*Prof. Dr. C. H. EDELMAN*

# SAMENVATTING VAN NIEUWE RESULTATEN VAN HET SEDIMENT-PETROLOGISCH ONDERZOEK IN NEDERLAND EN AANGRENZENDE GEBIEDEN

*(met 8 figuren)*

INHOUD


| | | Pag. |
|---|---|---|
| § 1 | Inleiding | 753 |
| § 2 | Methode van mineralogisch onderzoek | 754 |
| § 3 | Devoon en Carboon | 756 |
| § 4 | Perm en Trias | 757 |
| § 5 | Krijt | 757 |
| § 6 | Tertiair | 758 |
| § 7 | Maas | 760 |
| § 8 | Rijn | 762 |
| § 9 | Kwartaire afzettingen van noordelijke herkomst | 763 |
| § 10 | Weser en Elbe | 764 |
| § 11 | Waddenzee | 765 |
| § 12 | Oostelijk materiaal | 766 |
| § 13 | Dekzanden | 766 |
| § 14 | Loess | 768 |
| § 15 | Het aspect van zandkorrels | 772 |
| § 16 | Granulair onderzoek van zanden | 774 |
| § 17 | Grindonderzoek | 777 |
| § 18 | Resultaten, door de Nederlandse sedimentpetrologen in andere gebieden verkregen | 777 |
| § 19 | Slotbeschouwing | 778 |
| Litteratuur | | 778 |


## § 1. Inleiding

Tien jaar geleden publiceerden wij in dit Tijdschrift een artikel: „Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden'. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 55 [1938], pag. 397-431). Gedurende de jaren 1932-1937 waren in snelle opeenvolging een aantal publicaties verschenen, die het nieuwe, door de sediment-petrologie ontsloten werkgebied, verkenden, hetgeen aanleiding was tot het verkrijgen van allerlei inzichten in de geologie van de tertiaire en kwartaire afzettingen van Nederland, welke in het genoemde artikel werden samengevat.

Sindsdien zijn wederom talrijke geschriften over sediment-petrologische onderwerpen verschenen, deels van de hand van jeugdige onderzoekers. In meerderheid hebben laatstgenoemden gewerkt onder leiding van Dr. D. J. DOEGLAS, destijds van het Sediment-petrologisch Laboratorium van N.V. De Bataafsche Petroleum Maatschappij te

Amsterdam, thans te Wageningen. Ook Wageningen contribueerde weer het een en ander.

Verheugend is het succes van de sediment-petrologie in België, waardoor het mogelijk is geworden enkele vraagstukken over een wijder gebied te beschouwen.

Vergelijkt men de reeks oudere onderzoekingen met die van de nieuwere, dan blijkt, dat de nieuwste schrijvers de sediment-petrologie hebben gebruikt als onderdeel van geologische studiën. De sediment-petrologie vereist niet een zodanige specialisatie, dat zij niet kan worden ingepast in de normale geologische beschouwingswijze. Door het werk van de jongere generatie is de sediment-petrologie opgegaan in de geologie. Het gevolg is dan ook, dat deze samenvatting, meer dan de vorige, een geologisch karakter draagt. Men zou kunnen zeggen, dat in dit artikel naast typisch petrologische ook een aantal actuele geologische vraagstukken worden besproken, zoals die belicht worden door het sediment-petrologisch onderzoek.

Was gedurende de jaren 1932-1937 de aandacht vooral op de mineralogische samenstelling van zanden gericht, thans kunnen ook belangrijke nieuwe inzichten in de granulaire samenstelling worden vermeld. Voorts waren zowel het grind als de fijnere fracties onderwerp van uitgebreide onderzoekingen. Node zien wij af van een bespreking over de publicaties betreffende kleimineralen, aangezien een behandeling van dit onderwerp meer kennis van de kristallografie veronderstelt, dan wij bij de lezers van dit Tijdschrift aanwezig mogen achten.

Ten einde overbodige herhalingen te vermijden citeerden wij slechts bij uitzondering artikelen, die reeds in de eerste samenstelling (van 1938) zijn besproken. Wel hebben wij getracht het verband met genoemde verhandeling te versterken door de daarin verkregen conclusies in het kort te herhalen.

## § 2. Methode van mineralogisch onderzoek

De door EDELMAN en DOEGLAS in West-Europa ingevoerde methode van mineralogisch serie-onderzoek is gedurende de laatste vooroorlogse jaren door enkele Duitse schrijvers nogal becritiseerd. De jongste generatie Nederlandse onderzoekers heeft hierin aanleiding gevonden, de gehele methodiek aan een hernieuwd onderzoek te onderwerpen. (BAUSCH VAN BERTSBERGH (1940), MULLER (1943), ZONNEVELD (1946, 1947c)).

Het voornaamste punt betreft de vraag, of het onderzoek betrekking moet hebben op de gehele zandfractie, dan wel op een bepaalde, kleinere korrelfractie. De moeilijkheid is, dat de zware mineralen zeer verschillende korrelgrootten kunnen bezitten, zodat grovere en fijnere sedimenten van dezelfde herkomst aanzienlijke verschillen in samenstelling kunnen opleveren. EDELMAN en DOEGLAS rekenden deze verschillen tot de toevallige variaties in de mineraalassociaties van sedimentaire complexen. In een ideaal sediment zou de verdeling van de verschillende mineralen over de door zeven gescheiden korrelgroepen zodanig moeten zijn, dat de mineralen in fijnere fracties thuis

behoren naarmate hun soortelijk gewicht hoger is, een en ander volgens de bekende valwet van STOKES. Dergelijke ideale sedimenten zijn echter uiterst zeldzaam. Veel belangrijker dan dit deductieve principe is het feit, dat de oorspronkelijke korrelgrootte van de voor transport beschikbare mineralen zeer uiteenlopend kan zijn. In sommige materialen zijn de granaten grofkorrelig, in sommige fijn. Zirkoon is bijna steeds fijnkorrelig, een enkele maal echter juist grof.

Men moet echter ook rekening houden met de mogelijkheid, dat de grovere en fijnere delen van een sediment een verschillende herkomst kunnen hebben. Wenst men steeds dezelfde beperkte korrelfractie te onderzoeken, dan berooft men zichzelf bij voorbaat van de mogelijkheid tot ontwarring van deze mengassociaties.

ZONNEVELD (1946) heeft een uitgebreid onderzoek verricht van een reeks Rijnzanden en -kleien uit de nabijheid van Alfen. Hij scheidde het materiaal naar de korrelgrootte in enkele fracties en onderzocht de mineraalassociatie van ieder van deze korrelgroepen. Het resultaat van deze gefractioneerde mineralogische analyse is, dat de grove fracties de samenstelling van de Lobit-provincie (veel vulkanische mineralen) vertonen, de middelgrove fractie die van de saussuriet-provincie en de fijne fractie die van de A-provincie. Dit betekent, dat de materialen, die de Rijn vervoert, inderdaad van verschillende herkomst zijn en in feite stemt het resultaat van ZONNEVELD volkomen overeen met dat, waartoe EDELMAN in 1934 kwam na het onderzoek van een groot aantal Rijnzanden. M.a.w. het serieonderzoek volgens de methode EDELMAN-DOEGLAS is door de gefractioneerde analysen van ZONNEVELD in het gelijk gesteld. Hoe verwrongen zou het beeld geworden zijn, indien het mineralogisch onderzoek in Nederland uitsluitend tot een nauwe korrelfractie beperkt zou zijn geworden!

*Tabel 1. Gefractioneerde analyse van zeeffracties van een Rijnzand nabij Alfen aan de Rijn, volgens* ZONNEVELD *(1946)*

| Fractie | opaak | toermalijn | zirkoon | granaat | rutiel | anataas | titaniet | stauroliet | distheen | andalusiet | sillimaniet | chloritoid | epidoot | saussuriet | groene hoornblende | basalt. hoornblende | augiet | hypersthee n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 297 mu | 3 | 2 | — | 1 | — | — | 3 | — | — | 1 | 2 | — | 6 | 18 | 7 | 16 | 43 | 1 |
| 297–177 mu | 8 | — | — | 5 | — | — | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | — | 16 | 26 | 21 | 10 | 13 | — |
| 177–149 mu | 9 | 6 | — | 8 | — | 2 | 3 | 4 | — | 1 | — | — | 27 | 11 | 25 | 9 | 4 | — |
| 149– 74 mu | 22 | 1 | — | 22 | — | 1 | 1 | 3 | 1 | — | — | 1 | 39 | 9 | 21 | — | 1 | — |
| 74– 44 mu | 21 | 3 | 11 | 33 | — | 4 | — | 2 | — | — | — | — | 34 | 1 | 11 | — | 1 | — |
| 44 mu | 17 | 1 | 30 | 21 | 7 | 6 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | 26 | — | 4 | 1 | — | 1 |

ZONNEVELD heeft in zijn dissertatie (1947c) bezwaren ontwikkeld tegen de afleiding van de granaat uit de Rijnzanden volgens EDELMAN (1933) welke bezwaren in paragraaf 8 uitvoerig worden vermeld, maar aanvaardde bij zijn latere studie terecht de zoveel minder

tijdrovende methodiek van serie-onderzoek. Dit neemt echter niet weg, dat de gefractioneerde mineralogische analyse tot een belangrijke verdieping van onze kennis van sedimenten zal leiden, vooral als ze wordt toegepast op representatief materiaal en als zodanig is ZONNEVELD's onderzoek een mooi begin.

De methoden en beschouwingen van de Nederlandse sedimentpetrologen uit de school EDELMAN-DOEGLAS zijn steeds mede gebaseerd geweest op de resultaten van de zeer uitgebreide onderzoekingen die de B.P.M. in talrijke aardoliehoudende sedimentatiebekkens heeft laten verrichten. De basis, waarop het Nederlandse werk steunt, is dan ook zeer veel breder dan uit de literatuur blijkt, hetgeen de onervaren Duitse critici uit de jaren 1938-1940 te veel uit het oog hebben verloren.

In een belangrijk artikel heeft DOEGLAS (1940) de gehele grondslag van het werk, alsmede de langzamerhand geperfectioneerde methode uitvoerig uiteengezet. Hij gebruikt in dat artikel een enigszins gewijzigde nomenclatuur van de theoretische begrippen abnormale, normale en toevallige variaties. Wij zullen hierop thans niet ingaan, aangezien binnenkort de publicatie van een boekwerk van DOEGLAS tegemoet kan worden gezien, waarin hij zijn zienswijze volledig uitwerkt. De door DOEGLAS met voorliefde gebruikte grafische weergeving van de microscopische tellingen kan men o.a. vinden in de proefschriften van HEERTJES, MULLER en ZONNEVELD.

