Dit proefschrift met stellingen van
LEENDERT JAPHET PONS,
landbouwkundig ingenieur,
geboren te Zwijndrecht, 4 juni 1921,
is goedgekeurd door de promotor
prof. dr. C. H. EDELMAN,
hoogleraar in de bodemkunde.

De Rector Magnificus
der Landbouwhogeschool,
W. DE JONG.

Wageningen, 10 oktober 1957.

DE GEOLOGIE, DE BODEMVORMING EN DE WATERSTAATKUNDIGE ONTWIKKELING VAN HET LAND VAN MAAS EN WAAL EN EEN GEDEELTE VAN HET RIJK VAN NIJMEGEN

GEOLOGY, SOIL FORMATION AND HISTORY OF THE DRAINAGE CONDITIONS IN THE LAND VAN MAAS EN WAAL AND A PART OF THE RIJK VAN NIJMEGEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE,
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. DE JONG
HOOGLERAAR IN DE VEETEELTWETENSCHAP
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG 13 DECEMBER 1957 TE 16 UUR

DOOR

LEENDERT JAPHET PONS

STAATSDRUKKERIJ UITGEVERIJBEDRIJF

'S-GRAVENHAGE-1957

Aan de nagedachtenis van mijn vader

Aan mijn moeder

Aan mijn vrouw

INHOUD

Blz.

WOORD VOORAF

I. INLEIDING 1

II. GEOLOGISCHE WORDINGSGESCHIEDENIS, PLEISTOCEEN 3

1. Oudere gegevens en methode van onderzoek 3

2. Het Ongestuwd Hoogterras. 5

3. Fluvioglaciaal 6

4. Afzettingen uit het Würmglaciaal 9

5. Erosie van diepe dalen in het Gestuwd Hoogterras en in het Fluvioglaciaal; solifluctie 9

6. Dekzanden 10

7. Het Fluviatiel Laagterras met de „Hochflutlehm" 13

a. Inleiding 13

b. Verbreiding 13

c. Verticale opbouw. 13

d. Morfologie 15

e. Verhang. 19

f. Datering 19

8. Gedeeltelijke erosie van het Fluviatiel Laagterras van Rijn en Maas . 21

9. Solifluctieverschijnselen, hernieuwde dalvorming en nieuwe afzettingen in de riviererosiedalen 25

10. Stuifzandvormingen uit het Laatglaciaal 26

a. Inleiding 26

b. Stuiving in het Pleniglaciaal 27

c. Stuiving in de Oudste Dryastijd 27

d. Stuiving in de Jongste Dryastijd 28

III. GEOLOGISCHE WORDINGSGESCHIEDENIS, HOLOCEEN 30

1. Preboreale en boreale dalerosie en de gedeeltelijke opvulling van de door deze erosie gevormde dalen 30

2. Holocene verstuivingen in het jong-pleistocene stuifzandlandschap . . 30

3. Rivierkleiafzettingen in het Atlanticum. 32

Dit proefschrift verschijnt tevens als No. 63.11 in de reeks Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, en in de Reeks Mededelingen van de Stichting voor Bodemkartering als Deel 3 van de serie Bodemkundige Studies.

Blz.

4. Verband tussen de veranderingen van het klimaat en de fluviatiele sedimentatie 35
5. Subboreale afzettingen in het rivierkleigebied en de bewoning daarop 40
6. Subatlantische vóór-Romeinse oeverwalvorming. 42
7. Vóór-Romeinse subatlantische oeverwallen buiten het Land van Maas en Waal en de Maaskant. 44
8. Het klimaat, de afzettingen en de bewoning van ca. 200 v. Chr. tot ca. 250 n. Chr. 45
9. Het klimaat van omstreeks 250 n. Chr. tot het einde van de middeleeuwen 47
10. Laat- en na-Romeinse overstromingen 48
11. Morfologie van het jonge kleidek in het Land van Maas en Waal . . 49
12. Doorbraakgeulen 51
13. Afvoer van het komwater 53
14. Het opdringen van de jonge komklei over het rivierleemsysteem naar het oosten 55
15. Oorzaken van de enorme laat- en na-Romeinse sedimentatie 55
16. Periodieke overstromingen in het rivierkleigebied in het tijdvak van ca. 260 n. Chr. tot het sluiten van de dijkring (1321) 57
17. De sedimenten uit de verschillende laat- en na-Romeinse overstromingsperioden 59
18. Het jonge kleidek uit de drie laat- en na-Romeinse overstromingsperioden buiten het Land van Maas en Waal 61
19. De dateringen met de ^{11}C-methode 65

IV. Bodemvorming. 71

1. Inleiding 71
2. Het huidige kalkgehalte van de gronden. 72
3. Ontkalkingsverschijnselen in het rivierkleigebied 75
4. De sedimentatie van de kalkloze, kalkarme en kalkrijke sedimenten . 77
5. De bodemontwikkeling van de hoge gronden zonder en met weinig grondwaterinvloed in het profiel 84
6. De bodemontwikkeling van de middelhoge gronden met meer of minder sterke grondwaterinvloed in het profiel 92
7. De lage gronden 97

Blz.

8. Gebroken, gehomogeniseerde en gecolluvioneerde gronden en oude bouwlandgronden 104
   a. Voorkomen van gebroken gronden 104
   b. Vorming van gebroken gronden 105
   c. Homogeen lemige en/of kleiige zandgronden. 106
   d. Oude bouwlanden en oude bewoningsgronden 107
   e. Colluviatie. 108

V. DE WATERSTAATKUNDIGE ONTWIKKELING 111

1. Inleiding 111
2. Bescherming tegen het binnenwater 111
3. De oudste bedijkingen in West-Nederland en het rivierkleigebied . . 112
4. De oudste bekadingen in het Land van Maas en Waal 113
   a. Inleiding 113
   b. De bekadingen van de Maasdorpen 114
   c. De bekadingen van de Waaldorpen 116
   d. Conclusie 117
5. Aantasting van het oudste kadenstelsel. 117
6. Afwatering vóór de 14e eeuw 118
   a. Natuurlijke afwatering 118
   b. Weteringen 119
7. De waterstaatkundige werken in het begin van de 14e eeuw 120
   a. Inleiding 120
   b. Dijken en dammen 121
   c. Verkaveling van het restant van de kommen 122
   d. De weteringen, sytwinden, schutlakens en sluizen 123
8. De werking van het waterstaatkundig stelsel 127
   a. De principes waarop de gecombineerde waterlossing berustte . . . 127
   b. De moeilijkheden met Alphen, Dreumel en Wamel 128
   c. De moeilijkheden tussen de boven- en benedendorpen om de Rijkse Wetering, de Blauwe Wetering en het Puiflijkse schutlaken 129
   d. De toestand in de 18e en 19e eeuw 133
   e. Dijkdoorbraken 133
   f. Het invoeren van de bemalingen 135
   g. De Maas-verbeteringen in de 20e eeuw 138
9. Plannen tot verbetering van de cultuurtoestand van de gronden . . . 140

Blz.

SUMMARY 143

LITERATUUR 148

BIJLAGEN:

I. Namenkaart van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen.

II. Tabel 2. Schema van de in dit geschrift gebruikte indeling van Pleistoceen en Holoceen en de voornaamste geologische gebeurtenissen in en rondom het Land van Maas en Waal.

III. Tabel 3. De palynologisch bepaalde ouderdom van enige afzettingen in het Land van Maas en Waal.

IV. Tabel 4. Overzicht van de oorspronkelijke en tegenwoordige gehalten aan kalk van de verschillende sedimenten in het Land van Maas en Waal.

V. Tabel 5. Bodemontwikkelingsreeksen van hoge en middelhoge gronden.

VI. Tabel 6. Bodemontwikkelingsreeksen van lage gronden.

VII. Fig. 28. Rivierafzettingen uit de voor-Romeinse sedimentatieperiode (ongeveer 400 v. Chr. — 200 v. Chr.) en de Inheems-Romeinse bewoning daarop in het Land van Maas en Waal en omgeving.

VIII. Fig. 29. Rivierafzettingen uit de laat-Romeinse sedimentatieperiode (ongeveer 250 n. Chr. — 500 n. Chr.) en de bewoning daarop in Merovingische en Karolingische tijd in het Land van Maas en Waal en omgeving.

IX. Fig. 36. Rivierafzettingen in de middeleeuwse sedimentatieperiode (ongeveer 850 n. Chr. — 1000 n. Chr.) en de bewoning daarop in de latere middeleeuwen in het Land van Maas en Waal en omgeving.

X. Fig. 37. Rivierafzettingen uit de laat-middeleeuwse sedimentatieperiode (ongeveer 1250 n. Chr. — 1450 n. Chr.) in het Land van Maas en Waal en omgeving.

XI. Fig. 56. De waterstaatkundige toestand in het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen omstreeks 1300.

WOORD VOORAF

Bij het beëindigen van deze studie is het mij een eer en voel ik het als een behoefte aan allen die mij bij mijn opleiding en bij het samenstellen van deze studie behulpzaam zijn geweest, hier mijn dank uit te spreken. Elke wetenschappelijke studie, en zeker één op bodemkundig gebied, is een sociaal verschijnsel, in dit geval uitgevoerd door één bepaalde persoon, die er zich echter zeer van bewust is dat zijn werk ontstaan is door het contact met zijn medemensen.

Allereerst past mij een woord van dank aan mijn ouders, die het mij mogelijk gemaakt hebben een wetenschappelijke opleiding te volgen.

Wanneer ik dan in chronologische volgorde degenen noem, die voor mijn opleiding het fundament legden, dan denk ik met dankbaarheid aan de leraren van de Gemeentelijke H.B.S.-B te Dordrecht en aan de hoogleraren, oud-hoogleraren en docenten van de Landbouwhogeschool in Wageningen.

Het zijn de hooggeleerden MAYER GMELIN, DEWEZ, QUANJER, HUDIG en EDELMAN geweest, die mij hebben toegerust met de kennis en de onderzoekmethoden, die nodig waren om deze studie te kunnen volbrengen.

De nagedachtenis van prof. MAYER GMELIN zal door mij steeds in hoge ere worden gehouden. Nooit vergeet ik zijn streng wetenschappelijk betoog, dat de grondslagen van de wetenschap van de landbouwplantenteelt in zo eenvoudige vorm voor ons verduidelijkte, en ik prijs mij gelukkig zijn leerling te zijn geweest.

Hooggeleerde HUDIG, de plastische en aanschouwelijke wijze, waarop U vol enthousiasme ons de stof der landbouwscheikunde doceerde, heeft gemaakt, dat deze wetenschap mijn meer dan gewone belangstelling heeft gekregen. De beelden waarmee U diverse belangrijke aspecten van deze wetenschap markeerde, staan nog steeds diep in mijn geheugen gegrift.

Hooggeleerde QUANJER, aan de heldere en welomlijnde behandeling van de verschillende problemen van de planteziektenkunde denk ik nog steeds met genoegen terug. De mij door U bijgebrachte kennis van planteziekten was en is mij van veel nut bij mijn veldwerk.

Hooggeleerde EDELMAN, hooggeachte promotor, woorden schieten tekort, wanneer ik U danken wil. De manier waarop U Uw leerlingen weet te inspireren, is dáárom zo doeltreffend omdat het op zo vriendschappelijke wijze gebeurt. Het is voor mij een grote eer, dat U als mijn promotor optreedt. Door Uw colleges enthousiast geworden voor de bodemkunde, mocht ik onder Uw persoonlijke leiding mijn eerste stappen zetten in het terrein. Uw doorzettingsvermogen en de manier van het aanpakken en oplossen van wetenschappelijke problemen zullen mij steeds ten voorbeeld strekken.

Direct na U voel ik mij ook gedrongen mijn dank over te brengen aan alle leden van de wetenschappelijke staf van de Stichting voor Bodemkartering. In deze kring vooral, onder Uw leiding, is het, dat door onderling contact een wederzijdse overdracht van wetenschappelijke kennis plaatsheeft, die tot een snelle vermeerdering van die kennis leidt. Ik dank alle collega's en oud-collega's dan ook hartelijk voor hun vruchtbare en vriendschappelijke omgang.

Hooggeleerde DOEGLAS, hoewel ik nooit Uw colleges heb bijgewoond, dank ik U zeer voor Uw wetenschappelijke steun, die U zo vanzelfsprekend en op zo vriendschappelijke manier weet te geven.

Zonder de toewijding van mijn toenmalige assistenten A. M. VAN DEN AKKER, B. H. STEEGHS en P. HARBERS, die gedurende het grootste deel van de jaren 1948—1950 het veldwerk verrichtten en de assistenten J. LAMMERS en J. VAN HAALEN, die gedurende kortere tijd in deze jaren werkzaam waren, was deze studie niet mogelijk geweest. Voor hun hulp en toewijding spreek ik hiervoor dan ook mijn dank uit.

Hooggeleerde prof. FLORSCHÜTZ, veel dank ben ik verschuldigd aan U, niet alleen voor het palynologisch onderzoek van een aantal veenprofielen, maar ook voor de aangename wijze waarop ik met U diverse hiermee verband houdende problemen mocht bespreken.

Beste PIETER MODDERMAN, veel dank voor het archeologisch werk, dat je in het Land van Maas en Waal in samenhang met de bodemkartering verrichtte, maar nog meer dank voor je bereidheid en de manier waarop we samen zoveel dingen van allerlei aard besproken hebben.

Apart wil ik ook nog noemen dr. R. D. CROMMELIN en dr. G. C. MAARLEVELD die mij behulpzaam waren bij het geologisch onderzoek en speciaal laatstgenoemde die het hoofdstuk over de geologie kritisch doornam.

Ook prof. dr. A. C. SCHUFFELEN dank ik voor zijn opmerkingen bij hoofdstuk IV.

Voor de landbouwkundige interpretatie, dat zo belangrijke deel van een werk als dit, heb ik veel medewerking gehad van de plaatselijke bevolking. Aan alle personen uit het Land van Maas en Waal waarmee wij op een of andere wijze contact hebben gehad en aan allen die ons, vrijwel altijd stilzwijgend, toestemming hebben verleend de nodige waarnemingen op hun grond te doen, betuig ik hier mijn hartelijke dank.

Ten slotte nog een woord van dank aan de tekenaar C. P. VAN DER SPEK, die de tekeningen en kaarten met veel toewijding vervaardigde, aan de heren ir. J. C. PAPE en M. OSSE die de redactie verzorgden en aan de heer J. PH. VAN DRIEST, die de drukproeven corrigeerde. Speciaal wil ik hieraan nog toevoegen mijn dank aan dr. W. N. MIJERS voor zijn zeer gewaardeerde opmerkingen.

I. INLEIDING

Evenals dit in andere delen van het rivierkleigebied het geval is, raakte bij de steeds verdergaande moderne ontwikkeling ook het land van Maas en Waal in vergelijking met de omringende zand- en vooral zeekleigebieden achterop. De oorzaken hiervan moeten voornamelijk worden gezocht in de moeilijke waterstaatkundige toestand van het gebied en de slechte ligging van de bedrijfsgebouwen ten opzichte van het land, terwijl ook het isolement van de streek daarbij een rol heeft gespeeld.

De moeilijke toestand kwam vooral aan het licht tijdens de laatste oorlog toen met weinig hulpmiddelen toch een zo hoog mogelijke produktie moest worden behaald. De mogelijkheid, dat de natuurlijke gesteldheid van de bodem een factor zou kunnen zijn, waardoor de landbouwkundige produktie op de ene plaats hoger zou kunnen zijn dan op de andere, speelde in deze tijd geen rol. Deze gedachte, die weliswaar altijd bij de boeren geleefd had, maar nog nooit tot de hogere bestuurskringen was doorgedrongen, kwam na de oorlog langzamerhand naar voren.

Ook in het land van Maas en Waal was men in deze tijd actief. Men trachtte er te komen tot een betere beheersing van de waterstanden, zowel door een betere indeling en beheer van het in waterstaatkundig opzicht verbrokkelde gebied als door verbetering van de technische omstandigheden.

Uit een opdracht van het polderbestuur voor een nieuw ontwateringsplan ten behoeve van een groot gedeelte van het land van Maas en Waal en het Rijk van Nijmegen volgde een opdracht aan de Stichting voor Bodemkartering door de toenmalige Rijksdienst voor de Uitvoering van Werken voor een onderzoek naar de bodemgesteldheid. Tijdens deze kartering volgden de opdrachten van de gemeenten Nijmegen en Wijchen, waardoor het gebied naar het oosten afgerond kon worden, terwijl met gebruikmaking van gegevens van de afdeling Onderzoek van de Cultuurtechnische Dienst ook een globale kartering van het meer westelijk gelegen gedeelte kon worden uitgevoerd.

Hierdoor omvat het onderzochte gebied al het land, gelegen tussen de bandijk langs de Waal in het noorden en die langs de Maas in het zuiden in westelijke richting tot Oude Maasdijk. De oostelijke begrenzing wordt gevormd door de hogere heuvels van Nijmegen tot Mook.

Hoewel dit gebied in de titel wordt aangeduid als land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen, zullen wij in het vervolg spreken van het land van Maas en Waal, waarbij steeds bedoeld wordt het boven omschreven gekarteerde gebied.

In het voorjaar 1950 werd van dit gebied een voorlopige bodemkaart afgeleverd. Tevens werden van de bodemkaart zanddieptekaarten afgeleid, die gebruikt worden voor het vaststellen van de diepte en de taluds van de nieuw te graven of te verbeteren sloten. Aan enkele gemeenten werd advies gegeven over de bodemgesteldheid en de landbouwkundige mogelijkheden van gedeelten van hun gebied. Bovendien werden aan diverse instanties bodemkundige adviezen uitgebracht.

Door de grote omvang, die de volledige publikatie ten slotte had verkregen, werd besloten haar in twee delen te splitsen en elk apart te publiceren. Het eerste deel behandelt vooral de zuiver wetenschappelijke resultaten van het onderzoek, terwijl het tweede deel de beschrijvingen van de onderscheiden bodemtypen geeft, alsmede de bodemkaart en enkele meer praktische onderwerpen. Wanneer in de tekst over bodemseries en bodemtypen gesproken wordt, heeft dit derhalve betrekking op de binnenkort te verschijnen bodemkaart.

In bijlage I kunnen alle plaats- en veldnamen gevonden worden, waarover in het hiernavolgende wordt gesproken.

II. GEOLOGISCHE WORDINGSGESCHIEDENIS, PLEISTOCEEN

1. OUDERE GEGEVENS EN METHODE VAN ONDERZOEK

Bij het geologisch onderzoek van het Land van Maas en Waal stonden ons aanvankelijk, behalve de kennis die reeds bij de bodemkartering van zand- en rivierkleigebieden elders in het land was opgedaan, de kwartbladen van de Geologische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, ter beschikking.

Het rivierkleigebied staat op deze kaarten, samen met het rivierleemgebied, als één formatie (I 7 k, rivierklei) aangegeven. Hier en daar staan enkele overslaggronden en heibanen globaal aangegeven als $\frac{\text{I 8 z}}{\text{I 7 k}}$, resp. $\frac{\text{I 7 k}}{\text{I 8 z}}$.

De zandgronden zijn in drie formaties ingedeeld:

a. I 13 z Stuifzand.

b. I 0 z Rivierzand. Oudere rivierafzettingen, overwegend fijne zanden; vaak iets grover en zwak grindhoudend.

c. II 8 Laagterras. Meer of minder duidelijk horizontaal gelaagde, fijne grindvrije tot grindarme zanden, soms kleilaagjes insluitend.

De samenstellers van de Geologische Kaart beschouwden alleen het stuifzand als een eolische afzetting. De formaties I 0 z en II 8 zouden fluviatiel zijn. Het onderscheid tussen deze beide formaties berustte op de lagere ligging van I 0 z ten opzichte van II 8; zij werden door PANNEKOEK VAN RHEDEN (1936) beschouwd als erosietrappen uit twee verschillende erosiestadia. Het verschil is echter niet reëel, zoals reeds KOENIGS (1949) en SCHELLING (1952) in hun onderzoekingsgebieden vaststelden. In het Land van Maas en Waal behoren I 0 z en II 8 tot het laatglaciale stuif- en dekzandgebied en niet tot de rivierafzettingen. Reeds vroeger hebben BENNEMA en PONS (1952) uiteengezet, dat de opduikingen van II 8 en I 0 z verder naar het westen eveneens eolische formaties zijn en niet als erosieresten van een oud rivierterras kunnen worden beschouwd.

De Geologische Kaart geeft in en nabij het karteringsgebied nog II 2 (Gestuwd Preglaciaal) en II 4 (Fluvioglaciaal) aan. In beginsel is dit juist; het als Fluvioglaciaal aangegeven terrein bij het Heiveld bleek echter tot het Ongestuwd Hoogterras, II 1, te behoren (fig. 1).

Behalve de Geologische Kaarten stond ons het archief met boorgegevens van de Geologische Dienst te Haarlem en dat van het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening te 's Gravenhage ten dienste.

Dr. R. D. CROMMELIN verleende ons steun bij het geologisch onderzoek, dr. G. C. MAARLEVELD voor het grindonderzoek en bij de bepaling der sedimentatierichtingen, prof. dr. mr. F. FLORSCHÜTZ voor de palynologie en dr. P. J. R. MODDERMAN voor de archeologie.

TABEL 1. Uitkomsten van grindtellingen in het Land van Maas en Waal en omgeving (fractie 20-30 mm) volgens MAARLEVELD. Zie voor plaatsaanduiding fig. 1.

	Totaal *Total*	Kwarts % *Quartz %*	Vuursteen *Flints*		Kristallijn % *Crystalline %*	Rest % *Rest %*
			gerold % *rounded %*	niet-gerold % *non-rounded %*		
Heiveld (Bullenkamp)	1048	53	1	4	0	42
,,	973	54	2	3	1	40
Gaal (N.-B.)	935	52	0	6	0	42
,,	981	50	1	5	0	44
Fluvioglaciaal *(Fluvio glacial)*	876	53	1	1	2	44
,,	843	52	2	1	2	44
Gestuwd Preglaciaal *(Pushed Preglacial)*	500	51	0	1	0	47
,,	980	50	1	1	0	48
,,	976	45	1	1	0	52
,,	881	50	1	1	1	47
,,	1023	59	2	3	0	36
,,	511	51	1	1	0	47

TABLE 1. *Results of gravel countings in the Land van Maas en Waal and vicinity (fraction 20-30 mm) according to* MAARLEVELD. *See for location fig.* 1.

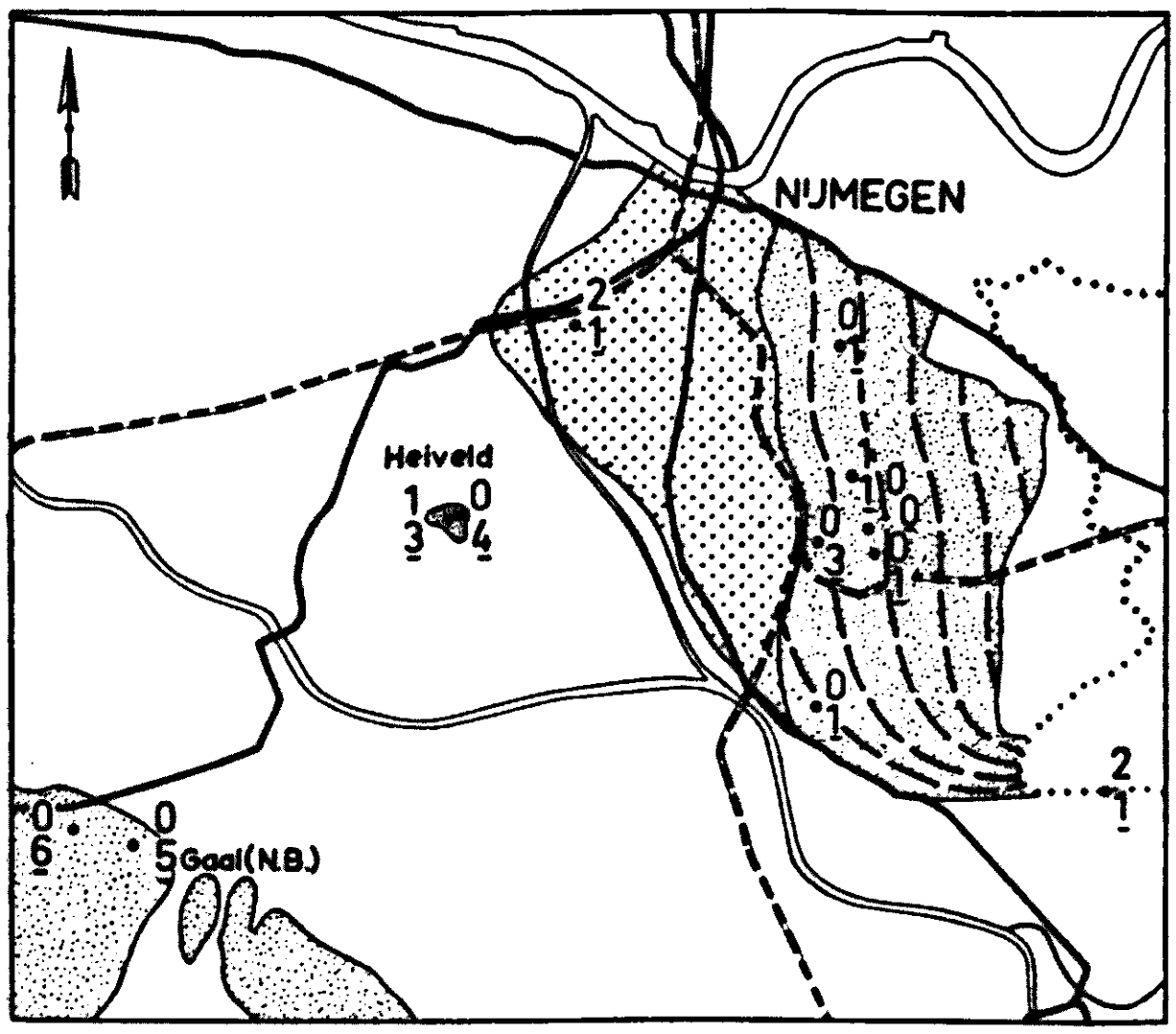


Fig. 1.
Eenvoudig geologisch schetskaartje met de plaatsen, waar grindtellingen zijn verricht (volgens MAARLEVELD).

Fig. 1.
Simplified geological outline map with localities, where gravel countings have been carried out (according to MAARLEVELD).

II_1 Volgens de Geologische Kaart en ons onderzoek.
II_1 *According to the Geological Map and our investigations.*

II_2 Volgens R. D. CROMMELIN en G. C. MAARLEVELD.
II_2 *According to* R. D. CROMMELIN and G. C. MAARLEVELD.

II_4 Volgens de Geologische Kaart.
II_4 *According to the Geological Map.*

1 % Kristallijne gesteenten.
% *Crystalline peddles.*

4 % Niet gerolde vuurstenen.
% *Non rounded flints.*

2. HET ONGESTUWD HOOGTERRAS

Het grindrijke terrein nabij Bullenkamp en het Heiveld (gem. Wijchen) wordt door ons tot het Ongestuwd Hoogterras in de zin van de Geologische Kaart gerekend op grond van een onderzoek van CROMMELIN en MAARLEVELD. Hun in het archief van de Stichting voor Bodemkartering berustend rapport, gedateerd 29 juni 1950, is in het onderstaande verwerkt.

Het genoemde terrein bestaat uit grind, dat tot 8 m +N.A.P. reikt, waarop 1 tot 1,50 m fijn dekzand en soms nog stuifzand ligt. Doordat ter plaatse van het Heiveld de bedekkende laag ontbreekt of zeer dun is, kan men hier het grind exploiteren. CROMMELIN en MAARLEVELD vergeleken de samenstelling van dit grind met die van het Hoogterrasgrind bij Gaal in Noord-Brabant, en met die van het grind in het Fluvioglaciaal en het Gestuwd Hoogterras bij Nijmegen (fig. 1 en tabel 1).

Het percentage kristallijne gesteenten in de monsters van het Heiveld, Gaal en uit het Gestuwd Hoogterras is zeer laag (0—1 %); in het Fluvioglaciaal is het iets hoger (2 %). In het Fluvioglaciaal heeft men te maken met graniet; bij het Heiveld met porfieren. Wat het vuursteenpercentage betreft, staat het monster van het Heiveld het dichtst bij dat van Gaal (MAARLEVELD, 1952) en het verst af van dat uit het Fluvioglaciaal. Het materiaal van het Heiveld is grofkorreliger dan dat uit het Fluvioglaciaal. Voorts bestaat het laatste uit „schoon" zand en grind, terwijl bij het Heiveld de aanéénkitting van de grindbanken door ijzer- en mangaanafzettingen opvalt, evenals dat elders in het Ongestuwd en Gestuwd Hoogterras het geval is.

De hoogteligging van het grind van het Heiveld past goed in het hellingsvlak, dat CROMMELIN en MAARLEVELD (1949) van het Hoogterras in Nederland ontwierpen. Tussen Uden en Friesland, over een afstand van 150 km, daalt het Hoogterras ongeveer 70 m, overeenkomend met een verval van iets minder dan 0,5 m per km. Uden ligt ongeveer op 20 m +N.A.P. en de afstand van Uden tot Wijchen bedraagt ongeveer 20 km, zodat het terrein bij Wijchen op ruim 11 m + N.A.P. zou moeten liggen. In werkelijkheid is de hoogte 8 m +N.A.P.; Uden ligt echter op een horst, zodat de berekende hoogte te hoog is. Het oppervlak van het grind van het Heiveld ligt te hoog ten opzichte van de verhanglijn van het Fluvioglaciaal, die in hst. II.4 zal worden behandeld.

MAARLEVELD mat de sedimentatierichting van het grind van het Heiveld. Hij vond noordelijke tot westelijke richtingen. Deze komen overeen met die van het Hoogterras en verschillen met die van het Fluvioglaciaal van Nijmegen, dat uitwaaiert in noordwestelijke, westelijke, zuidwestelijke en zuidelijke richtingen.

Er bestaan dus vele goede redenen om het grind van het Heiveld tot het Hoogterras en niet tot het Fluvioglaciaal te rekenen.

Behalve bij het Heiveld vonden wij het grind van het Hoogterras nog op enkele andere plaatsen, bedekt door vrij dikke lagen dekzand en stuifzand (fig. 2). Bij de erosie van het Hoogterras door Rijn en Maas zijn deze terreinen als eilanden blijven staan. Het belangrijkste eiland bevindt zich onder de stuifzandrug Heumen—Alverna. De hoogteligging van al deze grindafzettingen sluit goed aan bij die van het Hoogterras van Noord-Brabant.

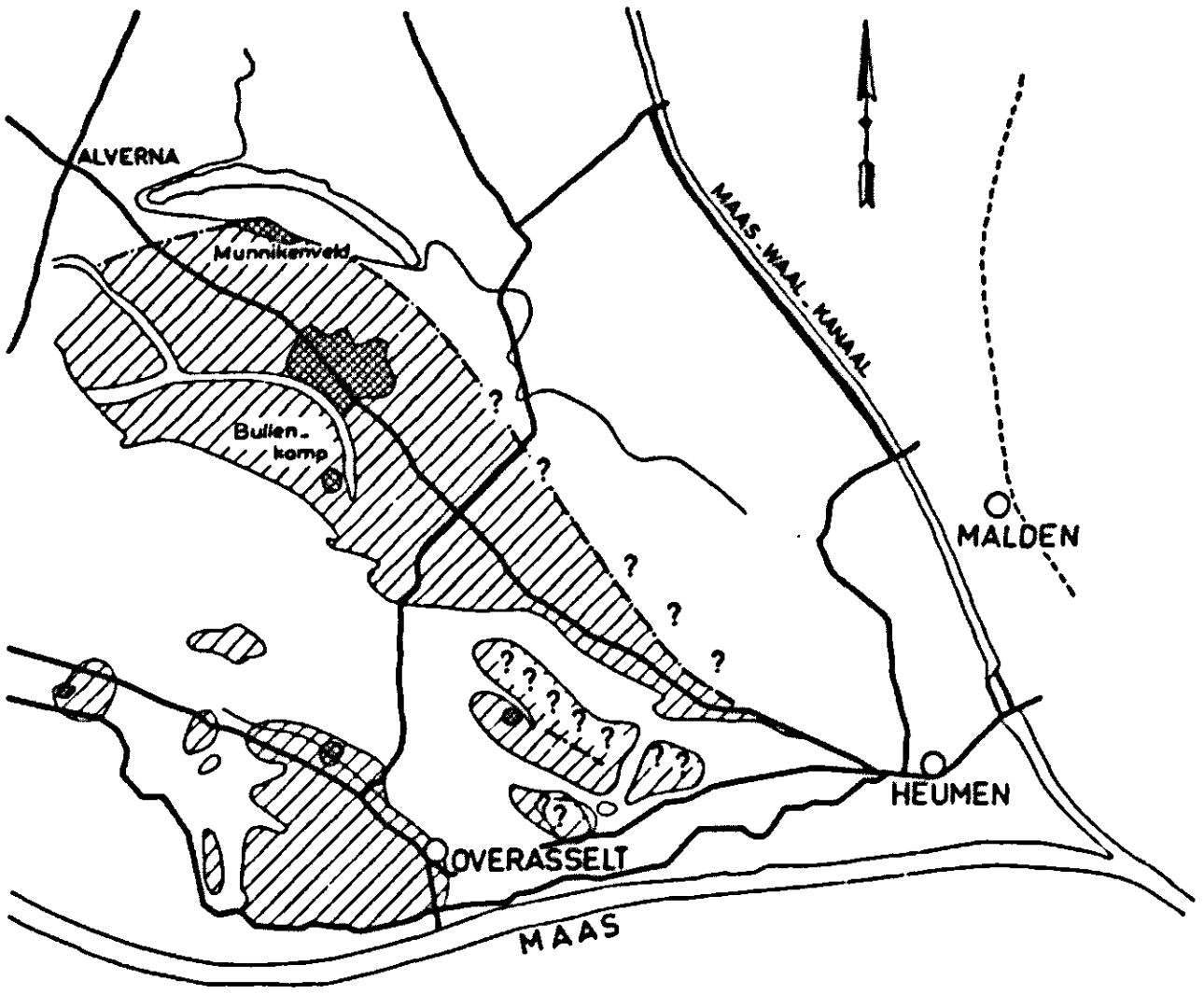


Fig. 2.
Vindplaatsen van het Ongestuwd Hoogterras in het oosten van het Land van Maas en Waal en omgeving.

Fig. 2.
Places, where the Unpushed High Terrace (Preglacial) has been found in the Land van Maas en Waal and vicinity.

Ongestuwd Hoogterras; met zekerheid bepaald.
Unpushed High Terrace; with certainty located.
Ongestuwd Hoogterras; waarschijnlijk op grotere diepte dan 1,50 m beneden maaiveld aanwezig.
Unpushed High Terrace; probably deeper than 1,50 m below surface.

3. FLUVIOGLACIAAL

Langs de westelijke flank van de stuwheuvel van Nijmegen, reeds beschreven door SCHELLING (1949) en PONS (1951b), treft men een uitgestrekte fluvioglaciale puinkegel of sandr aan, gevormd door het smeltwater van de Riss-ijskap. Uit de samenstelling van het grind blijkt, dat dit hoofdzakelijk uit het Gestuwd Preglaciaal zelf afkomstig is en slechts voor een klein gedeelte uit noordelijk materiaal bestaat (zie II.2). De afzetting is arm aan klei, zoals bijvoorbeeld in de grote groeve langs de Graafseweg goed te zien is. Dit alles stemt overeen met de waarnemingen van CROMMELIN en MAARLEVELD (1949) aan de uitgestrekte Zuid-Veluwse sandr. Ook daar treft men de door de genoemde auteurs vermelde kleibrokken van vuistgrootte in het Nijmeegse Fluvioglaciaal aan. De stroomrichting van het water tijdens de vorming van de sandr was, volgens metingen van MAARLEVELD, noordwest tot zuidwest; dit is in overeenstemming met het reliëf en de richting van de dalen, al zijn deze in hun huidige gedaante eerst later gevormd.

Het oppervlak van de sandr ten westen van de spoorlijn Nijmegen—Cuijck daalt vanaf zijn op 35—40 m + N.A.P. gelegen grens tegen het Gestuwde Hoogterras, dat zelf hoger dan 40 m + N.A.P. ligt, regelmatig met een helling van ongeveer 5 m per km tot ca. de 20 m-hoogtelijn. Tussen 20 en 15 m is de helling steiler; lager komend wordt ze weer zwakker: van 1—1,5 m per km.

Fig. 3 toont de uitbreiding van de bovenste helling, vlak I, de steile rand en de onderste helling, vlak II.

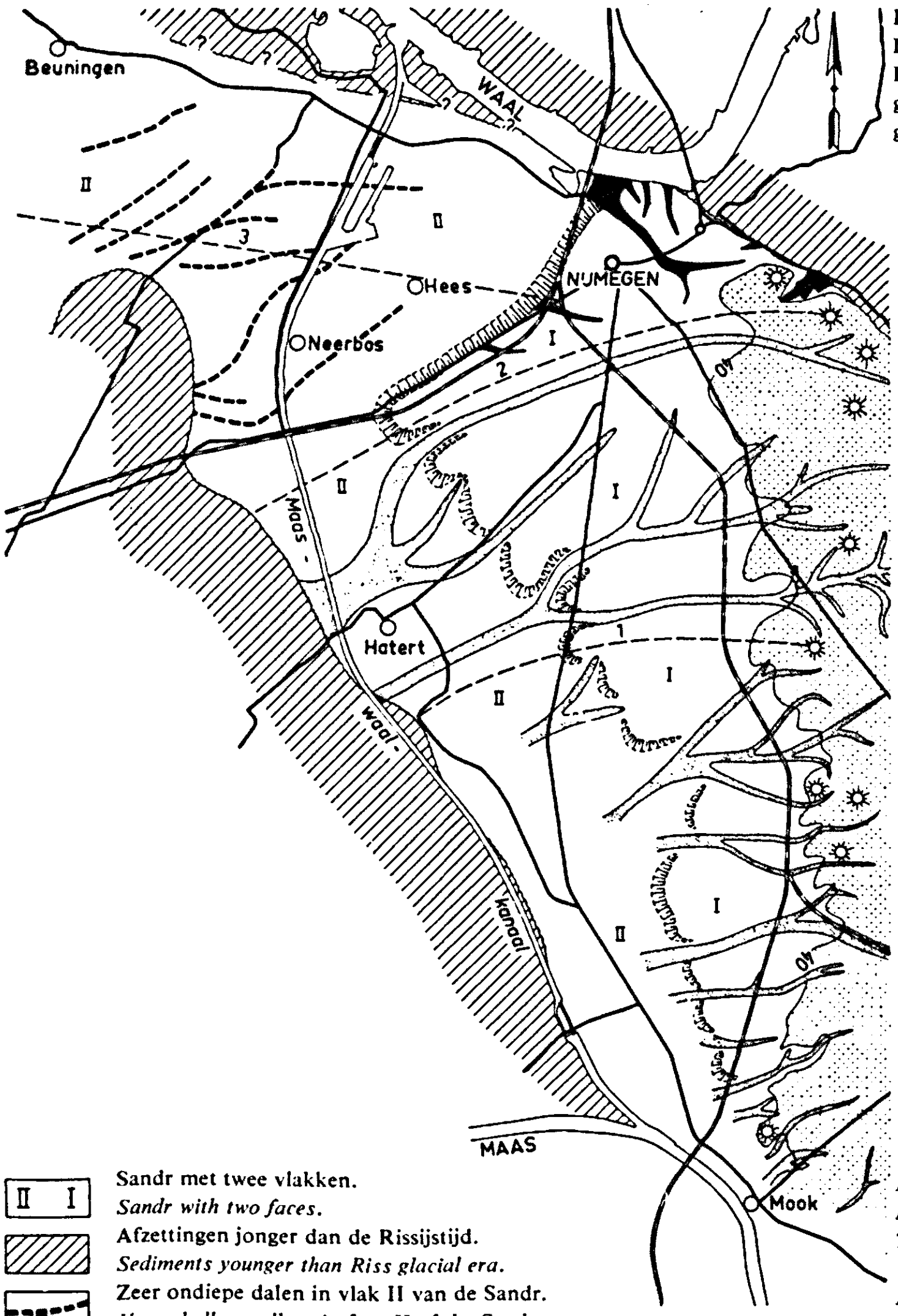


Fig. 3.
De ligging van het Gestuwd Hoogterras en het Fluvioglaciaal (Sandr) in de omgeving van Nijmegen.

II I Sandr met twee vlakken.
Sandr with two faces.

Afzettingen jonger dan de Rissijstijd.
Sediments younger than Riss glacial era.

Zeer ondiepe dalen in vlak II van de Sandr.
Very shallow valleys in face II of the Sandr.

Dalen uit de Würmijstijd.
Valleys formed in the Würm glacial era.

Vrij diepe dalen, aangelegd in de Rissijstijd, uitgeruimd in de Würmijstijd en soms weer opgevuld door solifluctie.
Deep valleys, formed in Riss glacial era, eroded in the Würm glacial era and sometimes filled up by solifluction.

Steile rand tussen vlak I en vlak II (ongeveer 15—20 m + N.A.P.).
Steep edge between face I and face II of the Sandr (about 15—20 m above Amsterdam Ordnance Datum).

Toppen in het Gestuwd Hoogterras.
Tops in the Pushed High Terrace.

Terrein hoger dan 40 m + N.A.P. In het algemeen Gestuwd Hoogterras.
Area higher than 40 m above Amsterdam Ordnance Datum. In general Pushed High Terrace.

40 Hoogtelijn, ongeveer de grens aangevend van Gestuwd Hoogterras en Sandr.
Contourline, approximately marking the boundary-line between Pushed High Terrace and Sandr.

1, 2 en 3; verhanglijnen van fig. 4.
1, 2 and 3; fall curves of fig. 4.

Fig. 3.
Location of the Pushed High Terrace and the Fluvioglacial (Sandr) in the vicinity of Nijmegen.

Fig. 4 toont drie profielen van de geknikte verhanglijn. In het veld is de steile rand tussen de vlakken I en II niet altijd duidelijk, aangezien op vlak II nabij de knik vaak 1 m of meer dekzand ligt.

Fig. 4. Verhanglijnen langs de oppervlakte van het Gestuwd Hoogterras en het Fluvioglaciaal. (Zie voor de ligging van de verhanglijnen fig. 3).

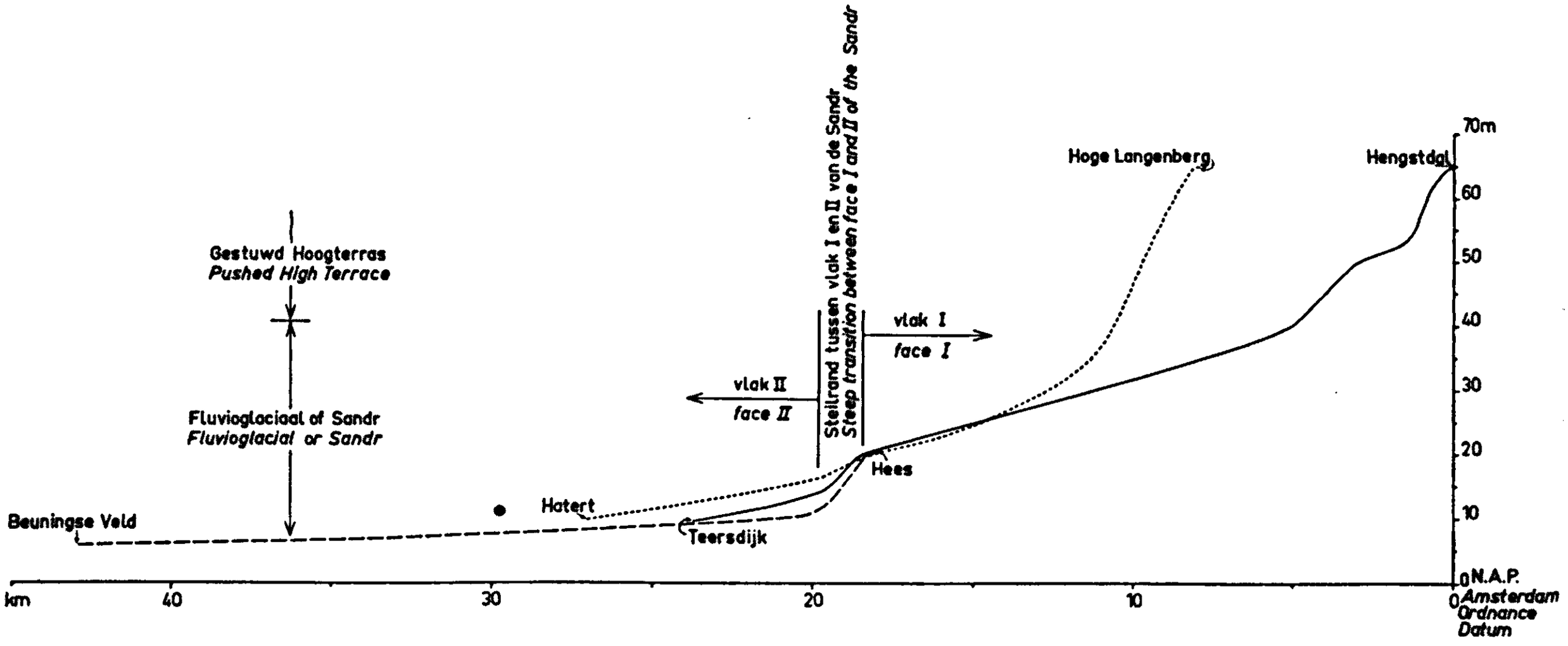


Fig 4. Fall curves along the surface of the Pushed High Terrace and the Fluvioglacial. (See for situation of the fall curves fig. 3).

1) Hatert — Hoge Langenberg 2) Teersdijk — Hengstdal 3) Beuningseveld — Hees

Fig. 3 laat tevens zien, dat de vlakken I en II bij Nijmegen het scherpst van elkaar gescheiden zijn, maar dat die scheiding in de richting van Mook steeds minder duidelijk wordt. In dezelfde richting wordt de gehele sandr smaller. De stad Nijmegen ligt op vlak I, maar breidt zich steeds meer over vlak II uit.

De aanwezigheid van de twee sandrvlakken is niet zonder meer begrijpelijk. Het ziet er naar uit dat vlak I de eigenlijke sandr van de ijslob van de Nijmeegse rug voorstelt en dat de vorming van vlak II in het noorden samenhangt met erosie van het smeltwater, dat via het Rijndal tussen Nijmegen en Arnhem toestroomde. Ook in het zuiden zal vlak II door erosie van vlak I ontstaan zijn. Beide delen van vlak II hangen dan ook met elkaar samen.

Het sandrlandschap wordt doorsneden door talrijke droge, brede, vrij diepe dalen, die grotendeels in het Gestuwd Preglaciaal beginnen. Deze dalen zetten zich ongestoord van vlak I in vlak II voort en zijn dus jonger dan vlak II. Wij beschouwen ze in aanleg Rissglaciaal, maar overigens in het begin van de Würmijstijd gevormd. Deze veronderstelling wordt bevestigd door de waarneming, dat beide sandrvlakken met pleniglaciale dekzanden en laatglaciale solifluctiedekken zijn bedekt. Nabij Nijmegen ziet men voorts diepe smalle droge erosiedalen, overeenkomend met die welke MAARLEVELD (1949) van de Veluwe heeft beschreven.

4. AFZETTINGEN UIT HET WÜRMGLACIAAL

Onderzoekingen elders in Nederland hebben ons veel geleerd omtrent de geologie van het Jong-Pleistoceen. Ook in het Land van Maas en Waal vinden we verschijnselen uit deze periode, die hier niet onbesproken mogen blijven.

Voor de datering van de verschijnselen en afzettingen richtten wij ons naar de indeling, die VAN DER HAMMEN en MAARLEVELD (1952) voor het Würmglaciaal gegeven hebben (bijlage II).

De Würmperiode is gekenmerkt door: de aanwezigheid van een permanent bevroren ondergrond; sterke solifluctie; hevige sneeuwstormen, een zeer lage zeestand; een enorm transport door de rivieren; het ontbreken van een gesloten plantendek. Onder invloed van deze factoren is tijdens de Würmperiode nagenoeg de gehele toenmalige landoppervlakte in beweging geweest. Hierdoor is deze periode van grote betekenis geweest voor de bodemkunde van het pleistocene deel van ons land.

Aangezien voor het hiernavolgende een overzicht van de indeling van het Würmglaciaal onontbeerlijk is, moge zij hier een plaats vinden:

Laatglaciaal: Einde van de ijstijd; klimaat tamelijk koud en in het laatste deel van deze periode vooral vochtig met afwisselend iets warmere perioden; terugtrekken van het ijs in stadia; rijzen van de zeespiegel in stadia.

Pleniglaciaal B: Midden-Würmijstijd; klimaat koud en droog; maximale uitbreiding van het landijs; dekzand en loessafzettingen belangrijker dan niveo-fluviatiele afzettingen en dalerosie.

Pleniglaciaal A: Begin van de ijstijd; klimaat koud en vochtig; uitbreiding van de ijskap; verlaging van de zeestand; sterke dalinsnijding; solifluctie en niveo-fluviatiele sedimentatie overheersen de afzetting van dekzand.

Het Laatglaciaal wordt door het voorkomen van drie koude en twee warmere tijden nog onderverdeeld in:

Jongere Dryastijd: Klimaat koud en vochtig: permanent bevroren ondergrond; stilstand van de ijskap; sterke solifluctie; enige erosie van de dalen; plaatselijke afzetting van het jongste dekzand; rivierafzettingen weer sterk grindrijk.

Allerødtijd: Klimaat sterk verbeterd en gedurende de laatste helft oceanisch; bossen tamelijk verbreid (Allerødlaag); sterke afsmelting van het landijs; ontdooiing van de bevroren ondergrond; geen solifluctie of dekzandafzetting; rivierafzettingen krijgen fijnkorrelig dek; insnijding van de rivieren; grote delen van het Rijnsysteem raken buiten werking.

Oudere Dryastijd: Klimaat tamelijk koud en droog; jonge dekzandafzettingen; hier en daar loess; hier en daar solifluctie.

Bøllingtijd: Klimaat minder koud; tamelijk droog; ondergrond nog bevroren; landijs trekt langzaam terug; rivieren snijden enigszins in of zetten enig fijn materiaal af.

Oudste Dryastijd: Klimaat koud; geen arctische, doch nog wel een boomloze vegetatie. Afzetting van het oude dekzand.

5. EROSIE VAN DIEPE DALEN IN HET GESTUWD HOOGTERRAS EN IN HET FLUVIOGLACIAAL; SOLIFLUCTIE

Gedurende het Pleniglaciaal A was het klimaat koud en vochtig. De ondergrond was tot op grote diepte permanent bevroren. Al het smeltwater moest dus langs de oppervlakte afstromen, hetgeen aanleiding gaf tot een krachtige dalvorming. MAARLEVELD heeft dit in 1949 voor de Veluwe duidelijk beschreven. VAN DER HAMMEN (1951) plaatst deze dalvorming in het Pleniglaciaal A.

Het Nijmeegse heuvelcomplex vertoont eveneens duidelijke dalen, die op de hoogste punten beginnen en zich door de sandrvlakte voortzetten (fig. 3). Beneden 9 m + N.A.P. zijn deze dalen niet te vervolgen, daar ze op dat niveau geërodeerd zijn of door holocene afzettingen zijn opgevuld. Aan de noordoostzijde van het heuvelcomplex treft men steile dalen aan, maar deze zijn in hoofdzaak van jongere datum, namelijk uit de Jongere Dryastijd. Gedurende het Pleniglaciaal B is hier een flink stuk van de stuwwal met dalen en al geërodeerd.

Solifluctie uit het Pleniglaciaal A is overal werkzaam geweest en heeft afronding en vervlakking van de landschapsvormen ten gevolge gehad. Een deel van het solifluctiedek kan echter gevormd zijn onder overeenkomstige omstandigheden in de Jongere Dryastijd.

6. DEKZANDEN

In de zandafzettingen van het onderzochte gebied kunnen twee groepen worden onderscheiden: de fijne, vaak iets lemige dekzanden en de grove, primair slibvrije stuifzanden. De stuifzanden zijn jonger dan de dekzanden en kunnen dus deze laatste bedekken. VINK (1949) heeft zich uitvoerig beziggehouden met de eolische aard en de vormingswijze van dekzand en loess, terwijl VAN DER HAMMEN (1951) meer op hun stratigrafie is ingegaan.

Het dekzand komt in het Land van Maas en Waal op twee verschillende wijzen voor: langs de flank van het Nijmeegse heuvelcomplex in plaatselijk tot 2 m dikke lagen en onder de grove stuifzanden in het stuifzandlandschap. In het eerstgenoemde gebied is het dekzand niet door stuifzand bedekt. Men vindt het vooral langs de erosierand tussen de sandrvlakken I en II en in de erosiedalen. Het bemoeilijkt de waarneming van de juiste vorm van de oppervlakte van de sandr en van de erosiedalen (fig. 4). Op sandrvlak I en op de lagere delen van vlak II is de afzetting dunner dan 1 meter en kan ze zelfs ontbreken, b.v. bij Neerbosch. Juist tegen de steile rand ten zuidwesten van Nijmegen is de laag weer zeer dik. Op enkele plaatsen rondom Hatert is het dekzand vrij sterk lemig. Dit is ook in de erosiedalen het geval. Het lutumpercentage is te laag en de ligging van het zand te hoog om de herkomst van de fijne delen aan overstromingen te kunnen toeschrijven. Het leembestanddeel is dan ook stellig van eolische oorsprong. Uit de ligging blijkt, dat de windrichting westelijk geweest is.

Op deze formatie vindt men plaatselijk een solifluctiedek. Dit dek stamt waarschijnlijk uit de Jongere Dryastijd. Hierdoor en mede door het reeds genoemde lemige karakter van het materiaal (zie hieronder) kan men het dekzand als Pleniglaciaal B beschouwen, zodat het waarschijnlijk even oud is als de loess van de Veluwezoom en van Groesbeek. VINK (1949) en SCHELLING (1949) kwamen ook tot deze veronderstelling.

Op verschillende plaatsen in het stuifzandlandschap wordt onder grove stuifzanden een laag lemig dekzand aangetroffen. Op het Munnikenveld en het Heiveld komt dergelijk zand aan de oppervlakte. Het dekzand rust op het Hoogterras (fig. 2). In 1951 trof SCHELLING overeenkomstige dekzanden aan langs de Maas, eveneens onder grof stuifzand. Het lemige dekzand heeft een samenstelling, die sterk doet denken aan

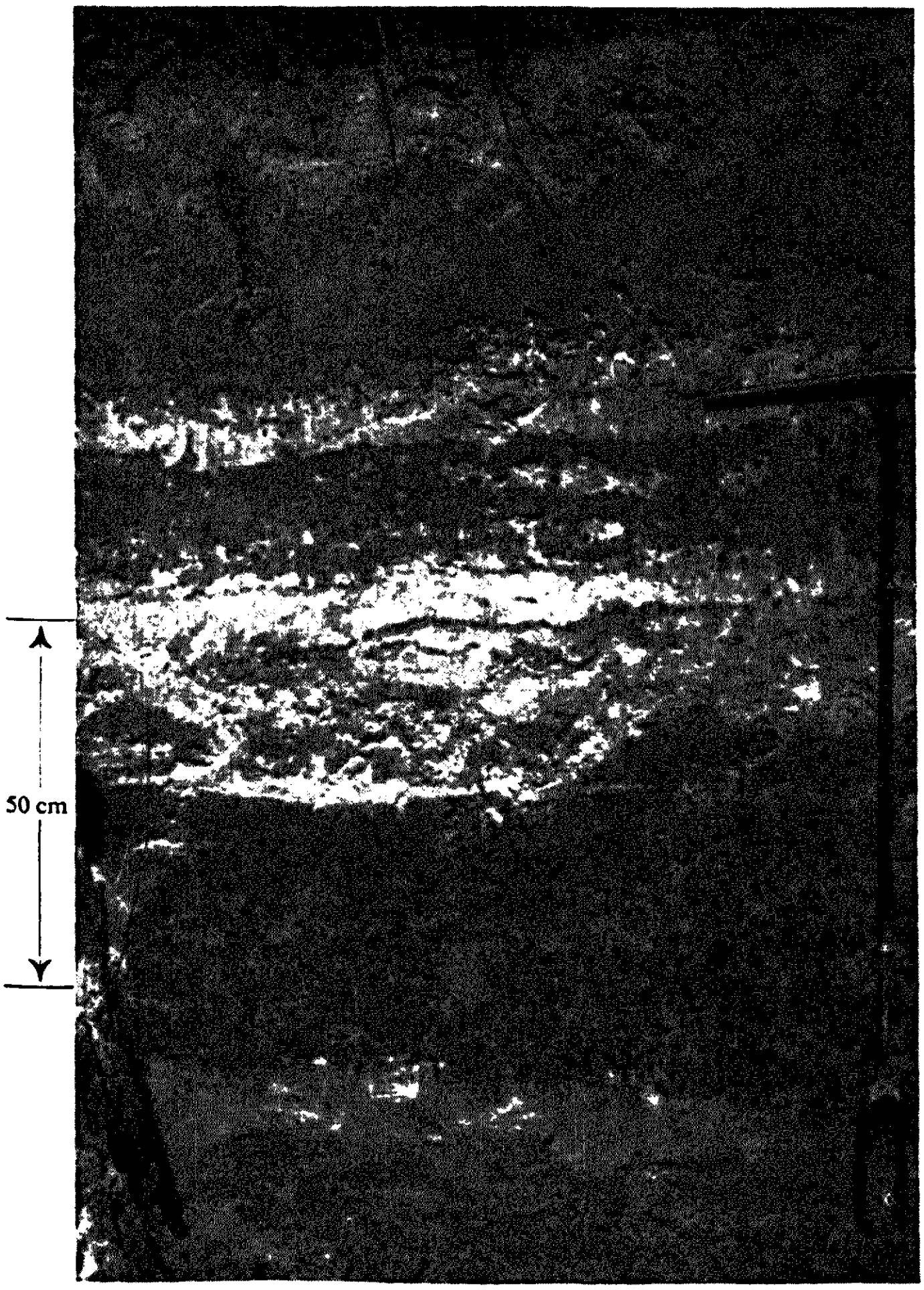


Foto: L. J. Pons

Fig. 5.
Oud dekzand, overdekt door een dunne laag stuifzand te Heiveld (Wijchen). Het oude dekzand bestaat uit lagen van afwisselend loessleemachtig, grijs-gevlekt en roestig materiaal (donker-gevlekte lagen), fijn zand (onder in de kuil) en grof zand (lichte banden).

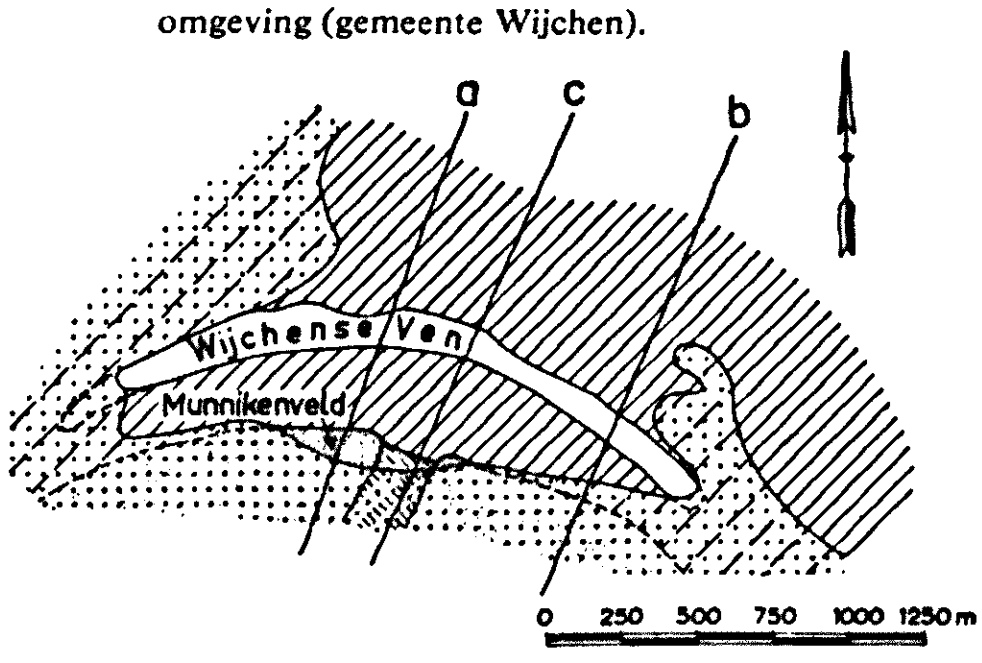
Fig. 5.
Old cover sand, covered by a thin layer of blown sand at Heiveld (Wijchen). The old cover sand consists of alternating loess loam-like (grey-spotted and rusty material), fine sand (at the bottom of the pit) and coarse sand (light-coloured bands).

die van de Brabantse leem, die gewoonlijk door dekzand wordt bedekt. Het lemige dekzand heeft de bekende tweetoppige korrelverdeling; een top tussen 100 en 150 mu en een top tussen 20 en 50 mu (loessfractie). VINK stelde in 1949 vast, dat de loessfractie tijdens sneeuwstormen met het zand werd gesedimenteerd.

De lemige dekzandlagen wisselen vaak af met normaal dekzand (fig. 5). Zij zullen afgezet zijn in het Pleniglaciaal B, waarin op vele plaatsen lemige dekzanden zijn ontstaan. Ook VAN DER HAMMEN maakte in 1951 deze veronderstelling. Het materiaal waaruit deze lemige lagen bestaan, kan uit de nabije riviervlakte afkomstig zijn.

Op één plaats was de contactzone tussen lemige dekzanden en rivierleem te constateren. De figuren 6 en 7 verduidelijken de situatie. Het blijkt daaruit, dat het lemige dekzandlandschap een klein steilrandje vormt met de rivierleem. Deze laatste is dus

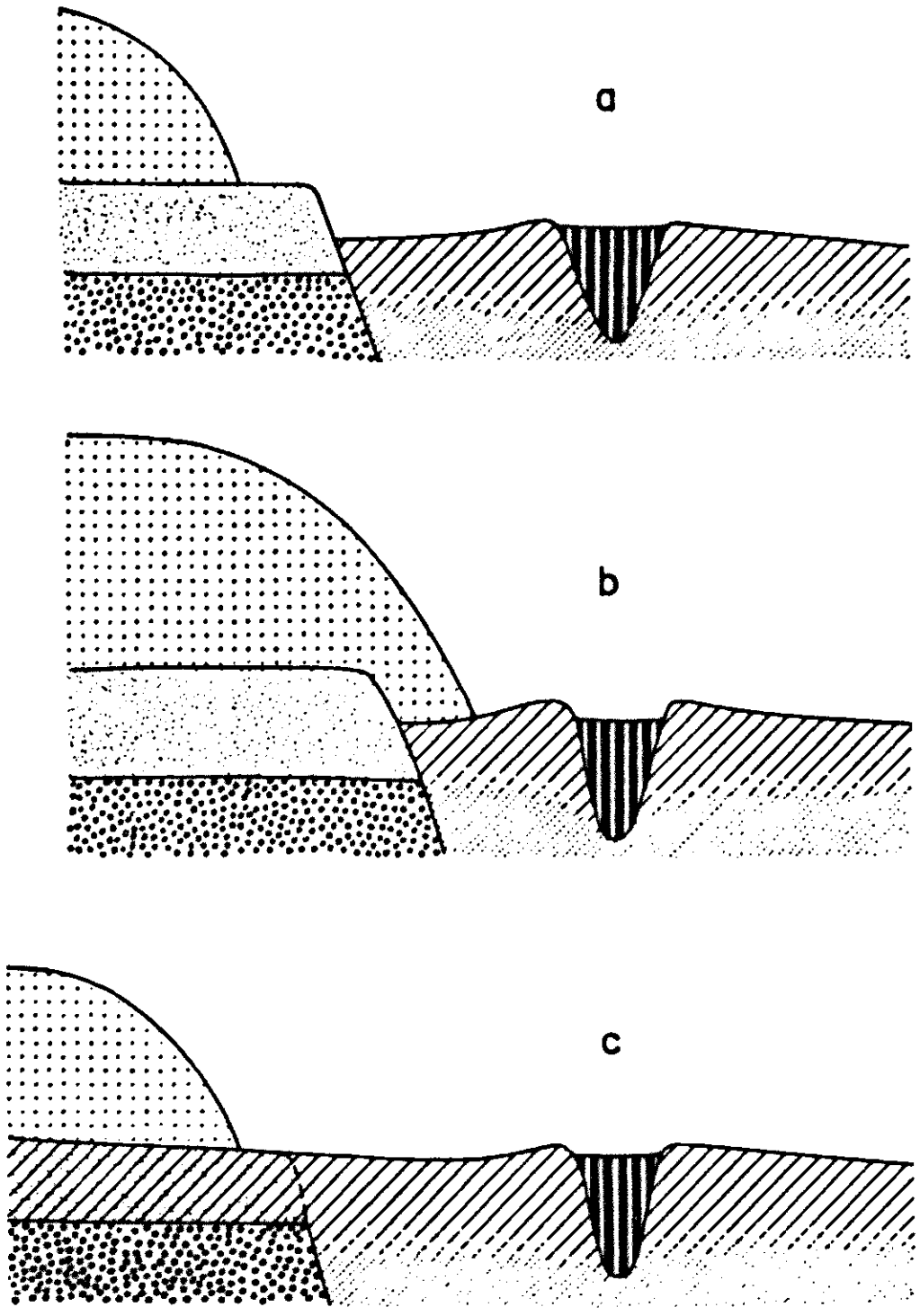
Fig. 6. Geologisch schetskaartje van Munnikenveld en omgeving (gemeente Wijchen).



Rivierleem aan de oppervlakte.
„Rivierleem" (fluvial silty clay) at the surface.
Dekzand aan de oppervlakte.
Cover sand at the surface.
Stuifzand op rivierleem.
Blown sand on „rivierleem".
Stuifzand op dekzand.
Blown sand on cover sand.
Lemig dekzand aan de oppervlakte.
Silty cover sand at the surface.
Lemig dekzand onder stuifzand.
Silty cover sand under blown sand.
a b c geven de doorsneden aan van fig. 7.
indicate the cross-sections of fig. 7.

Fig. 6. Geological sketch of Munnikenveld and vicinity (municipality Wijchen).

Fig. 7.
Enige doorsneden bij Munnikenveld (voor ligging zie fig. 6).



Stuifzand.
Blown sand.
Dekzand.
Cover sand.
Lemig dekzand.
Silty cover sand.
Rivierleem.
„Rivierleem" (fluvial silty clay).
Rivierzand.
Fluvial sand.
Ongestuwd Hoogterras.
Unpushed High Terrace.
Veen, in latere jaren vergraven.
Peat, digged in after years.

Fig. 7.
Cross-sections near Munnikenveld (for situation see fig. 6).

jonger. Op dezelfde plaats sluit echter een erosiedalletje in het lemig dekzandlandschap aan op het oppervlak van de rivierleem. In verband met de ouderdom van het Fluviatiel Laagterras moet men dus ook hier aan een pleniglaciale ouderdom denken.

Lemig dekzand onder stuifzand werd aangetroffen nabij het Wijchense Bos, De Pas, Valenberg en Hernen. De stuifzandlaag is bijna steeds meer dan 1,50 meter dik.

7. HET FLUVIATIEL LAAGTERRAS MET DE „HOCHFLUTLEHM"

a. Inleiding

Het Fluviatiel Laagterras van Rijn en Maas ligt in het oosten van het Land van Maas en Waal aan de oppervlakte. In West-Duitsland is de afzetting al sinds lang bekend als „Niederterrasse". In Nederland bleken grote oppervlakten, die de Geologische Kaart als Laagterras II 8 aangeeft, tot de eolische dekzanden te behoren. Bij Gennep vermeldt de Geologische Kaart echter correct: Laagterras, bedekt met klei.

KOENIGS (1949) was de eerste, die de glaciale rivierafzettingen in het dal van de Oude IJssel vond, kort daarop gevolgd door PONS en SCHELLING (1951) in Noord-Limburg en het Land van Maas en Waal. SCHELLING publiceerde in 1951 een kaart van het Fluviatiel Laagterras van Rijn en Maas in Nederland en Duitsland, waarvoor alle op dat moment beschikbare gegevens gebruikt werden. Tevoren was de formatie reeds overzichtelijk voorgesteld op de „Voorlopige Bodemkaart van Nederland" schaal 1 : 400 000, uitgegeven in 1950.

Aangezien SCHELLING (1951a) de formatie reeds uitvoerig heeft behandeld, beperken we ons tot een bespreking van enkele aspecten.

b. Verbreiding

Uit de kaart van SCHELLING blijkt de verbreiding van het Fluviatiel Laagterras aan het oppervlak. Het Fluviatiel Laagterras is sindsdien gevonden, overdekt door dunne dekken holocene rivierafzettingen, langs de rand van het Montferland aan de gemeentegrens van Didam (PONS, 1953a, 1953b) en in het centrum van het Land van Maas en Waal. De afzetting is vaak door dikke lagen grof stuifzand overdekt, b.v. in het Land van Maas en Waal en in Oost-Nederland. Naar het westen konden BENNEMA en PONS (1952) de afzetting ook in de diepere ondergrond tot aan de kust vervolgen, terwijl PONS (1954a) de verhanglijn van de pleistocene Rijnafzetting publiceerde (fig. 8). Naar het noorden, in de IJsselvallei, verdwijnt de afzetting eveneens onder holocene sedimenten. Onlangs heeft WIGGERS (1955) hierover gegevens medegedeeld.

c. Verticale opbouw

Het sediment wordt van onder naar boven steeds fijner. Het geheel is overdekt met een meer of minder zandige klei of leem, ter dikte van gemiddeld 1 m.

Een normaal profiel heeft de volgende opbouw:

0—100 cm kleiig of lemig materiaal met 10 tot 45 % afslibbare delen (<16 mu); naar beneden in het algemeen lichter wordend, soms met loszandige lagen.

100—200 cm rivierzand; afwisselend grove en fijne zandlagen, soms met iets kleiige laagjes, soms met zeer grove zand- of grindlagen.

200 cm en dieper, min of meer grindrijk rivierzand, kris-kras gelaagd.

De totale dikte van de grindafzettingen jonger dan II 0 bedraagt volgens de Geologische Kaart ter hoogte van Cuijck 12 tot 20 m. De gegevens van ZONNEVELD (1947)

Fig. 8. Verhang van de top van het Fluviatiel Laagterras.

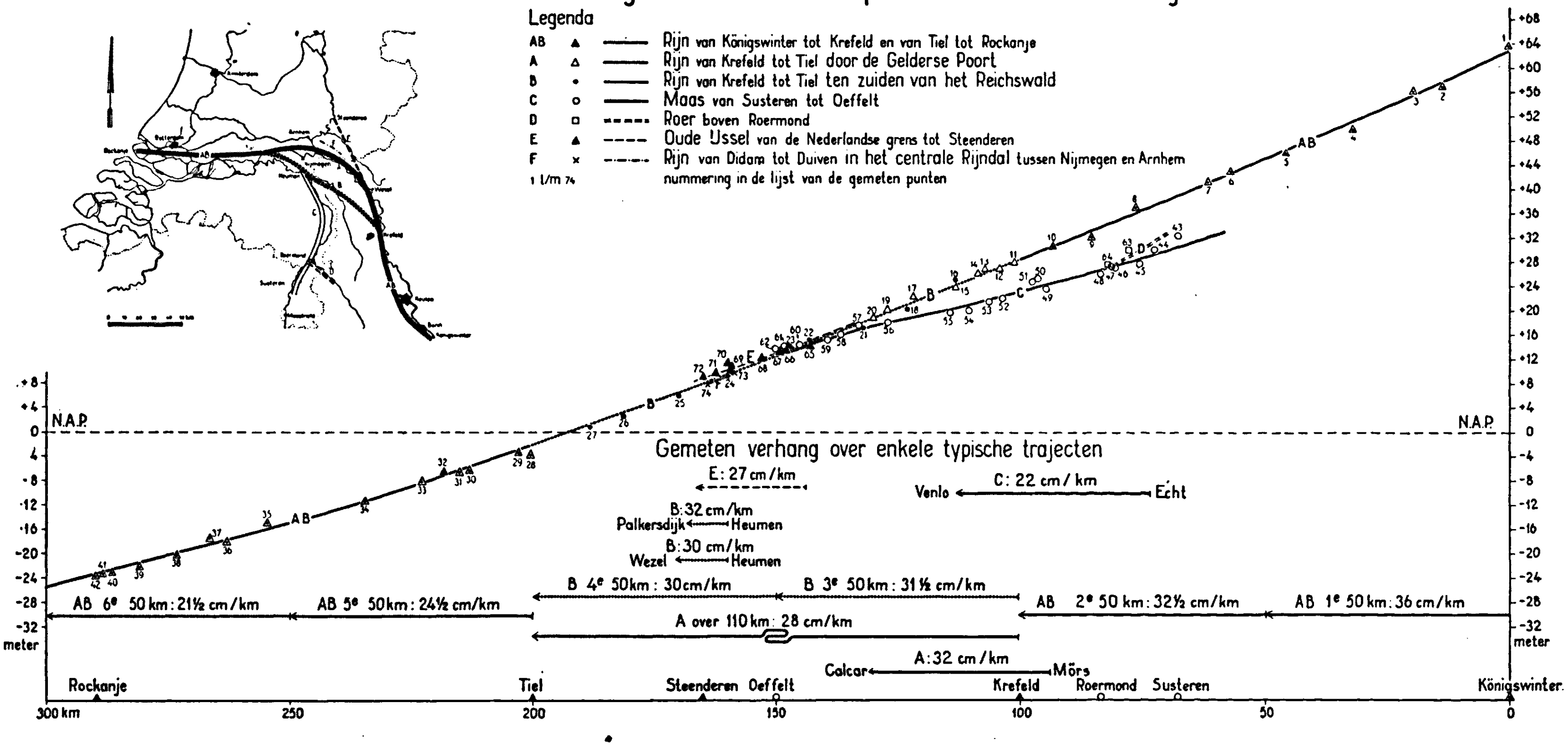


Fig. 8. Fall of the top of the Fluviatile Lower Terrace.

wijzen erop, dat hiervan minder dan 10 meter tot het Laagterras behoort. Naar het westen wordt de afzetting dunner; ter hoogte van de Nederlandse kust is haar dikte 4 tot 7 m (BENNEMA en PONS, 1952). In Duitsland is in het Rijnland de laag dikker, volgens waarnemingen van STEEGER (1952) bij Moers 12 tot 13 meter.

De dikte van de lemige bovenlaag kan vrij sterk wisselen; SCHELLING (1951a) trof in Noord-Limburg plaatsen aan, waar de laag zelfs geheel ontbrak. In het Land van Maas en Waal is dit nergens het geval. Daar is de klei- of leemlaag vrij algemeen 1 tot 1,5 m dik.

In het algemeen is de bovenlaag van de leem tot een maximale dikte van 40 cm iets lichter en vooral iets grofzandiger dan de wat diepere lagen.

SCHELLING (1951a) verklaarde dit, door aan te nemen dat gedurende het laatste stadium van de afzetting een geringe instuiving van grof zand of een laatste krachtige overstroming heeft plaatsgehad.

In hoofdstuk IV zullen wij nader bespreken, dat door de ontwikkeling van podzolachtige bodemprofielen, klei uit de bovenste profiellagen (A-lagen) naar beneden is gespoeld en afgezet in dieper gelegen lagen (B-lagen). Volgens mededelingen van HOEKSEMA (1953) kan het voorkomen van relatief veel grof zand in de bovenlagen ook verklaard worden door het proces van de homogenisatie. Hierbij zou door biologische activiteit grof zand uit de ondergrond naar boven gewerkt zijn. Toch is dit voor leemlagen van meer dan 1 m dikte, waar de grofzandige bovengrond eveneens voorkomt, moeilijk aan te nemen. Wij menen geringe verstuivingen in de Jongere Dryastijd voornamelijk voor het verschijnsel verantwoordelijk te moeten stellen.

Het materiaal bevat naar verhouding weinig van de fractie 10—50 mu. We menen dit te moeten verklaren als gevolg van het verschijnsel, dat 's winters steeds weer opnieuw de stoffractie uit de gehele bedding wegwaaide. Deze werd elders als loess afgezet. Op de lange duur blijft dan natuurlijk materiaal achter, dat arm is aan deze fractie.

d. Morfologie

De ontwikkeling van het Fluviatiel Laagterras is in het kort de volgende geweest.

De grote grind- en zandvlakte stond bij hoge vloed geheel onder water. Het water stroomde door talrijke ondiepe geulen en vertoonde het typische beeld van een vlechtende rivier (stadium I). Door allerlei oorzaken werd het debiet regelmatiger en het transport van fijnere delen relatief groter. In plaats van zand en grind werden leem en zand afgezet; aanvankelijk nog volgens het patroon van de vlechtende rivier (stadium II). Tegelijkertijd of kort daarna begon zich een soort oeverwallen langs grote diepe meanderende geulen te vormen (stadium III). Ten slotte geraakten grote stukken van het systeem geheel buiten werking (stadium IV).

Stadium I

De grote grind- en zandvlakte van de jong-pleistocene Rijn kan goed vergeleken worden met recente wilde grind- en zandbeddingen, zoals die van de Durance (fig. 9).

DOEGLAS (1951) neemt op grond van de in 1945 gepubliceerde onderzoekingen van FRIEDKIN aan, dat een rivier verwildert zodra zij uit een evenwichtstoestand wordt gebracht; wanneer dus de

Fig. 9. De verwilderde bedding van de Durance bij Mallémort. Achter een paar dode takken vormde zich een klein duintje uit het zand, dat over de opgedroogde grind- en zandvlakte geblazen werd.

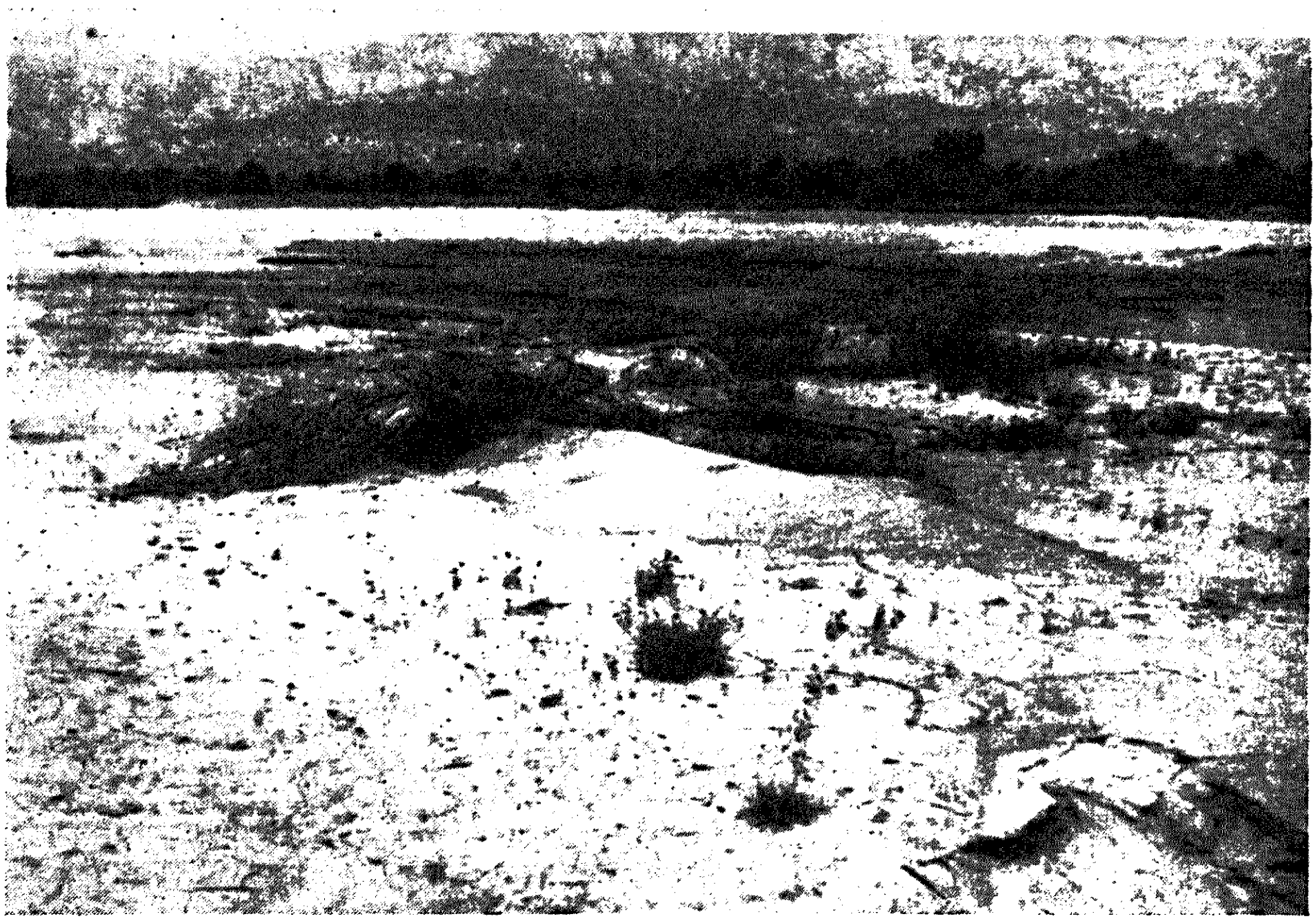


Foto L. J. Pons.

Fig. 9. The braided river bed of the Durance near Mallémort. Behind some dead arms a little dune has been blown-up from the sand blown-out of the arid gravelly and sandy plain.

verhanglijn, de hoeveelheid water en de hoeveelheid afgevoerd materiaal niet meer met elkaar in evenwicht zijn. Bij proeven in Amerika voerde men aan een in evenwicht verkerende meanderend systeem plotseling meer water toe. Het resultaat was verwildering van het systeem tot een nieuwe evenwichtstoestand werd bereikt. In het periglaciale landschap, dat bij de Rijn het grootste deel en bij de Maas het gehele achterland vormde, is buitengewoon veel materiaal (onder andere afkomstig van solifluctie) in de dalen terechtgekomen. Vrijwel al het regenwater en het sneeuwsmeltwater werd ten gevolge van de bevroren ondergrond gedwongen langs de oppervlakte af te vloeien.

Daar komt bij, dat 's winters nagenoeg niets werd afgevoerd en in het voorjaar enorme hoeveelheden water en materiaal loskwamen. In een dergelijk systeem kan pas na zeer lange tijd of bij verandering der klimatologische omstandigheden een evenwicht worden bereikt.

In het Pleniglaciaal is dit evenwicht door de grote wisselingen in de hoeveelheid water nooit bereikt, maar in het Laatglaciaal periodiek wel, namelijk op de overgang van een koudere periode naar een warmere. In de warmere periode ging de erosie weer overheersen en was dus het evenwicht naar de andere zijde verbroken.

De verwildering van Durance en Loire is toe te schrijven aan de enorme bodemerosie, die het evenwicht heeft verbroken. De Loire moet eertijds een meanderende rivier zijn geweest.

Stadium II

Toen het debiet regelmatiger werd en de rivieren naar verhouding meer zand en slib gingen vervoeren, kwam dit materiaal eveneens tot afzetting in een vlechtend patroon. SCHELLING (1951a) meende dat de tegenwoordige geulen op de plaats liggen van de oude. Naar onze opvatting hebben de geulen zich na het begin van de slibafzetting nog sterk verplaatst.

Fig. 10. Rivierleemlandschap nabij Hatert.

Fig. 10. „Rivierleem" landscape near Hatert.

1. Oude beddingen, gedeeltelijk met veen opgevuld.
   Old river channels, partly filled up by peat.
2. Zandige rivierleem of rivierzand en grind.
   Sandy „rivierleem" or fluvial sand and gravel.
3. Dun dek rivierleem.
   Thin cover of „rivierleem".
4. Stuifzand op het rivierleemlandschap.
   Blown sand on the „rivierleem" landscape.
5. Oude fluvioglaciale grindzanden.
   Old fluvioglacial gravelsands.
6. Water.
   Water.
7. Wegen.
   Roads.

Het geulensysteem is in het oostelijk gedeelte van het Land van Maas en Waal fraai ontwikkeld (fig. 10). In 1944 onderscheidt FISK bij het vlechtende systeem van de Mississippi drie soorten geulen met een verschillende functie. Deze kunnen ook in het Land van Maas en Waal worden herkend:

De hoofdgeul: *vervoert het meeste water, ook bij middelhoog en laagwater en vertoont de neiging de vorm aan te nemen van een meanderende stroom.*

De overloopgeul: *kleine geultjes, die over de oeverwal heen hun water uit de hoofdgeul ontvangen en een ingewikkeld netwerk vormen.*

De verzamelgeul: *verzamelt het water uit een aantal overloopgeulen en voert het weer terug op de hoofdstroom of groeit ten slotte zelf tot een hoofdstroom uit.*

Deze drie typen kan men in fig. 11 gemakkelijk ontdekken. De meanderende hoofdgeul loopt door het gehele gebied, hier en daar met een steile erosierand tegen de sandr. Ook het Wijchense Ven is typisch een hoofdgeul. Overloopgeulen treft men in het gehele gebied aan. De meeste ontspringen op de helling van de oeverwal langs de meanderende hoofdgeul. Fraaie voorbeelden vindt men in de binnenbocht van de grote meander bij Neerbosch en zuidwestelijk van Hatert (fig. 10). Ook in de buitenbochten treden ze op, bijvoorbeeld langs het Wychense Ven. Een prachtige verzamelgeul vindt men bij Bijsterhuizen, waar een zeer groot deel van het water, dat over de oeverwal van de hoofdgeul is heengestroomd, weer op de hoofdgeul wordt geloosd (zie ook VINK en SCHELLING, 1948) (zie bodemkaart).

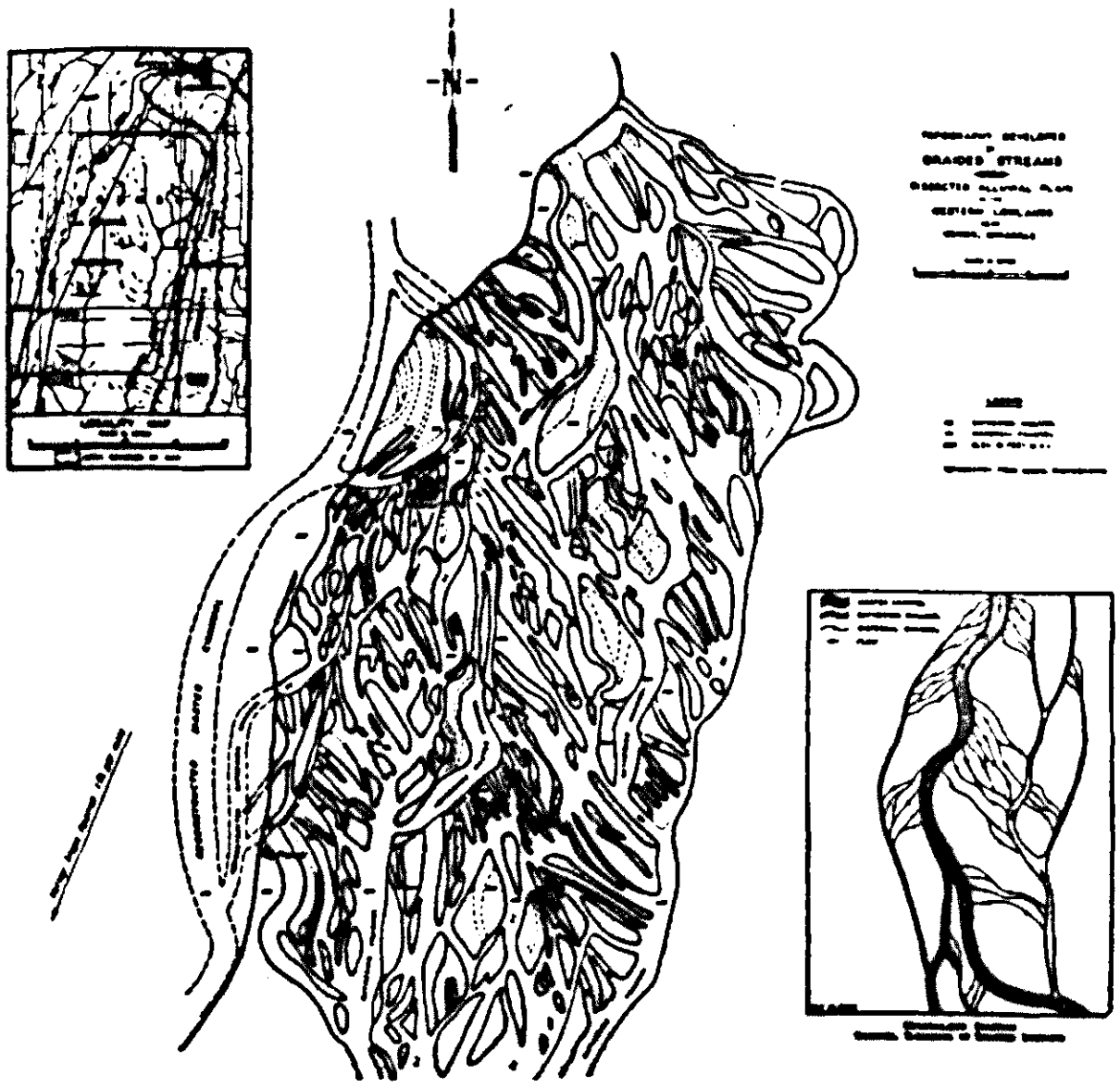


Fig. 11. Schema van de verschillende geulsoorten van een wild rivierensysteem volgens FISK (1944).
Cliché Kon. Ned. Aardr. Gen.

