V.L.O. 66.23. Prijs f 17,50.