## § 3. Devoon en Carboon

De petrologische samenstelling van de zandstenen van het Devoon en het Carboon uit het ons interesserende gebied toont het overheersen van de ‚doorlopers' zirkoon, toermalijn en rutiel. Dientengevolge is er niet veel gelegenheid tot onderverdeling van deze dikke formaties, hoewel HEERTJES (1942) het uiterste beproefd heeft om zones in het Limburgse Carboon te onderscheiden. Toch mag deze monotonie geen aanleiding zijn tot de conclusie, dat de genoemde formaties weinig interessant zouden zijn. Uit de literatuur blijkt reeds, dat het Britse Carboon rijker aan mineralen is. Zo vindt men daar zeer granaatrijke zandstenen. BAUSCH VAN BERTSBERG (1940) heeft gelegenheid gehad, het Rijnlandse Devoon met dat van Noord-Europa te vergelijken en daarbij is eveneens de rijkdom aan granaat en andere mineralen van de noordelijke vindplaatsen, tot de Old Red Sandstone behorend, gebleken. Helaas ligt het Devoon in de grote Europese vlakte zo diep, dat er voorshands geen gelegenheid bestaat, na te gaan, hoe de granaatrijke Old Red Sandstone in het monotone Devoon van Ardennen en Rijnland overgaat. De aanwezigheid van uitgesproken provincies in het Devoon staat echter vast.

In onze kennis van het Carboon doet het ontbreken van een onderzoek van het Carboon van Ibbenbühren als een ernstig gemis aan. In dit Carboon bevatten de conglomeraten Scandinavische gesteenten, zodat het geenszins onmogelijk is, dat de zandmineralen ook een noordelijke tendens zullen blijken te vertonen.

SINDOWSKY's [1]) mededeling, dat het Rijnlandse Devoon rijk aan granaat, stauroliet, andalusiet, etc. is, moet op een mystificatie berusten. Vermoedelijk waren zijn preparaten verontreinigd of heeft een omwisseling plaatsgevonden.

§ 4. Perm en Trias

VALK (1943) heeft een artikel gewijd aan de sediment-petrologie van Perm en Trias, grotendeels gebaseerd op boormonsters. In beide formaties vindt hij een noordelijke, uiterst granaatrijke mineraalassociatie en een zuidelijke, granaatarme. In Duitsland is de situatie blijkens de door hem geciteerde literatuur juist dezelfde. Uit de beschikbare gegevens blijkt, dat de beide aangetoonde provincies in het overgangsgebied abnormale variaties vertonen, d.w.z. in zones op elkaar liggen en voorts mengingen vormen.

Plaatselijk komen ook nog stauroliethoudende afzettingen voor, waarvan de betekenis nog niet duidelijk is.

VALK herinnert aan de granaatrijkdom van de Old Red Sandstone in Noord-Europa. Mogelijk heeft deze zandsteenformatie het materiaal voor de noordelijke Perm- en Trias-provincie geleverd. Een andere mogelijkheid is, dat beide groepen van afzettingen hetzelfde herkomstgebied hebben. Verdere gegevens over Perm en Trias vindt men bij MULLER (1943) en TAVERNIER (1947a).

De bontzandsteen is de voornaamste zandsteenformatie van West- en Midden-Europa. De uitgesproken petrologische provincies in deze formatie zijn stellig waard in regionaal verband te worden bestudeerd. Maar de kennis van de bontzandsteenformatie moet ook ten goede komen aan de studie van alle jongere formaties, die materiaal aan de bontzandsteen hebben ontleend. Een uitgebreid onderzoek naar de petrologie van de Trias in Germaanse facies is dan ook alleszins noodzakelijk. Zou de oorlogstoestand zulks niet hebben verhinderd, zo zou een dergelijk onderzoek ook reeds van Wageningen uit zijn verricht.

§ 5. Krijt

Onze kennis van de sediment-petrologie van het Krijt is nog fragmentarisch. Men vindt een aantal waarnemingen verspreid over oudere en nieuwere publicaties, zoals bij F. A. VAN BAREN (1934), MULLER (1943), DOEGLAS (1944), VAN DOORMAAL (1945) en TAVERNIER (1947a). In Nederland en België bevat het Krijt naast de ‚doorlopers' veel brookiet, resp. anataas, welke mineralen mogelijk secundair zijn, zodat zij niet met stelligheid tot een nieuwe provincie aanleiding geven. De metamorfe mineralen, die in de noordflank van het Bekken van Parijs zo overvloedig zijn, komen in het Belgische en Nederlandse Krijt plaatselijk in bescheidener hoeveelheid voor. Het geheel maakt typisch de indruk van abnormale variaties van ten minste twee provincies: een met voornamelijk ‚doorlopers' (en de titaanmineralen),

1) Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 90, 1938, pag. 626.

de andere met metamorfe mineralen en granaat. Mogelijk zal de laatstgenoemde provincie nog weer gesplitst moeten worden.

Het door DOEGLAS (1944) beschreven Noord-Nederlandse Krijt bevat evenals het Zuid-Nederlandse zeer veel anataas en daarnaast wisselende, echter steeds bescheiden hoeveelheden granaat. Het sluit dus nauw aan bij het Krijt van Zuid-Nederland. De betekenis van de aangetoonde verschillen is nog niet bekend. Het ziet er naar uit, dat het niet eenvoudig zal zijn de rangschikking van deze associaties te ontwarren.

§ 6. Tertiair

Het Tertiair heeft het onderwerp uitgemaakt van uitgebreide onderzoekingen van MULLER (1943) in Nederlands-Limburg en van TAVERNIER (1943, 1947a) in België, terwijl DOEGLAS (1944) een korte mededeling deed over het omvangrijke materiaal, dat de recente olieboringen in Noord-Nederland hebben opgeleverd.

Gelijk bekend is hebben EDELMAN en DOEGLAS in 1933 de voorstelling gelanceerd, dat in het West-Europese Tertiair onderscheid gemaakt kan worden tussen een noordelijke aanvoer van materiaal, die verantwoordelijk is voor de hoofdzaak van de mariene afzettingen, en een krans van oostelijke en zuidelijke aanvoeren, die de continentale afzettingen kenmerken en daarnaast een zekere invloed op de mariene sedimenten uitoefenen. De genoemde schrijvers hebben de noordelijke provincies als A-provincie en de kransvormig gerangschikte zuidelijke en oostelijke provincies als B-provincies aangeduid. De A-provincie is gekenmerkt door een mineraalassociatie met granaat, epidoot en amphibool. De B-provincies vertonen veelal hoge percentages aan metamorfe mineralen, zoals stauroliet, distheen en soms andalusiet en sillimaniet.

De beschreven situatie geldt in het bijzonder voor het Jong-Tertiair. In het Oud-Tertiair bestaan aanwijzingen voor een zelfde situatie in rudimentaire vorm, althans sinds het Bovenste Eoceen.

De nieuw verschenen literatuur vormt een zeer waardevolle uitbreiding van onze kennis, zowel wat betreft het areaal (Noord-Nederland, België) als wat betreft de volledigheid van het onderzoek. Intussen is de situatie in het Oud-Tertiair nog niet geheel opgehelderd.

Het *Palaeoceen* omvat in het onderzochte gebied ten minste twee mineraalprovincies. Eén is gekenmerkt door een associatie met zirkoon als hoofdmineraal en voorts een weinig granaat, metamorfe mineralen en epidoot. De associatie maakt de indruk van een mengassociatie. De andere associatie heeft granaat tot 30 % en voorts stauroliet. Het Noord-Nederlands Palaeoceen bevat eveneens veel granaat en enige epidoot.

Het Palaeoceen van het Bekken van Parijs bevat een geheel andere associatie, nl. zeer rijk aan andalusiet.

Hoewel er van het Palaeoceen dus reeds het een en ander is bekend, gelukt het nog niet een samenhangend beeld van deze formatie te ontwerpen. Het regelmatig optreden van epidoot in de noordelijke

door DOEGLAS beschreven boringen zou kunnen wijzen op een samenhang met de later zo belangrijke noordelijke A-associatie. Deze zou dan tot in België doorlopen. Zeker is een en ander nog geenszins.

In het Belgische *Eoceen* vindt men een soortgelijke situatie als in het Palaeoceen: wisselende hoeveelheden granaat en epidoot, daarnaast ook een weinig amphibool. In Noord-Nederland treedt de epidoot alleen op vanaf de basis van het Ludien. Deze waarnemingen sluiten goed aan bij hetgeen EDELMAN en DOEGLAS reeds in 1933 vonden. De metamorfe mineraalgroep komt plaatselijk in bepaalde zones voor.

Voor de verklaring van de waarnemingen is een moeilijkheid, dat de Belgische continentale eocene afzettingen evenzeer enige epidoot bevatten als de mariene. Indien dit zou wijzen op een, zij het ook geringe, zuidelijke aanvoer van epidoot, zo wordt de interpretatie van kleine hoeveelheden van dit mineraal als een argument voor de A-associatie uiteraard bezwaarlijk.

*Oligoceen.* In het mariene Oligoceen van België treedt reeds veel epidoot op, vergezeld van sterk wisselende hoeveelheden granaat en in sommige afzettingen ook amphibool. Het geheel is weinig overzichtelijk. TAVERNIER wijst nog op de analogie van enkele van zijn associaties met die uit het Bekken van Parijs. Naast deze associaties zijn er met een hoog gehalte aan metamorfe mineralen.

MULLER bevestigde in het zuidoostelijk Nederlandse gebied in hoofdzaak de resultaten van EDELMAN en DOEGLAS (1933), maar vestigde nog de aandacht op een zeer granaatrijke associatie boven in het Onder-Oligoceen.

Vergelijken wij de oud-tertiaire afzettingen onderling, dan zien wij, dat er stellig granaat en waarschijnlijk ook een weinig epidoot uit het Zuiden is aangevoerd. Door voortzetting van het onderzoek in Frankrijk moet het mogelijk zijn, deze invloeden beter te leren kennen. In Noord-Nederland zijn de oligocene sedimenten door de A-provincie gekenmerkt, in overeenstemming met de theorie EDELMAN-DOEGLAS. (DOEGLAS 1944).

*Jong-Tertiair.* De theorie van EDELMAN en DOEGLAS is voor het Jong-Tertiair ten volle bevestigd. De mariene afzettingen zijn door de A-associatie gekenmerkt, die in het begin nog amphibool-arm, later echter ook amphibool-rijk wordt. Zowel MULLER als TAVERNIER vermelden vele analysen, waaruit deze toestand blijkt.

In een deel van de continentale afzettingen vond MULLER een nieuwe associatie, door hem B-Limburg-granaat genoemd en die gekenmerkt is door de metamorfe mineralen benevens granaat. TAVERNIER heeft deze associatie in België ook gevonden, terwijl de Fischbach-Schichten in het Rijnland dezelfde eigenschappen bezitten. Ze vormt een verlevendiging van het enigszins monotone beeld van de krans van associaties, die alle door de metamorfe mineralen zijn gekenmerkt.