Fig. 11. Outlines of the various kinds of channels of a braided river system according to FISK (1944).

Niet van alle geulen is de functie precies aan te geven. Sommige overloopgeulen hebben het karakter van een verzamelgeul, maar op de oeverwal van diezelfde geul kunnen weer andere overloopgeulen ontspringen. De geulen van iedere soort hebben bovendien eigen oeverwalletjes, waar het water ten slotte ook weer overheen stroomde.

Stadium III

In dit stadium ontwikkelde zich een sterk meanderende hoofdgeul met daarlangs een brede hoge oeverwal. Achter de oeverwal bleef het vlechtende systeem echter voortbestaan. SCHELLING (1951a) heeft dit langs de Niers uitvoerig beschreven. Men vindt het voorts fraai in West-Duitsland en langs de Maas in Limburg. In het Land van Maas en Waal vindt men een klein stukje hiervan onder Heumen.

Stadium IV

Ten slotte veranderde het debiet zodanig, dat de rivieren zich gingen insnijden. Grote delen van het Fluviatiel Laagterras werden door de rivier verlaten. Dit was onder andere het geval met de grote tak door de vallei van de Oude IJssel; de grote tak ten zuiden van het Reichswald en de tak in het oosten van het Land van Maas en Waal.

e. Verhang

Het verhang van het Fluviatiel Laagterras kan in het Land van Maas en Waal slechts over een korte afstand worden berekend. Over te korte afstand is de berekening onbetrouwbaar. Bij vlechtende rivieren doet zich namelijk de moeilijkheid voor, dat men de hoogteligging van overeenkomstige vormingen moet vergelijken; bijvoorbeeld oeverwalletjes op de ene plaats met oeverwalletjes elders enz.

Wij berekenden het verhang over twee raaien met behulp van bodemkaart en hoogtekaart:

1. Heumen—Palkersdijk, afstand 8,25 km, hoogteverschil 2,65 m, verhang 32 cm per km.
2. Heumen—Wezel, afstand 10,25 km, hoogteverschil 3,60 m, verhang 30 cm per km.

Vergelijkt men deze uitkomst met de verhanglijn van het Laagterras tussen Königswinter en de kust (PONS, 1954), dan ziet men hoe geleidelijk de helling vlakker wordt; van 36 cm per km bij de uittreding uit het gebergte tot 25 cm per km nabij Hoek van Holland. Het Land van Maas en Waal lag destijds nog aan de hoge kant van de puinwaaier.

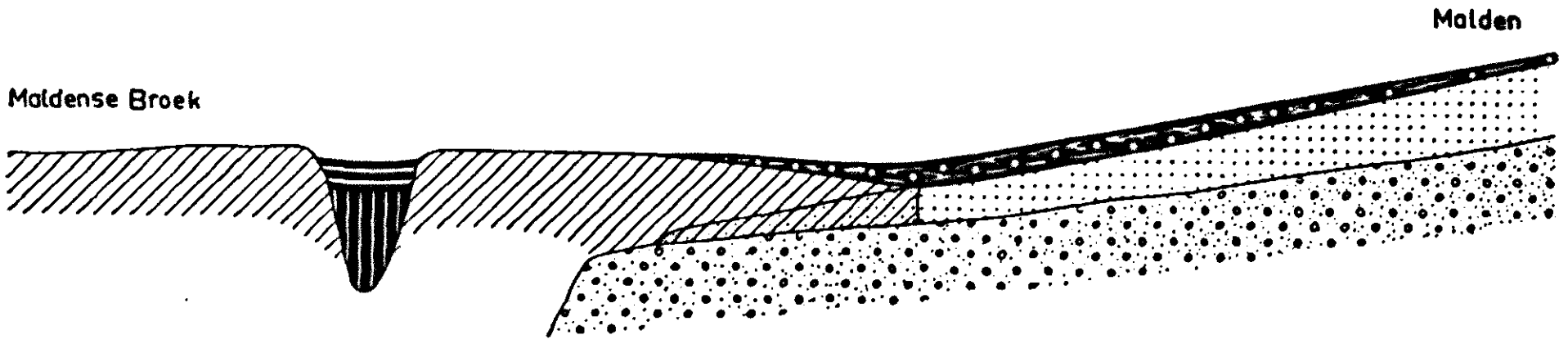
f. Datering

In Duitsland dateert men het Fluviatiel Laagterras als ouder dan Laatglaciaal. Sinds bekend is, dat de grote uitbarsting van vulkanische produkten van de Laacher See in de Eifel aan het einde van de Allerødtijd valt, kan de aanwezigheid van puimsteen in Rijnafzettingen stratigrafisch geïnterpreteerd worden. Zo is gebleken, dat een groot deel van dit Laagterras, dat oorspronkelijk als pleniglaciaal werd beschouwd, puimsteen bevat en dus laatglaciaal moet zijn. Ook STEEGER (1952) steunt deze veronderstelling.

In het Nederlandse deel van het Laagterras ten zuiden van Nijmegen is tot nu toe geen puimsteen aangetroffen, waaruit zou kunnen blijken, dat ons Laagterras met het lemige dek reeds voltooid was in de Allerødtijd. Dit zou dan tevens gelden voor de gehele grote laatglaciale Rijntak ten zuiden van het Reichswald, ook in Duitsland. Men heeft hierin nooit puimsteen gevonden. De palynologische gegevens, alle afkomstig van prof. FLORSCHÜTZ, wijzen in dezelfde richting. SCHELLING (1951a) vond in Noord-Limburg onder in de stroomgeulen van het Laagterras veen uit de Allerødperiode. Hierboven bevonden zich nog veenachtige leemlagen, waarop weer veen gevormd werd in het Atlanticum. Hij concludeerde hieruit, dat de grind- en zandafzettingen met het grootste gedeelte van de leem vóór de Allerødtijd voltooid waren. Na de Allerødperiode is nog wat slib afgezet. In het Preboreaal werd in de binnenbochten van enkele geulen nog leem afgezet.

In het Land van Maas en Waal was de leemafzetting in de Allerødperiode reeds voltooid. Er heeft sindsdien geen water meer door de geulen gestroomd, behalve in de jong-holocene tijd. De argumenten voor deze uitspraak zijn deels van palynologische, deels van stratigrafische aard.

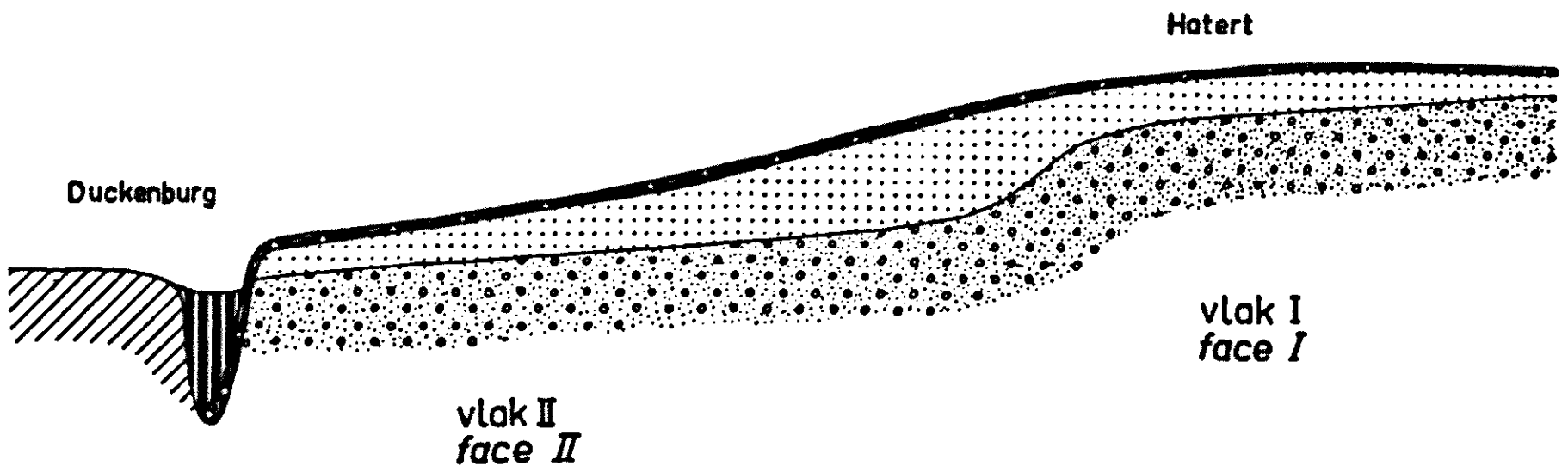
Fig. 12. Schematische doorsnede Heumen — Molenhoek.



Klei (holocene geulopvulling).
Clay (channels filled up in the holocene era).
Veen (holocene geulopvulling).
Peat (channels filled up in the holocene era).
Lemig grind en zand (solifluctiedek uit de Jongere Dryastijd).
Silty gravel and sand (solifluction cover from the Younger Dryas era).
Rivierleem (Fluviatiel Laagterras).
„Rivierleem" (fluvial silty clay) (Fluviatile Lower Terrace).
Zand (Pre-Allerøddekzand).
Sand (Pre-Allerød cover sand).
Mengsel van leem en zand.
Mixture of silt and sand.
Grind en zand (Fluvioglaciaal).
Gravel and sand (Fluvioglacial).

Fig. 12. Schematic cross-section Heumen — Molenhoek.

Fig. 13. Schematische doorsnede west—oost, Duckenburg — Hatert.



Veen (holocene geulopvulling).
Peat (channels filled up in the holocene era).
Lemig grind en zand (solifluctiedek uit de Jongere Dryastijd).
Silty gravel and sand (solifluction cover from the Younger Dryas era).
Rivierleem (Fluviatiel Laagterras).
„Rivierleem" (fluvial silty clay) (Fluviatile Lower Terrace).
Zand (Pre-Allerøddekzand).
Sand (Pre-Allerød cover sand).
Grind en zand (Fluvioglaciaal).
Gravel and sand (Fluvioglacial).

Fig. 13. Schematic cross-section west—east, Duckenburg — Hatert.

De bodemtypen van de reeks Ydw, grindzand-graslandgronden met een leemlaag in de ondergrond, aan de randen van de Nijmeegse stuwwal, geven een stratigrafisch argument (fig. 12). Bij de kartering bleek de leemlaag in de ondergrond zijdelings samen te hangen met de rivierleem van het Fluviatiel Laagterras. Hieroverheen bevindt zich een naar het westen uitwiggend grind- en stenenhoudend zanddek. Dit dek is afkomstig van solifluctie, die in de Jongere Dryastijd moet worden gesteld. De leemlaag is kryoturbaat verwrongen. Kryoturbate verschijnselen uit de Jongere Dryastijd zijn ook van de Veluwe bekend en werden door VAN DER HAMMEN en MAARLEVELD (1952) beschreven.

De palynologische gegevens zijn niet zo duidelijk. Het grootste gedeelte van het geulensysteem is vrij plotseling buiten werking geraakt, zodat de beddingen vanaf de grind-zandbodem geheel met veen of gyttja zijn opgevuld: afzettingen, die in hun geheel jonger zijn dan het Fluviatiel Laagterras. Alleen in het noorden, bij Neerbosch, waar het systeem verbinding had met de middentak van het Rijnsysteem tussen Arnhem en Nijmegen, en in het zuiden bij Heumen, waar de Maas contact kon maken, is kleiig materiaal in de beddingen afgezet. Ten slotte bestaat de kans, dat er gedurende de Jongere Dryastijd nog solifluctiemateriaal uit de sandr in enkele geulen is terechtgekomen (fig. 13).

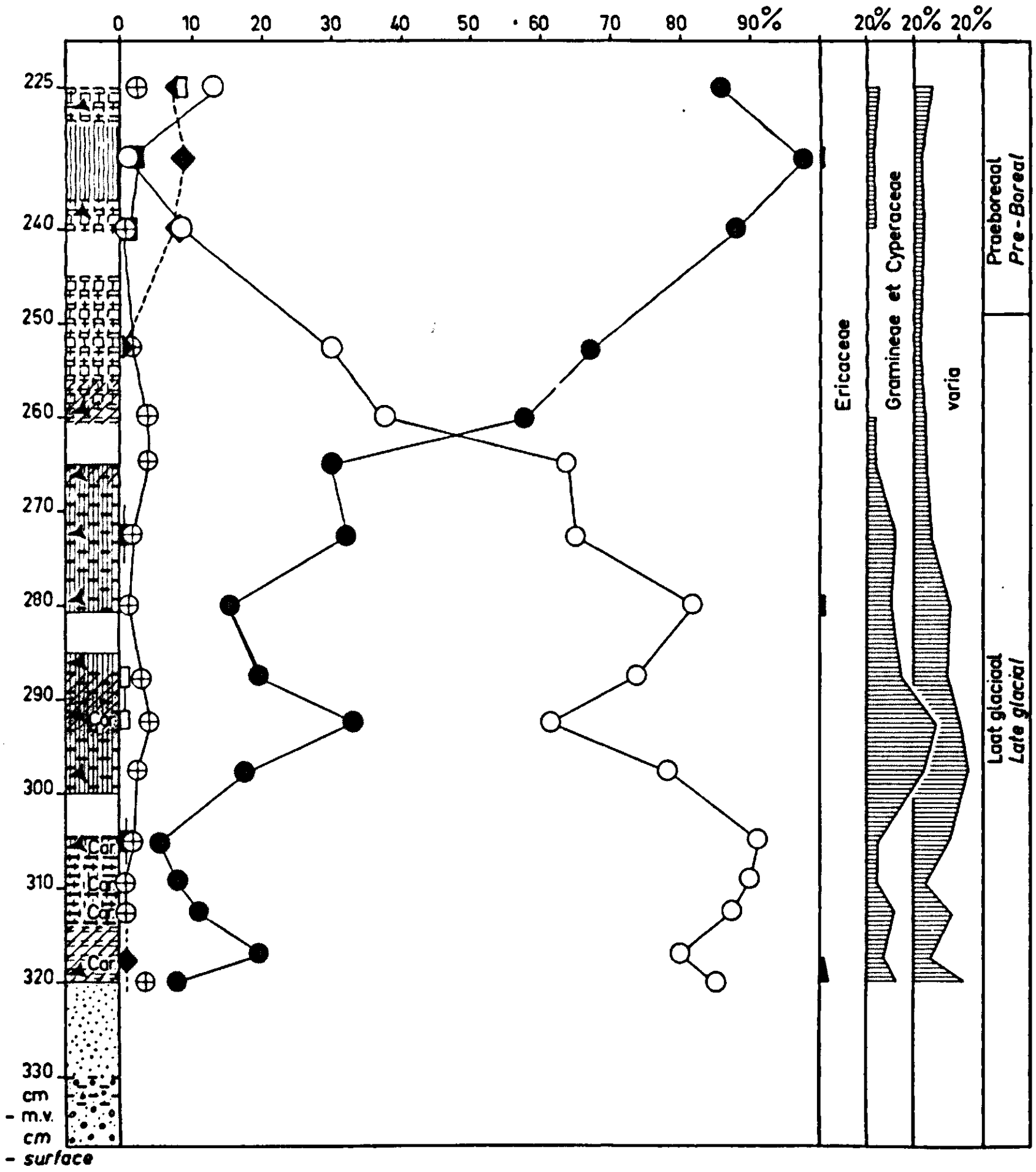
Bijlage III geeft een overzicht van de resultaten van het onderzoek, verricht door FLORSCHÜTZ, aan materiaal uit het Land van Maas en Waal. De veengroei begint niet overal tegelijk, maar het eerst op de diepste plaatsen. Niettemin geeft diagram a4 (fig. 14 en bijlage III) aanwijzingen voor de aanwezigheid van afzettingen uit de Allerødperiode op 290 cm onder maaiveld en zelfs misschien van een Bøllingperiode op 317 cm onder maaiveld (zie hiervoor ook hst. III). In een ander profiel (fig. 15 en bijlage III) begint de veengroei eerst in de Jongere Dryastijd. Op andere plaatsen werden de diepste punten gemist, of bevindt zich onder het veen nog de reeds vermelde kleiige opvulling, die van het noorden of het zuiden afkomstig is.

Zoals we reeds in hst. II. 6 zagen, heeft het Fluviatiel Laagterras een erosierand tegen het oudere lemige dekzandlandschap (fig. 7). Aangezien men algemeen aanneemt dat deze lemige dekzanden pleniglaciaal B zijn, is de ouderdom van de grind- en zandafzettingen van het Fluviatiel Laagterras laat-pleniglaciaal of jonger. We moeten aan de hand van dit stratigrafisch argument aannemen, dat de bedding, die de leem heeft afgezet, jonger is dan het Pleniglaciaal B en dat de rivierleem gevormd is tussen Pleniglaciaal B en Allerød.

8. GEDEELTELIJKE EROSIE VAN HET FLUVIATIEL LAAGTERRAS VAN RIJN EN MAAS

Tijdens de Allerødperiode begonnen de rivieren zich in hun vlechtende systemen in te snijden. De oorzaak van dit verschijnsel is de verandering van het klimaat. De permanente hal verdween voor het eerst sinds het begin van het Würmglaciaal. Dit veranderde het karakter van de rivieren volkomen. Een groot deel van het hemelwater kon nu in de grond zakken, waardoor de toevoer van water naar de rivier regelmatiger werd. Mede dank zij de bosbegroeiing hield ook de solifluctie op, zodat de

Fig. 14. Pollendiagram Wijchense Ven Oost (volgens FLORSCHÜTZ) (a_3).



Grindhoudend zand.
Gravel containing sand.

Zand.
Sand.

Eutroof veen (vaak iets kleihoudend).
Eutrophic peat (often slightly clayey).

Oligotroof veen.
Oligotrophic peat.

Hypnaceae veen.
Hypnaceae peat.

Venig tot iets venig.
Peaty to slightly peaty.

Klei.
Clay.

Sterk kleiig.
Very clayey.

Iets kleiig.
Slightly clayey.

Gyttja.
Gyttja.

Gyttjahoudend.
Gyttja containing.

SS Sapropeelachtig.
Sapropel-like.

D Diatomeeën.
Diatoms.

Sterharen van Nymphaeaceae.

H Hypnaceae.

Sphagnum.

Ph Phragmites.

Car Carex radicellen.

Pot Potamogeton.

U Urtica.

Cm Compositae.

Ly Lycopus.

Ch Chara.

○ Betula.

● Pinus.

⊕ Salix.

▲ Fagus.

▲ Carpinus.

△ Picea.

□ Alnus.

◆ Corylus.

■ Quercetum mixtum.

× Abies.

○ Cyperaceae.

⊙ Gramineae.

Artemisia.

Fig. 14. Pollendiagram Wijchense Ven East (according to FLORSCHÜTZ*) (a_3).*

Fig. 15. Pollendiagram Duckenburg (volgens FLORSCHÜTZ) (a_1). Legenda zie fig. 14.

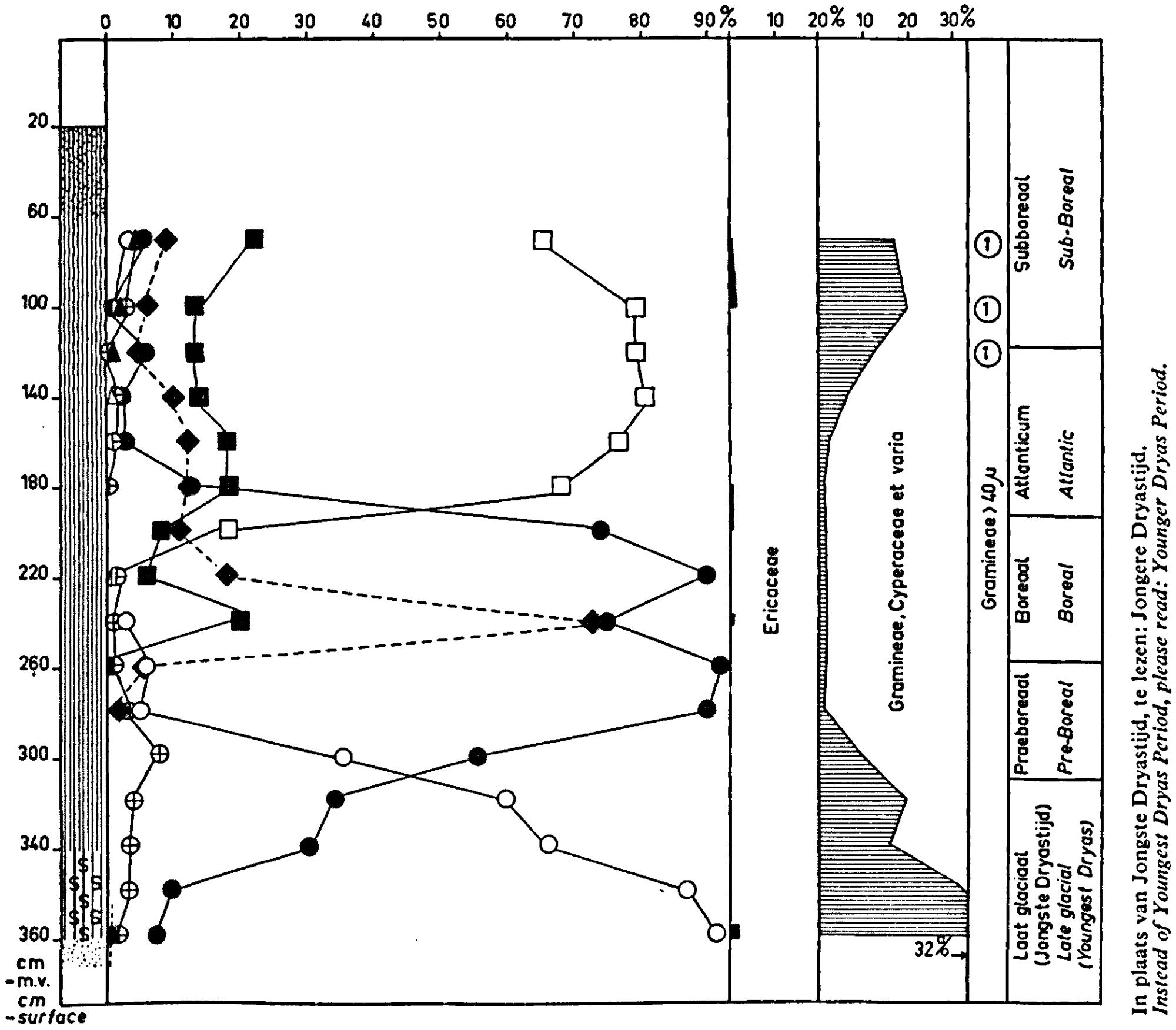


Fig. 15. Pollendiagram Duckenburg (according to FLORSCHÜTZ*) (a_1). Legend see fig. 14.*

Fig. 16. Schets van het verband tussen zeespiegelstijgingen en terrassenvorming langs de Rijn.
(In plaats van Jongste Dryastijd, te lezen: Jongere Dryastijd.)

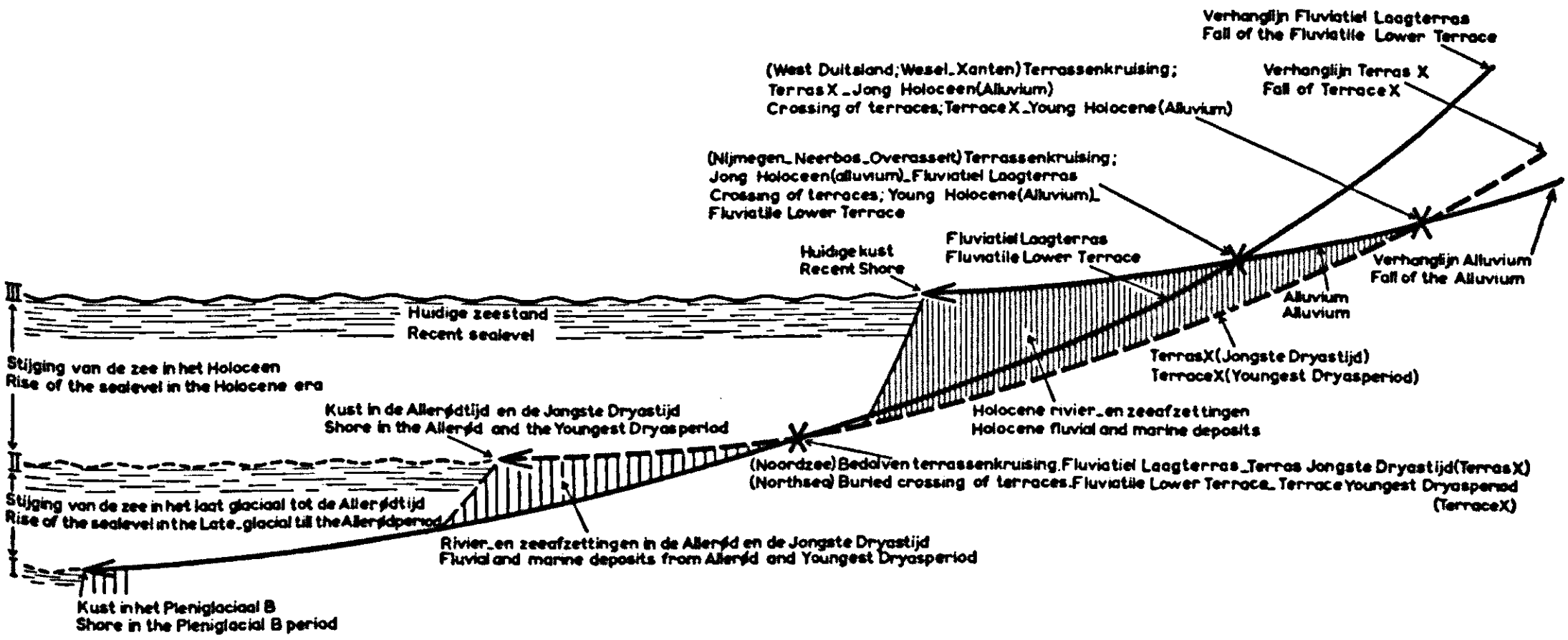
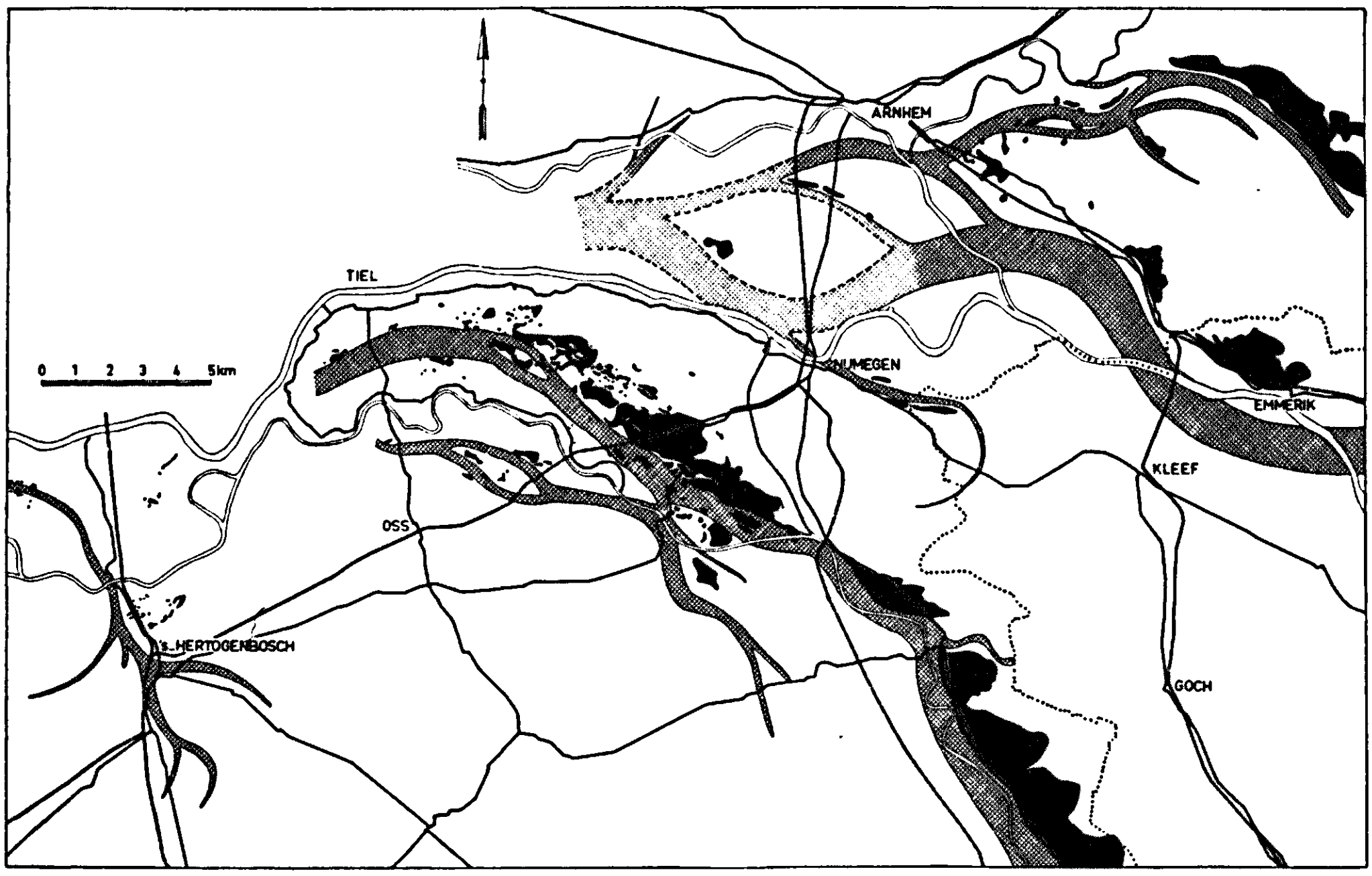


Fig. 16. Outline of the relation between the rises of the sealevel and the forming of terraces along the river Rhine.
(Instead of Youngest Dryas Period, please read: Younger Dryas Period.)

rivieren veel minder vaste stoffen toegevoerd kregen. Aanvankelijk leidde dit tot een zeer tijdelijk evenwicht, waarin leemafzetting plaatshad en een ontwikkeling begon naar een meanderende rivier. Al spoedig ging de ontwikkeling verder en begon de insnijding. Dit proces was al gaande sinds het einde van het Pleniglaciaal en ging in de Allerødtijd snel verder. Terwijl punten ter hoogte van Nijmegen en Heumen oorspronkelijk hoog op de puinwaaier van een enorme vlechtende rivier lagen, kwam hun positie in de Allerødtijd overeen met die aan de benedenloop van een veel kalmere stroom.

Wanneer het klimaat warmer wordt, smelten sneeuw en ijs en in een postglaciale tijd stijgt hierdoor de zee, dus ook de erosiebasis van de rivieren. Maar behalve dit heeft vooral in vlakke kustgebieden een grote transgressie plaats waardoor de loop door de rivieren sterk wordt verkort. De bij deze geheel andere situatie passende verhanglijn stelden wij schematisch voor in fig. 16, zeestand II. Het terras lag in de

Fig. 17. De vermoedelijke loop van de Rijn en de Maas met hun zijarmen in de Jongere Dryastijd en de ligging van de uit hun beddingen opgewaaide grove zanden (zanden met mediaan < 200 mu zijn in het algemeen weggelaten). De loop der toenmalige rivieren is geconstrueerd uit de ligging van de grove zanden.



ruw geschat
roughly estimated
bepaald
located

Rijn- en Maasafzettingen uit de Jongere Dryastijd (terras X), overal door alluvium bedekt.
Rhine and Meuse deposits of the Younger Dryas era (terrace X) throughout covered by alluvial deposits.

Grove zanden, in de Jongere Dryastijd uit de rivierbeddingen opgewaaid (plaatselijk grove dekzanden of jongste dekzanden).
Coarse sands, blown-out of the river beds in the Younger Dryas era (locally coarse cover sands or youngest cover sands).

Fig. 17. Supposed course of the Rhine and the Meuse with their arms in the Younger Dryas era and the location of coarse sands (in general sand with median < 200 mu has not been indicated). The course of the then existing rivers has been constructed by the position of the coarse sands.

Allerødtijd te hoog in verband met de nieuwe transportmogelijkheden van de rivier. Aanpassing aan een nieuwe evenwichtstoestand had de insnijding van het terras door Rijn en Maas ten gevolge.

De Rijn sneed zich in de middelste tak van de fluviatiele afzettingen tussen Elten—Kleef en Arnhem—Nijmegen in en vormde een dal. Door sterke zijdelingse erosie is het grootste deel van het terras in de middentak verdwenen. De twee andere takken, die van de vallei van de Oude IJssel en die ten zuiden van het Reichswald, geraakten buiten werking. Deze stroken werden kleine stroomgebiedjes, die afwaterden door Oude IJssel en Niers.

De Maas erodeerde eveneens een smal en opvallend recht dal, dat voorbij Mook naar het noordwesten boog en langs Heumen, vlak ten zuiden van Wijchen, Hernen en Bergharen verder naar het westen liep (fig. 17). De genoemde erosiedalen van Rijn en Maas zijn in holocene tijd geheel met jonge sedimenten opgevuld.

9. SOLIFLUCTIEVERSCHIJNSELEN, HERNIEUWDE DALVORMING EN NIEUWE AFZETTINGEN IN DE RIVIEREROSIEDALEN

Na de vorming van de erosiedalen van Rijn en Maas in de rustige Allerødtijd verslechterde het klimaat nog eens in de Jongere Dryastijd. De bossen gingen ten gronde, de permanente hal herstelde zich en de rivieren verwilderden opnieuw. Mede dankzij het vochtige klimaat door de nabijheid van de zee trad een sterke solifluctie op, die door VAN DER HAMMEN en MAARLEVELD (1952) en VAN DER HAMMEN (1951) voor de oostelijke Veluwe duidelijk beschreven is.

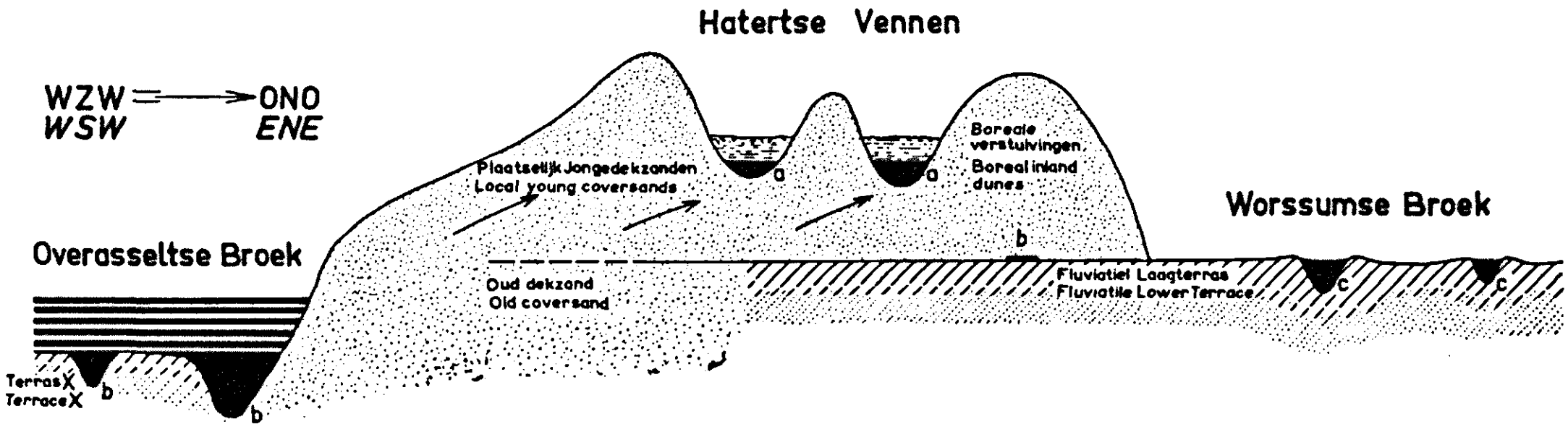
Deze solifluctie heeft ook in het Land van Maas en Waal invloed uitgeoefend, vooral langs de zuidwestflank van de Nijmeegse heuvels. Als een dikke brei is alles, wat aan de oppervlakte lag, dooreengewerkt en over de bevroren ondergrond de helling afgezakt. De bodemreeksen Ydob: iets lemige bosontginningsgrindzandgronden; Ydw: iets lemige grindzandgraslandgronden en gY: gebroken grindzandgronden, danken aan de solifluctie hun ontstaan. Voor de door solifluctiegrind bedekte rivierleem wordt naar hst. II. 7 f verwezen (fig. 12). Ook vele dekzandgronden zijn door grindhoudend materiaal bedekt geraakt (fig. 13).

Wij menen dat in deze periode de korte steile dalen hun tegenwoordige vorm gekregen hebben, zoals in het stadsgebied van Nijmegen. De steile randen waarin zij uitmondden, waren eerst kort te voren door zijdelingse erosie van de rivieren ontstaan. Tot deze groep behoren ook de korte dalen langs de Ooypolder (Hengstdal en andere).

Belangrijk is de invloed van het hernieuwde periglaciale klimaat op de rivieren, die weer verwilderden, ten gevolge van het opnieuw onregelmatige debiet en de grotere aanvoer van materiaal. Zij vulden de juist gevormde erosiedalen weer op. Deze jongere vlechtende rivier heeft stellig de dalwanden, die uit Fluviatiel Laagterras bestonden, sterk aangetast. Hierdoor heeft de Maas zulk een opvallend recht dal gekregen. Fig. 17 geeft de vermoedelijke loop van het dal van de Maas in de Jongere Dryastijd weer.

In het land van Maas en Waal vonden we een verwilderd stuk van de Maas uit deze periode onder de komklei in het Overasseltse, Nederasseltse en Lunense Broek.

Fig. 18. Schematische doorsnede Overasseltse Broek—Worssumse Broek via de Hatertse Vennen.



Water.
Water.

Zeer zware klei (komklei).
Very heavy clay (back swamp clay).

Veen
Peat

Leem.
Silt.

a. Boreaal b. Jongere Dryastijd c. Allerødtijd
a. Boreal b. Younger Dryas period c. Allerød period

Overgang leem — zand.
Transition silt — sand.

Zand.
Sand.

Overheersende windrichting gedurende de Jongere Dryastijd.
Dominant wind direction during the Younger Dryas period.

Fig. 18. Schematic cross-section Overasseltse Broek—Worssumse Broek via the Haterse Vennen.

Het niveau van deze Maasafzetting ligt drie meter lager dan dat van het nabije Laagterras van het Worssumse Broek. In het noordwesten wordt de Maas van de Jongere Dryastijd begrensd door een steile erosierand tegen het Fluviatiel Laagterras resp. tot het eolisch Jong-Pleistoceen, dat door grote hoeveelheden stuifzand is bedekt. De geulen van de jongere, vlechtende Maas zijn met veen gevuld, dat op zijn beurt door komklei is bedekt. Fig. 18 licht dit toe. De Maas in de Jongere Dryastijd is hier aangeduid als terras X. Dit terras kruist het Laagterras eerst in de Noordzee.

Toen het klimaat in het Preboreaal opnieuw verbeterde, beantwoordde de verhanglijn van terras X ook niet meer aan de nieuwe eisen en ging de Maas zich opnieuw insnijden, de preboreale en boreale insnijding (fig. 16).

In de grote Rijnvallei zijn de gebeurtenissen op Nederlands gebied minder duidelijk, aangezien het Fluviatiel Laagterras sterk is geërodeerd en de resten hiervan met dikke lagen jonge afzettingen zijn bedekt. STEEGER (1952) vond aanwijzingen in Duitsland dat hier terras X en het Fluviatiel Laagterras op dezelfde hoogte liggen en moeilijk van elkaar zijn te onderscheiden. Het terras X van de Maas mag niet met de „Inselterrasse" van de Rijn in Duitsland worden vereenzelvigd. Terras X en de „Bimmstein"-houdende „Niederterrasse" langs de Rijn moeten daarentegen als synchroon worden beschouwd.

10. STUIFZANDVORMINGEN UIT HET LAATGLACIAAL

a. Inleiding

De opvallende gebondenheid van grote stuifzandterreinen aan tegenwoordige of vroegere rivierdalen is reeds lang bekend. Het zand is klaarblijkelijk uit deze dalen

opgewaaid. Aanvankelijk dacht men, dat deze uitwaaiing was opgetreden in perioden van insnijding, wanneer de grondwaterstanden daalden. Wij zijn van mening dat dit onwaarschijnlijk is, want in hst. II. 8 stelden wij vast, dat insnijding juist opgetreden is in perioden met een gematigd klimaat, bijvoorbeeld Allerød, wanneer het landschap met bos bedekt is en de rivieren een regelmatiger debiet hebben, ten gevolge waarvan weinig zand droog valt. In dergelijke perioden is de verstuiving dus juist gering. Bovendien zijn de hoeveelheden uitgeblazen zand op vele plaatsen groter dan de inhoud van het dal.

Om zeer grote hoeveelheden stuifzand te verkrijgen is nodig: een grote aanvoer van zand; een zeer onregelmatig debiet; weinig begroeiing; droogvallen van de zand- en grindbeddingen in bepaalde perioden (winter) met krachtige winden. Dergelijke omstandigheden deden zich voor in het Pleniglaciaal en in de Oudste, de Oudere en de Jongere Dryastijd.

b. Stuiving in het Pleniglaciaal

Met VAN DER HAMMEN (1951) wordt thans algemeen aangenomen, dat de grote afzettingen van dekzand en loess plaatsgevonden hebben in het eigenlijke Glaciaal, door VAN DER HAMMEN Pleniglaciaal genoemd.

In hst. II. 6 hebben wij gewezen op de lemige fijne dekzanden van het Land van Maas en Waal en die tegen de flank van de Nijmeegse heuvels. De nabijheid van de rivieren verraadde zich door de ingeschakelde lagen van grof zand. Over de windrichting in deze periode is men het oneens. Waarschijnlijk moet een noordwestelijke windrichting worden aangenomen (VINK, 1949).

c. Stuiving in de Oudste Dryastijd

Voorafgaande aan de afzetting van de leemlaag op het Laagterras, waren de omstandigheden voor stuiving 's winters gunstig, daar juist in die periode de waterafvoer het kleinste was. Duintjes op de zandbanken van het Laagterras van de Rijn zijn bekend. Fig. 19 geeft een doorsnede van een dergelijk duintje in het Land van Maas en Waal. Het is een voorbeeld van een wortelvast duin. Het grootste gedeelte van de duinen in het Land van Maas en Waal rust echter op de rivierleem en is dus jonger dan deze. In Noord-Limburg is SCHELLING (1951a) tot de conclusie gekomen, dat een groot deel van de stuifzanden reeds voor de leembedekking aanwezig was.

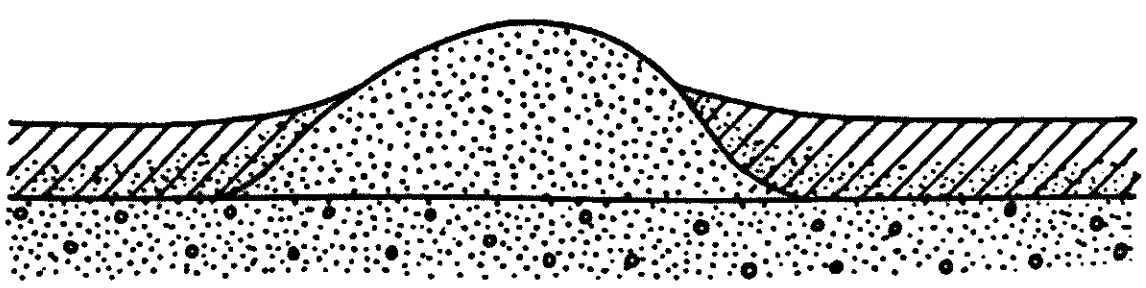


Fig. 19.
Schematische doorsnede door een wortelvast duintje.
Fig. 19.
Schematic cross-section through a permanent dune.

d. Stuiving in de Jongere Dryastijd

Vooral in deze periode zijn in het Land van Maas en Waal de belangrijkste, in het algemeen op de rivierleem gelegen, stuifzanden ontstaan. De bron van het zand is de vlechtende Maas uit de Jongere Dryastijd, die het niveau van het terras X vormde en waarvan de vermoedelijke loop in fig. 17 is weergegeven. Gedurende de winters werden grote hoeveelheden zand voornamelijk door westelijke winden door het Maasdal en over de oostelijke oever gewaaid. Het grove zand bleef in een smalle, vrij hoge wal langs het uitgestoven dal liggen. Het fijnere zand werd als een dun dek achter deze wal over het land uitgespreid. De topografie moet het midden hebben gehouden tussen die van dekzand en stuifzand. Grote oppervlakten, zoals het vlakke gebied van Wijchen, komen geheel met dekzand overeen, andere terreinen hadden ook toen al het karakter van stuifzand. Klaarblijkelijk heeft de stuifzandtopografie in de Jongere Dryastijd de overhand gekregen over de dekzandtopografie.

Het staat overigens vast, dat het zand in het Holoceen opnieuw sterk is gaan stuiven. Deze zanden zijn identiek met de boven de „laag van Usselo" gelegen „plaatselijk grove" dekzanden, die de laatste jaren in het middelpunt van de belangstelling hebben gestaan, o.a. bij HIJSZELER (1947), VAN DER HAMMEN (1951), VAN DIEPEN (1951), DE ROO (1952) en MAARLEVELD (1953). De zanden zijn primair vrij van lutum, goed gesorteerd en hebben veelal een korrelmaximum tussen 200 en 400 mu. In verband met hun ouderdom (Jongere Dryastijd) duiden wij deze gronden verder aan als jongste dekzanden.

Naar het westen komt de basis van de stuifzanden, het Fluviatiel Laagterras. steeds dieper onder het maaiveld te liggen, zodat naar het westen meer en meer stuifzand onder jong-holocene afzettingen verdwijnt. Dit is reeds duidelijk in het Land van Maas en Waal, maar geldt nog sterker voor het westen. De loess en donken zijn typen van duinen, die nog boven de klei of het veen uitsteken; dit werd door onderzoek van BENNEMA en PONS in 1951 vastgesteld.

Fig. 17 geeft een overzicht van de stuifzanden van het riviergebied in de Jongere Dryastijd, voor zover samenhangend met de rivierdalen. Daaruit blijkt een ongeveer westelijke windrichting; in overeenstemming met de huidige mening, onder meer die van MAARLEVELD (1953). Het Maasdal is in fig. 17 gereconstrueerd met behulp van de overweging, dat westelijk gerichte dalsegmenten weinig stuifzand op hun oevers hebben. Vanaf Gennep zal de Maas ongeveer rechtdoor gelopen hebben naar Boven-Leeuwen, daar zal zij omgebogen zijn naar het zuidwesten en later naar het westen, ongeveer langs de huidige Waal. Bij of ten westen van Balgoy moet zij de Raam opgenomen hebben; in het westen van de Bommelerwaard de Dieze. Of de Rijn zich hier reeds bij de Maas had gevoegd is onduidelijk. Wel is waarschijnlijk, dat de loop van de gecombineerde Rijn—Maas in West-Nederland gevoerd heeft langs de Waal naar Tiel; langs de Linge naar Gorinchem, vandaar in noordwestelijke richting dwars door de Alblasserwaard naar Bergambacht en verder naar Berkenwoude tot ten zuiden van Nieuwerkerk; ombuigend langs de Hollandse IJssel via Rotterdam naar het zuidwesten, waar zij ter hoogte van het eiland Voorne de huidige kustlijn snijdt.

Van belang is nog de vraag naar de datering van de verstuiving. Deze vraag is bestudeerd voor het gebied van de Hatertse Vennen (fig. 18). Het stuifzand ligt hier op een veenlaagje, dat op rivierleem rust. Uit palynologisch onderzoek door prof. FLORSCHÜTZ blijkt dat dit veen nog laatglaciaal is (bijlage III: cl Rakenberg), en uit de ligging dat het jonger is dan Allerød. Het moet dus uit de Jongere Dryastijd stammen. Het zand is afkomstig uit de vlechtende Maasafzetting van het terras X. De geulen van dit terras zijn opgevuld met veen, dat jonger moet zijn dan de stuiving. Ook dit geulveen is palynologisch onderzocht; het oudste is van laatglaciale ouderdom (fig. 20 en bijlage III: diagram b1). Blijkens de ligging is de onderkant van het geulveen in de Jongere Dryastijd gevormd. De stuiving is dus ingesloten tussen twee veenlagen uit de Jongere Dryastijd en heeft dus zelf ook deze ouderdom.

Fig. 20. Pollendiagram Overasseltse Broek—Leliaart (b_1) volgens FLORSCHÜTZ. Legenda fig. 14.
(In plaats van Jongste Dryastijd, te lezen: Jongere Dryastijd.)

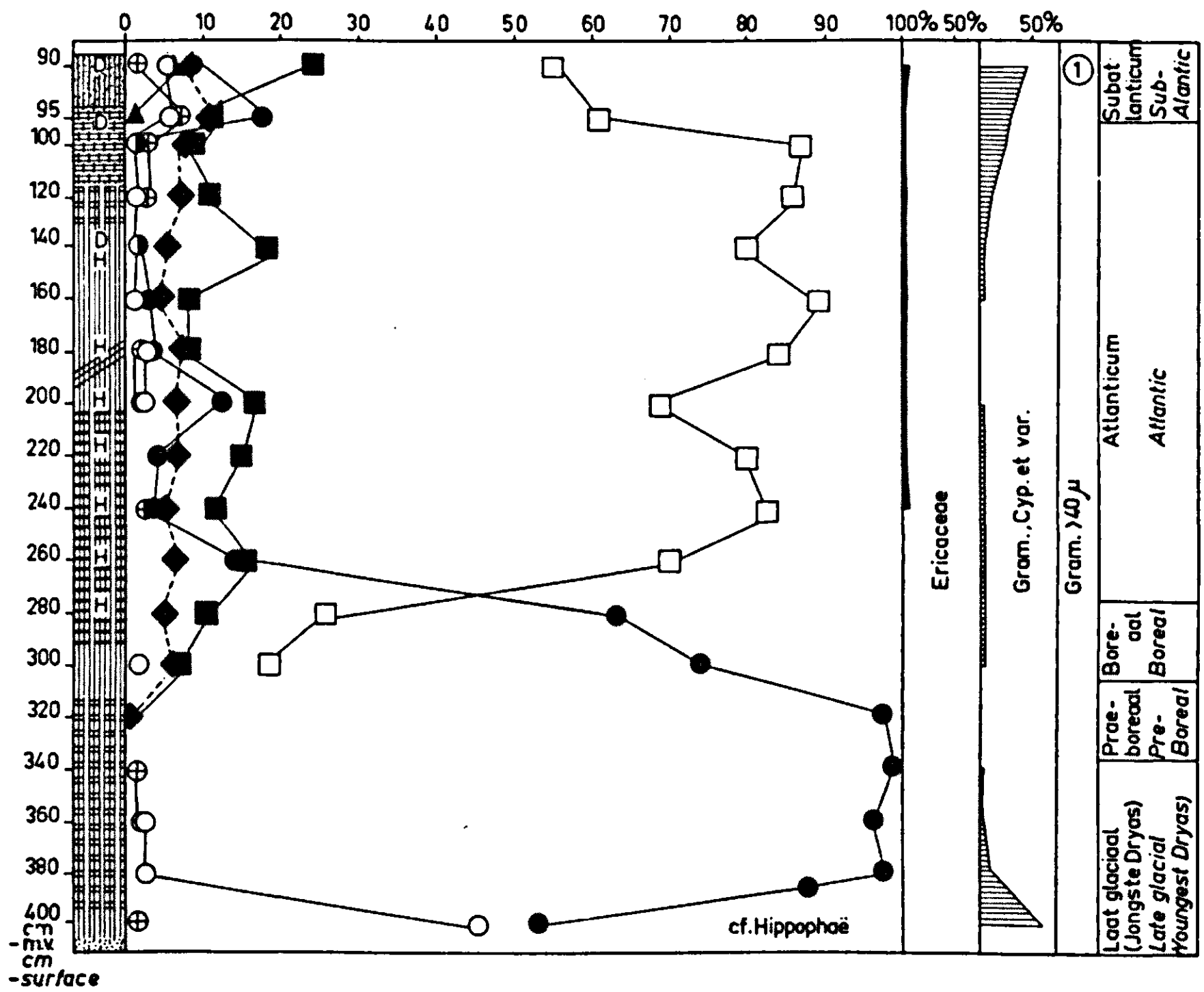


Fig. 20. Pollendiagram Overasseltse Broek—Leliaart (b_1) *according to* FLORSCHÜTZ. *Legend see fig. 14.*
(Instead of Youngest Dryas Period, please read: Younger Dryas Period.)

III. GEOLOGISCHE WORDINGSGESCHIEDENIS, HOLOCEEN

1. PREBOREALE EN BOREALE DALEROSIE EN DE GEDEELTELIJKE OPVULLING VAN DE DOOR DEZE EROSIE GEVORMDE DALEN

Het Holoceen begint met een verbetering van het klimaat, waardoor aan de reeds meermalen beschreven toestanden gedurende de ijstijd een definitief einde kwam. De rivieren begonnen zich in te snijden, zoals dat ook tijdens de Allerødtijd gebeurde, toen in de dalen van de Jongere Dryastijd een terras ontstond, dat we terras X hebben genoemd (hst. II.9, fig. 16).

Wij volgen de gebruikelijke indeling van het Holoceen in: Preboreaal, Boreaal, Atlanticum, Subboreaal en Subatlanticum (bijlage II). De klimaat- en vegetatiegeschiedenis van deze periode is zo vaak beschreven, dat wij afzien van een opsomming daarvan. In de volgende paragrafen worden de voornaamste gebeurtenissen opgesomd, die zich in die perioden in het Land van Maas en Waal hebben voorgedaan.

In fig. 16 is de situatie getekend, zoals die bestond aan het einde van de Jongere Dryastijd. Opnieuw verdween, evenals in de Allerødtijd, de hal en nu voorgoed. De zee rees en naderde ons land. Opnieuw werd een evenwicht verbroken en gingen ter hoogte van Nijmegen de rivieren zich insnijden. Het verhang van terras X was in het Preboreaal en het Boreaal ter hoogte van Nijmegen te steil ten opzichte van de verminderde transportmogelijkheden van de rivier. Tegen het einde van het Boreaal vond echter, van het westen uitgaande, door de opbouw van de rivierdelta weer opvulling van de dalen plaats; de ruimte tussen de tegenwoordige duinen en het pleistocene zandgebied werd langzamerhand opgevuld.

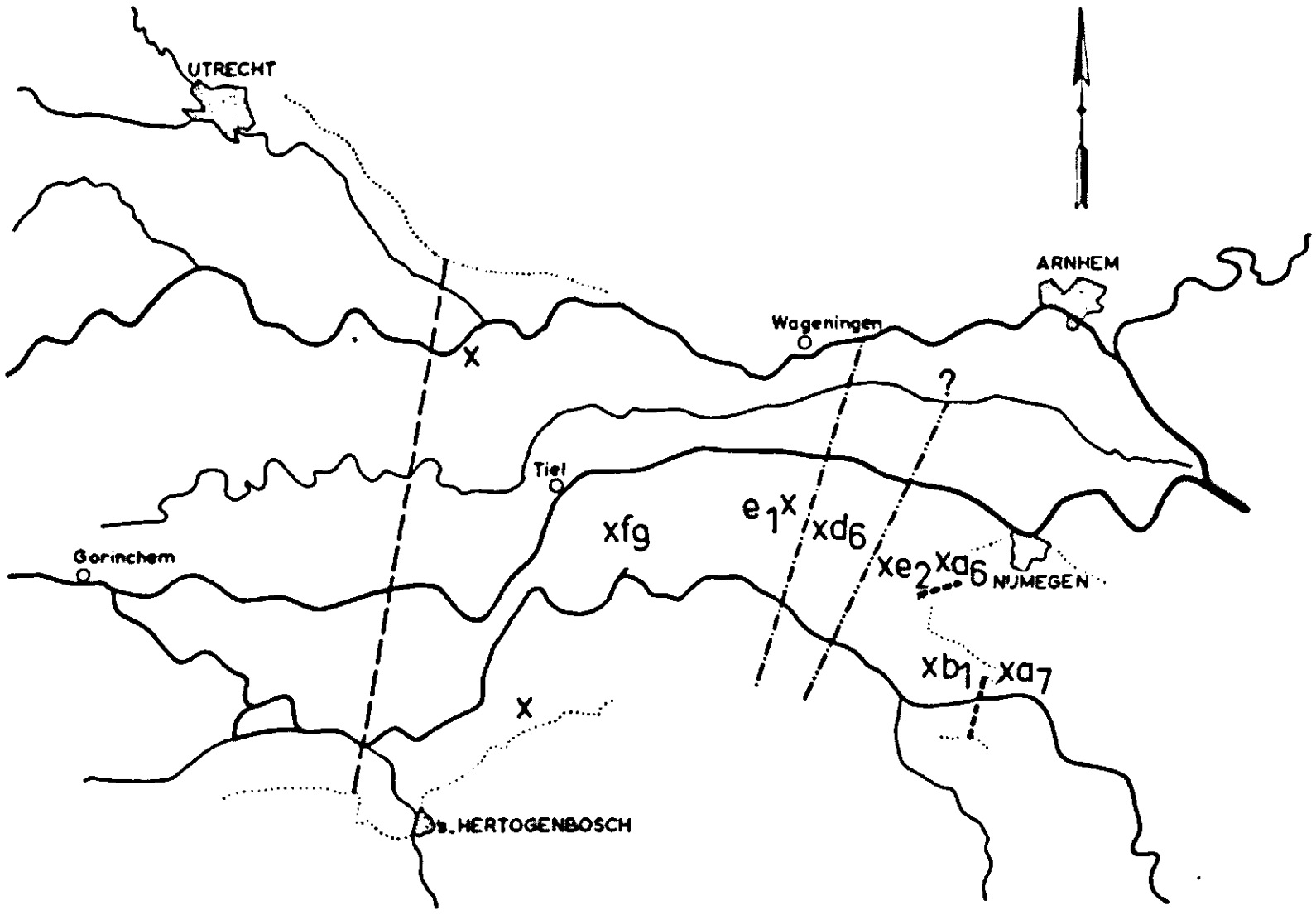
Over de diepte van deze oud-holocene dalinsnijding bestaat verschil van mening. Wij zijn van oordeel dat ter hoogte van Nijmegen het dal omstreeks 10 m beneden de huidige oppervlakte was ingesneden. Enige punten elders wijzen in dezelfde richting. Het onderzoek van de venige kleilagen van het Dreumelse veld (fig. 25) heeft uitgewezen, dat het niveau van de rivierkleiafzettingen ter hoogte van Tiel bij het begin van het Atlanticum ongeveer 1 m —N.A.P. (dit is ca. 5 m beneden maaiveld) lag. Langs de Maaskant (Alemse Broek) vond VAN DIEPEN (1952) het ondervlak van het Atlanticum op 3,20 m onder maaiveld. Bij Wijk bij Duurstede ligt volgens FLORSCHÜTZ en JONKER (1939) de grens Boreaal—Atlanticum op 2,70 m —N.A.P.

Aan het eind van het Boreaal waren ten westen van de lijn Wijk bij Duurstede—Zaltbommel de rivierdalen tussen het Fluviatiel Laagterras opgevuld (fig. 21). In ons gebied is van de boreale afzettingen niets terug te vinden dan een beginnende veengroei in de vennen en een doorgaande veengroei in vele geulen van het Fluviatiel Laagterras.

2. HOLOCENE VERSTUIVINGEN IN HET JONG-PLEISTOCENE STUIFZANDLANDSCHAP

In het naar verhouding vrij droge en warme Boreaal konden in de, hoog boven de diep ingesneden erosiedalen gelegen, zeer droge, jong-pleistocene stuifzanden uitgebreide verstuivingen optreden. Grote kommen woeien uit tot op het toenmalige

Fig. 21. Benaderde ligging van de terrassenkruisingen tussen het Fluviatiel Laagterras en verschillende holocene afzettingen. Ten westen van de stippellijn was op het daarbij behorende tijdstip het Fluviatiel Laagterras overdekt met holocene rivierafzettingen.



Grens Boreaal-Atlanticum.
Boundary line Boreal-Atlantic.
Grens Atlanticum-Subboreaal.
Boundary line Atlantic-Subboreal.
Grens Subboreaal-Subatlanticum.
Boundary line Subboreal-Subatlantic.
Huidige grens.
Recent boundary.
X Palynologisch onderzochte veenprofielen (zie tabel 3).
Palynological examined peat profiles (see table 3).
Grens tussen holocene en pleistocene afzettingen aan de oppervlakte.
Boundary line between holocene and pleistocene deposits at the surface.

Fig. 21. Roughly determined location of the terrace-crossings between the Fluviatile Lower Terrace and the various holocene deposits. West of the dotted line, at the corresponding point of time the Fluviatile Lower Terrace was covered by holocene fluvial deposits.

grondwater; zelfs kwam de leemondergrond hier en daar weer bloot. Vlak achter zulke kuilen werden stuifheuvels soms tot een hoogte van 20 m opgeblazen; ze hadden een steile rand naar het noordoosten. De typische topografie van de stuifgebieden is in deze periode ontstaan, zoals uit het palynologisch onderzoek blijkt (fig. 23 en bijlage III: d5 Hernense Molenven; fig. 22 en bijlage III: d6 De Horst in Bergharen). Op andere plaatsen is de veengroei eerst in het Atlanticum begonnen (bijlage III: d1 en d2 Hatertse Ven en d3 Bergharen). Klaarblijkelijk is daar de grondwaterstand pas in het Atlanticum voldoende gestegen om veengroei in de stuifzandkommen mogelijk te maken. Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt, dat er ook jongere verstuivingen zijn geweest: subatlantische (bijlage III: c2 Diervoort) en subboreale (bijlage III: d3 Bergharen).

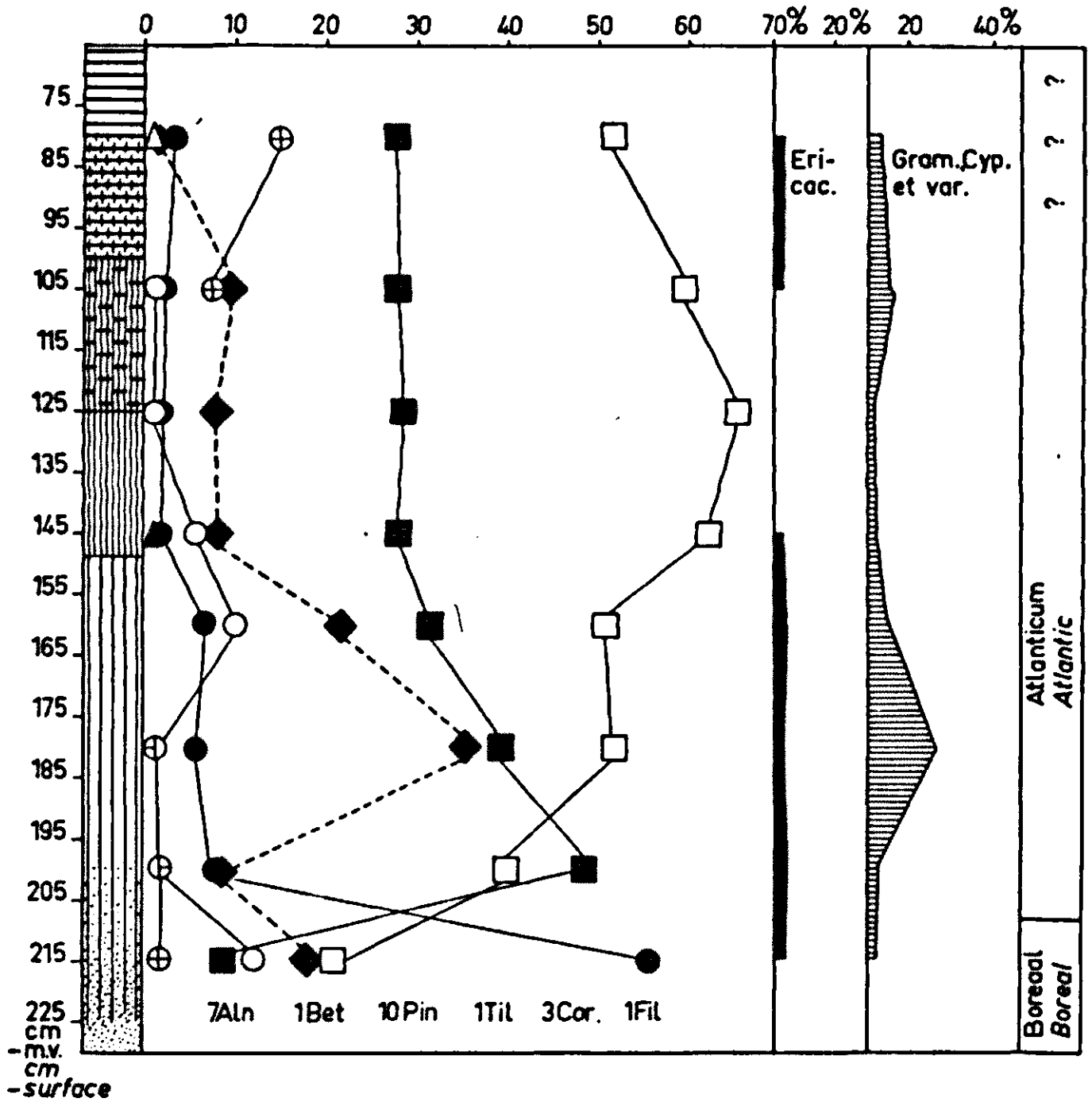


Fig. 22.
Pollendiagram Bergharen volgens FLORSCHÜTZ (De Horst, d6).
Legenda zie fig. 14.

Fig. 22.
Pollendiagram Bergharen according to FLORSCHÜTZ *(De Horst, d6).*
Legend see fig. 14.

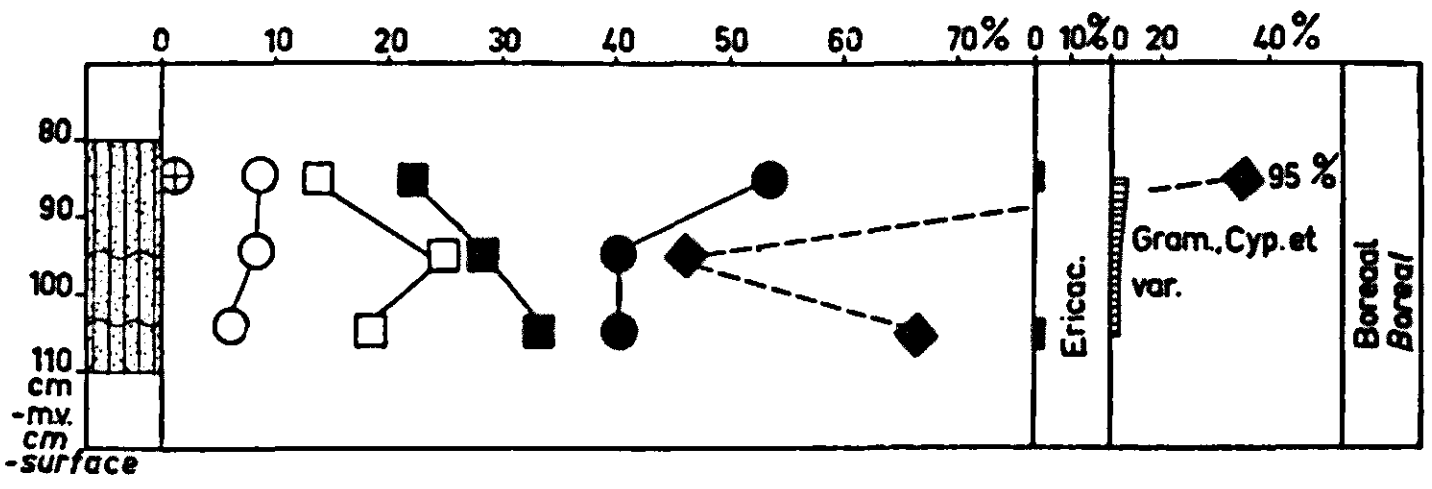


Fig. 23.
Pollendiagram Hernense Molenven (d5) volgens FLORSCHÜTZ. Legenda zie fig. 14.

Fig. 23.
Pollendiagram Hernen Molenven (d5) according to FLORSCHÜTZ. *Legend see fig. 14.*

Het stuifzand kan ook jonge kleilagen overdekken, b.v. bodemtype Zsm4. Fig. 24 toont een doorsnede van de Dreumelse Berg, waarin kleilagen afwisselen met stuifzand. Deze kleilagen kunnen worden vergeleken met die uit het pollendiagram Dreumelse Veld (bijlage III: f9; fig. 23). Zo blijkt, dat ook deze overstuivingen in het Subboreaal en het Subatlanticum hebben plaatsgevonden.

3. RIVIERKLEIAFZETTINGEN IN HET ATLANTICUM

De vochtige en naar verhouding warme atlantische periode is een tijd geweest van betrekkelijk geringe stijging van de zeespiegel en sterke opslibbing van het rivierkleigebied. In fig. 16 wordt dit voorgesteld door het verschil tussen zeestand II en zeestand III. De boreale dalen in het Fluviatiel Laagterras werden tot Nijmegen geheel opgevuld; daarboven slechts gedeeltelijk. Het gearceerde gedeelte van fig. 16 toont de

Fig. 24. Schematische doorsnede Dreumelse Berg.

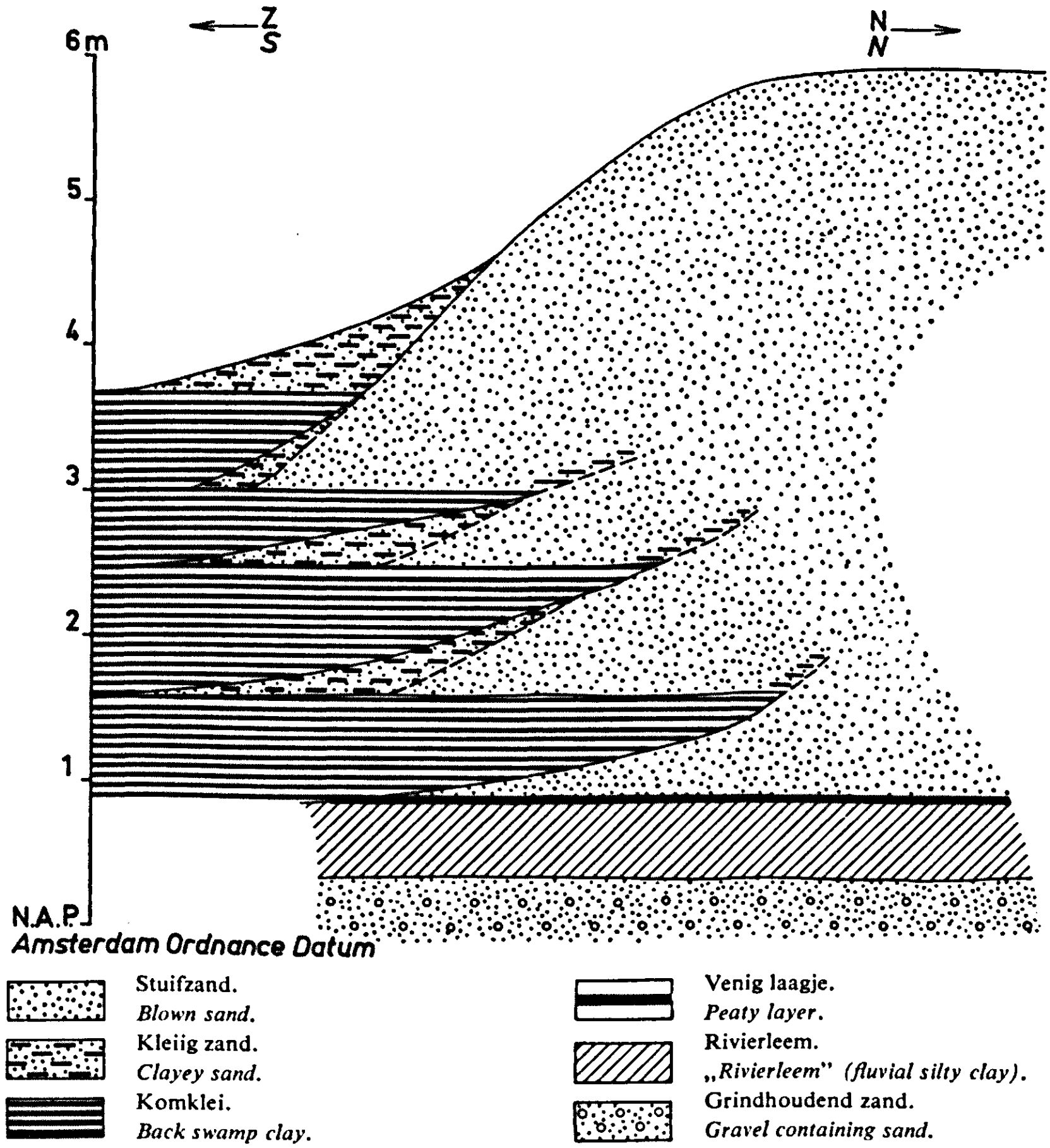


Fig. 24. Schematic cross-section Dreumelse Berg.

holocene dalopvulling. Beneden Nijmegen breidde de rivierklei zich ook buiten de dalwanden uit en onafhankelijk van het oude dal ontwikkelden er zich rivierbeddingen. De hierin stromende rivieren hadden het karakter van rustig meanderende stromen met oeverwallen en kommen (PANNEKOEK VAN RHEDEN, 1936).

In het geheel met bos bedekte West-Europa zijn tijdens het atlantische klimaat de schommelingen van het debiet niet bijzonder groot geweest. MAX WELTEN (1944) plaatst de eerste Fagus-periode van de Faulensee in Zwitserland, die zeer belangrijk was en een aanwijzing is voor een vochtig klimaat, geheel in dit tijdvak (3200 v. Chr. — 2350 v. Chr.). Het regiem van de westeuropese rivieren was nogal regelmatig en de betrekkelijk rustige ontwikkeling van deze stromen is niet onderbroken (fig. 27). De enige stroom, die uit deze periode stamt, is de zeer regelmatige en rustige stroom van Zijderveld in de Vijfheerenlanden (DE BOER en PONS, i.v.). De kleiwiggen van deze stroom bevinden zich in veen, dat aan het einde van het Atlanticum gevormd werd. In het

Land van Maas en Waal vindt men tot 1,25 m diepte geen rivierafzettingen uit deze periode. We weten er alleen iets van door enkele palynologisch onderzochte diepere profielen; onder andere het profiel van het Dreumelse Veld (fig. 25). Dit is geboord in een zeer dik komkleipakket, waartoe ook min of meer humeuze lagen behoren. De boring ging tot 5,30 m beneden maaiveld. De laag van 4,10 tot 2,40 m beneden maaiveld is atlantisch. Daaronder werden niet genoeg stuifmeelkorrels gevonden, maar de afzetting is vermoedelijk eveneens atlantisch. Het maaiveld ligt ongeveer 3,70 m + N.A.P., zodat de onderkant van het Atlanticum op tenminste 0,35 m — N.A.P. ligt.

Het Fluviatiel Laagterras ligt onder de Dreumelse Berg op een hoogte van ca. 1 m + N.A.P., zodat de boring in het Dreumelse Veld zich zeker in het boven-laatglaciale dal bevindt. Deze vaststelling is van belang voor ons inzicht in de geschiedenis van de opvulling van de boreale dalen.

Fig. 25. Pollendiagram Dreumelse Veld (f_9). Legenda zie fig. 14.

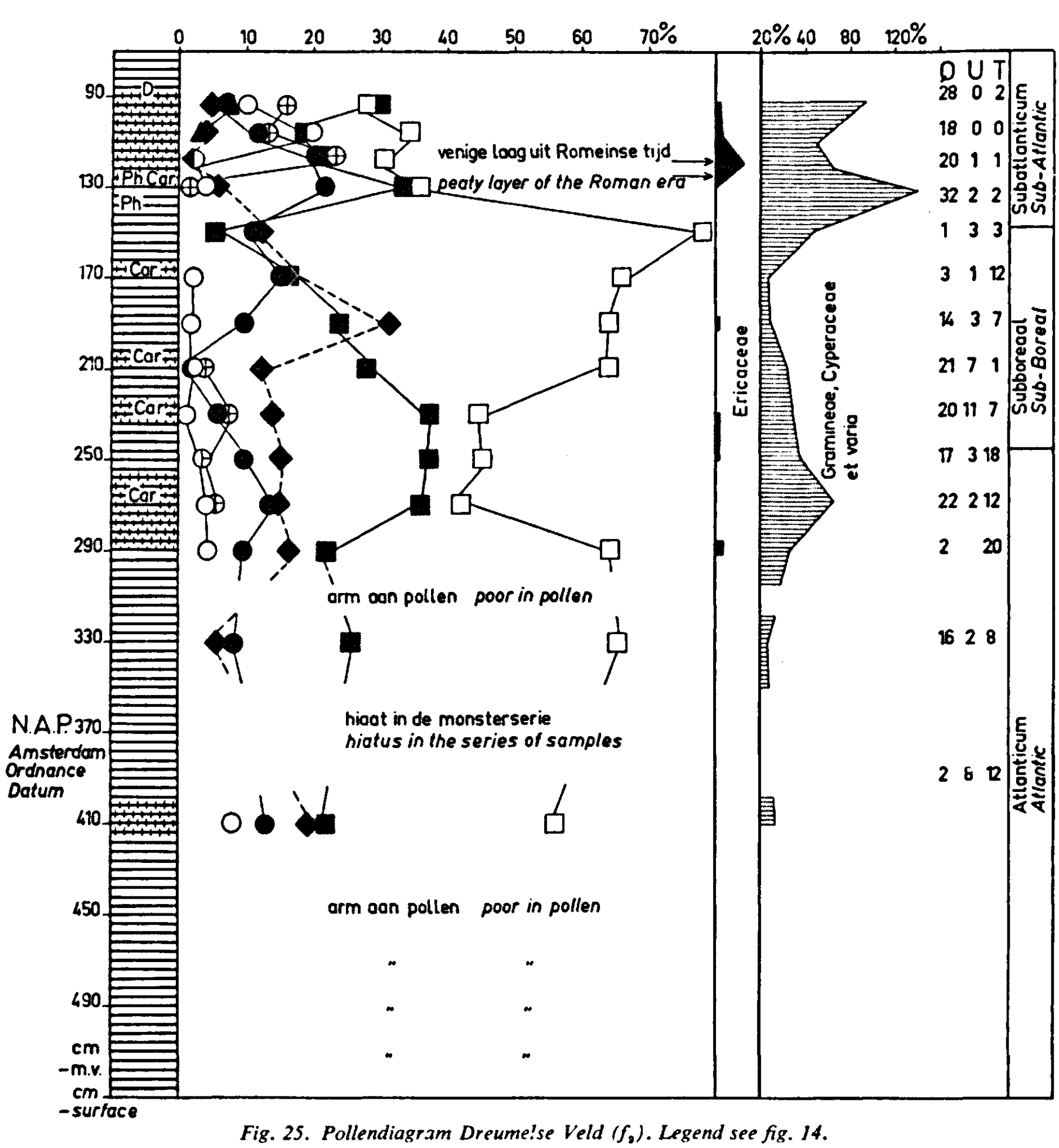


Fig. 25. Pollendiagram Dreumelse Veld (f_9). Legend see fig. 14.

In 1945 onderzocht PANNEKOEK VAN RHEDEN in het gebied van de grote rivieren de veenontwikkeling met behulp van de beschikbare boorgegevens. In de omgeving van Tiel en Heerewaarden blijkt een maximale veenontwikkeling op te treden op ca. 1 m—N.A.P. Het Fluviatiel Laagterras ligt in deze omgeving ook ongeveer 1 m—N.A.P. Bij het begin van het Atlanticum werd het Fluviatiel Laagterras zo nat, dat er op vele plaatsen veenvorming optrad, die echter reeds spoedig door kleiafzetting uit atlantische rivieren werd afgesloten.

We kunnen de opslibbing goed volgen aan het kleigehalte van enkele veenlagen. Ter hoogte van Bergharen zien we juist aan het einde van het Atlanticum een lichte beïnvloeding van het oligotrofe veen, dat tevoren nog onbereikbaar was voor het rivierwater. Ook de diagrammen a6: Neerbosch en e2: Wezel uit bijlage III laten een geringe bijmenging van klei aan het einde van het Atlanticum zien. Beide punten liggen echter in geulen van het Fluviatiel Laagterras, dus relatief laag. Aan het einde van het Atlanticum begonnen ook de geulen van terras X bij Overasselt dicht te slibben, zoals fraai blijkt uit de diagrammen b1 en e4: Overasseltse Broek en e3: Zandberg van bijlage III. Dit bewijst, dat de Maas toen hoog genoeg was om deze geul te kunnen bereiken. Deze gegevens zijn verenigd in fig. 21. De betreffende kleilagen zijn komklei of venige komklei. De oeverwallen van de atlantische Maas en Rijn met hun zandige klei, zijn niet gevonden resp. niet herkend. Door de jongere rivieren zijn deze afzettingen overdekt of aangetast.

Van bewoning uit deze periode, die we met WELTEN (1952) ongeveer 2300 v. Chr. laten eindigen, is in het rivierkleigebied niets bekend.

4. VERBAND TUSSEN DE VERANDERINGEN VAN HET KLIMAAT EN DE FLUVIATIELE SEDIMENTATIE

Uit de reeds geciteerde onderzoekingen van WELTEN (1944, 1952) en het onderzoek van BENNEMA (1954) blijkt een verband tussen de veranderingen van het westeuropese klimaat en velerlei ontwikkelingen te bestaan. WELTEN bestudeerde de meerbodemafzettingen van de Faulensee (1944) in Zwitserland en van een aantal meerafzettingen en venen in het Simmental (1952) bij Thun, terwijl BENNEMA zich met de ontwikkeling van de Nederlandse kust heeft beziggehouden (fig. 26).

WELTEN kwam in 1944 tot de volgende indeling:

Subatlanticum	1250 n. Chr.—heden:	Gemengd bos van Picea—Fagus—Abies;
	850 n. Chr.—1250 n. Chr.:	4e Fagus-periode;
	600 n. Chr.— 850 n. Chr.:	Gemengd bos van Fagus—Picea—Abies;
	200 n. Chr.— 600 n. Chr.:	3e Fagus-periode;
	450 v. Chr.— 200 n. Chr.:	Gemengd bos van Fagus—Picea—Abies;
Subboreaal	750 v. Chr.— 450 v. Chr.:	2e Fagus-periode;
	1850 v. Chr.— 750 v. Chr.:	Gemengd bos van Fagus—Abies—Picea;
	2350 v. Chr.—1850 v. Chr.:	Abies-periode;
Atlanticum	3200 v. Chr.—2350 v. Chr.:	1e Fagus-periode.

Fig. 26. Het optreden van de transgressiefasen in West-Nederland, vergeleken met andere, meest door het klimaat bepaalde verschijnselen. (Volgens BENNEMA, 1954.)

n.Chr.
A.D.

2000.
Theoretische transgressiefasen met een periode van 525 jaar.
Theoretical transgression phases with cycles of 525 years.

Dateringen van transgressiefasen aan de Nederlandse kust.
Datings of transgression phases along the coast of the Netherlands.

Tijden, waarin belangrijke sedimentatie in het rivierkleigebied optrad (volgens PONS en MODDERMAN, 1951; EDELMAN, 1951).
Periods of significant sedimentation in the riverclay area (PONS *and* MODDERMAN, *1951;* EDELMAN, *1951).*

Tijden, waarin men zonder bedijking of ophoging op mariene afzettingen woonde.
Periods of settlement without embankments or mounds on the surface of marine deposits.

Rekurrensytor (GRANLUND, 1932; NILSON, 1935 en VON POST, 1944).
Recurrensytor (GRANLUND, *1932;* NILSSON, *1935 and* VON POST, *1944).*

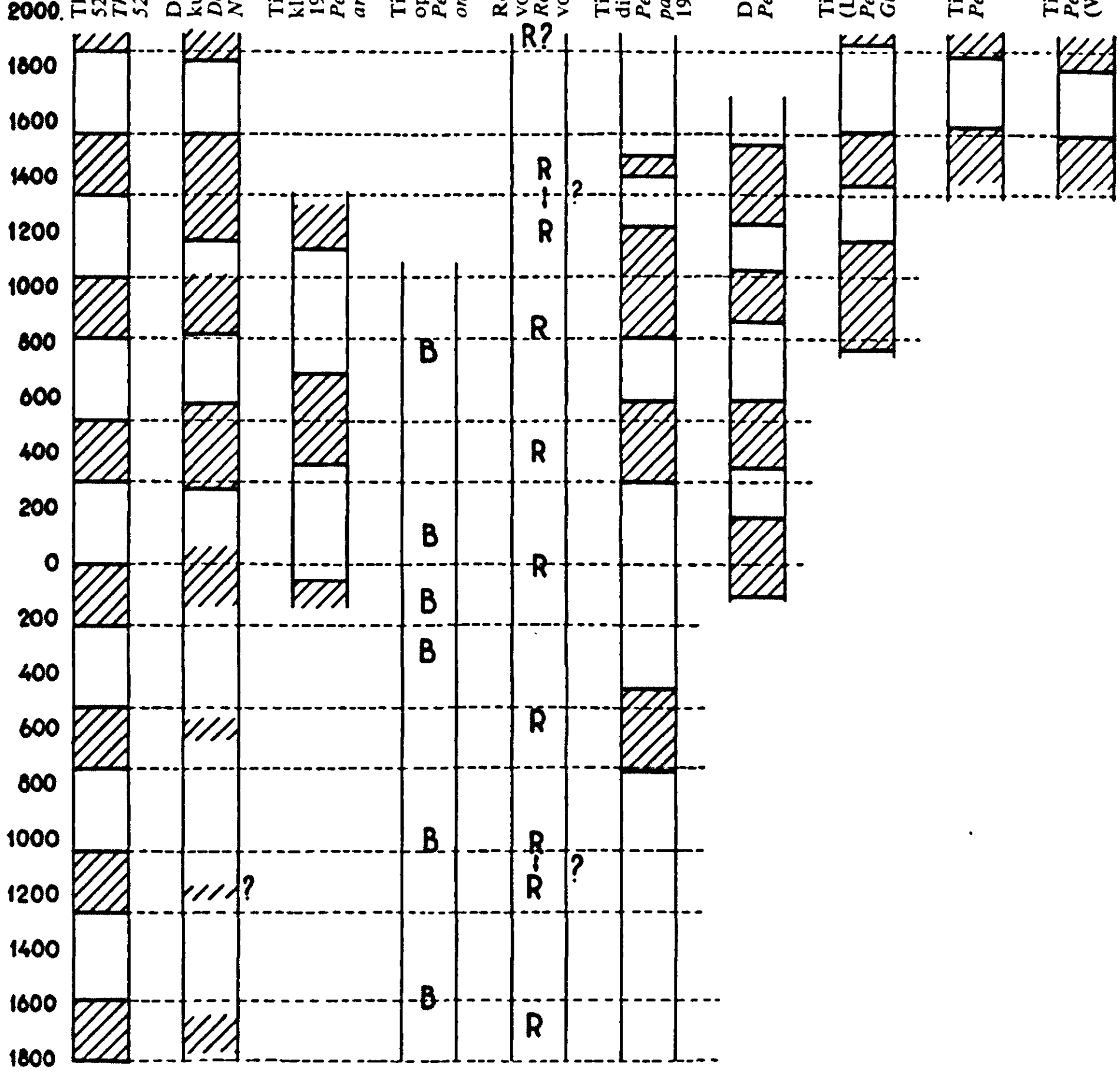
Tijden, waarin de beuk sterk naar voren komt in de diagrammen van Faulenseemoos (M. WELTEN, 1944).
Periods in which beech pollen are prominent in the palynological diagrams of Faulenseemoos (M. WELTEN, 1944).

Droogtetijden (GAMS en NORDHAGEN, 1923).
Periods of drought (GAMS *and* NORDHAGEN, *1923).*

Tijden met betrekkelijk veel ijs rond Groenland (LAUGE KOCH, 1945).
Periods of relatively large areas of floating ice around Greenland (LAUGE KOCH, *1945).*

Tijden met sterk gereduceerde gletschers.
Periods with reduced glaciers.

Tijden met versterkte luchtcirculatie (WAGNER, 1940).
Periods with intensified atmospheric air-circulation (WAGNER, *1940).*



v. Chr.
B.C.

Fig. 26. The occurence of transgression phases in the western part of the Netherlands, compared with other phenomena, mainly determined by climate. (According to BENNEMA, 1954.)

Tijdens de „Fagusperioden" treedt in de palynologische diagrammen van de Faulensee Fagus temidden van Abies en Picea duidelijk naar voren. De dominantie van Fagus in de diagrammen van de Faulensee wijst op een daling van de grenzen van de beukengordel, zodat de Faulensee periodiek binnen de beukengordel kwam te liggen. Dit zou moeten wijzen op een koeler en vochtiger klimaat.

In 1952 publiceerde WELTEN nieuwe gegevens over de ontwikkeling van de bossen in de postglaciale tijd, aan de hand van een aantal pollendiagrammen uit veentjes en meerafzettingen van verschillende hoogteligging in het Simmental. In een zeer instructieve figuur vat hij de gehele bosgeschiedenis in dit deel van Zwitserland samen, voorzien van absolute dateringen en onderscheiden naar verschillende hoogten boven zee. Eén van zijn conclusies luidt dan, dat het gedrag van de beuk als een waardevolle aanwijzing voor klimaatveranderingen gezien moet worden. Niet alleen is dit het geval met de periodieke uitbreiding van de beuk naar lagere zones, maar ook de uitbreiding van de beuk naar boven is een even belangrijke aanwijzing. Verbreiding van de beukengordel naar boven, maar vooral ook naar beneden, schrijft WELTEN toe aan een meer oceanisch worden van het klimaat.

Uit de gegevens van WELTEN (1944 en 1952) kunnen we het volgende staatje opstellen van de perioden, waarin de beuk zich uitbreidde over hoger gelegen hellingen en van de perioden, waarin de beuk zich op lagere niveaus thuis voelde.

Uitbreiding naar hoger gelegen hellingen

550 n. Chr.—1200 n. Chr. (maximum ± 1000 n. Chr.)
250 v. Chr.—50 n. Chr. (maximum ± 100 v. Chr.)
950 v. Chr. — 650 v. Chr. (maximum ± 800 v. Chr.)
omstreeks 1300 v. Chr. (duidelijk maximum, maar klein)
omstreeks 1850 v. Chr. (zwak maximum)
3000 v. Chr.—2500 v. Chr. (maximum ± 2750 v. Chr.)

Uitbreiding naar lager gelegen hellingen

1300 n. Chr. (scherp maximum) } 850 n. Chr. tot 1250 n. Chr.: 4e Fagusperiode
900 n. Chr. (scherp maximum) }
200 n. Chr. tot 600 n. Chr.: 3e Fagusperiode
200 v. Chr. (vrij vaag, maar sterk maximum)
750 v. Chr. tot 450 v. Chr.: 2e Fagusperiode
900 v. Chr. (vaag, klein maximum)
1400 v. Chr. (vrij vaag, maar sterk maximum)
1900 v. Chr. (scherp maximum)
2400 v. Chr. (scherp maximum) } 2350 v. Chr. tot 3200 v. Chr.: 1e Fagusperiode.
3000 v. Chr. (scherp maximum) }

De boven opgesomde gegevens zijn verwerkt in fig. 27 en uitgezet tegen de tijd. Het valt hierbij op, dat het maximum van de uitbreiding naar beneden iets voorafgaat aan de uitbreiding van de beuk naar grotere hoogte en vooral aan het maximum daarvan. Er is hier als het ware een nawerking, die misschien verklaard kan worden doordat uitbreiding naar beneden scherper op het klimaat reageert dan uitbreiding naar boven en zich dan daarna ook minder goed kan handhaven.

Fig. 27. Vorming van oeverwallen, humeuze komkleilagen en laklagen, de bewoning en de bedijking in het rivierkleigebied in vergelijking met de Fagusperioden (WELTEN, 1944 en 1952) en de transgressiecyclussen langs de Nederlandse kust (BENNEMA, 1954).

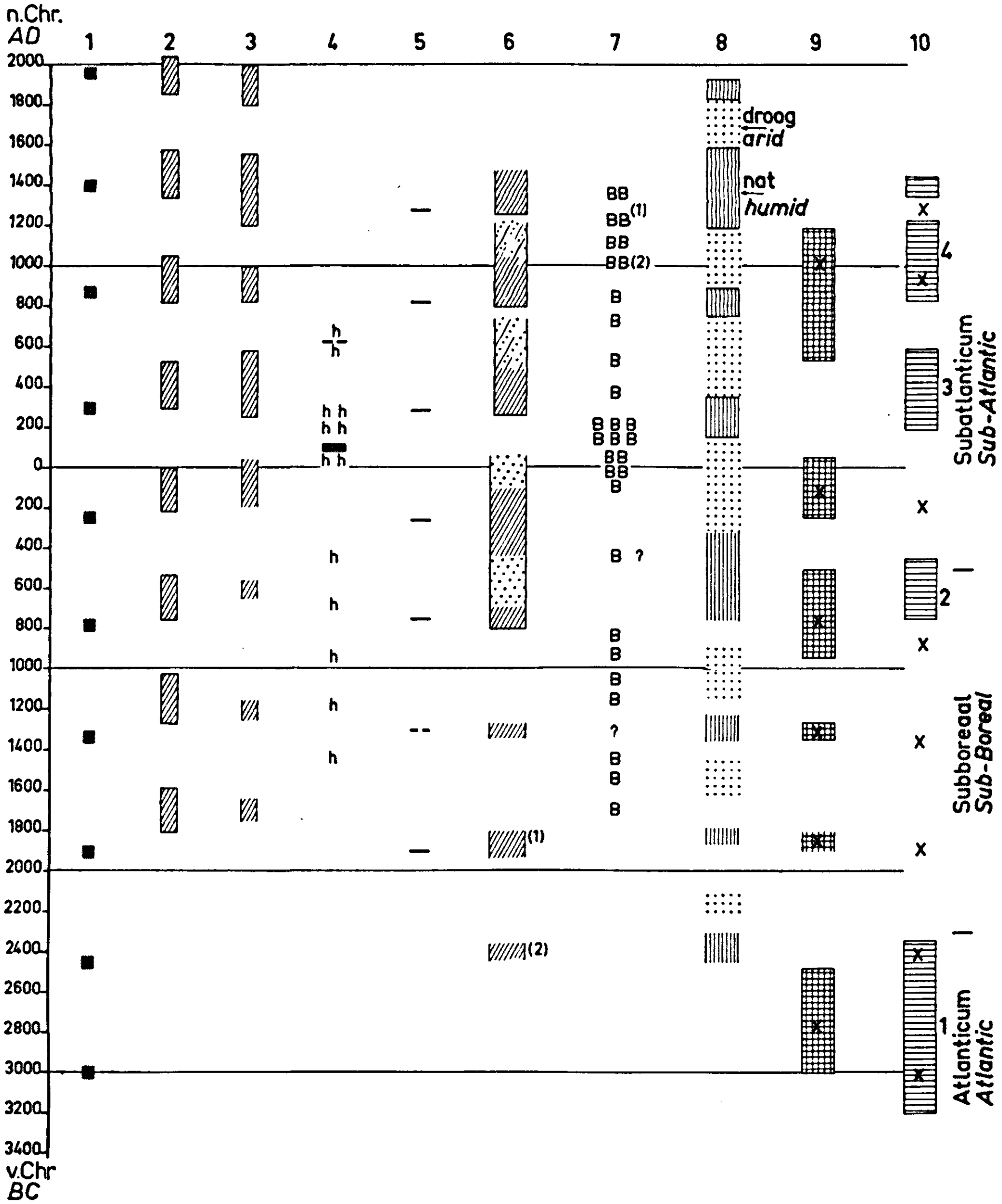


Fig. 27. Formation of natural river banks, humose back swamp clay layers and „lak"layers, the occupation and dike building in the river clay area, compared with the periods of the extension of the beech (WELTEN, *1944 and 1952) and the transgression phases along the Dutch coast* (BENNEMA, *1954).*

1 Theoretische perioden van 550 jaar met maxima van meer atlantisch getint klimaat.
Theoretical periods of 550 years with maxima of atlantic-like climate.

2 Theoretische perioden van transgressieactiviteit van 525 jaar volgens BENNEMA, 1954.
Theoretical periods of transgressions of 525 years according to BENNEMA, *1954.*

3 Transgressies langs de Nederlandse kust, volgens BENNEMA, 1954.
Transgressions along the Dutch coast according to BENNEMA, *1954.*

4 Humeuze lagen (h) en laklagen (—) in de komklei.
Humose layers (h) *and „lak"layers* (—) *in the back swamp clay.*

5 Maxima in de sedimentatie van rivierklei.
Maxima in the sedimentation of the river clay.

6 Sedimentatieperioden van de rivierklei.
Sedimentation periods of the river clay.
(1) Schaikse stroomrug.
River ridge of Schaik.
(2) Zijderveldse stroomrug.
River ridge of Zijderveld.

7 Bewoning van het rivierkleigebied.
Occupation of the river clay area.
1) Voltooiing van de bedijking.
Dike building.
2) Eerste bekadingen.
First embankments.

8 Klimaat in West-Europa (volgens „Climate and Man")
Climate in Western Europe (according to „Climate and Man").
Nat: langdurige perioden van klimaatverslechtering.
Humid: long periods of climate retrogression.
Droog: langdurige perioden van klimaatverbetering.
Arid: long periods of climate improvement.

9 en 10 Uitbreiding van de beuk in de Zwitserse Alpen (volgens WELTEN, 1944 en 1952).
The expansion of the beech in the Swiss Alps according to WELTEN, *1944 and 1952).*

9 Verschuiving van de grens naar grotere hoogten (x = maximaal).
Upward movement of the boundary (x = *maximum*).

10 Verschuiving van de grens naar lagere hoogten (x = maximaal). 1, 2, 3 en 4: verschillende beukentijden.
Downward movement of the boundary (x = *maximum*). *1, 2, 3 and 4: various beech periods.*

BENNEMA (1954) besloot tot opeenvolgende transgressiecyclussen met een periode van 525 jaar, waarmee hij de tot dan toe werkelijk vastgestelde transgressiefasen goed kon correleren. Daarnaast geeft hij nog een aantal andere door het klimaat beheerste verschijnselen weer, die goed in het door hem ontworpen beeld passen. Wij geven in fig. 26 de door BENNEMA gedachte samenhang tussen één en ander. Hierbij blijkt dat de transgressieverschijnselen en de door het klimaat te land veroorzaakte verschijnselen zo sterk samenvallen, dat slechts één factor hiervoor verantwoordelijk kan zijn, namelijk klimaatwisselingen. Ook in fig. 27 werden de theoretische transgressiecyclussen met een periode van 525 jaar volgens BENNEMA nog eens weergegeven.

In een andere kolom van fig. 27 geven wij een overzicht van de uit de literatuur bekende klimaatwisselingen voor West-Europa in 1941 door *U.S. Dept. of Agr.* verzameld, gebaseerd op archeologische onderzoekingen en historische berichten.

In het onderstaande zullen wij aantonen, dat het mogelijk is in de rivierafzettingen van het Land van Maas en Waal en de rest van het rivierkleigebied een soortgelijke onderscheiding te maken als in de zeeklei. Dit zou echter niet gelukt zijn zonder de steun van het archeologisch onderzoek van MODDERMAN (1951, 1955).

Op deze plaats is dan ook een bijzonder woord van dank verschuldigd aan dr. MODDERMAN, met wien wij een vruchtbare gedachtenwisseling hadden over de in hoge mate interessante gedragingen van de rivieren in deze perioden. Een en ander is samengevat in fig. 27 en wordt nader besproken in de volgende paragrafen.

Alvorens tot deze bespreking over te gaan dienen wij echter nog een algemene opmerking te maken. Vergelijken we in fig. 27 de verschillende gegevens met elkaar, dan valt ook weer direct de periodiciteit van de verschillende gebeurtenissen op. Deze periodiciteit is echter iets anders dan door BENNEMA werd voorgesteld en wij geloven dat het materiaal ruimte laat voor het vaststellen van een periodiciteit van 550 jaar.

Dat wij tot iets langere perioden komen dan BENNEMA ligt vooral aan de betere datering van de oudere verschijnselen, die sinds enkele jaren veel beter mogelijk is (BARENDSEN, 1955). Vooral de correlatie van onze perioden met de maxima van uitbreiding van de beuk naar lagere hellingen is zeer nauw, maar ook de verschijnselen in het rivierkleigebied zelf passen beter in het schema met perioden van 550 jaar dan in dat met perioden van 525 jaar.

We hebben dus rekening te houden met periodieke klimaatwisselingen. Tijden, waarin het klimaat meer oceanisch was, wisselen af met tijden met een meer continentaal getint klimaat. Een dergelijke cyclus wordt volbracht in 550 jaar. De vochtige en koele tijden, waarin het weer sterk onder invloed staat van depressies, die veroorzaakt zouden worden door een grotere luchtcirculatie op aarde ten gevolge van een andere ligging van de hogedrukgebieden, veroorzaken naast allerlei andere verschijnselen bijvoorbeeld ook een grotere afvoer van water door de rivieren. De vergrote afvoer heeft een groter vervoer van klei en zand ten gevolge en dit samen geeft aanleiding tot een periode, waarin de sedimentatie sterk op de voorgrond staat.

Verminderde luchtcirculatie geeft een klimaat met een sterkere continentale inslag; grotere temperatuurverschillen tussen zomer en winter; in het algemeen in West Europa minder neerslag, dus minder afvoer door de rivieren en weinig sedimentatie. Evenals BENNEMA (1954) gaan we uit van de gedachte, dat we ons op het ogenblik in een periode met een sterk oceanisch getint klimaat bevinden, gezien de zeer geringe afmetingen der gletschers in de Alpen en de verschijnselen langs de kust, die op een transgressieperiode wijzen.

5. SUBBOREALE AFZETTINGEN IN HET RIVIERKLEIGEBIED EN DE BEWONING DAAROP

Deze periode, die we in navolging van WELTEN (1952) rekenen van ca. 2300 v. Chr. tot ca. 500 v. Chr. staat als droog en betrekkelijk warm bekend. De voortgang in de sedimentatie van de rivieren was traag. Het organische bestanddeel van de zware sedimenten trad iets meer op de voorgrond, klaarblijkelijk ten gevolge van de geringe invloed van overstromingen. De rivieren verlegden zich weinig en de oeverwalvorming heeft weinig te betekenen gehad. Eén en ander komt tot uitdrukking in fig. 27.

In de gegevens van PANNEKOEK VAN RHEDEN (1945) zijn aanwijzingen te vinden voor een aanzienlijke verbreiding van een veenlaag op 2 m beneden maaiveld in het gebied van het kaartblad Tiel. VAN DIEPEN (1952) vond langs de Maaskant hetzelfde. In het Land van Maas en Waal vinden we humeuze komklei uit deze periode (bijlage III, profiel a6: Neerbosch, b1, e3 en e4: Overasseltsche Broek, e1: Afferden, d6 en e5: Bergharen, e2: Wezel). In de komgronden van het Dreumelse Veld reikt het Subboreaal tot 1,50 m beneden maaiveld (fig. 27). In dit profiel treedt op 200—240 cm beneden maaiveld een venige laag op, die van subboreale ouderdom is. Bij Winssen ligt de bovenkant van het Subboreaal op 2 m beneden maaiveld (bijlage III: f1 Winssense Broek). Dit schijnt wel de normale diepte te zijn. Uit fig. 21 volgt, dat de terrassenkruising in deze tijd slechts weinig naar het oosten is verlegd. Uit alles blijkt,

dat we met een periode van geringe activiteit der rivieren te maken hebben, waarbij weinig sedimentatie optrad en in de kommen venige of humeuze komkleilagen konden worden gevormd.

Uit de subboreale periode stammen de eerste bewoningsresten van het rivierkleigebied. Het zijn merendeels toevallige vondsten. MODDERMAN (1955) geeft aan, dat deze resten vooral afkomstig zijn uit een periode vanaf 1800 v. Chr. tot ca. 800 v. Chr., toen het rivierkleigebied blijkbaar vrij intensief bewoond is geweest. Het materiaal schijnt volgens MODDERMAN (1951) vooral uit het Jong-Neoliticum (1800 tot 1500 v. Chr.) en de Midden-Bronstijd (ca. 1200 tot 1000 v. Chr.) te stammen, maar materiaal uit de Oudste Bronstijd is zeer moeilijk te herkennen, zodat het schijnbaar ontbreken van vondsten nog niet op het ontbreken van de bewoning behoeft te wijzen.

Woonplaatsen met dateerbaar materiaal zijn slechts van enkele plaatsen bekend. In het Land van Maas en Waal werd onder Winssen een neolitisch schrabbertje gevonden, dat na onderzoek uit een grofzandige vóór-Romeinse afzetting afkomstig bleek te zijn. Het neolitische woonvlak is dus later, nog in vóór-Romeinse tijd verstoord. Ir. J. VAN DER LINDE vond in de Alblasserwaard woonplaatsen uit het aeneoliticum (ca. 1600 v. Chr.) en van Kesteren beschrijft MODDERMAN (1955) een woonvlak met materiaal uit de Bronstijd (ca. 1200 v. Chr. tot ca. 800 v. Chr.), gegevens die geheel bij het voorgaande aansluiten. Bovendien werd op deze laatste plaats (Kesteren) geconstateerd, dat tussen het Inheems-Romeinse woonniveau, dat zich in hetzelfde profiel boven het woonvlak uit de Bronstijd bevond, en het laatste niveau, in de ongestoorde sedimenten nog een stilstandsniveau aftekende.

De subboreale periode onderscheidt zich als geheel als een drogere periode van de eraan voorafgaande vochtige atlantische periode en ook van de erop volgende subatlantische periode. Oppervlakkig zou men dus kunnen denken, dat in de drogere, subboreale periode het rivierkleigebied in het algemeen beter bewoonbaar is geweest dan in de daaropvolgende vochtige, subatlantische periode. Toch is dit niet juist en wel omdat in het Subboreaal de hydrografische omstandigheden in het rivierkleigebied ongunstig waren.

Het stroomgebied van de rivieren was nog grotendeels onontgonnen en bebost en de gevallen regen werd regelmatig aan de rivieren toegevoerd. De rivieren vertoonden dan ook een zeer regelmatige waterstand, zonder extra hoge vloeden maar ook zonder extra lage standen. De oeverwallen werden zodoende niet hoog opgebouwd en het gehele gebied was zeer moerassig. De veenvorming strekte zich ook veel verder naar het oosten uit, zoals we reeds aantoonden. Het rivierkleigebied moet in die tijd dan ook een betrekkelijk slecht bewoonbaar, moerassig gebied geweest zijn.

Hoewel dus de beschreven subboreale tijd in zijn geheel als een rustige periode met een gunstig klimaat gezien moet worden, blijkt toch, dat tijdens deze periode de bewoonbaarheid tijdelijk goed en dan weer minder goed of vrijwel onmogelijk was. De eerste minder gunstige periode, waaruit ook aanwijzingen bekend zijn van belangrijke sedimentatie en van de uitbreiding van de beuk, is de periode direct voor 1800 v. Chr. (geen bewoning), waarin in de Vijfheerenlanden de rug van Schaik werd gevormd (DE BOER en PONS, i.v.) en in de Bommelerwaard de stroomrug van Bruchem—

Kerkwijk—Aalst (MODDERMAN, 1949). Een dergelijke periode is misschien ook voorgekomen van ca. 1400 tot ca. 1200 v. Chr., uit welke tijd evenmin bewoning bekend is, en waaruit ook geen aanwijsbare afzettingen bekend zijn. De oudste fase van de Schoonderwoerdse rug (DE BOER en PONS, i.v.) is gevormd òf in deze laatste periode, òf in een jongere periode.

6. SUBATLANTISCHE VÓÓR-ROMEINSE OEVERWALVORMING

Omstreeks 500 v. Chr. kwam aan de betrekkelijk droge en warme periode van het Subboreaal een einde. Het schijnt, dat een nieuwe periode met een oceanisch getint klimaat hiervoor verantwoordelijk moet worden gesteld. In Zwitserland daalt de bosgrens 200 tot 300 m (WELTEN, 1952) en de fijnspar breidt zijn verspreidingsgebied uit en dringt 400 tot 600 m dieper de dalen in.

Toch hebben ook in het Subatlanticum perioden met meer oceanisch getint klimaat afgewisseld met meer continentaal getinte tijden.

De eerste periode met een ongunstig klimaat menen we te mogen dateren van omstreeks 500 v. Chr. tot omstreeks 200 v. Chr. en gedurende deze tijd heeft het Land van Maas en Waal belangrijke oeverwalvorming ondergaan. Allereerst moet in dit verband het „Wijchense" Maasje worden genoemd (PONS, 1948) met zijn westelijke voortzetting en vertakkingen (fig. 28). In de Romeinse tijd heeft dit stroompje ongetwijfeld nog gefunctioneerd als belangrijke tak van de Maas. De stroombedding is bijna overal goed herkenbaar. Talrijk zijn de Inheems-Romeinse woonplaatsen langs de oevers. Het vervoer ging klaarblijkelijk in de Romeinse tijd nog per schip langs de open bedding (MODDERMAN, 1949a). Alleen onder Horssen en Altforst is de bedding met een dikke laag stroomruggrond van de middeleeuwse Maas opgevuld, maar de Inheems-Romeinse nederzettingen ontbreken niet. Bij Hernen en Leur vindt men humeuze komklei in de bedding, die slechts subatlantisch stuifmeel bevat (f7: Hernen, bijlage III). Hetzelfde geldt voor een geul van een zijtakje in het Dreumelse Veld (f8 Dreumelse Veld, bijlage III).

In het Dreumelse Veld konden de afzettingen van het „Wijchense" Maasje ook palynologisch worden gedateerd. Onder de na-Romeinse komklei ligt ongeveer 1 m zandige oeverwalgrond. Deze rust zelf weer op komklei, die elders in het Dreumelse Veld de jongste subboreale vorming vertegenwoordigt. Hieruit blijkt, dat het „Wijchense" Maasje in het begin van het Subatlanticum in een subboreaal komgebied is ingebroken. Voor de tak naar Maasbommel geldt hetzelfde ouderdomsbewijs.

De stroom is bij Nederasselt uit de Maas getreden. Bij Wijchen, Leur, Bergharen en Horssen stroomde het Maasje dicht langs het zand. Het is misschien niet toevallig dat in al deze zandgebieden, die door het „Wijchense" Maasje werden verbonden, zoveel inheemse en Romeinse bewoningssporen zijn gevonden.

Het is overigens aannemelijk dat tussen Overasselt en Ravenstein in Romeinse tijd de hoofdtak van de Maas heeft gelopen, ongeveer ter plaatse van de huidige Maas. Enkele Inheems-Romeinse woonplaatsen liggen onder de jongere oeverwal. De oude oeverwal is voor het grootste deel verdwenen en lag westelijk van Ravenstein

in hoofdzaak ten zuiden van de huidige Maas. Wij beschouwen de meander van Neerloon over Ravenstein, Niftrik naar Lienden als een rest van de post-Romeinse uitbochting van deze Romeinse Maas (fig. 28, zie bijlage VII). Bij Lienden en Batenburg liggen ook oude stroomruggen onder de jonge oeverwal, zoals overal in het westelijk deel van het Maaskantgebied. Waarschijnlijk boog de Romeinse Maas zich bij Batenburg wat meer naar het zuiden en zette zich dan verder hoofdzakelijk zuidelijk van de tegenwoordige Maas naar het westen voort.

Wanneer men de resultaten van het onderzoek van de bodemgesteldheid van de Maaskant (VAN DIEPEN, 1950, 1952) raadpleegt, lijkt het aannemelijk dat het zogenaamde secundaire stroomruggensysteem, met de grote stroombeddingen van Ossemeer enz., vanaf Haren tot Teeffelen de hoofdstroom van de Maas in Romeinse tijd heeft gevormd (fig. 28). Langs deze brede stroom met talrijke zijtakken vindt men vele woonplaatsen met inheemse en Romeinse bewoning (MODDERMAN, 1950). De Inheems-Romeinse woonplaatsen, die zich vlak ten zuiden van de huidige zuidelijke Maasdijk bevinden (zoals Dieden, Megen, Macharen, Teeffelen) en die soms zijn overdekt door latere sedimenten, moeten op oeverwallen van minder belangrijke zijtakken gelegen hebben. Deze zijtakken liepen naar het westen tussen de Romeinse hoofdstroom en de tegenwoordige Maas. Ten noorden van de huidige Maas in het Land van Maas en Waal zijn westelijk van Batenburg geen Inheems-Romeinse vondsten gedaan (behalve in Berghuizen bij Maasbommel, maar deze ligt op een van het noordoosten komende zijtak van het „Wijchense" Maasje). De stroombeddingen, die bij deze laatste, blijkbaar minder belangrijke stroomruggen behoorden, zijn later geheel opgeruimd of overdekt met jonge sedimenten. Ook de stroomruggen van Lithoyen naar het zuidwesten zullen in aanleg Romeins zijn en een voortzetting vormen van de hoofdbaan van de Romeinse Maas. Lith en Lithoyen lagen zodoende direct aan de hoofdbaan, terwijl bij Maren de Romeinse Maas de huidige Maas ontmoette. In alle drie plaatsen is inheemse en/of Romeinse bewoning gevonden; echter niet in Kessel, wat met onze gedachten in overeenstemming is.

Samenvattend kunnen we dus aan de hand van fig. 28 (bijlage VII), waarop het één en ander is voorgesteld, zeggen, dat de Maas in Romeinse tijd van Heumen tot Nederasselt ongeveer dezelfde loop bezat als tegenwoordig. Bij laatstgenoemde plaats gaf ze een zijtak naar het noorden af, het „Wijchense" Maasje, dat zich via Wijchen—Leur—Bergharen—Horssen—Altforst naar Oude Maasdijk en verder naar het westen slingerde. De hoofdtak van de Romeinse Maas liep van Nederasselt via Ravenstein—Batenburg—Haren—Macharen—Teeffelen—Lithoyen en Lith naar Maren. Ter weerszijden van deze hoofdtak, maar vooral ten noorden ervan, bezat ze, evenals het „Wijchense" Maasje, vele zijtakken, die later overdekt zijn door jongere oeverwallen van de huidige Maas.

Het secundaire stroomruggensysteem van de Maas was volgens VAN DIEPEN (1952) tegelijk met de oude oeverwallen langs de binnenwaarts gelegen stromen (Ossemeer enz.) omstreeks 100 v. Chr. voltooid. Dit systeem is echter jonger dan dat van het „Wijchense" Maasje in het Land van Maas en Waal, want de secundaire oeverwallen van de Maaskant rusten op oude subatlantische, humeuze komklei,

terwijl de oeverwallen van het „Wijchense" Maasje in het Dreumelse Veld op venige klei rusten, dat op de grens van het Subboreaal en het Subatlanticum is gevormd. Misschien liep de Maas in het westen op de overgang Subboreaal—Subatlanticum ongeveer ter plaatse van de tegenwoordige Maas en ontwikkelde zich eerst in noordelijke en kort daarop in zuidelijke richting.

Aan de Waalzijde heeft iets dergelijks plaatsgehad. Bij Beuningen splitste zich in vóór-Romeinse tijd een Rijntak naar het zuidwesten af, die in een boog langs Ewijk en Winssen weer naar het noordwesten liep (fig. 28). De bedding van deze stroomrug is niet teruggevonden doordat ze met na-Romeinse stroomrugklei is opgevuld, maar de oevers zijn in het begin van de jaartelling dicht bewoond geweest. Het gebied vormde stellig één geheel met de Betuwe, zoals ook MODDERMAN (1951) opmerkte.

De betreffende voor-Romeinse oeverwal is maar dun. Onder Winssen vindt men op 2 m diepte reeds komklei. In het zand en grind van deze oeverwal is een neolitische schrabber op secundaire ligplaats gevonden. De rug is dus gevormd tussen het einde van het Neoliticum en de Jonge-IJzertijd (ca. 1800 tot ca. 100 v. Chr.).

7. VÓÓR-ROMEINSE SUBATLANTISCHE OEVERWALLEN BUITEN HET LAND VAN MAAS EN WAAL EN DE MAASKANT

Vergelijken we het Land van Maas en Waal met andere rivierkleigebieden, dan blijkt dat in de Betuwe verscheidene oudere oeverwallen door post-Romeinse zijn bedekt (PONS en MODDERMAN, 1951). Het stroomruggensysteem van Elst moet in de Romeinse tijd gefunctioneerd hebben, evenals de zijtakken naar Driel en Homoet. Dit was ook het geval met de stroom van Valburg naar Zetten. De Rijn liep iets zuidelijker dan tegenwoordig. De rug van Ochten over Echteld naar Maurik is van veel oudere datum dan Romeins en is onbewoond gebleven. De (Beneden-) Linge lag in de Romeinse tijd ongeveer ter plaatse van de huidige Linge. Alleen het stuk van Arkel naar Gorinchem is jonger (PONS, 1951a).

Alle oude veenstromen in de Vijfheerenlanden blijken volgens PONS (1951a) en DE BOER en PONS (i.v.) vóór-Romeins te zijn. Eén van deze stromen, die van Schoonrewoerd—Leerbroek—Meerkerk, is in het begin van het Subatlanticum met geweld opnieuw ingebroken, getuige de grote hoeveelheden zand, die in het veenlandschap zijn gedeponeerd. Alleen deze stroom is in het Subatlanticum in werking geweest en droeg vrij uitgebreide bewoning in de IJzertijd.

In de Bommelerwaard was de stroom over Zaltbommel, Gameren, Zuilichem en Poederoyen in de Romeinse tijd in werking (EDELMAN e.a., 1950). De bedding van de centrale rug over Bruchem en Kerkwijk heeft misschien toen ook nog gewerkt, maar de rug is hoogstwaarschijnlijk van veel oudere datum (MODDERMAN, 1949a). In het zuiden van de Bommelerwaard bevinden zich oudere oeverwallen, zowel van de Maas als van de Rijn, onder de jongere. Het Land van Heusden en Altena wordt eveneens door stromen doorkruist, met Inheems-Romeinse bewoning langs de beddingen.

In de Liemers vond PONS (1953a, 1953b) onder de jonge oeverwal enkele op oudere stroomruggrond gelegen Inheems-Romeinse woonplaatsen (MODDERMAN, 1953b). Deze oude stroomrug komt bij Zevenaar onder de dijk door, om bij Groessen weer naar

het westen te verdwijnen. Het deel van de IJssel, dat tussen Westervoort en Doesburg ligt, bestond nog niet toen de Romeinen in ons land kwamen (PONS, 1953b) (zie ook fig. 38).

In de Ooypolders vonden we nergens een Romeinse oeverwal binnen 1,30 m diepte. Waarschijnlijk was dit gebied in de Romeinse tijd een kom tussen de Rijn en de heuvels (PONS, 1951c).

8. HET KLIMAAT, DE AFZETTINGEN EN DE BEWONING VAN CA. 200 V. CHR. TOT CA. 250 N. CHR.

Na het vochtige en koele begin van het Subatlanticum verbetert het klimaat weer zodanig, dat weldra van een vrij dichte bewoning in het rivierkleigebied sprake kan zijn. Het begin van deze periode is moeilijk vast te stellen wegens de eenvormige stijl van het aardewerk uit deze tijd, maar volgens MODDERMAN (1955) moeten we hier ongeveer denken aan ca. 100 v. Chr. of iets vroeger. Uit de gegevens van WELTEN (1952) valt op te maken dat omstreeks 100 v. Chr. à 50 v. Chr. een klimaatverbetering intreedt, daar de beuk zich dan weer van hoger en lager gelegen plaatsen terugtrekt naar een smalle zone op een hoogte van omstreeks 500 m (fig. 27). De rivieren overstroomden de kommen zelden. De oeverwallen werden weinig hoger opgebouwd. Op moerassige plaatsen ontstond veen of werden sterk humeuze komkleiafzettingen van geringe dikte gevormd (men zie de profielen f8 en f9: Dreumelse Veld van bijlage III). Op hogere plaatsen in de kommen kwam zeer zware klei tot afzetting, die zich nu als een donker gekleurde profiellaag voordoet: de laklaag (fig. 30). Zijwaarts gaat deze laklaag over in de eveneens zwarte bewoningslagen (Inheems-Romeins) op de stroomruggen en in venige kleilagen op de lagere plaatsen (fig. 31). VAN DIEPEN (1952) vond hetzelfde in het Maaskantgebied.

De laklaag is in het Land van Maas en Waal zeer algemeen en vergemakkelijkt het onderscheid van oudere en jongere komklei. Ook op andere plaatsen in het profiel traden wel laklagen op, maar deze zijn nooit zo uitgesproken, als die uit de Romeinse tijd. Men krijgt de indruk dat de meeste stroombeddingen, die in de aan de Romeinse tijd voorafgaande periode van versterkte oeverwalvorming gevormd waren, in de Romeinse tijd zelf nog intact waren. De bewoners maakten gebruik van de bevaarbare geulen, hetgeen aan de ligging van de woonplaatsen vaak is na te gaan. Het is waarschijnlijk dat langzamerhand een aantal beddingen dichtslibde. De bewoning, die omstreeks 100 v. Chr. of nog iets vroeger in het rivierkleigebied begon en die aangeduid wordt als „inheems" is voor de verschillende gebieden beschreven door MODDERMAN (1949a, 1949b, 1950, 1951, 1953a, 1953b).

Wanneer men behalve of in plaats van inheems aardewerk scherven van Romeins geïmporteerd aardewerk aantreft, duidt dit erop, dat de inheemse bewoning meer of minder sterk onder invloed van de Romeinen heeft gestaan. Deze bewoningsperiode wordt aangeduid als de Romeinse. MODDERMAN heeft in 1952 en in 1955 van de bewoning uit deze perioden in het tot dan toe onderzochte rivierkleigebied een overzicht gegeven.

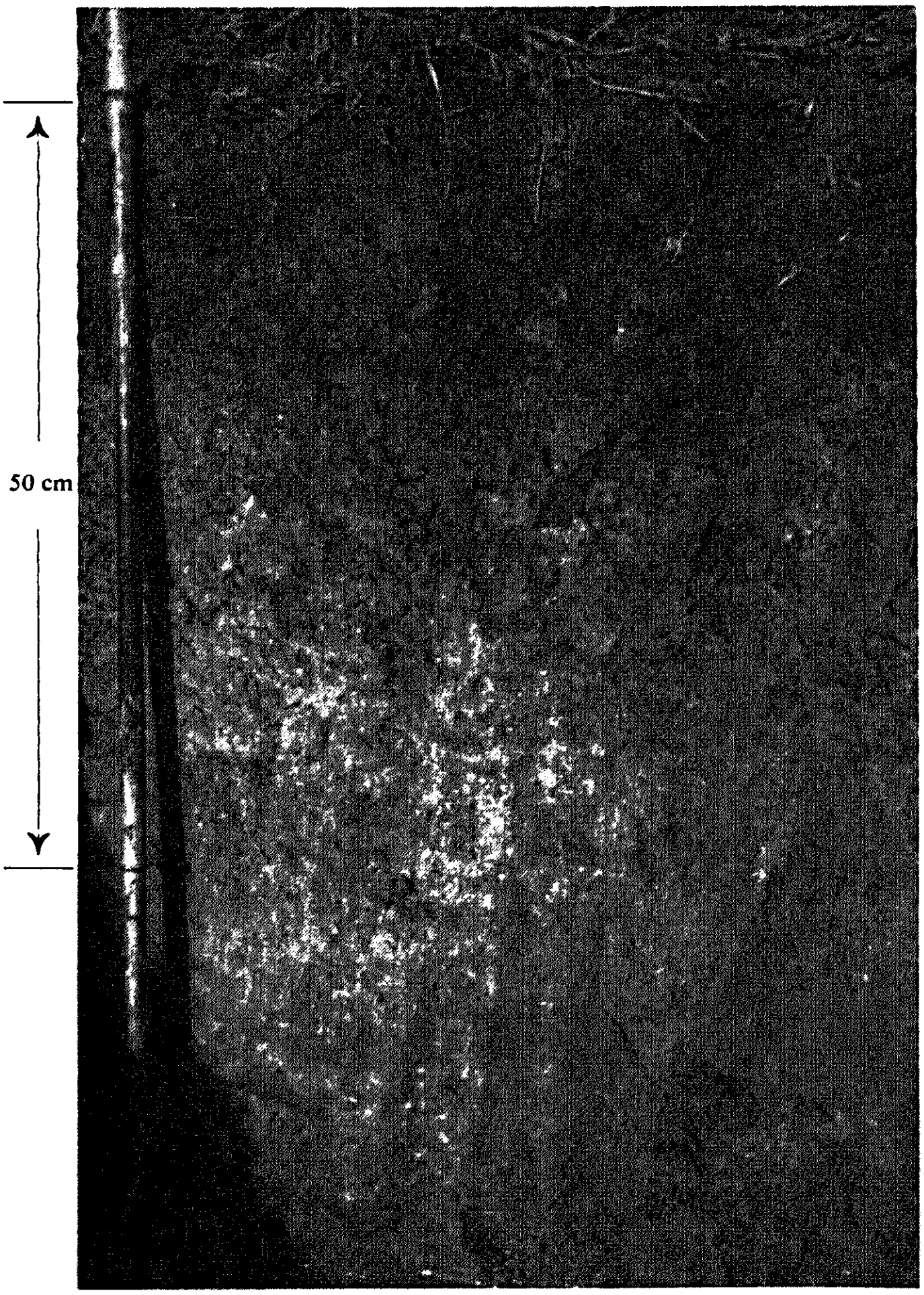


Fig. 30.
Komkleigrond met een laklaag uit het Leeuwense Veld bij Leeuwen. De bovengrond bestaat uit sterk humeuze zeer zware klei. Dit is te zien aan de tot ca. 20 cm diepte donker gekleurde laag. Daaronder volgt grijze, roestige (tot ca. 40 cm), zeer zware klei, die bovenin tot ca. 60 cm enigszins gescheurd is. Hier bevindt zich een ca. 10 cm dikke, iets donkerder gekleurde „gladde" laag (laklaag). Daaronder volgt de wat brokkeliger klei van de ondergrond, die eveneens roestig is.

Fig. 30.
Back swamp clay soil with a „lak" layer from the Leeuwense Veld near Leeuwen. The topsoil consists of very humose, very heavy clay. Notice therefore the upper 20 cm dark-coloured layer. Underneath follows grey, rusty very heavy clay (to about 40 cm), somewhat cracked down to about 60 cm. Here lies a somewhat darker coloured „smooth" layer („lak" layer) with a thickness of ca. 10 cm overlying the crumbly, also rusty clay of the subsoil.

Foto: L. J. Pons.

Fig. 31. Het horizontale verband tussen venige tot humeuze komkleilagen, laklagen en oude bewoningslagen in het rivierkleigebied.

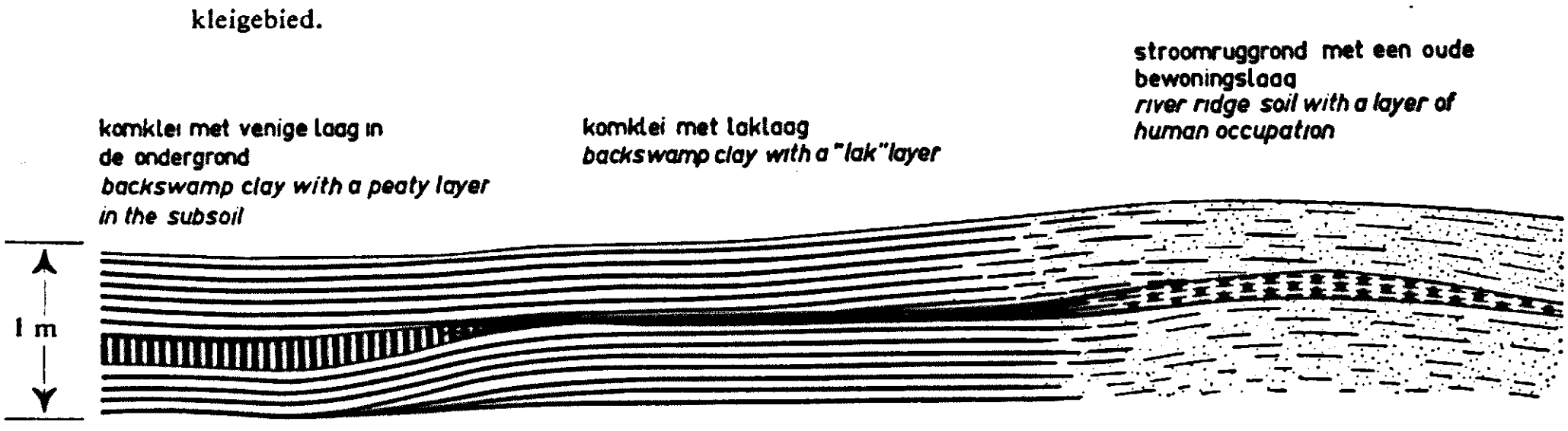


Fig. 31. Horizontal relation between peaty to humose back swamp clay layers, „lak"layers and occupation layers in the river clay area.

In fig. 28 (bijlage VII) hebben wij ook naast de oeverwallen uit de laatste voor-Romeinse overstromingsfase, de Inheems-Romeinse woonplaatsen, die op deze oeverwallen en op de daartussen liggen zandgronden plaatshad, aangegeven. Verder gaven wij op deze figuur aan de Koningsstraat, die volgens EDELMAN (1950a), MODDERMAN (1951, 1952), KAKEBEEKE (1952) en EDELMAN—VLAM en EDELMAN (1955) vrijwel zeker ongeveer op de plaats ligt van de zuidelijke Romeinse weg door het rivierkleigebied van de Peutingerkaart. Daar de afzettingen van post-Romeinse overstromingen de Romeinse weg op vele plaatsen bedekken, geeft de huidige Koningsstraat niet de juiste plaats aan van de Romeinse weg, maar een benaderde, KAKEBEEKE (1952) wees nog op de wegnaam: Twaalfmijlse afweg onder Druten, die hij in verband brengt met het station Ad duodecimum, dat langs de zuidelijke route van de weg (Peutingerkaart) gelegen heeft.

Tevens hebben we de door ons onderzoek en de door EDELMAN—VLAM en EDELman (1955) nader opgespoorde en vermelde „Hostert"-namen aangegeven. Deze duiden volgens de laatste schrijvers op oude woonplaatsen, die speciaal in verband staan met Romeinse wegen.

9. HET KLIMAAT VAN OMSTREEKS 250 N. CHR. TOT HET EINDE VAN DE MIDDELEEUWEN

Halverwege de 3e eeuw n. Chr. is de betrekkelijke rust van de twee eerste eeuwen van onze jaartelling geëindigd. Wij vinden dan de sporen van sterke overstromingen. Langs de kust beginnen overal de overstromingen van de laat-Romeinse transgressiefase (BENNEMA, 1954). In de venen gaat de groei van het jonge mosveen, dat hier en daar met het begin van het Subatlanticum aangevangen was, na een stagnatie verder (WATERBOLK, 1954). WELTEN (1944) laat omstreeks 200 n. Chr. zijn derde Fagusperiode beginnen; blijkens de grotere dikte en het hogere humusgehalte van de jaarlijkse meerafzettingen in de Faulensee, nam de hoeveelheid afgevoerd water weer zeer toe. Blijkbaar zette omstreeks deze tijd een plotselinge verandering van het klimaat in oceanische richting in. In het Nederlandse rivierengebied zien we omstreeks 250 n. Chr. zeer ingrijpende veranderingen optreden. Het half verlande rivierenstelsel, waarvan de oeverwallen zo intensief bewoond waren in de eeuwen rond het begin van de jaartelling, geraakte buiten werking en er ontstond een grotendeels nieuw stelsel. In Midden-West-Nederland werden vanaf deze tijd grote delen van het veengebied door rivierklei overdekt (PONS, 1951a; DE BOER en PONS, i.v.), waardoor aan de veengroei hier een einde kwam.

In de tien eeuwen tussen het begin van deze veranderingen en de definitieve bedijking van het rivierkleigebied is het klimaat uiteraard niet constant geweest. Behalve een duidelijk vochtige oceanische periode, waarvan met zekerheid het begin te stellen is in de 2e helft van de 3e eeuw n. Chr., zijn er in de middeleeuwen nog een tweetal meer oceanisch getinte perioden geweest. De gegevens van WELTEN (1944, 1952) wijzen op een sterke uitbreiding van de beukenzone naar boven en naar beneden, waarvan het maximum omstreeks 900 à 1000 n. Chr. ligt en ten slotte nog op een

kleinere uitbreiding van de beuk naar beneden omstreeks 1300 n. Chr. (fig. 27). De vierde beukentijd van de Faulensee, een aanwijzing voor een koeler en regenrijker klimaat, duurt van 850—1150 n. Chr., terwijl omstreeks 1450 n. Chr. nog een kleine beukentijd voorkomt.

De transgressiefasen uit deze tijd, een andere aanwijzing voor een winderig, koel en regenrijk klimaat, stelt BENNEMA (1954) op ongeveer 800—1000 n. Chr. en 1200—1550 n. Chr. Het valt hierbij op, dat de eerstgenoemde korter is dan normaal en de laatste langer dan normaal, wat bij deze laatste vooral ligt aan het „te vroeg" beginnen van het minder gunstige weer. Opvallend is verder dat ook het eerste maximum van de uitbreiding van de beuk (950 n. Chr.) aan de late kant ligt en het tweede maximum (1300) weer aan de vroege kant, terwijl juist de andere maxima zo goed overeenkomen met de door ons aangegeven theoretische periode van 550 jaar (fig. 27). Tussen de datering van de transgressiefasen en de oceanische perioden, die gebaseerd kunnen worden op het onderzoek van WELTEN (1944, 1952), is zeer goede overeenstemming.

De verschillen tussen de afzettingen uit laat- en na-Romeinse tijd ten opzichte van elkaar zijn echter niet zo groot, dat het overal gelukt is de afzettingen duidelijk in twee of drie groepen te onderscheiden. Daarom wordt in de volgende paragrafen het gehele laat- en na-Romeinse pakket als één geheel beschouwd, terwijl we aan het slot zullen aangeven, wat volgens ons meer tot de jongere, tot de jongste en tot de oudere periode gerekend moet worden (hst. III.17).

10. LAAT- EN NA-ROMEINSE OVERSTROMINGEN

In het begin van de derde eeuw n. Chr. was het gehele rivierengebied en ook het Land van Maas en Waal (met uitzondering van het meest westelijke gedeelte) intensief bewoond. Na omstreeks 250 n. Chr. vinden we vrijwel nergens in het Land van Maas en Waal meer sporen van bewoning, zelfs niet op het zand.

In het Land van Maas en Waal zijn bijna alle vindplaatsen uit de Romeinse tijd, behalve de allerhoogst gelegene, door jongere klei overdekt. Nadat dit was vastgesteld, kon het jongere dek ook daar herkend worden, waar het niet op oude woonplaatsen rust. Het bleek, dat het dek gevormd is door de Waal en de Maas ongeveer in hun huidige vorm.

De verschillen tussen de jonge en de oudere klei zijn:

1e. Het jonge dek is zeer gelijkmatig wat de mechanische samenstelling betreft, zowel in horizontale als in verticale richting. In de oude oeverwallen daarentegen vindt men de bekende heibanen en zeer duidelijk horizontale verschillen.

2e. Het jonge kleidek is meestal egaal bruin. Op lage plekken vindt men wel grijze reductiekleuren, maar ze zijn nooit zeer krachtig. Ook de roestkleuren zijn weinig sprekend en mangaanvlekken zeldzaam. De oudere klei is bont gekleurd door bleke of donkergrijze reductievlekken, fel oranjebruine roestvlekken en veel zwarte mangaanconcreties.

3e. De jonge Rijnkleien met minder dan 60 % afslibbaar zijn bijna steeds flink kalkhoudend; de oudere kleien zijn meestal oppervlakkig ontkalkt. Dit verschil bestaat niet tussen de beide Maaskleien, doordat beide kalkarm zijn afgezet. Het onderscheiden van de beide Maaskleien bleek niet zo gemakkelijk als van de Rijnkleien, maar het is ten slotte toch wel gelukt, waarbij ons vooral het relatief grote mangaangehalte van de oude Maaskleien te hulp kwam.

De verticale opbouw van de jonge dekken is niet overal gelijk. Soms is op de Romeinse laklaag, ook ter plaatse van de tegenwoordige oeverwallen, eerst nog komklei afgezet, b.v. bij Beuningen, in het zuiden van de polders van Ewijk en Winssen, verder in Leeuwen en Wamel en langs de Maas bij Appeltern, Maasbommel en Alphen. Blijkbaar waren de rivieren de Maas en de Waal bij de genoemde plaatsen nog niet erg belangrijk of nog tamelijk ver verwijderd. Spoedig werd op de genoemde komklei zeer zandig en later zandige klei afgezet. Deze zandige oeverwalvorming kan ook direct op de Romeinse laklaag liggen.

De bovenste afzetting is weer zandiger, hetgeen betekent, dat de rivieren in een periode vóór de bedijking weer wilder werden. We vestigden er al de aandacht op, dat deze afzettingen werden gevormd door de Waal en de Maas in de huidige vorm. De dikte van de gezamenlijke laat- en na-Romeinse afzettingen neemt af naar het centrum: van meer dan 1 m (soms 1,50 tot 2,00 m) bij de rivier (oeverwal) tot 40—50 cm in het centrum (kom). Ook het zandgehalte en de grofheid van het zand nemen van de rivier naar het centrum van de kom af. Aan de rand vindt men zeer zandig materiaal, dat zeer geleidelijk overgaat in zware en zeer zware komklei. Het karakter van de vóór-Romeinse oeverwallen is geheel anders. Deze bevatten de bekende heibanen. Zij zijn smal en vrij hoog ten opzichte van hun kom. De laat- en na-Romeinse hebben meer het karakter van dunne lagen, die grote stukken van het Romeinse landschap bedekken.

11. MORFOLOGIE VAN HET JONGE KLEIDEK IN HET LAND VAN MAAS EN WAAL

Langs de Waal is de jonge oeverwal zeer breed. In het oosten ligt de dijk bijna geheel op het zeer lichte deel van deze oeverwal, die ononderbroken doorloopt. Naar het westen liggen de zandige delen van het jonge dek meer apart, gescheiden door zwaardere terreinen. De grens tussen de zeer zandige en meer normale oeverwal-gronden loopt dan ook niet parallel aan de dijk, maar vertoont inhammen, zoals bij Winssen, Afferden, Leeuwen en Wamel. Tot op zekere hoogte kan men deze plekken in verband brengen met buitenbochten van de rivier. Deze tendens is duidelijk langs de Maas (Nederasselt, Niftrik, Batenburg, Maasbommel, Alphen) en ook wel langs de Waal (Winssen, Afferden). Ten gevolge van de sterke stroming werd het zand vooral in de buitenbochten uit de bedding geslingerd.

Van Nijmegen tot Deest doet zich echter nog een ander verschijnsel voor. Op de jonge oeverwal, te beginnen op ongeveer 200—500 m uit de dijk, vindt men een aantal overloopgeulen die naar de kom kunnen worden vervolgd tot daar waar de normale stroomruggrond zwaar wordt (fig. 32). De geulen zijn niet dieper dan 1 m en tot 50 m breed.

Hun samenhang met het jonge dek blijkt uit het feit, dat ze in geen enkele relatie staan tot de Inheems-Romeinse woonplaatsen. Ze zijn bijna alle gebruikt voor de aanleg van wegen, juist zoals in Zeeland, waar ook de wegen in de oude kreekbeddingen liggen. Het kronkelende ingewikkelde wegennet van Beuningen is geheel in de overloopgeulen aangelegd. Het wegennet van Ewijk ziet er minder kronkelend uit, terwijl men in Winssen en Deest slechts rechte beddingen en dus rechte wegen aantreft. De latere middeleeuwse bewoning van Beuningen, Ewijk en Winssen is aan de behandelde overloopgeulen gevestigd.

Langs de Maas treft men dergelijke overloopgeulen slechts aan tussen Heumen en Overasselt. Ze zijn recht. Ook hier vindt men wegen in de geulen, maar geen belangrijke, want het hoger gelegen zand bood overal een betere gelegenheid tot bewoning en wegenaanleg.

Fig. 32. Oeverwallenlandschap van Beuningen.

(Luchtfotoarchief van de Stichting voor Bodemkartering, Bennekom. Opname Geallieerde Luchtmacht 12-9-'44, schaal ca. 1 : 20 000).

Fig. 32. Riverbank landscape of Beuningen.

(File of aerial photographs of the Soil Survey Institute, Bennekom. Photo: Allied Air Force 12-9-'44, appr. scale 1 : 20,000).

8 Overlooking channels over the river bank.

A Shoothering ground.

River wide mouth.

B Overgrown edge.

River bank soil.

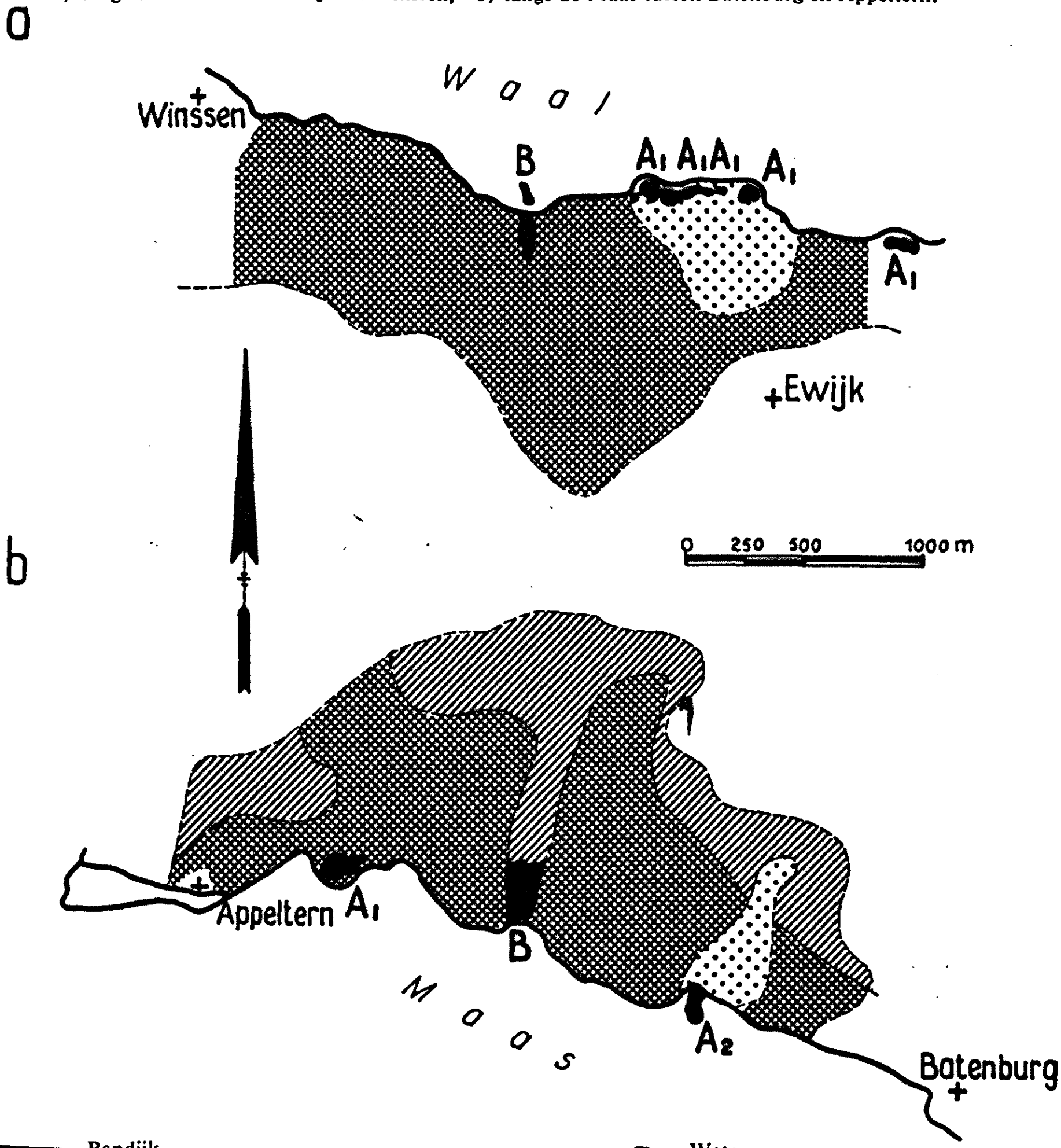
C River silt.

River flow.

12. DOORBRAAKGEULEN

Op een aantal plaatsen langs de dijken van de Maas en de Waal vindt men wielen, die niet het gevolg zijn van dijkdoorbraken, maar ouder zijn dan de bedijking (PONS, 1953c). Het zijn min of meer langwerpige, vrij diepe tot ondiepe gaten, die steeds het centrum vormen van kleiige zandpakketten (fig. 33).

Fig. 33. Twee afgedamde oeverwalgaten met oevergronden en enkele dijkdoorbraken met overslaggronden in het Land van Maas en Waal en het Rijk van Nijmegen:
a) langs de Waal tussen Ewijk en Winssen, b) langs de Maas tussen Batenburg en Appeltern.



Het oevergrondpakket hangt horizontaal samen met de stroomruggronden buiten het pakket.
The river bank soils are horizontally connected with the river ridge soils.

Fig. 33. Two dammed gaps of a river bank with river bank soils alongside and some dikebursts with dikeburst deposit soils:
a) along the river Waal between Ewijk and Winssen, b) along the river Meuse between Batenburg and Appeltern.

Ze verschillen van dijkdoorbraakkolken in de volgende opzichten:

1e. De doorbraakgeulen zijn langgerekt (fig. 34); de dijkdoorbraakkolken meer rond van vorm. Enkele dijkdoorbraakkolken zijn ook min of meer langgerekt, o.a. de kolk bij Weurt en de Duivelswaay bij Beuningen.

Fig. 34. Overzicht vanaf de dijk op een oeverwaldoorbraakgeul. Het wateroppervlak heeft een langgerekte enigszins naar rechts gebogen vorm. Het water is niet erg diep. Op de plaats, waarvan de foto genomen is, is deze geul destijds door een dam van de rivier afgesloten.

Foto L. J. Pons

Fig. 34. View from the dike on a river bank breach channel. The pool has a long-drawn form somewhat bending to the right. The water is not deep. On the spot where the picture was taken, the channel has been cut off from the river by a dike.

2e. Indien de doorbraakgeulen ouder zijn dan de bedijking, moeten zij bij de bedijking zijn afgedamd. Dit is juist hetgeen men waarneemt. De dijken zijn duidelijk aangesloten op de dammen, die eerst door de doorbraakgeulen zijn aangelegd. Bij dijkdoorbraken is de situatie geheel anders. Nadat het gat gevormd is, moet de dijk, hetzij binnen, hetzij buiten het gat om worden gelegd. Deze werkwijze heeft een zeer typisch dijkbeeld ten gevolge. In de jongere tijd werden kleine gaten gedicht en dan kwam de dijk wel over het gedichte gat te liggen, maar vroeger deed men dit nooit.

3e. De grote dijkdoorbraken kunnen bijna steeds worden gedateerd. De doorbraakgeulen, hoe groot van afmeting ook, kunnen echter nooit met een historische datum in verband worden gebracht.

4e. Dijkdoorbraakkolken zijn veel dieper dan doorbraakgeulen van gelijke afmetingen.

5e. De afzettingen zijn in beide gevallen verschillend. Achter dijkdoorbraken kunnen zeer grove en grindrijke afzettingen worden aangetroffen. Soms treft men heel weinig materiaal aan; soms is het later grotendeels opgeruimd. Het geheel van de afzettingen langs een oeverwalgat is meestal zeer zandig en weinig grindhoudend en maakt een natuurlijke indruk, daar het zijdelings geleidelijk zwaarder wordt en dan niet meer te onderscheiden is van de normale stroomruggronden. Complicaties ontstaan, wanneer dijken doorbreken op plaatsen, waar vlak achter de dijk veel zandige stroomruggrond ligt, hetgeen dikwijls het geval was.

In 1946 beschreef PIJLS dat de dijkdoorbraken in de Betuwe bij voorkeur opgetreden zijn, daar waar de zandkern van een oudere stroomrug de dijk kruist. In het Land van Maas en Waal ontstonden de doorbraken voornamelijk op plaatsen, waar

de dijk op zandige stroomruggrond rust. Deze samenhang van dijkdoorbraken en jonge, zandige stroomruggrondpakketten heeft aanleiding gegeven tot een overschatting van de hoeveelheid echte overslaggronden in de publikaties over de Bommelerwaard (EDELMAN e.a., 1950), de Betuwe (EGBERTS, 1950) en de Maaskant (VAN DIEPEN, 1952), al heeft HOEKSEMA (in EDELMAN e.a., 1950) er reeds op gewezen, dat een groot gedeelte van de bodemreeksen Ro (overslaggronden) als zeer zandige natuurlijke overslagen moet worden beschouwd.

De doorbraakgeulen kunnen duidelijk van de overloopgeulen (hst. III.11) worden onderscheiden:

1e. Door hun vorm. De overloopgeulen zijn langgerekt, smal, vaak kronkelend en ondiep. De doorbraakgeulen zijn kort, breed en betrekkelijk diep.
2e. De overloopgeulen liggen temidden van gewone stroomruggronden; de doorbraakgeulen liggen in de lichte oevergronden.
3e. De middeleeuwse bewoning en wegen zijn geconcentreerd langs de overloopgeulen; langs de doorbraakgeulen komt geen middeleeuwse bewoning voor en men vindt er geen wegen in.

Zowel langs de Maas als langs de Waal treft men deze oeverwaldoorbraken aan. Langs de Maas ligt een duidelijke bij de Ewijkse Hof onder Overasselt. Het Molenwiel bij Nederasselt moet als een oeverwaldoorbraak opgevat worden en bestond zeer waarschijnlijk reeds vóór de bedijking. In 1699 liep de dijk ter plaatse geheel anders en de Neder- en Overasseltse uiterwaarden lagen in die tijd nog binnen de dijk. Toen was blijkens de documenten het Molenwiel reeds aanwezig. Dat het vóór 1699 ontstaan zou zijn is hoogst onwaarschijnlijk, aangezien het water dan over de uiterwaarden een gemakkelijke uitweg naar het noordoosten zou hebben gehad.

Voorts is een grote oeverwaldoorbraak bij Appeltern (Spikswiel) nog duidelijk te herkennen (fig. 33).

Langs de Waal treffen we twee typische oeverwaldoorbraakgeulen aan bij Leeuwen, één in Druten en de oeverwaldoorbraakgeul tussen Ewijk en Winssen. Deze laatste is met zijn afzettingen voorgesteld in fig. 32. Behalve de hier genoemde zijn er nog andere geweest, maar die zijn door latere dijkverleggingen op de uiterwaarden terechtgekomen en daar door de rivier opgeruimd.

13. AFVOER VAN HET KOMWATER

In de kommen van het oostelijk deel van het Land van Maas en Waal kon zich veel water verzamelen, dat moeilijk weg kon in verband met de grote zandrug in het centrum. Aangezien hoogwater bij de Maas en de Waal veelal niet terzelfder tijd optreedt, zal het herhaaldelijk gebeurd zijn, dat de noordoostelijke kom geheel gevuld was, terwijl de zuidelijke kommen maar weinig water hadden. Tussen Hernen en Leur bevond zich een laag punt in de stuifzandrug en daar is de noordoostelijke kom overgelopen, waarbij het gat door een flinke stroom diep uitgeschuurd is (PANNEKOEK VAN RHEDEN, 1942). Ook het omgekeerde is voorgekomen, waarbij dus de zuidelijke kommen op de noordoostelijke loosden. Zowel aan de noord- als de zuidzijde van het Hernense Meer vindt men zand over het land uitgespreid. De doorbraak is oud, want het zand is door komklei afgedekt. Wij achten het waarschijnlijk, dat het gat van Hernen samenhangt met de grote overstromingen van na ca. 250 n. Chr.

Ook op andere plaatsen heeft het komwater sporen van vervorming van het landschap nagelaten (bijlage VIII en fig. 55). In dit verband is de „poort" tussen de heuvels van Bergharen en Hernen heel belangrijk geweest. Het weinige Maaswater, dat bij Heumen over de hoge wal van bruine leem stroomde, vond zijn weg naar de grote kom ten zuiden van Beuningen, via de lage strook tussen de Nijmeegse heuvels en het stuifzandgebied.

Het komkleigebied ten oosten van Deest (de Velden en Broeken van Neerbosch, Weurt, Beuningen, Ewijk, Winssen, Woezik, Wezel, Leur en Hernen) was oorspronkelijk een rivierleemgebied, met geulen van de vlechtende pleistocene Rijn. Het water, dat de komklei aanbracht, heeft dit geulensysteem sterk vervormd, zodat het geulensysteem in het gebied met de komklei een geheel ander beeld vertoont dan het geulensysteem in het onbedekte gebied. De geulen buigen alle naar de „Tol", de bovenvermelde poort, waar zij samenkomen en waar ze toentertijd hun water loosden op de stroombedding van het „Wijchense" Maasje. De bedding van het „Wijchense" Maasje is beneden dit punt sterk verbreed, in overeenstemming met de grote aanvoer van komwater, maar ze verdwijnt bij de Aspert spoedig onder de jonge afzettingen van de Maas.

Men heeft dit natuurlijke afwateringsstelsel benut voor het graven van de Nieuwe Wetering. Beneden de Aspert loopt deze Wetering recht, aangezien zich in het terrein verder geen geulen meer bevonden.

Zoals in fig. 28 (bijlage VII) duidelijk te zien is, loopt een oude tak van het „Wijchense" Maasje van Horssen naar het noorden. Deze oeverwal is ter plaatse waar nu de Rijkse Wetering ligt, doorbroken door komwater. Men vindt in dit gebied een aantal flauwe stroombeddingen, die komwater vervoerden van de broeken van Bergharen, Deest, Afferden, Horssen, Druten en Puiflijk. Het Goor in Horssen; de Leigraaf door de Lage Bobbert in Puiflijk; de Oude Wetering; de Rijkse Wetering en de Blauwe Wetering, hebben in dit gebied alle een kronkelend verloop, wat erop wijst, dat men gebruik gemaakt heeft van geulen, die reeds vóór de aanleg van de weteringen aanwezig waren. De Leigraaf door de Lage Bobbert in Puiflijk loopt duidelijk door een flinke laagte. Zelfs is deze laagte nog door uit zware klei bestaande oeverwalletjes begrensd. Het door deze beddingen vervoerde komwater werd in de grote westelijke kom van Maas en Waal geloosd.

Ten zuiden van de centrale stuifzandrug was de toestand ingewikkeld door de aanwezigheid van de slingerende oeverwallen van het „Wijchense" Maasje, waardoor het landschap uiteen viel in een aantal aparte kommen, die achtereenvolgens water van elkaar ontvingen. Het komwater uit het Overasseltse en Lunense Broek zocht zijn weg, ten dele langs Lunen, ten dele langs het Wijchense zand. Daarbij werd gebruik gemaakt van enige der geulen uit het vlechtende pleistocene systeem van terras X. Op deze wijze kwam het water terecht op het „Wijchense" Maasje. Ten gevolge van de sterke stromingen is het Wijchense Meer opengebleven. Via het „Wijchense" Maasje kwam dit water in de kom bij Niftrik. Van hier ging het met van elders aangevoerd komwater, bij Lienden gedeeltelijk terug op de Maas (ter plaatse van het Niftrikse gemaal) voor een ander deel via een stroombedding naar de volgende kom, die van Batenburg en Horssen. Deze waterde weer door stroombeddingachtige laagten, naar de grote verzamelkom in het westen van het Land van Maas en Waal af. Hierop kwam dan, naast het water uit de noordoostelijke kom, verder ook het water uit Leeuwen, Wamel, Dreumel en uit Maasbommel en Alphen terecht. Enkele leigraven

liggen in dit gebied in door klink goed zichtbaar geworden stroombeddingen van de ondergrond. Vermoedelijk kwam dit vele water bij de huidige Alphense sluis weer op de rivier. Hier ontbreekt binnen de dijk de oeverwal van de Maas nagenoeg geheel.

14. HET OPDRINGEN VAN DE JONGE KOMKLEI OVER HET RIVIERENLEEM-SYSTEEM NAAR HET OOSTEN

Het Waalwater, dat bij Beuningen en Weurt over de oeverwal stroomde, drong ver door naar het zuidoosten en oosten. Tot de hoogtelijn van ca. 7,5 m is de rivierleem met komklei bedekt; in de geulen is de komklei verder naar het zuidoosten doorgedrongen dan op de leemkoppen. Aangezien zeer dunne komkleidekken door homogenisatie moeilijk te herkennen zijn, ligt de werkelijke grens vermoedelijk nog enige honderden meters verder naar het zuidoosten. De Maas heeft ook nog enige invloed op dit verschijnsel gehad, want in de grote stroombedding van het vlechtende systeem bij Heumen ligt ter hoogte van De Hosterd 1,00 m tot 1,50 m Maasklei op de venige opvulling van de geul. Dit kleidek wigt verder naar het noordwesten geleidelijk uit.

Bij Hees en Neerbosch is de klei tegen het Fluvioglaciaal opgedrongen (grenslijn bodemtype gY2 — Ydw1). De hoogtelijn van ca. 9 m + N.A.P. vormt hier de grens.

Grote delen van het stuifzandgebied zijn eveneens met komklei bedekt geraakt, waardoor de bodemreeksen gZs (gebroken stuifzandgronden) en Zsm (homogeen slibhoudende stuifzandgronden) ontstaan zijn.

15. OORZAKEN VAN DE ENORME LAAT- EN NA-ROMEINSE SEDIMENTATIE

De grote landschappelijke veranderingen, die na de Romeinse tijd langs de kust, langs de rivieren, maar ook in de venen optraden, kunnen gezamenlijk slechts door een klimaatswijziging worden verklaard. Wij menen echter, dat de grote veranderingen in de afzettingen van de rivieren nog een tweede oorzaak hebben.

De Romeinse tijd is een periode van betrekkelijke rust in politieke zin geweest, ook buiten het Rijk (Pax romana). Een gevolg hiervan was, dat de bevolking zich uitbreidde en veel land ontgonnen werd. Vooral het loessgebied kwam in produktie, hetgeen bij het in die tijd heersende, wat meer continentaal getinte klimaat geen moeilijkheden opleverde. Toen het klimaat in ongunstige (d.w.z. oceanische) zin veranderde, moet de bodemerosie aanzienlijk zijn geweest. De bosreserves in het gehele stroomgebied van Maas en Rijn waren sterk gekrompen, zodat het debiet van de rivieren onregelmatig werd. Vooral in de winter moeten de afvoeren sterk zijn toegenomen, zodat ten slotte een groot deel van het rivierkleigebied onbewoonbaar werd.

Hoezeer ontginningen in loessgebieden de colluviatie en de opslibbing van de dalen versterkt, is door de Belgische bodemkartering op overtuigende wijze aangetoond. In het Saargebied is de „Auelehm" volgens ZANDSTRA (1954) voor het allergrootste deel eerst sedert de grote ontginningen afgezet. In Duitsland heeft NATERMANN (1937, 1939, 1941) de „Auelehm" van de Weser kunnen dateren als samenhangend met ontginningen, die juist in Karolingische tijd in dit gebied belangrijk zijn

geweest. Langs Elbe en Oder zijn de „Auelehm"-vormingen nog jonger (MENSCHING, 1951). Hier zijn de grote ontginningen ook jonger. Zo ziet men, hoe met de voortschrijdende ontginningen naar het oosten, het regime van de europese rivieren veranderde.

Wij menen, dat de afspoeling van de loessbouwlanden van het Rijn- en Maasgebied in de enorme laat- en na-Romeinse sedimentatie terug te vinden is. In Nederlandse rivierafzettingen ziet men het gehalte aan loessfractie (10—50 mu) met de tijd toenemen. Het hoogst is dit gehalte op de uiterwaarden van de Maas (fig. 35). De jonge Maasstroomruggronden bevatten reeds veel minder loess, de oude nog weer minder. De sedimenten van de Rijn hebben als geheel een minder hoog leemgehalte als die van de Maas, terwijl binnen het geheel van de Rijnsedimenten de uiterwaarden weer het grootste gehalte aan de fractie 10—50 mu bevatten en de oude stroomruggronden het kleinste.

Fig. 35. Schematische korrelgrootteverdeling van oude, jonge en zeer jonge sedimenten van Maas- en Rijnstroomruggronden.

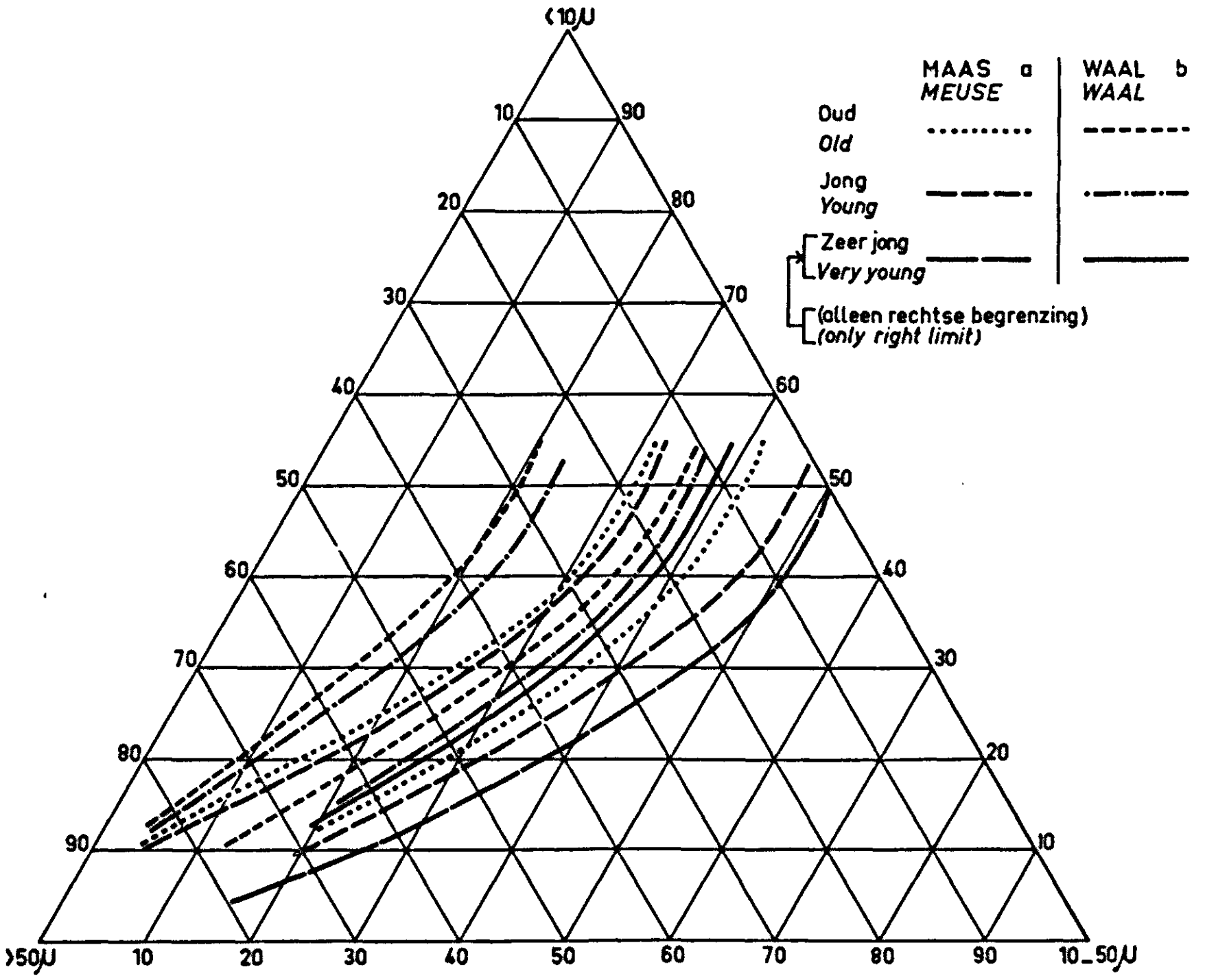


Fig. 35. Schematic size-distribution of old, young, and very young sediments of Meuse and Rhine „river ridge" soils.

Voor de hoeveelheden klei geldt eigenlijk hetzelfde. In de atlantische stromen is de dikte van de kleilagen zeer gering ten opzichte van de grote hoeveelheden zand. Bij de subboreale stromen in de Vijfheerenlanden is dit ook nog zo. In de overstromingsperiode vlak voor de Romeinse tijd begint dit al te veranderen. Met de laat-Romeinse

overstromingen wordt de verhouding klei—zand sterk in de richting van de klei verschoven. Wij achten dit ook de primaire oorzaak van de beëindiging van de groei van het veenlandschap, dat in deze tijd over zo grote oppervlakten door een kleilaag werd bedekt (DE BOER en PONS, i.v.).

16. PERIODIEKE OVERSTROMINGEN IN HET RIVIERKLEIGEBIED IN HET TIJDVAK VAN CA. 250 N. CHR. TOT HET SLUITEN VAN DE DIJKRING (1321)

Zoals reeds werd opgemerkt (hst. III.10) zijn er aanwijzingen, dat de periode tussen ca. 250 en ca. 1400 n. Chr. kan worden verdeeld in drie nattere perioden, die door twee drogere gescheiden zijn (fig. 27).

De bewoning van het rivierkleigebied is tijdens de laat-Romeinse overstromingen (van ca. 250 n. Chr. af) gering geweest. In de 4e eeuw komen weer wat woonplaatsen voor, maar men krijgt toch de indruk, dat het alleen de gunstigst gelegen plaatsen zijn, waar men kan wonen. MODDERMAN (1955) beschouwt de Romeinse bemoeiingen met het rivierkleigebied in de 4e eeuw als van zuiver militaire en strategische aard. Het is opvallend dat in ons gebied, dat ingeklemd is tussen twee rivieren en daardoor altijd meer last gehad heeft van overstromingen dan andere gebieden, in tegenstelling tot de Over-Betuwe en Bommelerwaard bewoning uit deze tijd bijna geheel ontbreekt. Wij nemen dan ook aan, dat in de 4e eeuw de overstromingen in het rivierkleigebied voortduurden, maar in de 5e eeuw minder werden.

Langzamerhand werd het rivierkleigebied in de 5e eeuw weer beter bewoonbaar, hetgeen de overzichtskaart van de bewoning van het rivierkleigebied in Merovingische tijd (± 600 n. Chr.) volgens MODDERMAN (1955) duidelijk aantoont (zie ook fig. 29, bijlage VIII). De uitbreiding van de bewoning vindt schijnbaar vanuit de 4e-eeuwse kernen plaats, gezien de grote concentraties in de relatief hooggelegen Over-Betuwe; in de hoge oostelijke Maaskant en in het eveneens hoge oostelijke deel van de Bommelerwaard. Het rivierkleigebied is in deze periode zeker goed bewoonbaar geweest.

In de 9e en 10e eeuw vindt men ten slotte weer verschijnselen, die erop wijzen, dat de rivieren hernieuwde activiteit gingen vertonen. Aanvankelijk hebben wij deze overstromingen, die de zogenaamde oevergronden (reeks Rz) deden ontstaan in de 11e en 12e eeuw geplaatst (PONS, 1953c), maar op grond van een aantal hier genoemde argumenten moeten ze vroeger gesteld worden.

Een aantal ongunstig gelegen Merovingische woonplaatsen aan het buiten gebruik geraakte, dus achter nieuwe oeverwallen gelegen secundaire stroomwallenlandschap aan de Maaskant, werd omstreeks 800 n. Chr. verlaten (MODDERMAN, 1950; VAN DIEPEN, 1952). Men vestigde zich in Karolingische tijd (800—900 n. Chr.), toen het gehele rivierkleigebied toch nogal dicht bevolkt was, blijkbaar bij voorkeur op veiliger plaatsen dan in de voorafgaande periode.

De kerkgeschiedenis van Alphen a. d. Maas (TER KUILE, 1952) is in dit opzicht zeer belangwekkend. Voor het in de Karolingische tijd blijkbaar kerkelijk belangrijke Alphen werd een, voor die tijd monumentale, kerk ontworpen en gedeeltelijk voltooid. Door wateroverlast moest men de bouw staken, waarna in de 10e eeuw een veel eenvoudiger kerk werd afgebouwd, nadat men de vloer 90 á 100 cm had verhoogd en de oorspronkelijk gedachte krocht had opgegeven. Deze kerk kreeg pas in de 11e eeuw zijn huidige toren, terwijl daarna (sinds de 13e eeuw) de drempel van de ingang van deze toren door ophoging van het omliggende terrein 2 m onder het huidige maaiveld kwam te liggen. Hieruit kan men dus de gevolgtrekking maken van een periode van wateroverlast in

de 10e eeuw[1]) (verarming van de bevolking, ophoging van het terrein), gevolgd door een gunstige periode in de 11e eeuw (rijker worden, bouwen van de toren) en weer meer overlast van water in de 13e eeuw en later (ophogingen).

NATERMANN (1937, 1939, 1941) beschrijft de vorming van de „Auelehm" van de Weser. Op grond van archeologische vondsten, bewijst hij dat de vorming van deze „Auelehm" nog in de Karolingische tijd begonnen is. Daarvóór bestonden de „uiterwaarden" van de Weser uit zand, daar door de rivier geen klei werd afgevoerd.

In deze overstromingsperiode, door ons als „middeleeuwse overstromingsperiode" aangeduid, valt ook weer het ontstaan of zeer belangrijk worden van nieuwe rivieren en het buiten gebruik raken en gedeeltelijk of geheel verlanden van oude. Een voorbeeld van het eerste geval is de Lek beneden Hagestein (DE BOER en PONS, i.v.), die in deze tijd van een onbetekenende afvoergeul van overstromingswater in een flinke rivier veranderde. De oeverwallen van de nieuwe Lek bestaan plaatselijk uitsluitend uit dezelfde soort afzettingen (oevergronden) als de door de oeverwaldoorbraken gevormde sedimenten (PONS, 1953c). Andere voorbeelden vormen de Maas van Heusden tot Woudrichem en de Boven- en Beneden-Merwede beneden Gorinchem, waarop we later nog terugkomen.

Omstreeks de tweede helft van de 9e eeuw slibt de Rijnmond bij Katwijk dicht (VAN DER MEER, 1952). Dit wijst erop dat de Kromme en Oude Rijn beneden Wijk bij Duurstede buiten gebruik raakte. In overeenstemming hiermee is, dat langs de Kromme en Oude Rijn nergens de typische zandige oeverwallen en afzettingen van oeverwaldoorbraken (oevergronden) voorkomen. Dit geldt ook voor de Linge beneden Tiel, de Linschotenstroom (VINK 1926, 1954) beneden Hagestein en het Oude Maasje beneden Hedikhuizen (VLAM, 1948; FOCKEMA ANDREAE, 1950a). Bij de hernieuwde overstromingen in het rivierkleigebied in de 9e eeuw ging het water andere banen volgen en raakten takken als de Oude Rijn, Kromme Rijn, Hollandse IJssel, Linschotenstroom, Beneden Linge en het Oude Maasje buiten gebruik, terwijl andere takken belangrijk werden of geheel nieuwe ontstonden, zoals dit ook gebeurde in de voor-Romeinse, subatlantische en de laat-Romeinse overstromingsperiode.

De middeleeuwse overstromingen, die we ons 850—1000 n. Chr. denken, hebben de bewoning van de hoogste punten van de oeverwallen blijkbaar niet belet, hoewel de verschijnselen ervan weliswaar betrekkelijk plaatselijk zijn, maar toch een grote omvang hebben aangenomen. De bevolking in dit vruchtbare gebied was in de 9e eeuw, toen een groot deel van de dorpen zoals wij die kennen gesticht zijn, meer gehecht aan de woonplaatsen dan dit in vroeger tijden het geval was. Men concentreerde zich in de Karolingische tijd op een minder groot aantal woonplaatsen, dat op zichzelf reeds een zekere primitieve organisatie vereiste. Er zijn allerlei aanwijzingen, dat in deze tijd ontginningen veel meer gemeenschappelijk door een groep dorpsbewoners werd ondernomen dan bijvoorbeeld omstreeks het begin van de jaartelling, toen de organisatie van het maatschappelijk leven veel meer op het familieverband steunde (HOFSTEE en VLAM, 1952). Bovendien had het Christendom een

[1] Oorspronkelijk meenden wij deze overstromingsperiode ca. 1200 te moeten stellen, hetgeen ook TER KUILE (1952) vermeldt. Op grond van het nieuwste onderzoek zijn wij nu van mening dat deze overstromingen in de 10e eeuw geplaatst moeten worden.

sterker sociaal gevoel aangekweekt. Men trok niet meer zo gemakkelijk weg van de eenmaal gestichte en gevormde gemeenschappen waar men rechten had. Ook werd men niet zo gemakkelijk opgenomen in reeds gevestigde gemeenschappen.

Misschien mogen we de bevolkingsconcentratie van de Karolingische tijd in analogie met die uit dezelfde tijd in Friesland op zichzelf reeds als een bewijs van meer wateroverlast zien. Het is niet onmogelijk dat men toen ook in het rivierkleigebied voor het eerst geleerd heeft zich door dammen en kaden tegen ongewenst overstromingswater te beveiligen, zoals dit voor de zeekleigebieden omstreeks het begin van de 10e eeuw eveneens in zwang schijnt te zijn gekomen. Dit bewijzen de eerste dammen in enkele kreken op Walcheren (BENNEMA en VAN DER MEER, 1952), de eerste kaden in Friesland (RIENKS en WALTHER, 1954) en de eerste dijken in de kop van Noord-Holland (BRAAT, 1947).