Van Belgische zijde bestaan bedenkingen tegen de stratigrafische opvattingen van MULLER, die echter voor ons doel niet van direct belang zijn.

De Noord-Nederlandse boringen gaven resultaten, die in hoofdzaak met de verwachtingen overeenstemden. DOEGLAS heeft de betrekkingen tussen de mineralen amphibool, epidoot en granaat nauwkeurig bestudeerd en heeft daarbij gevonden, dat het gehalte aan amphibool onafhankelijk van dat van de beide andere mineralen varieert, m.a.w. dat de A-provincie in oorsprong in twee provincies uiteen valt, één met in hoofdzaak epidoot en granaat, terwijl de andere door zeer veel amphibool moet zijn gekenmerkt. MULLER meende hetzelfde in Zuid-Nederland te hebben opgemerkt. Een oudere publicatie van BÖHMERS (1937), betrekking hebbende op het Noord-Nederlandse mariene Oud-Kwartair en waarin zeer amphiboolrijke sedimenten zijn beschreven, wijst in dezelfde richting. DOEGLAS meent uit zijn materiaal te kunnen concluderen, dat de epidoot-granaat-toevoer uit het Noordoosten en die van de zeer vele amphibool meer uit het Noorden afkomstig is.

§ 7. Maas

In onze samenvatting van 1938 konden wij concluderen, dat de Maas zanden met drie verschillende mineraal-associaties heeft aangevoerd en wel:

a) Limburg-provincie, rijk aan metamorfe mineralen, in het Oud-Pleistoceen.
b) Elsloo-provincie, rijk aan chloritoid en bruingroene amphibool, in het Midden-Pleistoceen.
c) Eysden-provincie, rijk aan chloritoid en troebele granaat in het Jong-Pleistoceen en Holoceen.

Destijds was het nog niet mogelijk deze verschillen afdoende te verklaren. Thans, na het verschijnen van het werk van ZONNEVELD (1947c), is het mogelijk hierover iets meer mede te delen.

ZONNEVELD was in de gelegenheid bodemmonsters van de bovenloop van de Maas te onderzoeken en kon zodoende vaststellen, dat de drie karakteristieke mineralen inderdaad uit de Ardennen stammen. Het hoofdbestanddeel, de troebele chloritoid, is afkomstig van de zijrivieren Semois en (of) Lesse en voorts uit het systeem Ourthe, Amblève, Salm. De Cambrische metamorfe massieven van Bastogne-Libramont en Vielsalm-Stavelot hebben dus de troebele chloritoid geleverd, waarbij nog moet worden opgemerkt, dat de petrografen uit de moedergesteenten slechts de heldere, goed gekristalliseerde ottreliet hebben beschreven en de troebele, ogenschijnlijk veelvuldiger variëteit niet noemen.

De herkomst van het bruingroene amphibool is nog niet bekend. Vermoedelijk komt het bestanddeel uit het massief van Stavelot-Haute Fagne. De troebele granaat schijnt dezelfde herkomst te hebben als de chloritoid.

Instructief is, dat de Maas tot Mézières in Frankrijk een aanzienlijk percentage heldere granaat bevat. Verder stroomafwaarts wordt dit bestanddeel geheel op de achtergrond gedrongen door het Ardennenmateriaal en wordt het nog slechts zeldzaam gevonden.

ZONNEVELD heeft voorts een zeer belangrijke bijdrage geleverd tot

de kennis van de verbreiding van het Maas-materiaal in het Nederlandse Pleistoceen. Dat de Limburg-associatie in het Pleistoceen van Noordbrabant en Midden- en Noord-Limburg van belang is, was reeds door EDELMAN (1933) afdoende gedemonstreerd, maar de bijdrage van de typische Ardennen-associaties Elsloo (s.s.) en Eysden in het Oosten van genoemd gebied is eerst thans duidelijk geworden.

Typisch Maas-materiaal treedt op in de zones van Budel (zone 7), de zone van Veghel (zone 10) de zones van Kreftenheye en Grubbenvorst (zone 11 en 12) en de zone van Horn (zone 13). De zone van

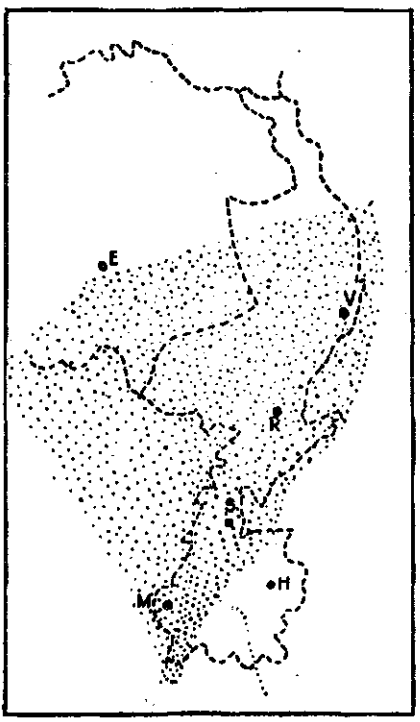


Fig. 1. Verspreiding van typische Maaszanden in het Oud-Pleistoceen (Mindl). Zone van Budel (zone 7) volgens ZONNEVELD (1947b).

Budel is de oudste afzetting, waarin de typische Maasmineralen bruingroene amphibool en troebele chloritoid optreden. ZONNEVELD beschouwt deze afzetting als de rechtstreekse voortzetting van het Zuid-Limburgse Hoogterras. Wel bevat de zone van Budel minder van de genoemde mineralen dan de overeenkomstige Zuid-Limburgse afzettingen, maar dit is blijkbaar een gevolg van bijmenging met omgewerkte oudere zanden.

De zone van Veghel heeft dezelfde samenstelling als die van Budel, maar wordt uitsluitend aangetroffen in een langgerekte strook, waarvan de oostgrens ongeveer samenvalt met de lijn Sittard-Roermond-

Swalmen-Venlo, terwijl de westgrens ongeveer over Asten, Helmond naar Boxtel loopt. In het Zuiden ligt de zone van Veghel duidelijk in een erosiedal; meer naar het Noorden rust het materiaal op de oudere afzettingen, zodat daar een ondergrondse terrassenkruising aanwezig is. ZONNEVELD rekent de zone van Veghel tot de Risz I periode.

De jongere pleistocene Maasafzettingen, (zones van Grubbenvorst, Risz II, en die van Horn, Wurm) zijn ongeveer aan de tegenwoordige Maasloop gebonden. De zone van Grubbenvorst vloeit in het Noorden

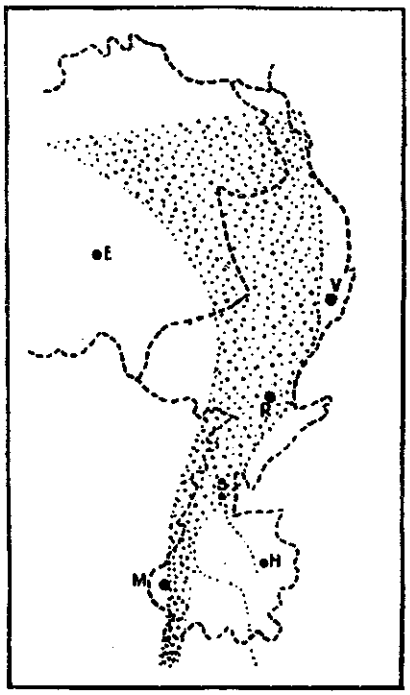


Fig. 2. Verspreiding van typische Maaszanden in het Oud-Pleistoceen (Risz 1). Zone van Veghel (zone 10) volgens ZONNEVELD (1947b).

samen met die van Kreftenheye, de Rijnafzetting van de Niersdepressie.

Uit het bovenstaande blijkt wel, hoezeer onze kennis van de verbreiding van de Maas-sedimenten in verticale en horizontale zin door het werk van ZONNEVELD is toegenomen. Onnodig te zeggen, dat deze kennis tevens zeer ten goede is gekomen aan zijn tectonische en stratigrafische conclusies.

§ 8. Rijn

ZONNEVELD heeft uitgebreide beschouwingen gewijd aan de samenstelling van de oudere Rijnzanden en is daarbij tot een andere conclusie gekomen dan EDELMAN in 1933. Zag deze de zuivere saussuriet

provincie als arm aan granaat, ZONNEVELD meent, dat dit onjuist is en dat de Rijn veel granaat als eigen bestanddeel heeft afgevoerd. Het gevolg van deze opvatting is, dat ZONNEVELD een overeenkomstig geringere invloed aan de A-provincie in de opbouw van het Nederlandse Pleistoceen toekent. ZONNEVELDs betoog berust voor een groot gedeelte op het werk van Duitse schrijvers, zoals ERBERICH en SINDOWSKY, die granaat, epidoot en hoornblende uit Rijnzanden vermelden van vindplaatsen, waar de noordelijke mineralen redelijkerwijze nooit kunnen zijn afgezet.

Na de beschouwingen van ZONNEVELD menen wij, dat het wel vaststaat, dat wij destijds met de interpretatie van de granaat te ver zijn gegaan. De Rijnzanden bevatten grove, rose tot rode granaten, die in de A-provincie niet thuisbehoren. Met de granaat is ook de invloed van de A-provincie in meng-associaties te hoog aangeslagen. Een herziening van deze kwestie is thans wel noodzakelijk geworden. Deze zal gebaseerd moeten zijn op een zorgvuldig onderscheid van de variëteiten van zowel granaat en epidoot als hoornblende, benevens van de lichte mineralen. ZONNEVELD meent, dat de tijd voor een uitspraak over de herkomst van deze zuidelijke granaat, epidoot en hoornblende nog niet is gekomen.

Interessant is voorts het werk van ANDRÉ CAILLEUX, die zich heeft beziggehouden met het aspect van de zandkorrels (zie ook § 15). Hij onderscheidt korrels die „ronds, mats, propres" zijn en die welke „ronds, mats, sales" zijn. Beide zijn kenmerkend voor aeolische afzettingen, de „schone" korrels voor jonge aeolische sedimenten, zoals de dekzanden en de „vuile" voor oudere formaties, zoals de bontzandsteen. Het „vuile" aspect is een gevolg van het bindmiddel, dat uit het eermaals losse zand de vaste rode bontzandsteen heeft gemaakt. Het is nu gebleken, dat vele Nederlandse zanden, waarin de Rijninvloed vaststaat, een hoog percentage van deze vuile, matte afgeronde kwartskorrels vertonen. Deze korrels moeten afkomstig zijn van de Duitse bontzandsteen en het curieuze is wel, dat zij ondanks het verre transport nog niet eens hun „vuile" huidje van aanhangend bindmiddel hebben verloren. Dit is wel een merkwaardig argument voor de door ons herhaaldelijk verdedigde zienswijze, dat het transport aan de eigenschappen van zandkorrels weinig afdoet.