Na een betrekkelijk rustige tijd, die duurde van ca. 1000 tot ca. 1250, waarin men de verkavelingen op de oeverwallen kon voltooien, min of meer beschermd door de in de daaraan voorafgaande periode gemaakte kaden, zijn er in het rivierkleigebied omstreeks 1250 tot 1350 weer aanwijzingen, die duiden op een hernieuwde activiteit van de rivieren. Op een drietal plaatsen langs de Waal vonden we oeverwalafzettingen, die woonplaatsen met schervenmateriaal van ca. 1250 à 1350 bedekten (Druten, Winssen en Ooy bij Nijmegen) (MODDERMAN, 1951; PONS en MODDERMAN, 1951). Blijkbaar was vooral de Waal in deze periode actief. Tegen deze nieuwe rivieractiviteit (laat-middeleeuwse overstromingsperiode) heeft men eerst plaatselijk kaden gemaakt en/of versterkt en heeft men ten slotte de dijkringen gesloten (hst. V).

De verkaveling van de oeverwallen (van vóór 1200) en het daarop aansluitende wegenstelsel laat duidelijk zien, dat de rivier door uitbochting in deze periode veel land geërodeerd heeft. De aantasting door de rivier is jonger dan de verkaveling. Verder zijn er een aantal dorpen, waar kennelijk een groot deel van het grondgebied in de rivier is verdwenen. In Winssen staat de Romaanse toren (ca. 1200) vlak langs de dijk, geheel buiten het tegenwoordige dorp. Andere voorbeelden vormen Wamel, Alphen en Batenburg. Hien en Dodewaard vormen mooie voorbeelden ten noorden van de Waal. Zo is Heteren een voorbeeld langs de Rijn. Langs de Maas is de grootste rivieractiviteit waarschijnlijk wat vroeger gevallen, want na 1247 heeft de rivier-meander bij Balgoy zich absoluut niet meer verlegd (PONS, 1954b).

17. DE SEDIMENTEN UIT DE VERSCHILLENDE LAAT- EN NA-ROMEINSE OVERSTROMINGSPERIODEN

De sedimentatie van de laat-Romeinse overstromingsperiode menen we in het onderzochte gebied op verschillende punten aan de oppervlakte te kunnen aanwijzen (fig. 29, zie bijlage VIII). De oeverwallen uit deze tijd waren in het algemeen vrij regelmatig gevormd, bezaten een beperkt aantal heibanen en waren voltooid, dat wil zeggen bezaten aan de oppervlakte een vrij zwaar dek van meer dan ca. 25 % afslibbare delen. Ze vormden nog niet zulke brede vlakken als met de nog jongere afzettingen het geval was. Soms liggen ze in het huidige rivierkleigebied onder de afzettingen uit de jongere perioden. Bijlage VIII geeft een overzicht van de laat-Romeinse oeverwallen

en de bewoning, die zich daarop in Merovingische en Karolingische tijd heeft gevestigd. Behalve de door MODDERMAN (1950, 1951) vermelde woonplaatsen, hebben we ook nog enkele dorpen langs de Waal bijgevoegd, zoals Dreumel, Wamel enz., waarvan het op grond van andere overwegingen vrijwel zeker is, dat ze in Karolingische tijd reeds bestonden.

In ons gebied is o.a. de oeverwal van de afgesneden, verlande Maasarm waarop Balgoy ligt (PONS, 1954b) een typisch voorbeeld van deze soort oeverwallen (fig. 29, zie bijlage VIII). Verder beschouwen we de stroomruggrond in de onmiddellijke omgeving van het gehucht Lienden, van Batenburg, van Alphen, van Dreumel, van Wamel, rondom Puiflijk, van Deest en de door overloopgeulen (erosiegeulen) doorsneden delen (fig. 32) van de oeverwallen van Winssen, Ewijk, Beuningen en Weurt als uit deze tijd stammend. In het algemeen bezitten deze stukken van Maas- en Waaloeverwallen ook de oudste verkavelingspatronen: strokenverkavelingen zonder bewoning, die elders Frankisch genoemd worden (HOFSTEE en VLAM, 1952) met vrij veel „akker"namen, die volgens EDELMAN en VLAM (1949) en EDELMAN (1950a) eveneens Frankisch zijn (9e en 10e eeuw).

De vochtige periode in de Karolingische tijd en direct daarna (middeleeuwse overstromingsfase) uitte zich in ons gebied in het ontstaan van de oeverwaldoorbraken en de door deze doorbraken gevormde afzettingen (oevergronden, zie fig. 33 en bijlage IX). Deze sedimenten zijn ouder dan de definitieve bedijking en ook ouder dan de oeverwalverkavelingen, die meer het karakter hebben van strokenverkavelingen met bewoning op de kavels. Volgens HOFSTEE en VLAM (1952) dateren deze ongeveer uit de 11e eeuw, toen dezelfde verkaveling ook toegepast werd in vele delen van het westelijke rivierkleigebied op de oeverwallen. Deze verkaveling ligt over de hier bedoelde afzettingen heen. Aan de ligging van deze sedimenten ten opzichte van de Karolingische dorpskernen moet men ze beschouwen als jonger dan Karolingisch. Ze kunnen worden gedateerd tussen ca. 900 en ca. 1000 n. Chr.

Fig. 36 (bijlage IX) geeft de afzettingen van de middeleeuwse overstromingen weer, benevens de bewoning.

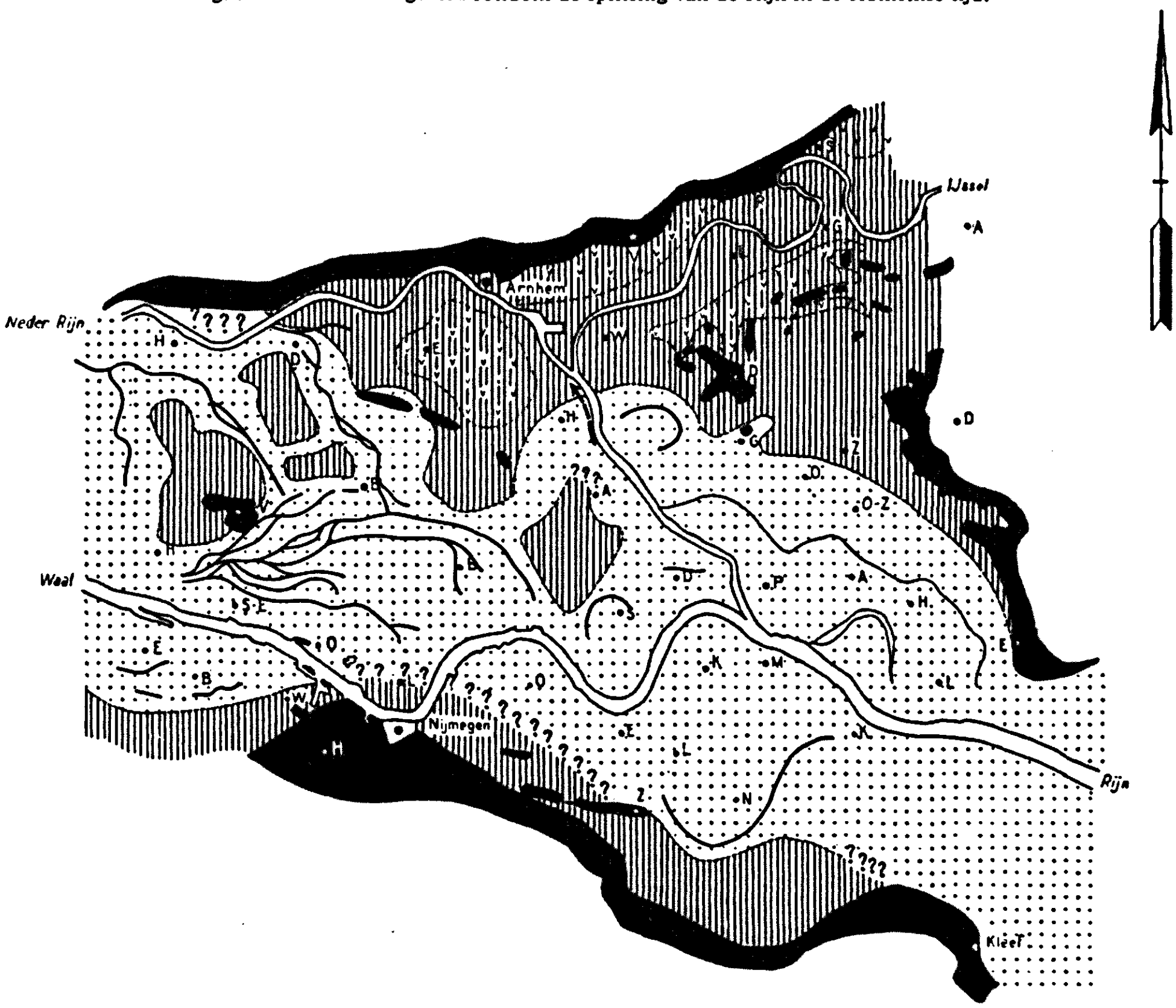
De gaten liggen steeds naast de dorpen, meestal tussen twee dorpen in. Nergens zijn typisch oude dorpen op de afzettingen van deze doorbraken of langs de gaten gesticht. Wel zijn oude dorpen naderhand verlaten en is de bevolking ervan naar deze hoger gelegen afzettingen verhuisd, b.v. uit Leeuwen naar Beneden- en Boven-Leeuwen en in mindere mate uit Alphen a.d. Maas naar Greffeling en uit Winssen, Ewijk, Afferden en Appeltern naar vlakbij gelegen gehuchten.

Ook van de overstromingen, die vanaf ca. 1250 het rivierkleigebied teisterden (laat-middeleeuwse overstromingen), zijn sporen aan te wijzen (fig. 37, zie bijlage X). In de eerste plaats zijn van deze activiteit zandige sedimenten bekend, die bewoning tot omstreeks 1250 en nog jongere tot omstreeks 1350 bedekken. Bij Winssen werd een bewoning van vóór ca. 1250 overdekt door een 60 cm dikke laag zandige stroomruggrond teruggevonden, evenzo in Druten een bewoning van vóór ca. 1350. Ook bij het dorpje Ooy vonden we onder dergelijke omstandigheden woonresten uit de 13e eeuw (PONS en MODDERMAN, 1951). Uit allerlei verschijnselen is af te leiden dat de rivieren omstreeks 1250 tot ca. 1400 weer zeer actief waren.

18. HET JONGE KLEIDEK UIT DE DRIE LAAT- EN NA-ROMEINSE OVERSTROMINGSPERIODEN BUITEN HET LAND VAN MAAS EN WAAL

Zoals we reeds vaststelden, dragen de overstromingen na ongeveer 250 n. Chr. een algemeen karakter en zijn ze geenszins tot het Land van Maas en Waal beperkt gebleven. In het rivierengebied is het verschijnsel in vorige studies niet voldoende opgemerkt. Toch is het allerwege van belang.

Fig. 38. Het rivierkleigebied rondom de splitsing van de Rijn in de Romeinse tijd.



Zandopduikingen (donken) en hogere pleistocene zandgronden.
Sandy risings („donken") and higher pleistocene sandy soils.
Het huidige rivierenstelsel.
The recent river course.
Plaatsen, waar veen onder de rivierklei voorkomt.
Places, where peat occurs under the river clay.
Ligging der tegenwoordige plaatsen.
Location of the recent settlements.
Stroomruggen uit de Romeinse tijd en ouder.
River ridges from the Roman era and older.
Kommen uit de Romeinse tijd.
Back swamps from the Roman era.
Vermoedelijke loop van de Drususgracht.
Supposed course of the Drusus canal.
Rivierarmen uit de Romeinse tijd en ouder.
River arms from the Roman era and older.

Fig. 38. The river clay area in the vicinity of the bifurcation of the Rhine in the Roman era.

Over-Betuwe

Het Romeinse rivierstelsel met de bijbehorende oeverwallen, dat zich rond Elst bevond (zie fig. 38), kon met hulp van door de bodemkartering verkregen gegevens (EGBERTS, 1950) gereconstrueerd worden. De Romeinse bewoning (MODDERMAN, 1949b) bij Elst is intensief geweest. De woonplekken zijn niet door jongere klei afgedekt en voor een groot deel continu bewoond geweest. Alleen op de lagere terreinen, zoals in de oude stroombeddingen, is jonge komklei afgezet.

Het blijkt dat de loop van de Rijn sinds de Romeinse tijd totaal is gewijzigd. In plaats van door het centrum van de Betuwe loopt de rivier thans langs de rand, vlak langs de heuvels. Elst lag oorspronkelijk direct beneden het splitsingspunt van Rijn en Waal. Het splitsingspunt lag later bij Schenkenschans (tot ca. 1700) (PONS, 1953b).

De Neder-Rijn heeft vanaf dit punt een geheel nieuwe loop genomen. Na tot Huissen allerlei oudere Rijnoeverwallen en kommen gekruist te hebben (fig. 38) liep hij verder naar het noordwesten langs Arnhem en vandaar langs de voet van de Veluwe naar het westen. Vanaf Driel bedekte de Rijn zijn oude oeverwal met een jongere (PONS en MODDERMAN, 1951). Dit heeft reeds plaatsgehad in de laat-Romeinse overstromingsfase. De toen gevormde oeverwallen zijn echter grotendeels weer overdekt door de zandige oeverwallen (oevergronden) van de middeleeuwse overstromingsperiode, die langs de Neder-Rijn vooral bij Angeren, Huissen en Elden liggen en door EGBERTS (1950) als overslaggronden werden aangegeven.

EDELMAN (1950a) meent, dat Drusus zijn gracht heeft laten graven in de buurt van Pannerden—Doornenburg door de noordelijke oeverwal naar de uitgestrekte kom ten noorden daarvan en dat de jonge Neder-Rijn daardoor zijn loop naar het noorden heeft gekregen. Dit is een veronderstelling, die niet meer met zekerheid te bewijzen is, maar niettemin wel aanvaardbaar lijkt. Wij hebben (PONS, 1953b) de plaats nader aangewezen als liggende tussen Huissen en de Gelderse Schans (zie fig. 38). Weliswaar past de Neder-Rijn met zijn uitgebreide oeverwallen geheel in het beeld van de grote laat- en na-Romeinse overstromingen, maar toch is het denkbaar, dat de rivier door het graven van de Drususgracht reeds in de 1e eeuw is ontstaan, doch eerst in de 3e eeuw zoveel water is gaan afvoeren, dat zij belangrijk werd.

Vlak ten zuiden van Huissen ligt een soort oeverwaldoorbraakgat, temidden van het bekende pakket zandige stroomruggronden (oevergronden). Het is het enige herkenbare geval van een oeverwaldoorbraakgat in de Betuwe. De dijk is hier ongetwijfeld later ook nog wel eens doorgebroken, zodat hier ook wel echte overslaggronden zullen voorkomen.

De Waal is na de Romeinse tijd dwars door een stroomruggenlandschap gebroken (zie ook bijlage VIII). In de Betuwe is het moeilijk aan te wijzen, welke oeverwallen uit de laat-Romeinse en welke uit de middeleeuwse overstromingsperiode stammen. Veelal liggen ze over elkaar. Van Doornenburg tot Lent en ook verder stroomafwaarts moeten de door EGBERTS (1950) als overslaggronden gekarteerde afzettingen als de oeverwallen van de Waal uit de middeleeuwse overstromingsperiode opgevat worden.

Driedorpenpolder

Ook in het gebied van de Driedorpenpolder ligt een flink pakket jonge rivierklei op de Romeins-Inheemse woonplaatsen (PONS, 1952). Het meeste hiervan beschouwen wij afkomstig van de laat-Romeinse oeverwalafzettingsperiode. Alleen langs de Rijn liggen zandige 10e eeuwse oeverwallen (oevergronden).

Liemers

In de Liemers konden wij (PONS, 1953a, 1953b) een typische oeverwal met bijbehorende boogvormige bedding aanwijzen uit de laat-Romeinse overstromingsperiode. Het zijn de stroomgrondafzettingen van het Looveld ten noordwesten van Groessen. De enorme pakketten zandige stroomruggronden (oevergronden) van Babberich, Zevenaar en Ooy zijn niet afgezet in de 12e en 13e eeuw zoals wij oorspronkelijk dachten (PONS, 1953b), maar in de 10e eeuw. In dit gebied liggen twee fraaie overloopgeulen, die veel water in het Duivense Broek hebben gebracht.

De oeverwallen van de Neder-Rijn beneden de Gelderse Schans en van de IJssel zijn uit de laat-Romeinse en de middeleeuwse overstromingsperioden.

De IJssel bezit beneden Westervoort een oeverwal grotendeels bestaande uit zeer zandige klei, waardoor de indruk gewekt wordt dat de IJssel vooral in de 10e eeuw actief geweest is. Verder naar het oosten wordt deze oeverwal zeer smal en ligt de komklei direct hierachter. In het Velper Broek

rust de bijbehorende komklei in een dunne laag op zuiver veen, dat in de bovenste lagen nog subatlantisch van ouderdom is (PONS, 1953b), evenals in het Duivense Broek. De IJssel moet dus even jong zijn als de Neder-Rijn en de betreffende afzettingen, zowel de komklei als de oeverwallen, zullen dus van na ca. 250 n. Chr. dateren.

De Broelie bij Zevenaar is een oeverwaldoorbraak en geen dijkdoorbraak. Het materiaal van deze doorbraak bedekt de woonresten van Oud-Zevenaar en de doorbraak hangt waarschijnlijk samen met de laat-middeleeuwse overstromingsfase.

Epe, Wijhe

Langs de IJssel komen overal veel zeer zandige oeverwallen voor, die de indruk wekken, dat de IJsseloeverwal vooral opgebouwd is tijdens de middeleeuwse overstromingsperiode, alhoewel er ook bewijzen zijn, dat tijdens de laat-Romeinse overstromingsperiode de IJssel reeds in zijn huidige vorm bestond. SCHELLING (1951b) beschrijft uit Wijhe een typische oeverwaldoorbraakgeul met veel zandige sedimenten erachter. Zowel de oeverwal als de komklei van de IJssel liggen hier overal op veen, hetgeen dus op dezelfde situatie wijst als zojuist van de Liemers is beschreven.

Neder-Betuwe

De oeverwallen van de Neder-Rijn dateren zowel van de laat-Romeinse als van de middeleeuwse overstromingsperiode. In het algemeen behoren de zeer zandige, door EGBERTS (1950) als overslaggronden aangegeven oeverwallen tot de middeleeuwse periode. We treffen ze vooral aan bij Kesteren, Lienden, Eck en bij Rijswijk en Zoelmond. DOORENBOS (1950) vond in Kesteren een aantal door dikke jonge kleilagen afgedekte Romeinse woonplaatsen. De omvang van de laat- en na-Romeinse sedimentatie blijkt ook uit de grote oppervlakken stroomruggronden op komklei, die hier overal voorkomen.

Langs de Waal vinden we eveneens jonge stroomruggen, echter in veel beperktere mate dan langs de Neder-Rijn en meer stroomopwaarts langs de Waal.

Bij Tiel liep de voornaamste tak van de Waal in de laat-Romeinse overstromingsperiode rechtdoor, via de huidige Beneden-Linge. De jongste oeverwallen langs de Linge zijn alle uit deze periode. We hebben de indruk, dat enige stromen in de grote kom tussen Zoelen, Maurik, Rijswijk en Buren eveneens uit deze periode stammen. In de 10e eeuw zijn deze stromen, evenals de Linge, buiten werking geraakt. Men vindt er dan ook niet de zo karakteristieke zeer zandige oeverwallen (oevergronden) langs.

Utrechtse rivierkleigebied

De jongste afzettingen in het gebied van de Kromme Rijn zijn volgens Hoeksema de oeverwallen langs de Kromme Rijn zelf. Deze alleen zijn na-Romeins. Wij zijn van mening dat deze oeverwallen gevormd zijn in de laat-Romeinse oeverwalvormingsperiode en dat in de middeleeuwse periode de Kromme en Oude Rijn geheel buiten gebruik geraakt zijn. Nergens treft men ook langs deze stromen de zo karakteristieke zeer zandige oeverwalafzettingen (oevergronden) aan uit de 10e eeuw.

Vijfheerenlanden

In de Vijfheerenlanden zijn de grote rug van Hagestein met zijn vervolg, de Linschotenstroom en de oeverwal van de Linge uit de laat-Romeinse overstromingsperiode (DE BOER en PONS, i.v.). Ook het komkleidek op veen stamt in hoofdzaak uit deze tijd.

De zeer zandige oeverwallen langs de Lek stammen geheel uit de middeleeuwse overstromingsperiode, aan het begin waarvan de Lek in zijn huidige gedaante is ontstaan. Deze jongste oeverwallen liggen in dunne dekken over het onderliggende veen en klei-op-veenlandschap heen.

Maaskant

Door VAN DIEPEN (1950, 1952) werden buiten het zogenaamde secundaire stroomwallenlandschap de normale stroomruggronden van de Maas onderscheiden. Deze normale Maasstroomruggronden zijn vermoedelijk voor het grootste deel van de laat-Romeinse overstromingsfase (fig. 29,

19. DE DATERINGEN MET DE ^{14}C-METHODE

Einde 1955 en begin 1956 kwamen de resultaten gereed van een aantal ^{14}C-ouderdomsbepalingen van monsters uit twee profielen gestoken op het diepste punt van het Wijchense Ven (W.V.D.) en in het Overasseltse Broek (Leliaert) (L.O.G.). De veenprofielen werden palynologisch bewerkt door prof. dr. mr. F. FLORSCHÜTZ, terwijl de ouderdomsbepalingen werden uitgevoerd door prof. dr. H. DE VRIES uit Groningen. De bedoeling was een pollenspectrum te verkrijgen, waarvan de ouderdom volgens de ^{14}C-ouderdomsbepaling absoluut geijkt was (BARENDSEN, 1955). Profiel W.V.D. diende speciaal voor het oudere gedeelte en profiel L.O.G. voor het jongere. Tegelijkertijd hebben wij uit dit materiaal belangrijke aanwijzingen kunnen putten over de juiste ouderdom van de geulafzettingen en daarmede van de ouderdom van de rivierleem en van terras X.

Het pollendiagram van het profiel Wijchense Ven (W.V.D.) is weergegeven in fig. 39 en lijkt op het in hfst. II.7f besproken diagram van ongeveer dezelfde plaats (fig. 14). In deze diagram beginnen bij 240 à 250 cm beneden maaiveld de eerste termofiele boomsoorten op te treden, zodat FLORSCHÜTZ hier de grens tussen Laatglaciaal en Holoceen legt. In de brief van 2 augustus 1949 zegt hij dan verder: „*De Pinustoppen en daarmee corresponderende Betula-minima bij* 318 *en* 293 *cm, gepaard met de aanwezigheid van resp. Corylus en Alnus doen de gedachte rijzen aan tijdelijke klimaatverbeteringen, zoals de Bølling- en Allerød-oscillaties.*" In een later onderzocht profiel van ongeveer dezelfde plaats, waarvan een zogenaamd „Iversen"-diagram werd opgesteld, vond FLORSCHÜTZ een bevestiging. Hij schrijft daarover op 15 januari 1953: „*De indruk, verkregen na onderzoek van de serie monsters waarover op* 2 *augustus* 1949 *verslag werd uitgebracht (zie hiervoor), dat op deze plaats afzetting kon hebben plaatsgehad, ook in de Bølling- en Allerødtijden, is derhalve door de resultaten van de onderhavige analyses versterkt*", maar in dezelfde brief merkt hij op dat boompollenprocenten van 75 % voor Allerød toch wel wat laag zijn, zodat hij geen zekerheid durft te geven.

Fig. 39 geeft een „Iversen"-pollendiagram weer van het profiel Wijchense Ven op de dam. Op vier diepten in dit profiel werden door prof. dr. H. DE VRIES aan monsters ouderdomsbepalingen verricht, met de volgende resultaten:

285 tot 290 cm —m.v. (GRO 660): 9 440 ± 180 jaar.
295 tot 300 cm —m.v. (GRO 625): 9 620 ± 185 jaar.
332 tot 336 cm —m.v. (GRO 627): 10 580 ± 240 jaar.
370 tot 390 cm —m.v. (GRO 632): 10 640 ± 220 jaar.

Het laatste monster bevatte slechts weinig koolstof (ca. 2 %), zodat het gevaar van een te jonge ouderdomsbepaling groot is.

FLORSCHÜTZ zegt in zijn brief van 30 november 1955 over het profiel (fig. 39), dat de laag van 295 cm naar beneden afgezet moet zijn in de laatste fase van het Laatglaciaal (Jongere Dryastijd). Hij acht de uitslagen van het percentage boompollen bij 350 cm (ca. 50 %) toch niet belangrijk genoeg om hier aan een vorming tijdens de Allerød te denken. Er dient hier nog opgemerkt te worden, dat de pollendiagram van fig. 14 (Wijchense Ven-Oost) slechts een deel van het tot grotere diepte reikende

zie bijlage VIII). Dit geldt niet voor de stroomruggronden van de Maas ten zuiden van Lith en Lithoyen, daar hier ook normale stroomruggronden van de Maas uit vóór-Romeinse tijd liggen, al hebben deze dan ook voor een groot deel een jonger dek. De Maas had in deze tijd ongeveer de loop, die hij nu nog vertoont. Vermoedelijk waren de bochten veel minder uitgesproken. Ook aan de Maaskant worden de lichtere afzettingen langs de huidige dijken nog praktisch geheel opgevat als dijkdoorbraakafzettingen. De zogenaamde overslaggronden langs de zuidelijke Maasdijk, die plaatselijk als een aaneengesloten wal langs de rivier liggen en op andere plaatsen (vooral in de buitenbochten) als aparte formaties voorkomen, zijn praktisch alle zandige oeverwallen (oevergronden), afgezet in de middeleeuwse sedimentatieperiode (fig. 36, zie bijlage IX). Uit deze tijd stamt ook het grillige bochtige verloop van de rivier en de inhammen, die aan de zuidzijde zo diep het land zijn ingegaan.

In het zuidwesten duiden de kalkhoudende klei- en zandlagen in de overigens kalkarme sedimenten van de Maas erop, dat beneden Heerewaarden, zowel in voor-Romeinse tijd als in latere tijd, Waalwater op de Maas is terechtgekomen (VAN DIEPEN, 1950, 1952). Het lijkt erop, dat dit na het begin van de jaartelling misschien in de laat-Romeinse, maar in ieder geval in de middeleeuwse sedimentatie periode het geval geweest is. Afzettingen uit de laat-middeleeuwse overstromingsperiode zijn ons uit dit gebied niet bekend.

Bommelerwaard

In de Bommelerwaard beschouwen wij de meander van Ammersooien als gevormd in de laat-Romeinse overstromingsfase. Ook die tussen Rossum en Kerkdriel zal wellicht in deze periode gevormd zijn.

Een groot deel van de als overslaggronden (Ro) gekarteerde gronden (EDELMAN e.a., 1950) is afgezet in na-Romeinse tijd, maar vóór de bedijking. HOEKSEMA heeft dit in 1950 reeds opgemerkt. Zij behoren tot de zandige stroomruggronden (reeks Rz, oevergronden) en niet tot de overslaggronden (reeks Ro). Ze zijn afgezet tijdens de middeleeuwse overstromingsfase.

Oeverwalgaten zijn in de Bommelerwaard zeldzaam. Het Kloosterwiel bij Zaltbommel lijkt er nog het meeste op. In het midden van de Bommelerwaard hebben na de Romeinse tijd geen echte rivieren meer gestroomd. Alles wat hier aan stroomruggrond ligt is voor-Romeins. De Waal beneden Heerewaarden moet wel een jonge rivier zijn.

In verband met het in het noorden van de Bommelerwaard duidelijk ontbreken van afzettingen uit de laat-Romeinse overstromingsfase en het veelvuldig voorkomen van de afzettingen uit de 10e eeuw beschouwen we de Waal hier als een omstreeks de 9e eeuw ontstane rivier. De Maas heeft na de Romeinse tijd van Rossum tot Well steeds op ongeveer dezelfde plaats gestroomd. Oeverwallen van verschillende ouderdom liggen hier op elkaar. Steeds heeft bij Heerewaarden de Maas echter een flinke hoeveelheid Rijnwater opgenomen, hetgeen ook reeds in voor-Romeinse tijd het geval geweest is. Tussen laat-Romeinse tijd en Karolingische tijd is de Waal beneden Tiel bij Rossum geheel door de Maas opgenomen.

Land van Heusden en Altena

De conclusie waartoe wij kwamen in de Bommelerwaard over de ouderdom van de Maas beneden Hedikhuizen, wordt bevestigd door het onderzoek van SCHIJEN (1948) en MODDERMAN (1953a) in het Land van Heusden en Altena. SCHIJEN vond ook zogenaamde overslaggronden bij Veen, Rijswijk en Woudrichem langs de Maas, die wij nu als afzettingen uit de 9e en 10e eeuw n. Chr. kunnen herkennen. Tegelijkertijd is het duidelijk, dat de Alm bij deze middeleeuwse overstromingen buiten werking is geraakt. Wij geloven nu dan ook, dat de conclusie van HARDENBERG (1934) juist is, maar dat het doorbreken van de Maas bij Giessen in de richting Woudrichem niet aan het einde van de 13e eeuw plaatsgehad heeft, maar reeds in de 10e eeuw. Daarbij is tegelijkertijd de Merwede ontstaan en alle door het land van Heusden en Altena stromende rivieren zijn toen buiten werking geraakt, inclusief de Maas naar Maasdam. Het Oude Maasje dat men omstreeks 1150 afdamde bij Hedikhuizen (FOCKEMA ANDREAE, 1950a) had toen reeds een geheel verlande mond en was dus een buiten gebruik geraakte rivier, die alleen voor de afwatering van het land beneden Heusden betekenis had.

De oeverwallen langs deze oude benedenloop van de Maas zullen dan ook, evenals die van de Alm, in laatste instantie ontstaan zijn in de laat-Romeinse overstromingsperiode, zodat het voorkomen van de eng-namen langs de Alm (MODDERMAN, 1953a) inderdaad als een bewijs voor Merovingische bewoning mag worden aangemerkt.

Fig. 39. IVERSEN-pollendiagram (volgens FLORSCHÜTZ) met bijbehorende ^{14}C-ouderdomsbepalingen (volgens DE VRIES) van het profiel Wijchense Ven op de dam (W.V.D.). Legenda zie fig. 14.

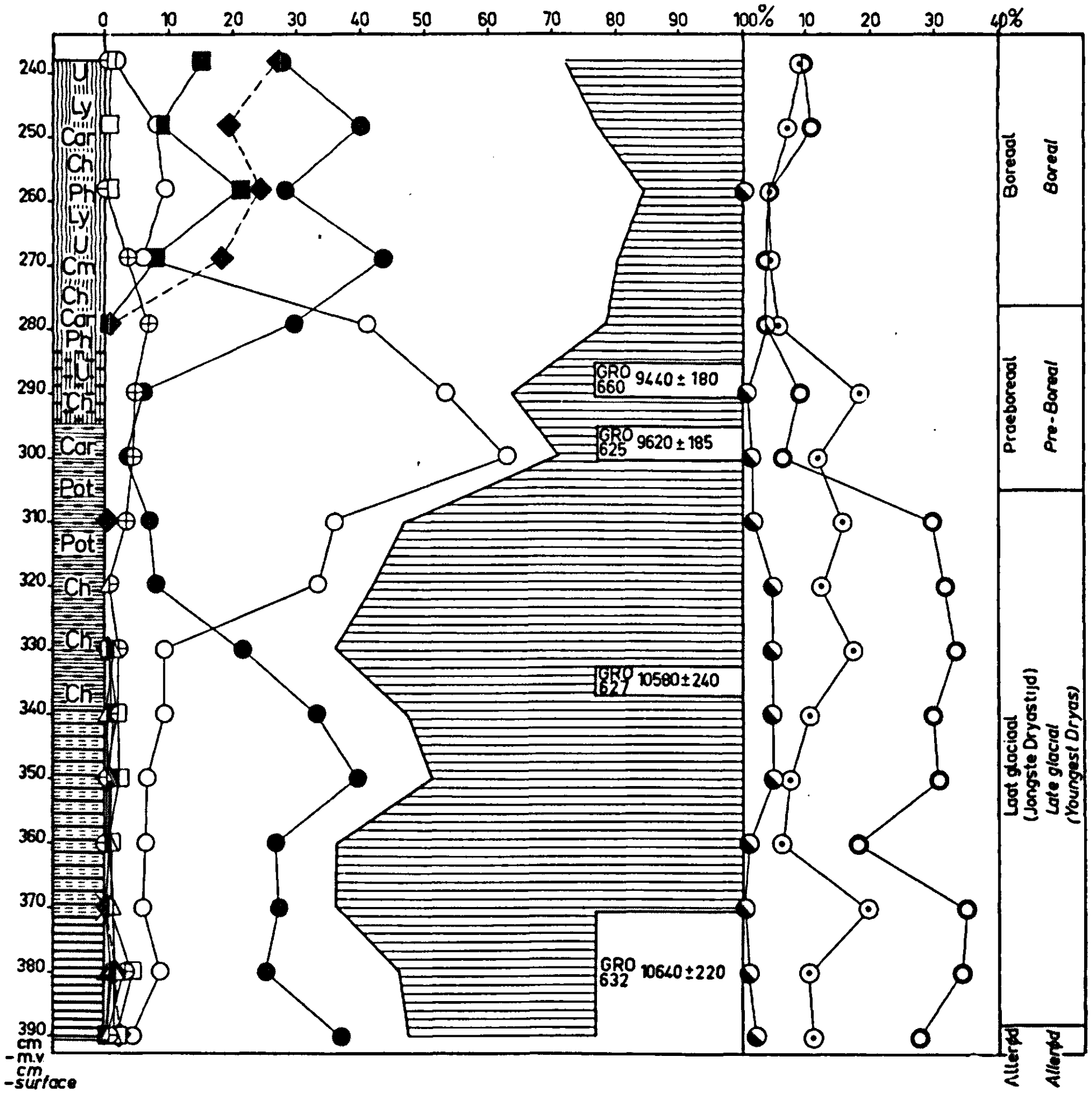


Fig. 39. IVERSEN-pollendiagram (according to FLORSCHÜTZ) with corresponding ^{14}C dating (according to DE VRIES) of the profile Wijchense Ven op de dam (W.V.D.). Legend see fig. 14.

diagram van fig. 39 (Wijchense Ven op de dam) voorstelt. De laag van 320 cm —m.v. tot 260 cm —m.v. in fig. 14 komt overeen met de laag van 320 cm —m.v. tot 275 cm —m.v. in fig. 39. Nu wordt ook begrijpelijk, waarom in het deel van het laatglaciale diagram van fig. 14 de berk overheerst, terwijl het in het diepste deel van het profiel (fig. 39) juist de den is, die overheerst.

In de allerdiepste lagen van profiel Wijchense Ven op de dam (390 cm —m.v.) (fig. 39) vertoont het percentage boompollen een neiging tot stijgen. Wij achten het waarschijnlijk dat dit het einde van de Allerødperiode voorstelt.

ZEUNER (1952) geeft twee ^{14}C-ouderdomsbepalingen van de Allerødperiode, één in Engeland en één in Duitsland, die op iets minder en iets meer dan 11 000 jaar uitkomen. FIRBAS (1953) geeft voor de Allerødperiode een absolute datering van ongeveer 11 000 jaar, terwijl ook WELTEN (1952) deze ouderdom aanneemt en men in

Fig. 40. Pollendiagram (volgens FLORSCHÜTZ) met bijbehorende ^{14}C-ouderdomsbepalingen (volgens DE VRIES) van het profiel Overasseltse Broek (geul) (L.O.G.). Legenda zie fig. 14.

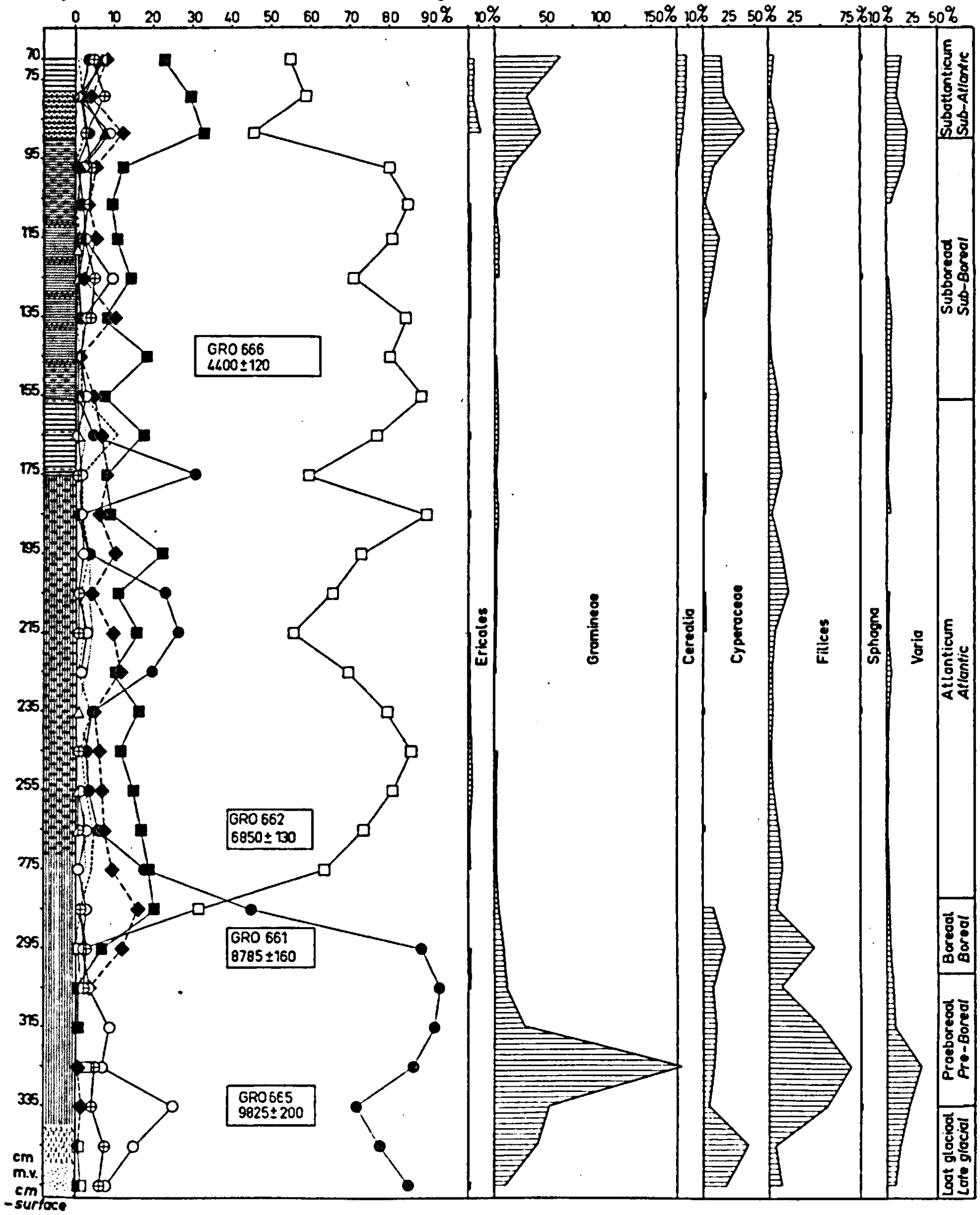


Fig. 40. Pollendiagram (according to FLORSCHÜTZ) with corresponding ^{14}C dating (according to DE VRIES) of the profile Overasseltse Broek (channel) (L.O.G.). Legend see fig. 14.

van 4400 (± 120) jaar past zeer goed in het palynologisch verkregen beeld van de ouderdom van de verschillende zones van dit profiel. Het monster stelt het begin Subboreaal voor.

Wegens het optreden van *Fagus* in vrij hoge percentages bij 88 cm en hoger (resp. 7,2 en 7 %) en het eerste optreden van *Cerealia* bij 97 cm en hoger (resp. 1, 5, 8 en 9 %) plaatst FLORSCHÜTZ de grens tussen Subboreaal en Subatlanticum op een diepte van ca. 90 cm beneden maaiveld.

Omstreeks deze tijd breidde de invloed van de Maas met zijn kleiafzettingen zich hier zeer sterk uit en maakte aan de eigenlijke veenvorming een einde.

IV. BODEMVORMING

1. INLEIDING

Hoewel in Nederland het materiaal, waarin bodemvorming heeft plaatsgehad, in het algemeen nog betrekkelijk vers is, is toch wel na te gaan in welke richting deze ontwikkeling verloopt. EDELMAN (1947) wees er reeds op, dat bij de beantwoording van de vraag welke met het klimaat verband houdende bodemtypen representatief zijn voor Nederland, de kwartszanden buiten beschouwing moeten blijven. De hierin voorkomende podzolprofielen zijn jong en in een zeer arm moedermateriaal, dat een heidevegetatie droeg, ontstaan. Voor het opstellen van normale ontwikkelingsreeksen moet men beschikken over kalkhoudende en/of basenrijke uitgangsmaterialen van verschillende textuur en van goed gedefinieerde ouderdom, terwijl ook de hydrologische omstandigheden bekend moeten zijn. In het land van Maas en Waal waren een datering en een min of meer duidelijke reconstructie van het uitgangsmateriaal mogelijk.

De factoren, die de bodemvorming bepalen, zijn volgens JENNY (1941): klimaat, plantaardig en dierlijk leven (biosfeer), topografie, moedermateriaal en tijd. Hieraan behoort nog te worden toegevoegd: de mens.

De factor *klimaat* vertoont binnen de grenzen van Nederland geen belangrijke verschillen. Het gaat hierbij voornamelijk om temperatuur en regenval en het verloop van deze beide over een geheel jaar. De temperatuur bedraagt voor een grasveld in Wageningen volgens gegevens van het Natuurkundig Laboratorium van de Landbouwhogeschool over het vrij normale jaar 1952:

	max.	min.
op 100 cm diepte.	± 18°C	± 4°C
op 20 cm diepte.	± 22°C	± 1°C
op 10 cm diepte.	± 25°C	± 0°C

In het algemeen vindt van augustus tot in het voorjaar toe geregeld infiltratie van regenwater plaats. De mate van infiltratie is voor de verschillende bodemtypen echter geheel verschillend. Zo wordt de vrij ondiepe en diepe, kalkarme jonge Maasstroomruggrond op rivierzand (bodemtype RMs2), sterker doorgespoeld met regenwater dan de zeer diepe, kalkarme, jonge Maasstroomruggrond (bodemtype RMs3). De dunne kleilaag op zand kan minder water vasthouden en is eerder met water verzadigd dan de dikke kleilaag. Ook de hoogte van de capillaire opstijging en de stand van het grondwater spelen een rol. Bij gelijke klimaatsomstandigheden is het effect van het klimaat op het ene bodemtype dus geheel anders dan op het andere.

Het belang van het plantaardig en dierlijk leven *(biosfeer)* voor de homogenisatie en het opheffen van velerlei ongunstige omstandigheden is door HOEKSEMA (1953) naar voren gebracht.

De *topografie* speelt vooral een rol in verband met de hydrologie. Wij zullen dan ook bij de behandeling van bodemkundige ontwikkelingsreeksen de lage en de hoge gronden afzonderlijk beschouwen.

Op vele plaatsen zijn opspoeling, afstuiving en opstuiving van groot belang geweest voor de vorming van de bodemtypen. Uitvoerig is dit in hst. II en III besproken, terwijl hieraan in hst. IV.8 eveneens enige aandacht zal worden geschonken.

Het *moedermateriaal* is zeer verschillend. In het Land van Maas en Waal komen extreem arme kwartszanden vrijwel niet voor.

De *tijd*, gedurende welke de bodemvorming plaatsvond, kon in vele gevallen vrij nauwkeurig worden vastgesteld. Door ouderdomsbepaling werd getracht de gebeurtenissen in het gehele beeld in te passen.

Op vele plaatsen hebben de werkzaamheden van de *mens* belangrijke veranderingen teweeggebracht, die soms bepalend zijn geweest voor het bodemtype.

2. HET HUIDIGE KALKGEHALTE VAN DE GRONDEN

Langs de Waal bevatten alleen de oeverwallen een flink gehalte koolzure kalk. Reeds EDELMAN (1943) en PIJLS (1944) wezen hierop. Het kalkgehalte kan in de bovengrond 7 tot 8,5 % bedragen. Uit het onderzoek in de Betuwe (EGBERTS, 1950) is duidelijk gebleken, dat alleen de bovengronden met een gehalte aan afslibbare delen tot maximaal 65 % primair kalkhoudend zijn.

EGBERTS (1950, blz. 57 t/m 59) gaf in zijn figuren 13, 14 en 15 het verband tussen kalkgehalte en slibgehalte weer van de bovengronden in de oostelijke Betuwe, de Midden-Betuwe en de westelijke Betuwe. Hieruit construeerden wij de figuur 41, waarin het aantal monsters is vermeld met een bepaald slibgehalte (< 16 mu) en een bepaald kalkgehalte. Grondmonstergegevens uit het Land van Maas en Waal gaven eenzelfde resultaat. De streep-stip-lijn geeft bij elk kalkgehalte het meest voorkomende slibgehalte aan. Het kalkgehalte is het grootst bij bovengronden met ongeveer 30 à 35 % slib. Gronden met een gehalte aan afslibbare delen groter dan 60 à 65 % bevatten geen kalk meer.

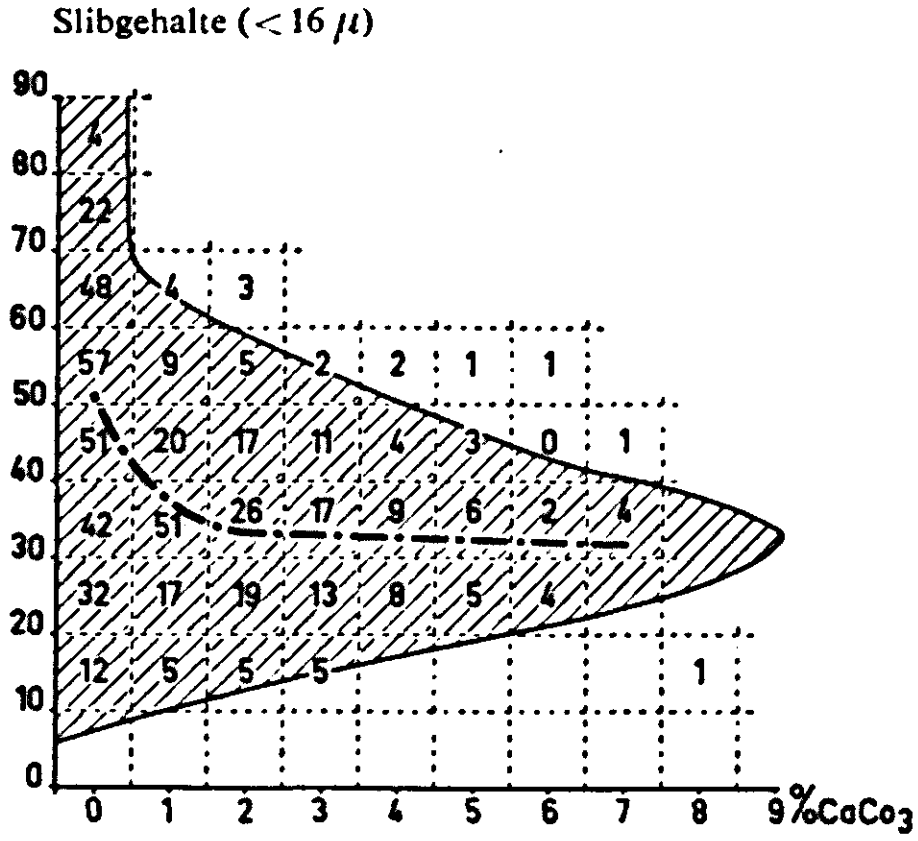


Fig. 41. Verband tussen kalkgehalte en slibgehalte (< 16 μ) in bovengrondmonsters van rivierkleigronden in de Betuwe (naar EGBERTS, 1950).

Fig. 41. Connection between lime content and silt content (< 16 μ) in top soil samples of river clay soils in the Betuwe (according to EGBERTS, *1950).*

10 Aantal monsters met gegeven slibgehalte (< 16 μ) en gegeven kalkgehalte.
Number of samples with given silt content (< 16 μ) and given lime content.

Lijn door de frequentietoppen van de monsters met verschillend slibgehalte bij een bepaald kalkgehalte.
Curve through the frequency maxima of the samples with different silt content with fixed lime content

Buiten dit gebied komen vrijwel geen gronden voor.
Outside this area practically no soils occur.

Zoals men ziet is de grootte van het kalkgehalte in de gronden van verschillende zwaarteklassen zeer verschillend. Zo komt tussen 15 en 65 % afslibbaar een groot aantal monsters voor dat geen kalk bevat of slechts uiterst weinig. Deze afwijkingen worden veroorzaakt, doordat de onderzochte bovengronden geheel of gedeeltelijk ontkalkt zijn. Vooral bij graslanden is dit vaak het geval. Oude graslanden hebben tot ca. 20 cm diepte nooit een hoog kalkgehalte, in tegenstelling tot de oude bouwlanden. Verder zijn de stroomruggronden van de Betuwe verschillend van ouderdom, waarbij de oudere min of meer ontkalkt zijn. Dit geeft mede aanleiding tot grote onregelmatigheden in het huidige kalkgehalte. Het gebruik van kalkhoudende meststoffen heeft ongetwijfeld eveneens tot het ontstaan van de spreiding in de grafiek bijgedragen. Zou men ook de ondergronden in de grafieken betrekken, dan zouden hiervan weer andere onregelmatigheden het gevolg zijn.

De jonge, post-Romeinse Rijnstroomruggronden (bodemreeks RRs) in het Land van Maas en Waal zijn alle kalkhoudend. Ze kunnen soms nabij de oppervlakte ontkalkt zijn door een langdurig gebruik als grasland. Hierop kennen we slechts één uitzondering, namelijk te Beuningen en Weurt waar een hoek jonge stroomruggronden weinig of geen kalk bezit (zie fig. 43).

In het gekarteerde gebied komen de oude Rijnstroomruggronden (bodemreeks RRm) praktisch niet aan de oppervlakte voor. Onder het jonge dek zijn ze echter altijd aan hun bovenzijde geheel ontkalkt; onder die ontkalkingszone komen kalkconcreties voor, wat erop wijst, dat zij oorspronkelijk wel kalkrijk zijn geweest.

Langs de Maas is de toestand geheel anders. Zoals elders reeds vermeld werd (PONS, 1949a) zijn bijna alle door de Maas in ons gebied afgezette gronden kalkloos of zeer kalkarm (minder dan 0,5 % $CaCO_3$). VAN DIEPEN (1948, 1950, 1952) vermeldt dit eveneens van de Brabantse zijde van de Maas. Behalve de jonge stroomruggronden (bodemreeks RMS) en oevergronden (bodemreeks RMa), vertonen ook de oudere Maasstroomruggronden (bodemreeks RMm) dit verschijnsel. Nergens in het profiel, ook niet op grotere diepte, kan men binnen de rivierdijken kalkgehalten aantreffen, die groter zijn dan 0,5 %, waarbij dit kalkgehalte dan nog vaak het gevolg is van zware bekalkingen. Dit is een aanwijzing voor het feit, dat deze gronden òf kalkloos zijn afgezet, òf direct na de afzetting zijn ontkalkt. Wij komen hierop nog terug.

De komgronden, zowel van de Rijn als van de Maas, bevatten geen of zeer weinig kalk; hier en daar treden in bepaalde lagen schelpjes op, die soms van primaire oorsprong zijn en behoren tot het milieu, waarin de zeer zware klei is afgezet (bodemtype Rk10: bruine en bruingrijze, ondiep tot vrij diep kalkhoudende komkleigrond). Soms echter zijn ze van secundaire oorsprong en gevormd in een moerassig milieu na de afzetting van de komklei (bodemtype Rk17: grijze, roestige komkleigrond, met sterk humeuze zeer ondiep kalkhoudende bovengrond). Niet overal is de komklei geheel of nagenoeg kalkloos. Soms treft men flink kalkhoudende komkleigronden aan.

Uit de onderzoekingen in het Land van Maas en Waal en ook van andere plaatsen: Didam (PIJLS, 1948), Bommelerwaard (EDELMAN e.a., 1950), Betuwe (EGBERTS, 1950), Maaskant (VAN DIEPEN, 1952) blijkt, dat komkleiafzettingen en Maasafzettingen

niet geheel kalkloos zijn geweest, maar oorspronkelijk tot ca. 0,5% kalk hebben bevat. De verschillen, die we in de huidige toestand constateren, zijn een gevolg van ontkalking en kalkbemesting (bijlage IV).

De uiterwaardgronden van de Rijn zijn volgens BURINGH (1951) kalkrijk. Hierop komen slechts enkele uitzonderingen voor. Alleen ver van de rivier gelegen, zware, moerassige stukken bevatten in het algemeen geen kalk. Langs de Maas is dit geheel anders. Wij wezen reeds op het ontbreken van kalk in de bruine Maas-uiterwaardklei bij Batenburg (PONS, 1949). Op andere plaatsen, b.v. bij Appeltern, zijn de gronden van de uiterwaarden plaatselijk wel kalkhoudend. Ook SCHELLING (1951a) vermeldt, zij het eveneens plaatselijk kalkrijke uiterwaarden in Noord-Limburg langs de Maas.

Het jongste sediment van de Maas bestaat uit zogenaamd kolenslib (PONS, 1949; SCHELLING, 1951a), een Maassediment met een groot gehalte aan fijne steenkooldeeltjes, afgezet sedert de ontwikkeling van de steenkoolindustrie aan het einde van de vorige eeuw. Kolenslib is steeds kalkhoudend.

De rivierleemgronden zijn steeds kalkloos en bezitten een lage pH. Men vindt op vele plaatsen in de middelhoge bonte rivierleemgronden (bodemreeks Sm) en in de lage grijze rivierleemgronden (bodemreeks Sl) op een flinke diepte in het profiel grote hoeveelheden kalk, in de vorm van de zogenaamde kalkvlekken en ook wel als harde concreties. KOENIGS (1949) en SCHELLING (1951a) vermelden ditzelfde verschijnsel, resp. in Azewijn en Noord-Limburg. Wij vonden het ook in West-Duitsland, eveneens op beide bovengenoemde bodemtypen. Door de hoge grondwaterstanden is de ontkalking hier nooit dieper voortgeschreden dan ongeveer 1 m. In de hoge bruine rivierleemgronden (bodemreeks Sh) met diepe grondwaterstanden daarentegen wordt in ons gebied nooit kalk aangetroffen. Ter hoogte van Bonn echter vonden wij in een dergelijk hooggelegen profiel op enige diepte een hoog kalkgehalte, terwijl zich op deze diepte op vele plaatsen kalkophopingen bevonden in de vorm van poppetjes, geheel gelijkend op de loespoppetjes. De dikke grind- en zandpakketten hieronder zijn eveneens kalkhoudend. Het klimaat is hier warmer, terwijl de regenval wat geringer is dan in de streek meer stroomafwaarts langs de Rijn; daardoor heeft hier geen totale uitspoeling van kalk plaatsgevonden. In tegenstelling tot SCHELLING (1951a) zijn wij dan ook van mening, dat zowel de rivierleem als het zand en grind eronder, oorspronkelijk kalkhoudend zijn afgezet, geheel zoals de sedimenten van de Rijn uit latere tijd. Andere argumenten zijn door BENNEMA en PONS (1952) genoemd, namelijk de kalkrijkdom van het Fluviatiel Laagterras, zowel van de afdekkende leemlaag als van het zand en grind in de ondergrond in het westen van Nederland. Hier zijn deze afzettingen evenmin ontkalkt, ten gevolge van de bedekking met dikke lagen jongere afzettingen en door de sterke stijging van de grondwaterstanden.

De stuifzandgronden (bodemreeks Zs) van het gekarteerde gebied zijn, evenals de dekzanden en de grindzandgronden, steeds kalkloos. De stuifzandgronden zijn afkomstig uit de brede pleistocene rivierbeddingen, die — zoals we zagen — bestonden uit kalkrijk zand en grind. Het ligt dus voor de hand, dat de stuifzanden oorspronkelijk eveneens kalkrijk zijn geweest. Het kalkgehalte is waarschijnlijk nooit hoog geweest. Door de grote doorlatendheid van het zand en ten gevolge van zijn geringe

watercapaciteit had een grote doorspoeling met water en daardoor een zeer snelle ontkalking plaats, die reeds zeer vroeg ver gevorderd was. Op het ogenblik zijn al deze gronden tot zeer grote diepte ontkalkt. VINK (1926) geeft gegevens uit het westen van Nederland waar het donkzand, dat geheel met stuifzand te vergelijken is, slechts tot een bepaalde diepte is ontkalkt. De donk van Hillegersberg bijvoorbeeld bestaat uit ca. 8 m ontkalkt stuifzand, met daaronder nog 7,5 m kalkhoudend stuifzand (ca. 3—4 % $CaCO_3$), rustend op kalkrijke rivierleem en kalkrijk rivierzand en -grind. BENNEMA en PONS (1952) concludeerden hieruit, dat de donk van Hillegersberg tegen het einde van het Boreaal reeds tot ca. 8 m diepte was ontkalkt, maar dat daarna de ontkalking niet dieper kon doordringen door het stijgen van de grondwaterspiegel tot boven dit niveau.

De donken van Minkeloos en Hoog-Blokland zijn geheel ontkalkt tot op de rivierleem toe. Verder naar het oosten zijn alle donken geheel ontkalkt, terwijl bovendien de rivierleem daaronder geheel of gedeeltelijk mee ontkalkt is. In het Land van Maas en Waal hebben wij ook slechts ontkalkte rivierleem aangetroffen onder het ontkalkte stuifzand.

Dit alles is een goede illustratie van de diepe grondwaterstanden in het Boreaal. Waarschijnlijk zijn ook de dekzanden tijdens hun afzetting wel kalkrijk geweest, maar zijn ze door de zeer diepe grondwaterstanden snel ontkalkt. Bij de grindzandgronden hebben we, gezien hun Rissglaciale ouderdom, vermoedelijk te doen met oudere ontkalkingen. In bijlage IV is het één en ander nog eens kort samengevat.

3. ONTKALKINGSVERSCHIJNSELEN IN HET RIVIERKLEIGEBIED

Het is zeer moeilijk gebleken het oorspronkelijke kalkgehalte van de rivierkleigronden te bepalen en zodoende de daarna opgetreden ontkalking aan te geven. Immers het enige vergelijkingsmateriaal waarover we beschikken, is het slib, dat tegenwoordig gesedimenteerd wordt. Daarbij moeten wij bedenken, dat de slibafzetting in het zelfs vlak achter ons liggende verleden onder zozeer veranderde omstandigheden plaatshad, dat vergelijkingen tussen nu en vroeger alle grond missen. Niet alleen dient men rekening te houden met het ingrijpen op waterstaatkundig gebied maar evenzeer met de verandering in samenstelling van het rivierwater ten gevolge van de industriële ontwikkeling van de laatste eeuw; met de verandering van het ter beschikking komende materiaal en met de wijziging van het debiet van de rivieren (o.a. door bodemerosie, ten gevolge van het in cultuur brengen van het achterland enz.). Langs de kust, waar men in het algemeen met een meer constante samenstelling van het water en het materiaal te maken heeft, blijkt alleen reeds de verandering van het debiet als gevolg van de bedijking, een zó belangrijke invloed te hebben, dat men ook hier voor moeilijkheden komt te staan.

In ons klimaat vindt een regelmatige ontkalking plaats en dit is sinds het Pleistoceen waarschijnlijk altijd zo geweest. Voor de ontkalkingssnelheid van Nederlandse zeekleigronden in de provincie Groningen worden over de laatste eeuwen cijfers gegeven van 1 % kalk in 25 jaar door MASCHHAUPT (1952) en hetzelfde in 47 jaar door HISSINK (1952). EDELMAN en DE SMET (1951) komen voor een kleilaag van 40 cm dikte

tot 1 % in 65 tot 90 jaar. Het is echter duidelijk, dat allerlei factoren aanleiding kunnen geven tot optreden van zeer grote verschillen in die snelheid. Zo speelt de doorlatendheid en het vochthoudend vermogen van de grond een grote rol. Goed doorlatende gronden ontkalken op zichzelf sneller dan slecht doorlatende. Ook de mate van homogenisatie van het profiel is van belang. Verder speelt de vorm, waarin de kalk in de grond aanwezig is, een grote rol (VAN DER SPEK, 1952). Uiterst belangrijk is de grondwaterstand, terwijl de daarmee gedeeltelijk samenhangende natuurlijke begroeiing vaak beslissend is geweest voor het verloop van het proces. Onlangs heeft BENNEMA (1953) hierop nog gewezen voor de poelgronden in Zeeland. De opslibbing van deze oorspronkelijk hoge gronden ging zeer langzaam. Door de sterke begroeiing kon het dunne laagje kalkrijk slib ontkalkt worden vóór er weer een nieuw laagje werd afgezet. BENNEMA en VAN DER MEER (1952) gaan er hierbij van uit, dat alle mariene sedimenten, althans langs de Noordzee, kalkrijk zijn afgezet, maar door secundaire oorzaken hun kalk direct na de sedimentatie of later kunnen verliezen. In het laatste geval speelt oxydatie van de zwavel uit de eveneens afgezette sulfiden, waarbij sterke zuurvorming optreedt, vaak een belangrijke rol. Hierbij ontstaan in kalkarm materiaal de zeer zure kattekleigronden. Voor de ontkalking is in het rivierkleigebied alleen de uitspoeling van de $CaCO_3$ door CO_2-houdend water van belang. De produktie van organische stof en het CO_2—O_2 evenwicht zijn hierbij de voornaamste factoren. Vooral de Duitse bodemkundigen (o.a. LAATSCH, 1944) hebben erop gewezen, dat de ontkalking in een beurtelings geoxydeerd en gereduceerd milieu zeer snel kan verlopen. In zo'n milieu is de produktie van koolzuur en van diverse organische zuren, door de afbraak van het organische materiaal onder reducerende en de vorming daarvan onder oxyderende omstandigheden, zeer hoog. In het rivierkleigebied is dit overal waar te nemen.

Hoge, diepbruine, kalkrijke oeverwallen, daterend van vóór de Romeinse tijd, zijn meestal nog kalkhoudend tot in de bovengrond. Deze kalkrijkdom van de bovengrond kan vooral op deze hoge en diep doorluchte gronden gedeeltelijk door de door HOEKSEMA (1953) naar voren gebrachte homogenisatie veroorzaakt worden, waarbij telkens opnieuw kalkrijk materiaal uit de ondergrond door het organische leven omhoog werd gebracht. BLUME (1952) vond met radio-actief Ca, dat bij de ontkalking de Ca-ionen uit de bovengrond niet direct naar de ondergrond spoelen, maar dat deze eerste Ca-ionen telkens weer diepere ionen vervangen enz. De gehele Ca-ionenbezetting schuift dus aaneengesloten naar beneden, wat op den duur, ondanks homogenisatie, toch verarming van de bovengrond ten gevolge moet hebben.

De kalkrijk afgezette voor-Romeinse oeverwallen, die overdekt zijn met jonge afzettingen (zie hst. III) hebben lange tijd onder afwisselend reducerende en oxyderende toestanden verkeerd. Dit is ook wel uit hun roestig en grijs gevlekt uiterlijk te concluderen. Voor een belangrijk deel zijn deze gronden tot een meer of minder grote diepte ontkalkt en later weer overdekt met een kalkhoudende bovengrond. In het algemeen gaat de ontkalking niet veel dieper dan de permanent gereduceerde zone. Soms treedt aan de bovenkant van deze zone een sterke opeenhoping van kalk op in de vorm van concreties, vooral in de wat zwaardere gronden waar de waterbeweging vrij moeilijk is. Algemeen vindt men dan ook op enige diepte in de oude, vrij zware

stroomruggronden een zone met tamelijk veel van deze uiterst harde, tot 1 cm grote, kalkconcreties, meestal met een huidje van Fe-oxyde omgeven en vaak aan de buitenkant nog verrijkt met Mn. Bij de steenfabricage en vooral bij de pannenfabricage worden deze kalk-ijzer-mangaanconcreties, die men „priekel" noemt, zeer gevreesd om hun hardheid. Wanneer zij bij het verhitten uit elkaar springen, vernielen zij de vormen en maken zo de stenen of pannen waardeloos.

Op andere plaatsen hoopt de kalk zich op bepaalde diepte op in zogenaamde kalkvlekken. Dit zijn witgrijze, zachte opeenhopingen van $CaCO_3$. Deze concentratie vindt plaats in meer zandige sedimenten, zoals fijnzandige ondergronden van kalkrijke stroomruggronden (bodemtype RRs3) of zandige ondergronden van bonte of grijze leemgronden (bodemreeksen Sm en Sl). Deze, soms grote, hoeveelheden kalk kunnen echter ook gedeeltelijk primair zijn. Alle andere gronden, die vroeger kalkrijk geweest zijn, zoals hoge bruine rivierleemgronden (bodemreeks Sh), het allergrootste deel van de middelhoge bonte rivierleemgronden (bodemreeks Sm) en lage grijze rivierleemgronden (bodemreeks Sl), de stuifzandgronden (bodemreeks Zs), de dekzandgronden (bodemreeks Z) zijn tot op zeer grote diepte geheel ontkalkt. Gedurende het gehele Holoceen zijn zij aan de ontkalkende werking van het klimaat blootgesteld geweest, terwijl de grondwaterstand aanvankelijk laag was.

4. DE SEDIMENTATIE VAN DE KALKLOZE, KALKARME EN KALKRIJKE SEDIMENTEN

De tegenstelling tussen de oorspronkelijk kalkrijke Rijnstroomruggronden en de oorspronkelijk kalkarme Maasstroomruggronden vraagt om een verklaring. Zowel het Maaswater als het Rijnwater zijn van oorsprong kalkhoudend, zodat de verklaring van het verschil tussen de kalkgehalten in de sedimenten niet zonder meer duidelijk is. Het is noodzakelijk daartoe nader in te gaan op het carbonaat-bicarbonaatevenwicht in het rivierwater, waarbij tevens een verklaring zal worden gegeven van de kalkarmoede der komkleigronden en de kalkhoudende uitzonderingen op deze regel.

Het aan het slib vastgehechte $CaCO_3$ is weinig oplosbaar, maar het opgeloste deel is geheel gedissocieerd volgens:

(1) $CaCO_3 \rightleftarrows Ca^{++} + CO_3^{--}$

In koolzuurhoudend water treedt het volgende evenwicht op:

(2) $H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$

Het anion HCO_3^- is voor een deel gedissocieerd volgens:

(3) $HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_2^{--}$

Door middel van een omrekening van de oplosbaarheidsprodukten van deze vergelijkingen kan men de Ca^{++}-ionenconcentratie als volgt als functie van de koolzuurconcentratie weergeven:

(I) $[Ca^{++}] = k]^3 / [CO_2]$

De H^+-ionenconcentratie kan op een dergelijke manier uitgedrukt worden in de koolzuurconcentratie als:

(II) $[H^+] = r]^3 / [CO_2]^2$

In de vergelijking (I) en (II) speelt de hoeveelheid in het water opgeloste CO_2 een belangrijke rol. De concentratie van de Ca^{++}-ionen wordt groter, naarmate meer CO_2 is opgelost, waarbij tevens de pH daalt doordat de H^+-ionenconcentratie stijgt. Wanneer de Ca^{++}-ionenconcentratie groter wordt, betekent dit dat $CaCO_3$, dat aan de zwevende slibdeeltjes in het water is gehecht, in oplossing gaat. In het omgekeerde geval slaat de $CaCO_3$ weer op de slibdeeltjes neer.

Wanneer we nu nagaan, welke factoren van belang zijn op het verloop van de reacties, dan blijkt volgens (I) en (II) dat dit dezelfde factoren zijn als die, welke de concentratie van de CO_2 beïnvloeden. De hoeveelheid opgeloste CO_2 in het water is afhankelijk van de temperatuur, de CO_2-gasdruk boven het water, de hoeveelheid CO_2, die in het milieu wordt geproduceerd en de invloed van eventueel andere opgeloste stoffen in het water.

De temperatuur heeft tussen 0 en 25° C maar heel weinig invloed op de oplosbaarheid van de CO_2. De CO_2-spanning van de lucht is constant. De hoeveelheid opgeloste CO_2 in het water is evenredig met de CO_2-spanning in de lucht. In watermilieus, waar voldoende snelle uitwisseling tussen de lucht en het water kan plaatsvinden, zoals in de stromende rivier, is de CO_2-concentratie dus ook constant.

Door de biologische activiteit wordt CO_2 geproduceerd. Op plaatsen waar veel vers, dood organisch materiaal wordt afgebroken, wordt zeer veel CO_2 geproduceerd. In watermilieus waar dit het geval is en waar geen gelegenheid is voor een snelle uitwisseling met de lucht, dus bij stilstaand of zeer langzaam stromend water in een dicht begroeide omgeving, kan de hoeveelheid opgeloste CO_2 sterk oplopen.

De assimilatie en de ademhaling van het biologische leven, die resp. CO_2 onttrekken en produceren, is in onze gevallen van weinig betekenis, daar de overstromingen meest plaatshadden in de winter, soms het late najaar of het vroege voorjaar, terwijl het gehele gebied bedekt was met bos. In het stromende rivierwater zelf bevindt zich betrekkelijk weinig biologisch materiaal, en daar deze processen zich meest in het koude jaargetijde afspelen, wanneer de biologische activiteit gering is, oefent dit ook geen invloed van betekenis uit.

Volgens SCHUFFELEN (z.j.), die deze reactie onderzocht in bodemvocht, hebben stoffen, die behalve de hierboven besprokene in het milieu opgelost kunnen zijn, wel enige maar toch geen overwegende invloed op deze reactie. In rivierwater, waar in het algemeen vóór de grote industrialisatie, behalve de bovengenoemde reactiestoffen, nog minder stoffen in oplossing waren dan in het bodemvocht, was nog minder kans op verstoring van het evenwicht.

In een omgeving, waar sedimentatie van slib plaatsheeft en waar vrij veel CO_2 geproduceerd wordt dat niet gemakkelijk afgevoerd kan worden, gaat, naarmate meer CO_2 aanwezig is, des te meer Ca^{++} in oplossing (I). Hierbij verdwijnt dan het $CaCO_3$ uit het reeds gesedimenteerde slib of wordt slib met weinig of geen $CaCO_3$ afgezet en met het bovenstaande water worden de daarin opgeloste Ca^{++}-ionen afgevoerd. De laatste tijd is het ontstaan van vele kalkloze kleigronden terecht toegeschreven aan deze primaire ontkalking of kalkloze sedimentatie.

Het pas gesedimenteerde, kalkrijke sediment wordt ontkalkt in een milieu, waar een grote CO_2-produktie optreedt, onder omstandigheden waarbij de CO_2 moeilijk

afgevoerd kan worden. Dit zijn milieus met veel vers, dood organisch materiaal, dat bij vergaan veel CO_2 produceert, met geringe waterbeweging en meestal afzetting van weinig, zware klei. Uit het onderzoek naar de korrelgrootte van de sedimenten is gebleken dat in gronden met een gehalte van meer dan ca. 50 % aan delen $<$ 10 mu slechts zeer weinig zand (delen $>$ 50 mu) aanwezig is. Dergelijke zware sedimenten (ca. 65 % $<$ 16 mu) worden afgezet in water, dat delen $>$ 50 mu niet meer kan vervoeren. De stroomsnelheid van dergelijk water is dus steeds zeer gering. Uit figuur 37 bleek, dat in het algemeen sedimenten met meer dan 65 % slib ($<$ 16 mu, komgronden) geen kalk meer bevatten.

Het blijkt uit één en ander, dat onder bovengenoemde omstandigheden de stroming in het water zo gering wordt dat de overmaat CO_2, die bij de omzetting van de verse organische stof wordt geproduceerd en in het water komt, niet voldoende meer wordt uitgewisseld met de lucht, zodat op dit moment primaire ontkalking plaatsheeft, resp. minder kalkhoudend of kalkloos sediment neerslaat. DE SMET (1951) vermeldt primaire ontkalking van de rodoorngronden, EDELMAN en DE SMET (1951) van de kalkloze kleien van het Dollardgebied, BENNEMA en VAN DER MEER (1952) vermelden het van Walcheren ter verklaring van de kalkloze poelkleien. Een en ander is samengevat door BENNEMA (1953). Deze gevallen hebben echter alle betrekking op zoute en brakke gebieden, waar de oxydatie van opgehoopte sulfiden ook een belangrijke rol gespeeld kan hebben en misschien — hoewel minder waarschijnlijk — hebben de andere zouten van het zeewater bij het proces een rol gespeeld.

Onze gegevens hebben alle betrekking op zoete gebieden, waar naar alle waarschijnlijkheid ophoping van sulfiden nooit is voorgekomen en andere zouten geen rol van betekenis gespeeld kunnen hebben. De primaire ontkalking kan onder deze omstandigheden alleen aan CO_2-verhoudingen worden toegeschreven.

Het gebied, waar de komgronden van het Rijnsysteem werden afgezet voldoet geheel aan de bedoelde omstandigheden. Deze sedimenten moeten òf kalkarm zijn afgezet, òf direct na de afzetting ontkalkt zijn. Het eerste is niet mogelijk, daar de Rijn alleen kalkrijke sedimenten heeft afgezet sedert zijn bestaan. Het laatste kan alleen, wanneer de opslibbing langzaam verloopt in een milieu waar hoge koolzuurspanningen aanwezig zijn, dat wil zeggen op plaatsen met stagnerend water en een grote plantenproduktie. ZONNEVELD (1952) heeft in de Biesbosch enkele voorbeelden gevonden, waar de sedimentatie onder dergelijke omstandigheden nu nog plaatsheeft en waar inderdaad kalkarme sedimenten gevormd worden. Hiermede is de kalkarmoede van het grootste gedeelte van de Rijnkomkleigebieden te verklaren.

De door de Rijn afgezette komklei is niet helemaal kalkloos afgezet, want ook op het ogenblik vindt men op enige diepte altijd nog wel kalkgehaltes van ca. 0,05 %, die plaatselijk nog tamelijk hoog oplopen (tot 4 à 5 %). Dit kalkgehalte is niet alleen van schelpfragmenten afkomstig (bodemtype RRk10) (EDELMAN e.a., 1950). Bij een recent onderzoek in de Bommelerwaard door het C.I.L.O. (1952) bleken vrij veel komgronden voor te komen met een kalkgehalte tot 3 %. De kalkhoudende komklei komt vaak in stroken voor langs oude komafwateringsgeulen en waarschijnlijk hebben vrij sterke stromingen het kalkgehalte veroorzaakt. In het Land van Maas en Waal is deze grondsoort steeds gelegen achter oeverwaldoorbraken enz., waar het water,

nadat het reeds zijn zanddelen was kwijtgeraakt, meer in beweging is geweest dan in de grote, uitgestrekte dichtbegroeide kommen. Ophoping van in het water opgelost CO_2 kwam in deze gevallen veel minder voor, zodat kalkhoudende klei werd gesedimenteerd en de gelegenheid tot ontkalking van het pas gesedimenteerde slib veel minder sterk was.

In het algemeen is onder omstandigheden, waarbij een sediment met meer dan 65 % afslibbare delen (< 16 mu komklei) werd gesedimenteerd, ook afzetting van kalkarm slib en/of ontkalking vlak na de sedimentatie opgetreden.

De kalkarmoede van de Maasstroomruggronden is echter niet te verklaren uit ontkalking vlak na de sedimentatie. Hier toch zijn de uiterlijke omstandigheden precies dezelfde geweest als op de nu kalkrijke oeverwallen van de Rijn. Daarbij komt nog, dat de kalkgehalten van het Rijnwater en dat van het Maaswater elkaar heel weinig ontlopen. Zelfs is de tendens aanwezig, dat het Maaswater een hoger Ca-gehalte heeft dan het Rijnwater (LELY, 1887; HENKET e.a., 1890). Het huidige Rijnslib en ook het huidige Maasslib bevatten beiden kalk. Dit laatste zegt echter weinig, daar, zoals wij reeds opmerkten (PONS, 1949), tegenwoordig enorm veel afvalstoffen op beide rivieren en vooral op de Maas worden geloosd.

Het verschil tussen Maas- en Rijnslib moet toegeschreven worden aan het milieu waarin zich het slib bevond.

Wanneer we aan rivierwater zuur toevoegen, dan wordt de H^+-ionenconcentratie verhoogd, waarbij de pH daalt. Volgens vergelijking (II) kan daarmede ook de concentratie van de opgeloste CO_2 vergroot worden en dit gebeurt door het opnemen van CO_2 uit de lucht. Hierbij wordt dan weer volgens (I) de Ca^{++}-ionenconcentratie verhoogd, zodat er $CaCO_3$ in oplossing gaat. Belangrijk is nog, dat behalve dit, ook de grotere hoeveelheid zuur direct inwerkt op de aan het slib gebonden $CaCO_3$ volgens de vergelijking: $H_2Z + CaCO_3 \longrightarrow CaZ + H_2CO_3$ en $H_2CO_3 + CaCO_3 \longrightarrow 2Ca(HCO_3)_2$. Door toevoer van zuur aan het water en pH-verlaging kan dus veel $CaCO_3$ in het rivierwater opgelost worden. YAALON (1954) geeft aan, dat bij een pH van 6,0 ongeveer 10 × zoveel $CaCO_3$ in oplossing gaat als bij een pH van 7,5. De pH van het rivierwater, die door vreemde stoffen zeer sterk kan worden beïnvloed, is via deze dubbelwerking bepalend voor het al of niet in oplossing gaan of het al of niet neerslaan van $CaCO_3$ op het slib in het rivierwater. De pH van het water is dus in principe zeer belangrijk voor het ontstaan van kalkrijke sedimenten.

Het kalkarm afzetten van de sedimenten op de oeverwallen door de Maas moet dan ook worden toegeschreven aan een lage pH van het Maaswater, op het ogenblik van de sedimentatie. We hebben hier dus te maken met een sedimentatie van kalkloos slib.

De lagere pH van het Maaswater ten opzichte van het Rijnwater wordt door ons in overeenstemming met de mening van HOEKSEMA toegeschreven aan een in vroegere tijden plaats gehad hebbende toevoer van zuur Peelwater en zuur water van zijrivieren aan het water van de Maas. De verlaging van de pH van het Maaswater, door de erop geloosde humuszuren, was reeds voldoende om het slib van het allergrootste deel van het daarop neergeslagen $CaCO_3$ te beroven en zo het neerslaan van kalkrijke sedimenten op de Maasoeverwallen te beletten. De Rijn, die naar verhouding veel grotere

Fig. 42. pH's van watermonsters van verschillende plaatsen in het rivierkleigebied tijdens hoog opperwater (nov. 1950 en jan. 1951) naar gegevens verzameld door ir. P. L. ARENS, ir. K. J. HOEKSEMA en ir. L. J. PONS.

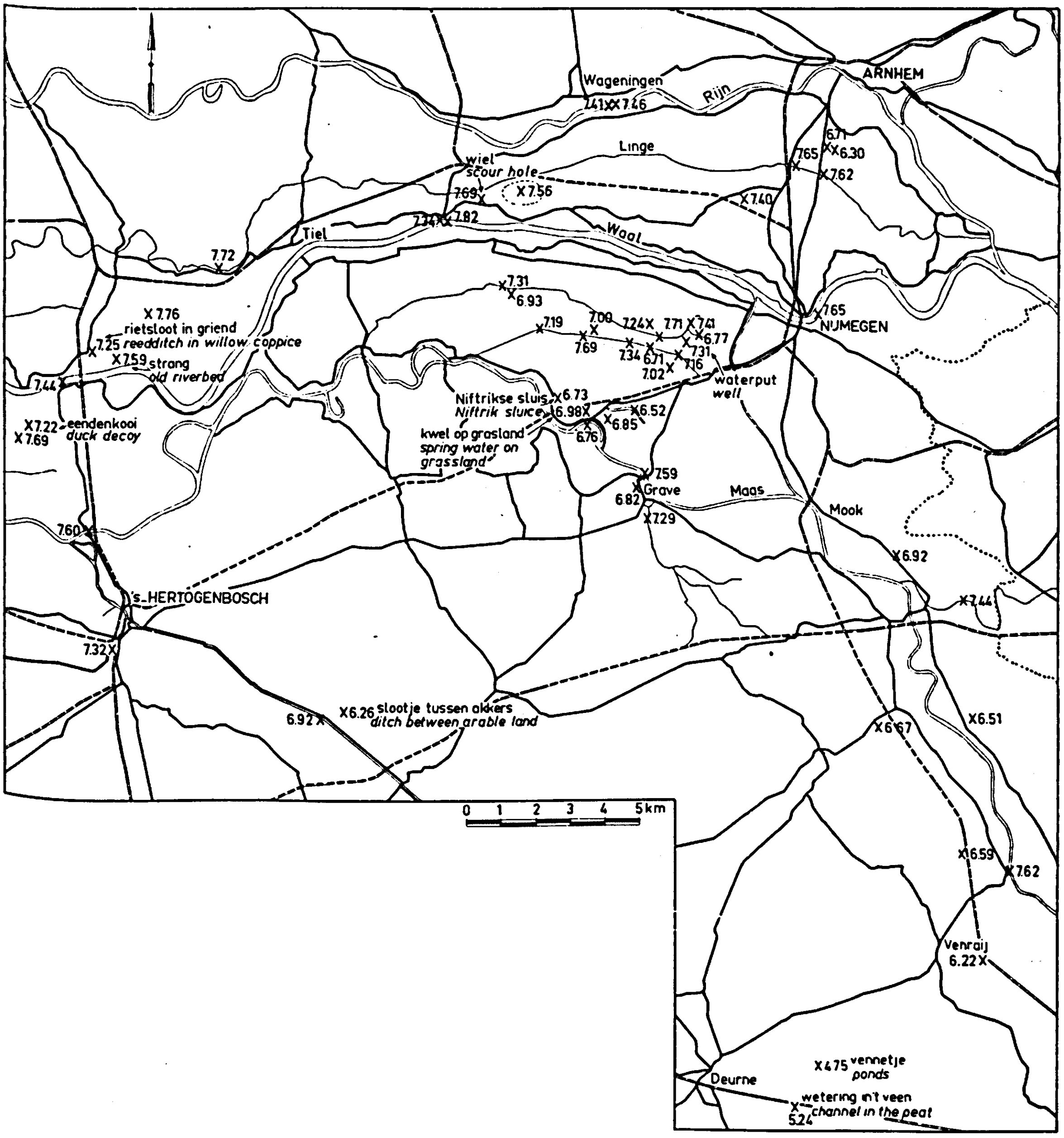


Fig. 42. *pH-values of water samples from various places in the river clay area at the time of high surface water (nov. 1950 and jan. 1951) according to data, collected by* Ir. P. L. ARENS, Ir. K. J. HOEKSEMA *and* Ir. L. J. PONS.

hoeveelheden water afvoert, ontving nergens beduidende hoeveelheden water met een dergelijke concentratie humuszuren. De pH van het Rijnwater werd dus niet verlaagd en hier kon de kalk ongestoord aan de zwevende slibdeeltjes gehecht blijven en met deze op de oeverwallen neerslaan.

Zoals reeds eerder werd opgemerkt, is de toestand op het ogenblik geheel anders. De Peel is grotendeels ontgonnen, de samenstelling van het water, zowel van de Maas als van de Rijn, is geheel veranderd. Tijdens twee hoogwaterperioden in de winter van 1950—'51 werden door ir. P. L. ARENS, ir. K. J. HOEKSEMA en schrijver dezes pH's gemeten van het water op verschillende plaatsen in het rivierkleigebied. Fig. 42 geeft hiervan een beeld. De pH van het rivierwater van Maas en Rijn ontloopt elkaar niet veel en ligt bijna overal op ongeveer 7,5, evenals dat van de weteringen, sloten, wielen, kwelplaatsen enz. in het kalkrijke rivierkleigebied. In het kalkarme gebied langs de Maas was binnen de dijken de pH beneden 7,0. De pH van het water dat op dat ogenblik uit de Peel op de Maas werd afgevoerd wisselde van ca. 6,0 tot 7,3. De zeer lage pH in een veenwetering en in een vennetje in de Peel wijzen er echter op, dat dit vóór de grote Peelontginning heel anders geweest moet zijn. Daarnaast verhoogt het lossen van afvalwater door de dorpen, boerderijen enz. de pH van de kleine Peelbeken stroomafwaarts tegenwoordig zeer aanzienlijk.

De kalkarme stroomruggronden van Beuningen en Weurt (zie fig. 43) zijn eveneens op een dergelijke manier te verklaren. Hier was het zure, CO_2-rijke kwelwater uit het Nijmeegse heuvelcomplex, dat, hetzij vóór, hetzij vlak na de sedimentatie, de pH van het Rijnwater door vermenging zo verlaagde, dat de aan het slib gebonden kalk oploste. Ook langs de flank van het Montferland in de gemeente Zevenaar troffen we kalkloze, jonge Rijnstroomruggronden aan (PONS, 1953a), hetgeen aan dezelfde oorzaken is te wijten.

Ook in de buitenlandse literatuur zijn voorbeelden bekend van rivieren, die, hoewel ze kalkrijk water bevatten, kalkarme of kalkloze sedimenten afzetten.

VAN DIEPEN (1952) vermeldt kalkrijke lagen beneden Alem in de overigens kalkloze Maasstroomruggronden, die hij toeschrijft aan toevoer van grote hoeveelheden Rijnwater via de Waal aan de Maas bij Heerewaarden.

Tijdens de sedimentatie op de oeverwallen van de Maas moet het kalkgehalte ervan ongeveer 0,01—0,1 % hebben bedragen. In het Maasslib, dat in de kommen is terechtgekomen, hebben wij nooit enige kalk kunnen aantonen. Deze gronden zijn steeds tot grote diepte kalkloos en hebben een lage pH. De zeer kleine hoeveelheid kalk, die van oorsprong in dit slib aanwezig was, kon gemakkelijk verdwijnen gedurende de opslibbing, toen de kommen sterk begroeid waren. Door de langzame natuurlijke ontkalking na de sedimentatie, waarbij de kalk naar beneden gespoeld werd, zijn ook de meeste Maasstroomruggronden en Maasoevergronden tot flinke diepte (ca. 70 cm) totaal ontkalkt en bezitten een lage pH.

We willen nog op de volgende omstandigheden wijzen. Het komt vaak voor, dat overdekte sedimenten, waarvan met zekerheid bekend is dat ze vóór de overdekking totaal ontkalkt geweest zijn, het kalkgehalte bezitten van het overdekkende sediment. Zo treft men b.v. in twee profielen van het bodemtype Rkl: komgrond op rivierleemgrond, in de rivierleemgrond een kalkgehalte aan van resp. 0,5 % en 0,11 %. Men moet

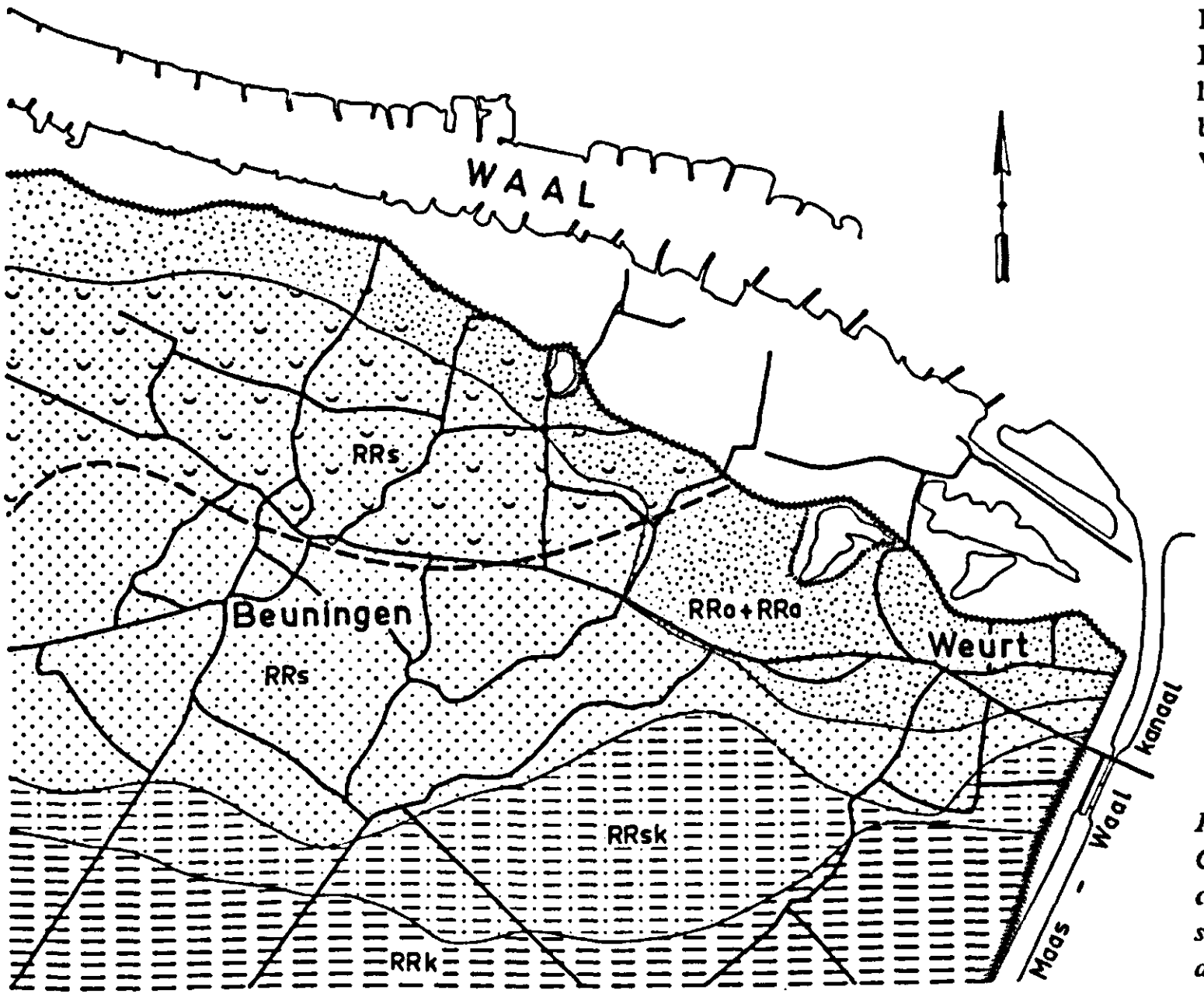


Fig. 43.
De kalkhoudende en kalkloze zandige riviergronden bij Ewijk, Beuningen en Weurt.

Fig. 43.
Calcareous and non-calcareous sandy river soils near Ewijk, Beuningen and Weurt.

RRo+RRa — Overslaggronden en oevergronden.
Dike burst deposit soils and flood deposit soils.

RRs — Stroomruggronden.
River ridge soils.

RRsk — Stroomruggronden op komklei.
River ridge soils on back swamp clay.

RRk — Komkleigronden.
Back swamp soils.

Grens tussen kalkhoudende en kalkloze afzettingen.
Boundary between calcareous and non-calcareous deposits.

aannemen, dat deze rivierleem, lang vóór de bedekking met komklei, ontkalkt en zuur was. De bedekkende komklei heeft ook een laag kalkgehalte, resp. 0,08 %, 0,14 % en 0,30 %, hoewel de bovengronden bij beide profielen reeds ontkalkt waren. Het bodemcomplex van de komkleigronden was grotendeels verzadigd met Ca. De kalkhoudendheid van de rivierleem is hier te verklaren door de door BLUME (1952) gevonden benedenwaartse verplaatsing van Ca-ionen, waarbij de bovenste ionen niet direct naar beneden spoelen maar eerst dieper gelegen Ca-ionen verplaatsen enz. De gehele Ca-bezetting schuift dus frontsgewijze naar beneden. Door de ontkalking (verzuring) van de bovengrond is het bodemcomplex van de rivierleemgronden weer verzadigd met kalk-ionen. Enkele profielen van komgronden op oude Maasstroomruggronden laten hetzelfde zien. Hier heeft de oorspronkelijk ongetwijfeld verzuurde Maasstroomruggrond weer een hogere pH gekregen door uitspoeling van de kalk uit de bovenste lagen van de oorsponkelijk iets kalkhoudende komkleilaag.

5. DE BODEMONTWIKKELING VAN DE HOGE GRONDEN ZONDER EN MET WEINIG GRONDWATERINVLOED IN HET PROFIEL

Bijlage V geeft een overzicht van de ontwikkeling van de hogere gronden in het gekarteerde gebied. We gaan uit van een vijftal verschillende materialen, daar de ontwikkelingsgang verband houdt met de rijkdom aan basen en verweerbare mineralen. De reeksen worden in de tabel naar rechts steeds armer.

Bij de beschrijving van de bodemtypen hebben we zoveel mogelijk de Amerikaanse en Duitse namen gegeven. De Amerikaanse namen volgen de gebruikelijke termen van de Great Soil Groups, beschreven door THORP and SMITH (1949), terwijl de Duitse termen zijn ontleend aan MÜCKENHAUSEN (1953), zie verder ook BENNEMA, SCHELLING en VEENENBOS (1953a en 1953b).

HOEKSEMA (1953) beschrijft hoe uit gelaagde, kalkrijke, alluviale afzettingen (bijlage V: Aa) door biologische activiteit een gehomogeniseerde kalkrijke grond ontstaat. Waarschijnlijk vindt hierbij reeds een zekere kleivorming plaats of misschien alleen maar een geringe omhulling van de bodemdeeltjes met ijzerhuidjes, waarop de bruinkleuring (10 YR 4/2½—4/3) van het gehomogeniseerde materiaal wijst. Misschien is het slechts een innige vermenging van de altijd in de grond aanwezige roestvlekjes met het zandige en kleiige materiaal. Het is typisch voor de goed ontwaterde, kalkrijke stroomruggronden (bijlage V: Ab).

Profielbeschrijving: Zeer diepe, jonge, kalkrijke, goed gehomogeniseerde stroomruggrond (bodemtype RRs3; Puiflijk, langs de Koningsstraat; bouwland). Alluvial Soil, intergrade to Brown Forest Soil; schwach entwickelte basenreiche Braunerde.

Ap	0— 20 cm	Humeuze, zeer donkergrijsbruine (10 YR 3/2), fijnzandige klei, ca. 35%
A1	20— 28 cm	afslibbaar, kalkhoudend; bovenin losse structuur, naar beneden duidelijk fijne nootjes.
Bk1	28— 50 cm	Weinig humeuze, donkergrijsbruine (boven: 10 YR 3½/2½, beneden: 10 YR 4/3), fijnzandige klei, homogeen; wormgaten; structuur: goed ontwikkelde nootjes in zwakke vrij grote prisma's.
Cg	50— 80 cm	Iets grijsbruine (10 YR 4½/2½), bruin roestige (10 YR 5/3), gevlekte fijnzandige lichte klei (ca. 28% < 16 μ); weinig structuur; zacht.
DG	80 cm enz.	Grijs gevlekt, tamelijk roestig (10 YR 5/3—10 YR 5½/3); gelaagd fijn zand en slibhoudend zeer fijn zand.

In de reeks van de kalkarme zandige kleigronden (bijlage V, kolom B) (Maasstroomruggronden) is voor het proces der homogenisatie slechts weinig tijd beschikbaar, want reeds spoedig is het materiaal tot minstens 60 à 70 cm diepte ontkalkt. Toch heeft ook hier een zekere homogenisatie en bruinkleuring plaats vóór het optreden van de heterogenisatie (bijlage V: Bb), zoals uit de profielbeschrijving blijkt.

Profielbeschrijving: Zeer diepe, kalkloze, weinig gehomogeniseerde jonge Maasstroomruggrond (Bodemtype RMs3; Lienden, gemeente Batenburg; bouwland) (fig. 44). Acid Brown Forest Soil; schwach entwickelte mässig basenhaltige Braunerde.

Ap	0— 22 cm	Humeuze donkergrijsbruine (10 YR 4/2), fijnzandige klei (ca. 35% slib); losse structuur.
AB	22— 30 cm	Weinig humeuze, bruine (10 YR 4/2½), fijnzandige klei (pH water: 5,4); structuur: fijne nootjes.

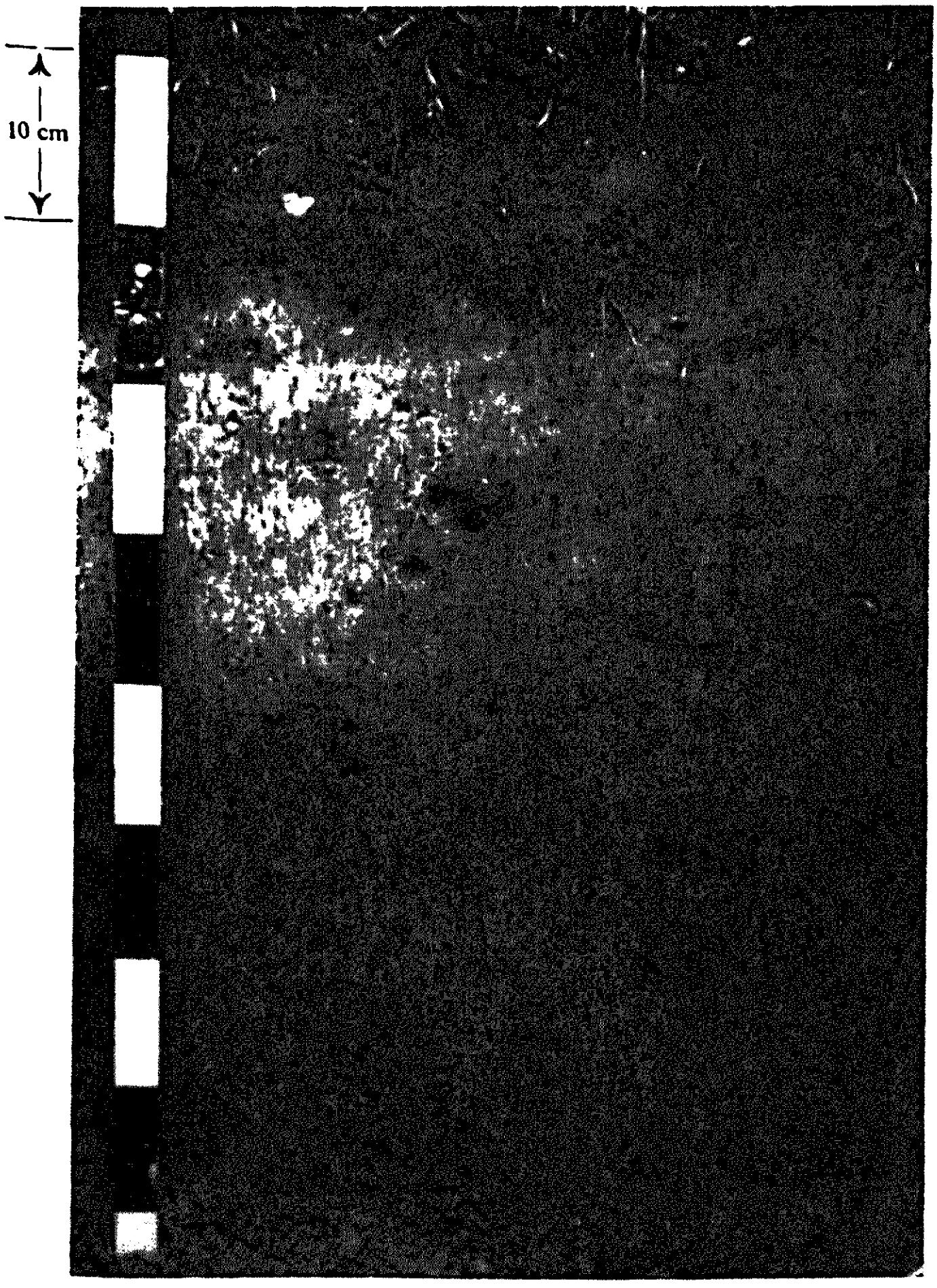


Foto: L. J. Pons.

Fig. 44.
Zeer diepe, kalkloze, weinig gehomogeniseerde, lichte, jonge Maasstroomruggrond (Overasselt, ten oosten van het dorp).
Het profiel bestaat uit 20 cm zandige humeuze klei op niet-humeuze zandige klei. Van 20 tot ca. 45 cm is deze zandige klei wat gehomogeniseerd (enkele roestvlekjes). Daarbeneden komen veel grijze vlekjes voor, afgewisseld met roest. De lagen zijn hier niet gehomogeniseerd. Het profiel is vrij goed opdrachtig, gemakkelijk te bewerken en goed van structuur.

Fig. 44.
Very deep, non-calcareous, little homogenized, light, young, river ridge soil of the Meuse, east of the village Overasselt.
The profile consists of 20 cm sandy humose clay on non-humose sandy clay. Down to about 45 cm this sandy clay is somewhat homogenized (some rusty spots). Further down many grey spots alternating with rust occur. The layers here are not homogenized. The profile has a rather high moisture replanishing capacity. The soil is easy to till and has a good structure.

Bkl	30— 44 cm	Bruine (10 YR 4/3), iets humeuze, fijnzandige klei; structuur: zachte, zwak ontwikkelde nootjes.
Cg	44— 80 cm	Fijnzandige klei met kleine reductievlekken en bruine roestvlekjes (10 YR 5/1½); (pH water: 5,5).
Cg	80—100 cm	Idem, met meer roestvlekken en enkele mangaanvlekken; (pH water: 6,4).

De diepe stroomruggronden vertonen pas een verder gaande profielvorming, vooral verplaatsing van kleideeltjes, wanneer ze geheel ontkalkt zijn. De oudere Rijnafzettingen (bodemtype RRm3) in het Land van Maas en Waal zijn nog niet zo ver. Volgens mondelinge mededeling van HOEKSEMA zou daartoe een tijd van 3000 à 4000 jaar nodig zijn. Bij de oudere, diepe Maasstroomruggronden, die spoedig geheel ontkalkt zijn, daalt, zodra de kalk geheel verdwenen is, de pH en vindt naast nieuwvorming al heel snel verplaatsing van kleimateriaal plaats. De normale, zeer diepe, oude stroomruggronden van de Maas vertonen dan ook na ca. 2000 jaar reeds een duidelijke textuur-B (bijlage V:Bc), gedeeltelijk ontstaan door uitspoeling uit de A-laag.

Profielbeschrijving: Zeer diepe, kalkloze, min of meer verleemde, oude Maasstroomruggrond (bodemtype RMm3; Leur, het Hof; grasland).
Gray Brown Podzolic Soil; schwach podsolige mässig basenhaltige Braunerde.

A1 0— 5 cm Sterk humeuze, zeer donkergrijsbruine (10 YR 2½/1½), lichte klei (pH: 4,5); structuur: matig ontwikkelde, gemiddelde tot grove kruimels.

A2 5— 10 cm Weinig humeuze, grijsbruine (10 YR 4/2), lichte, zandige klei, vrij grofzandig (pH: 4,0).

B1-3t 10— 45 cm Humeuze, donkerbruine (gewreven 10 YR 4/3), lichte zandige klei (iets zwaarder dan A2), (pH: 4,5); structuur: zwak ontwikkelde, fijne nootjes (huidjes: 7,5 YR 4/2), plaatselijk stug, veel wortels.

Cg 45 cm enz. Zwak humeuze, bruine (10 YR 4/2½), fijn roodgevlekt (wat lichter dan B); structuur: zwak ontwikkelde nootjes zonder huidjes (pH: 4,7).

De wat zwaardere en zeer diepe rivierleemgronden vertonen een duidelijke profielontwikkeling met nieuwvorming, uitspoeling uit de A-laag en inspoeling in de B-laag. Ze vertonen de typische kenmerken van wat de Amerikanen als „Gray Brown Podzolic Soil" aanduiden en de Duitsers als „Podsolige Braunerde" (LAATSCH, 1944; CLINE, 1949; MCCALEB and CLINE, 1950; STOBBE, 1952). De A-laag is betrekkelijk zwak ontwikkeld en geel-bruingrijs van kleur. De B-laag bevat meer klei dan de A-laag geleverd kan hebben, zodat ook nieuwe vorming van klei moet hebben plaatsgehad. De structuurelementen van de B-laag bezitten een huidje van ingespoelde humeuze klei. Onder de B-laag in het zand vindt men tot op de diepte, waar het grondwater begint, ijzerbanden die — wat aantal en dikte betreft — afhankelijk zijn van de lemigheid[1] van de bovengrond en de grofheid van het zand (BENNEMA, SCHELLING en VEENENBOS, 1953a en 1953b).

Profielbeschrijving: Hoge, roodbruine rivierleemgrond (bodemreeks Sh; Ottersum; bouwland) (fig. 45).
Gray Brown Podzolic Soil; podsolige Braunerde mittler Basensättigung (bijlage V Ad; SCHELLING, 1951a; SMITH, 1952).

Ap 0— 20 cm Sterk humeuze, zeer donkergrijsbruine (10 YR 3½/2), zandige leem; structuur: zachte, zwak ontwikkelde, fijne kruimels (pH: 5,8).

A2 20— 37 cm Weinig humeuze, bruine (10 YR 4/3), zandige leem (pH: 4,2); structuur: zeer weinig ontwikkeld, zacht.

B2 37— 95 cm Humeuze, donkerbruine (7,5 YR 4/4) leem (pH: 3,7); structuur: matig ontwikkelde blokjes, vrij hard.

D(Bir) 95—360 cm Oranjebruine ijzerbanden (5 YR 4/6) in bleek, geel, lemig zand of zandige leem en in los zand; boven 5 tot 8 cm dik, naar beneden dunner en op grotere afstand van elkaar (pH: 4,0).

[1] Het woord „leem" wordt hier alleen gebruikt in navolging van het in dit deel van ons land geldende spraakgebruik (EDELMAN, 1948). Het wordt door de bevolking gebruikt om gronden met een minder goede structuur te onderscheiden van kleigronden, die een betere structuur hebben en om lutumrijke gronden, die temidden van zand voorkomen aan te duiden (EDELMAN, 1948). Het woord „leem" wordt in deze publikatie nergens gebruikt om een bepaalde korrelgrootteverdeling aan te geven, zoals in de toekomst bij de Stichting voor Bodemkartering ingevoerd zal worden.

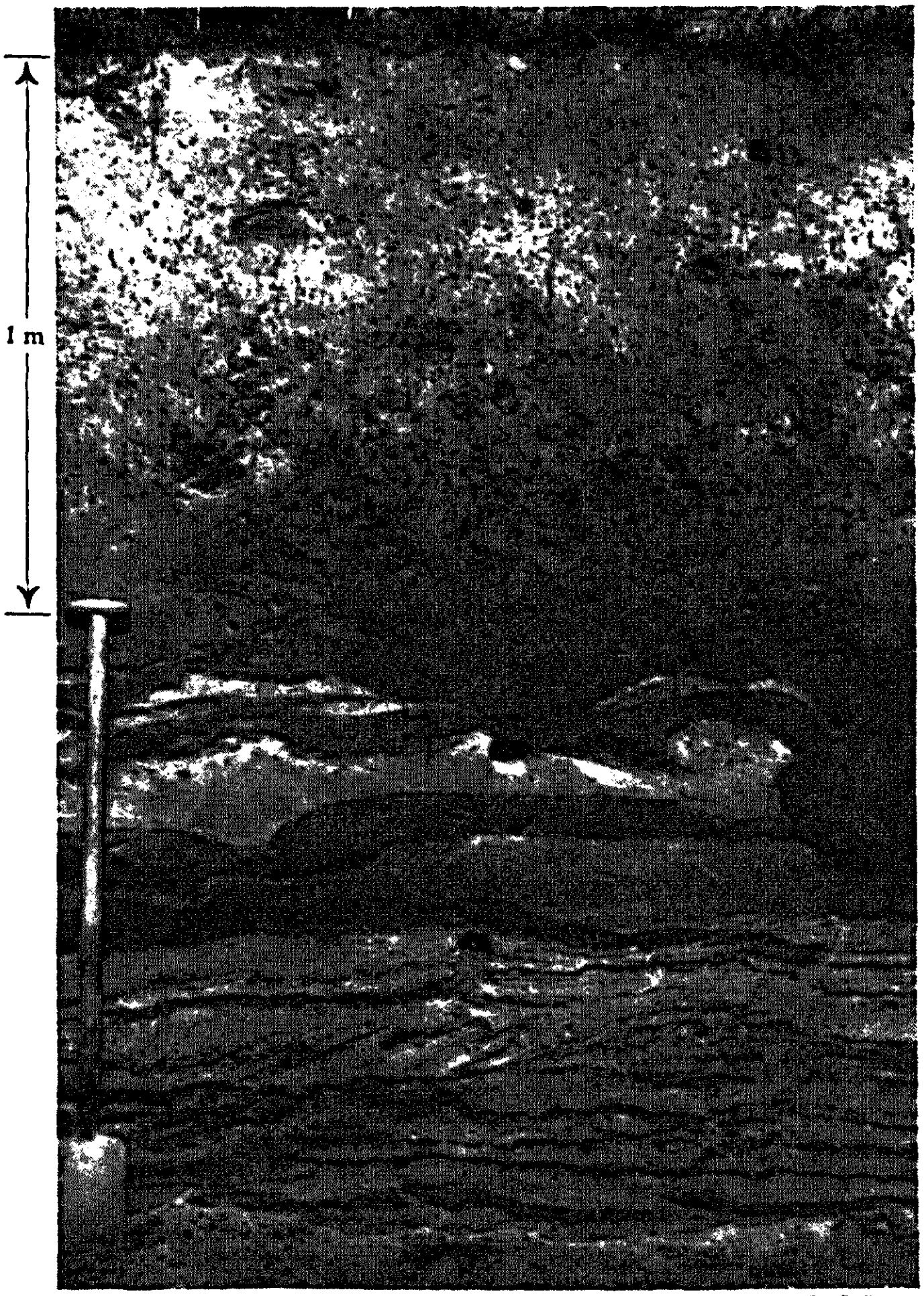


Fig. 45.
Hoge, diepe roodbruine rivierleemgrond bij Ottersum (bij het klooster). Het profiel bestaat uit een laag van ca. 1 m zandige klei, rustend op grof zand. De flink ontwikkelde B-laag is te herkennen aan de donkere kleur en de donkere plekken, die zijn ontstaan door het gemakkelijke afbrokkelen van de structuurelementen, die vooral in deze laag voorkomen. De matig humeuze bovengrond (A1+Ap) tekent zich over een diepte van ca. 30 cm als een iets donkere laag af. De A2-laag is waar te nemen als de lichtst gekleurde horizont (ca. 20 cm) tussen de A1 en de B-laag. In het zand, dat duidelijk gelaagd is, bevinden zich ingespoelde ijzerrijke kleibanden, die naar beneden dunner worden. Ongeveer ter hoogte van het handvat van de schop treft men nog een golvend grindlaagje aan, dat duidt op kryoturbate vervormingen.

Fig. 45.
High, deep, red-brown „rivierleem" (fluvial silty clay) soil at Ottersum (near the monastry). The profile exists of a sandy clay layer of appr. 1 metre overlying coarse sand. The well-developed B-horizon can be recognized by the dark colour and dark patches caused by easily crumbling structure-elements, specially occuring in this horizon. The medium-humose topsoil (A1+Ap) shows itself as a somewhat darker-coloured layer of appr. 30 cm. The A2-horizon can be observed as the lighter coloured layer (of appr. 20 cm) between the A1 and B-horizon. In the markedly stratified sand washed-in clay bands rich in iron and becoming thinner further downward are to be found. Approximately on a level with the handle of the spade an undulating thin gravel layer is to be seen indicating cryoturbate deformation.
Foto: L. J. Pons.

De reeks van de minder kleihoudende sedimenten (bijlage V: C) vertoont een ongeveer gelijke ontwikkeling. Tot deze reeks rekenen we ook de zandige kleigronden, die ondiep op los, grof rivierzand rusten. In het algemeen verloopt bij deze gronden de profielontwikkeling sneller dan bij de diepe, zandige kleigronden door het geringer vermogen tot het vasthouden van water bij deze gronden. Naar verhouding spoelt bij deze gronden meer water door en in het algemeen bezitten ze een minder grote totale rijkdom aan basen. Ook in deze profielen treedt eerst een stadium van homogenisatie op (bijlage V: Cb).

Profielbeschrijving: Jonge, diepe, kalkrijke Rijnstroomruggrond op los grof rivierzand (bodemtype RRs2; Puiflijk, Koningsstraat; bouwland).
Alluvial Soil, intergrade to Brown Forest Soil; schwach entwickelte mässig basenhaltige Braunerde.

Ap 0— 23 cm Humeuze, zeer donkergrijsbruine (10 YR 3/2), iets grofzandige, lichte klei (31 % slib).

(Bkl) 23— 55 cm Bovenin nog vrij sterk humeuze, donkergrijsbruine (10 YR 4/2½), kalkrijke, lichte klei (27 % slib).

Cg 55— 68 cm Bruin (10 YR 5/3), slibhoudend grof zand, gelaagd.

Dg 68 cm enz. Bontgekleurd, bruin (7,5 YR 5½/4), los, zeer grof rivierzand (mediaan 300—400 μ).

De reeds ontkalkte, vrij ondiepe en diepe oude Rijnstroomruggronden op rivierzand (bodemtype RRm2), vertonen na 2000 jaar eveneens een min of meer duidelijke profielontwikkeling.

Profielbeschrijving: Diepe, ontkalkte, min of meer verleemde, oude Rijnstroomruggrond op los, grof rivierzand (bodemtype RRm2; Ewijk, de Aalst; bouwland).
Gray Brown Podzolic Soil; schwach podsolige Braunerde geringer Basensättigung (bijlage V: Cc).

Ap 0— 20 cm Humeuze, donkergrijsbruine (10 YR 4/2), zandige klei; structuur: kruimelachtig.

A2 20— 28 cm Weinig humeuze, bruine (10 YR 4/3), zandige klei; structuur: zwak ontwikkelde nootjes.

B1-2 28— 50 cm Weinig humeuze, donkerbruine (10 YR 3½/3), vrij zware klei; structuur: goed ontwikkelde nootjes tot blokjes, gerangschikt in zwakke grote prisma's; weinig roestvlekjes.

C1 50— 62 cm Kleiig grof zand, met roestvlekken (7,5 YR 4/4) en reductievlekken (7,5 YR 5/2).

Dg 62 cm enz. Grijs gevlekt grof zand met roest in vlekken, beneden 75 cm kalkrijk.

Bij het ouder worden van dergelijke gronden ontwikkelt zich een B-laag in de vorm van ijzerhoudende banden onder het lemige dek in de zandlagen van de ondergrond. Daarbij wordt tevens de A-laag van het „Gray Brown Podzolic"-profiel dikker en steeds verder uitgeloogd. Ten slotte ontwikkelt zich in deze A-laag, die vaak het leemhoudende dek op zand geheel inneemt, een zogenaamde Brown Podzolic Soil (bijlage V: Cd). De basen verdwijnen steeds meer, de basenverzadigingsgraad is laag, de pH is omstreeks 4,0 en lager en er vindt nog slechts humus- en ijzerophoping plaats. Het ijzer is volgens sommige onderzoekers afkomstig van de bladeren van de bomen, die het met hun wortels uit de diepere ondergrond naar boven halen. Men neemt oplossingsverschijnselen van de B-lagen van het fossiele Gray Brown Podzolic Soil-profiel waar. CLINE (1949, 1953) en FREI en CLINE (1949) vermelden dit van Brown Podzolic Soils in de staat New York. Deze bodemontwikkeling vindt in ons gebied plaats in de lichtere leemgronden met los zand binnen 1 meter.

Profielbeschrijving: Diepe, hoge, roodbruine rivierleemgrond op rivierzand (bodemtype Sh2; Heumen, De Hosterd; boomgaard).
Brown Podzolic met in de ondergrond resten van Gray Brown Podzolic Soil; podsolige Braunerde geringer Basensättigung; in de bovengrond invloeden van plaggenbemesting (bijlage V: Ce).

Ap 0— 20 cm Humeuze, donkerbruine, zeer lichte, grofzandige rivierleem (pH: 4,1) (ca. 14 % slib); losse structuur (bekalkt) (pH: 4,1).

A1 20— 37 cm Humeuze, donkerbruine (10 YR 3½/3), lichte, grofzandige rivierleem (15 % slib) (pH: 4,1); losse structuur.

B2 37— 63 cm Weinig humeuze, donkerbruine (7,5—10 YR 3½/3), grofzandige, lichte leem, (iets zwaarder dan A1; 15% slib) (pH: 3,9); structuur: losse, zwak ontwikkelde nootjes.

B3 63— 70 cm Niet humeus, bontgekleurd, lemig, grof zand, overgang naar los zand (pH: 4,0).

D(Bir) 70 cm enz. Bruin (7,5 YR 5/5), los, grof rivierzand (mediaan 200—400μ) (pH: 4,2) met oranjebruine (5 YR 4/6) ijzerbanden van een oud profiel, bovenin meer dan 5 cm breed, droog en hard.

Behalve rivierafzettingen komen in het gebied ook enigszins lemige, fijne dekzanden voor, die een dergelijke profielontwikkeling doorgemaakt moeten hebben. Men vindt de jongere stadia echter niet meer, daar deze profielen alle zeer oud zijn en dateren van het einde van het Pleistoceen. Deze gronden vertonen steeds het type van „Brown Podzolic Soils" met in de ondergrond, die meestal bestaat uit los zand of grindzand, de ijzerbanden van de B-lagen van het „Gray Brown Podzolic Soil"-type, dat aan het „Brown Podzolic Soil"-stadium is voorafgegaan (bijlage V: Cd). In fig. 45 ziet men de sterk ontwikkelde ijzerbanden in de ondergrond onder het huidige „Brown Podzolic Soil"-profiel.

De meeste gronden van dit type zijn reeds lang als bouwland in cultuur en bezitten daardoor vrij dikke humeuze bovengronden (bijlage V: Ce).

Profielbeschrijving: Hoge, iets grindhoudende, iets lemige, bosontginningsdekzandgrond (bodemtype Zob3 met plaggenbemesting, Hatert, bouwland).
Brown Podzolic Soil op Gray Brown Podzolic Soil; schwach secundäre Podsol aus Sättigung hervorgegangen.

Ap1 0— 26 cm Sterk humeuze, zeer donker grijsbruin (10 YR 3/2), iets lemig, fijn zand met wat grind.

Ap2 26— 55 cm Humeus, donkerbruin (10 YR 3/3), iets lemig, fijn zand (oud bouwland).

B2 55— 78 cm Zwak humeus, bruin (10 YR 4/3), iets lemig, fijn zand.

BC 78— 95 cm Geelachtig bruin (10 YR 4/4), los zand.

C 95 cm enz. Bleek, geelbruin (10 YR 5½/4), los zand.

Ongeveer dezelfde profielen treft men aan op de hoge grindzandgronden, met enigszins lemige bovengronden.

Nog sneller is de bodemvorming gegaan bij de reeks bodems, die zich ontwikkeld hebben op los zand (bijlage V, reeks D). Dit zand is uit de rivierbeddingen afkomstig. Het is vrij rijk aan verweerbare mineralen en is waarschijnlijk ook kalkrijk geweest. Onder verweerbare mineralen worden hier ook stukjes Schiefer verstaan, die gemakkelijk verweren en waaraan het Rijnzand nogal rijk is. Het stadium van de „Gray Brown Podzolic Soil" is hier geheel overgeslagen.

Na de ontkalking was de basenbezetting direct al zo laag, dat zich een „Brown Podzolic Soil" vormde, voornamelijk door beweging en neerslag van humus en ijzer (bijlage V: Db). Men vindt dit type dan ook steeds in het rivierstuifzand, vrijwel altijd met sterke invloed van plaggenbemesting (bijlage V: Dc).

Profielbeschrijving: Hoge en diepe tot zeer diepe, homogeen lemige en/of slibhoudende stuifzandgrond met tamelijk sterke invloed van plaggenbemesting (bodemtype Zsm2; Wijchen, Oosterweg; bouwland) (fig. 46).
Brown Podzolic Soil; schwache secundäre Podsol aus Braunerde geringer Basensättigung hervor gegangen.

Ap1	0— 20 cm	Tamelijk sterk humeus, zeer donkergrijsbruin (10 YR 2½/2), iets lemig, grof zand.
Ap2	20— 55 cm	Matig humeus, donkergrijsbruin (10 YR 3½/2), iets lemig, grof zand.
B	55— 98 cm	Iets humeus, bruin (10—7,5 YR 4/3), iets lemigs, grof zand.
C	98 cm enz.	Niet humeus, geelachtig bruin, iets lemig tot los, grof zand.

Fig. 46. Hoge, zeer diepe, homogeen lemige stuifzandgrond te Wijchen (De Pas). Het profiel bestaat uit een laag humeus, lemig, grof zand (0—40 cm) met daaronder een laag humusarm, lemig, grof zand (40—ca. 100 cm). Deze lagen rusten op los, grof zand met enkele bandjes lemig zand, zoals onder in de kuil is te zien. De lemige laag is goed doorworteld.

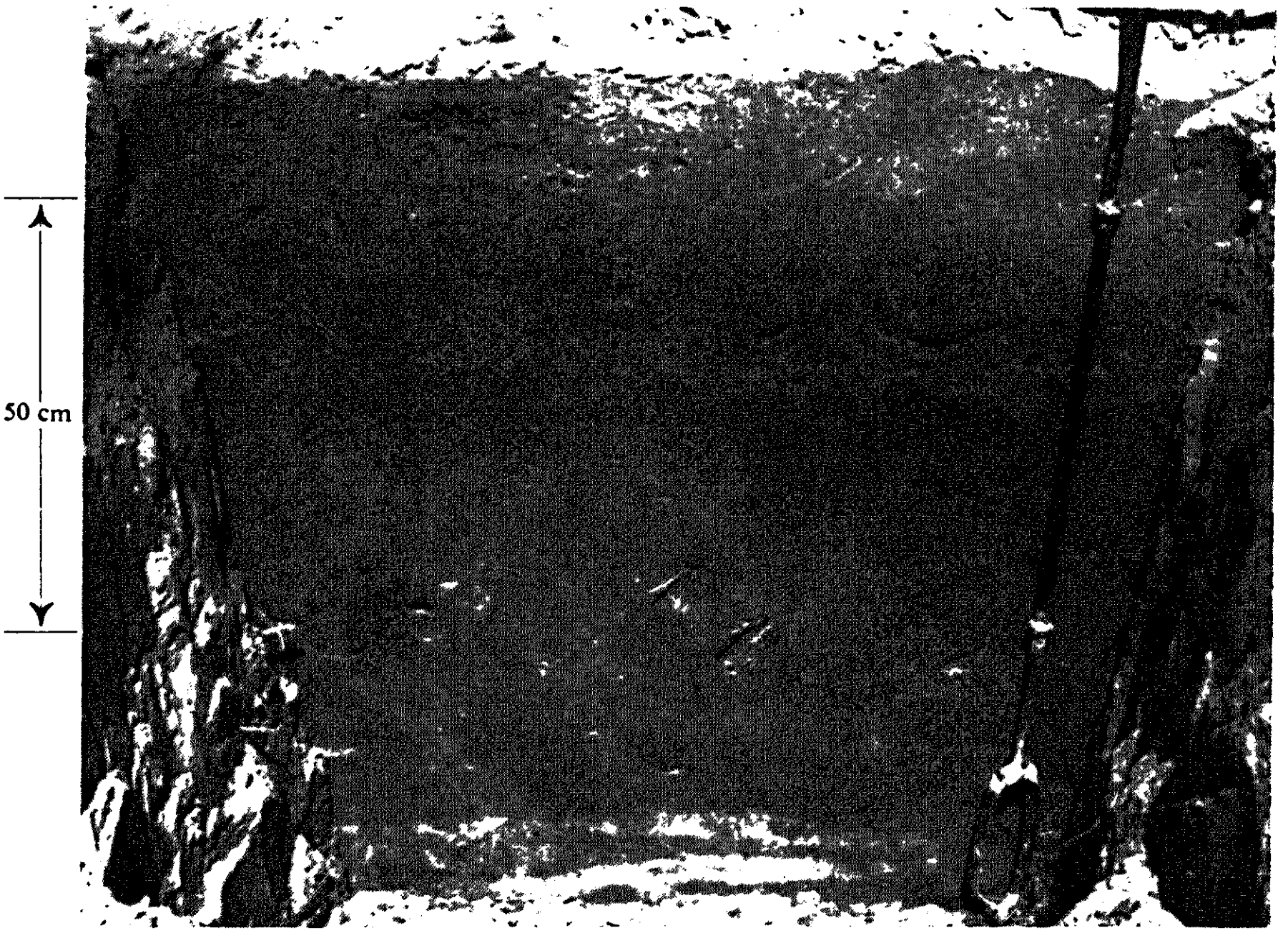


Foto: L. J. Pons

Fig. 46. High, very deep, homogeneous loamy blown sand soil at Wijchen (De Pas). The profile consists of a humose loamy layer of coarse sand (0—40 cm), down to 100 cm poorly humose, loamy coarse sand. These layers overlie loose coarse sand with some small bands of loamy sand, as to be seen at the bottom of the pit. The loamy layer is well-rooted.

Dit stuifzand is te rijk om een heidepodzol te laten ontstaan. Soms vindt men nog wel eens een geringe aanduiding van een micropodzol. Meestal vindt men een zwakke „Brown Podzolic Soil" op deze stuifzandgronden. De bodemreeks Zsob (bosontginningsstuifzandgronden) vormt hiervan een goed voorbeeld. Onder een dunne, zwak humeuze bovengrond met veel loodzandkorrels bevinden zich geelbruine, grofzandige lagen, die naar beneden al heel spoedig overgaan in het gele, gelaagde, onveranderde stuifzand (bijlage V: Eb). Om echte heidepodzolen te krijgen (bijlage V: Ec) moet men secundair opgewaaide stuifzanden hebben, waarvan het grootste deel van het materiaal, waarop de bodemvorming plaatsheeft, bestaat uit elders reeds min of meer verweerd en uitgeloogd zand (bijlage V, reeks E). Zulke podzolen zijn echter in het gekarteerde gebied uiterst zeldzaam.

Profielbeschrijving: Droge, ondiep humeuze bosontginningsstuifzandgrond (bodemtype Zsob2; Wijchen, Alverna; bouwland) (fig. 47).
Minimal Brown Podzolic Soil; schwache secundäre Podsol aus Braunerde geringer Basensättigung hervorgegangen.

Ap1	0— 20 cm	Matig humeus, donkergrijsbruin (10 YR 3/1½), grof zand, praktisch niet lemig, vrij veel loodzandkorrels.
Ap2	20— 28 cm	Humeus, bruinachtig grijs (10 YR 4/2), grof zand; naar beneden geleidelijk overgaande in:
B	28— 40 cm	Iets humeus, geelgrijsbruin, iets lemig, grof zand; tamelijk losse structuur, geleidelijk overgaande in:
BC	40— 55 cm	Geelachtig bruingrijs (10 YR 5/3½), grof zand, overgaand in:
C	55 cm enz.	Lichtgeel (10 YR 6/4), gelaagd, grof stuifzand.

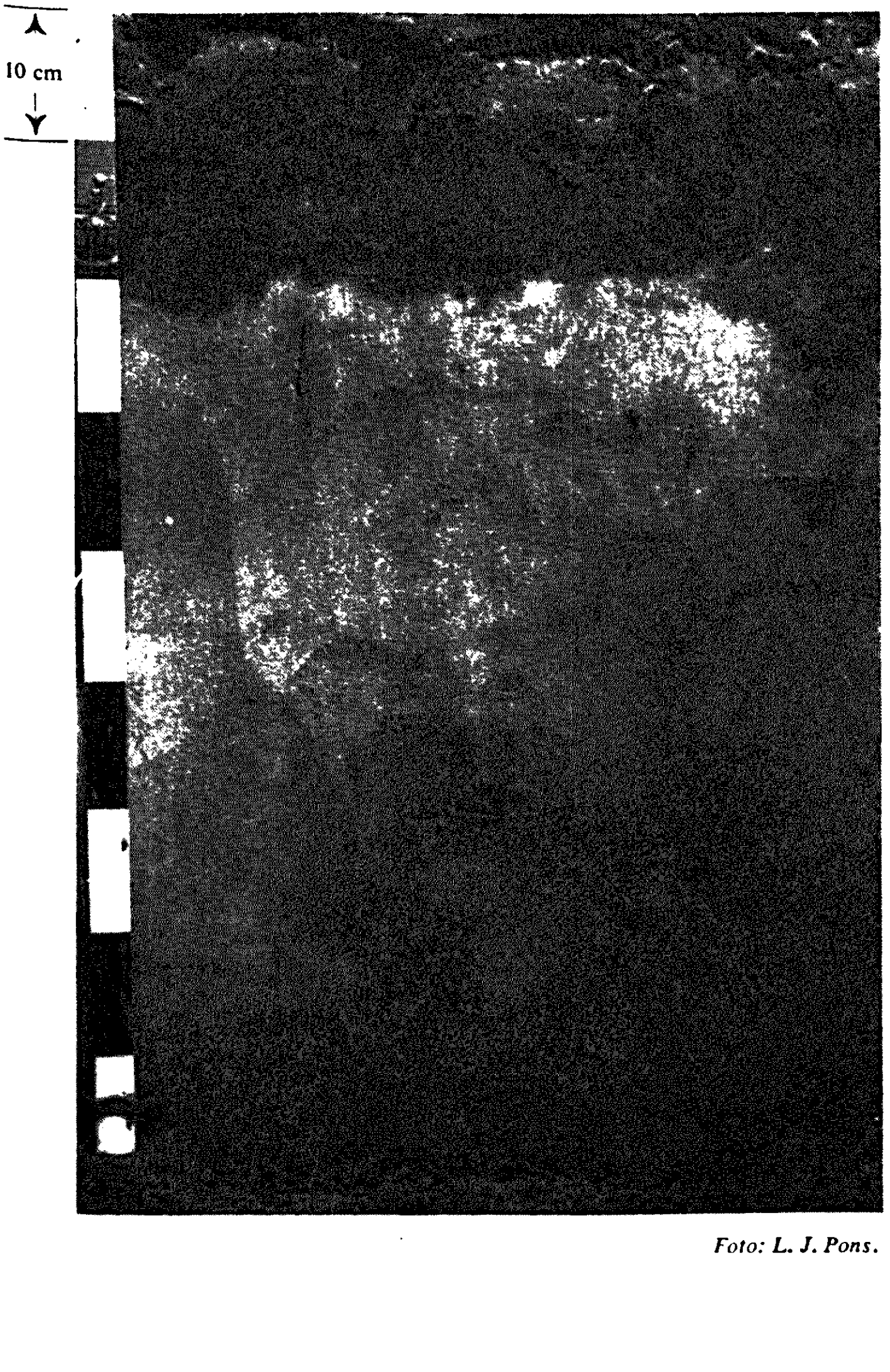


Fig. 47.
Ondiepe bosontginningsstuifzandgrond op los grof zand (Wijchen, Alverna).
Aan de top van het profiel, bestaande uit kleiarm, matig fijn tot matig grof zand, bevindt zich een 20 cm dikke humeuze bovengrond. Het zand onder deze humeuze Ap-laag is zwak bruin gekleurd door de ijzerhuidjes, die zich om de zandkorrels bevinden (Brown Podzolic Soil). Gleyverschijnselen treft men tot ca. 100 cm diepte niet aan. Dergelijke gronden zijn zeer droog en stuiven gemakkelijk.

Fig. 47.
Shallow forest reclamation blown sand soil on loose coarse sand (Wijchen, Alverna). On top of the profile consisting of medium-fine to medium-coarse sand poor in clay lies a humose topsoil with a thickness of 20 cm. The sand underlying this humic Ap-horizon has a weak brown colour originating from iron coatings of the sand particles (Brown Podzolic Soil). Gley phenomena are not found above a depth of appr. 1 metre. Similar soils are very dry and are easily blown.

Foto: L. J. Pons.

6. DE BODEMONTWIKKELING VAN DE MIDDELHOGE GRONDEN MET MEER OF MINDER STERKE GRONDWATERINVLOED IN HET PROFIEL

Hieronder rangschikken wij de gronden met roestverschijnselen, eventueel tot onder de zode. De totaal gereduceerde zone ligt in het algemeen dieper dan ca. 100 cm. In het algemeen worden de roestverschijnselen veroorzaakt door fluctuerend grondwater. In slechts een klein aantal gevallen is sprake van stagnerend water (Staunässe), dat niet kan afvloeien door de aanwezigheid van kleibanken of andere voor water moeilijk doordringbare lagen. Overigens is fluctuerend water feitelijk ook stagnerend water, dat „stagneert" op het grondwater, dat niet afgevoerd kan worden.

Deze gronden kunnen zeer moeilijk in het Duitse systeem ingepast worden, daar de gley hier noch als primaire, noch als secundaire „Staunässe" opgevat kan worden (MÜCKENHAUSEN, 1953), zodat voor deze gronden is afgezien van een indeling in het Duitse systeem.

In het algemeen behoren de middelhoge gronden in dezelfde ontwikkelingsreeks als de hoge gronden (bijlage V). Alleen is het profieltype min of meer door gley beinvloed wat tot uitdrukking komt in de roestverschijnselen. We hebben hiervoor dan ook geen aparte reeks opgesteld, maar verwijzen naar bijlage V.

Bij het merendeel van deze profielen kan worden geconstateerd, dat oorspronkelijk het grondwater niet zo hoog heeft gestaan. Door de voortschrijdende ophoging van het rivierkleigebied zijn vele van de nu middelhoge profielen vroeger hoog geweest. Dit geldt voor de rivierkleigronden, zowel als voor de rivierleemgronden, de zandgronden en de grindzandgronden. Het is zeer moeilijk te zeggen, wat de typische profielontwikkeling is van de gronden, die lange tijd onder bepaalde grondwaterverhoudingen hebben verkeerd. De grondwaterverhoudingen zijn nooit constant geweest, maar wisselden steeds, al is het grondwater in het algemeen gestegen. Het bodemprofiel had zich soms als hoge grond reeds tamelijk ver ontwikkeld, toen de grondwaterinvloed belangrijk begon te worden. Dit geldt in ieder geval voor alle middelhoge rivierleemgronden (bodemreeks Sm). Het bewijs hiervoor levert het ontkalkingsniveau, dat op het ogenblik vaak meer dan 1 meter diep onder de bovenkant van de huidige, permanent gereduceerde zone ligt. Ontkalking in de permanent gereduceerde zone vindt onder normale omstandigheden niet of weinig plaats, zodat het grondwater in de loop der tijden aanmerkelijk gestegen moet zijn.

Volgens het Amerikaanse systeem worden deze gronden tot de groepen van bodemtypen zonder gley gerekend met een aantekening voor het voorkomen van gley. Alleen sommige wat verder ontwikkelde gleyhoudende gronden komen in speciale groepen terecht, zoals de „Low Humic Gley Soils".

We geven hier enkele voorbeelden van middelhoge profielen, die passen in de ontwikkelingsreeks voor hoge profielen. De jonge stroomrug- en oevergronden (bodemreeksen RRs, RRa, RMs en RMa) bevatten plaatselijk veel roestverschijnselen, soms tot in de zode. Dit wordt veroorzaakt door plaatselijke omstandigheden, zoals de kwel, de ligging van de gronden ten opzichte van de ontwateringsmogelijkheden, de waterbeheersing in de verschillende polders, enz. Sterk gleyhoudende, jonge stroomrug- en oevergronden zijn minder gehomogeniseerd en minder doorlucht dan de weinig gleyhoudende.

Profielbeschrijving: Slecht ontwaterde, kalkrijke, jonge Rijnstroomruggrond met zware ondergrond (bodemtype RRs5; Puiflijk, Middelveld; grasland).
Wet Alluvial Soil (bijlage V: Aa-b met gley).

Ap	0— 20 cm	Humeuze donkerbruingrijze (10 YR 3½/1½), vrij zware, zeer fijnzandige klei (ca. 50 % slib).
C1g	20— 35 cm	Weinig humeuze, bruine (10 YR 4/2), vrij zware klei, iets roestig; weinig poriën. Naar beneden roestiger wordend en geleidelijk overgaande in:
C2g	35 cm enz.	Niet humeuze, donkergrijsbruine (2,5 Y 4/2), vrij zware klei (ca. 55 á 60 % slib) met tamelijk veel roest en op 80 á 90 cm diepte veel roest; brokkelige structuur; zeer doorlatend.

De bodemvorming (heterogenisatie) verloopt sneller onder vochtige omstandigheden dan onder droge. In het periodiek meer of minder gereduceerde milieu heeft intensieve humuszuurvorming plaats, die een snelle ontkalking en afbraak der ijzer-alluminium silicaten veroorzaakt. Bij de enigszins verder ontwikkelde bodems kan men echter niet meer zeggen, welk gedeelte van de bodemvorming vóór en welk gedeelte ervan nà de waterstandsverhoging plaatshad. De moeilijkheden bij deze profielen worden nog vergroot, doordat ze een jonger dek kunnen dragen van later gesedimenteerd materiaal, zoals dit het geval is bij de jonge op oude Rijn- en Maasstroomruggronden, komgronden op oude Rijn- en Maasstroomruggronden en komgronden op rivierleemgronden.

Profielbeschrijving: Oude Rijnstroomruggrond met een dek van jonge Rijnstroomruggrond (bodemtype RRs5; Beuningen, langs de Heemstraweg; bouwland).
Wet Alluvial Soil met gley (bijlage V: Ab—c).

Ap	0— 25 cm	Humeuze, zeer donkergrijsbruine (10 YR 4/2), fijnzandige klei (ca. 35 % slib).
C1	25— 50 cm	Weinig humeuze, grijsbruin gekleurde (7,5—10 YR 4/2), vrij sterk gehomogeniseerde zandige klei.
C1g	50— 65 cm	Niet humeuze, bruine (7,5—10 YR 4/2½), weinig roestige zwak gereduceerde, vrij zware klei. Overgangslaag tussen oude en jonge afzetting (pH 6,3).
D1g(B)	65—120 cm	Iets bruinachtig grijze gereduceerde, met vrij veel oranjeroest (7,5 YR 4/2), gemengde zandige klei, naar beneden kleiig zand (35 % tot ca. 20 % slib) (oude stroomruggrond) (pH 6,6); taaie kleverige structuur.
D2g	120 cm enz.	Bruinachtig (7,5 YR 5/3), gereduceerd, kleiig zand, met nog wat donkerbruine roest (7,5 YR 4/4), nat.

Profielbeschrijving: Dunne komgrond op oude kalkarme Maasstroomruggrond (bodemtype RMkms; Altforst; grasland).
Intergrade of Wet Alluvial Soil to Low Humic Gley Soil (bijlage V: Ac).

Ap	0— 20 cm	Humeuze, donkergrijsbruine (10 YR 3½/1½), zeer zware klei (65 á 70 % slib); structuur: fijne nootjes.
Cg	20— 35 cm	Weinig humeuze, bruine tot grijsbruine (10 YR 4/1½), zeer zware klei, enkele roestvlekjes; structuur: grove nootjes met gladde wanden.
Dg(Bb)	35— 90 cm	Donkergrijsbruine (10 YR 2,5Y 4/2½), sterk roestig gevlekte (5 YR 4/6), fijnzandige, matig zware klei, (ca. 40 à 45 % slib); nat.
DG	90 cm enz.	Bruinachtig grijze (2,5Y—5Y 5/2), gereduceerde, zandige klei (2,5Y—5Y 5/2), praktisch zonder roestvlekken. Het gehele profiel is kalkloos.

In de rivierleemgronden komen gepodzoleerde profielen voor met ijzerbanden onder de leemlaag in het zand, waarvan de gehele B-laag en het onderste deel van de A-laag roestig waren. Onder de huidige hydrologische omstandigheden zouden zich in de leemgrond zeker geen ijzerbanden onder de B-laag hebben gevormd. Deze banden waren reeds gevormd, vóór het grondwater periodiek zo hoog steeg.

Profielbeschrijving: Vrij diepe, droge, middelhoge, bonte rivierleemgrond op rivierzand (bodemtype Sm1; Hatert, Duckenburg; boomgaard) (fig. 48).
Gray Brown Podzolic Soil met gley (bijlage V: Cc).

Ap	0— 25 cm	Donkergrijsbruine (10 YR 4/2), humeuze, lichte rivierleemgrond (ca. 20% slib), losse structuur, veel graswortels.
A2	25— 33 cm	Lichtbruine (10 YR 5½/3), gevlekte, lichte rivierleem (ca. 15% slib), wat grofzandig, enkele roestvlekjes.
B1-2g	33— 52 cm	Lichtbruine (7,5 YR 5/4), roestig gevlekte, matig zware rivierleem. Structuur: zwak ontwikkelde nootjes met zachte kanten.

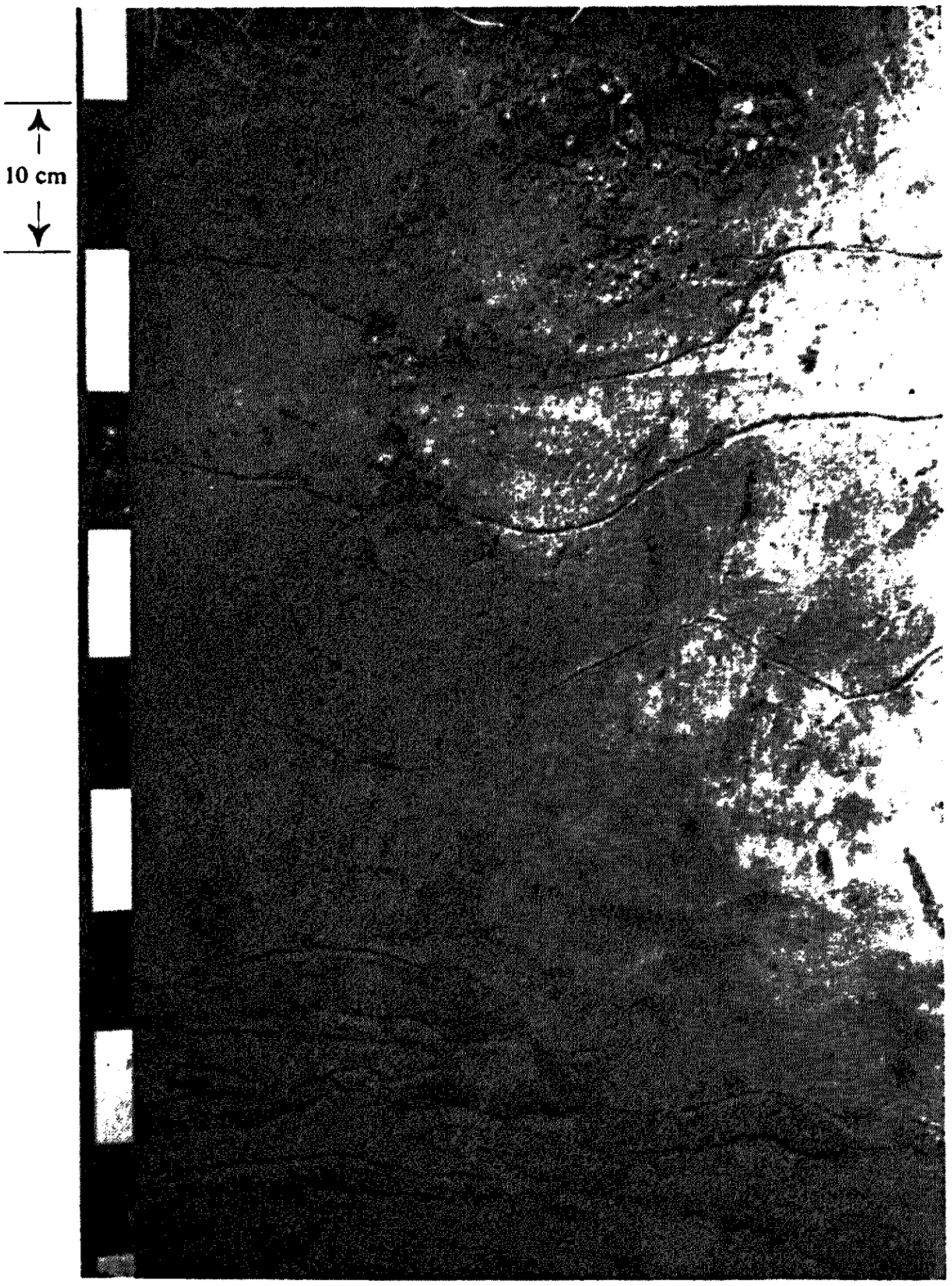


Foto: L. J. Pons

Fig. 48.
Middelhoge, ondiepe, bonte rivierleemgrond op rivierzand (Nijmegen, Duckenburg).
Onder een 20 à 30 cm dikke humeuze bovengrond (A1) van zandige rivierleem (kleiig zand), treft men een ca. 10 cm licht gekleurde, zeer zandige laag rivierleem aan (A2). Een deel van de lutum uit deze laag is verplaatst naar de daaronder liggende, wat donkerder gekleurde en wat meer kleiige zandige rivierleem (B-laag).
Hoewel in deze laag (tot een diepte van ca. 50 à 60 cm) ook reeds enkele vage roestvlekjes voorkomen, concentreren deze zich toch voornamelijk in de daaronder liggende C-laag (eventueel D-laag), die uit zwakkleiig zand en zand bestaat. In deze laag bevinden zich de resten van ijzerrijke kleiige banden (zie ook fig. 45), die oplossingsverschijnselen vertonen, waarschijnlijk doordat het grondwater hier na de vorming van deze banden sterk gestegen is.

Fig. 48.
Medium-high, shallow, motley „rivierleem" soil on riversand (Nijmegen, Duckenburg). Underlying a thick (20 to 30 cm) humose topsoil (A1) of sandy „rivierleem" (clayey sand) a light-coloured very sandy „rivierleem" horizon (A2) of appr. 10 cm is found. The clay of this layer has partly been removed to the underlying layer which is a slightly darker coloured and more clay-containing sandy „rivierleem" (B-horizon). Although some vague rusty stains already occur (to a depth of appr. 50—60 cm), these are principally concentrated in the underlying C-horizon (eventually D-horizon), which consists of slightly clayey sand and sand. In this layer remnants of clayey bands rich in iron (see also fig. 45) are found showing dissolving-phenomena probably caused by a strong rise of the groundwater table after the formation of these bands.

Dg(Bir) 52— 85 cm Bruin (7,5 YR 4/4), lemig zand met roestige bandjes, 3 cm dik, soms hard.

Dg 85 cm cnz. Bruinoker gekleurd (7,5 YR 5/6), gevlekt tot gereduceerd, grof, los rivierzand.

Bij nog lager gelegen, middelhoge rivierleemgronden, met b.v. permanente reductiezone's omstreeks 100 cm diepte, troffen we deze bandjes nooit aan. Mogelijk zijn deze weer geheel gereduceerd en opgelost. Dergelijke gronden worden in de Amerikaanse literatuur beschreven als Intergrades tussen Gray Brown Podzolic Soils en Low Humic Gley Soils. De gehele B-laag is sterk roestig, de A2-laag is sterk gebleekt. Een goed voorbeeld hiervan vormt het volgende.

Profielbeschrijving: Vochtige, middelhoge, bonte rivierleemgrond (bodemtype Sm3; Hatert, Duckenburg; boomgaard) (fig. 49).
Intergrade of Gray Brown Podzolic Soil to Low Humic Gley Soil (bijlage V: Ad) (BURINGH en PONS, 1954).

Ap 0— 30 cm Humeuze, donkergrijsachtig bruine (10 YR 4/2½) leem; structuur: los.

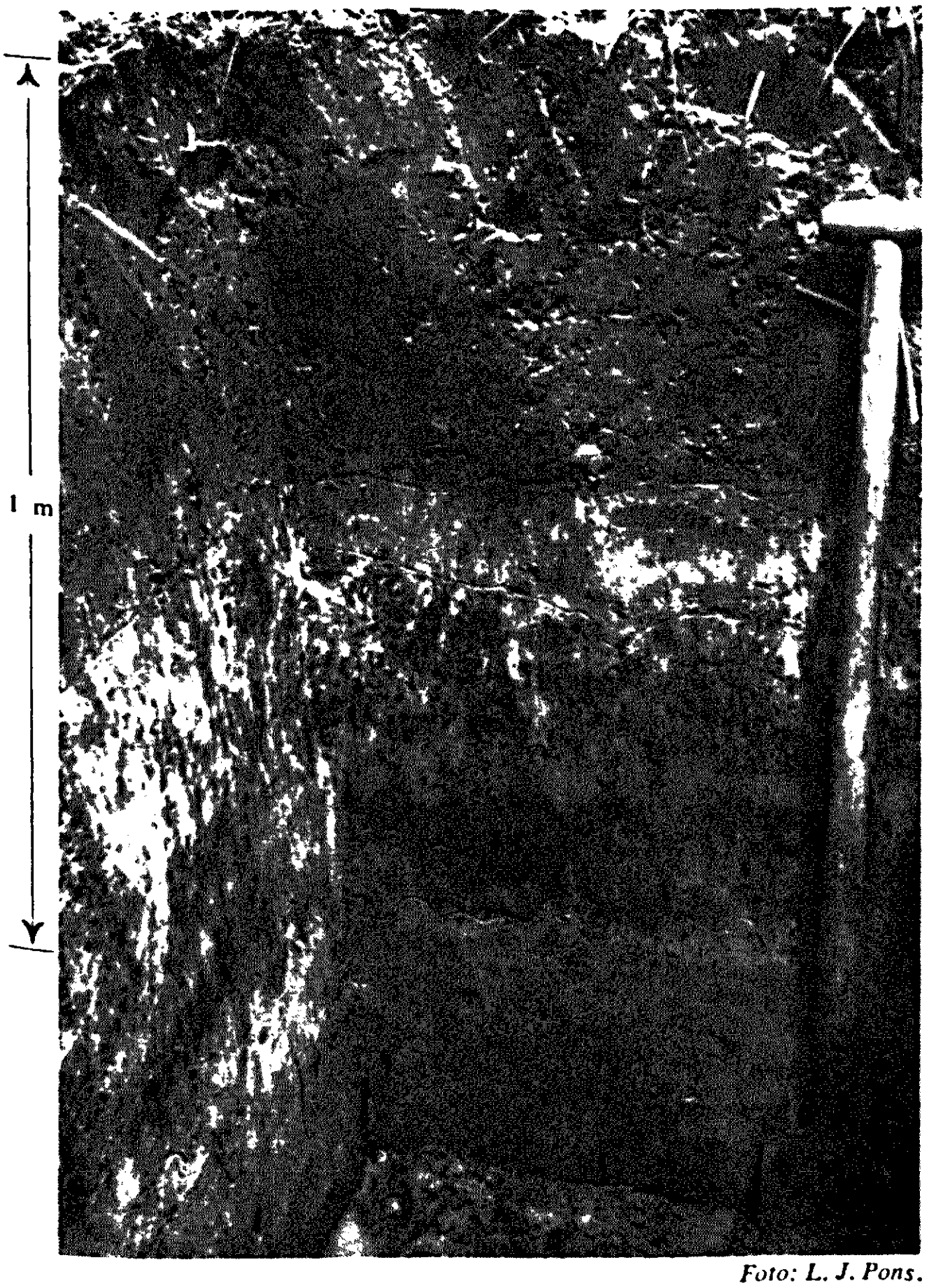


Foto: L. J. Pons.

Fig. 49.
Middelhoge, vochtige, bonte rivierleemgrond (Nijmegen, Duckenburg). De humeuze meer of minder gehomogeniseerde bovengrond van zandige klei is ca. 25 cm dik. Daaronder komt een egaal lichtgekleurde laag voor van ongeveer 10 cm dik, die uit zeer zandige klei bestaat. Dit is de rest van een A_2-laag. Vervolgens ligt daarbeneden een ca. 30 cm dikke zeer roestige B-laag van zandige klei (taaie „bonte" leem). Het grondwater staat op ca. 1 meter diepte en de zandige kleilagen, onder in de kuil, zijn geheel gereduceerd.

Fig. 49.
Medium-high, poorly-drained, motley „rivierleem" soil (Nijmegen, Duckenburg). The humose, more or less homogenized topsoil of sandy clay is about 25 cm deep. Underneath follows an uniform light coloured layer of about 10 cm deep. This layer is a relic of an A_2-layer and consists of very sandy clay. Below a very rusty B-layer of sandy clay (sticky „motley" loam) of 30 cm occurs. The level of the ground water lies at about 1 me'er and the sandy claylayers at the bottom of the pit, are completely reduced.

A2g	30— 40 cm	Grijze gevlekte, met wat bruine roestvlekken (10 YR 4/3) doorspekte, lichte leem; structuur: tamelijk vast.
Bg	40— 60 cm	Geelachtig bruine (10 YR 5/4), sterk roestige (7,5—5 YR 5/6—4/4), vrij stevige leem, (ca 25 % slib); structuur: zwakke pilaartjes; bovenin nog vrij sterk beworteld.
CG	60 cm enz.	Lichtgrijsbruine (10 YR 6/3), bijna geheel gereduceerde, lichte leem tot lemig zand, naar beneden steeds zandiger wordend.

Bij de dekzandgronden treffen we bodemtypen aan van de reeks D en E (bijlage V) met meer of minder sterke invloed van het fluctuerende grondwater.

Profielbeschrijving: Vochthoudende, diep humeuze, bosontginningsstuifzandgrond (bodemtype Zsob3; Wijchen, Woezik; bouwland).
Brown Podzolic Soil (bijlage V: Dc).

Ap1	1— 20 cm	Tamelijk sterk humeus, donkergrijs (10 YR 3/1), zeer weinig lemig zand.
Ap2	20— 50 cm	Zeer donkergrijsbruin (10 YR 3/2), humeus grof zand, gemengd met enkele loodzandkorrels.
B2	50— 70 cm	Iets humeus, bruin tot geelbruin (10 YR 4/3), grof zand.
B3g	70— 90 cm	Geelachtig oker gekleurd (10 YR 6/4), idem met wat roestvlekjes.
Cg	90 cm enz.	Lichtgeelbruin (10 YR 5½/3) zand met veel roest en vrij veel reductievlekken.

De komgronden moeten eveneens voor een deel tot de middelhoge gronden worden gerekend. De hoog gelegen komgronden zijn bruinachtig gekleurd, terwijl pas op een diepte van b.v. 40 cm roest begint op te treden. Bodemontwikkeling heeft in het algemeen in de komgronden slechts weinig plaatsgehad. Alleen een ondiepe ontkalking is opgetreden (tot ca. 30 cm diepte) onder invloed van de grasgroei, waardoor de waarschijnlijk oorspronkelijk zeer geringe hoeveelheden kalk (maximaal 0,1 %) zijn uitgespoeld en een vrij zure bovengrond is ontstaan. Veel homogenisatie treedt in deze gronden niet op. Evenals HOEKSEMA (in EDELMAN e.a., 1950) en VAN DIEPEN (1950) vatten we de laklaag op als de humeuze bovenlaag (A1) van een overslibd bodemprofiel.

Profielbeschrijving: Bruine, weinig roestige komkleigrond met laklaag (bodemtype Rk1; Winssen, Winssense Veld; grasland).
Intergrade of Wet Alluvial Soil to Humic Gley Soil (bijlage V: Ba–b).

Ap	0— 10 cm	Humeuze, donkergrijsbruine (10 YR 4/2), zeer zware klei; zeer los van structuur.
C11	10— 45 cm	Bovenin matig humeuze, zeer donkergrijsbruine (2,5 Y 3½/2) tot onderin weinig humeuze, donkergrijsbruine (2 Y 4/2), zeer zware klei; structuur: kleine nootjes tot pilaartjes. Naar beneden wat kleine, bleke roestvlekjes.
C12g	45— 57 cm	Grijsbruine (10 YR — 2,5 Y 4½/2), zeer zware klei met kleine oranje roestvlekjes; taai en zonder structuur.
C13g(Alb)	57— 85 cm	Niet of zwak humeuze, donkergrijze (2,5Y 4/1; van ca. 70—80 cm: 5Y 4/1), zeer zware, compacte klei, met enkele bruine roestvlekjes en mangaanvlekken; geen structuur.
CG(Bb)	85 cm enz.	Lichtgrijze (4½/0), zeer zware klei, met oranje roestvlekken.

7. DE LAGE GRONDEN

Ook voor de lage gronden geldt, dat het grondwater in de loop der tijden is gestegen en dat vele gronden een jonger dek bezitten. De lage gronden hebben vroeger alle 's winters onder water gestaan, het overstromingswater bracht dan tevens slib mee; in de zomer stond het grondwater nooit dieper dan 1 meter. Bijlage VI geeft een overzicht van de bodemontwikkeling in deze lage gronden, uitgaande van uitgangsmateriaal van verschillende basenrijkdom en verlopend onder verschillende hydrologische omstandigheden, waarbij vooral de rijkdom van het grondwater belangrijk is.

De profielontwikkeling van de lage gronden is nergens zeer uitgesproken. Zij bezitten vaak een profiel, dat bestaat uit een donker humeuze bovengrond en een grijs gereduceerde ondergrond.

Op het basenrijke materiaal van de kleigronden ontstaan, bij voordurende hoge grondwaterstanden en aanvoer van basenhoudend grondwater, eveneens dergelijke profielen, die ook weinig degeneratie vertonen en ook nog tamelijk hoge pH's bezitten. Het zijn landbouwkundig gesproken in het algemeen tamelijk goede gronden, wanneer men tenminste de drainage in de hand heeft.

Deze profielen met vrij sterk humeuze bovengronden en ondergronden van grijze klei, kan men ook aantreffen op de komkleigronden en wel op de laagste plekken in de kommen, waar de ondergrond vaak flink doorlatend is door aanwezigheid van korte klei en waar steeds hoge waterstanden optreden (bijlage VI: Aa1).

Profielbeschrijving: Lage, grijze, roestige komkleigrond met laklaag (bodemtype Rk3; Bergharen, Bergharense Broek; grasland).
Intergrade Wet Alluvial Soil to Low Humic Gley Soil; basenreiche Gleiboden (bijlage VI: Aa1).

Apg	0— 15 cm	Zode donkergrijsbruine (1,5 Y 4/2), humeuze zeer zware klei; los van structuur.
C11g	15— 44 cm	Grijs gevlekte, weinig humeuze, taaie, zeer zware klei, met betrekkelijk weinig roest (2,5 Y 5½/2); structuur: vrij grove nootjes met scherpe ribben.
C12gt	44— 50 cm	Donkergrijze (2,5 Y 5/1), buitengewoon zware klei (laklaag); structuur: vrij grote noten met scherpe ribben en platte vlakken, in vochtige toestand smerig.
C13g	50— 56 cm	Grijze (2,5 Y 5/1), zeer zware klei met roest; taai.
G	56 cm enz.	Grijze tot groenachtig grijze (5 Y 4½/½) zeer zware klei; structuur: grote noten.

Idem: Maasbommel, Maasbommelse Veld; grasland (bijlage VI: Aal) (zie ook bijlage VII).

Apg	0— 15 cm	Bruingrijze (10 YR 4/2), flink humeuze, sterk roesthoudende, zeer zware klei. Structuur: vrij fijne nootjes; beworteling tamelijk sterk viltig.
C11g	15— 31 cm	Grijze (2,5 Y 4/1), weinig humeuze, zeer zware klei; structuur: sterk roesthoudende grove nootjes; beworteling: nog vrij veel wortels.
C12gt	31— 42 cm	Donkergrijze (2,5 Y 4/1), buitengewoon zware klei, iets roesthoudend; structuur: grove pilaren; beworteling: enkele zeer dunne wortels.
C13g	42— 65 cm	Lichtgrijze (2,5 Y 5½/1½), sterk roestige, zeer zware klei; structuur: zeer grove noten in zwakke pilaren; beworteling: nog vrij veel wortels.
CG	65 cm enz.	Vrij donkergrijze (2,5 Y 5/½) tot blauw of groenachtig grijze (5 Y 4½/1), zeer zware klei, sterk roestig; beworteling: zeer weinig wortels.

Ook een deel van de grijze rivierleemgronden en de komkleigronden op rivierleem heeft een dergelijke profielontwikkeling.

Profielbeschrijving: Dunne komkleigrond op rivierleem (bodemtype Rk1—3; Wijchen, Woezikse veld; grasland) (fig. 50).
Intergrade Alluvial Soil to Humic Gley Soil (bijlage VI: Aa1).

Ap 0— 14 cm Zode, grijsbruine tot donkergrijsbruine (10 YR 4½/2), zeer zware, sterk humeuze klei; structuur: los.

C11g 14— 35 cm Donkergrijsbruine (10 YR 4/2), zeer zware klei, weinig roestvlekjes; structuur: scherpe nootjes. Op de overgang naar de volgende laag (overgang komklei—rivierleem) zeer veel grote mangaanknikkers.

C12g(Bb) 35—114 cm Lichtgrijsachtig bruine (10 YR 5½/3), vrij zandige rivierleem, naar beneden afwisselend wat zwaarder en wat lichter gelaagd, met veel oranjeachtige roestvlekken (7,5 YR 5/6—6/6), soms gehele roestholen; structuur: kleine nootjes, naar beneden meer pilaren, gladde vlakken en scherpe ribben.

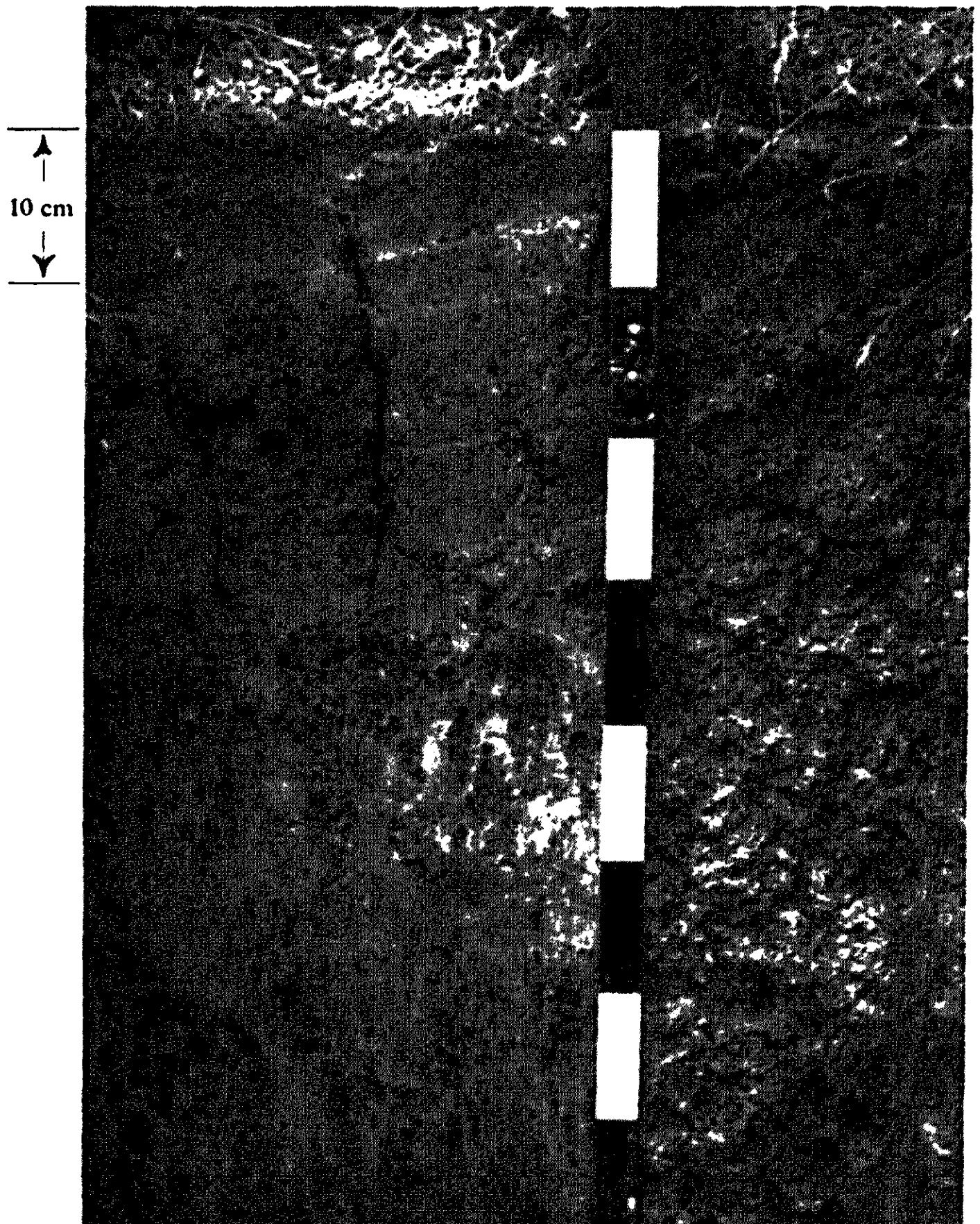


Foto: L. J. Pons.

Fig. 50.
Komkleigrond op rivierleem (Woezikse Veld, Wijchen).
Een laag zware klei ter dikte van ca. 35 cm rust op rivierleem, die hier bestaat uit zandige klei, die naar beneden via kleiig zand overgaat in zand. De komkleilaag vertoont een dun humeuze bovengrond en is daaronder bruingrijs gekleurd met enkele vage roestvlekken. Door blootstelling aan de lucht is de natte zware klei gekrompen, vandaar de brede scheuren in deze laag.
De rivierleem is gekenmerkt door een groot aantal harde, zwart tot oranjebruin gevlekte ijzer-mangaanconcreties, die vooral sterk geconcentreerd zijn vlak onder de top van de rivierleem. Door zijn grote zandgehalte scheurt de rivierleem niet zo gemakkelijk bij het opdrogen. Vanaf 40 cm diepte komen reductievlekken voor, die naar beneden groter en intenser van kleur worden. Op een diepte van ca. 90 cm is de ondergrond geheel gereduceerd en grijs gekleurd.

Fig. 50.
Back swamp clay soil over „rivierleem" (Woezikse Veld, Wijchen).
A heavy clay layer with a thickness of appr. 35 cm lies on a „rivierleem" of sandy clay merging via clayey sand into sand. The back swamp clay layer is grey-brown coloured with vague rusty stain sand a thin humose toplayer. Exposure to the air has caused shrinkage in the wet heavy clay resulting in wide cracks.
The „rivierleem" is characterized by a great number of hard black to orange-brown mottled iron-manganese concretions which are especially strongly concentrated directly below the topside of the „rivierleem". Owing to its great sand content the „rivierleem" does not crack easily when drying-up. Below 40 cm reduction-mottling occurs becoming larger and more intensively coloured further downward. At a depth of appr. 90 cm the subsoil is totally reduced and grey-coloured.

Waar in de zandgronden (basenarm materiaal) een voortdurende aanvoer van grondwater plaatshad, ontstonden tamelijk eutrofe omstandigheden en vormden zich zogenaamde elzenprofielen, waarvan hier een voorbeeld (bijlage VI: Ba1). Deze profielen komen echter maar weinig voor in ons gebied.

Profielbeschrijving: Zeer ondiepe, venige, humeuze, vochtige tot natte, iets lemige grindzand-graslandgrond (bodemtype Ydw3; Hatert, Broek; grasland).
Humic Gley Soil.

Ap	0— 15 cm	Zode; zeer humeus, zeer donkergrijs (10 YR 3½/1), iets lemig zand.
A1	15— 33 cm	Zeer donkerbruingrijs (10 YR 3/1½), humeus zand.
Cg	33— 50 cm	Grijs gereduceerd zand met enkele roestvlekjes.
G	50 cm enz.	Grijs gereduceerd zand.

Deze gronden treffen we ook aan in het stuifzandgebied, waar het grondwater door het voorkomen van leem in de ondergrond op lage plaatsen verzameld wordt en waar dus een geregelde grondwateraanvoer plaatsheeft. Hier is echter al wat meer veenvorming opgetreden, door de hoge standen van het grondwater.

Een deel van de stuifzandvenontginningsgronden (bodemtype Zsov1) vertonen de kenmerken van deze ontwikkeling (bijlage VI: Ba2).

Profielbeschrijving: Ondiep, venig humeuze, lage en natte stuifzandvenontginningsgrond, (bodemtype Zsov1; Wijchen, Alverna; bouwland).
Intergrade Humic Gley Soil to Half Bog Soil.

Ap	0— 28 cm	Zeer donkergrijs (10 YR 3/1½), sterk humeus, matig fijn zand.
A1	28— 37 cm	Donkergrijs (10 YR 2½/2), vrij sterk humeus, iets roestig, matig fijn zand.
CG	37 cm enz.	Nat, grijs gereduceerd (10 YR 5/1½), bovenin nog iets roestig, matig fijn zand.

Naarmate minder of geen aanvoer van grondwater plaatsheeft, de profielen ouder zijn en het materiaal basenarmer wordt, kan afbraak van kleimateriaal in de A-lagen optreden en afzetting van klei, ijzer of humus in de B-lagen plaatsvinden, gepaard aan nieuwvorming. We krijgen dan dus min of meer dezelfde processen als bij de hogere gronden, alleen in meer reducerende milieus waarin de processen heftiger verlopen.

Evenals in de middelhoge gronden kan, voordat het grondwater steeg, reeds een flinke profielontwikkeling onder drogere omstandigheden hebben plaatsgehad.

In de Amerikaanse classificatie worden de aldus ontstane bodems ingedeeld bij de „Low Humic Gley Soils" en de „Groundwater Podzol Soils", waarbij de eerste groep, al naar het moedermateriaal, verdeeld wordt in een „Low Humic Gley Soil" met een textuur B-horizont en een „Low Humic Gley Soil" met een humus of humus-ijzer B-horizont. De „Groundwater Podzol Soils" hebben volgens BENNEMA, SCHELLING en VEENENBOS (1953) als kenmerk, dat de B-laag verkit is. Deze indeling blijkt in het Land van Maas en Waal goed bruikbaar.

In het rivierleemgebied komen verschillende profielen voor met een duidelijke, sterk gebleekte A2 met weinig roest, en een geheel roestige B-horizont, aan de onderzijde waarvan geheel gereduceerde lagen optreden (profiel bodemtype Sm3, Hatert,

Duckenburg, fig. 49). Deze profielen worden gerekend tot de overgang van Gray Brown Podzolic Soils naar Low Humic Gley Soils. Nog lagere rivierleemgronden worden tot de echte Low Humic Gley Soils gerekend. Het zijn de lage rivierleemgronden (bodemreeks Sl) en de laagste vertegenwoordigers van de bonte, middelhoge rivierleemgronden (bodemreeks Sm).

Profielbeschrijving: Lage, vrij zware, grijze rivierleemgrond (bodemtype Sl1; Nijmegen, Neerbossche Broek langs Smalle Steeg; grasland) (fig. 51).
Low Humic Gley Soil (bijlage VI: Ab2).

A1p	0— 23 cm	Zode, donkergrijsbruine (10 YR 4/2), humeuze, vrij lichte leem (pH: 5,5).
A2g	23— 41 cm	Niet humeuze, gevlekte, lichtbruingrijze (2,5 Y — 10 YR 6/2) lichte leem, (pH: 4,7). Naast lichte vlekken ook een enkel roestvlekje.
B2g	41— 55 cm	Sterk roestige, grijsbruine (10 YR 4½/2½), taaie, vrij zware leem met geelbruine roestbrokken (7,5 YR 4/4); structuur: vrij grove, vrij sterk geprononceerde pilaren, veel wortels op de breukvlakken (pH: 5,2).
BCg	55— 62 cm	Oranje-roestige (7,5 YR 6/6) lichtgrijs (2,5 Y 7/3) gevlekte, zandige leem, naar beneden grijzer en lichter wordend.
Cg	62— 78 cm	Lichtgrijsbruine (2,5 Y 6½/3) zandige leem (pH: 5,7).
G	78 cm enz.	Rossig lichtgrijs (7,5 YR 6/2) nat en los, matig grof zand.

Fig. 51. Lage, grijze rivierleemgrond langs het Wijchense Ven te Wijchen.
De bovengrond bestaat uit een ca. 25 cm dikke, zeer sterk humeuze klei, die goed doorworteld is. Beneden deze laag vinden we een lichtgrijze zware kleilaag (taaie leem) met wat roest. Deze kleilaag valt uiteen in grove prisma's, waarvan de scheuren op de foto nog juist te zien zijn. Daaronder verdwijnt de roest en wordt de kleur intens grijs. Het grondwater staat op een diepte van 70—90 cm.

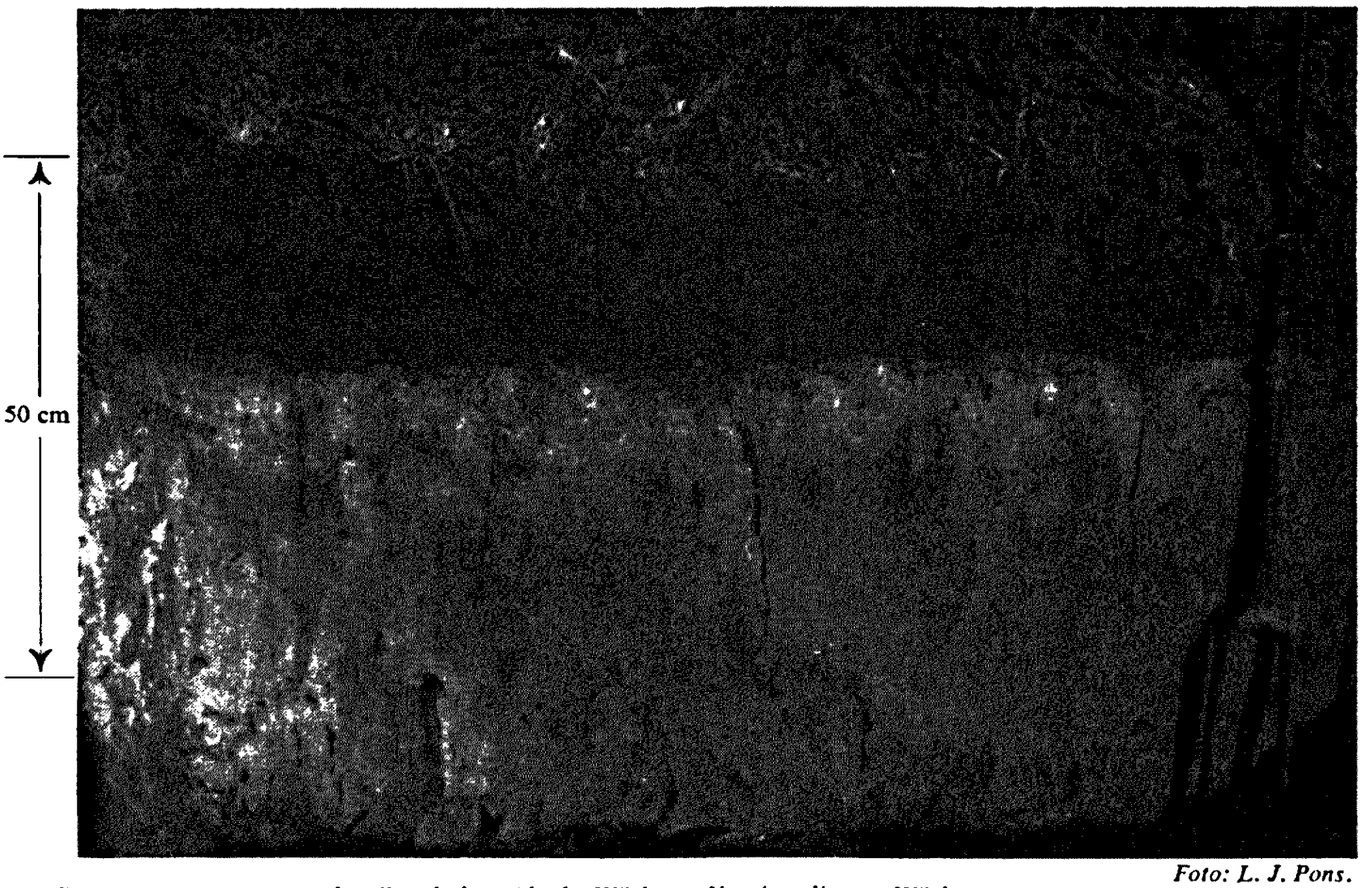


Foto: L. J. Pons.