## § 9. Kwartaire afzettingen van noordelijke herkomst

In de vorige paragraaf was reeds sprake van de opvatting van ZONNEVELD, dat de invloed van de noordelijke inslag van de Nederlandse pleistocene zanden overschat was. In een zeer recent artikel (ZONNEVELD 1948) heeft hij deze opvatting nader gepreciseerd.

Het gewijzigde inzicht heeft veel invloed op de beoordeling van het gebied van Tegelen. Dit gebied heeft steeds een lastig vraagstuk opgeleverd, vooral ten gevolge van stratigrafische moeilijkheden. ZONNEVELD heeft de stratigrafische indeling van het gebied thans wederom gewijzigd en het is niet te verwachten, dat de discussie thans

gesloten is. Bij een revisie van het materiaal zal ook rekening moeten worden gehouden met de gegevens van het aangrenzende Duitse gebied, waar de Tegelen-horizont soortgelijke verwarring veroorzaakt als in Nederland.

Onze mening, dat in het gebied van Tegelen oud-kwartaire afzettingen met A-materiaal voorkomen, was gebaseerd op de rijkdom van deze lagen aan de mineralen van deze A-associatie en het ontbreken van saussuriet, dat in de zandige lagen boven en onder deze kleien in grote hoeveelheden optreedt. ZONNEVELD rekent deze saussuriet-vrije kleien zonder meer tot de saussuriet-provincie. Dit is naar onze mening niet voldoende gemotiveerd. TAVERNIER (1942, 1947b) heeft zich bij zijn beschrijving van de kleien van Rijckevorsel bij onze opvattng aangesloten. Ten aanzien van de stratigrafische conclusies van ZONNEVELD kunnen wij geen oordeel uitspreken. Een deel van het materiaal is echter ook naar zijn mening prae-Mindl, zodat de hypothetische eerste noordelijke glaciatie (Grünz-glaciatie) nog steeds ter discussie staat.

Ook bij zijn bespreking van de dekzanden en de loess onderschat ZONNEVELD de betekenis van de armoede, resp. de afwezigheid van saussuriet; de A-invloed is in deze afzettingen overheersend.

Samenvattend willen wij opmerken, dat de noordelijke inslag van de gemengde kwartaire afzettingen niet meer uitsluitend op het granaatgehalte mag worden gebaseerd. Een revisie van deze kwestie zal gebaseerd kunnen worden op de variëteits-verschillen van die mineralen, waarvan de aanwezigheid alleen niet meer voldoende voor het trekken van conclusies wordt geacht. Het zou echter voorbarig zijn, nu tot het andere uiterste te vervallen en de aanwezigheid van A-mineralen als een kenmerk van een originele Rijn-sedimentatie te gaan beschouwen.

## § 10. Weser en Elbe

Een onderzoek naar de aard van het materiaal dat door de West-Duitse rivieren wordt afgevoerd, was nodig als onderdeel van de studie over het Waddengebied en vormt tevens een waardevolle aanvulling van de ervaringen, verkregen met het onderzoek van de Nederlandse rivieren en voor de kennis van de Nederlandse zanden van oostelijke herkomst. Blijkens CROMMELIN en MAASKANT (1940) is de Elbe gekenmerkt door een associatie, rijk aan jong-vulkanische mineralen, in het bijzonder augiet. Maar het interessantste bestanddeel is echter de topaas, die over de volle lengte van het Elbedal van de Saksische grens af tot aan Hamburg is gevonden. De groep metamorfe mineralen is eveneens sterk vertegenwoordigd, waarbij de goed gekristalliseerde sillimaniet wederom een sterke band legt met de Nederlandse Enschede- en Scheemda-provincies. De betekenis van de A-provincie is gering. Wel zijn granaat, hoornblende en epidoot aanwezig, maar CROMMELIN en MAASKANT betogen op grond van een vergelijking met zanden uit de omgeving, dat de combinatie toevallig is en de mineralen, wat hun herkomst betreft, niet bij elkaar behoren. Het vulkanische materiaal wordt naar de mond toe geleidelijk minder belangrijk.

*Tabel 2. Mineralogische analyse van enkele Elbe- en Weser-zanden volgens* CROMMELIN *en* MAASKANT *(1940)*

| | opaak | toermalijn | zirkoon | granaat | rutiel | anataas | brookiet | titaniet | stauroliet | distheen | andalusiet | sillimaniet | epidoot | saussuriet | groene hoornblende | basaltische hoornblende | glaucophaan | augiet | hyperstheen | topaas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Werra (Wommer) | 43 | 3 | 8 | 3 | | | | | 2 | | | | | 1 | 3 | 23 | | 57 | | |
| Fulda (Fulda) | 31 | 3 | | | | | | | | | | | | | | 17 | | 80 | | |
| Weser (Landesbergen) | 15 | 8 | 13 | 9 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 7 | 7 | 9 | 5 | | 35 | 4 | |
| Weser (Bremen) | 22 | 4 | 1 | 43 | 1 | | | | 2 | 3 | 2 | 1 | 8 | 1 | 8 | 5 | | 15 | | 5 |
| Weser (Waddenzee) km 125 | 22 | 6 | 12 | 28 | 3 | | | | 3 | 4 | | 2 | 21 | 1 | 18 | | | | 1 | 1 |
| Elbe (Magdeburg) | 14 | 4 | | 6 | | | | | 4 | 2 | 1 | 6 | | 5 | 5 | 2 | | 58 | | 6 |
| Elbe (nabij Hamburg) | 14 | 3 | 1 | 26 | | | | | 7 | 5 | 2 | 3 | 6 | 8 | 12 | 2 | | 20 | | 3 |

Het materiaal dat in het stroomgebied van de Weser wordt aangetroffen, loopt zeer uiteen. De bovenloop van Fulda en Werra bevat veel vulkanisch materiaal en soms veel metamorfe bestanddelen. Verder benedenwaarts bevat de rivier veel A-materiaal te zamen met de vulkanische producten. Voorbij Bremen echter vervoert de Weser vooral Elbe-materiaal en voorbij Bremerhaven ligt de stroomgeul van de rivier geheel in A-zanden! Men ziet dat de Weser in complicaties niet onderdoet voor de Maas! De Weser laat evenals de Maas zien, dat een rivier in de vlakte allerlei materiaal kan transporteren, afhankelijk van de samenstelling van de afzettingen uit de omgeving, die door de rivier worden omgewerkt. Voorts is wel duidelijk geworden, dat de Weser geen of nagenoeg geen materiaal in zee brengt, zelfs niet het omgewerkte Elbe-materiaal uit de loop beneden Bremen. Bij de bespreking van het Waddengebied (§ 11) komen wij op dit verschijnsel nog terug.

§ 11. Waddenzee

De uitgebreide onderzoekingen over de bodem van de Waddenzee, welke in de jaren 1938-1942 in Wageningen zijn uitgevoerd, hadden allereerst ten doel, de samenstelling van het slib te leren kennen. Dat het zand van de Waddenzee voornamelijk tot de A-provincie behoort, is door CROMMELIN (1940) ondubbelzinnig vastgesteld, terwijl het reeds besproken onderzoek van CROMMELIN en MAASKANT duidelijk heeft gemaakt, dat de Noordduitse rivieren geen of zeer weinig A-materiaal afvoeren. Het Waddenzand komt dus uit de Noordzee. Het resultaat van het onderzoek van het microscopisch nog toegankelijke deel van het slib (deeltjes groter dan 10 micron) is door CROMMELIN gepubliceerd; het onderzoek van de nog fijnere fracties is door FAVEJEE verricht, maar zijn resultaten zijn nog niet in druk verschenen. De voornaamste vraag, die CROMMELIN onder de ogen moest zien, was of het Waddenslib van de rivieren Eems, Weser en Elbe

afkomstig kon zijn, zodat hij eveneens slib uit de genoemde rivieren in zijn onderzoek betrok.

De hoofdbestanddelen van alle onderzochte slibmonsters zijn: kwarts, veldspaten, glimmer en chloriet. Aan deze hoofdbestanddelen zou een verschil van herkomst van de slibmonsters dus niet kunnen worden vastgesteld. Echter bevat het rivierslib (vooral van de Weser) steeds glas-fragmenten, waarschijnlijk een kunstproduct, dat thans het Weserslib verontreinigt. Het Waddenslib bevat dit zeer kenmerkende bestanddeel niet. De bijdrage van de Weser en van de andere rivieren aan de huidige sedimentatie van slib op de Wadden kan dus hoogstens van zeer ondergeschikte betekenis zijn. Daarentegen stemmen Noordzeeslib en Waddenslib geheel overeen, zodat de conclusie wel moest luiden, dat het Waddenslib evenals het Waddenzand uit de Noordzee afkomstig is.

Wij willen deze paragraaf besluiten met nog eens samenvattend te wijzen op de curieuze resultaten, die het onderzoek van de Nederlandse en Westduitse rivierzanden heeft opgeleverd. Terwijl de deductie doet vermoeden, dat de rivieren zand en slib afvoeren, dat in zee wordt afgezet, leert het onderzoek, dat de Nederlandse en Westduitse rivieren geen zand naar zee brengen. Het aangevoerde zand heeft zijn plaats gevonden in de oeverwallen van de benedenloop, terwijl het zand, dat thans in de estuaria wordt gevonden, uit zee afkomstig is. Thans is ook gebleken, dat het slib in het Waddengebied ook al uit zee komt en dat de rivieren geen bijdrage van enige betekenis leveren. Voor het Scheldegebied duurt het onderzoek nog voort.

Het microscopisch onderzoek van het slib, zoals CROMMELIN dat heeft uitgevoerd, behoort tot de moeizaamste werkzaamheden, waarvoor een sediment-petroloog kan worden geplaatst.

## § 12. Oostelijk materiaal

De onderzoekingen van CROMMELIN en MAASKANT over de zanden van Weser en Elbe hebben wel aangetoond, dat de Enschede-provincie oorspronkelijk van de Elbe afkomstig is. Aangezien de Enschede-provincie tot het Prae-glaciaal behoort, is het materiaal vermoedelijk afgezet in de tijd, toen het landijs ons land begon te naderen en de Noordduitse rivieren in hun loop naar het Noorden reeds geblokkeerd waren (EDELMAN 1939). In zekere zin behoort dit materiaal dus tot de afzettingen van de beroemde rivier van PENCK, die door Nederland moet hebben gestroomd, maar waarvan nog te weinig bekend is. De Scheemda-provincie zou een overeenkomstige afzetting uit de Mindltijd kunnen zijn. Een en ander stelt ook het in vele verzamelingen aanwezige, maar nog nooit systematisch bewerkte oostelijke zwerfsteenmateriaal in een helderder licht. Het lijkt thans wel zeer noodzakelijk, aan de oostelijke sedimentatieproducten meer aandacht te gaan besteden. Zij zijn een monografische studie ten volle waard.

## § 13. De kzanden

Sinds 1934, toen F. A. VAN BAREN uiting gaf aan zijn verrassing

over het optreden van zeer uniforme zanden in noordwestelijk Limburg, waar de geologische kaart met hoog-, midden- en laagterras belangrijke verschillen zou doen vermoeden, kennen we het bestaan van dekzanden in Nederland. Hij schrijft (pag. 54-55): „Reeds bij het verzamelen was de uniformiteit van het zand opvallend, ook daar, waar de kartering de verschillen hoog-, midden- of laagterras aanwees, een uniformiteit, die zeer sterk de indruk maakte van een enorme stuifzandbedekking, die alle eventuele oorspronkelijke verschillen had doen verdwijnen."

De dekzand-hypothese is vruchtbaar geweest en komt tot uitdrukking in vele publicaties van de Wageningse onderzoekers. Zij is thans wel algemeen aanvaard.

Sinds onze eerste samenvatting zijn verscheidene artikelen verschenen, die de petrologie van de dekzanden behandelen: VAN DOORMAAL (1945), ZONNEVELD (1947c), TAVERNIER (1947b), EDELMAN (1947b), DE VRIES (1944), DE VRIES en VAN VLIET (1945).

Gelijk bekend is zijn de dekzanden door de wind gevormd en wel voornamelijk omstreeks de overgang Pleistoceen-Holoceen. Zij zijn gekenmerkt door hun dekvorm, een betrekkelijk dunne laag over zeer grote oppervlakte. Zij zijn veelal fijn gelaagd en bevatten geen grint.

In de tot nu toe onderzochte gedeelten van Nederland bevatten de dekzanden overwegend de A-associatie, een enkele maal verontreinigd door Rijn-materiaal en dat van de Limburg-provincie. TAVERNIER is er in geslaagd, de Belgische dekzanden in drie provincies te groeperen. De dekzanden van Neder-België zijn gekenmerkt door een associatie rijk aan saussuriet. TAVERNIER brengt deze zanden in verband met de H-provincie, die BAAK definieerde voor een groot gedeelte van de zanden van de huidige Noordzee. Het is wel curieus, dat dit zand, door de Rijn naar het pleistocene Noordzeebekken gebracht, door de wind weer over een groot deel van het Vlaamse land is uitgespreid. In de Kempen vindt men meer A-associaties, soms met enig Rijnmateriaal gemengd. In het Zuidoosten van de Kempen hebben de dekzanden de samenstelling van de B-Limburg-provincie en zijn dus rijk aan de metamorfe mineralen. Het is dringend nodig, dat het kaartje van TAVERNIER op Nederlands gebied gecompleteerd wordt.

Interessant ook zijn de onderzoekingen van ZONNEVELD (1947a) over de dekzanden van Noord-Limburg. Het ‚zand-diluvium' ten Westen van de Maas, dat vroeger reeds met hetzelfde resultaat door F. A. VAN BAREN is beschreven, is niet van de Maas afkomstig. De typische Maas-mineralen ontbreken geheel. Merkwaardig is, dat ten Oosten van de Maas wel Maas-materiaal in de dekzanden aanwezig is. Hetzelfde geldt van de loess van Koningsbosch (vergelijk § 14), die de voortzetting van het aeolische laagterras vormt. Dit is een sterk argument voor ZONNEVELD's conclusie, dat de dekzanden door westelijke winden zijn afgezet.

Voorts is van belang, dat ZONNEVELD meent, dat het dikke pakket dekzanden uit het door hem onderzochte gebied in twee perioden is afgezet. Dit is de eerste maal, dat er sprake is van twee dekzand-

sedimentaties, een gezichtspunt, dat voor de toekomst alle aandacht verdient.

De korrelverdeling van de Brabantse dekzanden kan blijken uit de

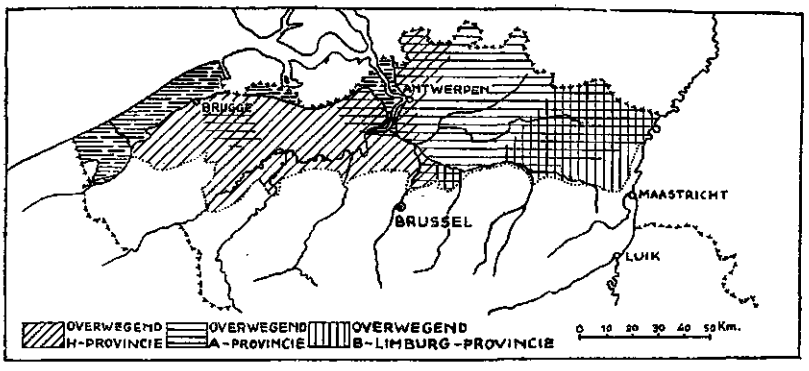


Fig. 3. Sedimentpetrologische provincies in de Belgische dekzanden (Flandriaan) volgens TAVERNIER (1947a).

genoemde studie van DE VRIES (1944). Vele van zijn analyses laten zeer fraai zien, dat deze zanden een product van aeolische sedimentatie zijn. Voorts blijkt uit zijn analysemateriaal, hoe het dekzandmateriaal

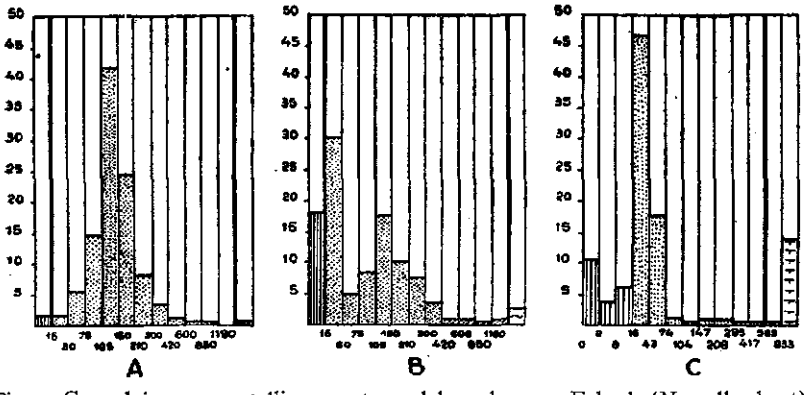


Fig. 4. Granulaire samenstelling van twee dekzanden van Esbeek (Noordbrabant) en van loess (Zuid-Limburg).
A: typisch dekzand, B: leemhoudend dekzand, C: loess (volgens O. DE VRIES).

geleidelijk kan overgaan in loessmateriaal (zie ook EDELMAN 1947b).

Ook VAN DOORMAAL (1945) heeft deze overgang besproken en vermeldt een aantal analyses van dekzanden, oostelijk van de Maas, die karakteristiek zijn voor het grensgebied dekzand-loess.

§ 14. Loess

Moesten wij in 1938 nog concluderen, dat het onderzoek van de

Zuid-Limburgse loess ondanks de uitgebreide literatuur geenszins bevredigend genoemd mocht worden, thans is onze kenns dank zij de dissertatie van VAN DOORMAAL (1945), zeer toegenomen. In overeenstemming met de lijn, door de meeste jongere onderzoekers getrokken, plaatste VAN DOORMAAL zijn onderzoek op een brede basis en zijn conclusies berusten dan ook niet alleen op het mineralogisch onderzoek, maar eveneens op dat van de granulaire analyse en op waarnemingen in het terrein.

De belangrijkste resultaten van VAN DOORMAAL kunnen als volgt worden samengevat:

*1.* De uniformiteit van de loessprofielen is, geologisch gesproken, zeer groot. De vele onderzochte profielen kunnen worden teruggebracht tot 2 volledige profieltypen, door VAN DOORMAAL A en AB genoemd en twee onvolledige profielen $A_1$ en $A_2$.

Het standaardprofiel A vertoont van boven naar beneden het bodemprofiel, rustend op kalkarme (ontkalkte) loessleem, naar beneden haarscherp overgaand in kalkrijke loess. Men mag er een normaal verweerd loessprofiel in zien. In het standaardprofiel AB rust het zoeven genoemde lagenpakket op een kalkarme (ontkalkte) leemlaag (B), die vaak het kenmerk vertoont van een fossiel bodemprofiel. Een enkele maal vond VAN DOORMAAL de beide pakketten gescheiden door een duidelijk humeuze laag. De onderste kalkarme laag is kennelijk verweerd, toen hij nog aan de oppervlakte lag, d.w.z. de afzetting van de loess is door een vegetatie- en verweringsperiode onderbroken. Anders gezegd, het profiel vertoont twee loesslagen op elkaar. Hiermede heeft VAN DOORMAAL de oude theorie van J. VAN BAREN in ere hersteld. Zelfs vond VAN DOORMAAL aanwijzingen voor het bestaan van drie loessafzettingen, hetzelfde aantal, dat uit het nabije buitenland bekend is.

*2.* Ook de granulaire samenstelling van de loess is bijzonder uniform. Of de loess oud dan wel jong, verweerd dan wel onverweerd, kalkarm dan wel kalkrijk is, of men monsters uit het Noorden dan wel uit het Zuiden van Zuid-Limburg onderzoekt, men verkrijgt korrelgroottediagrammen, die onder elkaar slechts zeer weinig verschillen. In een driehoeksgrafiek komen de stippen zo dicht bijeen te liggen dat zij ineen gaan vloeien en tot een zwarte vlek aanleiding geven (fig. 5). Hoe opvallend is het contrast met een reeks analyses van rivierafzettingen, zoals die van de Bommelerwaard!

Als gemiddelde van 86 analyses van loess en loessleem vond VAN DOORMAAL:

| fractie | percent |
|---|---|
| > 50 mu | 3 |
| 50-10 mu | 72 |
| < 10 mu | 25 |

Hoe gering de spreiding van de analyses ook is, toch is de variatie

nog regelmatig. Naar het Noorden wordt de loess iets grover [1]), terwijl veelal de bovenste horizonten van een loessprofiel iets fijner zijn dan de diepere lagen.

In het sterk geaccidenteerde Zuid-Limburgse landschap treedt vaak vermenging van loess met materiaal van andere afzettingen op. De granulaire samenstelling van de zuivere, onvermengde loess is zo karakteristiek, dat zelfs kleine bijmengingen van ander materiaal, zoals kwartaire of tertiaire zanden, resp. de verweringsproducten van het Krijt, onmiddellijk opvallen.