Fig. 51. Low, grey „rivierleem" soil alongside the Wijchense Ven (pond) near Wijchen.
The topsoil consists of a very humous, well-rooted, clay of about 25 cm deep. Below this layer follows a light-grey, heavy clay (sticky loam) with some rust. This clay layer falls to big prisms, the cracks of wich are just visible the photo. Below this layer the rust disappears and the colour turns intensely grey. The groundwater table lies at 70—90 cm.

Als voorbeeld van een zwaardere, dergelijke grond, volgt nu:

Profielbeschrijving: Lage, vrij zware, grijze rivierleemgrond (bodemtype Sl1; Wijchen, langs Wijchense Ven; grasland).
Low Humic Gley Soil (bijlage VI: Ab3).

Ap	0— 17 cm	Donkergrijze (10 YR 4/1½) vrij sterk humeuze, vrij lichte leem; sterk beworteld.
A2g	17— 24 cm	Grijze (2,5 Y 5/1), iets roestig gevlekte, weinig humeuze, vrij lichte leem; matig beworteld.
Bg	24— 65 cm	Grijsbruine (2,5 Y 5/2), vrij zware, taaie leem. Hier en daar wat roestvlekjes. Structuur: tamelijk grote prisma's met vlakke zijden en scherpe ribben. Wortels op de vlakken, die een wat donkerder huidje bezitten.
G	65 cm enz.	Lichtgrijze (2,5 Y 6/1), geheel gereduceerde zandige leem, gelaagd. Nat.

De laag gelegen grindzandgronden (Yd) zonder of met een geringe aanvoer van grondwater en sterk fluctuerende grondwaterstanden vertonen eveneens „Low Humic Gley Soil" kenmerken. Vroeger, vóór het graven van het Maas—Waal kanaal, waren deze gronden zeer nat. De wat lemiger ontwikkelde gronden van deze groep bezitten meestal een „textuur B", dat wil zeggen een B-horizont, die hoofdzakelijk gevormd is door klei-nieuwvorming en/of klei-aanvoer uit hoger gelegen lagen.

Profielbeschrijving: Ondiepe tot vrij diepe, zware humeuze, vochtige, iets lemige, grindzandgraslandgrond (bodemtype Ydw2; Malden, Maldense Broek; grasland).
Low Humic Gley Soil, textural B (bijlage VI: Ab2).

Ap	0— 23 cm	Zode, zeer donkerbruinachtig grijs (10 YR 2,5/2), sterk humeus, iets lemig zand met wat grind.
A2g	23— 45 cm	Bruinachtig grijs (10 YR 5/1½), iets lemig zand met wat grind; hier en daar enkele roestvlekjes. In opgedroogde toestand tamelijk hard.
Bg	45— 65 cm	Donkerbruinachtig grijs (10 YR 4/1½), iets roestig, tamelijk lemig zand, plaatselijk sterk lemig; structuur: min of meer pilaarvormig, vrij taai maar hard bij indrogen.
G	65 cm enz.	Lichtgrijsbruin (7 YR 6/2½) matig grof zand en grind.

In het stuifzandgebied komt op vele plaatsen een ondergrond voor van rivierleem. Hierop stagneert het water in natte perioden, waarbij een schijnwaterspiegel wordt gevormd, terwijl na enige dagen het grondwater weer is verdwenen. Hierdoor ontstaan dus tamelijk natte zandgronden met sterk fluctuerende grondwaterstanden, vergelijkbaar met de zandgronden op keileem in Friesland, door VEENENBOS (1949) beschreven. Van aanvoer van basenhoudend grondwater is hier geen sprake; we hebben alleen met basenarm en zeer basenarm grondwater te maken (bijlage VI: kolom Bb en Bc). Evenals in Friesland zijn deze gronden in de B-horizont verrijkt met organische stof, waardoor ze „kazig" worden genoemd. Meestal kunnen deze profielen aangeduid worden als Low Humic Gley Soils met een humus-ijzer B-horizont. Wanneer ze geen ijzer meer bevatten spreken we van lage humuspodzolen. Ze kunnen niet profiteren van drangwater en zijn min of meer uitgeloogd.

Profielbeschrijving: Vochtige, ondiepe, humeuze bosontginningsstuifzandgrond (bodemtype Zsob4; Wijchen, Woezik; tuinland) (fig. 52).
Groundwater Podzol met invloed van oud bouwland of oud grasland (bijlage VI: Bb1).

Ap1	0— 15 cm	Zwart (10 YR 2/1), zeer humeus, matig grof zand met loodzandkorrels.
Ap2(g)	15— 35 cm	Zeer donkergrijs (10 YR 3/1), humeus, matig grof zand met loodzandkorrels.
(A2g)	35— 55 cm	Grijs (10 YR 5/1), gevlekt, humeus matig grof zand met loodzandkorrels.
B2	55— 64 cm	Bruin (10 YR 5/3), weinig humeus zand met donkergrijze humeuze vlekken; tamelijk sterk „kazig".
C	64— 95 cm	Lichtgrijsbruin (2,5 Y 6/2), nat, zand. Grondwaterstand op eind mei 1951: 95 cm — maaiveld.

In het zandgebied vindt men op tamelijk veel plaatsen harde oerbanken in het zand, met meestal vlak daaronder taaie leem. Deze leem komt vaak voor in ononderbroken vlakken van enige uitgestrektheid, onder komvormige depressies van het zand,

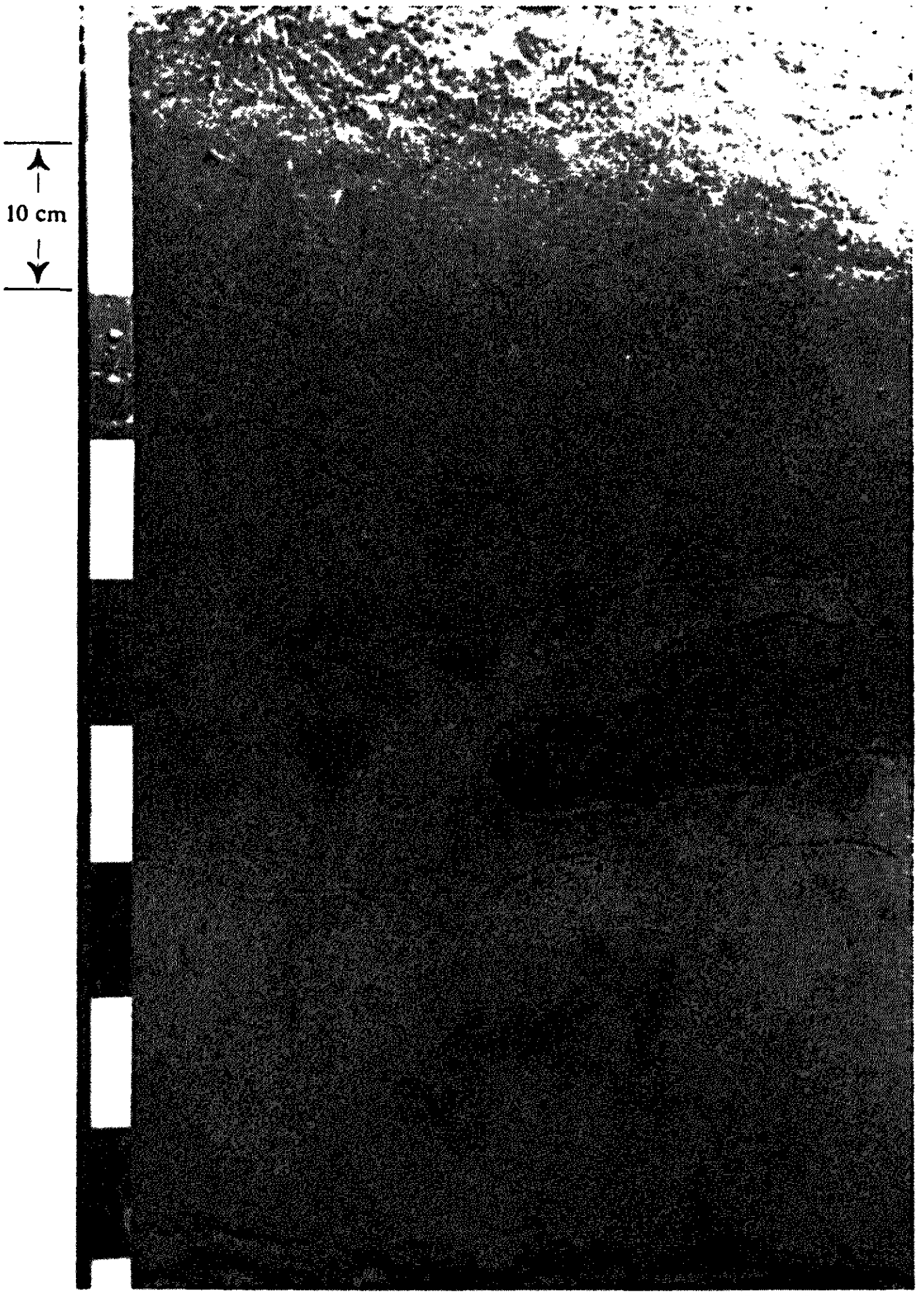


Fig. 52.
Lage humuspodzol (Wijchen, Woezik). De bovengrond van 0—20 à 30 cm bestaat uit sterk humeus grof zand, gemengd met veel loodzand. Daaronder volgt een grijsbruinachtige B-horizont met zwartachtige vlekken, die naar beneden toe vervloeien en verbleken. Een duidelijke A_2-laag ontbreekt. Hier en daar komen nog zwartachtige, vaag begrensde, vlekken voor. Het grondwater bevindt zich op ca. 80 cm.

Fig. 52.
Low humic podzol (Wijchen, Woezik). The topsoil of 0—20 to 30 cm consists of very humose coarse sand, mixed with much bleached sand. Under this layer occurs a grey-brownish B-horizon with blackish mottles. Further down these mottles fade and grow pale. A real A_2-layer is lacking. In places there are still blackish, faintly confined mottles. The groundwater table has a depth of about 80 cm.

Foto: L. J. Pons.

dat geheel onafhankelijk over de leem heen ligt. Het regenwater kan hier niet snel wegstromen en stagneert gedurende langere tijd. Het zand is sterk uitgeloogd en verzuurd. Harde oerbanken vormden zich boven de leem in het zand, vooral op de plaatsen waar het water zijdelings door de ondergrond afstroomde. Door voortdurende aanvoer van uitgeloogde humus-, eventueel ijzer-humusstoffen, groeiden aan de randen van deze vennetjes de B-lagen voortdurend aan, waardoor zeer harde en dikke humus-, eventueel ijzer-humus B-lagen konden ontstaan, die steeds meer het water doen stagneren (fig. 53). Iets dergelijks werd door VOORWIJK en HARDJOPRAKOSO (1945) van vennen uit de buurt van Ommen beschreven. Deze profielen zijn direct te herkennen aan het voorkomen van veel grijs loodzand in de bovengrond. Vele vennen in het stuifzandgebied van de Hatertse vennen worden, behalve door het voorkomen van de leemlagen in de ondergrond, ook door de secundaire vorming van deze oerbanken in stand gehouden.

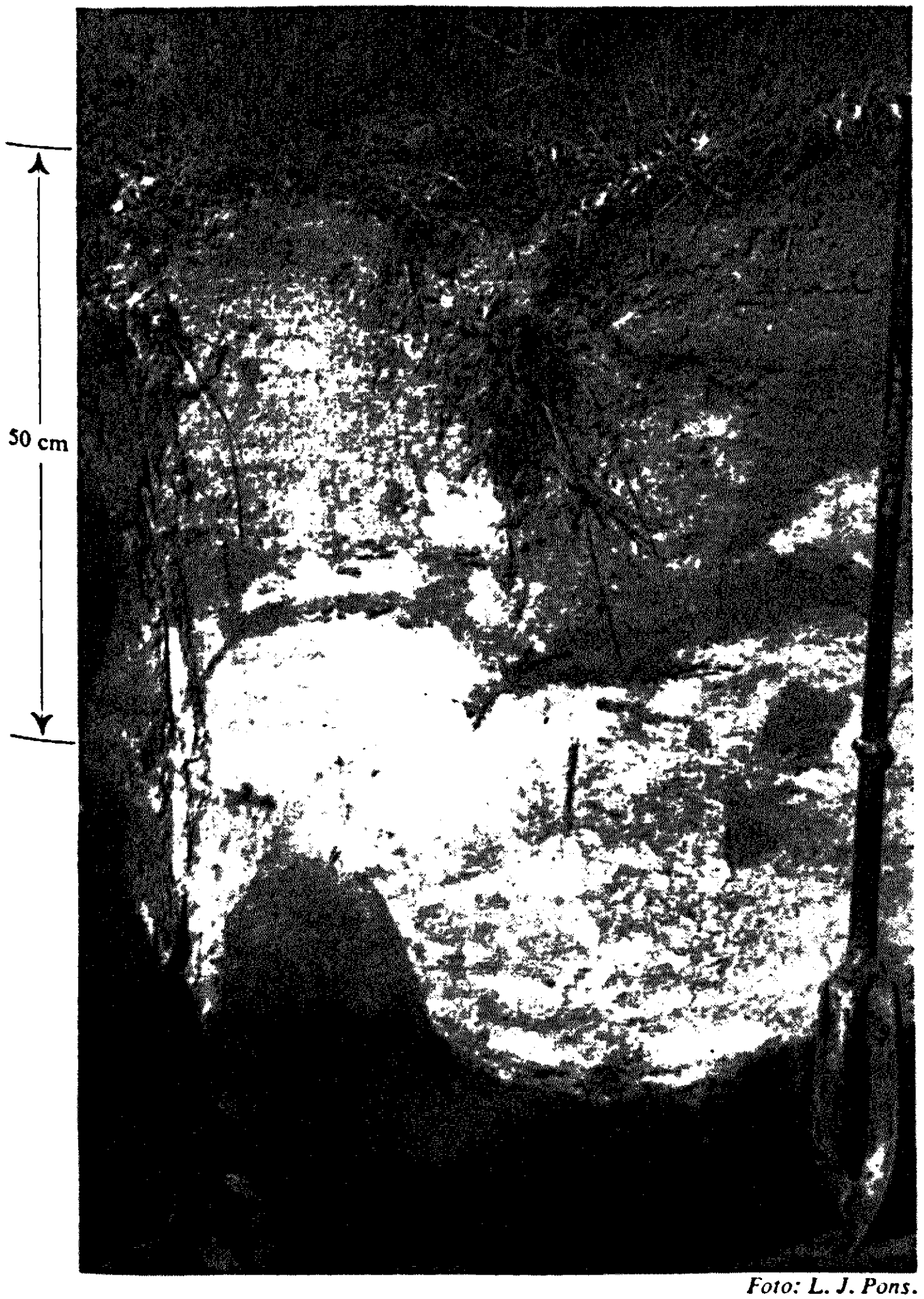


Foto: L. J. Pons.

Fig. 53.
Stuifzandgrond langs een oud ven met een zeer sterk ontwikkelde humusoerbank in de ondergrond, op een diepte van 60 à 70 cm beneden maaiveld. De A-lagen ($A_1 + A_2$) bereiken hier een grote dikte en bevatten veel loodzand. Op deze B-lagen stagneert ten slotte veel water, dat het podzolizeringsproces weer versnelt.

Fig. 53.
Blown sand soil along an old pond with a well-developed moorbedpan in the subsoil at a depth of 60—70 cm below surface. The A-layers ($A_1 + A_2$) attain a consideruble thickness and contain a lot of bleached sand. Much water stagnates on the B-layers and accelerates the podzol formation.

ontstaan is door stuwing van het grondwater uit het Nijmeegse stuwheuvelcomplex. Meer naar het westen treffen we gebroken gronden aan, in dit geval vrij ondiepe tot diepe, vochthoudende gebroken grindzandgronden (gY2) en vrij ondiepe, zware en ontwaterde gebroken grindzandgronden (gY3).

In al deze gevallen stond het grondwater reeds vóór de overstroming zo hoog, dat indringen van klei in de ondergrond niet mogelijk was, daar dit door het uittredende grondwater werd tegengehouden. De klei werd als een compacte laag op het zand of het grindzand afgezet en later oppervlakkig enigszins met de ondergrond gemengd.

c. Homogeen lemige en/of kleiige zandgronden

Op vele plaatsen in het Land van Maas en Waal en ook in andere karteringsgebieden (PIJLS, 1948) komen kleihoudende zandgronden voor, die weliswaar weinig klei bevatten, maar hun klei wellicht voornamelijk aan overstromingen met kleihoudend water te danken moeten hebben, terwijl in de bovenste 100 cm van het profiel en soms nog veel dieper, geen spoor van gley is te bekennen. Het grondwater in deze gronden heeft altijd zeer diep gestaan. Voor zover het grondwater in deze gronden ondieper dan 100 cm voorkomt, kan men gemakkelijk bewijzen, dat dit veroorzaakt is door latere stijging van het grondwater. Deze gronden hebben alle de eigenschap gemeen, dat de kleigehalten ongeveer 10% bedragen en dat deze klei tot soms dieper dan 1 m zeer homogeen door het profiel vermengd is. Dat de klei inderdaad door overstromingen aangevoerd kan zijn, volgt uit het feit, dat deze, door ons in het Land van Maas en Waal tot de reeks Zsm (homogeen lemige en/of kleihoudende stuifzandgronden) gerekende gronden, in hoofdzaak alleen dáár liggen, waar het water bij de laatste overstroming van 1926 het zand overstroomd heeft. In het oostelijk deel van het Land van Maas en Waal vormt de 10 m hoogtelijn ongeveer de grens. PIJLS (1948) vermeldt dit ook voor Didam, waar de toestanden geheel gelijken op die van het Land van Maas en Waal.

Het ontstaan van homogeen lemige stuifzandgronden op de ene plaats en gebroken gronden op de andere plaats schrijven we toe aan de grondwaterstand tijdens en vlak na de afzetting. Men treft nu gemengde homogeen lemige of kleihoudende gronden aan, soms tot meer dan 1 m diepte kleihoudend. Het is intussen moeilijk zich een voorstelling te vormen van de manier waarop de klei tot een zo grote diepte in het zand kon dringen. Dat het profiel alleen door menging langs biologische weg (homogenisatie), dus door het dierlijk en plantaardig leven in de grond, tot deze diepte kleihoudend kon worden, lijkt ons niet aannemelijk, temeer daar deze gronden weinig dierlijk leven toelaten. Wij zouden de oorzaak vooral willen zoeken in een mechanische verplaatsing van de klei van boven naar beneden. Dit kan plaatsgehad hebben direct bij de afzetting, waarbij het met klei bezwangerde water bij een plotselinge overstroming in het grove zand dringt, daar de grondwaterstand op dat moment nog niet is aangepast aan de nieuwe toestand. Ook later kan door regenwater klei naar beneden zijn verplaatst. Dit laatste is het meest waarschijnlijk en is ook door DE BAKKER (1950) en BENNEMA en VAN DER MEER (1952) bij zeekleigronden geconstateerd; zodat het bij deze mengsels van zoveel grover stuifzand aan de ene kant en de meestal zeer fijne klei aan de andere kant mogelijk moet worden geacht.

Het bodemtype Zsm2 (hoge en diepe tot zeer diepe homogeen en/of kleihoudende stuifzandgrond) waar al de profielen onder gerangschikt worden, die tot meer dan 75 cm diepte kleihoudend zijn, heeft een lage grondwaterstand, hetgeen zoals we reeds zagen voor de vorming van deze menggronden een eerste vereiste is. Naast type Zsm2 komt ook type Zsm3 voor, met geheel dezelfde eigenschappen als Zsm2, maar met grondwater binnen 1 m diepte. Dit behoeft geen weerlegging te zijn van de theorie van het ontstaan der gemengde gronden, want het grondwater moet sinds de Romeinse tijd vrij aanzienlijk zijn gestegen. Behalve deze menging tot grote diepte van kleine hoeveelheden klei in een hooggelegen zandprofiel hebben bij de vorming van een gedeelte van de homogeen lemige of kleihoudende stuifzandgronden ongetwijfeld nog twee andere met elkaar in verband staande verschijnselen een belangrijke rol gespeeld. Deze worden hierna besproken.[1]

d. Oude bouwlanden en oude bewoningsgronden

Op enige plaatsen komen kleihoudende, zwartbruin humeuze bovengronden voor op vrij hoge stuifzandkoppen die steeds buiten het bereik van het overstromingswater hebben gelegen. Deze bovengronden kunnen tot meer dan 1 m dik zijn en bevatten vaak aanzienlijke hoeveelheden vrij grote inheemse scherven. Ze moeten opgevat worden als oude bouwland- of oude bewoningsgronden uit de eeuwen rond het begin van onze jaartelling, toen het zandgebied intensief bewoond was, zoals MODDERMAN (1951) aangeeft.

De vrij hoge heuvel ten westen van de boerderij „Geitweg" te Wijchen is er onder andere mee bedekt, terwijl ook in Worssum en in het Ewijkse Blok van Overasselt voorbeelden hiervan zijn aan te wijzen. Het zijn vaak de plaatsen, waar men inheemse urnen in grote getale heeft opgegraven. Uit het onderzoek van een monster van dit zand, afkomstig van een plaats hoog boven de 10 m-lijn, blijkt dat het kleigehalte vrij hoog is. Deze klei moet er door menselijke activiteit in gekomen zijn. Behalve aan de oppervlakte treft men deze oude inheemse bewoningsgronden ook wel aan onder een laag geel stuifzand. De stuifzandlagen zijn gewoonlijk niet dik, terwijl ook de bewoningslaag zelf daar niet dikker is dan ongeveer 30 cm. In de bewoningslaag, die in opgedroogde toestand vrij hard is, vindt men regelmatig vrij dikke gangen opgevuld met geel stuifzand, die afkomstig moeten zijn van de wortels van bomen die op het nieuwe oppervlak zijn gegroeid.

Ook hier moet het kleigehalte verklaard worden door de activiteit van de mens, die met allerlei afval ook klei in het zand bracht. De kwestie der oude bouwlanden in het Land van Maas en Waal is moeilijk, daar men heel vaak de Frankische en middeleeuwse oude bouwlanden niet kan scheiden van de oude inheemse bewoningsgronden. Dit wordt o.a. veroorzaakt door het feit, dat ook de middeleeuwse oude bouwlanden

[1] De laatste tijd zijn we wel tot het inzicht gekomen, dat het ontstaan van de diepe homogeen kleihoudende zandgronden ook te verklaren is door zuiver bodemkundige processen. Juist in de hier behandelde zanden komen voor onze omstandigheden vrij veel verweerbare mineralen, enz. voor, die bij hun afbraak deze klei mede geleverd kunnen hebben (HAANS, mond. meded.; SCHELLING, 1956).

zowel in het profiel als aan de oppervlakte inheemse scherven bevatten. De zandgronden in het gehele centrale deel van het Land van Maas en Waal bevatten nl. overal zo enorm veel scherven van inheemse en Romeinse oorsprong, dat zich in het zand, dat via de potstal op het land terecht kwam, ook altijd wel inheemse en Romeinse scherven bevonden. Het gehele complex tot meer dan 1 m diep, kleihoudende gronden is daarom ondergebracht bij type Zsm2. Alleen daar waar men werkelijk de sterk humeuze, zeer donker gekleurde kleihoudende gronden om de dorpen en enkele oude nederzettingen aantreft, zijn op de bodemkaart echte oude bouwlanden aangegeven.

In en om het dorp Heumen komt op de bruine rivierleemgronden een verschijnsel voor, dat ongetwijfeld in verband staat met oud bouwland en/of oude bewoning uit de Romeinse tijd.

De ongeveer 20 tot 30 % afslibbaar (< 16 mu) bevattende bruine leemgronden bezitten over een vrij groot aaneensluitend gedeelte een profiel dat als volgt is opgebouwd:

0— 20 cm	Humeuze, vaal bruine, lichte rivierleem (bouwvoor).
20— 70 cm	Iets humeuze, donkerbruine, lichte rivierleem (bouwvoor), met vrij veel Romeinse en inheemse scherfjes, regelmatig door deze horizont verspreid.
70—110 cm	Bruine lichte rivierleemgrond.
110 cm enz.	Grof rivierzand, afgewisseld met dunne leembandjes.

Aan de oppervlakte liggen enkele Romeinse scherven. De laag van 20 tot 70 cm bezit, evenals oud bouwland elders, een vrij hoog P-citr. getal. Alle bodemkundige kenmerken van een oud bouwlandprofiel uit Romeinse tijd zijn aanwezig. Ook de ligging, in een in de Romeinse tijd dicht bevolkte streek, vlakbij een knooppunt van wegen en de overtocht over de Maas in die tijd, voldoet aan alle eisen. Het is verder opvallend dat het terrein bekend is als Hosterd, dat volgens EDELMAN — VLAM en EDELMAN (1955) te maken heeft met de Romeinse bewoning en op een oude woonplaats wijst. Misschien dat we in ons geval dus te maken hebben met het Romeinse bouwland bij een belangrijke Romeinse nederzetting.

e. Colluviatie

Een ander belangrijk verschijnsel, waaraan ook door PIJLS (1948) de nodige aandacht werd besteed, is het langzaam afvloeien en afspoelen van humeuze, kleihoudende gronden van de koppen in een terrein naar de lager gelegen plaatsen. In Didam komt dit duidelijk tot uitdrukking in het voorkomen van zandkoppen bijna zonder teellaag temidden van dikke, oude, bruine zandbouwlandgronden. Wanneer in dit aaneengesloten complex oud bouwland weinig verplaatsing van materiaal zou zijn voorgekomen, dan zou men overal een ongeveer even dikke opgebrachte plaggen- of strooiselgrond aantreffen. Daar de koppen echter zeer dunne en de laagten dikke lagen bevatten, ligt het voor de hand verplaatsing van materiaal aan te nemen tot meer dan 1 meter. Dit blijkt ook uit archeologische vondsten. Op een aantal plaatsen werd een niveau met grote inheemse scherven aangetroffen onder een dikke zwartbruine, kleihoudende, iets humeuze, kleine inheemse scherfjes bevattende, zandgrond.

In het Land van Maas en Waal en vooral in het gebied van Bergharen tot ten oosten van Wijchen is dit op vele plaatsen eveneens het geval. Men treft op de flanken van de stuifzandheuvels dikke, kleihoudende, donker gekleurde zandgronden aan, met op een diepte tussen 70 en 110 cm een donkerder gekleurde zandlaag met vrij grote scherven in situ.

In de wat minder donker gekleurde lagen, die daarop kennelijk later zijn afgezet, komen slechts kleine brokjes van inheemse scherven voor, die gemakkelijk mee afgespoeld kunnen zijn. Grote scherven vindt men hierin nooit.

In een zandafgraving in Hernen was een prachtige profieldoorsnede te zien, die een duidelijk beeld gaf van een afgespoelde heuvel met inheemse bewoning (fig. 54). Op enkele plaatsen komt het voor, dat men onderin een profiel een oude woonlaag aantreft met Inheems-Romeinse scherven, terwijl men aan het oppervlak naast enkele van deze zelfde scherven ook scherven uit vroeg-middeleeuwse tijd aantreft. Op vele plaatsen zijn de droge afgespoelde zandkoppen later niet meer bewoond. Dan vindt

Fig. 54. Voor het winnen van zand en voor grondverbetering worden bij het dorp Hernen de hoge stuifzandkoppen afgegraven. De top van de stuifzandheuvel ligt aan de linkerzijde van deze foto. Men ziet in het profiel een donkere band. Op de linkerzijde reikt deze tot ca. 30 cm, rechts tot 40—50 cm beneden het oppervlak. De band is op de top van de heuvel derhalve dunner. In deze donkere laag werden vrij veel en tamelijk grote inheemse scherven gevonden. In de lichtere laag van de oppervlakte werden uitsluitend kleine scherfbrokjes aangetroffen. Deze laag is vermoedelijk in hoofdzaak ontstaan door colluviatie van de top van de heuvel, waardoor het lager liggende oude oppervlak werd bedekt.

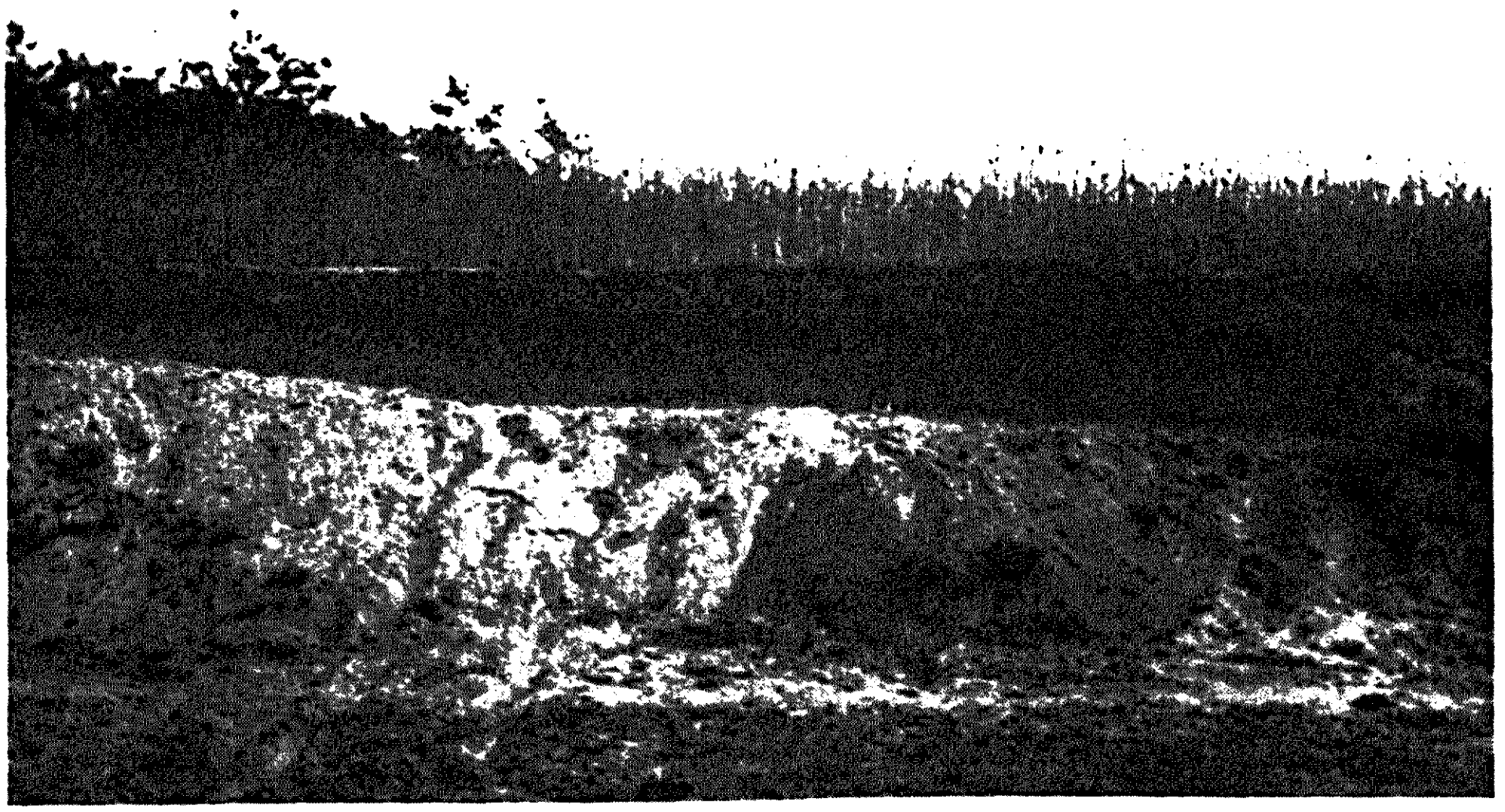


Foto: L. J. Pons.

Fig. 54. For the purpose of sand-winning and soil improvement the high blown sand hills are digged off near the village of Hernen. The top of this hill is at the left side of this picture. The profile shows a darker band, reaching to about 30 cm below surface at the left side. At the right side the band is going down to about 40—50 cm below surface. At the top of the hill the band is consequently thinner. In this darker layer many and rather big native potsherds have been found. In the lighter-coloured layer only small-sized fragments of native origin occur. This layer originates probably from colluviation of material from the top of the hill, covering the lower surface.

men er alleen de grotere inheemse en Romeinse scherven. Andere bewijzen voor deze afspoeling zijn op de bodemkaart te vinden in het voorkomen van type Zsm4 (middelhoge, vochtige, diep homogeen kleihoudende stuifzandgrond). Dit bodemtype is opgebouwd uit een bovenlaag van kleihoudend stuifzand, dat op een diepte van 70 à 100 cm vrij plotseling overgaat in gebroken grond, stroomgrond of komgrond. Men vindt dit type vooral tussen Wijchen en Leur. Het ontstaan is als volgt te verklaren. In de Romeinse tijd was het relief van het gehele stuifzandlandschap groter dan tegenwoordig het geval is. In sommige inhammen in het zuiden tussen Wijchen en Leur, die laag genoeg lagen om geregeld overstroomd te worden en die vlak bij het destijds ongetwijfeld actieve Maasje lagen, vormden zich stroomgrond, gebroken grond of komgrond.

Na de Romeinse periode is veel materiaal van de stuifzandheuvels over de klei gegleden, zoals op verschillende plaatsen kan worden geconstateerd. Op de bodemkaart neemt men dit waar als onnatuurlijke uitstulpingen van de Zsm-reeks over andere gronden.

V. DE WATERSTAATKUNDIGE ONTWIKKELING

1. INLEIDING

Aangezien thans in de waterhuishouding van het Land van Maas en Waal grote veranderingen plaatshebben, lijkt het nuttig na te gaan hoe men in dit gebied sinds oude tijden bij de waterlossing en de bescherming tegen het water heeft ingegrepen. Daarbij moet niet uit het oog worden verloren, dat het begrip Land van Maas en Waal in wezen een waterstaatkundig begrip is en als zodanig eerst in de 14e eeuw is ontstaan. Daarvoor bestond de landstreek uit een aantal kleine eenheden, die hun waterstaatkundige zaken zoveel doenlijk zelf regelden, al naar hun eigenbelang en die mede daardoor herhaaldelijk in conflict met aangrenzende eenheden moeten zijn gekomen.

De landstreek, die wij thans Land van Maas en Waal noemen, verkeerde van de 4e tot de 10e eeuw in een uiterst ongunstige hydrologische toestand. Het aantal Karolingische vondsten is gering (MODDERMAN, 1951). Vanaf kort vóór 1000 n. Chr. waren de oeverwallen en de zandkoppen echter grotendeels bewoond en in gebruik. Zij waterden op de kommen af, die nog niet ontgonnen waren, en zeker niet de laagste delen daarvan: de broeken. Het komwater verplaatste zich met de helling mee van oost naar west, volgens het natuurlijke afwateringssysteem. Dit is in hst. III.13 beschreven en in fig. 36 afgebeeld.

Bij het aanleggen van ontwateringswerken heeft men in hoge mate van dit natuurlijke afwateringsstelsel gebruik gemaakt. De eerste historische berichten over dergelijke werken zijn een zijdelingse opmerking over een sluis in Balgoy in 1247 (PONS, 1954a, 1955) en een zinsnede uit een verkoopakte uit 1262, waarin een opmerking wordt gemaakt over de „Rijkse Wetering", die een gebied in de buurt van Beuningen—Nijmegen ontwaterde. Dan komen in rekeningen van 1294/95 opmerkingen over sluizen in Alphen en Dreumel voor (MEIHUIZEN, 1953). Voorts geeft de bekende Landtbrieff van 1321 inzicht in de waterstaatkundige toestand van voorheen. Deze schaarse archivarische gegevens zijn niet voldoende voor de reconstructie van waterstaatkundige toestanden van vóór de 14e eeuw. Ons veldonderzoek heeft een en ander opgeleverd, waardoor wij ons althans een beeld kunnen vormen van de waterstaatkundige wordingsgeschiedenis.

2. BESCHERMING TEGEN HET BINNENWATER

Wanneer men in het rivierkleigebied een stuk land in cultuur had, was het in de eerste plaats van belang dit te beschermen tegen overtollig regen- en kwelwater van een hoger gelegen buurman. Dit water is schraal en bevat in tegenstelling tot het rivierwater geen vruchtbaar slib. Overstromingen met slibhoudend rivierwater brachten, zolang er geen of slechts lage dijken waren, geen gevaar en naast de bekende bezwaren ook voordeel mee.

Van een normaal opgebouwde dorpspolder in het rivierkleigebied kan men de naar de rivier gekeerde zijde „voorkant" noemen en het naar de kom gerichte gedeelte „achterkant". De loodrecht op deze „voor"- en „achterkant" gelegen zijden worden als „zijkanten" aangeduid.

Uit de landbrief van 1321 van het Land van Maas en Waal blijkt duidelijk dat er toen reeds een aantal „sytwinden" bestonden; immers „die nederste sytwinden der Weteringe, die van Droemel maelschap opwert gaen (= Oude Wetering), sal liggen tussen Wamel ende Leeuwen, daer die ander sytwinden plach te leggen".

Een sytwinde is een kade aan de „zijkant" van een polder, die door ons beschouwd wordt als de eerste verdediging tegen het water en dan speciaal het binnenwater of kwelwater dat van hoger gelegen, oostelijke gebieden kwam, het water dat de „zijkant" van een polder belaagde. Ook in andere delen van het rivierkleigebied (PONS, 1951a) en de veengebieden wordt over deze „zijdewenden" gesproken. De betekenis, die men uit de situatie kan afleiden, duidt in het algemeen op lage kaden, speciaal aangelegd om ontginningen mogelijk te maken. Nooit mag men er echter waterkeringen tegen het buitenwater in zien. Volgens FOCKEMA ANDREAE (1934) betekent sietwende: lage dijk en is het een samenstelling met „wende", een oud woord dat dijk betekent en dat nu zelf in onbruik geraakt is. „Wenden" zelf hangt samen met afwenden of keren (waterkering). Het woord zijdwende is nog in vele variaties in gebruik: zuidwending, sywent, wijzent, souwent, zouwe, zuwe enz. Wij beschouwen een zijdwende naast de oudste waterafvoerleidingen als de vroegste waterstaatkundige werken van het rivierkleigebied. Met een directe waterkering van het hogere oeverwallenland tegen de rivieren hebben ze dus niets te maken. De naam „zijdwende" als eigennaam is in ons gebied verloren gegaan.

Behalve zijdwende moet ook „bering" (zoals rondom Alphen en Maasbommel, Altforst en Appeltern), „achterdijk" en „lage dijk" een functie gehad hebben bij het beschermen van gecultiveerd land tegen binnenwater. Bij een „bering" denken we echter meer aan de belangen van één enkele polder. Het is vrijwel zeker, dat de „bering" van vóór 1300 dateert. Het is b.v. opvallend, dat de polders met een „bering" alle een oud verkavelingspatroon bezitten (Maasbommel, Altforst, Appeltern). Een „bering" keert het water van alle kanten en kan als een overgang naar een echte bedijking worden beschouwd. Het is tevens een uiting van een streven naar zelfstandigheid.

De zijdwenden dragen nu vaak „dijk"-namen (Palkersdijk, Scharenburgsedijk, Ruffelsdijk enz.).

Langs de Waalzijde komt meer het woord „zevend" voor, verbasterd uit „zijveld", de opgehoogde zijkant van het veld (Dreumel, Wamel, Leeuwen) en in het oosten treffen wij het woord „zeedijk" (verbasterd uit zegedijk) aan. Dit laatste woord moet als betrekkelijk jong beschouwd worden.

3. DE OUDSTE BEDIJKINGEN IN WEST-NEDERLAND EN HET RIVIERKLEIGEBIED

Over de geschiedenis van de bedijking in Nederland is reeds veel geschreven. Nauwkeurig historisch onderzoek in samenwerking met het bodemkundig onderzoek heeft wel uitgewezen, dat ons gehele bedijkingsstelsel jonger is dan ca. 1000 n. Chr.

Het westen, het gebied, dat op zeeniveau lag, is vermoedelijk reeds in de 10e eeuw voorgegaan met het maken van de eerste incidentele werken op waterstaatkundig gebied (BRAAT, 1947; BENNEMA en VAN DER MEER, 1952; RIENKS en WALTHER, 1954).

FOCKEMA ANDREAE (1934, 1950a, 1950b, 1952, 1954) vermoedt eveneens een aantal doelbewuste waterstandsbeheersingsmaatregelen omstreeks 1000 aan de zeekant, in het Sticht en het oude Teisterbant. Deze beveiligingsmaatregelen hebben meest betrekking op kleinere eenheden, zoals dorpen enz., maar soms ook reeds op grotere gebieden (enkele dijkjes ter bescherming van de abdij Egmond, 11e eeuw; Ommedijken—Wendedijken ter weerzijden van Leiden, ca. 1100; Lekdijk-bovendams, ca. 1100; Lekdijk-benedendams, vóór 1150; Walcheren en Schouwen, ca. 1150; de waterkeringen bij Hedikhuizen en Heusden, ca. 1150).

Omstreeks 1200 begint dan van het westen uit de vorming van grote krachtig georganiseerde formaties voor waterstaatszorg, de Grote Waard (ca. 1213) en Rijnland (ca. 1202—1220) voorop. In de loop van de 13e eeuw volgden vele van dergelijke lichamen in de rest van Holland en het Sticht, terwijl dergelijke formaties in Gelre en Noord-Brabant stammen uit het begin van de 14e eeuw. De Bommelerwaardse formatie is omstreeks 1320 voltooid (EDELMAN e.a., 1950), die van de Betuwe 1327 (EGBERTS, 1950), die van de Maaskant in 1331 (VAN DIEPEN, 1952). De instelling van een waterschapsbestuur voor ons gebied vond plaats in 1321.

Het tot stand komen van de bedijking in Holland hangt ten nauwste samen met de hernieuwde hevige aanvallen van de zee op dit laag gelegen gebied. Het proces is natuurlijk in hoge mate versneld door de ontginningen op grote schaal, het toenemen van de bevolking en het tot stand komen van een krachtig centraal gezag.

Het perfectioneren van de bedijkingen benedenstrooms (b.v. de Alblasserwaard en de Zuid-Hollandse Waard) had bij hoog opperwater bovenstrooms een opstuwing van het water in de rivieren tot gevolg. Ook hierdoor werd het dus noodzakelijk dijken langs de rivieren te gaan construeren.

Sommige Hollandse gebieden lagen open voor hogerop langs de rivieren plaatshebbende overstromingen, zoals Rijnland en de Alblasserwaard. Van deze gebieden ging een drang uit naar beveiliging van de rivieroevers meer bovenstrooms en zo werd b.v. de noorder Rijn- en Lekdijk van Amerongen naar het westen reeds ca. 1100 aangelegd (FOCKEMA ANDREAE, 1950b). In de rest van het rivierkleigebied werd het toen noodzakelijk ook te gaan bedijken. Dit blijkt o.a. uit de Diefdijk, die omstreeks 1300 ter plaatse van een „weg" aangelegd werd tegen rivieroverstromingen. Daarvóór werden de Vijfheerenlanden slechts tegen regen- en kwelwater uit hoger gelegen gebied beschermd door een lage zijwende van Leerdam tot Everdingen (PONS, 1951a). Voor de kering van het rivierwater heeft de bedijking van het rivierkleigebied tot 1300 een geringe betekenis gehad.

4. DE OUDSTE BEKADINGEN IN HET LAND VAN MAAS EN WAAL

a. Inleiding

Zoals reeds in hst. III werd beschreven, hebben in het land van Maas en Waal in de 10e eeuw en later ook in de 13e en 14e eeuw belangrijke overstromingen plaatsgehad. Uit de ons ter beschikking staande gegevens is niet op te maken, of er vóór deze overstromingsperioden bedijkingen geweest zijn. Ook het veldonderzoek heeft in dit opzicht niets opgeleverd.

Uit bodemkundige, topografische, toponymische en andere gegevens valt nu af te leiden, dat in de 12e en 13e eeuw en misschien reeds in de 11e eeuw bepaalde gedeelten (meestal latere dorpspolders, gedeelten van dorpspolders of combinaties van het één en ander) zich zelf beveiligd hadden met kaden en dat binnen die kaden het land meer of minder verkaveld en in gebruik was. Deze partiële bekadingen van de 11e, 12e en 13e eeuw zijn tevens een zekere beveiliging geweest tegen het rivierwater, dat door de in de 10e eeuw ontstane oeverwalgaten naar binnen drong en elders weer afgevoerd werd op de rivier.

In fig. 55 hebben wij getracht de toestand gedurende die periode zo goed mogelijk weer te geven. Van west naar oost volgt hieronder een korte beschrijving van de toestand.

b. De bekadingen van de Maasdorpen

Heerewaarden met Oude Maasdijk

In het Land van Maas en Waal zijn vrij duidelijke aanwijzingen voor een partiële bekading van Heerewaarden, die tot in het westen van het Land van Maas en Waal reikte (fig. 55). Heerewaarden was vanouds een belangrijke handelsplaats, waar zelfs een tol gevestigd was, die even oud was als die van Tiel. Het is daarom zeer goed aan te nemen, dat men een dergelijke belangrijke plaats wenste te beschermen en eerder bekaadde dan de waarden. Volgens HOEKSEMA (in EDELMAN e.a., 1950) moet men deze oudste rivierkleibekadingen zo zien, dat ze naar het oosten gesloten waren, maar naar het westen open. Dit beeld past zeer goed in de partiële bekading van Heerewaarden. De Oude Maasdijk moet dan de oostelijke bekading van een eiland geweest zijn, waarop meer naar het westen Heerewaarden lag. Door latere overstromingen is deze Heerewaardense bekading in drie stukken gesneden, waarvan het meest oostelijke stuk later tot de dorpspolder Dreumel is gaan behoren.

Alphen—Maasbommel—Altforst—Appeltern (ged.)—Horssen (ged.)

Het verkavelingspatroon, de verdeling van de perceels- en bloknamen, de namen zelf, het voorkomen van een „bering" rond ieder van deze polders of combinaties ervan, althans in de eerste vier bovengenoemde, duiden erop, dat deze dorpen hun gebied reeds vroeg beschermd hebben tegen het water, dat hun belaagde van „boven" door het gat tussen Appeltern en Batenburg (Spijkswiel) en van „achteren" door het water van het komgebied. De polders hadden destijds reeds hun tegenwoordige uitbreiding, behalve Appeltern en Horssen, waar „De Tuut" en het land ten oosten van de Mekkersteeg en ten noorden van Het Zand buiten de bekading viel. De Mekkersteeg zelf vormde de kade tegen het water, dat door het Spijkswiel naar binnen kwam en het binnenwater dat via het Bergharense meer vanuit het oosten werd aangevoerd. Opmerkelijk is de bloei van Alphen, waar in de 10e, 11e en 12e eeuw een zeer belangrijke kerk gevestigd was (TER KUILE, 1952) en van Maasbommel, dat vóór 1318 stadsrechten verwierf (STAATS EVERS, 1891; MANDERS, z.j.). Met een streeplijn gaven we het vermoedelijke beloop van de kaden langs de rivier weer in fig. 55, o.a. aan de hand van de gegevens van figuur 36 (bijlage IX).

Batenburg—Leur—Hernen

Deze combinatie heeft zich reeds vroeg door middel van de Ruffelsdijk tegen oostelijker water beschermd. Tegen het gevaarlijke Spijkswiel werd een kade, de Laakse straat opgeworpen, terwijl Batenburg zelf tegelijkertijd op het Spijkswiel afwaterde. Hoe precies de bescherming geweest is tegen het binnenwater, dat via het Bergharense meer afstroomde, is niet duidelijk. Misschien is hier helemaal geen bescherming geweest. De combinatie van deze plaatsen heeft zeer lang een vrije heerlijkheid gevormd, waarvan de belangrijke bannerheren Batenburg reeds vroeg tot hun stad hebben verheven. Leur en Hernen hebben steeds hieronder geressorteerd. Pas in de 17e eeuw is Batenburg rechtstreeks onder de staten van Gelderland gekomen.

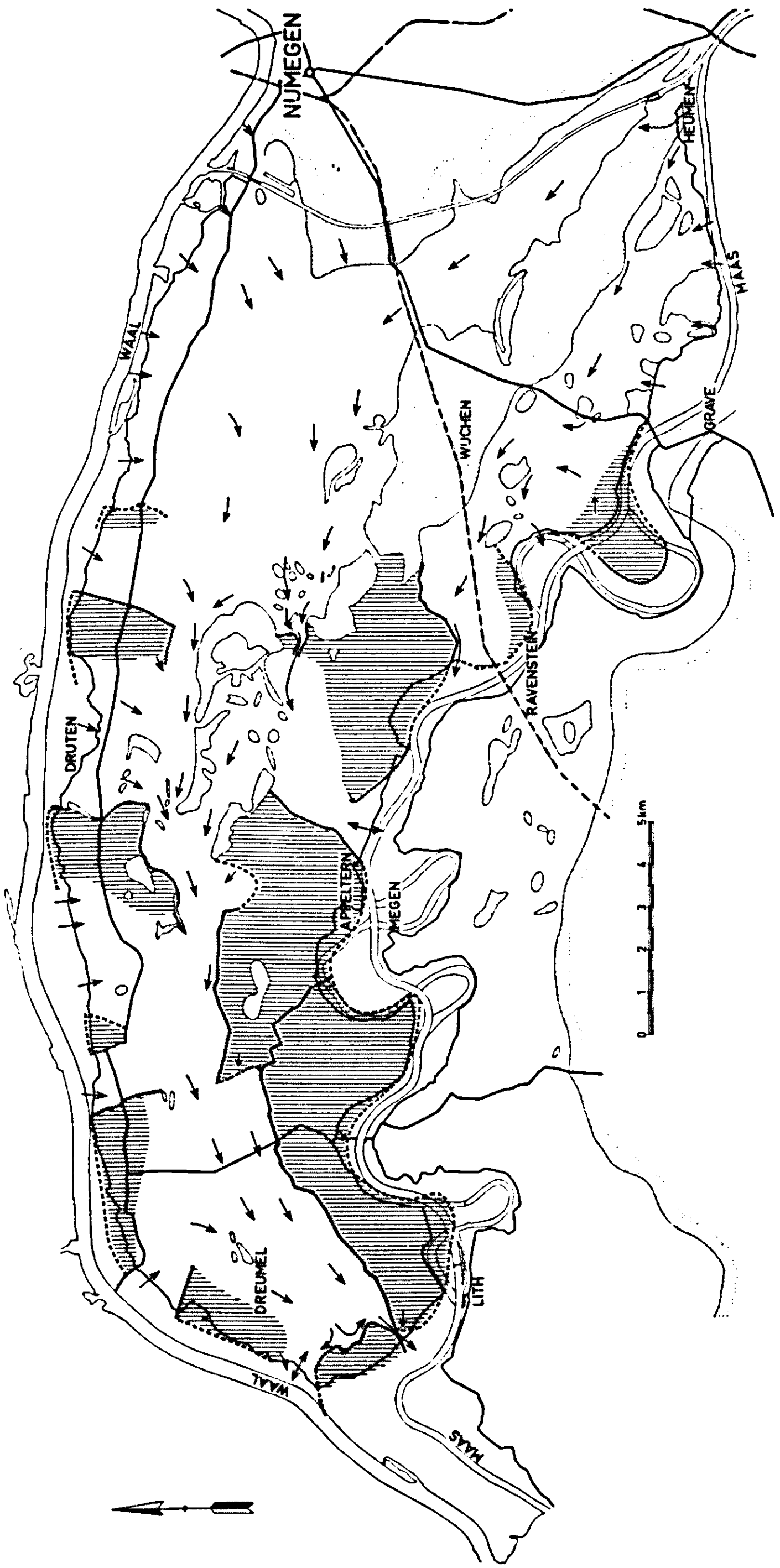


Fig. 55. Vroegste bekadingen in de 11e, 12e en de eerste helft van de 13e eeuw in het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen.

Fig. 55. Earliest embankments in the 11th, 12th and first half of the 13th century in the Land van Maas en Waal and a part of the Rijk van Nijmegen.

Hernen en Leur onderhouden later stukken dijk ergens tussen de Niftrikse sluis en de stad Batenburg. Dit is waarschijnlijk vanouds binnen deze combinatie zo geweest en staat niet in verband met eventuele latere sluitingen van nog ontbrekende stukken in de ringdijk, waar speciaal de binnendorpen mee belast werden. Het grote middengebied (Batenburgse Veld, Leurse Veld, Neerveld) is dus reeds vrij vroeg binnen de min of meer gesloten bekading in gebruik geweest.

Niftrik—Balgoy—Keent—Nederasselt

Hoe de toestand verder naar het oosten precies was, kunnen we slechts gissen. Uit een oorkonde van 1247 (PONS, 1954b, 1955) blijkt, dat Balgoy bekaad was en een sluis op de Maas had, terwijl Keent en het Hogeveld van Nederasselt eveneens watervrij gemaakt waren. De kade sloot bij Nederasselt waarschijnlijk op het zand aan. Niftrik ressorteerde onder Wijchen en behoorde tot het vroeg georganiseerde Rijk van Nijmegen. Waarschijnlijk was Niftrik ook tegen rivierwater beschermd met een dijk, die aansloot tegen de zandhoogte de Vormer. Het zand van Over- en Nederasselt was door zijn hogere ligging reeds beschermd en men trof hier waarschijnlijk geen kaden aan. Via enkele gaten tussen het zand stond het tegenwoordige Overasseltse-Nederasseltse en Lunensche Broek met de Maas in verbinding. Het water zocht hier zijn weg langs Lunen en het Wijchense meer naar de plaats waar de tegenwoordige Niftrikse sluis ligt (fig. 55).

Men verdedigde zich klaarblijkelijk niet tegen het binnenwater, dat in dit plaatselijk hoog gelegen gebied gemakkelijk een weg vond naar lager gelegen plaatsen.

Verder stroomopwaarts in Overasselt en tussen Overasselt en Heumen en in Heumen zelf hebben zeer waarschijnlijk geen rivierbeveiligingen gelegen, daar hier bij eventuele overstromingen het water direct weer afstroomde naar het westen.

c. De bekadingen van de Waaldorpen

Langs de Waal is de toestand veel onduidelijker dan langs de Maas. In ieder geval is de bekadingsactiviteit hier veel minder geweest; de verkaveling, de toponymie, enz. wijzen hierop. De oudste, vroeg bekade kernen zijn hier onduidelijk. Het is verder opvallend, dat geen van de Waaldorpen in deze tijd een belangrijke rol heeft gespeeld of stadsrechten heeft verworven en dat de voornaamste „broeken" onder deze dorpen ressorteren.

Dreumel

Wanneer in Dreumel een oude beschermde kern geweest is, dan is dit geweest het gebied om het dorp tot aan de Lage Zevend. Naar beneden was deze bekading echter open, daar hier via een Laak (een natuurlijke open afwateringsgeul) verbinding mogelijk was met de rivier.

Wamel

Dit gebied had zich te verdedigen tegen het water dat in Leeuwen door twee gaten naar binnen stroomde. Waarschijnlijk is de eerste verdediging een kade van Wamel langs de grens met Leeuwen geweest, een voorloper van de „Hoge Zevend". Van een verdediging tegen het binnenwater is weinig terug te vinden. Ook in de verkaveling van Leeuwen wijst niets hier op. De verkaveling van Leeuwen is zeer jong. Dit dorp is pas later beveiligd.

Puiflijk—Druten

Hier zijn waarschijnlijk nog de overblijfselen aanwezig van een bescherming tegen het water dat in Afferden naar binnen kwam. In Afferden wijzen verkaveling e.d. namelijk eveneens op een zeer late bekading. De bescherming voor Puiflijk en Druten werd geboden door een voorloper van het Scharenburg, aansluitend aan de ene kant op het zand van Puiflijk en aan de andere kant op dat van Druten en verderop naar de kade langs de rivier. Naar het westen liep het water gemakkelijk weg en hier had men dan ook geen bescherming.

Deest

In Deest zijn wel de duidelijkste aanwijzingen voor een oude bescherming. Tegen Winssen (vooral Hoek) verkreeg men deze bescherming door een nu nog bestaande kade, zo ook langs de zuidkant, tegen het tegenwoordige Bergharense Broek. Verkavelingspatroon en perceelsnamen zijn binnen Deest geheel anders dan ter weerszijden en komen overeen met die in de polders langs de Maas. Opvallend is b.v. dat Deest geen „broek" heeft en het Bergharense Broek deze plaats inneemt. Naar het westen was de bescherming minder urgent, daar het water vanzelf naar het westen afstroomt.

Winssen—Ewijk—Beuningen—Weurt—Heesch

De oudste toestand is hier moeilijk te reconstrueren. Aan de ene kant staat het vast dat tussen Winssen en Ewijk door een oeverwalgat veel water naar binnen gestroomd is, aan de andere kant ontbreken de aanduidingen van verdedigingen hiertegen vrijwel volkomen. Het is waarschijnlijk dat men hier in het hoge oostelijke deel van het gebied wel eens van overstroming te lijden had, maar dat dit overstromingswater ook weer vlug wegliep. De droge stroombeddingen, overloopgeulen, die men in deze dorpen aantreft, (fig. 32) zullen ervoor gezorgd hebben, dat het overtollige water snel werd afgevoerd, terwijl de hoger gelegen oevers, waar men woonde en het cultuurland had, niet overstroomden. Bekading was hier feitelijk niet nodig. Misschien dat Winssen zich later nog wat heeft trachten te beveiligen door een kade van het dorp naar het Spijker (vandaar misschien de naam Hoge Waard voor het land dat vóór deze kade lag). Voor de anderen was bescherming niet nodig.

d. Conclusie

Samenvattend zien we dus dat men zich plaatselijk en vooral in het westen van ons gebied tegen het water beveiligde, hetgeen vooral langs de Maas algemeen was, maar ook langs de Waal voorkwam. Daartussen lagen nog onbekade stukken, over welke het water vrij toegang had tot het middengebied. Voor elk bekaad gebiedje gold, des te sterker naarmate men meer stroomopwaarts komt, dat de bescherming naar het oosten belangrijker was dan die naar het westen. Al naar de ligging had men dus alleen in het oosten en tegen de rivier wat kaden of een nagenoeg geheel gesloten dijkring met een sluis in het westen.

Na het tot stand komen van deze partiële bekadingen heeft op de niet beschermde plaatsen hier en daar nog wat sedimentatie plaatsgehad (laat-middeleeuwse overstromingsperiode, zie fig. 37, bijlage X).

5. AANTASTING VAN HET OUDSTE KADENSTELSEL

De 13e eeuw is gekenmerkt geweest door grote overstromingen en verleggingen van rivierbeddingen (fig. 31). Dientengevolge zijn een aantal oude kaden opgeruimd resp. verlegd. Andere kaden daarentegen zijn opgenomen in het latere dijkenstelsel. Voorbeelden van het laatste vindt men daar waar de dijk een zeer vlak glooiend binnentalud vertoont, b.v. Maasbommel (dorp), Appeltern (dorp), Batenburg (stad), Niftrik (spoordijk tot voor het dorp). Ook in de Bommelerwaard en langs de Maaskant vindt men dit verschijnsel. Jongere dijken zijn steiler. Bij nadere beschouwing blijkt ook, dat de nieuwe dijken scheef staan op de percelering (HOEKSEMA in EDELMAN e.a., 1950), terwijl de genoemde oudste dijkstukken geheel in het beeld van de verkaveling passen.

Het opruimen van de oude kaden en ook van jongere dijken is een gevolg van „uitholling" van de buitenzijde van de meanders van de rivieren dat gedeeltelijk vóór, maar voor een groot deel ook wel na 1300 plaatsgehad kan hebben.

In het westelijk deel van ons onderzoekingsgebied treft men overwegend een strokenverkaveling met of zonder bewoning op de kavels aan in de zin van HOFSTEE en VLAM (1952), evenals in de Nederbetuwe, de Tielerwaard enz. Op de oeverwallen van deze gebieden staat de strekking van deze verkaveling min of meer loodrecht

op de bedding van de rivier. In dergelijke gebieden liggen kaden of dijken in principe zeer regelmatig langs de rivier, daar men klaarblijkelijk een begrenzingsweg van een groep van stroken heeft opgehoogd. Deze gang van zaken kan men nog goed nagaan langs de Beneden Linge of het Oude Maasje, waar de middeleeuwse overstromingen geen invloed hebben gehad (PONS, 1951; DE BOER en PONS, i.v.).

Daar waar de rivier de oever heeft uitgehold, moest de kade resp. de dijk meestal scheef over de stroken worden teruggenomen. In het Land van Maas en Waal heeft men hiervan mooie voorbeelden in Wamel en Dreumel (sterk aangetast), langs de Maas in Appeltern en vooral in Batenburg. Met behulp van dit principe konden wij het oorspronkelijke verloop van kaden, resp. dijken in het westelijk deel van het gebied reconstrueren (zie fig. 55).

Uit de ligging van een aantal dorpen ten opzichte van hun oude kerken met hun nu nog meest Romaanse torens uit de 12e en 13e eeuw en de ligging van de meestal nog vroeger gestichte kerken t.o.v. de rivier blijkt dat het grondgebied van sommige dorpen voor een deel door de rivier is weggevaagd: Alphen, Appeltern, Batenburg, Wamel en Winssen. Voor de Betuwe wijst MODDERMAN op hetzelfde verschijnsel.

6. AFWATERING VÓÓR DE 14E EEUW

a. Natuurlijke afwatering

We zagen reeds hiervoor, dat in de middeleeuwen alleen de oeverwallen verkaveld waren, terwijl in het algemeen de kommen later ontgonnen zijn. Voortbouwend op HOEKSEMA in EDELMAN e.a. (1950) kunnen we drie afwateringssystemen voor het gebied van een nederzetting onderscheiden.

1e. Natuurlijke afwatering op de komgebieden en op de rivier.

2e. Afwatering door een sluis direct op de rivier.

3e. Afwatering in combinatie met anderen.

In het eerste stadium wordt het overtollige water geloosd op het nog onontgonnen lage terrein, in het algemeen de komgebieden of op natuurlijke wijze op de rivier; in het tweede stadium is de betreffende dorpspolder autonoom en loost zelf zijn water kunstmatig op de rivier en ten slotte voert in het derde stadium de dorpspolder samen met andere dorpspolders zijn water via gezamenlijke weteringen af. Het eerste en derde systeem sluiten op elkaar aan en kwamen en komen nog het meest voor. Van het eerste stadium is historisch nog het een en ander terug te vinden. Wij wezen hierop voor de Vijfheerenlanden (PONS, 1951). HOEKSEMA in EDELMAN e.a. (1950) vermeldt het ook voor de Bommelerwaard. Hij neemt tevens aan, dat in dit stadium de dijkring aan de westzijde nog niet gesloten was. Wij vonden hiervoor ook in het Land van Maas en Waal aanwijzingen. In fig. 56 (bijlage XI) tekenden wij de gebieden, die in de 13e eeuw zeer waarschijnlijk nog niet ontgonnen waren. De gronden op de oeverwallen en de hogere zandgronden loosden hierop hun water dat dan verder door deze lage komgebieden zijn weg zocht naar het westen. Hier trachtte Heerewaarden zich door een partiële bekading tegen dit water te beveiligen, terwijl ook Alphen, Maasbommel, enz. reeds door een „ring" gesloten waren. De afwatering van deze kom geschiedde

op de Maas nabij de Alphense sluis, op de plaats waar tussen Heerewaarden en Alphen de dijk niet gesloten was.

Het tweede systeem, regelrechte afwatering op de rivier, kwam veel minder voor. Wij geloven niet dat men dit systeem als overgang van het eerste naar het derde moet zien, maar dat het naast het eerste en het derde heeft bestaan en zijn oorsprong vindt in het zelfstandigheidsstreven van de dorpspolders, al of niet gesteund door tot macht gekomen plaatselijke heren. De politieke strijd in de middeleeuwen heeft hierbij ook een belangrijke rol gespeeld, zoals uit voorbeelden zal blijken (zie ook BOSCH RIDDER VAN ROSENTHAL, 1930).

Van het tweede systeem kan men in het Land van Maas en Waal enkele voorbeelden vinden. Langs de Maas met zijn korte perioden van hoog water, waarna het water weer snel zakte, hebben enkele polders dit systeem toegepast. Zo is dit zeer aannemelijk voor de dorpspolders Alphen, Maasbommel en Appeltern, die beide reeds vroeg verkaveld waren en waarvan de „ring" (bij alle drie ook „bering" geheten) reeds zeer vroeg gesloten is geweest. Opvallend is, dat deze dorpspolders later niets meer toegewezen hebben gekregen van het laatst verkavelde komgebied in het westen van het Land van Maas en Waal, waarschijnlijk doordat ze door de vroegtijdige afbakening en beveiliging van hun poldergebied en de verzorging van hun eigen afwatering geen belang meer hadden bij het overgebleven onontgonnen komgebied, aangezien ze dit toch niet nodig hadden voor hun overtollig water. In feite hadden zij bij het tot stand komen van de gesloten bedijking van het Land van Maas en Waal en de daarmee samenhangende uitbreiding van het weteringenstelsel weinig of geen belang, eerder enig nadeel.

Indien Batenburg een gesloten bekading heeft gehad, had het een eigen afwatering op de Maas. Dit is onzeker (hst. V.4). De aanwezigheid van een Laak zou er tegen kunnen pleiten.

Heumen heeft zeer lang zijn afwatering door een eigen sluis op de Maas verzorgd. Heumen is een Hoge Heerlijkheid geweest die pas zeer laat Gelre erkende. Pas in de loop van de 19e eeuw is deze sluis gesloopt en wordt de afwatering van Heumen verzorgd door het weteringenstelsel.

Van andere polders bestaan eveneens vermoedens (Altforst, Balgoy enz.) dat ze eigen afwateringen bezaten, maar deze zijn alle reeds vroeg verlaten of tevens belast met water uit andere polders.

Langs de Waal zijn geen voorbeelden van het tweede systeem gevonden. Wanneer men de veldnaam Laak als een argument voor een eertijds bestaan hebbende natuurlijke afwatering op de rivier accepteert, dan hebben Dreumel en Ewijk zonder sluizen op natuurlijke wijze geloosd. Men moet dit dan zo zien, dat in een zeer vroeg stadium de in cultuur zijnde gronden enerzijds afwaterden op de kom en anderzijds op de rivier. Dikwijls fungeerden de oeverwalgaten als afwatering.

b. Weteringen

Uit de landbrief van 1321 kan men opmaken dat de Nieuwe Wetering geheel ligt, zoals daarin wordt opgedragen. Daarnaast heeft men echter de Oude Wetering, die op dat moment dus langere of kortere tijd bestaan had.

In een stuk van 1262 wordt voor de afwatering van een gebied in de omgeving van Nijmegen een „Rijkse Wetering" genoemd. De aanduiding heeft echter alleen plaatselijke betekenis. Er blijkt niet uit, dat de wetering ver naar het westen liep. Deze wetering bracht waarschijnlijk overtollig water uit de toen nieuw ontgonnen gebieden van het Rijk van Nijmegen onder Weurt op de nog onontgonnen komgebieden van het Land van Maas en Waal. Het bijvoeglijk naamwoord „Rijkse" kan aan elke plaatselijke watergang in dit gebied gegeven zijn. Het is verder wel waarschijnlijk, dat de Oude wetering toen reeds bestond tot ten noorden van Bergharen, om het water uit de dorpen Weurt, Beuningen, Ewijk en Winssen met hun resp. velden af te kunnen voeren naar het nog onontgonnen broekengebied ten zuiden van Deest en Afferden. Ook verderop bestonden misschien stukken van de oude wetering om de afstroming naar beneden wat gemakkelijker te maken, zoals tussen Horssen en Puiflijk, waar de Oude Wetering op het ogenblik nog zo sterk slingert.

7. DE WATERSTAATKUNDIGE WERKEN IN HET BEGIN VAN DE 14E EEUW

a. Inleiding

Het sluiten van de dijkring en het regelen van de waterafvoer werd noodzakelijk, toen men de komgebieden wilde gaan ontginnen (FOCKEMA ANDREAE, 1950c) en dit had plaats in het begin van de 14e eeuw. Daarbij kwam, dat de waterstaatkundige toestand van het Land van Maas en Waal, zoals die hiervoor zijn beschreven, dreigend was en verbetering behoefde. Het blijkt ook uit de landbrief: „'t gemeyne land van tussen Maes en Wael, so 't Rijck als 't Graafschap" (d.w.z. zowel het gedeelte dat behoort tot het rechtsgebied van het Rijk van Nijmegen als dat wat direct onder het Graafschap staat — het Ambt van tussen Maas en Waal) hun land willen bedijken en weteringen graven om zo het land te verbeteren. Zelf kunnen ze het echter niet voor elkaar krijgen, volgens de landbrief, zodat ze de hulp en raad van het Graafschap hebben ingeroepen. Het zal ook moeilijk geweest zijn in een gebied met partiële bedijkingen de verschillende stukken tot samenwerking te brengen en een gemeenschappelijk dijkbeheer en een gemeenschappelijke afwatering in te voeren.

Het gemeenschappelijk afwateringssysteem berustte op het principe, dat de lager gelegen polders het water van de hogere, via de weteringen, moesten doorlaten.

De Graaf regelt in de landbrief van 1321 het onderhoud van de dijken, de schouw erover en de herstellingen eraan. Er worden Heemraden en een Dijkgraaf benoemd, die toezicht zullen moeten houden op het aanleggen en het onderhouden van de weteringen, sytwinden, sluizen en bruggen. Bepalingen worden gegeven over de manier waarop de kosten van aanleg en onderhoud moeten worden bestreden. De lasten zullen gezamenlijk worden gedragen en per morgen worden omgeslagen. De dijken worden verhoefslaagd, waarbij aan ieder een stuk in onderhoud wordt aangewezen, de enige manier in een geldarme maatschappij. De Heemraden bepalen aan wie het onderhoud van „verloren" weteringen, dijken, sluizen, bruggen en sytwinden moet worden opgedragen.

b. Dijken en dammen

Bij de dijkenbouw is men begonnen met het afdammen van de oeverwalgaten. Dit is voor die tijd een heel werk geweest, daar er een aantal vrij diepe geulen bij waren. Vervolgens heeft men daarna de dijken aangelegd vanaf de reeds bestaande dijken van de partiële bedijkingen en aangesloten op deze dammen. De aansluiting van de dijken op de dammen wijst erop dat de dam dóór het gat voorafgegaan is aan de dijk, die er op aansluit (PONS, 1953c), fig. 33.

In fig. 56 (bijlage XI) gaven we de plaatsen weer, waar volgens onze mening de dammen in de oeverwalgaten liggen of hebben gelegen. Een mooi voorbeeld vormt de afsluiting van het Spijkswiel (fig. 33b). Na de dam door het Spijkswiel te hebben gemaakt heeft men deze door dijkstukken verbonden met de bestaande bekadingen van Batenburg en Appeltern en daarna het land verkaveld. Verder heeft men bij het sluiten van de dijkring de aanwezige plaatselijke rivierbekadingen gevolgd en opgehoogd (fig. 56, bijlage XI).

Omtrent het onderhoud van de dijken is weinig bekend. De Dijkgraaf schouwde zowel de dijken van het Rijk als van het Ambt (Landtbrieff van 1321). Bepalingen over de schouw worden in deze landbrief gegeven. De Dijkgraaf wordt terzijde gestaan door zeven Heemraden (drie van de Maaszijde en vier van de Waalzijde, landbrief van 1532, waarbij men in het Land van Maas en Waal de Maasdijk neerschouwt en de Waaldijk opschouwt tot Winssen (landbrief van tussen Maas en Waal van 1532) en in het Rijk eerst de Waaldijk en dan de Maasdijk (landbrief van het Rijk van Nijmegen van 1532).

Vanaf 1532 worden de dijken van het Ambt door de Dijkgraaf van het Ambt (tevens Ambtman van Maas en Waal) en die van het Rijk door de Dijkgraaf van het Rijk geschouwd. De Ambtman schouwt echter nog wel de weteringen binnen het Rijk (landbrieven van 1532). Bij het herstellen van een gebroken dijk moet de nieuwe dijk één voet hoger en twee voet breder zijn dan de dijk tevoren was.

Welke stukken dijk door de binnendorpen onderhouden moesten worden, is niet goed na te gaan. Dit is belangrijk omdat de binnendorpen, zoals vermeld door EDELMAN e.a. (1950), steeds belast werden met het onderhoud van het laatste sluitstuk in de dijk. Sluiting daarvan was voor hen het belangrijkst. Zo onderhielden inwoners van Altforst stukken dijk in de omgeving van het Spijkswiel en rond de sluis te Appeltern. Dit klopt zeer goed met het idee, dat dit dijkstuk gelegd is als één van de laatste schakels in de grote dijkring.

In de 17e eeuw onderhield Leur gemeenschappelijk een stuk dijk ergens tussen de Niftrikse sluis en Batenburg. Wanneer het dijkbeheer in één hand gekomen is, is niet bekend.

Wij wezen reeds er op dat wij de Oude Maasdijk in Dreumel (van de Alphense sluis, via de Nieuwe Wiel en de Dreumelse en Wamelse uitwateringssluizen en de Oude Maasdijk, fig. 56, bijlage XI) beschouwen als een oude partiële bekading van Heerewaarden. Na de overstromingen, die de Waal en de Maas op een aantal plaatsen met elkaar in verbinding brachten en waarbij het gehele gebied van Heerewaarden werd versneden, heeft men de resten van deze dijk bij de bedijking van

Maas en Waal als westelijke afsluitdijk in gebruik genomen. Dit bewijst de overslag van de Nieuwe Wiel, die ten noordoosten van dit wiel ligt. Betrekkelijk kort daarna moet men de dijk buitenom de Ruwaard en de Rooy gelegd hebben, waarbij de oude Maasdijk voor een groot deel werd gegraven. Historische berichten hierover zijn er echter niet. Misschien hangt een en ander samen met de uitgebreide fortenaanleg in de Spaanse tijd in deze omgeving.

Over de Over- en Nederasseltse dijk is historisch wel het een en ander bekend. De stad en vesting Grave werd aan het einde van de 17e eeuw extra versterkt. De stad lag aan een belangrijke verkeersweg over de Maas en meestal had men er ook een brugverbinding met de overzijde. Een sterke schans dekte het noordelijke bruggenhoofd en lag daar op of tegen de Nederasseltse dijk. Om de omgeving van de schans te kunnen inunderen verlegde men, zonder veel onderhandelen of iets dergelijks met de plaatselijke autoriteiten, op last van de Raad van State de dijk een stuk naar binnen, van de Ewijkse Hof in Overasselt langs het Schonenburgse Blok, Molenhoek naar de oude kerk van Nederasselt. Op 29 augustus 1699 draagt de Raad van State per brief de nieuwe dijk aan het Ambt op (Archief Maas en Waal nr. 3531). De dijk schijnt echter zeer slecht afgewerkt te zijn, want Dijkgraaf en Heemraden weigeren hem te aanvaarden en in onderhoud te geven aan de onderhoudsplichtigen, wanneer hij niet eerst in orde gemaakt wordt. Ondanks veelvuldige protesten komt er niets van en ten einde raad besteden Dijkgraaf en Heemraden op 30 oktober 1702 zelf het in orde maken van de dijk aan om het land te beveiligen (fig. 56, bijlage XI).

c. Verkaveling van het restant van de kommen

Tegelijk met het aanleggen van de grote weteringen werden de laatste stukken van de kommen verkaveld. Dit heeft dus plaatsgehad in het begin van de 14e eeuw eeuw (EDELMAN, 1950b en HOEKSEMA in EDELMAN e.a., 1950). In fig. 56 (bijlage XI) hebben wij aangegeven, welk land in het begin van de 14e eeuw waarschijnlijk nog niet verkaveld was. Dit is afgeleid uit de loop van enige oude weteringen en de aansluiting van de verkaveling hierop, het verkavelingspatroon, de namen enz. De volgende opmerkingen kunnen voor de verkaveling op deze kaart nog van belang zijn.

In Dreumel waren de Bieskampen misschien ook reeds verkaveld; in Wamel was de driehoek ten zuiden van de Kwadenaarstraat misschien ook verkaveld, evenals het grootste stuk van De Dalen. In hoeverre het Leeuwense Veld reeds verkaveld was, is zeer moeilijk te zeggen. Het ziet er naar uit dat het een ontginning ineens geweest is, maar dan een vrij late (Leeuwen heeft in de 14e eeuw belangrijke Heren gehad).

In Puiflijk was het Broek en het Benedenste Schiplui zeker onverkaveld. Het lijkt erop dat het westelijk deel van de Lage Bobbert tot de Meerstraat en het Bovenste Schiplui verkaveld waren. Horssen was ook geheel verkaveld behalve het lage komgebied tussen het dorp en Molenhoek en het Broek. Naar het oosten volgen dan de onverkavelde stukken van Afferden, zeker het Leutenbroek en de landen ten zuiden van het dorp, verder de Broeken van Bergharen ten noorden van het zand. Of de Oude Weide in Afferden reeds was verkaveld, is niet zeker. Deest was geheel verkaveld, evenals Winssen, Ewijk en Beuningen tot aan de Oude Wetering.

Het gehele stuk tussen het zand van Bergharen via Hernen, Leur, Wijchen naar Heumen enerzijds en de Oude Wetering, Weurt en de hogere zandgronden van Nijmegen tot Malden anderzijds (alle Broek-namen) was onverkaveld. Weurt was geheel ontgonnen, evenals Neerbosch met uitzondering van het Neerbossche Broek. De verkaveling van Duckenburg is reeds tamelijk oud. De ontginning van de Broeken boven de Teersdijk dateert uit de loop van de 14e eeuw, sommige waarschijnlijk nog later. Een deel van het Hatertse Broek was zelfs ± 1750 nog niet verkaveld. Ook het land rond het Wijchense Ven is pas zeer laat verkaveld. De Broeken beneden Palkersdijk zijn waarschijnlijk bij de aanleg van de Nieuwe Wetering omstreeks 1321 verkaveld.

Ten zuiden van het centrale zandgebied is de toestand onoverzichtelijker, vooral in het midden. Misschien was van Batenburg een stuk van het veld onverkaveld in verband met het eindigen van de verkaveling hiervan op de Nieuwe Wetering. De paar Batenburgse percelen die in de verkaveling van Horssen en Appeltern liggen zijn kennelijk later aan Batenburg toegewezen, daar de Nieuwe Wetering niet precies de grens volgde tussen Batenburg en Horssen in de tijd dat dit gebied nog onverkaveld was.

Naar het oosten zijn wij niet zeker van het zuidelijk deel van de Groene Geest en het gebied om de Niftrikse Wetering en het Wijchense Meer.

Duidelijk is echter weer, dat het Lunense, Overasseltse- en Nederasseltse-Broeken-gebied met het Balgoyse Broek pas ontgonnen zijn toen hier het weteringenstelsel van de Balgoyse en Niftrikse Weteringen is aangelegd. Hierover is echter niets historisch bekend.

Tegelijkertijd zijn in fig. 56 (bijlage XI) de zandgebieden weergegeven, die op dat moment nog niet ontgonnen waren en het ook lange tijd nog gebleven zijn.

d. De weteringen, sytwinden, schutlakens en sluizen

De afwatering berustte op het principe dat de lager gelegen polders het water van de hogere polders, via de weteringen moesten doorlaten, zoals het water vanouds gelopen had, echter onder bepaalde voorwaarden. De landbrief bepaalt dat in elke wetering drie sytwinden gelegd moesten worden, d.w.z. dat er binnen het noordelijk gedeelte drie dwarskaden gelegd moesten worden, met sluizen (later schutlakens genoemd) op de plaatsen waar deze kaden de weteringen kruisten (fig. 56, bijlage XI).

I. De Oude en Rijkse Wetering (bijlage XI: A—A—A)

De noordelijke van de in de landbrief van 1321 vermelde wetering, de latere Rijkse Oude Wetering, zou moeten lopen: „van Droemeler Maesdyck in teyrse broeck, also verre, als den Heemraeden nut ende oirberlick dunckt" (bijlage XI). Het bovengedeelte van deze wetering, mogelijk tot en met Winssen, bestond waarschijnlijk reeds voor 1321, zoals uit het verkavelingspatroon volgt. Waarschijnlijk waren binnen Puiflijk ook reeds min of meer gegraven gedeelten aanwezig, evenals in Dreumel. Destijds zal ze haar water eenvoudig op het komgebied Bergharen en Afferden en verder op dat van westelijk Maas en Waal hebben gebracht, zoals ook door HOEKSEMA (in EDELMAN e.a., 1950) voor de eerste wetering in de Bommelerwaard wordt aangenomen.

De wens tot de ontginning van deze komgebieden maakte deze toestand onhoudbaar. De Nieuwe Wetering binnen Wamel is zeer waarschijnlijk een deel van de in 1321 geprojecteerde „Oude Wetering". Volgens de nieuwe regeling zou deze Oude Wetering moeten lopen naar Dreumel. Zij blijkt later echter naar de Nieuwe Schans gelegd te zijn (bijlage XI: A′—A′). Wij komen hierop later terug.

Om de lagere polders voor overstromingen uit de hogere te beschermen werd in de landbrief bevolen, dat er op drie plaatsen in de wetering sluizen moesten komen met daaraan aansluitend zogenaamde sytwinden, kaden die noord—zuid door het land gelegd werden. Het blijkt dan dat de benedenste sytwinde of kade in 1321 reeds bestond, althans grotendeels (fig. 55). Deze kaden zullen nu echter van een sluitstuk voorzien moeten worden, hetgeen waarschijnlijk tot dan ontbroken zal hebben. Hij blijkt te liggen tussen „Wamel enden Leeuwen, daer die ander sytwinde plach te leggen, ende die sal gaen tussen Appelteren ende Maesbommel aen die Maese". Het is de nog bestaande flinke kade: Hoge Zevend—Sluissestraat. Hierachter waren Wamel, Dreumel, Alphen en Maasbommel tamelijk veilig voor overstromingen. Wanneer in deze sytwinde een sluis heeft gelegen, moet zij zich bevonden hebben aan de noordpunt van de Koningsbeemden (bijlage XI: I). Er is echter niets van bekend, aangezien de uitmonding van de Rijkse Wetering zich voor zover bekend steeds bij Nieuwe Schans heeft bevonden. Later heeft men in de Rijkse Wetering hier geen sluis meer gelegd. Hierdoor zijn Wamel en Dreumel wel zeer bevoordeeld geworden.

De tweede sytwinde in deze wetering zal liggen „beneden den Holtmeer" en lopen „van Haerenre Geest ter Waelenweert". Hiermede wordt bedoeld de Scharenburgse dijk. Het is echter zeer waarschijnlijk dat deze als kade of verbindingsweg reeds bestond, maar ter plaatse van de wetering niet gesloten was, zodat het water vrij kon doorstromen, het verloop van het Scharenburg wijst hierop. De typische vorm van de dorpspolder van Druten, die met een punt helemaal naar het zuiden, naar de oorspronkelijke opening loopt, wijst eveneens daarop. Ook het verschil in bodemgesteldheid tussen het gebied oostelijk en het gebied westelijk van het Scharenburg wijst erop, dat hier lang een doorstromingsopening is geweest. De sluis die hier werd gelegd wordt later òf het Horssense òf het Scharenburgse schutlaken genoemd (bijlage XI: II, X_1).

Als plaats voor de derde sytwinde wordt aangewezen „boven Haerense wijntmolen" en deze sytwinde zal lopen van „Haerenre Geest totten Waellewaert". Deze moet gelegen hebben vanaf de Waalkant ter hoogte van Winssen naar de Bergharense heuvels. Men treft hier de tamelijk hoge kade aan tussen Deest en Bergharen enerzijds en Winssen anderzijds, die reeds vanouds ter bescherming van Deest een belangrijke rol heeft gespeeld. Winssen, Ewijk en Beuningen werden tot het boezemgebied van de Oude Wetering gerekend, zodat genoemde kade met het Bergharense schutlaken (bijlage XI: III) inderdaad een bijzondere positie inneemt. Deest en Afferden en het Bergharense Broek vormden aparte poldertjes, die onafhankelijk hun water op de wetering losten.

II. De Blauwe Wetering of Sogweyse Wetering (bijlage XI: A″)

Over de Blauwe Wetering wordt voor het eerst in 1547 gesproken. In 1321 wordt daarover nog niet gerept, dus vermoedelijk bestond zij toen niet en is zij toen ook niet gegraven. Waarschijnlijk is deze wetering vroeg in de 15e of laat in de 14e eeuw aangelegd, daar zij wel de meeste percelerингen snijdt, maar de veldnamen nog eindigen tegen de wetering. Zij is waarschijnlijk aangelegd naar het punt, waar Appeltern zijn eigen sluis op de Maas had.

III. De Nieuwe Wetering (bijlage XI: B—B—B)

Deze wetering bestond omstreeks 1321 waarschijnlijk in het geheel niet. Het overtollige water uit de omstreken van Nijmegen (Weurt—Hees—Hatert enz.) werd voor een deel op de Oude Wetering en voor een ander deel eenvoudig door korte weteringen op het grote komgebied tussen Beuningen en Wijchen geloosd. Met het voortschrijden van de ontginningen moest ook hier een regeling worden getroffen. De loop van de wetering, die in deze toestand verbetering moest brengen wordt in de landbrief van 1321 als volgt beschreven: „van Apelternde tot in Haerenremeer, ende vort op alsoe verre als die Heemraeden dat nut ende oirberlick dunckt."

Het benedengedeelte loopt precies, zoals het hier omschreven staat. Het Haerenremeer is de verbrede stroombedding van het Maasje ten zuiden van Bergharen, nog steeds in de volksmond als zodanig bekend. Het gedeelte hierboven vertoont een kaarsrecht beloop, dwars door het komgebied, dat ontwaterd moest worden (fig. 41).

Ook in deze wetering waren drie sytwinden geprojecteerd. De benedenste sytwinde in deze wetering moest gelegd worden, „boven de thuyt dat gericht van Apelteren affgaet". Resten van deze dwarskade door het land zijn nog terug te vinden als de Laaksestraat (ten zuiden waarvan De Tuut ligt) en de Mekkersteeg naar het Horssense Zand. Beide vormen nu nog grenzen van waterstaatkundige polders of delen ervan. Een deel van deze kaden bestond reeds tevoren (fig. 55). De bijbehorende sluis aan de grens van Appeltern is echter sedert lang verdwenen. Ook hier betreft het waarschijnlijk weer het maken van een sluitstuk in reeds bestaande kaden (zie fig. 56, bijlage XI: I).

De middelste sytwinde „die sal leggen tusschen Haeren ende Hernen", is weer het sluitstuk in de reeds vanouds bestaande korte belangrijke kade (fig. 55). De in dit sluitstuk gelegde sluis, het schutlaken van de Tolbrug, is altijd in standgehouden (fig. 56, bijlage XI: II).

De bovenste sytwinde „sal liggen boven Wesel in den broick daer 't den Heemraet des landts oerber dunckt". Uit een latere brief van 1487 blijkt, dat het bovenste schutlaken in de Palkersdijk lag (bijlage XI: III) en dat de Palkersdijk met de Bijsterhuizensestraat de sytwinde vormde. Ze vormen nu nog de gemeentegrens tussen Beuningen—Nijmegen en Wijchen—Nijmegen. Weurt, Hees en Neerbosch behoorden geheel tot het zogenaamde boezemgebied van de Nieuwe Wetering, dat, evenals bij de Oude Wetering boven het 3e schutlaken was gelegen. Het land ten zuiden van de Nieuwe Wetering beneden Palkersdijk: Woezikse Veld—Wezelse Veld, Leurse Broek en enkele stukjes Ewijk waren ook boezemland. De Nieuwe Wetering blijkt pas zeer laat aan de zuidzijde bekaad te zijn.

Boven de Palkersdijk, in het Neerbossche Broek en Teersbroek, werd de wetering niet doorgetrokken. De sluis in de Palkersdijk, tegenwoordig Paliker schutlaken genoemd, moet echter in verband met de werken van 1321 zijn gebouwd aangezien de genoemde broeken, zonder deze sluis, in een waterplas veranderd zouden zijn. Deze broeken hadden vanouds een wilde afwatering door een aantal duidelijk zichtbare oude beddingen van de door komklei gedeeltelijk overdekte, vlechtende pleistocene Rijn (zie hst. II), die juist op het punt waar het Paliker schutlaken is gelegd, tezamen komen. Wanneer de sluis openstond, liep het toen nog onontgonnen broek door deze oude beddingen droog.

Pas in de brief van 1487 wordt vergunning verleend om de wetering door te trekken en te verlengen tot aan de Teersdijk. Tot die tijd had het land boven de Teersdijk geen afwatering. Het Neerbossche en Teersbroek was toen reeds verkaveld daar de percelering door de Nieuwe Wetering schuin wordt gesneden (bijlage XI: B′).

In de Teersdijk is bij deze gelegenheid een vierde schutlaken geplaatst, terwijl de Teersdijk zelf als vierde sytwinde fungeert (bijlage XI: IV).

De Teersdijk moet een zeer oude dijk zijn, hoewel hij in 1321 niet genoemd wordt. Reeds van de oudste tijden af zal er behoefte geweest zijn aan een verbinding van Nijmegen met Wijchen, twee door de eeuwen heen zeer belangrijke bewoonde centra. Moeten wij dus de Teersdijk voornamelijk zien als verbindingsweg, zijn naamsafleiding schijnt toch meer op een waterstaatkundige functie te wijzen. Teersdijk zou verbasterd zijn uit Querdijk, dat is: dwarsdijk, opgeworpen om het water uit het zuidoosten te keren (vgl. een dwarsdijk in het Sticht, deze heet in 1166 Tuerdic; overigens kan thuere, teer of theyr ook „langs" betekenen, immers Thureslac: Langsmeer, Dorestad, Dordrecht: Thuredrecht). Overigens houdt zijn ligging verband met de kern van de stad Nijmegen. Het verlengde ervan zet zich voort langs de Graafseweg tot aan de Waal midden in de stad. Tevens vormt deze lijn de scheiding tussen de twee gedeelten waarin het gebied van Nijmegen verdeeld was: Hees met Neerbosch aan de ene kant en Hatert aan de andere kant. Ook verder op, in de zg. Teerse Sluispolder, kwamen dwarsdijkjes voor die dienden om het overtollige water mogelijk buiten eigen gebied te houden. Wij noemen van noord naar zuid: Vossendijk, Taaiedijk en Boterdijk.

IV. Niftrikse Wetering (bijlage XI: C)

Hierover zijn geen historische gegevens bekend. Toch ligt het voor de hand, dat dit stelsel is geconstrueerd toen de dijkring werd gesloten.

Bij de constructie van dit afwateringssysteem heeft men ten volle van de natuurlijke gesteldheid van de bodem gebruik gemaakt. Vanouds volgde het overstromingswater het Wijchense meer en de Niftrikse kom, waarna het bij Lienden via nog duidelijk zichtbare stroombeddingen in de Maas uitmondde (fig. 36, bijlage IX). Waarschijnlijk heeft Wijchen, dat als zanddorp al vroeg flink bewoond was en bovendien tot het vroeg georganiseerde „Rijk" behoorde, zelfstandig de afwatering van zijn gebied geregeld. Het heeft daarbij Niftrik, waar zijn natuurlijke lozingsplaats was, al vroeg tot zich getrokken. Vandaar dat Niftrik tot de gemeente Wijchen behoort en samen met Wijchen van de vroegste tijden af één deel uitmaakte van het Rijk. Verder was Lunen nodig om het overstromingswater uit het oosten te kunnen keren. Wij zien hier dus een penetratie van het Rijk van Nijmegen in het latere Ambt van Maas en Waal ten behoeve van het verkrijgen van een goede waterafvoer. De Niftrikse Wetering is een particuliere zaak van Wijchen gebleven. Op hun beurt hadden Batenburg (Lienden) en Leur tegen dit water van het Rijk reeds lang de Ruffelsdijk opgeworpen (fig. 55), om zich te beveiligen tegen het binnenwater van Wijchen en Niftrik. En zo trachtten Wijchen en Niftrik zich van het water van hun meer oostelijke buren te ontdoen door het aanleggen van kaden. Een hoge kade langs de rand van het Lunense Broek en een kade over Woord naar de Maasdijk, vlak ten noorden van het Balgoyse Meer, zorgden hiervoor.

V. Balgoyse Wetering (bijlage XI: D—D)

De dorpen Balgoy, Neder- en Overasselt en Heumen vormden een geïsoleerd deel van het Ambt en moesten voor zichzelf zorgen.

Het zich in de „kom" verzamelende water van Neder- en Overasselt, dat vroeger zijn weg naar het westen vond door het Wijchense Meer, kon niet anders dan ten zuiden langs de door Wijchen aangelegde kade op het Balgoyse Meer komen, vanwaaruit het op het laagste punt op de Maas werd geloosd. Door het komgebied van Over- en Nederasselt via een wetering met het Balgoyse Broek te verbinden kwam de combinatie tot stand. Men stabiliseerde hier alleen een min of meer

natuurlijke toestand, toen men overging tot de aanleg van dit gecombineerde weteringenstelsel: de Balgoyse Wetering, oorspronkelijk waarschijnlijk alleen maar een dorpskwestie van Balgoy (in 1247 wordt reeds van de Balgoyse Wetering en sluis gesproken). Ook hierover zijn geen historische gegevens bekend, maar zij moet jonger zijn dan de Niftrikse Wetering.

Heumen, zeer lang een zelfstandige heerlijkheid, verzorgde tot in de vorige eeuw zijn eigen afwatering door een sluis op de Maas. Een afwatering naar het noorden via de Broeken en verder op de Nieuwe Wetering was bezwaarlijk doordat in de Teersdijk pas in 1487 een sluis werd gelegd. Afwatering naar het westen via het Overasseltse Broek op de Balgoyse Wetering lag voor de hand. Heumen, dat oorspronkelijk weinig belang had bij een gecombineerde waterlossing en daardoor zijn rechten verspeelde, heeft zich pas in de 19e eeuw op de gecombineerde waterlossing kunnen aansluiten.

Het is te begrijpen dat de combinatie van de Balgoyse sluis zich door het aanleggen van een kade aan de grens Overasselt—Heumen, het water uit Heumen van het lijf hield.

VI. De Wamelse en Dreumelse Wetering

Toen het Wamel en Dreumel gelukt was zich van de Oude en Rijkse Wetering te ontdoen, hebben Wamel en Dreumel voortaan gebruik gemaakt van het benedeneinde van deze reeds gebruikte of in ieder geval reeds gegraven wetering. Via de Dreumelse Meren en de Oude Maasdijk lossen zij vanouds hun water op de Maas. Later zijn de watergangen van Dreumel en Wamel geheel van elkaar gescheiden en is er voor elke polder één sluis gemaakt.

8. DE WERKING VAN HET WATERSTAATKUNDIG STELSEL

a. De principes waarop de gecombineerde waterlossing berustte

In West-Nederland mochten de polders, bij hoog buitenwater, wanneer de boezem niet geloosd kon worden, hun water niet onbeperkt op de boezem malen, wegens het gevaar van het overlopen of doorbreken van de boezemkaden. In het rivierkleigebied moesten eveneens dergelijke voorzieningen getroffen worden, hoewel daar het probleem anders lag.

Het rivierkleigebied helt van oost naar west en de laagste delen van de oostelijke polders van uitgestrekte polderdistricten, zoals het Land van Maas en Waal, liggen veel hoger dan de hoogste delen van de westelijke polders. Bij hoge rivierstanden, die na de bedijking steeds meer optraden, was lossing soms maanden achtereen niet mogelijk. Het waterbezwaar van de polders werd in zo'n tijd versterkt door de grote hoeveelheid kwelwater dat onder de dijken door in de polders drong.

Bij de gecombineerde waterlossing door lange oost—west lopende weteringen, zoals die in het Land van Maas en Waal in 1321 werd ingevoerd, moesten maatregelen worden getroffen om de lagere polders voor overstroming vanuit de gezamenlijke wetering te beschermen.

Daar, waar de sytwinden de weteringen kruisten, werden in de wetering dammen met sluizen aangelegd om zoals de landbrief zegt, het land zo rechtvaardig mogelijk te kunnen ontwateren: „Hierom dattet gemeyn landt gelyck gewetert sie, ende in weteringhe voorsien worde, so sullen in elcker weteringhe van desen tween voerschreven weteringhe (de Oude en de Nieuwe Wetering) diije sytwinden liggen, ende in elcker sytwinde een sluyse of alsoe mennich als daer in 't doen is in die steden . . ."

Verder geeft dan de landbrief van 1321 de regelen, volgens welke de sluizen in de sytwinden (later schutlakens) geopend en gesloten moeten worden: „Dese sytwinden sal men leggen ende maicken in dese voerwaerden, wanneer die nederste

sluysen (dit zijn de sluizen op de Maas) uyttrecken ende lopen, soe sullen die sluysen die in den sytwinden syn open wesen, ende als die nederste sluysen niet uyt en trecken, dan sal men elcke sluyse die boven is toe doen ende toe halden, alsoe lange dat kenlich is, dat die nederste sluysen uyttrecken ende lopen, ende dat sal die Heemraet besien, ende doen off doen doen in oirber des landts den nedersten enden oversten gelyck".

Ieder vak moest dus zijn teveel aan water zolang zelf vasthouden totdat de sluizen op de Maas opengingen. De sluiswachter van deze sluis spoedde zich dan zo snel mogelijk langs de wetering stroomopwaarts om de sluizen in de hogerliggende sytwinden achtereenvolgens te openen. Op deze manier gaf men de hoger gelegen polders gelegenheid ook direct met de waterlossing te beginnen, als de Maassluis openging. Wanneer de Maas te hoog werd en de Maassluis weer gesloten moest worden, werden ook alle schutlakens onmiddellijk gesloten. Deze bepalingen spreken verder voor zichzelf. Het was de voorwaarde waarop de benedendorpen bereid waren het water van de bovendorpen door te laten. Een rechtvaardige overheid kon slechts tot zover gaan, wilde hij niet een deel van zijn onderdanen aan jaarlijks terugkerende vernietigende overstromingen blootstellen. Van de zijde der bovendorpen is steeds getracht deze bepalingen te hunne voordele te veranderen, terwijl de benedendorpen daaraan later hardnekkig bleven vasthouden, toen van hogerhand hiermee min of meer de hand gelicht werd ten gunste van de bovendorpen.

b. De moeilijkheden met Alphen, Dreumel en Wamel

Het is duidelijk dat in het algemeen de in het benedeneind van het Land van Maas en Waal gelegen dorpen, de zg. benedendorpen, in een ongunstiger positie verkeerden dan de meer stroomopwaarts gelegen dorpen, de zg. bovendorpen. Bij dijkdoorbraken, die door alle eeuwen heen talrijk zijn geweest, had het laag gelegen westen steeds het meest van het water te lijden en liep het diepst onder. Ondanks allerlei voorzorgen wat betreft de afwatering hadden toch altijd de benedendorpen veel meer last van het kwel- en regenwater dan de bovendorpen. Deze laatste kwamen het eerst droog en het was altijd voor de benedendorpen zeer moeilijk op de gezwollen weteringen te lozen. Het is dan ook volkomen begrijpelijk dat ze steeds probeerden zich onafhankelijk te maken van het grote afwateringssysteem. Het eerst gelukte dit aan de poldercombinatie Dreumel—Wamel, waarvan ten slotte ook Alphen geprofiteerd heeft.

De Oude en Rijkse Wetering moest volgens de landbrief van 1321 naar Dreumel—Maasdijk lopen, maar doet dit niet. Er zijn enkele aanwijzingen, dat er werken gemaakt zijn voor een dergelijke loop van de Rijkse Wetering. Deze had moeten lopen van de Zwaanheuvels langs de Mosterdwal naar de Nieuwe Wetering in Wamel en verder door de Dreumelse Meren naar het westen.

De volgende argumenten kan men hiervoor aanvoeren:

1e. De Koningsbeemden behoren bij Altforst en de verkaveling ervan sluit geheel aan bij die van de rest van Altforst. De Rijkse Wetering, die de Koningsbeemden van Altforst afsnijdt, is zeker jonger dan de verkaveling.

2e. Het is opvallend, dat de „Nieuwe Wetering" van Wamel precies is aangelegd op de plaats waar de grote wetering geprojecteerd was; ze vormt de noodzakelijke verbinding tussen de Rijkse Wetering in Leeuwen en in Dreumel.

3e. Wanneer het van het begin af aan vastgestaan had, dat de Rijkse Wetering naar de Nieuwe Schans zou lopen, zou men deze Nieuwe Wetering anders gelegd hebben en ook geen Nieuwe Wetering genoemd hebben. Het stuk land waar hij doorloopt moest nog verkaveld worden.

4e. Gelijk reeds opgemerkt is, is het stuk Rijkse Wetering van de Zwaanheuvels door Altforst jong. Het stuk Rijkse Wetering in Maasbommel is eveneens jong; het volgt gedeeltelijk de percelering van Maasbommel en gaat dan ten slotte schuin door de percelering naar de Greffelingse sluis.

Wamel en Dreumel moeten zoveel last van het water van boven hebben geducht, dat ze het uiterste moeten hebben geprobeerd om de grote wetering dóór hun gebied kwijt te raken, en zij moeten hun doel hebben bereikt. Feitelijk was dit ook het belang van de hoger gelegen polders, daar de weg van de Zwaanheuvels naar de Dreumelse sluis veel langer was dan van de Zwaanheuvels naar de latere Nieuwe Schans. De bovendorpen zullen daarom bereid zijn geweest om de Rijkse Wetering vanaf de Zwaanheuvels de weg naar de Maas te geven, dwars door de polders Altforst en Maasbommel, die daarmede wel het slachtoffer van de intriges geworden zijn.

De polder Maasbommel ligt het laagst van alle polders die op de nieuwe Rijkse Wetering moesten lossen en kon zijn water pas zeer laat kwijt. Bovendien werd deze polder aan drie kanten door de Maas bespoeld en had daardoor meer last van kwel dan andere polders. Tot op de huidige dag zijn de gevolgen daarvan te bemerken.

Er bestaan over deze veranderingen geen historische berichten. FOCKEMA ANDREAE wees ons ook er op, dat door de ligging van de bovenbedoelde polders dicht bij de grens van Gelre met Brabant de Brabantse invloed in dit deel van Gelderland groot was. Bovendien waren er juist in deze tijd felle twisten tussen Gelre en Brabant. Misschien hebben Dreumel en Wamel zich in die tijd, dank zij hun ligging in een uithoek van Gelderland, met Brabantse steun van hun verplichtingen kunnen ontdoen. Merkwaardig is later ook altijd de min of meer zelfstandige aparte positie, die zij tezamen met Alphen in het geheel van het Ambt innemen.

c. De moeilijkheden tussen de boven- en benedendorpen om de Rijkse Wetering, de Blauwe Wetering en het Puiflijkse schutlaken

In 1547 (Oud Archief Maas en Waal, VAN BENNEKOM en VAN RECHTEREN, 1817) wordt voor het eerst gesproken over het Puiflijkse schutlaken, gelegen waar de Puiflijkse brug over de Meren gaat. Er blijkt dan verschil van mening te zijn over het Puiflijkse schutlaken, dat waarschijnlijk ontstaan is, toen de Oude en Rijkse Wetering verlegd werd van de richting Greffelingse sluis naar de richting Blauwe sluis. De sluis in de eerste sytwinde had toen zijn betekenis verloren.

De „benedendorpen" (Puiflijk—Leeuwen—Maasbommel en een deel van Altforst) worden door het Hof van Gelre op verzoek van de „overdorpen met Horssen" (Beuningen, Ewijk, Winssen, Deest, Afferden en Horssen) gesommeerd „dat puiflijkse thoegedaene Schutlaken wederomme te openen". Daarvoor wordt in de landbrief van tussen Maas en Waal van 1532 gesproken over een twist die er geweest is tussen die van het Rijk en die van het Ambt over het verruimen van de Oude en Rijkse Wetering. Men behoort de wetering te ruimen en schoon te maken van onderop. De Dijkgraaf en Heemraden van het Land van Maas en Waal krijgen nu ook opdracht deze wetering in zijn geheel te schouwen, ook het Rijkse deel „ind graeven alde boorde, inde alde bodeme aegaende van die graeffeliche sluyse bis toe die Rijcke Wetering ind ons Borch-greven schouw toe". Hierbij wordt ook al op de hieronder te bespreken twist gezinspeeld. In de landbrief aan het Rijk van Nijmegen uit hetzelfde jaar blijkt ook van het bestaan van gespannen toestanden.

Uit de berichten blijkt dat tussen 1321 en 1547 de combinatie van de bovendorpen de Blauwe of Sogweyse Wetering (fig. 56 (bijlage XI): A′) heeft gegraven en hiervan bij hun afwatering uitsluitend gebruik maken. De benedendorpen hebben hierop het Puiflijkse schutlaken gesloten en gebruiken de Rijkse Wetering als hun eigen afwatering. Het stuk Rijkse Wetering tussen het splitsingspunt en de plaats, waar Puiflijk erop loost, is geheel verwaarloosd en zelfs „verloren" (d.w.z. degeen die het onderhoud moet verzorgen, is niet meer te vinden). Evenals dit aan de combinatie Wamel, Dreumel, Alphen gelukt was om de Oude Wetering buiten hun gebied te krijgen, lukte dit enige tijd later aan de combinatie Puiflijk, Leeuwen, Maasbommel. De bovendorpen namen hiermee genoegen, daar ze dachten, dat dit ook voor hen voordeel zou opleveren. Vooral het zoveel kortere traject dat ze dan moesten onderhouden, bracht direct voordeel op, zodat deze oplossing min of meer voor de hand scheen te liggen en voor iedereen aanvaardbaar was.

De Blauwe Wetering moet in 1547 al lange tijd hebben bestaan, zoals blijkt uit het stuk van 1547. Hierin worden de benedendorpen gesommeerd het Puiflijkse schutlaken weer open te maken en de wetering van het Puiflijkse schutlaken tot de Leeuwense grens weer in orde te maken, zodat ook de bovendorpen als vanouds weer door deze wetering zullen mogen lozen. Er was meestal lange tijd voor nodig om het zover te krijgen dat het Hof van Gelderland een uitspraak deed in een dergelijke netelige kwestie.

Er had zich echter één onverwachte moeilijkheid voorgedaan. Het bleek nl. dat de Maasstanden bij de Blauwe sluis ten opzichte van het land hoger waren en langer hoog bleven dan bij de Greffelingse sluis. De tijd dat er geloosd kon worden, was bij de Blauwe sluis veel korter dan bij de Greffelingse. De bovendorpen bleven nu nog met hun water zitten en de twisten begonnen van voren af aan, daar zij opnieuw het recht opeisten om door de Rijkse Wetering te mogen uitwateren zoals het vanouds geweest was. De benedendorpen echter verzetten zich hiertegen met hand en tand, wel wetend welke grote last dit hen opnieuw zou bezorgen. Het ongelukkige nl. was, dat men de weteringen na 1321 nooit breder of dieper had gemaakt. Ze waren destijds wel berekend op de betrekkelijk kleine hoeveelheden kwel, maar nadat men steeds hogere dijken ging bouwen, werden de hoeveelheden kwelwater ook steeds groter als gevolg van de hoger oplopende rivieren. Verder hoogden de rivieren hun bed op en kwamen minder vaak rivierstanden voor, waarop men kon lozen. Er werd dus een steeds grotere capaciteit van de weteringen vereist. De oude weteringen konden deze grote waterhoeveelheden niet meer verwerken en het land bleef in het voorjaar en de voorzomer steeds langer onder water staan.

Uit de historische berichten blijkt niet of de benedendorpen op de sommatie van 1547 (die mogelijk niet de eerste was) ook werkelijk het Puiflijkse schutlaken weer hebben geopend, zoals hun bevolen was. Dit is wel waarschijnlijk, maar omstreeks 1600—1610 hadden ze er weer een dam in gelegd. Dit blijkt uit een Verslag van een Inspectietocht door enkele Raden van het Hof over de toestand in Maas en Waal naar aanleiding van een klacht van de Dijkgraaf van het Ambt tussen Maas en Waal aan het Hof. Uit de verschillende inlichtingen, die aan het gezelschap tijdens deze inspectie werden gegeven, is op te maken, dat omstreeks 1600—1610 de benedendorpen het Puiflijkse schutlaken weer met een dam hadden gesloten. Uit andere inlichtingen blijkt dat vóór 1630 Leeuwen, Puiflijk, Maasbommel en Altforst watermolens hadden, die het water op de volle wetering konden malen (deze molens zijn omstreeks 1630 afgebroken). Het weer opnieuw sluiten van het schutlaken in het begin van de 17e eeuw lokte enorme protesten uit van de zijde der bovendorpen en het Rijk, die ten slotte overgingen in handtastelijkheden, hetgeen blijkt uit de beslissing van het Hof van Gelderland van 17 Juli 1630. De bovendorpen hadden de Scharenburgse dijk doorgestoken en hierdoor de benedendorpen enorme schade berokkend. De daders waren hierop door de Dijkgraaf van het Ambt gevat en in Tiel opgesloten. In de beslissing van het Hof wordt gezegd dat de bovendorpen alle schade moeten vergoeden. De benedendorpen moeten echter het dichtgeworpen Puiflijkse schutlaken weer openen en de wetering weer openmaken. Dit schijnt ook werkelijk daarna gebeurd te zijn, waarschijnlijk in 1631. De wetering was toen echter niet opgegraven, daar deze „verloren" was, hetgeen blijkt uit de instructies aan de sluiters van de Greffelingse en Blauwe sluis.

Een geheel nieuw principe in het openen en sluiten van de schutlakens doet dan zijn intrede. De hogere schutlakens mogen nl. ook geopend worden, wanneer de Maassluis niet open is. Door het water op het benedendeel van de wetering hóóg op te stuwen, verwacht men het ook eerder te kunnen lossen en de Maassluis door hoog binnenwater te kunnen opendringen. Het water mag op het benedendeel van de wetering niet hoger stijgen dan twee voet onder de kruin van de wallen. Bij nog hoger stijgen moeten de schutlakens worden gesloten. De benedendorpen willen niets weten van deze nieuwe bepalingen van het Hof van Gelre, die kennelijk zijn ingegeven door de bovendorpen en die van het Rijk en die door de slechte toestand van de wallen ook inderdaad funest voor hen zijn. Zij beroepen zich steeds op de bepalingen van de landbrief van 1321 over

het openen en sluiten van de sluizen. Er blijkt dan een tussenweg gevonden te worden. Zodra de Greffelingse sluis opengaat, mag er één deur van de Puiflijkse en Horssense schutlakens geopend worden; wanneer daarna ook de Blauwe sluis opengaat, mag de andere deur worden opengemaakt. Een werkelijke oplossing van het probleem is ook hier niet mee te bereiken.

Ook wanneer er slechts één deur van het Puiflijkse schutlaken wordt opengezet, heeft men in de benedendorpen al zeer veel last van het water van boven. De benedendorpen houden eenvoudig het Puiflijkse schutlaken dicht. Ook Horssen schijnt in de knel te komen en zijn water niet meer te kunnen lossen, wanneer het Horssense schutlaken geheel openstaat. Na veel geharrewar komen dan ten slotte beide partijen in 1645 op de burcht in Nijmegen bijeen. Ondanks een conferentie van drie dagen kan men het hier niet met elkaar eens worden. Beide partijen vragen te veel en zonder tot overeenstemming gekomen te zijn gaat men uiteen. Leeuwen wil samen met Puiflijk een eigen wetering aan de noordzijde van de Oude of Rijkse Wetering en Maasbommel een aan de zuidzijde. Daarna willen ze niets meer met het onderhoud van de Rijkse Wetering te maken hebben. De hoger gelegen schutlakens mogen, wanneer deze nieuwe weteringen eenmaal klaar zullen zijn, echter ook niet verbreed worden, zoals de bovendorpen willen. De kwestie waar alles ten slotte om draait is op wiens lasten het onderhoud van de nieuw te maken werken zal komen. De bovendorpen willen alles in gemeenschappelijk beheer nemen, maar tevens de schutlakens, weteringen en Maassluizen sterk verbreden. Men krijgt de indruk dat laatstgenoemden gelijk hebben, maar de benedendorpen zijn de laatste jaren door de bovendorpen moedwillig zo benadeeld, dat ze van geen toegeven weten.

Na van verschillende bovendorpen klachten over het te lang opgehouden water ingezameld te hebben en deze aan de Raden van Gelre voorgelegd te hebben, laten deze vertegenwoordigers uit beide gebieden verschijnen en doen een uitspraak waarbij de benedendorpen onmiddellijk gelast wordt de wetering beneden het Puiflijkse schutlaken open te maken; dit zal gebeuren op kosten van het gemeen.

Zo sukkelt men verder tot er in 1649 weer een gewelddaad wordt gepleegd. Het Puiflijkse schutlaken wordt vernield, waarop onmiddellijk een dam door de benedendorpers ter plaatse wordt gelegd, die door de bovendorpers weer wordt doorgestoken. En dat alles terwijl de Greffelingse sluis reeds 4 weken dicht was en na enkele dagen lossen weer dichtging. De Dijkgraaf vraagt om strenge maatregelen. Zeer spoedig daarna heeft dan een inspectie plaats. Uit het verslag van deze inspectie blijken de wederzijdse grieven overduidelijk. De bovendorpen wensten weer als vanouds door de Rijkse Wetering te lossen. Zij verzochten daartoe dat het Horssense en het Puiflijkse schutlaken weer in orde gebracht, de wetering weer geruimd en de wallen verhoogd zouden worden, zoals dit volgens de landbrieven was verordeneerd. Verder verzochten zij, dat het openen en sluiten der schutlakens weer volgens de landbrieven mocht geschieden en verlangden zij dat de sluiters ook voor het Rijk een eed moesten afleggen.

De benedendorpen, vooral die langs de zuidzijde (Maasbommel en Altforst, ged.), zeiden dat ze dit beslist niet konden toestaan. Bij overlopen van de weteringwallen was het altijd de zuidelijke wal die overliep. Maasbommel was niet bij machte de wal goed te onderhouden, terwijl Puiflijk, Leeuwen, Wamel, Alphen en Dreumel wel zorgden dat het water over hun wal niet kon heenkomen. De schade die zij hierdoor zouden lijden (overlopen der weteringwallen, het door de hoge weteringstanden niet kunnen lossen van eigen water enz.) zouden toch niet vergoed worden door de bovendorpen. Verder zeggen zij, dat het Rijk al sedert lange tijd door de Blauwe sluis uitwatert en vinden zij het niet nodig dat het Rijk de Rijkse Wetering gebruikt. Die van het Rijk beweerden dat de Greffelingse sluis, die bestond uit 2 nauwe stenen bogen, verbreed, verdiept en van meer bogen voorzien moest worden, waartoe de benedendorpers wel geneigd bleken. De noordelijke dorpen (Leeuwen + Puiflijk) verlangden echter een eigen wetering, evenals de zuidelijke (Maasbommel) en eisten daarbij elk een boog van de sluis voor zich op.

In 1649 wordt door het Hof van Gelderland een nieuw plan opgesteld. Men wil langs de Kromme Graaf (de grens van Wamel tegen Maasbommel en Alphen) en verder langs de grens Dreumel—Alphen een nieuwe wetering naar de Maas bij de Alphense sluis graven en hier het water met watermolens op de Maas malen. Het water zou hier ten alle tijde beter gelost kunnen worden dan door reparatie van de Greffelingse sluis.

Deze twisten duurden voort tot 1666, waarbij eindelijk onder sterke drang van de overheid een overeenkomst wordt gesloten.

De schutlakens zullen worden verbreed, de Rijkse Wetering zal weer in gebruik genomen mogen worden en uitgediept worden, de weteringwallen moeten worden verhoogd, de Maassluis wordt geheel vernieuwd en vergroot. Leeuwen, Puiflijk en

Maasbommel krijgen aparte weteringen met eigen sluizen op de Maas en het recht molens op deze weteringen te plaatsen, als deze eigen weteringen nog niet voldoende blijken te zijn. Alle kosten van de uit te voeren werken zullen gemeenschappelijk worden gedragen, waarna het onderhoud zo billijk mogelijk wordt verdeeld over degenen die er profijt van trekken (bijlage XI).

Het is deze overeenkomst geweest, die ten slotte geleid heeft tot een geheel gemeenschappelijk beheer van alle grote weteringen in het Land van Maas en Waal en het Rijk van Nijmegen.

De overeengekomen werken werden kort daarop uitgevoerd. De oude Rijkse sluis (Greffelingse sluis) kwam voor Maasbommel beschikbaar (bijlage XI: F). Een nieuwe grotere Rijkse sluis werd ernaast gelegd en hierop werd de uitgediepte en verbrede Rijkse Wetering aangesloten (bijlage XI: A′—A′). Ten westen daarvan werd in 1668 de Leeuwense sluis aangelegd met daarop aansluitend de Leeuwense Wetering (bijlage XI:′ E). Van het recht om molens te mogen zetten op gemene kosten is door Leeuwen, Puiflijk en Maasbommel al spoedig gebruik gemaakt. De hogere schutlakens werden alle verbreed en het principe van het „opendringen van de Maassluis" werd zoveel mogelijk toegepast. Aan de voornaamste grieven was zo een einde gekomen. Toch betekent dit niet, dat alle moeilijkheden nu verder opgelost zijn. In het verpondingskohier van 1690 getuigen de inwoners van Afferden voordat de geschatte waarde van hun landerijen wordt opgetekend:

„Vooreerst dient alhier verhaald, dat de geërfden en inwoners van Afferden de slechtste ende ellendigste zijn in het Ambt tussen Maas en Waal, vermits hare landen van de bovenste wateren des Rijks van Nijmegen zo van de Waal als Maas geïnundeerd worden, ende van quell wateren ende anders bedorven, zijnde belast met zware dijken, ende sluizen aande Maaskant", enz.

In de 18e eeuw beginnen de klachten van de bovendorpen weer opnieuw. De sluiters van de Greffelingse en Blauwe sluis openen de bovenste schutlakens niet snel genoeg. Ze pleisteren soms onderweg 3 dagen lang in herbergen en sluiten de schutlakens weer voor de Maassluis dichtgaat. De benedendorpen klagen weer over schade door het overlopen van de weteringwallen, die niet voldoende meer berekend zijn op de lozing volgens het principe van het opendringen van de Maassluizen. Ongelukkigerwijze is dan de Dijkgraaf op de hand van de bovendorpen en geeft in 1749 de sluiters nieuwe instructies in het nadeel der benedendorpen en geeft persoonlijk bevel om de schutlakens te openen.

In 1754 lijden Horssen, Appeltern, Altforst en Maasbommel veel schade terwijl Alphen, Dreumel en Wamel nauwelijks de dans ontspringen.

Na eindeloze twisten komt dan in 1763 een beslissing van het Hof, die de partijen weer tot elkaar brengt. De weteringwallen zullen verhoogd en waterpas gelegd worden. De hoogte van een peilsteen aan de „Swaneheuvels", die twee voet onder de kruin van de wal ligt, zal ook aangeduid worden bij de Greffelingse sluis en bij het Horssense schutlaken. Dit peil van de wetering mag niet overschreden worden. De schutlakens moeten dan gesloten worden. Zodra het peil in de wetering er beneden zakt, mag er weer geloosd worden. Er werden verder nieuwe instructies aan de sluiters gegeven.

In 1748 klagen Beuningen en Ewijk en in 1749 de kerspelen Beuningen, Ewijk, Winssen, Deest en Afferden over schade die zij ondervinden van „het Duckenburgse seer quade en voor het Land verdervende water". Dit is water uit de Teerse Sluispolder, dat niet door de Nieuwe Wetering verwerkt kan worden en over de weteringwallen van Nieuwe en Oude Wetering heenloopt en zo hun landerijen bederft.

d. De toestand in de 18e en 19e eeuw

Door het steeds hoger maken van de dijken werd de toestand in het rivierkleigebied steeds ongunstiger. Steeds grotere hoeveelheden kwelwater drongen elke winter bij hoge rivierstanden onder de dijken door. De rivieren hoogden hun bed en de uiterwaarden erlangs steeds meer op, zodat de vrije waterlossing steeds moeilijker werd en ten slotte soms de gehele winter en tot ver in het voorjaar niet meer mogelijk was. Speciaal de benedendorpen waren steeds weer het kind van de rekening, maar ook de lage delen van de bovendorpen stonden een groot gedeelte van het jaar onder water. Pas zeer laat in het voorjaar, soms pas in de voorzomer, kon dit water op de Maas geloosd worden. Een deel van dit water was regenwater. Het grootste deel was echter afkomstig van de kwel door de doorlatende ondergrond. Dit water bevatte geen slib. Langs de Waalzijde trad water met een hoge pH voor de dag, maar vanuit het gehele oostelijke en zuidelijke gebied kwam zuur kwelwater, rijk aan ijzer te voorschijn (zie hst. IV). Langs de Waalzijde was men dan ook terecht zeer beducht tegen het „quade water van achter de Teersdijk". Speciaal wanneer dit water tot in mei en soms nog langer op het grasland stond, was het zeer nadelig voor de grasgroei, afgezien nog van de schade, die op bouwland nog werd aangericht aan de wintergewassen. Grondbewerking en zaai konden bovendien niet op tijd worden verricht, zodat misoogsten herhaaldelijk voorkwamen. Ten slotte was de nood in Dreumel zo hoog gestegen, dat vele Dreumelse boeren de waterschapslasten enz. niet meer konden opbrengen en veel land hier in handen van de polder overgegaan is.

e. Dijkdoorbraken

Men ziet dat de moeilijkheden niet gering waren geworden en hierbij kwamen dan nog de vooral in de 17e, 18e en begin 19e eeuw zo vernietigende watersnoden, waarvan ook het Land van Maas en Waal zijn deel heeft gehad. De grote wielen langs de Waal en enkele kleinere langs de Maas zijn alle in deze periode ontstaan.

De volgende dijkdoorbraken konden ongeveer gelocaliseerd worden:

Jan.	1820	Mook
Dec.	1925/jan. 1926	Overasselt (bij Schonenburg)
	1741	Nederasselt
	1799	Nederasselt (Schaardijk)
	1799	Keent
	1782	Maasbommel (inlaat sluis)
	1741	Alphen a/d Maas
Febr.	1809	Alphen a/d Maas (Op de Kamp)
	1709 (2×)	Alphen a/d Maas (bij de molen en iets lager)
	1726	Alphen a/d Maas

	1757 (5×)	Alphen a/d Maas (korenmolen, Alphense sluis en nog 3 plaatsen tussen dorp en sluis)
	1830	Dreumel (deuren sluis)
	1776	Dreumel (dijk Ruwaard)
Maart	1855	Dreumel (de Rooi, Ambtswiel)
	1781 (3×)	Dreumel
Febr.	1757	Dreumel (Rooisestraat)
Maart	1784	Dreumel (Rooisestraat)
Vóór 1784, 2× in 1784 en 1× jan. 1811		Dreumel (de Rijskamp)
Maart	1784 (2×)	Wamel (bij korenmolen)
Jan.	1781	Wamel (Kloosterhof)
Febr.	1861	Leeuwen (Beneden Leeuwen)
Maart	1784	Leeuwen (Florestraat)
Maart	1784	Puiflijk (Edenoord)
Voor	1784	Druten (Grondewaay)
Maart	1784	Druten (de Kom)
	1799	Weurt (Duivelswaay)
	1805	Weurt (voor de kerk)
	1784	Weurt (op de grens met Hees)
	1672	Hees (Maas—Waalkanaal)
	1799 (2×)	Hees (bij electr. centrale).

Behalve deze doorbraken vonden volgens andere bronnen (TE GEMPT, 1857; PIERLINCK, 1757) nog dijkdoorbraken plaats in de jaren: 1637, 1651, 1653, 1655, 1658, 1663, 1709, 1726, 1740, 1741, 1744, 1809, 1827.

Een zwakke plek in de bedijking is vooral geweest de dijk van Dreumel bij de Rijkswaard (zie fig. 57).

Fig. 57. De opeenvolgende dijkdoorbraken, dijkverleggingen en wielen bij de Rijkswaard onder Dreumel.

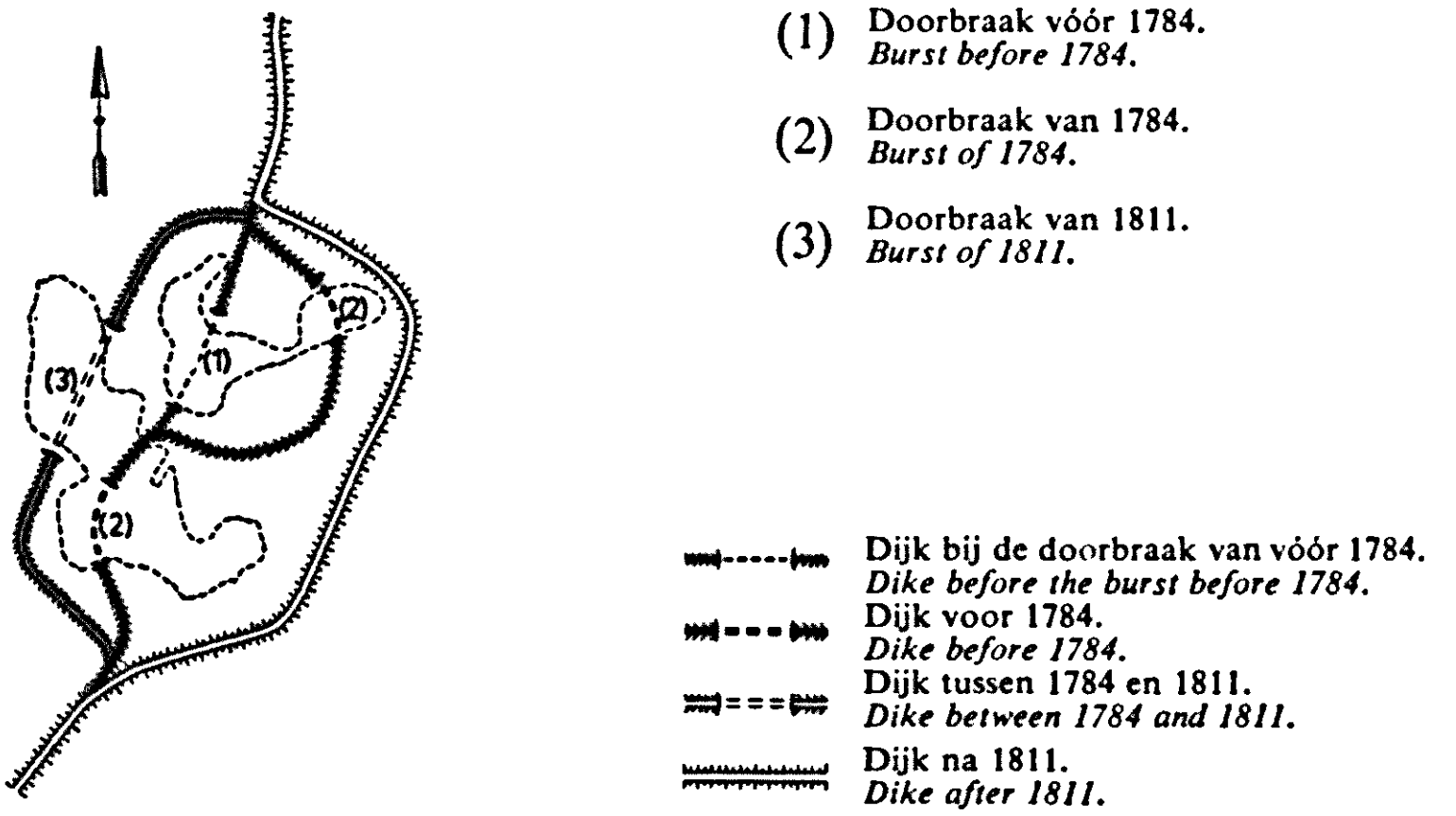


Fig. 57. The successive dike-bursts, dike-diversions and pools near the Rijkswaard at Dreumel.

De oorzaak van de dijkdoorbraken was meestal een ijsdam in de rivier. Vóór ± 1650 schijnen de dijkdoorbraken op zichzelf niet zoveel schade aangericht te hebben. De wielen die uit die tijd dateren zijn alle klein, het dijkherstel was niet zo kostbaar en de overstromingen waren niet zo vernietigend. Speciaal in de 18e eeuw worden de grote gaten geslagen. Men is de dijken vooral sinds 1600 flink gaan ophogen. Vanaf deze tijd rijzen de grote moeilijkheden met het kwelwater en worden de doorbraken steeds ernstiger.

Het is vooral na de Franse tijd, dat men gaat inzien dat er iets moet gebeuren. Bij een aantal personen wint de mening veld, dat er aan de onnatuurlijke bedijkingstoestand een einde moet worden gemaakt. Koning Willem I stelde in 1821 een commissie in, die een plan heeft gepubliceerd. Het meest gewenste plan leek het maken van een groot aantal overlaten langs Rijn, Lek, Maas en Waal. Ook TE GEMPT (1857) toont zich hiervan een voorstander.

Bij het slechten van de dijken zouden de vloeden niet meer zo hoog oplopen en de nadelen, die de rivierkleipolders tegenover andere polders bezitten, zouden veel minder worden. Het niet meer op kunnen treden van de catastrofale hoge vloeden, vermindering van het kostbare dijkonderhoud en dijkherstellingen waren andere voordelen. Het land zou elk jaar met rivierwater met slib bemest worden, waardoor men tevens van de zeer slechte werking van het kwelwater verlost zou zijn. Men bemerkte nl. dat het land na een dijkdoorbraak telkens weer een grote oogst gaf. In 1820 gaf Maas en Waal een prachtige oogst te zien, nadat in januari 1820 de dijk bij Mook was gebroken en het land met een laagje vruchtbaar Maasslib was bedekt.

Het voorbeeld van de Ooypolders boven Nijmegen, waar men dit systeem zeer lang heeft toegepast, leert dat men zeer produktieve graslanden verkrijgt door het inlaten van rivierwater met slib. De streek zelf wordt echter door het hoog oplopen van de riviervloeden praktisch onbewoonbaar, zoals deze polder ook bewijst.

Reeds vroeger had men dit systeem ook in Maas en Waal toegepast. De polder Maasbommel bouwde in 1782 een inlaatsluis in de dijk, die 's winters rivierwater met slib in de polder moest toelaten. Helaas spoelde in de winter daarop de sluis reeds weg door ondeugdelijke constructie, waarop het experiment niet meer werd herhaald. In 1830 braken de deuren van de Dreumelse uitwateringssluis, terwijl het muurwerk van de sluis stand hield, zodat men alleen een betrekkelijk onschuldige inundatie met slibhoudend water kreeg met het gevolg: veel betere opbrengsten direct al het volgende jaar.

Inmiddels had men in het rivierkleigebied in het begin van de 19e eeuw op verscheidene plaatsen overlaten aangebracht. Deze dienden om, wanneer ergens bovenstrooms een doorbraak plaatshad, snel het water benedenstrooms weer op de rivier te kunnen afvoeren. Voor het Land van Maas en Waal lag deze overlaat in de Alphense dijk tussen Moordhuizen en de Alphense sluis (het Verlaat).

De beste oplossing is ten slotte toch gebleken het verdiepen en reguleren van de rivierbeddingen en het direct opruimen van zich vormende ijsdammen en het tegelijkertijd flink versterken van de dijken.

f. Het invoeren van de bemalingen

In de polders Alphen, Dreumel en Wamel werd de toestand ten slotte onhoudbaar, ondanks het plaatsen van windmolens. Reeds in 1791 had men deze drie polders

verenigd tot de zg. Molenpolder en voorzien van drie molens, twee aan de Dreumelse sluis en één aan de Alphense. In 1819 werden de molens verbeterd en de staande schepraderen door hellende vervangen, waardoor de opvoerhoogte werd verhoogd tot 5,26 + A.P.

In het algemeen had men aan deze molens heel weinig, daar meestentijds de rivier toch zo hoog was, dat ze wegens hun geringe opvoerhoogte niet gebruikt konden worden. Bovendien was hun capaciteit veel te gering voor deze sterk met kwelwater belaste polders.

Om aan de ongunstige toestand een einde te maken, had in 1819 ingenieur M. G. Beyerinck op last der regering een project gemaakt: vrije lossing op het laagste punt van de polder, waarbij Maasbommel, Alphen, Wamel en Dreumel buiten het project bleven.

De Nieuwe Wetering zou met de Rijkse worden verbonden. Tevens was aan dit plan een ontwerp tot afvoeren van het hoge rivierwater door middel van een kanaal tussen dijken dwars door Maas en Waal van Weurt naar Appeltern verbonden. Er rees tegen dit plan veel bezwaar omdat men het stelsel der opschutting niet wilde prijsgeven. Een nieuw ontwerp met schutlakens werd gemaakt. Bij het eerste plan had men het inlaten van rivierwater, noodzakelijk geacht, bij het tweede werd alleen op de wenselijkheid ervan gewezen. Deze plannen kwamen niet tot uitvoering.

Inmiddels was in 1827 voor het behartigen van de afwateringskwesties in het gebied van de Oude, Rijkse, Blauwe, Leeuwense en Nieuwe Wetering een gecombineerde commissie aangesteld, die werd gevormd uit twee Heemraden van ieder der beide districten die het beheer over de weteringen hadden. Deze commissie bezat slechts keurbevoegdheid en geen rechtspersoonlijkheid en het duurde tot 1882 eer het Waterschap werd opgericht dat wij nu kennen en dat de leiding kon geven aan de meest juiste oplossing van het ontwateringsvraagstuk. Het is hoofdzakelijk door dit gebrek aan samenwerking, dat de zo nodige maatregelen voor het grootste gedeelte van het Land van Maas en Waal zo lang zijn uitgebleven. Andere oorzaken waren natuurlijk de slechte toestand waarin de Maas verkeerde en de apathie der bevolking, die langzamerhand gewend was geraakt aan de toestand.

Bij Kon. Besluit van 1842 werd een commissie benoemd die met de plannen van H. F. Fijnje kwam. Deze behelsden het stichten van vier stoomgemalen:

1e een gemaal voor Puiflijk—Leeuwen—Wamel—Dreumel en Alphen te Dreumel,

2e een gemaal voor alle polders op de Oude wetering + Maasbommel aan de Rijkse sluis,

3e. een gemaal voor alle landen van de Nieuwe Wetering op de Appelternse sluis,

4e een gemaal voor de landen van de Balgoyse en Niftrikse sluis aan de Niftrikse sluis.

De kosten zouden f 300 000 bedragen. Aanvankelijk zou een proef worden genomen met een gemaal voor Alphen—Dreumel en Wamel te Dreumel, waarvoor de Staten van Gelderland in 1845 f 10 000 toezegden. De ingelanden van die polders stemden toe en kregen tot hun geluk hun bovenbeschreven gemaal reeds in 1846. Met de andere polders kwam men echter helaas niet verder. Hoewel het stoomgemaal van 1846 een volgens onze begrippen geringe capaciteit bezat, zodat het enige voordeel dat men ermee kon bereiken was, dat men het land in plaats van in de voorzomer in het voorjaar kon droogmalen, was dit reeds een enorme vooruitgang.

Het nieuwe stoomgemaal had een stoommachine met een opvoerhoogte tot 6,31 m + A.P.

TE GEMPT (1857) laat de Hoofdingeland J. HOEFLAKEN van de Bommelerwaard boven den Meidijk, waar men eveneens dacht over een stoomgemaal, in een op 10 mei 1853 uitgebracht rapport als volgt over de toestand in de polders Wamel—Dreumel en Alphen aan het woord:

„Wij hebben berigt te geven van de op gisteren gedane opneming in de polder van Dreumel, Wamel en Alphen. Wegens het hoge rivierwater had de machine zes dagen stilgestaan; het kwel en regenwater was alstoen zeer toegenomen; op den derden Mei was men weder begonnen te werken en dit blijft met volle kracht aanhouden, de opvoer op gisteren bedroeg 1,14 el. Vervolgens hebben wij een meer bepaald onderzoek ingesteld nopens de toestand des polders, waarbij wij bevonden hebben, dat het middelbaar weiland geheel droog was en dat alleen op de laagste landen, gewoonlijk broeklanden of het liesveld genoemd, gemiddeld nog 7 tot 8 ned. duimen water stond. De sneeuw en de regen van gepasseerde Zondag heeft een verhoging van de waterstand in de polder veroorzaakt van 2,5 duim. Toen wij de scheiding der meer bovenwaarts gelegen polders van Leeuwen, Puiflijk en Altforst en Maasbommel genaderd waren, zagen wij dat die polders nog diep onder water stonden, niettegenstaande hun hogere ligging van 3—4 palmen.

Zover onze ogen reikten, was het een bijna onoverzienbaar waterveld en wanneer men zich slechts omkeerde, dan zag men aan de voet van dat waterveld veel vee op grasrijke weiden grazen".

Ook een rapport van de Dijkgraaf die op 15 en 16 mei Dreumel bezocht, gewaagt van hetzelfde. Ondanks de windbemaling stond in Leeuwen, Puiflijk, Maasbommel enz. alles nog onder water in tegenstelling tot Dreumel.

De toestand na het stichten van het stoomgemaal in de Molenpolder was nu zo, dat deze polder het water kon uitmalen tot een Maaspeil van ± 6,10 m + N.A.P. te Dreumel; dit komt overeen met een peil van ± 9,50 m + N.A.P. te Grave en ± 44 m + N.A.P. te Maastricht. In alle andere polders was de vrije lossing reeds bij een peil van 6,50 m + N.A.P. te Grave praktisch gestremd. Gemiddeld werd deze stand gedurende ± 170 dagen per jaar bereikt en overschreden over de periode van 1915 tot 1929. Ondanks de bepalingen in het eerste reglement van het in 1882 opgerichte waterschap, die aangaven dat er stoomgemalen gesticht moesten worden ter verbetering van de ontwatering, duurde het oprichten hiervan nog tot in de 20e eeuw.

In Maasbommel waar eveneens de nood hoog was gestegen, maar waar men zelfstandig was op het gebied van de waterafvoer, dank zij de regeling van 1666 waarbij Maasbommel buiten de Rijkse Wetering kwam, ging men er in 1867 toe over een nieuw gemaal te stichten.

Op den duur voldeed ook het oude gemaal van 1846 te Dreumel niet meer. Het werd verbeterd, voorzien van een centrifugaalpomp en alleen voor de polder Dreumel ingericht. Daarnaast kregen in 1875 Alphen en Wamel elk een apart stoomgemaal.

Zolang er echter niets werd gedaan aan de kanalisatie van de Maas, bleef ook de bemaling meer het karakter behouden van een zomerbemaling dan van een doeltreffende winterbemaling.

g. De Maas-verbeteringen in de 20e eeuw

De toestand was aan het begin van de 20e eeuw dus wel enigszins verbeterd, maar nog verre van rooskleurig. Terwijl op vele plaatsen in Nederland de ontwatering doeltreffend werd aangepakt, zodat de ontwikkeling van de landbouw door deze factor niet meer geremd kon worden, bleef men in Maas en Waal met grote oppervlakken slecht grasland zitten, die de gehele winter en het voorjaar onder water stonden. Uitbreiding van bouwland was dikwijls door dezelfde oorzaak niet mogelijk, een doelmatige onkruidbestrijding of grondbewerking evenmin, terwijl men op vele plaatsen zelfs geen wintergewassen kon telen.

Het bleek, dat in de bemalen polders met behulp van stoomgemalen wel een gedeeltelijke oplossing van de moeilijkheden was te bereiken, maar dat de ongelukkige toestand van de Maas het oplossen van alle moeilijkheden verhinderde. Nog altijd waterde verreweg het grootste gedeelte van Maas en Waal vrij op de Maas af. Deze rivier had langzamerhand zijn bed en de uiterwaarden erlangs sterk opgehoogd. Bovendien belemmerde een sterk kronkelende loop een vlotte waterafvoer. Weliswaar stroomde veel water af door de Beerse Overlaat, maar de rest werd toch nog zo opgestuwd, dat de stoomgemalen van de weteringen, die op de Maas loosden hier niet tegenop konden werken. Daarbij kwam, dat de Maas aan het begin van de 20e eeuw nog steeds in open verbinding met de Waal stond bij Woudrichem. De hoge standen op deze gletscherrivier in het voorjaar en de voorzomer beletten een snelle afstroming van het Maaswater, juist in de periode dat deze rivier zelf meestal weinig water aanvoerde en de afwatering van het Land van Maas en Waal zo belangrijk was. Bovendien kwam daar nog bij dat de Maas bij Heerewaarden in tijden van hoge Waalstanden nog eens extra werd belast met Waalwater, dat via de Heerewaardense overlaten op de Maas kwam.

De eerste verbetering die in 1904 tot stand kwam, is geweest het verleggen van de Maasmond via de Bergsche Maas en de Amer naar het Hollandsche Diep, de afsluiting van de vroegere Maas door een dam tussen Heusden en Woudrichem en het dichten van de Heerewaardense overlaten. De Waal kon na 1904 geen invloed meer op de afvoer van de Maas uitoefenen. Ondanks deze verbetering bleef de toestand echter slecht en het duurde nog tot 1914 toen er drie gemalen werden gesticht bij de Leeuwense, de Rijkse en de Blauwe sluis. Vier jaar daarna kreeg ook de Nieuwe Wetering zijn gemaal aan de Appelternse sluis en ten slotte werden in 1927 de elektrische gemalen „VAN CITTERS I" en „VAN CITTERS II" resp. aan de Niftrikse en de Balgoyse sluis gesticht.

Door het voortduren van de hoge herfst- en winterwaterstanden was ook toen nog geen enkel gemaal in het Land van Maas en Waal in staat in tijden van hoog buitenwater de laagste delen van de polders droog te houden.

Een tweede verbetering met gunstige gevolgen, door de vermindering van het waterbezwaar van het Land van Maas en Waal, maar speciaal voor het bemalingsgebied van de Nieuwe Wetering, was het graven van het Maas—Waalkanaal van Heumen naar Weurt, 1921—1927. De kwel uit het omliggende gebied, vooral vanuit het oosten, werd door dit diep in los materiaal ingegraven kanaal opgevangen en afgevoerd. Het waterbezwaar uit de Teerse Sluispolder en uit de polder Hees en Neerbosch is daardoor sterk verminderd.

Tegelijkertijd deed zich de unieke gelegenheid voor, door middel van sluisjes uit het kanaal, dat op een niveau van 7,5 m + N.A.P. wordt gehouden, 's zomers Maaswater in te laten voor allerlei doeleinden (fig. 59).

Vooral in de hogere delen van het Land van Maas en Waal kende men vroeger het euvel van het drooglopen van de sloten in weinig vochtige zomers. Vooral in de komgebieden met het vele grasland veroorzaakte dit groot ongerief. Het vee brak los uit de weiden en zwierf door de gehele polder, waarbij de gewassen op de weinige stukjes bouwland evenmin werden gespaard. Het gebrek aan drinkwater kon soms nijpend worden. De Nieuwe Wetering lag bij Wezel 's zomers zo goed als droog, zodat men er met wagens door kon rijden. Vers in het geheugen liggen nog de moeilijkheden, die men onder dergelijke omstandigheden in de Betuwe in de zomers van de jaren 1947 en 1949 meemaakte. Dank zij een ruime wateraanvoer had men hiervan in het Land van Maas en Waal geen hinder.

Nog éénmaal kon de Maas, voordat zij aan banden werd gelegd, een doorbraak forceren. In de nieuwjaarsnacht van 1925—1926 brak de Maasdijk tussen Over- en Nederasselt. Een hevige zuidwestelijke wind kreeg gelegenheid op de grote open vlakte van de geheel onderstaande Over- en Nederasseltse uiterwaarden zo'n golfslag te doen ontstaan, dat de dijk aan de noordoostelijke zijde bezweek. Verwoestend was de overstroming vooral, doordat het gat zich zover bovenwaarts bevond. Het grootste deel van het land liep onder water, vooral het westen zeer diep en tot overmaat van ramp zette de vorst in, zodat aan huizen, schuren en vruchtbomen grote schade werd aangericht.

Fig. 58. De bemalingstoestand in het Land van Maas en Waal omstreeks 1949 (gedeeltelijk volgens bijlage 2 van het Rapport van de Nederlandsche Heidemaatschappij).

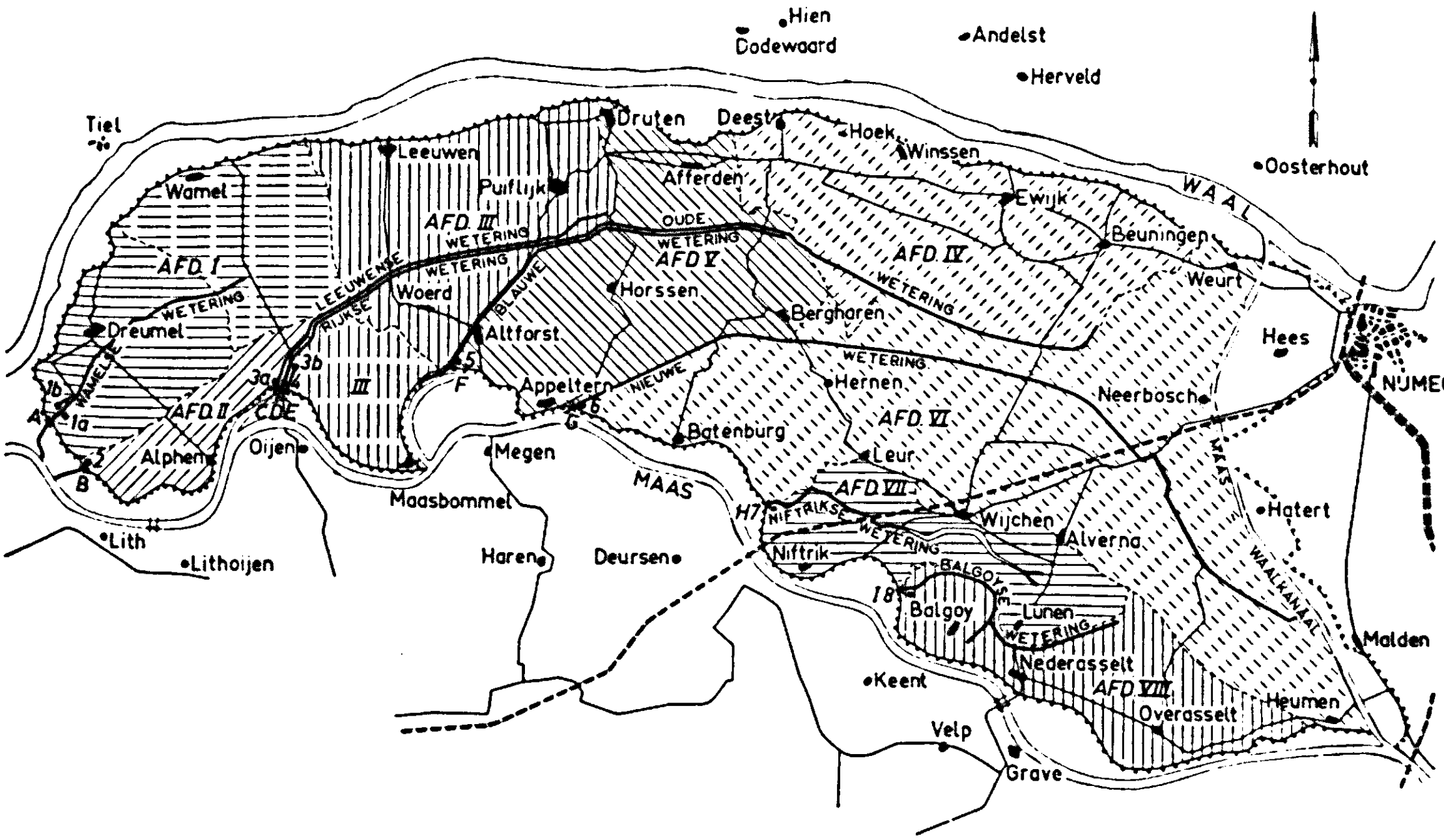


Fig. 58. The milldrainage conditions in the Land van Maas en Waal around 1949 (partly according to appendix 2 of the Report of the Nederlandsche Heidemaatschappij).

Een gevolg van de overstroming was, dat zowel in als buiten het Land van Maas en Waal iedereen wakker geschud werd.

De voorgenomen Maaskanalisatie werd nu met grote spoed aangepakt. De Maas werd sterk verkort door bochtafsnijding en het profiel werd verbreed, zodat grote waterafvoer niet meer tot nadelige hoge waterstanden aanleiding gaf. Het was dan ook pas na afloop van de Maaskanalisatie in 1937, dat men de toestand meester kon worden. Bij de Maaskanalisatie werden in de Maas langs Maas en Waal twee stuwen geplaatst: te Grave en te Lith. Zodoende kreeg men met drie peilen te maken, boven Grave (stuwpeil) 7,5 m + N.A.P., tussen Lith en Grave (stuwpeil) 5 m + N.A.P. en beneden Lith een peil wat enigszins wisselt tussen 2 en 3 m + N.A.P.

Bij de kanalisatie werd op Rijkskosten een wetering gegraven van de Rijkse en Leeuwense Wetering door de polder Alphen naar de Alphense sluis, zodat de polders op de Leeuwense, Rijkse en Maasbommelse sluis voor hun vrije lossing geen nadeel zouden ondervinden van het kunstmatig door de stuw van Lith hoog gehouden Maasvak, maar beneden Lith vrij konden lossen.

In de twee zuidoostelijk gelegen bemalingsafdelingen, nl. die van de Niftrikse en Balgoyse sluis was de toestand het meest precair. Hier was de ontwatering, die nog steeds door middel van vrije lossing op de Maas plaatshad, zó slecht dat besloten werd rigoreus in te grijpen. In 1926, nog vóór de kanalisatie van de Maas voltooid was, ging men over tot het stichten van twee elektrische gemalen, op elke sluis één, en het verbreden en uitdiepen van de weteringen, die het water naar deze gemalen moesten voeren. Na de Maaskanalisatie in 1937 werd de taak van deze gemalen aanmerkelijk verlicht door de sterk afgenomen kwel ten gevolge van het uitblijven van hoge Maasstanden en door de gemiddeld veel geringere opvoerhoogte. Men schat de toeneming van het waterverzet bij hoge standen van de Maas te Maastricht voor de gemalen van het Land van Maas en Waal op 100 % na de totstandkoming van de Maaskanalisatiewerken.

9. PLANNEN TOT VERBETERING VAN DE CULTUURTOESTAND VAN DE GRONDEN

Tegelijkertijd begon men in het westen van het Land van Maas en Waal zelf ook te ontwaken. Onder leiding van de zeer actieve burgemeester van de gemeente Appeltern, tevens Dijkgraaf van het Land van Maas en Waal, de heer J. G. de Leeuw, was reeds veel aan de verbetering van de waterlopen en de gemalen gedaan. Op zijn initiatief kwam na de Maaskanalisatie een Comité van Samenwerking tot stand, van vertegenwoordigers van alle bevolkingsgroepen, dat een Commissie instelde die tot taak kreeg een studie te maken van de cultuurbewerking van het Land van Maas en Waal. Enkele van de volgende gegevens werden ontleend aan Eshuis (1950). Het rapport van deze Studiecommissie (1941) bevatte gegevens over de eigendomsverhoudingen, landbouwkundige toestanden, de ontwateringstoestand en het wegennet. De conclusie van het rapport was een advies tot het verbeteren van de hoofd- en detailontwatering en het ontsluiten van grote gedeelten van het gebied. Kort daarop hadden ook de pogingen om tot combinatie van de polderdistricten „Rijk van Nijmegen en

Maas en Waal" te komen succes en in 1944 kwam het polderdistrict „Rijk van Nijmegen en Maas en Waal" tot stand, waaraan behalve de twee genoemde oude polderdistricten ook de „Teerse Sluispolder" als dorpspolder werd toegevoegd. Voor de „Teerse Sluispolder" was deze erkenning van gelijke rechten op de afwatering evenals voor de andere dorpspolders zeer belangrijk, daar het vroeger pas met zijn waterlossing kon beginnen, wanneer de andere polders langs de Nieuwe Wetering droog lagen. Tot in de zomer stond dan het grootste deel van de Teerse Sluispolder blank, iets dat de oudere omwonenden nog goed in het geheugen ligt. In die tijd vond men er dan ook niet veel meer dan wat slecht grasland en kreupelhoutbosjes.

Aanvankelijk was er een streven dit gebied, dat ongeveer de grootte heeft van de in deze studie behandelde terreinen, met de naam „Groot Maas en Waal" aan te duiden. Door min of meer terechte tegenkanting vond deze inderdaad wat onjuiste naam geen ingang.

Naar aanleiding van het reeds eerder genoemde rapport (1941) gaf de Directie van de Rijksdienst Uitvoering Werken opdracht aan de Nederlandsche Heidemaatschappij een plan samen te stellen voor de hoofdafwatering van het gehele gebied van het nieuwe polderdistrict „Rijk van Nijmegen en Maas en Waal", behalve de gebieden van de Niftrikse en Balgoyse sluis. Mocht later de mogelijkheid zich voordoen om verbeteringen aan te brengen door middel van D.U.W.-arbeiders, dan had men een

Fig. 59. De toekomstige inrichting van de watervoorziening in het Land van Maas en Waal (volgens de bijlage 10 van het Rapport van de Nederlandsche Heidemaatschappij).

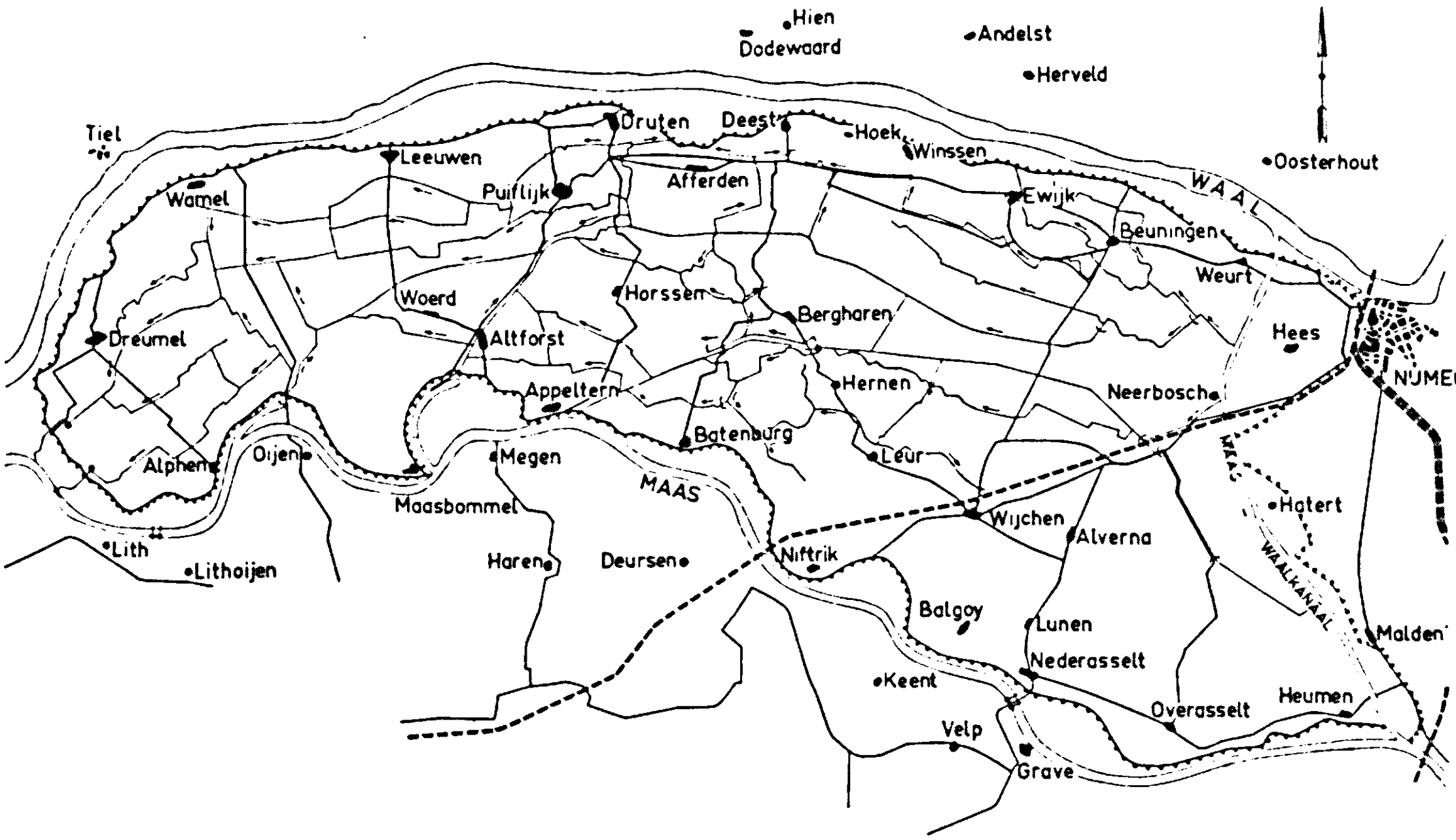


Fig. 59. The future arrangement of the water supply in the Land van Maas en Waal (according to the appendix 10 of the Report of the Nederlandsche Heidemaatschappij).

plan volgens welk men te werk kon gaan. In 1949 kwam de Nederlandsche Heidemaatschappij met dit plan betreffende de verbetering van afwatering en watervoorziening in het polderdistrict Rijk van Nijmegen en Maas en Waal gereed. Figuur 58 geeft de toestand weer, zoals die in 1949 bestond, waarbij het land verdeeld was in 8 bemalingsafdelingen met 10 bemalingsgebieden. Figuur 60 geeft de toekomstige bemalingsgebieden weer volgens het plan van de Nederlandsche Heidemaatschappij.

In het reeds eerder genoemde rapport van de Studiecommissie (1941) werd tevens aangedrongen op ruilverkaveling, waartoe kort daarna op enige vergaderingen werd besloten. Totaal werd aangevraagd een ruilverkaveling voor drie blokken, ter grootte van totaal 7953 ha, die later werden afgerond tot één blok van 8426 ha, een gebied genaamd West Maas en Waal met als oostgrens de oostgrenzen van de dorpspolders Druten en Horssen en de Nieuwe Wetering. Met grote meerderheid werd bij de stemming de ruilverkaveling van dit blok goedgekeurd. Slechts 50% van de eigenaren, vertegenwoordigende een oppervlakte van 16%, stemde tegen.

Ook voor een meer oostelijk gelegen gebied, aansluitend aan het vorige en in het zuiden begrensd door de spoorlijn Nijmegen—Ravenstein en in het oosten door het Maas—Waalkanaal, bestaan ruilverkavelingsplannen. Om in een gedeelte van dit gebied alvast te komen tot een betere waterbeheersing en watervoorziening werd door de „Ontginningsmaatschappij Gelderland" aan de Nederlandsche Heidemaatschappij de opdracht gegeven om een gedetailleerd plan uit te werken voor een verbeterde waterafvoer en watervoorziening.

Voor een deel van het gebied zijn de plannen in uitvoering of voor een deel zelfs reeds verwezenlijkt.

Fig. 60. De toekomstige bemalingsgebieden van het Land van Maas en Waal (volgens bijlage 8 van het Rapport van de Nederlandsche Heidemaatschappij).

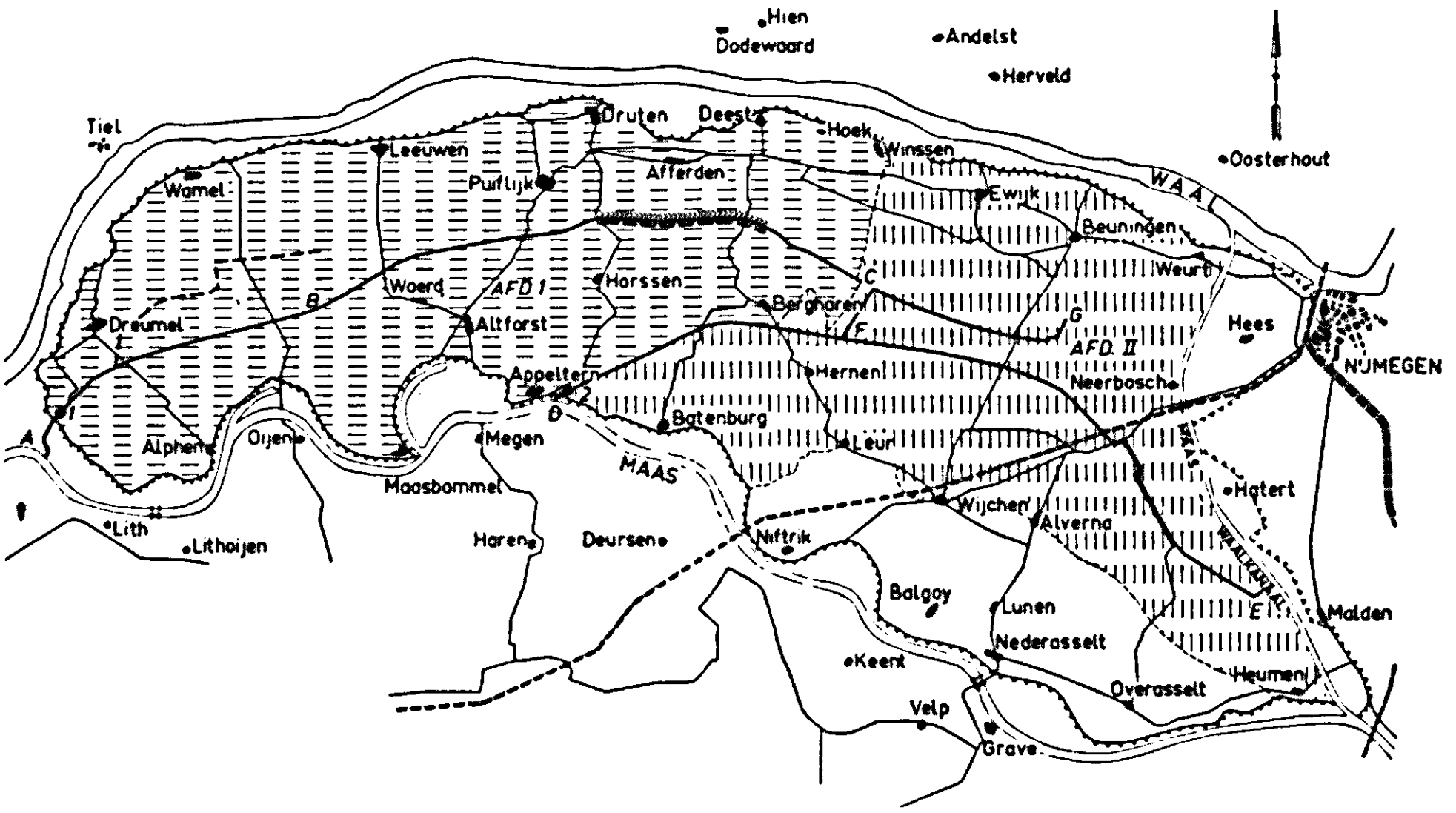


Fig. 60. The future milldrainage districts in the Land van Maas en Waal (according to appendix 8 of the Report of the Nederlandsche Heidemaatschappij).

SUMMARY

GEOLOGY, SOIL FORMATION AND HISTORY OF THE LAND VAN MAAS EN WAAL AND A PART OF THE RIJK VAN NIJMEGEN

Geological genesis, Pleistocene

In the soil survey of the Maas and Waal region there has been a great advance in our knowledge of the history of the formation of the area, as compared to what we know of the surrounding area (Appendix II). For instance, the Ioz formations and large parts of II8 of the Geological Map do not belong to the fluvial deposits, but to the late-glacial blown and cover sand area. Moreover, the gravelly ground near Bullenkamp and Heiveld belongs to the Unpushed High Terrace (Fig. 1, table 1) and not to the Fluvio-glacial. In other places these High Terrace islands, which were never affected by the erosion of the Rhine and Meuse, have been shown to occur below younger eolian sands (Fig. 2).

In the sandr plain, situated west of the Nijmegen—Cuijck railway line, between 35 to 40 m and 8 to 10 m above Amsterdam Ordnance Datum, two terrace-shaped parts (face I and face II) were distinguished which merge into each other with a more or less steep edge at a height of about 15 to 25 m above Amsterdam Ordnance Datum (Figs. 3 and 4). In te Pushed Glacial over 40 m above Amsterdam Ordnance Datum dry, broad shallow valleys begin extending into these two sandr plains (Fig. 3). These valleys are of Riss Glacial structure and are further formed in the Würm Glacial era. In the Late Glacial they are more or less filled up by solifluction (Figs. 12, 13). The fine, frequently rather silty cover sands occur along the flank of the Nijmegen hill complex, in the erosion valleys, along the steep edge between the two sandr faces (Fig. 12 and Fig. 13) and also below the coarser, primary lutum-free blown plains (Figs. 5, 6 and 7).

The Fluviatile Lower Terrace, which crops out to the east of the Maas and Waal region, is mainly of the pleniglacial era. The terrace margins formed by Fluvio-glacial, Pushed and Unpushed High Terrace, were greatly affected by the lateral valley erosion (Fig. 2 and 3).

The rivers of the Fluviatile Lower Terrace developed along the braided river pattern in which it is not possible to distinguish any large, deep, meandering canal, but only a great number of shallow canals distributed over the entire plain of gravel and sand (Fig. 11). Whereas during the very irregular flow during the Pleniglacial the terrace assumed the form of an extended plain of gravel and sand, intersected bij many tortuous canals (Fig. 10), the flow during the Late Glacial became more regular and the deposits finer. The river tended to pass from the braided stage to the meandering one, and in conclusion a fine granular clayey sheet, now known as „rivierleem", was deposited on the plain of gravel and sand at the beginning of the Allerød era. During the Allerød era the „tjäle" also disappeared, the solifluction decreased, and the rivers began to cut their course, after which large parts of the Fluviatile Lower Terrace of the Rhine were left. On the basis of stratigraphy (Figs. 12 and 13), palynological investigation (Figs. 14 and 15; Appendix table 3) and on the strength of age determination by the ^{14}C method (Fig. 39) it must be assumed that the Fluviatile Low Terrace with the „rivierleem" was formed at the beginning of the Allerød era some 11,000 years ago. Since then no further water has flowed through the canals in the Maas and Waal region.

The cutting of the rivers into their terraces during the Allerød era was connected with the adaptation of the rivers to new states of equilibrium. As a result of the rise in sea-level, the greater regularity of flow and the very great reduction in the amount of waste brought down, the fall at any given place has greatly declined (Fig. 16).

In the region investigated, the fall of the Fluviatile Lower Terrace, shown in Fig. 8 as extending from Bonn to the coast of this period which is to be found far out in the Channel, was 30 cm per km, whereas the fall of present-day rivers on the same level as Nijmegen is about 10 cm per km (Fig. 16).

When the climate again deteriorated during the Younger Dryas Period the „tjäle" was restored and the rivers grew braided again, a new terrace being formed which we refer to as terrace X (Figs. 15 and 17), and which in the Maas and Waal region is at a lower level than the Fluviatile Lower Terrace (Fig. 16). Marked solifluction occured again along the slopes of the Pushed Preglacial and the Fluvio-glacial, the result being that local Fluviatile Lower Terrace and cover sand was covered by coarse sand and gravel (Fig. 12).

Although sand also drifted on to the alluvial plains during the Pleniglacial and the Oldest and Older Dryas Periods (Fig. 18), in our region, however, drifts of alluvial sand chiefly occured during the Younger Dryas Period. The wind-blown sands, local coarse cover sands or youngest cover sands

were then blown over the Fluviatile Lower Terrace and other deposits (Fig. 17). These wind-blown sands are mainly situated on the eastern side of the valleys in which the terrace X (Younger Dryas Period) has developed (Fig. 19). In the canals of this terrace X is to be found the oldest peat dating from the Younger Dryas Period (Fig. 20), so that the drifts must have ceased as early as the Younger Dryas Period.

Owing to the rise in the sea-level and the resultant disturbance of equilibrium (Fig. 16) the rivers on the same level as Nijmegen again began to make cuttings during the Preboreal and the Boreal, this time in terrace X. During the dry, warm boreal period the local, young cover sand (youngest cover sand) underwent a secondary transposition on a large scale, and the characteristic erratic topography of the blown-sand regions dates from this period (Figs. 17, 22, 23, 24).

Geological genesis, Holocene

By the end of the Boreal the river valleys in the Fluviatile Lower Terrace west of the line Wijk bij Duurstede—Zaltbommel had been filled up (Fig. 21). Owing to the progressive sedimentation the terrace intersection between the Holocene and the Fluviatile Lower Terrace continually advanced further east (Fig. 21). It was particularly in the quiet, moist and warm Atlantic that the boreal valleys in the Fluviatile Lower Terrace were filled up further in the Maas and Waal region. Certain fens, where oligotrophic peat had first developed, were reached by the lutaceous river water, after which the subsequent peat formation proceeded under eutrophic conditions (Fig. 22). Natural levees from the Atlantic can nowhere be detected with certainty, but thick back swamp deposits may be identified (Fig. 25).

With the aid of archaeological investigation, the transgression phases (Fig. 26), determined on the coast, which should correspond to changes in climate, a number of climatological data, and the phenomena in the region investigated, we were able to identify in the river clay area a series of sedimentation eras each lasting 550 years (Fig. 27). The eras also coincide with periodic changes in climate. The most considerable sedimentation always occurs during the period of a climate with a more oceanic tinge. Habitation usually occurs during the drier interim periods.

Periods of more or less considerable sedimentation occur about —1900, —1300, —800, —300, +300, +900 and +1400, while relatively dense habitation can be detected about —1600, —1000, +100 and +800 (Fig. 27).

Although the subboreal period as a whole is known to be fairly dry and warm, and the raising of the river clay area was a slow process, it nevertheless seems that this was also a period of temporarily heavier sedimentation. During this time also periods of greater habitability alternated with periods of heavy sedimentation.

The Subatlantic, which begins about —500, immediately commences with a period of intense natural levee formation (Figs. 28 (Appendix VII) and 38). During the drier period that succeeded (Roman era) these natural levees were more intensely settled (Figs. 28 (Appendix VII) and 38). It was usually a simple task to distinguish the older, more deeply situated pre-Roman levees from the younger levees which were superimposed, particularly where the separation is accentuated by a habitation stratum (Fig. 31). With the help of our own and other data it was possible, for instance, for the course of the Meuse during the Roman era to be traced as follows: from Heumen to Nederasselt and thence a main branch via Ravenstein, Batenburg, Macharen, Lith, to Maren. An important side-branch via Wijchen, Bergharen, Horssen and Altforst and further south-west. This latter small branch of the Meuse has greatly influenced the character of the soil in the central area of the Maas and Waal region (Fig. 28, Appendix VII).

The younger back swamp layers may also be distinguished from the older ones with relative ease. Humic clay layers or „lak" („lacquer") layers often occur between the two deposits (Figs. 30 and 31).

Traces from inundations very clearly indicate their occurence about the middle of the 3rd century A.D. This so-called late-Roman flood period has effected a great change in the appearance of the entire river clay area (Fig. 29, Appendix VIII). A large number of smaller streams (including the Wijchen Meuse) ceased to flow, and in central Holland large peat areas were covered by river clay. During this late-Roman flood period settlement was very limited in the Maas and Waal region and many other places. The intense formation of natural levees and the sedimentation of enormous amounts of clay is not only to be attributed to the deterioration of the climate but also to the large area of land that could be washed away and had been cultivated in the preceding Roman era of political rest. This is also reflected in the greater content of particles < 50 mu in younger deposits (Fig. 35).

During the quiet period about the 6th, 7th and 8th centuries, which was characterised by a fairly dry climate, the population again increased regularly (Fig. 29, Appendix VIII) and in the

beginning of the 9th century most of the villages still known to-day were founded. When the climate changed again about the 9th and 10th centuries (the medieval flood period) the population did not leave but maintained itself in the river clay area.

This period of inundation is also characterized by a number of rivers ceasing to flow, while very sandy natural levees were deposited along the rivers of this period (Fig. 36, Appendix IX). Moreover, breaches in the levees occured at a number of places, and this gave rise to the characteristic levee breaches which were later dammed when dykes were built. Figs. 33 and 34 show the clear distinction between a levee breach and a dyke breach (pool), while the levee breaches are also quite distinct from the overflow gullies in which many roads have been laid along the Waal at Beuningen, Ewijk, Winssen and Deest (Fig. 32).

The basins in the eastern part of the Maas and Waal region were drained via so-called basin gullies. The Wijchen Lake, originally part of the Wijchen Meuse, also functioned as such a basin water gully, and has consequently not silted up.

During the succeeding period (11th and 12th centuries) which again enjoyed a milder climate, a great deal of land was cultivated on the natural levees, and presumably work slowly began on the first protective works against the river water. In the 13th and 14th centuries, as a result of the climate which had a more oceanic tinge, the rivers again displaid greater activity, so that at many places the inhabitants were forced to give up land along the rivers and further sporadic deposits occurred (Fig. 37, Appendix X).

Soil formation

Factors which have each contributed to soil formation in their own way are: parent material, climate, flora and fauna, time, topography, and man. For a normal development series the starting point must be a material which is calcareous and/or rich in bases. Quartz sands are extremely poor in bases and consequently soil formation is here entirely different.

The water of the Meuse and the Rhine have always been calcareous, but not their sediments. Except a section near Beuningen and Weurt, the young post-Roman Rhine levee soils are all calcareous. Where pre-Roman Rhine levee soils come to the surface they are always decalcified on the top. Both early and late Meuse levee soils are poor in lime. The „rivierleem" soils, as well as the underlying sand and gravel, were originally calcareous when deposited, as were also the blown sand and cover sand soils. The gravel and sand soils had probably always been non-calcareous since the beginning of the Holocene (Appendix IV).

The decalcification not only depends on the original lime content, but also on the moisture capacity, the permeability, and the depth of the groundwater. In surroundings which are alternately oxidized and reduced, decalcification is a rapid process. Homogenization may has an inhibitory effect. Decalcification does not usually go deeper than the permanently reduced zone, except in cases where this zone has risen in the course of the Holocene. We then frequently meet with lime concretions or patches on the top of this zone.

The carbonate — bicarbonate equilibrium in the river water is of prime importance for the formation of deposits with or without lime. The amount of dissolved CO_2 has an important effect on the concentration of Ca^{++} ions. Sediments having more than 65 % of silt (<16 mu) usually no longer contain lime (Fig. 41). As a result of the weak current in milieus where such sediments are deposited, the CO_2 produced in fairly large quantities could not be exchanged with air, so that the lime did not precipitate with the silt particles but remained in solution. But the Meuse water has not a lower lime content than the Rhine water. Along the Meuse there was an increase in the concentration of H^+ ions caused by the influx of the acid Peel water, as a result of which the pH fell. The CO_2 concentration then increases as well, and as a result of these two factors the $CaCO_3$ attached to the silt went into solution (Fig. 42 and 44). In the same way, acid seepage water from the Nijmegen hill complex is responsible for the lime-poor Rhine levee soils near Beuningen and Weurt (Fig. 43).

The development pattern of the soil formation of the higher soils with a profile only slightly affected by groundwater depends on the water capacity, the permeability, and the amount of bases. Next, the biological blending (homogenization) is of great importance. The eluviation results in decalcification, after which new clay formation and transportation of clay particles begins, leading to a more or less marked heterogenization in A, B and C horizons (Appendix V).

In the case of the deep, old Rhine levee soils, this development requires 3 000—4 000 years. The process is more rapid in the case of the deep, old Meuse levee soils. After 2 000 years these lands show a distinct texture B.

The heavier and very deep „rivierleem" soils have the typical features of a „Gray-Brown Podzolic" soil (Fig. 45), eluviation of clay from the A horizon and fresh formation of clay in the B horizon. The soil development of sediments containing less clay is usually a more rapid process than with the deep clay soils. The percolation is greater and the total amount of bases usually smaller. The later stages are no longer found in the loamy, fine cover sands. These invariably became „Brown Podzolic" soils. The high gravel and sand soils show more or less the same picture (Fig. 47). On weak loamy sands development is even more rapid. The stage of „Gray-Brown Podzolic" soils was skipped and „Brown Podzolic" soils are invariably found, as also in silty, wind-blown sands (Fig. 46). The heath podzol profile (humus podzol) only occurs on siltless sands which were blown in a secondary stage and are practically devoid of any disintegrable minerals.