3. Dat de mineralogische samenstelling van de loess op een glaciale

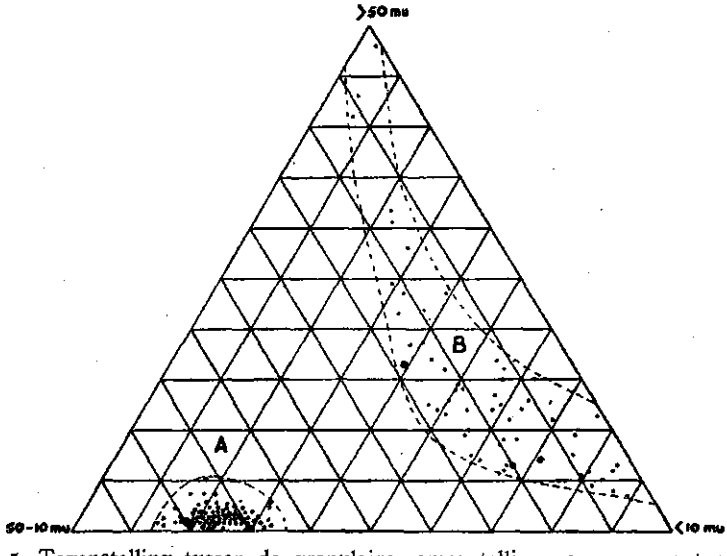


Fig. 5. Tegenstelling tussen de granulaire samenstelling van een groot aantal loessmonsters uit Zuid-Limburg (volgens VAN DOORMAAL) en van een aantal rivierafzettingen uit de Bommelerwaard.
A: loess, B: fluviatiele afzettingen.

herkomst wijst was reeds bekend uit het onderzoek van DRUIF, later bevestigd door EDELMAN. Thans kan de conclusie worden betrokken op een uitgebreid waarnemingsmateriaal.

Interessant is, dat de beide door VAN DOORMAAL met zekerheid onderscheiden loessafzettingen een verschillende samenstelling hebben. De jonge gele loess vertoont een samenstelling overeenkomend met de A-provincie, terwijl de oudere loess(en) door de X-provincie is (zijn) gekenmerkt. Ook deze moet als van glaciale herkomst worden beschouwd.

---

1) Er bestaat een interessante bodemkaart van Zuid-Limburg, samengesteld door Ir. W. J. DEWEZ, destijds Rijkslandbouwconsulent in Limburg, thans hoogleraar aan de Landbouwhogeschool. Deze kaart geeft een fraai inzicht in het vermelde verschijnsel, maar is tot op heden nog niet gepubliceerd.

Tabel 3 geeft weer de gemiddelde mineralogische samenstelling van een aantal jonge en oude loessen volgens VAN DOORMAAL.

*Tabel 3. Gemiddelde mineralogische samenstelling van jonge en oude loessen van Zuid-Limburg, volgens* VAN DOORMAAL

| | opaak | toermalijn | zirkoon | granaat | rutiel | anataas | brookiet | staurolliet | distheen | andalusiet | epidoot | amphibool |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jonge Loes (A-provincie) | 39 | 4 | 20 | 16 | 13 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 28 | 8 |
| Oude Loess (X-provincie) | 40 | 6 | 26 | 5 | 23 | 5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 36 | 1 |

Het is VAN DOORMAAL niet gelukt, een voldoend representatief materiaal van het Limburgse Senoon te onderzoeken, ten einde te demonstreren, dat de loess een andere mineralogische samenstelling heeft dan ons Krijt. Ten einde voldoende in zoutzuur onoplosbaar materiaal te verkrijgen moeten zeer grote kalksteenmonsters worden behandeld en die waren niet in voldoend aantal beschikbaar.

4. Zowel de ligging in het terrein als de bijzondere granulaire en mineralogische eigenschappen van de loess wijzen op een aeolisch ontstaan.

5. De jonge loess is klaarblijkelijk niet ouder dan laat-Würm glaciaal. Onze jonge loess vormt geologisch één geheel met die van België en West-Duitsland, waar een Würm-ouderdom dank zij talrijke archaeologische vondsten een vaststaand feit is. In verband hiermede heeft VAN DOORMAAL een critische studie gemaakt van de talrijke geschriften over de destijds beroemde menselijke onderkaak van Smeermaes. De Nederlandse palaeontologen hebben deze vondst als onbetrouwbaar verworpen, maar VAN DOORMAAL acht de oorspronkelijke beschrijving van de vindplaats zo treffend in overeenstemming met de feiten, dat hij geneigd is de vondst als authentiek te beschouwen. Een hernieuwd modern onderzoek van deze onderkaak lijkt dan ook gemotiveerd. Dit zou wellicht een rechtstreekse ouderdomsbepaling van de jonge loess in Nederland mogelijk maken.

Van veel belang is voorts het feit, dat de loess naar het Noorden horizontaal in jong-pleistocene dekzanden overgaat. In België kan men deze overgang prachtig volgen. Op Nederlandse bodem is dit mogelijk nabij Koningsbosch. Dit belangrijke punt is onlangs wederom door ZONNEVELD (1947c) beschreven en hij komt tot dezelfde conclusie als de Wageningse onderzoekers. Aangezien de ouderdom van de jong-pleistocene dekzanden op tal van plaatsen in ons land, dank zij microbotanisch en palynologisch onderzoek, is komen vast te staan, wint de onderstelling van een jong-pleistocene ouderdom van de jonge loess nog aan waarschijnlijkheid.

VAN DOORMAAL houdt de oude loess voor een afzetting uit de Riszperiode. Als deze oudere leem nog nader zal moeten worden onderver-

deeld, zal mogelijk blijken, dat de middelste loess oud-Wurm en de oudste Risz is.

6. De verspreiding van de loess in Zuid-Limburg is zeer interessant. In het Zuidwesten zien wij de loess tot op de waterscheiding langs de Belgische grens op vuursteeneluvium liggen. Op de hellingen is veel loess weggespoeld en ziet men het vuursteeneluvium, vermengd met enige loess, aan de oppervlakte. De zg. verweringsleem, die op de door VAN RUMMELEN herhaaldelijk gepubliceerde kaart ten Zuiden van de Geul een groot gebied inneemt, is gebleken oudere loess te zijn, door verwering roodachtig gekleurd. Een detailkaartje van het bekende Ubaghsberggebied vertoont duidelijk, hoe langs de hellingen kleefaarde optreedt en op de plateau's tussen de dalen loess. In het Oosten van Zuid-Limburg vindt men wederom oude loess aan de oppervlakte.

7. VAN DOORMAAL is ook ingegaan op de definities van begrippen, voor zover die samenhangen met de loess. Zo spreekt hij o.m. van loessleem, ter aanduiding van de ontkalkte delen van het loessprofiel. Volgt men deze suggestie, zo zal men de gronden van Zuid-Limburg als loessleemgronden kunnen aanduiden, aansluitend aan het plaatselijk spraakgebruik. De term Limburgse klei is, gelijk bekend, niet inheems. De term loess-formatie is van belang, indien het nodig is over afzettingen te spreken, die niet geheel uit loess bestaan, maar tevens hellingmateriaal bevatten. Ten slotte gaf VAN DOORMAAL een geologische en petrologische definitie van loess, hetgeen tot enige aanmerkingen aanleiding heeft gegeven [2]).

Het voornaamste punt, dat thans aan de orde is, betreft het karteren van de twee (of drie) loessen, zowel aan de oppervlakte als in de ondergrond. VAN DOORMAAL is daaraan, ten gevolge van de politieke strubbelingen, niet meer toegekomen. Ook de bepaling van de ouderdom, vooral van de oudere loess(en), verdient de volle aandacht van toekomstige onderzoekers.

Over de horizontale overgang van loess naar dekzand was reeds sprake. Het onderwerp is eveneens behandeld in § 13.

## § 15. Het aspect van zandkorrels

In zijn in 1942 verschenen verhandeling heeft ANDRÉ CAILLEUX de resultaten medegedeeld van een uitgebreid onderzoek naar het aspect van zandkorrels, speciaal in verband met de belangrijke werking van de wind in het periglaciale gebied. Zijn materiaal betreft allerlei delen van Europa, maar hij heeft veel Nederlandse monsters onderzocht, hetgeen de reden is, dat zijn conclusies, voor zover deze Nederlandse omstandigheden betreffen, in dit overzicht zullen worden besproken.

---

2) KRUIZINGA, P. (1946), Loess. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., dl. 63 [1946], pag. 605).
VRIES, O. DE (1948), Loess (begrip en definitie). (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., dl. 65 [1948], pag. 317).

Naar de toestand van het oppervlak van zandkorrels kan men onderscheid maken in hoekige, weinig of niet afgeslepen korrels en in afgeslepen korrels. Naar de glans kunnen deze laatste worden onderverdeeld in glanzend en mat. Transport door water veroorzaakt een gepolijst oppervlak, transport door wind matteert de korrels. In de gematteerde korrels kan nog onderscheid worden gemaakt tussen vuile en schone korrels. CAILLEUX wijst er op, dat het onderzoek naar het aspect van zandkorrels enigszins delicaat is. Kwarts is een hard mineraal en het oppervlak van kwarts-zandkorrels ondergaat slechts zeer langzaam veranderingen. Zo kan duinzand van een recent duin precies lijken op het strand- en zeezand, waaruit het door opwaaien is gevormd. Het aspect van zandkorrels is minder een gevolg van de laatste sedimentatie dan wel van de algehele geschiedenis van de korrels. In verband hiermede gelukte het wel, vast te stellen of de korrels een langdurig transport door water of wind hebben meegemaakt.

Voor ons doel van belang zijn de volgende waarnemingen:

*Tabel 4. Aspect van Rijnzandkorrels volgens* A. CAILLEUX

| Vindplaats | Niet afgerond | Gepolijst | Rond, mat, schoon | Rond, mat, vuil |
|---|---|---|---|---|
| Coblenz . . . . | 60 | 7 | 4 | 29 |
| Mayen . . . . | 49 | 7 | 7 | 37 |
| Keulen . . . . | 37 | 9 | 12 | 42 |
| Dnisburg . . . | 40 | 16 | 13 | 31 |
| Arnhem . . . . | 31 | 15 | 14 | 40 |

*1*, Het interessantste bestanddeel van het *Rijnzand* wordt gevormd door de groep vuile gematteerde korrels. Zij moeten voor een groot deel van de bontzandsteen, die immers zelf een sterk aeolisch karakter heeft, afkomstig zijn. Daarna volgen de hoekige, niet-afgeronde bestanddelen. Hun percentage neemt stroomafwaarts af. Men mag hierin niet zien een voortgaande afslijpende werking van het transport door het rivierwater, aangezien dit effect zeer gering is. Eerder is hier sprake van de bijmenging van ander materiaal, waarin veel gepolijste en schone gematteerde korrels aanwezig zijn, zoals het glaciale materiaal.

*2. Jong-Tertiair.* Ronde gematteerde korrels zijn in het Jong-Tertiair zeldzaam. Glanzende korrels zijn overvloedig. In de continentale zanden overheersen de niet-afgeslepen korrels.

*3. Glaciaal Kwartair.* Het glaciale Kwartair onderscheidt zich van het Neogeen door het hoge gehalte aan afgeronde matte korrels (tot 80 %), hetgeen wijst op een krachtige werking van de wind gedurende de glaciale periode. De vuile gematteerde korrels, die door de Rijn zijn aangevoerd, zijn slechts van ondergeschikte betekenis (5-20 %).