Soil formation in soils developed under moderate drainage conditions more or less influenced by groundwater and having a totally reduced zone at about 100 cm or somewhat deeper, is substantially the same as soil formation in soils developed under free drainage conditions, but the profile shows gley phenomena. In this, as also in poorly drained soils, there is the difficulty of the rise in the groundwater level in the course of the ages. Occasionally the profile already had the development of an excessively drained soil and had already been decalcified up to 1 metre below the present-day groundwater level. The iron streaks below the B horizon of the „rivierleem" soils had likewise already been formed before the groundwater rose (Fig. 48).

Moreover, gley-containing soils are always less homogenized. In these soils heterogenization proceeds more rapidly on account of the periodic reduction and oxidation and the greater formation of humic acid (Fig. 49).

Higher basin soils are also included in these groups. Little development or homogenization occurred. There is only a shallow decalcification caused by the growth of grass.

The profile of the soils developed under poor drainage conditions often have a dark, humic topsoil and a gray, reduced subsoil (Fig. 51). It occurs, for example, in the lowest parts of the basins. The profile development is slight. If there has been a slight influx of groundwater, eluviation may occur from the A horizon and deposition of clay, iron or humus in the B horizon. Where there is a stagnant loam stratum, humus may accumulate in the B horizon, giving the latter a cheesy appearance (Appendix VI).

A hard, primitive bank may also be formed above the loam. Depending on the plentifulness of the groundwater, eutrophic and oligotrophic peat formation may occur. The low-lying gravel and sand soils often have a B horizon texture.

In addition, the origin of the wet and dry transitional soils is further investigated; the homogeneous loamy or clayey sand soils having a clay content of about 10 %, the clay being very homogeneously distributed over the profile, and the old arable and settlement soils where the clay must be chiefly due to the activity of man. Colluviation also occurs in the region, i.e. the slow running off and erosion of humose clayey topsoil of the wind-blown sandhills (Fig. 54).

Development of the water management

The water management conception „Land van Maas en Waal" arose in the 14th century. Previously this part of the country consisted of a number of small units managing their own protection and reclamation works as far as possible.

As in all river clay regions, the natural drainage was via the basins. The basins water moved from east to west. The first small dykes („sytwinden") were made in order to check the acid rain and seepage water coming from a higher region during the crop-growing season. These were no dams for keeping out flood water, but only served to make cultivation possible.

Judging from pedological and toponymic details, and in view of the pattern of allotment, we consider it likely that some units protected themselves against high water by means of small dykes. These primitive dykes in the river clay area, which we date 11th(?), 12th and 13th century, were closed towards the east but open towards the west (Fig. 55). Along the Waal there was less dyking activity than along the Meuse. The villages of the Waal plaid no important social factor in this period. As a result of this partial embankments there were undyked parts on which sedimentation occurred during the inundation period of the late Middle Ages.

A part of these dykes was carried away by the river during the inundation period in the thirteenth century. The remainder was incorporated in the dyke system. These oldest dyke sections are entirely filling in the pattern of the allotment.

The dyking started by damming the gaps in the river bank. The inner villages were made responsible for sealing the gaps. The task of maintaining the dykes was apportioned among the landowners. Over the centuries there were three principal methods of land drainage:

1. Natural drainage into the basin areas and into the river.
2. Drainage directly into the river via a lock.
3. Drainage in combination with other polders.

Originally only the first system was in use, but the second followed soon after. As a rule the 3rd system is employed in the 13th century. Beside remnants of the first two systems are still found for a long time.

The first observations on drainage works date from 1247 and 1262.

The drainage canals („weteringen") e.g. Oude Wetering, sections of which probably existed as early as 1321, and the Nieuwe Wetering, were excavated in pursuance of the government order („Landtbrieff") of 1321 in which the water control conditions were regulated (Appendix XI).

Simultaneously with the construction of the large drainage canals in the beginning of the 14th century, the last parts of the basins were alloted (Appendix XI).

It was only possible to effect the closure of the encircling dyke and the excavation of the drainage canals under the strong central authority of the County. The communual drainage was based on the principle that lower polders should let through the water from higher polders via embanked drainage canals. In order to prevent inundation of the lower polders, locks („schutlakens") were placed at the intersection of „sytwinde" and drainage canal. Owing to the level of the river water, the lock may only be opened or closed when the Meuse lock is opened or closed. At a later period the villages below the dyke repeatedly appealed themselves to this regulation in the government order.

As it was difficult for the lower villages to discharge water into the drainage canals swollen by the influx from the uplands, these villages tried to make themselves independent of the combined drainage system. In this way the villages of Wamel and Dreumel succeeded in removing the large drainage canal from their district. Disputes are also recorded about the Puiflijk locks between the lower villages of Puiflijk—Leeuwen and Maasbommel, and the upper villages of Beuningen, Ewijk, Winssen, Deest, Afferden and Horssen (Appendix XI).

The drainage canals were originally intended for small quantities of seepage water and have therefore never been widened or deepened since 1321. But the rivers raised their bed, with the result that on the one hand the seepage increased, and on the other, river levels at which water could be discharged occurred less frequently. In 1631 permission was granted for the partial opening of the higher locks at fairly high river levels when the Meuse lock was closed, so that by this means the waterlevel of the drainage canals could be raised and the Meuse lock forced open.

For the lower villages the continual overflowing and even breaches in the embankments of the drainage canals were a fresh source of trouble, and in 1660 this led to an agreement under government pressure. The drainage canals and locks were widened at the expense of the community, while Leeuwen, Puiflijk and Maasbommel were given separate drainage canals (Fig. 56, Appendix XI). In 1764 the embankments of the drainage canals were again raised, but this did not prevent very unfavourable conditions in the 18th and 19th centuries owing to the raising of the dykes and the infiltration of poor seepage water. Countless farmers in the neigbourhood of the village of Dreumel, for example, were obliged to sell land to the polderboard as a result of continuous crop failure.

In addition to this, breaches in the dykes occurred repeatedly in the 17th, 18th and 19th centuries, usually as a result of ice floes (Fig. 57). By means of spillways an attempt was made to discharge the water again as rapidly as possible. But in the end the best solution was provided by deepening the river bed and reinforcing the dykes. Relief was also brought by the establishment of pumping stations at Dreumel (1846), Maasbommel (1867), Alphen and Wamel (1875). It continued to be a summer drainage, however, because the pumps were unable to raise the water to the winter level of the Meuse. At the time it was also necessary that the Meuse collected the high water from the Waal via the Heerewaarden spillways. The alteration of the mouth of the Meuse in 1904 and the closure of the Heerewaarden spillways already brought an improvement. But the situation was only adequately mastered after the canalisation of the Meuse in 1937. This enabled further land improvement schemes to be carried out in the polder district known as the „Rijk van Nijmegen en Maas en Waal" (Figs. 58, 59 and 60).

LITERATUUR

T.K.N.A.G. = Tijdschrift Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap

BAKKER, G. DE 1950 De bodemgesteldheid van enige Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. De bodemkartering van Nederland, deel VI. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **56.** 14. 's-Gravenhage.

BARENDSEN, G. W. 1955 Ouderdomsbepaling met radio-actieve koolstof. Proefschrift Groningen. Den Haag.

BENNEKOM, W. P. VAN en J. H. VAN RECHTEREN 1817 Geschiedenis van de waterlossingen in Maas en Waal en het Rijk van Nijmegen. Samengesteld door een subcommissie bestaande uit de Dijkgraaf W. P. VAN BENNEKOM en J. H. VAN RECHTEREN, uit de oude Landbrieven, de stukken uit het archief en de Landschapsresolutiën.

BENNEMA, J. 1953 De ontkalking tijdens de opslibbing bij Nederlandse alluviale gronden. *Boor en Spade* **VI,** 30—41.

— 1954 Zeespiegelrijzing en bodembeweging in het Nederlandse kustgebied. *Boor en Spade* **VII,** 1—96.

BENNEMA, J. en K. VAN DER MEER 1952 De bodemkartering van Walcheren. De bodemkartering van Nederland, deel XII. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **58.** 4. 's-Gravenhage.

BENNEMA, J. en L. J. PONS 1952 Donken, Fluviatiel Laagterras en Eemzeeafzettingen in het westelijk gebied van de grote rivieren. *Boor en Spade* **V,** 126—137.

BENNEMA, J., J. SCHELLING en J. S. VEENENBOS 1953a „Great Soil Groups" in Nederland. *Boor en Spade* **VI,** 41—51.

— 1953b Verslag van een plantensociologische en bodemkundige excursie naar West-Duitsland (22—27 juni 1952). *Boor en Spade* **VI,** 204—229.

BLUME, J. M. 1952 Leaching of calcium in a fine sandy loam as indicated by Ca45. *Soil Sci.* **73,** 383—389.

BOER, TH. A. DE en L. J. PONS De bodemgesteldheid en het grasland van de Vijfheerenlanden. In voorbereiding.

BOSCH RIDDER VAN ROSENTHAL, E. J. 1930 De ontwikkeling der waterschappen in Gelderland. Proefschrift Delft. Den Haag.

BRAAT, W. C. 1947 Archaeologie. In: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland. No. 2. Hollands Noorderkwartier, 65—78. 's-Gravenhage.

BURINGH, P. 1951 Over de bodemgesteldheid rondom Wageningen. De bodemkartering van Nederland, deel IX. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **57.** 4. 's-Gravenhage.

BURINGH, P. en L. J. PONS 1954 Beschrijving van een tweetal karakteristieke bodemprofielen. *Boor en Spade* **VII,** 174—177.

C.I.L.O. 1952 Verslag vooronderzoek Waterstandsproefveld „de Lucht" (C.I. 1300). Rapport Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek, 15 mei.

CLINE, M. G. 1949 Profile studies of normal soils of New York. I: Soil profile sequences involving brown forest, gray-brown podzolic, and brown podzolic soils. *Soil Sci.* **68**, 259—272.

— 1953 Major kinds of profiles and their relationships in New York. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **17**, 123—127.

CROMMELIN, R. D. en G. C. MAARLEVELD 1949 Een nieuwe geologische kartering van de zuidelijke Veluwe. *T.K.N.A.G.* **66**, 41—56.

DIEPEN, D. VAN 1948 De bodemkartering aan de Maaskant. *Boor en Spade I*, 35—40.

— 1950 De geografische ontwikkeling van het Maaskantgebied in verband met zijn bodemgesteldheid. *Brabants Jaarboek 1950*, 17—36.

— 1951 De bodemgesteldheid van de gemeente Heeze. Rapport nr. 257 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

— 1952 De bodemgesteldheid van de Maaskant. De bodemkartering van Nederland, deel XIII. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **58**. 9. 's-Gravenhage.

DOEGLAS, D. J. 1951 Meanderende en verwilderde rivieren. *Geologie en Mijnbouw* **13**, 297—299.

DOORENBOS, J. 1950 Opheusden als boomteeltcentrum. Proefschrift Wageningen. Assen.

EDELMAN, C. H. 1943 De bodemkartering van de Bommelerwaard. *Meded. Landbouwvoorlichtingsd.* **I**, 49—52. Herdrukt in *Boor en Spade* **I** (1948) 114—119.

— 1947 De invloed van het klimaat op het ontstaan van de bodem in het algemeen en de Nederlandse bodem in het bijzonder. *T.K.N.A.G.* **64**, 297—302.

— 1948 Over leemgronden. *Maandbl. Landbouwvoorlichtingsd.* **5**, 571—575.

— 1950a Oudheidkundige resultaten van de bodemkartering. *Akademiedagen* **III**, 13—36. Amsterdam.

— 1950b De nieuwste gegevens over de bodemkartering van het rivierkleigebied. *Jaarb.* **1950** *van de Alg. Bond v. Oudleerl. v. Inricht. van Middelb. Landbouwonderw.*, 3—15. Herdrukt in *Boor en Spade* **IV** (1951) 1—14.

— 1952 Enige ongewone aspecten van de bodemkunde. *Boor en Spade* **V**, 184—195.

EDELMAN, C. H., L. ERINGA, K. J. HOEKSEMA, J. J. JANTZEN en P. J. R. MODDERMAN 1950 Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk. De bodemkartering van Nederland, dl. VII. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **56**. 18. 's-Gravenhage.

EDELMAN, C. H. en L. A. H. DE SMET 1951 Over de ontkalking van de Dollardklei. *Boor en Spade* **IV**, 104—114.

EDELMAN, C. H. en A. W. VLAM 1949 Over de perceelsnamen van het Nederlandse rivierkleigebied. *Boor en Spade* **III**, 231—284.

EDELMAN—VLAM, A. W. en C. H. EDELMAN 1955 Over de perceelsnaam hostert, voornamelijk uit het Land van Maas en Waal. *Meded. Ver. Naamk. te Leuven en Comm. v. Naamk. te Amsterdam* **31**, 111—122.

EGBERTS, H. 1950 De bodemgesteldheid van de Betuwe. De bodemkartering van Nederland, dl. VIII. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **56**. 19. 's-Gravenhage.

ESHUIS, J. A. 1950 Ruilverkavelingen in het groot. Maas en Waal-West. *Tijdschr. Ned. Heidemij* **6**, 7—12.

FIRBAS, F. 1949 Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas, nördlich der Alpen. Jena.

— 1953 Das absolute Alter der jüngsten vulkanischen Eruptionen im Bereich des Laacher Sees. *Die Naturwissenschaften* **40**, 54—55.

FISK, H. N. 1944 Geological investigation of the alluvial valley of the Lower Mississippi River. *War Dept. Corps of Engineers U.S. Army.*

FLORSCHÜTZ, F. 1957 Over twee „geijkte" pollen- en sporendiagrammen uit de omgeving van Vriezenveen. *Boor en Spade* **VIII**, 174—178.

FLORSCHÜTZ, F. and F. P. JONKER 1939 A botanical analysis of a late pleistocene and holocene profile in the Rhine delta. *Meded. Bot. Museum en Herbarium v. d. Rijksuniv. te Utrecht* **72**. Ook in: *Recueil des Travaux botaniques Néerlandais* **XXXVI**.

FOCKEMA ANDREAE, S. J. 1934 Het Hoogheemraadschap van Rijnland. Zijn recht en zijn bestuur van den vroegsten tijd tot 1857. Proefschrift Leiden. Leiden.

— 1950a De Grote of Zuidhollandse Waard. Studiën over de waterschapsgeschiedenis van Nederland, deel III. Leiden.

— 1950b Het Nedersticht. Studiën over de waterschapsgeschiedenis van Nederland, deel IV. Leiden.

— 1950c Grensproblemen aan de bovenrivieren. Studiën over de waterschapsgeschiedenis van Nederland, deel VII. Leiden.

— 1952 Overzicht van de Nederlandse Waterschapsgeschiedenis. Studiën over de waterschapsgeschiedenis van Nederland, deel VIII. Leiden.

— 1954 Willem I Graaf van Holland 1203—1222 en de Hollandse hoogheemraadschappen. Wormerveer.

FREI, E. and 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 Sci.* **68**, 333—344.

GELLICUM, R. M. VAN 1895 Historisch-Staatsrechtelijk onderzoek over het bestuur en beheer der watergangen in de Geldersche Rivierpolderlanden. Proefschrift Leiden. Tiel.

GEMPT, B. TE 1857 Rivierpolders in Nederland. Haarlem.

GROOT GELDERS PLACAETBOECK 1321 Landt-brieff bij Reinald Sone van Gelre, die van tussen Maes en Wael gegeven. Aangevuld uit: Register van Privilegiën, landt ind dyckrechten der rivierquartieren van Nyemegen ende Ruremunde. R. A. Arnhem, Archief Rekenkamer inv. no. 303.

GROSS, H.	1954	Das Allerød-Interstadial als Leithorizont der letzten Vereisung. *Eiszeitalter und Gegenwart* **4/5,** 189—209.
HAANS, J. C. F. M.	1954	De bodemgesteldheid van de Haarlemmermeer. De bodemkartering van Nederland, deel XV. Versl. Landbouwk. Onderz. **60.** 7. 's-Gravenhage.
HAMMEN, TH. VAN DER	1951	Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. Proefschrift Leiden. Leiden.
HAMMEN, TH. VAN DER en G. C. MAARLEVELD	1952	Genesis and dating of the periglacial deposits at the eastern fringe of the Veluwe. *Geologie en Mijnbouw* **14,** 47—54.
HARDENBERG, H.	1934	De Stichting van het Slot Loevestein. *Gelre, Bijdragen en Meded.* **37,** 187—212.
HENKET, N. H., CH. M. SCHOLS, J. M. TELDERS en C. LELY	1890	Waterbouwkunde. 2e dl., Afd. 11: Rivieren en rivierwerken. 's-Gravenhage.
HISSINK, D. J.	1952	Het gehalte aan koolzure kalk van het Dollardslib vanaf 1545 tot heden en de ontkalkingssnelheid van achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. *Landbouwk. Tijdschr.* **64,** 365—371.
HOEKSEMA, K. J.	1953	De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. *Boor en Spade* **VI,** 24—30.
HOFSTEE, E. W. en A. W. VLAM	1952	Opmerkingen over de ontwikkeling van de perceelsvormen in Nederland. *Boor en Spade* **V,** 195—236.
HIJSZELER, C. C. W. J.	1947	De oudheidkundige opgravingen in Twente gedurende de laatste jaren. Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland (Gedenkboek Prof. van Giffen), 327—349. Meppel.
JENNY, H.	1941	Factors of Soil Formation. New York and London.
KAKEBEEKE, A. D.	1952	Het Nederlandse gedeelte van de Peutingerkaart. Een heemkundige bijdrage: Ad Duodecimum. *Brabants Heem* **IV,** 3—13.
KOENIGS, F. F. R.	1949	Een bodemkartering van de omgeving van Azewijn. De bodemkartering van Nederland, deel III. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **54.** 17. 's-Gravenhage.
KUILE, E. H. TER	1952	De kerk van Alphen aan de Maas in haar oudste gedaanten. *Bull. Kon. Ned. Oudh. Bond,* **6**e Serie, **5,** 115—142.
LAATSCH, W.	1944	Dynamik der Deutschen Acker- und Waldböden. Dresden und Leipzig.
LELY, C.	1887	Nota over de uitkomsten der waarnemingen van het slibgehalte der Nederlandsche rivieren. 's-Gravenhage.
LIERE, W. J. VAN en G. G. L. STEUR	1955	Een bodemkartering van de gemeente Epe en een bodemkundige verkenning van een deel van de gemeente Heerde. De bodemkartering van Nederland, deel **XVI.** *Versl. Landbouwk. Onderz.* **61.** 13. 's-Gravenhage.
MAARLEVELD, G. C.	1949	Over de erosiedalen van de Veluwe. *T.K.N.A.G.* **66,** 133—142.
—	1952	Over rolstenen. *T.K.N.A.G.* **69,** 405—414.
—	1953	De geologische geschiedenis van de zuidelijke Veluwe. *Boor en Spade* **VI,** 105—112.

McCaleb, S. B. and M. G. Cline 1950 Profile studies of normal soils of New York. III: Physical and chemical properties of brown forest and gray-brown podzolic soils. *Soil Sci.* **70**, 315—328.

Manders, H. z.j. Het Land van tussen Maas en Waal. Nijmegen.

Maschhaupt, J. G. 1952 Opmerkingen over de ontkalkingssnelheid van Nederlandse zeekleigronden. *Landbouwk. Tijdschr.* **64**, 372—377.

Meer, K. van der 1952 De bloembollenstreek. De bodemkartering van Nederland, deel **XI**. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **58**. 2. 's-Gravenhage.

Meihuizen, L. S. 1953 De rekeningen betreffende het Graafschap Gelre 1294—1295. Proefschrift Amsterdam. Arnhem.

Mensching, H. 1951 Die Entstehung der Auelehmdecken in Nordwestdeutschland. Proc. of the Third Internat. Congr. of Sedimentology (5—12 juli), 193—210. Groningen-Wageningen.

Modderman, P. J. R. 1949a Het oudheidkundig onderzoek van de oude woongronden in de Bommelerwaard boven den Meidijk. *Bull. Kon. Ned. Oudh. Bond*, 6e *Serie*, **2**, *Afl.* **6** 191—222.

— 1949b Het oudheidkundig onderzoek van de oude woongronden in de Over- en Neder-Betuwe. *Oudheidk. Meded. Rijksmus. Oudheden te Leiden. N.R.* **XXX**, 66—93.

— 1950 Het oudheidkundig onderzoek van de oude woongronden langs de Maaskant in Noord-Brabant. *Brabants Jaarboek 1950*, 1—16.

— 1951 Het oudheidkundig onderzoek van de oude woongronden in het Land van Maas en Waal. *Oudheidk. Meded. Rijksmus. v. Oudh. te Leiden. N.R.* **XXXII**.

— 1952 Het probleem van de Romeinse wegen in het rivierkleigebied. *Gelre, Bijdragen en Meded.* **LII**, 21—28.

— 1953a Het Land van Heusden en Altena. Het oudheidkundig onderzoek van de oude woongronden. *Brabantia* **2**, 3—17.

— 1953b Oudheidkundige aspecten van de Liemers. *De Liemers; gedenkboek Dr. J. H. v. Heek*, 43—49. Didam.

— 1955 De bewoonbaarheid van het rivierkleigebied in de loop der eeuwen. *T.K.N.A.G.* **72**, 30—38.

Mückenhausen, E. 1953 Entwurf 1950. Genetischen Systematik der Bodentypen Deutschlands.

Natermann, E. 1937 Zur Ortsgeschichte von Hameln. Auswertung und Bedeutung der bei den neueren Groszwasserbauten in Hameln angetroffen Bodenfunde. *Niedersachsischer Heimatbund. Heft* **15** *der Schriftenreihe*. Oldenburg.

— 1939 Zeitbestimmung einer Fluszverlegung auf Grund der Auelehmbildung. *Abh. d. Naturw. Ver. Bremen.* **XXXI**, *Heft* **2**.

— 1941 Das Sinken der Wasserstände der Weser und ihr Zusammenhang mit der Auelehmbildung des Wesertales. *Archiv für Landes und Volkskunde von Niedersachsen, Oldenburg*, 288—309.

NEDERLANDSCHE HEIDEMAATSCHAPPIJ	1949	Plan betreffende de verbetering van afwatering en watervoorziening. Uitgebracht aan het Polderdistrict Rijk van Nijmegen en Maas en Waal.

OVERZICHT van de Oudheidkundige opgravingen in Nederland verricht gedurende het jaar 1949. *Nieuws-Bull. Kon. Ned. Oudh. Bond, 6e Serie*, **3**, *afl.* 9, 1950.

PANNEKOEK VAN RHEDEN, J. J.	1936	River built levees in the Betuwe. *Verh. Geol. Mijnbouwk. Gen. Ned. Kol., Geol. Serie* **11**.
—	1942	Over de reconstructie van voormalige rivierlopen. *T.K.N.A.G.* **59**, 661—689 en 849—877.
—	1945	Hoe dik is het fluviatiele Jong-Holoceen in oostelijk Zuid-Holland en omgeving. *Gedenkboek Tesch, Verh. Geol.-Mijnbouwk. Gen. Ned. Kol., Geol. Ser.* **14**, 375—382.
PIERLINCK, J.	1757	De Verschrikkelijke Watersnood langs de rivieren de Waal en de Maas voorgevallen in de maand Februari des jaars 1757. Amsterdam.
PONS, L. J.	1948	De bodemgesteldheid in „Groot Maas en Waal". *Boor en Spade* **II**, 26—31.
—	1949	De uiterwaarden van de Maas bij Batenburg. *Boor en Spade* **III**, 122—130.
—	1951a	De bodemgesteldheid van de Vijfheerenlanden. Rapport no. 272 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
—	1951b	Verdrogingsverschijnselen in de omgeving van Nijmegen. *Boor en Spade* **IV**, 197—207.
—	1951c	Rapport betreffende de bodemgesteldheid van de Ooypolders. Rapport no. 255 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
—	1952	De bodemgesteldheid van het uiterwaardengebied van de Oude Rijnmond (Spijkse Overlaat) en van de Driedorpenpolder (Pannerden, Herwen en Aerdt). Rapport no. 302 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
—	1953a	De bodemgesteldheid van een gedeelte van de Liemers (het binnendijkse land van de gemeente Westervoort, Duiven (ged.) en Zevenaar (ged.). Rapport nr. 343 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
—	1953b	Aantekeningen over het ontstaan van de bodem van de Liemers. *De Liemers; gedenkboek Dr. J. H. van Heek*, 18—42. Didam.
—	1953c	Oevergronden als middeleeuwse afzettingen en overslaggronden als dijkdoorbraakafzettingen in het rivierkleigebied. *Boor en Spade* **VI**, 126—133.
—	1954a	Het Fluviatiele Laagterras van Rijn en Maas. *Boor en Spade* **VII**, 97—110.
—	1954b	De verkaveling van Balgoy. *Boor en Spade* **VII**, 224—231. Ook in *Gelre, Bijdragen en Meded.* **54**, 143—152.

PONS, L. J. en P. J. R. MODDERMAN	1951	Iets over de bodem en bewoningsgeschiedenis van het rivierkleigebied, in het bijzonder van de Ooypolder. *Boor en Spade* IV, 191—197.
PONS, L. J. en J. SCHELLING	1951	De laatglaciale afzettingen van de Rijn en de Maas. *Geologie en Mijnbouw* **13**, 293—297.
PIJLS, F. W. G.	1944	Bodem en fruitteelt in de Lijmers. *De Fruitteelt* **34**, 12—14, 45—46, 54—55, 68—69 en 93—94. Herdrukt in *Boor en Spade* I (1948) 119—141.
—	1946	De watergangen in het rivierkleigebied, welke vooral kwel afvoeren. *Maandbl. Landbouwvoorlichtingsd.* **3**, 520—521.
—	1948	Een gedetailleerde bodemkartering van de gemeente Didam. De bodemkartering van Nederland, deel I. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **54**, 1. 's-Gravenhage.
RAPPORT VAN DE STUDIE-COMMISSIE		tot Cultuurverbetering van „Het Land tusschen Maas en Waal". Nijmegen. 1941.
RIENKS, K. A. en G. L. WALTHER	1954	Binnendiken en Slieperdiken yn Fryslan. Deel I en II. Bolsward.
ROO, H. C. de	1952	Over de oppervlaktegeologie van het Drentse plateau. *Boor en Spade* V, 102—118.
SCHELLING, J.	1949	Een bodemkartering van het landbouwgebied van de gemeente Groesbeek. De bodemkartering van Nederland, deel IV. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **55**. 4. 's-Gravenhage.
—	1951a	Een bodemkartering van Noord-Limburg. De bodemkartering van Nederland, deel X. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **57**. 17. 's-Gravenhage.
—	1951b	De bodemgesteldheid van de gemeente Wijhe. Rapport no. 353 Stichting voor Bodemkartering. Wageningen.
—	1956	The well-drained excessively drained podzols and brown podzolics of the Netherlands. *Rapports VIe Congr. Int. d. l. Science du Sol, Vol.* E, 349—352. Paris.
SCHUFFELEN, A. C.	z.j.	Het evenwicht $CaCO_3 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows CO_2$. Manuscript. Wageningen.
SCHWARZBACH, M.	1950	Das Klima der Vorzeit, eine Einführung in die Paläoklimatologie. Stuttgart.
SCHIJEN, J. M.	1948	De bodemkartering van het Land van Heusden en Altena. *Boor en Spade* II, 49—51.
SMET, L. A. H. DE	1952	Rodoorngronden in het Dollardrandgebied. *Boor en Spade* V, 114—122.
SMITH, G. D.	1952	Reisverslag met profielbeschrijvingen van een excursie in Nederland 20 mei—15 juni 1952. Wageningen.
SPEK, JAC. VAN DER	1952	Over het verdwijnen van koolzure kalk uit zeekleiafzettingen tengevolge van de oxydatie van hierin aanwezige sulfiden. *Landbouwk. Tijdschr.* **64**, 473—478.
STAATS EVERS, J. W.	1891	Gelderland's voormalige steden. Arnhem.
STEEGER, A.	1952	100 Jahrige Eiszeitforschung am Niederrhein. *Der Niederrhein, Zeitschrift fur Heimatpflege und Wandern* **19**, 57—63

STICHTING VOOR BODEMKARTERING	1950	Voorlopige Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 400 000.
STOBBE, P. C.	1952	The morphology and genesis of the gray-brown podzolic and related soils of Eastern Canada. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **16,** 81—84.
THORP, J. and G. D. SMITH	1949	Higher categories of soil classification: Orders Suborders and Great Soil Groups. *Soil Sci.* **67,** 117—126.
UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE	1941	Climate and man. *Yearbook of Agriculture*. Washington.
VEENENBOS, J. S.	1949	Bodemkartering in de Friese Wouden. *Boor en Spade* **III,** 86—93.
VINK, A. P. A.	1949	Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden in het bijzonder van de zuidoostelijke Veluwe. Proefschrift Wageningen. Wageningen.
VINK, A. P. A. en J. SCHELLING	1948	Verslag van een verkenning van het Duitse gebied tussen Maas en Rijn, ten noorden van Neusz. Rapport Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
VINK, T.	1926	De Lekstreek. Een aardrijkskundige verkenning van een bewoond deltagebied. Proefschrift Amsterdam. Amsterdam.
—	1954	De Rivierstreek. Baarn.
VLAM, A. W.	1948	Voorlopers van de bodemkartering. *Boor en Spade* **II,** 176—181.
VOORWIJK, G. en S. HARDJOPRAKOSO	1945	De Vennen te Eerde bij Ommen. *T.K.N.A.G.* **62,** 105—117.
WATERBOLK, H. Tj.	1954	De praehistorische mens en zijn milieu. Een palynologisch onderzoek naar de menselijke invloed op de plantengroei van de diluviale gronden in Nederland. Proefschrift Groningen. Assen.
WELTEN, M.	1944	Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, Heft* **21.**
—	1952	Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, Heft* **26,** 53—135.
WIGGERS, A. J.	1955	De wording van het Noordoostpoldergebied. Een onderzoek naar de physisch-geografische ontwikkeling van een sedimentair gebied. Proefschrift Amsterdam. *Van Zee tot Land* **14.**
YAALON, D. H.	1954	Physico chemical relationships of $CaCO_3$, pH and CO_2 in calcareous soils. *Actes et Comptes Rendus Ve Congr. Int. de la Science du Sol,* Leopoldville. *Vol.* **II,** 356—362.
ZANDSTRA, K. J.	1954	Die Jungquartäre morphologische Entwicklung des Saartales. *Erdkunde* **VIII,** 276—285.
ZEUNER, F. E.	1952	Dating the past. An introduction to geochronology. Third edition. London.

ZONNEVELD, I. S.	1952	De Biesbosch. Een zoetwatergetijdendelta. *Natuur en Landschap* **6**, 2—32.
ZONNEVELD, J. L. S.	1947	Het kwartair van het Peelgebied en de naaste omgeving. Proefschrift Leiden, Maastricht. *Meded. Geol. Stichting, Serie C*, **6**, 3.
ZUUR, A. J.	1939	Bodemvorming uit jonge zeeafzettingen. *T.K.N.A.G.* **59**, 62 –80.

STELLINGEN

1. De beëindiging van de veengroei en de daarop volgende overdekking met dunne lagen zware klei in westelijk Nederland is een direct gevolg van bodemerosie in het achterland van de Maas en de Rijn tegen het einde van de Romeinse tijd.

2. De hoge ligging van de atlantische en subboreale mariene afzettingen in Westfriesland is niet een gevolg van bodembewegingen, maar van het zeer hoog oplopen van de vloeden in een trechtervormige inham van de kust ten noorden van Alkmaar.

3. De aspergeteelt op zandgronden geeft aanleiding tot een belangrijke blijvende vermindering van de natuurlijke vruchtbaarheid van deze gronden.

4. De gracht van Corbulo vormde een verbinding tussen een vloedkreek van het Maas-estuarium (Oer-Gantel) en één van het Rijnestuarium en liep vlak ten oosten van de oude duinen ongeveer ter plaatse van de huidige Vliet.

5. De zogenaamde „kleine motorisatie" (bromfietsen, lichte motorrijwielen enz.) zal in de toekomst de urgentie en de rentabiliteit van ruilverkavelingen verminderen.

6. Landbouw, natuurbescherming, recreatie en over het algemeen ook de industrie in ons land hebben alle zeer veel belang bij concentratie van grind-, zand- en de meeste kleiwinningen.

7. Op de goede zavel- en kleigronden van Westfriesland komt naast wat tuinbouw bijna uitsluitend grasland voor. De voornaamste reden hiervoor is, dat, ofschoon deze diep-humeuze zavel- en kleigronden geschikt zijn voor akkerbouw, zij bij uitstek geschikt zijn voor grasland.

8. De eerste bekadingen in het rivierkleigebied zijn zeer waarschijnlijk ontstaan in de 9e en de 10e eeuw. Als aanleiding hiertoe kunnen genoemd worden: relatief grotere wateroverlast, betere organisatie van de kleinere gemeenschappen en beperkte vestigingsmogelijkheden elders.

9. De mogelijkheid tot ontginning op grote schaal van de lage veengebieden in het westen van Holland in de 11e en de 12e eeuw en de gunstige resultaten van deze ontginningen zijn in niet geringe mate te danken aan de gunstige klimaatsomstandigheden in deze eeuwen.

10. De mening van FOCKEMA ANDREAE, dat Graaf Willem I van Holland de initiatiefnemer van het aanleggen van de Diefdijk zou zijn geweest, is niet juist.

FOCKEMA ANDREAE, S. J.: Willem I en de Hollandse hoogheemraadschappen. Leiden, 1954).

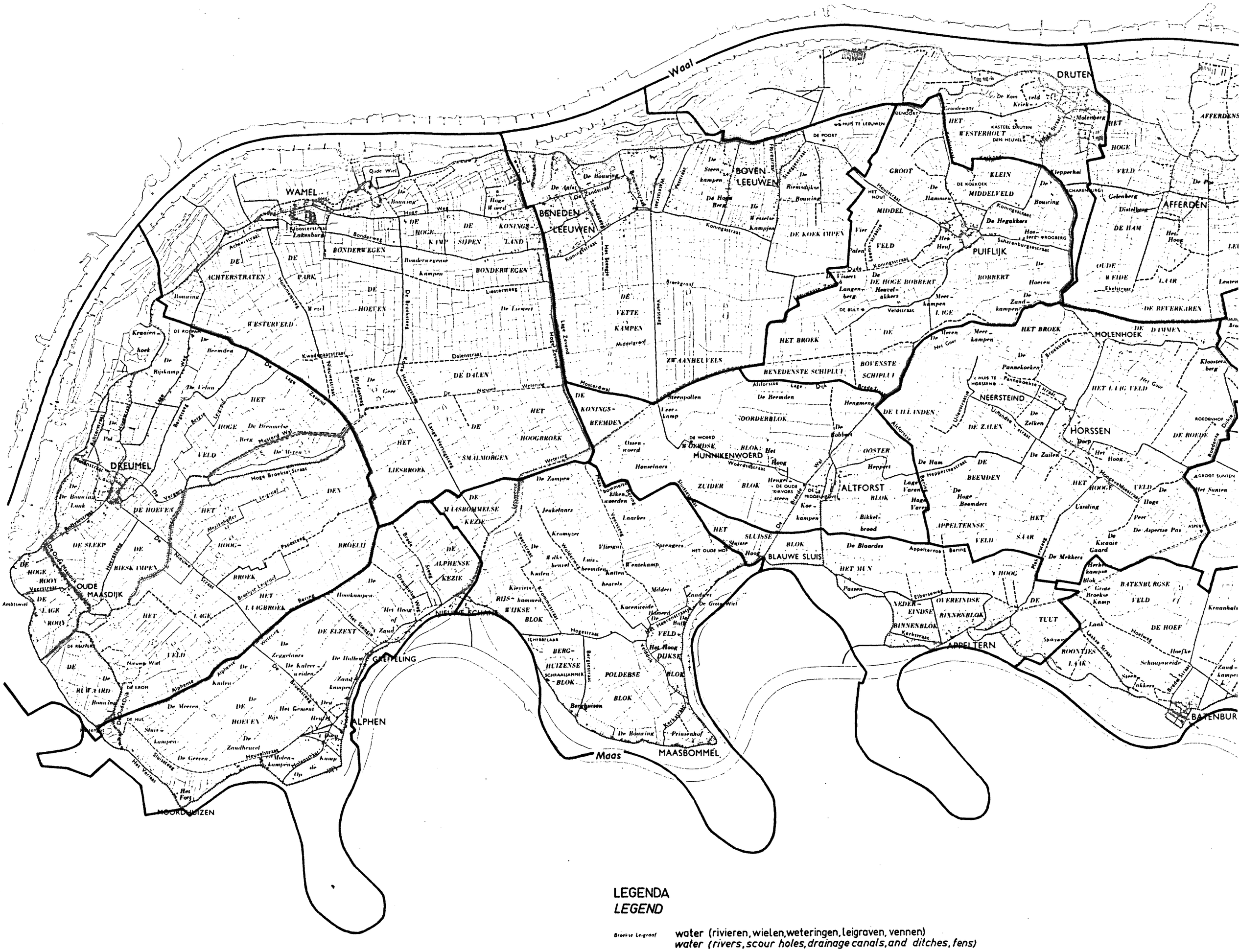
11. Behalve uit historische blijkt ook uit bodemkundige overwegingen dat de oorspronkelijke veengebieden rondom de dorpen Leimuiden, Rijnsaterswoude en Woubrugge tot de oudste veenontginningen van Holland gerekend moeten worden.

12. De inbraakplaatsen langs de Nederlandse kust, de loop van de rivierarmen en de vorm van de kust tijdens het Jong-Holoceen zijn bepaald door de topografie van het Jong-Pleistoceen in de ondergrond.

13. Vele verschijnselen in het rivierkleigebied wijzen erop, dat de sedimentatie daar, evenals langs de kust, in cyclussen met een periode van ongeveer 550 jaar plaatsvond. De oorzaak van deze sedimentatiecyclussen moet een periodieke klimaatwisseling zijn. Deze klimaatwisselingen om de 550 jaar moeten op grond van de nieuwste ^{14}C gegevens eveneens een zeer belangrijke rol gespeeld hebben in het Laatglaciaal.

L. J. PONS, 1957

Bijlage 1
Appendix 1
Pons 1957



LEGENDA
LEGEND

Broekse Leigraaf	water (rivieren, wielen, weteringen, leigraven, vennen) *water (rivers, scour holes, drainage canals, and ditches, fens)*
Woezikse Straat	wegen (stegen, straten enz, dijken, kaden) *roads (lanes, streets etc, dikes, embankments)*
Gordennaars	percelen en groepjes percelen *parcels and small groups of parcels*
DE DAMMEN	blokken (vrij grote groepen van percelen) *blocks (fairley great groups of parcels)*
HAZELAARENBOSCH	boerderijen en huizen *farms and mansions*
DE KOEKOEK	gehuchten *hamlets*
VALENBERG	dorpen *villages*
———	poldergrenzen *boundaries*

STICHTING VOOR BODEMKARTERING, WAGENINGEN
SOIL SURVEY INSTITUTE, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS

Samengesteld naar in het veld verzamelde gegevens
en in samenwerking met de Afdeling Historische Geografie
Compiled in collaboration with the Division for Historical Geography from data collected in the field.

SCHA
SCAL
0 0,5 1

NAMENKAART van het LAND VAN MAAS EN WAAL en een gedeelte van het RIJK VAN NIJMEGEN

MAP OF THE NAMES occurring in the LAND VAN MAAS EN WAAL and a part of the RIJK VAN NIJMEGEN

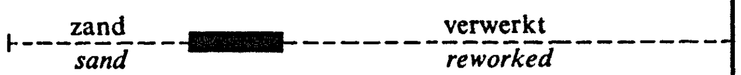
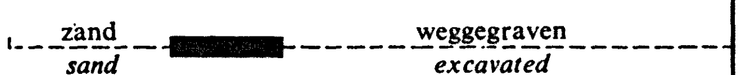
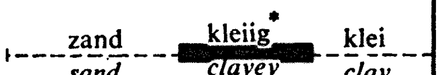
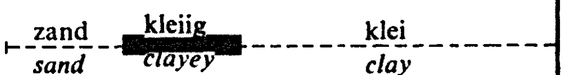
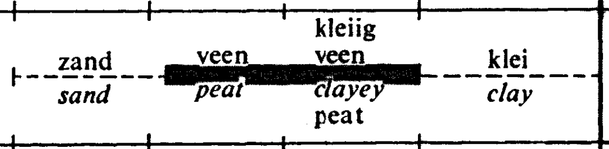
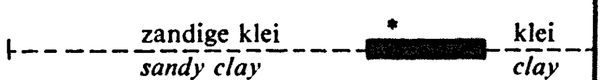
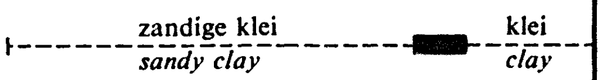
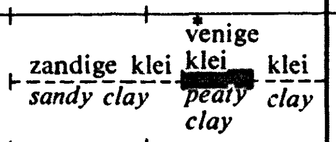
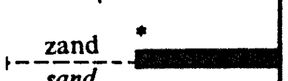
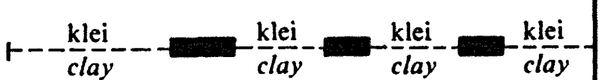
TABEL 2. Schema van de in dit geschrift gebruikte indeling van Pleistoceen en Holoceen en de voornaamste geologische gebeurtenissen in en rondom het Land van Maas en Waal.

Holoceen *Holocene*	Subatlanticum *Subatlantic* / Subboreaal *Subboreal* / Atlanticum *Atlantic*				De rivierdalen worden opgevuld. Ten slotte worden, te beginnen in het westen, kleiafzettingen op het Fluviatiel Laagterras naast de rivieren gesedimenteerd. *Filling of the river valleys. Finally, starting in the western part, clay has been deposited on the Fluviatile Lower Terrace along the rivers.*
	Boreaal *Boreal* / Preboreaal *Preboreal*				Rijzing van de zee. Veenvorming op de laagste plaatsen (diep uitgestoven kommen). De rivierdalen zijn diep. Verdere verstuiving van het „plaatselijk grove" dekzand, o.a. over het Fluviatiel Laagterras. Insnijding van de rivieren in hun terrassen. Bosgroei en verdwijning van de hal. Ophouden van de solifluctie. *Rising of the sea-level. Formation of peat in the lowest places (deeply blown-out depressions). The river valleys are deep. Further blowing-out of the "local coarse" cover sands, among others over the Fluviatile Lower Terrace. Cutting-in of the rivers in their terraces. Growth of forests. Disappearance of the tjäle. The solifluction came to an end.*
ca. 10 750 jaar *year*	Würm-glaciaal *Würm-glacial*	Laat-glaciaal *Late-glacial*	Jongere Dryastijd *Younger Dryas period*		Ten gevolge van westenwinden op grote schaal stuiving van zand uit de beddingen (plaatselijk jonge en grove dekzanden: jongste dekzanden) over het Fluviatiel Laagterras. Nieuwe verwildering van het rivierenstelsel. Vorming van terras X. Nieuwe permanente hal. Nieuwe erosie van Fluvioglaciaal en Gestuwd Hoogterras. Sterke solifluctie. *In consequence of western winds blowing-out of important quantities sand (local young and coarse cover sands: youngest cover sand) from the river beds over the Fluviatile Lower Terrace. The river system started to braid again. Formation of terrace X. New-formed perenne-tjäle. New erosion of Fluvioglacial and Pushed High Terrace. Strong solifluction.*
ca. 11 000 jaar *year*			Allerødtijd *Allerød period*		Insnijding van de rivieren in hun terrassen. Delen van het Rijnsysteem geraken buiten werking. Verdwijnen van de hal. Geen solifluctie. Eerste veengroei in de geulen van het Fluviatiel Laagterras. Beginnende overgang van het verwilderde rivierenstelsel naar het meanderende stelsel. Overdekking van het Fluviatiel Laagterras met fijnkorrelige sedimenten (leemdek). *Cutting-in of the rivers in their terraces. The Rhine system becomes partly inactive. Disappearance of the tjäle. No solifluction. First peat formation in the gullies of the Fluviatile Lower Terrace. The transition of the braided river system into the meandering pattern has set in. Covering of the Fluviatile Lower Terrace by fine-grained sediments (silt cover).*
ca. 11 750 jaar *year*			Oudere Dryastijd *Older Dryas period*	Jong dekzand en solifluctie. *Young cover sand and solifluction.*	Plaatselijk stuiving op de grind- en zandvlakte van het Fluviatiel Laagterras. *Local blowing of sand on the gravelly and sandy plains of the Fluviatile Lower Terrace.*	Hal. Afzetting van de grindmassa, die thans de ondergrond vormt van het Fluviatiel Laagterras. Verdere erosie van Fluvioglaciaal, Gestuwd en Ongestuwd Hoogterras. *Tjäle. Sedimentation of large quantities of gravel constituting the recent subsoil of the Fluviatile Lower Terrace. Further erosion of Fluvioglacial, Pushed and Unpushed High Terrace.*
Pleistoceen *Pleistocene*			Bøllingtijd *Bølling-period*			
			Oudste Dryastijd *Oldest Dryas period*	Afzetting van oud dekzand en loess. *Deposits of old cover sand and loess.*		
		Pleniglaciaal B *Pleniglacial B*				
		Pleniglaciaal A *Pleniglacial A*		Vorming van erosiedalen in het Gestuwd Hoogterras en het Fluvioglaciaal. Solifluctie. *Formation of erosion valleys in the Pushed High Terrace and the Fluvioglacial. Solifluction.*		
	Riss-Würm interglaciaal *Riss-Würm interglacial*			Uit deze periode zijn in ons gebied geen afzettingen bekend. *From this period no deposits are known in our area.*		
	Rissijstijd *Riss glaciation*			Afzetting van het Fluvioglaciaal (twee trappen: vlak I en vlak II). Erosie van het Gestuwd en Ongestuwd Hoogterras. Ontstaan en verwijding van het Rijndal tussen Arnhem en Nijmegen. Opstuwing van delen van het Hoogterras door het landijs tot het Gestuwd Hoogterras. *Sedimentation of the Fluvioglacial (two phases: face I and face II). Erosion of the Pushed and Unpushed High Terrace. Formation and enlarging of the Rhine valley between Arnhem and Nijmegen. Pushing of parts of the High Terrace by the land-ice to the Pushed High Terrace.*		
	Pre-Riss *Pre-Riss*			Vorming van het Preglaciaal (Ongestuwd Hoogterras). *Formation of the Preglacial (Unpushed High Terrace).*		

TABLE 2. *Scheme of the division of Pleistocene and Holocene, used in this volume, besides the most important geological events in and around the Land van Maas en Waal.*

TABEL 3. De palynologisch bepaalde ouderdom van enige afzettingen in het Land van Maas en Waal.

	Laat-glaciaal / *Late-glacial*: Allerød / *Allerød*	Laat-glaciaal / *Late-glacial*: Jongere Dryastijd / *Younger Dryas period*	Praeboreaal / *Preboreal*	Boreaal / *Boreal*	Atlanticum / *Atlantic*	Subboreaal / *Subboreal*	Subatlanticum / *Subatlantic*	Object / *Object*	Diepte / *Depth*	Plaats / *Site*
a1	zand-grind / *sand-gravel*				*		verwerkt / *reworked*	geheel open rivierleemgeul / *open "rivierleem" channel*	340	Duckenburg
	(fig. 15)									
a2	zand-grind / *sand-gravel*					verwerkt / *reworked*		geheel open rivierleemgeul / *open "rivierleem" channel*	300	Duckenburg
a3	zand-grind / *sand-gravel*				weggegraven / *excavated*		water / *water*	geheel open rivierleemgeul / *open "rivierleem" channel*	320	Wijchense Ven Oost
	(fig. 14)									
a4	zand-grind / *sand-gravel*	kleiig / *clayey*				niet onderzocht / *not determined*		geheel open rivierleemgeul / *open "rivierleem" channel*	325	Hatertse brug / *Hatert bridge*
a5	zand-kleiig, gyttja-achtig materiaal / *sand-clayey, gyttjalike material*					verwerkt / *reworked*		rivierleemgeul onderin dichtgeslibd / *"rivierleem" channel silted up at the bottom*		Wijchense Ven Dam
a6	zand-kleiig, gyttja-achtig materiaal / *sand-clayey, gyttjalike material*					klei / *clay*		rivierleemgeul onderin dichtgeslibd afgedekt met klei / *"rivierleem" channel silted up at the bottom and clay-covered*	290	Neerbosch Bijsterhuizen
a7	kleiig materiaal / *clayey material*	kleiig / *clayey*	zand / *sand*		*		verwerkt / *reworked*	rivierleemgeul onderin dichtgeslibd / *"rivierleem" channel silted up at the bottom*		Maldense Broek
b1	zand / *sand*					kleiig* / *clayey*	klei / *clay*	geulterras / *channel terrace*	400	Overasseltse Broek (diepe geul) / *(deep channel)*
	(fig. 20)									
c1	leem / *silt*			zand / *sand*				overstoven leem / *silt covered by shifting sand*		Rakenberg
c2					leem / *silt*	*	zand / *sand*	overstoven leem / *silt covered by shifting sand*		Hatertse Broek Diervoort
d1				zand / *sand*			verwerkt / *reworked*	stuifzandven / *inland-dune pond*		Hatertse Ven (diep) / *Hatertse Ven (deep)*
d2				zand / *sand*			verwerkt / *reworked*	stuifzandven / *inland-dune pond*		Hatertse Ven (ondiep) / *Hatertse Ven (shallow)*

d3			overstoven stuifzandven *blown-over inland-dune pond*		Bergharen (put) *(pit)*
d4			stuifzandven *inland-dune pond*		Hatertse Ven
d5	(fig. 23)		stuifzandven *inland-dune pond*		Hernense molenven
d6	(fig. 22)		stuifzandven overdekt met klei *clay-covered inland-dune pond*		Bergharen „de Horst"
d7			stuifzandven *inland-dune pond*		Bergharen Elzend (ondiep) *Bergharen Elzend (shallow)*
e1			uitgestoven (?) afvoergeul *blown-out (?) drainage channel*	330	Afferden (geul) *(channel)*
e2			uitgestoven (?) afvoer (?) geul *blown-out (?) drainage (?) channel*	120	Wezel (Goor)
e3			geulterras *channel-terrace*		Overasseltse Broek Zandberg
e4			geulterras *channel-terrace*		Overasseltse Broek (geul, *channel)*
e5			uitgestoven afvoer(?)geul *blown-out drainage (?) channel*	150	Bergharen
f1			vervormd leemstelsel *transformed "leem" system*	200	Winssense Broek
f2			vervormd leemstelsel *transformed "leem" system*	130	Wezel (geul) *(channel)*
f6			zeer jonge afvoergeul *very recent drainage channel*		Hernen (geultje) *(small channel)*
f7			jonge Maasarm *recent branch of the Meuse*		Wijchense Maasje Hernen
f8			jonge geul *recent channel*		Dreumelse Veld (geul) *(channel)*
f9	(fig. 25)		komkleiprofiel *basin clay profile*		Dreumelse Veld (kom) *(basin)*

* Optreden van graanbouw.
Appearance of cereal-growing.

TABLE 3. *Palynologically determined age of some deposits in the Land van Maas en Waal.*

TABEL 4. Overzicht van de oorspronkelijke en tegenwoordige gehalten aan kalk van de verschillende sedimenten in het Land van Maas en Waal.

	Oorspronkelijk *(Original)*	Tegenwoordig *(Present)*
Hoge rivierleemgronden *High "rivierleem" soils*	kalkhoudend tot rijk *calcareous to rich in lime*	kalkloos, zuur *non-calcareous, acid*
Middelhoge rivierleemgronden *Medium-high "rivierleem" soils*	kalkrijk *rich in lime*	kalkloos (soms $CaCO_3$ op ± 100 cm diepte) *non-calcareous (sometimes $CaCO_3$ at a depth of ± 100 cm)*
Lage rivierleemgronden *Low "rivierleem" soils*	kalkrijk *rich in lime*	kalkloos (soms $CaCO_3$ op ± 100 cm diepte) *non-calcareous (sometimes $CaCO_3$ at a depth of ± 100 cm)*
Overslaggronden van de Rijn *Spill soils of the Rhine*	kalkhoudend *calcareous*	kalkhoudend *calcareous*
Overslaggronden van de Maas *Spill soils of the Meuse*	kalkarm *poor in lime*	kalkloos *non-calcareous*
Oevergronden van de Rijn *Natural river bank soils of the Rhine*	kalkhoudend (soms kalkarm) *calcareous (sometimes poor in lime)*	kalkhoudend (soms kalkarm) *calcareous (sometimes poor in lime)*
Oevergronden van de Maas *Natural river bank soils of the Meuse*	kalkarm *poor in lime*	kalkarm tot kalkloos *poor in lime to non-calcareous*
Voor-Romeinse Rijnstroomruggronden *Pre-Roman Rhine levee soils*	kalkrijk *rich in lime*	kalkhoudend tot kalkloos *calcareous to non-calcareous*
Voor-Romeinse Maasstroomruggronden *Pre-Roman Meuse levee soils*	kalkarm *poor in lime*	kalkloos, soms kalkarm *non-calcareous, sometimes poor in lime*
Laat- en na-Romeinse Rijnstroomruggronden *Late and post-Roman Rhine levee soils*	kalkrijk *rich in lime*	kalkrijk tot kalkhoudend *rich in lime to calcareous*
Laat- en na-Romeinse Maasstroomruggronden *Late and post-Roman Meuse levee soils*	kalkarm *poor in lime*	kalkarm tot kalkloos *poor in lime to non-calcareous*
Komgronden van de Rijn *Back swamp soils of the Rhine*	kalkarm *poor in lime*	kalkarm tot kalkloos *poor in lime to non-calcareous*
Komgronden van de Maas *Back swamp soils of the Meuse*	kalkarm tot kalkloos *poor in lime to non-calcareous*	kalkloos *non-calcareous*

TABEL 5. Bodemontwikkelingsreeksen van hoge en middelhoge gronden.

BIJLAGE V
APPENDIX V

Uitgangsmateriaal *Basic material*	A. KALKRIJKE ZANDIGE KLEI (RIJN) *SANDY CLAY, RICH IN LIME (RHINE)*	B. KALKARME ZANDIGE KLEI (MAAS) *SANDY CLAY, POOR IN LIME (MEUSE)*	C. KALKRIJK TOT KALKARM LEMIG ZAND OF KLEI OP ZAND *CLAY OR SILTY SAND, RICH IN LIME TO POOR IN LIME, ON SAND*	D. KALKHOUDEND RIVIERSTUIFZAND *CALCAREOUS FLUVIAL BLOWN SAND*	E. KALKLOZE ZANDAFZETTINGEN (SECUNDAIR VERWAAID STUIFZAND) *NON-CALCAREOUS SANDY DEPOSITS*
	a. Gelaagde, alluviale afzettingen *Stratified alluvial deposits* ALLUVIAL SOIL; BASENREICHE ROHBODEN	a. Gelaagde, alluviale afzettingen * *Stratified alluvial deposits* ALLUVIAL SOIL; MÄSSIG BASENHALTIGER ROHBODEN	a. Gelaagde, alluviale afzettingen of andere afzettingen * *Stratified alluvial deposits or other sediments* ALLUVIAL SOIL, REGOSOL; MÄSSIG BASENHALTIGER ROHBODEN	a. Gelaagde stuifzanden * *Stratified blown sands* REGOSOL; BASENARMER ROHBODEN	a. Secundair opgewaaid stuifzand (Zso) *Blown sand, secundary blown up (Zso)* REGOSOL: SEHR BASENARMER ROHBODEN
	Geringe ontkalking, zwakke bruinkleuring, biologische menging *Slight decalcification, slight browning; biological mixing*	Ontkalking, bruinkleuring, zwakke kleivorming (verleming), biologische menging *Decalcification, browning, slight formation of clay, biological mixing*	Ontkalking, zwakke kleivorming (verleming), biologische menging *Decalcification, slight formation of fragments clay, biological mixing*	Ontkalking, verwering van gesteentefragmenten en mineralen, zwakke kleivorming (verleming) *Decalcification, disintegration of stones and minerals, slight formation of clay*	Verwering van eventueel aanwezige verweerbare mineralen, vorming van een ijzerhoudende B-laag, daling van de pH *Disintegration of minerals, formation of an iron B-horizon, lowering of the pH.*
1000 jaar *1000 years*	b. Gehomogeniseerde kalkrijke stroomruggronden RRs, RRa, RUs) *Homogenized levee soils, rich in lime (RRs, RRa, RUs)* BROWN FOREST SOIL, INTERGRADE TO ALLUVIAL SOIL; SCHWACH ENTWICKELTE, BASENREICHE BRAUNERDE	b. Gehomogeniseerde kalkloze stroomruggronden RMa, RMs, RUs) *Homogenized levee soils, poor in lime (RMa, RMs, RUs)* INTERGRADE OF ALLUVIAL SOIL TO ACID BROWN FOREST SOIL; SCHWACH ENTWICKELTE, MÄSSIG BASENHALTIGE BRAUNERDE	b. Gehomogeniseerde gronden, kalkgehalte sterk teruggelopen of ontkalkt (RRs_2, RMs_2) *Homogenized soils, lime content strongly decreased or decalcified (RRs_2, RMs_2)* BROWN FOREST SOIL; SCHWACH ENTWICKELTE, MÄSSIG BASENHALTIGER BRAUNERDE		b. Bosontginningsstuifzandgronden (Zsob) *Reclaimed forest blown sand soils (Zsob)* MINIMAL BROWN PODZOLIC SOIL; SEKUNDÄRER PODSOL AUS BRAUNERDE GERINGER BASENSÄTTIGUNG HERVORGEGANGEN
2000 jaar *2000 years*	Oppervlakkige ontkalking, verder gaande verbruining, geringe kleivorming, gering kleitransport („verleming") *Superficial decalcification, increasing browning, slight formation and slight transportation of clay*	Kleivorming en kleitransport (verleming) *Formation and transportation of clay*	Ontkalking, kleiverplaatsing en kleivorming (verleming) in B-horizont *Decalcification, transportation of clay, formation of clay in B-horizon*		Opnieuw verwaaien van het zand, sterke daling van de pH, uitspoeling van ijzer, vorming van een humus-B *Tertiary blown up sands, lowering of the pH, leaching of iron, formation of a humic-B*
3000 jaar *3000 years*	c. Ontkalkte, min of meer verleemde, oude stroomruggronden * *Decalcified, old levee soils more or less silted* INTERGRADE OF BROWN FOREST SOIL TO GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; BRAUNERDE MITTLER BASENSÄTTIGUNG	c. Kalkloze, min of meer verleemde, oude stroomruggronden (RMm) *Non-calcareous old levee soils, more or less „verlehmt" (RMm)* GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; SCHWACH PODSOLIGE, MÄSSIG BASENHALTIGER BRAUNERDE	c. Ontkalkte, verleemde stroomruggrond op rivierzand (RRm_2, RMm_2) *Decalcified, silted levee soil on fluvial sand (RRm_2, RMm_2)* GRAY BROWN PODZOLIC SOIL WITH B IN BANDS; SCHWACH PODSOLIGE BRAUNERDE GERINGER BASENSÄTTIGUNG MIT GEBÄNDERTEM B-HORIZONT		c_1. Heidepodzolgronden * *Heath podzol soils* PRIMÄRE HUMUS PODSOLEN
	Diepe ontkalking, kleivorming in B en flink kleitransport („verlehmung" *Deep decalcification, formation of clay in the B horizon considerable transportation of clay*		Sterke daling van de pH, kleiverplaatsing, afbraak van de B-horizont, vorming van een ijzer B-horizont in de A_2 *Sharp fall of the pH, transportation of clay, destruction of the B-horizon, formation of an iron B-horizon in the A_2*		Invloed van de mens: plaggenbemesting *Influence of man: sod manuring*

3000 years	verleemde, oude stroomrug-gronden * *Decalcified, old levee soils more or less silted* INTERGRADE OF BROWN FOREST SOIL TO GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; BRAUNERDE MITTLER BASENSÄTTIGUNG	*Non-calcareous old levee soils, more or less „verlehmt" (RMm)* GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; SCHWACH PODSOLIGE, MÄSSIG BASENHALTIGER BRAUNERDE	*Decalcified, silted levee soil on fluvial sand (RRm_2, RMm_2)* GRAY BROWN PODZOLIC SOIL WITH B IN BANDS; SCHWACH PODSOLIGE BRAUNERDE GERINGER BASENSÄTTIGUNG MIT GEBÄNDERTEM B-HORIZONT	*Heath podzol soils* PRIMÄRE HUMUS PODSOLEN
	Diepe ontkalking, kleivorming in B en flink kleitransport („verlehmung" *Deep decalcification, formation of clay in the B horizon considerable transportation of clay*		Sterke daling van de pH, kleiverplaatsing, afbraak van de B-horizont, vorming van een ijzer B-horizont in de A_2 *Sharp fall of the pH, transportation of clay, destruction of the B-horizon, formation of an iron B-horizon in the A_2*	Invloed van de mens: plaggenbemesting *Influence of man: sod manuring*
10 000 jaar *10,000 years*	d. Hoge roodbruine rivierleemgronden (Sh_2, Sh_3) *High, red-brow "rivierleem" soils (Sh_2, Sh_3)* GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; PODSOLIGE BRAUNERDE MITTLER BASENSÄTTIGUNG	*d.* *	d. Hoge lichte rivierleemgronden op rivierzand (Sh_1, Sm_1) *High light "rivierleem" soils on fluvial sand (Sh_1, Sm_1)* Iets lemige bosontginningszandgronden (Ydob) en bosontginningsdekzandgronden (Zob) *Slightly silty reclaimed forest sand soils (Ydob) and reclaimed forest cover sand soils (Zob)* BROWN PODZOLIC SOIL DEVELOPED ON GRAY BROWN PODZOLIC SOIL; PODSOLIGE BRAUNERDE GERINGER BASENSÄTTIGUNG	b. Homogeen lemige stuifzandgronden (Zsm) *Homogeneous silty blown sand soils (Zsm)* BROWN PODZOLIC SOIL; SCHWACHER SEKUNDÄRER PODSOL AUS BRAUNERDE GERINGER BASENSÄTTIGUNG HERVORGEGANGEN Invloed van de mens: plaggenbemesting *Influence of man: sod manuring*	c_2. Bosontginningsstuifzandgronden met oud bouwland (Zsob en Zso met oud bouwland) *Reclaimed forest blown sand soils with old arable land (Zsob and Zso with old arable land)*
	Invloed van de mens: plaggenbemesting *Influence of man: sod manuring*		Invloed van de mens: plaggenbemesting *Influence of man: sod manuring*	
12 000 jaar *12,000 years*	e. Oud bouwland op hoge roodbruine rivierleemgronden *Old arable land on high red-brownish "rivierleem" soils*		e. Idem met meer of minder sterke oud bouwland invloed (Sh_1, Ydob, Zob met oud bouwland) *Ditto, more or less old arable land influence (Sh_1, Ydob, Zob with old arable land)*	c. Idem met meer of minder sterke oud bouwland invloed (Zsm) *Ditto, more or less old arable land influence (Zsm)*
	De tijdsduur kan korter geweest zijn *The period may have been shorter*			

* Komt niet voor in het Land van Maas en Waal.
Does not occur in the Land van Maas en Waal.

TABLE 5. *Soil development series of soils developed under free and moderate drainage conditions.*

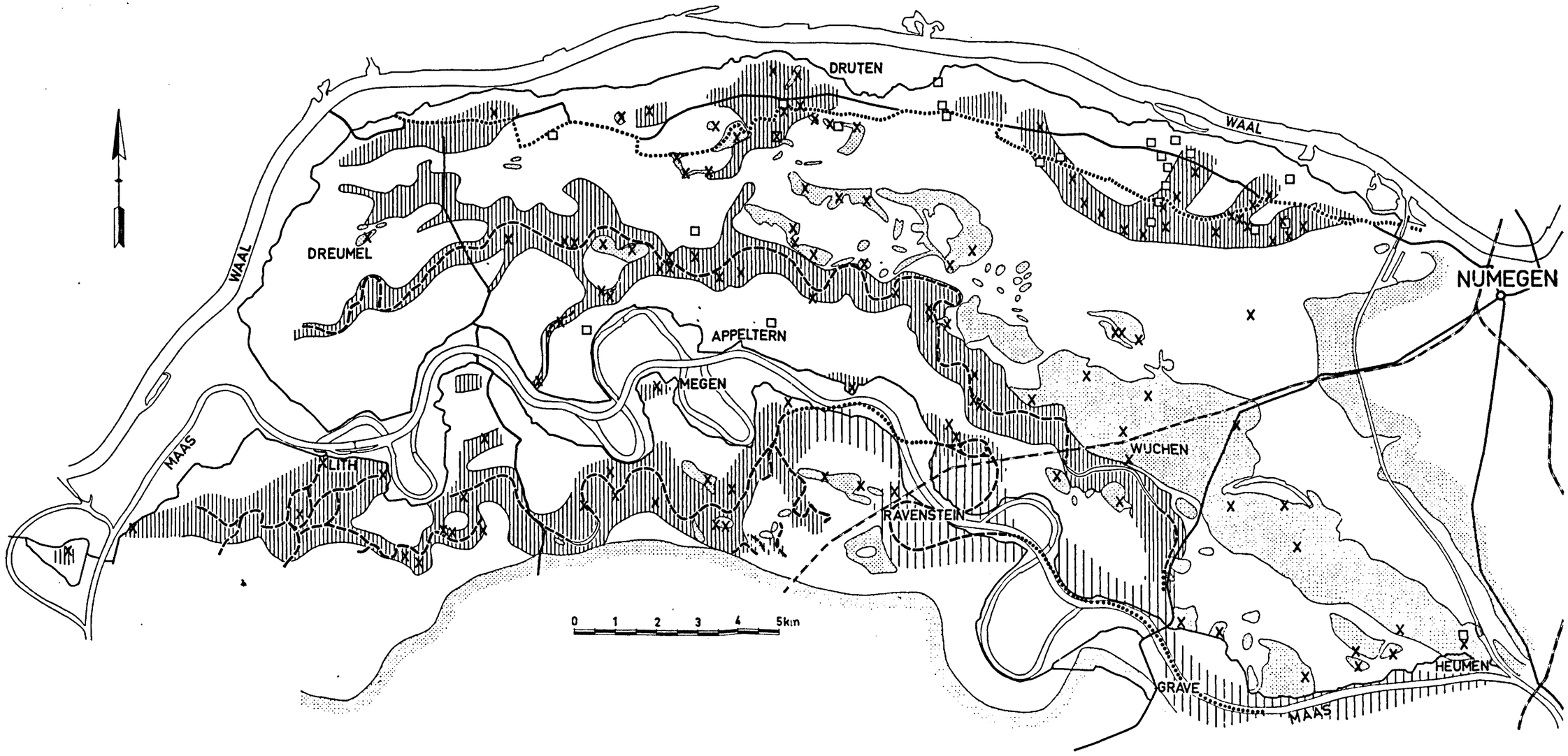
TABEL 6. Bodemontwikkelingsreeksen van lage gronden.

Uitgangsmateriaal *Basic material*	A. BASENRIJKE GRONDEN *SOILS RICH IN BASES* (Natte stroomruggronden, komgronden enz.) *(Poorly drained river ridge soils, back swamp soils etc.)* POORLY DRAINED ALLUVIAL SOILS		B. BASENARME GRONDEN *SOILS POOR IN BASES* (Natte stuif-, dek en grindzandgronden) *(Poorly drained blown-, cover- and gravel sand soils)* POORLY DRAINED ALLUVIAL SOILS AND POORLY DRAINED REGOSOLS		
Kwaliteit grondwater *Quality of groundwater*	basenrijk grondwater *groundwater rich in bases* (a)	basenarm grondwater *groundwater poor in bases* (b)	basenrijk grondwater. *groundwater rich in bases* (a)	basenarm grondwater *groundwater poor in bases* (b)	zeer basenarm grondwater *groundwater very poor in bases* (c)
	1. Lage, grijsbruine en grijze komgronden (Rk_2, Rk_3) *Low grey-brown and grey back swamp soils (Rk_2, Rk_3)* Lage komgronden op rivierleem (Rk_1) *Low back swamp soils on "rivierleem" (Rk_1)* HUMIC GLEY SOILS	1. Komgronden op rivierleem (Rk_1) *Back swamp soils on "rivierleem" (Rk_1)* Lage, grijze rivierleemgrond (Sl_1) *Low grey "rivierleem" soil (Sl_1)* INTERGRADE OF ALLUVIAL SOIL TO LOW HUMIC GLEY SOIL	1. Venige, vochtige tot natte grindzandgronden (Ydw_3) *Peaty, moderately to poorly drained gravel sand soils (Ydw_3)* HUMIC GLEY SOIL	1. Vochtige tot natte bosontginningsstuifzandgronden (Zsob) *Moderately to poorly drained reclaimed forest blown sand soils (Zsob)* Vochtige tot natte homogeen lemige stuifzandgronden (Zsm_4) *Moderately to poorly drained homogeneous silty blown sand soils (Zsm_4)* LOW HUMIC GLEY SOIL WITH IRON B INTERGRADE TO GROUNDWATER PODZOL	1. Afwisselend droog en natte bosontginningsstuifzandgronden met oerbank ($Zsob_5$) *Alternating well and poorly drained reclaimed forest blown sand soils with hardpan ($Zsob_5$)* GROUNDWATER PODZOL
	Veengroei ten gevolge van nog nattere omstandigheden, totale reductie. *Peat formation, caused by still poorer drainage conditions. Total reduction.*	Daling van de pH, kleivorming en kleiverplaatsing. *Lowering of the pH, formation and transportation of clay.*	Veengroei ten gevolge van nog nattere omstandigheden. *Peat formation, caused by still poorer drainage conditions.*	Veengroei ten gevolge van nog nattere omstandigheden. *Peat formation, caused by still poorer drainage conditions.*	Veengroei ten gevolge van nog nattere omstandigheden. *Peat formation, caused by still poorer drainage conditions*
	2. Komgronden met venige bovengrond (Rk_{17}) *Back swamp soils with peaty topsoil (Rk_{17})* Allerlei stroombeddingen met bovengrond van venige klei *Various river channels with a topsoil of peaty clay* HALF BOG SOILS	2. Middelhoge, bonte rivierleemgrond (Sm_3) *Medium high mottled "rivierleem" soils (Sm_3)* Lage, grijze rivierleemgrond (Sl_1) *Low grey "rivierleem" soil (Sl_1)* LOW HUMIC GLEY SOIL WITH TEXTURAL-B 3. Lage, grijze rivierleemgrond met venige bovengrond (Sl_3) *Low grey "rivierleem" soil with a peaty topsoil* HALF BOG SOIL	2. Stuifzandvenontginningsgronden zonder loodzand (Zsov) *Reclaimed blown sand pond soils without bleached sand (Zsov)* HALF BOG SOIL	2. Stuifzandvenontginningsgronden (iets loodzandachtig) (Zsov) *Reclaimed blown sand pond soils (slightly bleached sand) (Zsov)* HALF BOG SOIL	2. Sterk podzolachtige stuifzandvenontginningsgronden (Zsov) *Podzolic reclaimed blown sand pond soils (Zsov)* HALF BOG SOILS ON HUMUS PODZOL

TABLE 6. *Soil development series of soils developed under poor drainage conditions.*

Fig. 28. Rivierafzettingen uit de voor-Romeinse sedimentatieperiode (ongeveer 400 v. Chr. — 200 v. Chr.) en de Inheems-Romeinse bewoning daarop in het Land van Maas en Waal en omgeving.

Fig. 28. Fluvial deposits of the pre-Roman sedimentation period (about 400 B. C. — 200 B. C.) and the Native-Roman occupation on these deposits in the Land van Maas en Waal and vicinity).



Hogere, in het algemeen, pleistocene zandgronden.
Higher, in general, pleistocene sandy soils.

Oeverwalafzettingen (goed begrensd).
River bank deposits (boundaries well defined).

Oeverwalafzettingen (vaag begrensd).
River bank deposits (boundaries vaguely defined).

Oeverwalafzettingen (onzeker).
River bank deposits (uncertain).

Stroombeddingen.
Channels.

X Inheemse en Romeinse en gemengd Inheems-Romeinse woonplaatsen.
Native and Roman and mixed Native-Roman settlements.

Percelen, die met de naam „Hosterd" worden aangeduid.
Parcels, indicated by the name „Hosterd".

Wegen, die met de naam „Koningsstraat" worden aangeduid.
Roads, indicated by the name „Koningsstraat".

Fig. 29. Rivierafzettingen uit de laat-Romeinse sedimentatieperiode (ongeveer 250 n. Chr. — 500 n. Chr.) en de bewoning daarop in Merovingische en Karolingische tijd in het Land van Maas en Waal en omgeving.

Fig. 29. Fluvial deposits of the late-Roman sedimentation period (about 250 A.D. — 500 A.D.) and the settlement on these deposits in the Merovingian and Karolingian era in the Land van Maas en Waal and vicinity.

Hogere, in het algemeen pleistocene zandgronden.
Higher, in general pleistocene sandy soils.

Oeverwalafzettingen (goed begrensd).
River bank deposits (boundaries well defined).

Oeverwalafzettingen (vaag begrensd).
River bank deposits (boundaries vaguely defined).

Oeverwalafzettingen (onzeker).
River bank deposits (uncertain).

Stroombeddingen.
Channels.

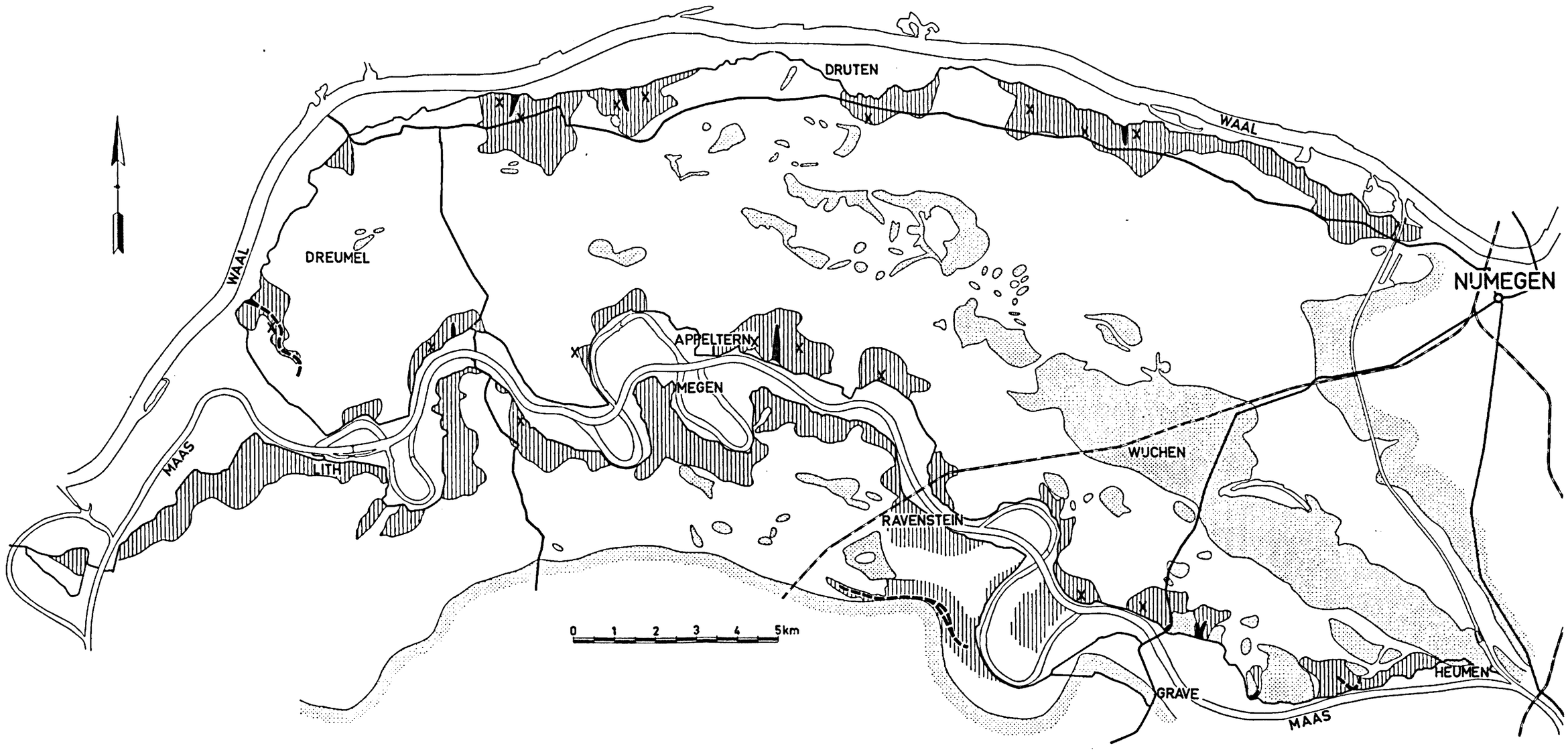
Vermoedelijke loop van de Maas.
Supposed course of the Meuse.

Merovingische woonplaatsen.
Merovingian settlements.

Karolingische woonplaatsen.
Karolingian settlements.

Fig. 36. Rivierafzettingen uit de middeleeuwse sedimentatieperiode (ongeveer 850 n. Chr. — 1000 n. Chr.) en de bewoning daarop in de latere middeleeuwen in het Land van Maas en Waal en omgeving.

Fig. 36. Fluvial deposits of the medieval sedimentation period (about 850 A.D. — 1000 A.D.) and the occupation on these deposits in the late-medieval period in the Land van Maas en Waal and vicinity.



Hogere, in het algemeen pleistocene zandgronden.
Higher, in general pleistocene sandy soils.

Oeverwalafzettingen (goed begrensd).
River bank deposits (boundaries well defined).

Oeverwalafzettingen (vaag begrensd).
River bank deposits (boundaries vaguely defined).

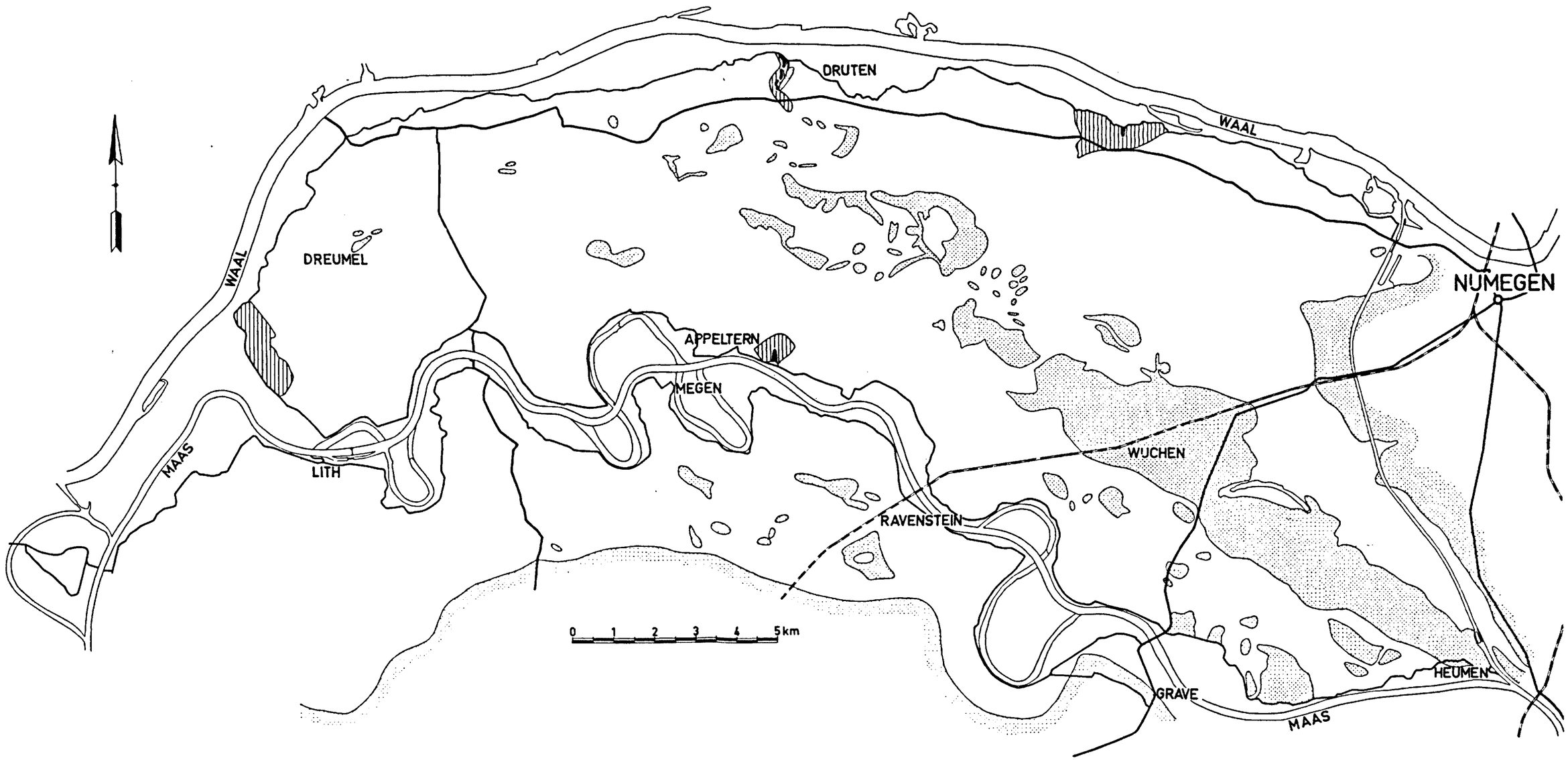
Oeverwalafzettingen (onzeker).
River bank deposits (uncertain).

Stroombeddingen.
Channels.

X Laat-middeleeuwse en jongere bevolkingsconcentraties op deze afzettingen.
Late-medieval and younger settlements on these deposits.

Fig. 37. Rivierafzettingen uit de laat-middeleeuwse sedimentatieperiode (ongeveer 1250 n. Chr. — 1450 n. Chr.) in het Land van Maas en Waal en omgeving.

Fig. 37. Fluvial deposits of the late-medieval sedimentation period (about 1250 A.D. — 1450 A.D.) in the Land van Maas en Waal and vicinity.



Hogere, in het algemeen pleistocene zandgronden.
Higher, in general pleistocene sandy soils.

Oeverwalafzettingen (goed begrensd).
River bank deposits (boundaries well defined).

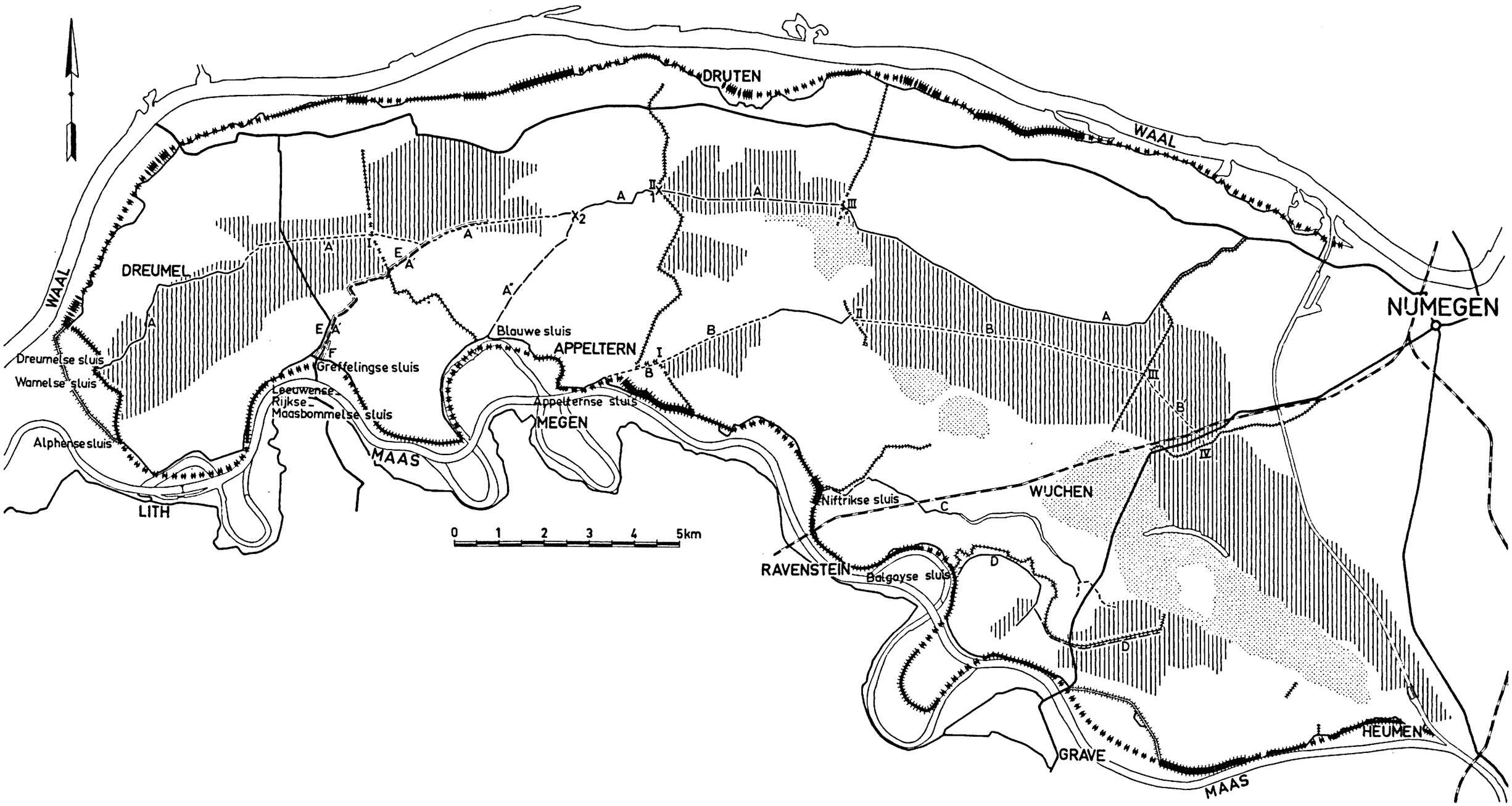
Oeverwalafzettingen (vaag begrensd).
River bank deposits (boundaries vaguely defined).

Oeverwalafzettingen (onzeker).
River banks deposits (uncertain).

Stroombeddingen.
Channels.

Fig. 56. De waterstaatkundige toestand in het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen omstreeks 1300.

Fig. 56. The hydraulic and hydrological situation in the Land van Maas en Waal and a part of the Rijk van Nijmegen around 1300.



Land in de komgebieden, dat omstreeks 1300 vermoedelijk nog niet verkaveld was.
Land in the back swamp area, around 1300 probably not yet alloted.

Woeste zandgronden, omstreeks 1300.
Waste sandy soils, around 1300.

De dijk van omstreeks 1321. *The dike around 1321.*

Juist verloop.
Ascertained location.

Vermoedelijk verloop.
Supposed location.

Nieuw gelegde sluitstukken.
Newly constructed connecting sections of the dike.

Later geconstrueerde dijken.
Dikes constructed later on.

Voor 1321 (Landbrief) bestaande sytwinden en dergelijke kaden in het zuidoosten van het gebied.
Before 1321 (Landbrief) existing „sytwinden" and similar embankments in the south-eastern part of the area.

In 1321 gebouwde sluitstukken.
In 1321 constructed connecting embankments.

Min of meer in werking zijnde stukken wetering voor 1321.
Drainage canals, more or less in operation before 1321.

Volgens de Landbrief geprojecteerde weteringen.
Drainage canals, set out according to the Landbrief.

Loop van de weteringen, zoals ze later zijn uitgevoerd.
Course of the drainage canals, cut later on.

Weteringen, in 1668 gegraven.
Drainage canals, cut in 1668.

I II III (IV) Ligging van de sluizen in de sytwinden (in de Landbrief genoemd).
Location of the sluices in the „sytwinden" (denominated in the „Landbrief").

IV De sluis van 1487 in de Teersdijk.
The sluice of 1487 in the Teersdijk.

X_1 Het Horssense schutlaken.
The sluice of Horssen.

X_2 Het latere Puiflijkse schutlaken.
The later sluice of Puiflijk.