Het Oud-Kwartair neemt een tussenpositie in. De gepolijste korrels zijn overvloedig, de gematteerde schone korrels ondergeschikt. Het mariene Oud-Kwartair zet de traditie van het mariene Neogeen voort.

4. *Het Laagterras* in de vorm van dekzanden is door zeer hoge percentages gematteerde korrels (50-70 %) gekenmerkt.

5. *Strandzanden.* De bekende tegenstelling tussen de zanden ten Noorden en ten Zuiden van Egmond komt in de tellingen volgens CAILLEUX zeer duidelijk tot uitdrukking. De noordelijke vindplaatsen vertonen zeer hoge gehalten aan schone gematteerde korrels, de zuidelijke vindplaatsen hebben meer de vuile, door de Rijn aangevoerde, van de Bontzandsteen afkomstige korrels, met de schone korrels op de achtergrond.

6. *Noordzee.* Het is interessant, de conclusies van BAAK en van CAILLEUX met elkaar te vergelijken. De pleistocene A-invloed verraadt zich door de rijkdom aan schone gematteerde korrels. Daardoor is het echter mogelijk, geremanieerd Tertiair van jonge zanden te onderscheiden, want de tertiaire A-sedimenten bevatten de schone, gematteende kwartsen in slechts geringe mate. Het zuidelijke gedeelte van de Noordzee toont in het algemeen een sterk gemengd zand, waarin alle typen korrels ongeveer even belangrijk zijn, zij het ook met veel variaties.

Het werk van CAILLEUX vormt een zeer welkome aanvulling van het mineralogisch zandonderzoek, zoals dat in Nederland tot ontwikkeling is gekomen. Op enkele plaatsen heeft het bepaaldelijk ons inzicht verdiept. Maar in hoofdzaak vormt het een schone bevestiging van de resultaten van de Nederlandse school, zowel in petrologisch als in geologisch opzicht.

Het elegante werk van CAILLEUX heeft het voordeel, dat het betrekking heeft op de kwartskorrels en de resultaten spreken daarom eerder aan dan door microscopisch onderzoek verkregen conclusies. Het verdient dan ook alle aanbeveling om de eenvoudige onderzoekingstechniek van CAILLEUX in Nederland te introduceren. De eenvoud is overigens meer schijn dan werkelijkheid, want de methode vereist zeer veel ervaring.

§ 16. Granulair onderzoek van zanden

Sinds vele tientallen jaren is studie gemaakt van de korrelgrootte van sedimenten, ten einde te zoeken naar het verband tussen de granulaire samenstelling van sedimenten en hun wijze van afzetting. Het valt niet te ontkennen, dat er op dit gebied, ondanks de vele moeite door het voorgeslacht aan het onderwerp besteed, weinig belangrijke resultaten zijn verkregen. Slechts is het van ouds mogelijk, door wind afgezette sedimenten van watersedimenten te onderscheiden. Voorts is van oudsher een enorm aantal monsters van losse sedimenten en gronden door bodemkundigen op korrelgrootte onderzocht, zonder dat daarbij voor de geologie veel belangrijks aan het licht kwam.

Gedurende de laatste jaren is deze situatie gewijzigd. DOEGLAS is er nl. in geslaagd door een nauwkeuriger granulair onderzoek en een aan het sedimentatieproces aangepaste grafische methode in het vraagstuk klaarheid te brengen. Daarnaast hebben de bodemkundigen eveneens hun granulaire analyses verfijnd (DE VRIES 1942, 1944, 1945) en daardoor eveneens resultaten verkregen.

Betreffende de verfijning van de analyses willen wij opmerken, dat het hier niet gaat om een grotere nauwkeurigheid in de waarnemingen op zich zelf, maar om het bepalen van een zo groot mogelijk aantal tussenfracties. Ten einde deze vele tussenpunten gemakkelijk te kunnen bepalen, construeerde DOEGLAS een automatisch sedimentatie-apparaat, waarin een willekeurig aantal punten uit de slibcurve kan worden bepaald, voornamelijk in de zand- en silt-fracties [3]). De bodemkundigen hebben hun voortgang op dit gebied te danken aan de toepassing van een uitgebreide zeefanalyse, waarmede eveneens een groot aantal punten van de slibcurve kan worden bepaald, zij het ook met veel moeite. DOEGLAS heeft bezwaren ontwikkeld tegen de neiging van meer statistisch georiënteerde onderzoekers, die de slibcurve in een enkel of een gering aantal getallen willen omzetten. Een dergelijke verwerking van het waarnemingsmateriaal berooft de onderzoeker van waardevolle conclusies.

De grafische voorstelling van de gegevens werd aangepast aan de methode van onderzoek en de bij zanden veelvuldig optredende symmetrische korrelgrootte-verdeling. Bij het gebruik van sommatiecurven konden de cumulatieve gewichtspercentages direct worden afgezet. De figuren worden getekend op papier met de ordinaten volgens een Gausz-verdeling. Een symmetrische curve wordt dan (gewoonlijk) een rechte lijn. De korrelgrootte wordt lineair en niet logarithmisch afgezet.

Bij de studie van de korrelgrootte-diagrammen moet men uitgaan van enkele waterloopkundige zienswijzen, die in de natuur van overheersende betekenis blijken te zijn. Stromend water werkt sterk selecterend, zowel bij afzetting als bij erosie en de gebruikte grafische methode geeft een goed inzicht juist in deze processen, die tot een schifting in het materiaal leiden.

DOEGLAS onderscheidt vijf typen van slibcurven:

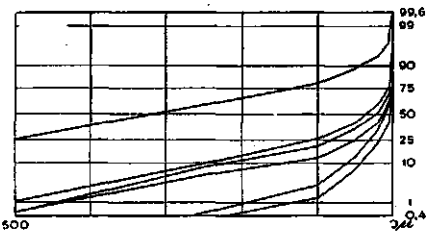


Fig. 6. Korrelgrootte-diagrammen van het suspensietype; rivierafzettingen van Java (volgens DOEGLAS).

a) het *suspensietype* (fig. 6). Volgen we deze curven van grof naar fijn, dan zijn ze eerst bijna recht. Onder 100 mu buigen ze sterk naar links en onder 5 mu lopen ze steil naar 100 %. Afzettingen

3) Onder zandfractie wordt verstaan het materiaal grover dan 50 micron, onder siltfractie dat van 2-50 micron, soms ook 10-50 micron.

met dit verdelingstype ontstaan uit het gesuspendeerde materiaal, zoals dit in rivieren optreedt. Zij zijn gevormd door bezinking van het gehele suspensiemateriaal. Wij willen er nog op wijzen, dat onder dit type afzettingen vallen van zeer verschillende korrelgrootten, dus grovere en fijnere. Keileem geeft overigens soortgelijke curven.

b) het *stroombedtype* (fig. 7). Deze curven hebben wel een soortgelijke vorm als die van type a), maar het fijne materiaal ontbreekt.

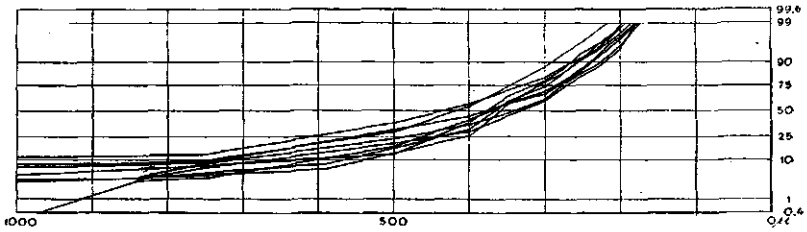


Fig. 7. Korrelgrootte-diagrammen van het stroombedtype; Lek (volgens DOEGLAS).

c) *gedifferentieerd suspensietype* (fig. 8). In deze curven treedt aan de grove zijde een S-vormige buiging op. Op de oorzaak van dit verschijnsel komen we nog terug. Men vindt het type wederom in rivierafzettingen, maar ook in de wad-kleien.

d) *gedifferentieerd stroombedtype*. Deze curven zijn tussen 10 en 90 % nagenoeg recht, met horizontale verlengstukken aan beide zijden.

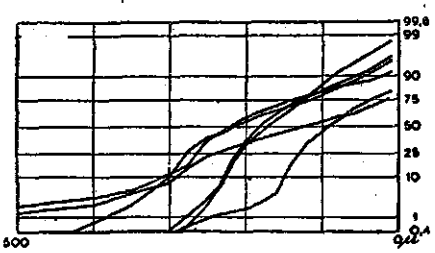


Fig. 8. Korrelgrootte-diagrammen van een gedifferentieerd suspensietype.; zandbanken en oeverwallen (volgens DOEGLAS).

Men vindt het type vooral bij duinzanden, echter ook in zandbanken van rivieren en langs het strand.

e) *mengtype*. Uiteraard zijn er gemengde sedimenten, waarop we nog terug komen.

Van belang is het de differentiatie te begrijpen. Deze berust hierop, dat in het oorspronkelijke materiaal een scheiding tot stand komt, m.a.w. de gedifferentieerde c) en d) typen kunnen uit de oorspronkelijke typen a) en b) worden afgeleid, door er iets aan te onttrekken. Wordt het grove materiaal onttrokken, dan ontstaat een buiging naar rechts aan de grove zijde, wordt daarentegen het fijne materiaal onttrokken, dan ontstaat de buiging naar links aan de fijne zijde.

Dit belangrijke verschijnsel van de differentiatie kan aan grafieken, die op de meer gebruikelijke wijze zijn samengesteld veelal niet worden waargenomen.

De menging leidt tot asymmetrische en samengestelde curven. Samengestelde curven vertonen bv. de wadafzettingen. Deze afzettingen zijn opgebouwd uit wadzand, dat langs de zeebodem wordt bewogen en uit slib, dat in suspensie verkeert. De curven laten deze samengesteldheid duidelijk zien.

De voltooide publicaties van DOEGLAS zijn nog niet alle verschenen, maar zij verdienen de aandacht van velen.

Van de door bodemkundigen bijgedragen kennis op dit gebied moet vooral het werk van DE VRIES (1944) worden genoemd, dat vooral ten goede is gekomen aan de kennis van dekzanden en deklemen in Noordbrabant. Het kwam reeds ter sprake in § 13.

## § 17. Grindonderzoek

Sinds lange tijd heeft men alle aandacht besteed aan de samenstelling van het grind, dat in vele Nederlandse afzettingen aanwezig is. Wij willen slechts herinneren aan het kwantitatief zwerfsteenonderzoek en aan het grindonderzoek van STEENHUIS, die het kwartsgehalte van onze pleistocene afzettingen regelmatig als kenmerk voor de ouderdom van onze oudere afzettingen gebruikt (zie ook ZONNEVELD 1947c).

VAN STRAATEN (1946, 1947) is nog een hele stap verder gegaan door het onderzoek van het Maasgrind uit te breiden tot alle componenten en tevens de verschillende zeeffracties van het grind afzonderlijk te onderzoeken. Het gaat hier dus om een gefractioneerd onderzoek. Uit zijn waarnemingen blijkt duidelijk, dat het percentage van een bestanddeel in de verschillende zeeffracties zeer verschillend kan zijn en dat dus de gefractioneerde analyse geen overbodige nauwkeurigheid betekent.

De vergelijking van het grind van verschillende terrassen wordt bemoeilijkt door de omstandigheid, dat jongere terrassen materiaal aan oudere terrassen hebben ontleend. Een algemeen verschijnsel is voorts, dat het kwartsgehalte in een terras toeneemt, naarmate de waarnemingen meer stroomafwaarts worden verricht. Men heeft dit wel als een gevolg van de snellere afbraak van de niet-kwartsen beschouwd, maar VAN STRAATEN beschouwt het verschijnsel meer als een gevolg van de voortgaande invloed van de omwerking van oudere terrassen.

Het grindonderzoek volgens VAN STRAATEN vormt een zeer moeizaam en tijdrovend werk, maar niettemin is het te hopen, dat het ook op andere grindrijke afzettingen zal worden toegepast.

## § 18. Resultaten door de Nederlandse sedimentpetrologen in andere gebieden verkregen

Op deze plaats willen wij, zonder verdere toelichting, allereerst herinneren aan het grote werk van Mejuffrouw GERDA NEEB, betreffende de bodemmonsters, verzameld door de Snellius expeditie.

NEEB, G. A. (1943), The composition and distribution of the samples. Vol. V: Geological Results, part 3: Bottom samples, Section II. The Snellius Expedition 1929-1930.

Voorts zijn enkele geschriften verschenen, die de sedimentpetrologie van Groenland betreffen. Het zijn:

CROMMELIN, R. D. (1937), A sedimentpetrological investigation of a number of sand samples from the south coast of Greenland between Ivigtut and Frederiksdal. (Meddelelser om grønland, Bd 113, pag. 1).
EDELMAN, C. H. (1940), Das Ziel der Sanduntersuchungen auf Grönland. (Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen 16, pag. 217-220).
HUBSCHER, H. (1943), Zur Petrologie junger Sande aus Nordostgrönland. Dissertatie. (Geologisk Expedition til Nordgronland under Ledelse of Lauge Koch, 1936-1938). (Medd. om Grønland 115, pag. 3).
VROMAN, J. (1942), A sedimentary petrological investigation of a number of sand samples from the south coast of Greenland between Unartok and Tokulinek. (Medd. om Grønland 113, pag. 3).

Ten gevolge van de oorlogstoestand is aan deze reeks een ontijdig einde gekomen, maar wellicht wordt ook deze lijn van onderzoek weer opgevat.

## § 19. Slotbeschouwing

Een terugblik over het behandelde moet wel leiden tot de conclusie, dat het sedimentpetrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden in de periode 1937-1947 bijzonder vruchtbaar is geweest. Intussen is de ontwikkeling nog geenszins afgesloten. Veel belangrijk werk wacht nog op publicatie, terwijl verscheidene nieuwe onderzoekingen op stapel staan.

Nu de oorlogstoestand weer tot het verleden behoort, ontstaan weer mogelijkheden tot breed opgezette regionale onderzoekingen. Onze blik zal daarbij vooral naar het Oosten gericht moeten zijn. Daar liggen de grote hiaten in onze kennis en daardoor ook bestaan er nog enkele ernstige onzekerheden over belangrijke kwesties, die Nederlandse problemen betreffen. De samenwerking met België en Frankrijk is thans van dien aard, dat verwacht mag worden, dat zuidelijk gerichte problemen spoedig opgelost zullen kunnen worden.

## LITERATUUR

De oudere literatuur is besproken in:

EDELMAN, C. H. (1938), Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sedimentpetrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 55, pag. 397-431).
—— (1938), Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und den angrenzenden Gebieten 1932-1937. (Geol. Rundschau 29, 3/5, pag. 223-271).

## LITERATUUR 1937-1947

BAUSCH VAN BERTSBERGH, J. W. (1940), Richtungen der Sedimentation in der Rheinischen Geosykline. (Geol. Rundschau 31, pag. 328-364).
CAILLEUX, A. (1942), Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. Mém. Soc. Géol. France 21, No. 46.
CROMMELIN, R. D. (1940), De herkomst van het zand van de Waddenzee. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 57, pag. 347-361).

—— en A. MAASKANT (1940), Sedimentpetrologische Onderzoekingen V. Sedimentpetrologische Untersuchungen im Stromgebiet der Weser und Elbe. Meded. Landbouwhogeschool 44, verh. 2.
—— (1943), De herkomst van het waddenslib met korrelgrootte boven 10 micron. (Verhand. Geol. Mijnb. Gen. Ned. Kol., Geol. Ser. 13, pag. 299-333).
—— en G. SLOTBOOM (1945), Een voorkomen van granaatzandlagen op het strand van Goeree. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 62, pag. 142-147).
—— (1947), Pétrologie des fractions fines des sédiments marins aux Pays Bas. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge Géol. 1946 (1947), pag. 114-124).
DEWERS, F. (1941), „Diluvium". („Geologie und Lagerstätten Niedersachsens" III, pag. 53-267, Göttingen).
DOEGLAS, D. J. (1940), The importance of heavy mineral analyses for regional sedimentary petrology. (U.S.A. Nat. Research Counc. Rep. Sedimentation 1939-1940, pag. 102-121).
—— (1940), Reliable and rapid method for distinguishing quartz and untwinned feldspar with the universal stage. (Amer. Miner. 25, pag. 286-296).
—— en SMITHUYZEN, W. C. B. (1941), De interpretatie van de resultaten van korrelgrootteanalysen. (Geol. en Mijnb. 3, pag. 273-296).
——(1944), Sedimentpetrologisch onderzoek van boormonsters, afkomstig van boringen in Noord-Nederland. (Geol. en Mijnb. 6, pag. 9-11).
—— (1946), De schifting van korrelig materiaal tijdens erosie en sedimentatie. (De Ingenieur 14).
—— (1947), De ontwikkeling van de Sedimentpetrologie. Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van Lector aan de Landbouwhogeschool. Wageningen.
—— (1947), Recherches granulométriques aux Pays Bas. La Géologie des Terrains Récents de l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 125-140).
DOORMAAL, J. C. VAN (1945), Onderzoekingen betreffende de loessgronden van Zuid-Limburg. Diss. Wageningen.
EDELMAN, C. H. (1938), Geologische resultaten van het zandonderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden gedurende de laatste vijf jaar. (Geologie en Mijnbouw 17, pag. 41-43.
—— (1938), De zanden van Nederland en de Noordzee. (Natuurwet. Tijdschr. 20, pag. 65-66).
—— (1939), Onderzoek der zanden in verband met de stratigrafie van het Kwartair in Nederland. (Hand. 27e Ned. Nat. en Geneesk. Congr., pag. 216-247).
—— (1939), Petrological relations of the sediments of the Southern North Sea. Recent Marine Sediments, Tulsa, pag. 343-347).
—— (1940), Das Ziel der Sanduntersuchungen auf Grönland. (Mitt. Naturf. Gesellschaft Schaffhausen 16, pag. 217-220).
—— (1947a), La pétrologie des terrains tertiaires et quaternaires aux Pays Bas. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol., 1946 (1947), pag. 45-61).
—— (1947b), Les limons et les sables de couverture des Pays Bas. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 303-310).
GULINCK, M. (1947), Résultats des analyses granulométriques en Belgique. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 151-160).
HEERTJES, N. (1942), Petrological investigations of the coalmeasures sediments of South Limburg (The Netherlands) (Meded. Geol. Stichting, Ser. C-II-2, pag. 1).
MULLER, J. E. (1943), Sediment-petrologie van het dekgebergte in Limburg. (Meded. Geol. Stichting, Ser. C-II-2, pag. 2).
PEETERS, L. (1943), Les dunes continentales de la Belgique. (Bull. Soc. belge Géol. 52, pag. 51-61).
—— (1944), De ondergrond der continentale duinen van Lommel. (Natuurwet. Tijdschr. 26, pag. 98-102).

STRAATEN, L. M. J. U. VAN (1946), Grindonderzoek in Zuid-Limburg. (Meded. Geol. Stichting Ser. C-VI-2).
—— (1947), Étude quantitative des graviers de la Meuse. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 142-150).
TAVERNIER, R. (1938), Petrologie van Kempische zanden. (Natuurwet. Tijdschr. 20, pag. 67).
—— (1942), L'âge des argiles de la Campine. (Bull. Soc. belge Géol. 48, pag. 712-717).
—— (1943), Le Néogène de la Belgique. (Bull. Soc. belge Géol. 52, pag. 7-34).
—— (1943), De kwartaire afzettingen in België. (Natuurwet. Tijdschr. 25, pag. 121-137).
—— (1947a), Aperçu sur la pétrologie des terrains postpaléozoiques de la Belgique. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 69-90).
—— (1947b), Note sur le pléistocène récent de la Belgique. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 311-317).
VALK, W. (1945), Sediment-Petrologie van het Perm en de Trias in de ondergrond van Nederland. (Meded. Jaarversl. Geol. Stichting, pag. 1942-1943).
VRIES, O. DE (1942), De granulaire samenstelling van Nederlandse grondsoorten. (Versl. Landb. Onderz. 48 (11) A, pag. 565-707).
—— (1944), Karakteristiek van Brabantsche zandgronden. (Tijdschr. Ned. Heidemij. 56; tevens Gedenkboek Tesch, Verh. Geol. Mijnb. Gen. Ned. Kol. Geol. Serie 14, pag. 537-544).
—— en A. M. VAN VLIET (1945), Onderzoek naar de bodemgesteldheid van het landgoed De Utrecht nabij Esbeek (N.Br.). Versl. Landb. Onderz. 50(9). A.
ZONNEVELD, J. I. S. (1946), Beschouwingen naar aanleiding van de korrelgrootte der zware mineralen in zandige sedimenten. (Geol. en Mijnb. 8, pag. 83-90 en pag. 93-105).
—— (1947a), De grens plio-pleistoceen in Z.O. Nederland. (Geol. en Mijnb. 9, pag. 180-190).
—— (1947)b, Quelques remarques sur la stratigraphie et la paléographie quaternaire du Sud-Est des Pays Bas. La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe. (Sess. Extraord. Soc. belge de Géol. 1946 (1947), pag. 372-382).
—— (1947c), Het Kwartair van het Peelgebied en de naaste omgeving. (Meded. Geol. Stichting Ser. C-VI-3).
—— (1948), De noordelijke inslag van de Nederlandse sedimenten. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 65, 1, pag. 26-38).