GEOLOGIE EN MIJNBOUW (NW. SER.), 21e JAARGANG, PAG. 416-433 DECEMBER 1959

OVER DE GRANULOMETRISCHE SAMENSTELLING VAN DE SLIBFRACTIE VAN ENKELE KENOZOISCHE AFZETTINGEN IN NEDERLAND

N. A. DE RIDDER [1] EN A. J. WIGGERS [2]

SUMMARY: GRAIN SIZE DISTRIBUTION IN THE CLAY AND SILT FRACTION OF CENOZOIC SEDIMENTS FROM THE NETHERLANDS

In 1945 the late Dr. Hooghoudt introduced the "micro-pipet analysis", in order to determine the particle size distribution of the clay fraction (Dutch: lutum, particles < 2 micron) of clayey sediments. This analysis is based on the settling-velocities of the dispersed particles. Hooghoudt took 2 micron as the starting point and obtained the diameter limits to the size classes of 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8 and 1/16 micron by using the ratio 1/2. A full description of this analysis is given by Dekker in a paper by De Ridder en Wiggers (1956).

The present paper, in which the clay fraction (particles < 2 micron) is considered as a part of the clay + silt fraction (Dutch: slib, particles < 16 micron), discusses the results of micro-pipet analyses of clays and clayey sediments of various age and facies.

The size distribution of the clay + silt fraction of the recent marine clays was found to be very uniform (figs. 1, 2, 3) and similar to that of the older marine clays in our country. The mean size distribution of these clays resembles that of recent fluvial clays and, remarkably enough, also that of boulder clay (glacial till) (figs. 4, 5, 6, 31). Clays, accumulated in quite different environments of deposition may have the same mean size distribution in the clay + silt fraction. The fluvial clays and the boulder clay show a less uniform composition than the marine clays.

In some cases it was found that the size distribution of the clay fraction of two sediments from varying depositional environments was uniform, but that of the clay + silt fraction differed to a great extent.

The weathering residue of the Cretaceous sediments from Zuid-Limburg shows a size distribution that is quite different from that of the fluvial and marine clays. The smallest size classes of this residue seem to occur in exceptionally high percentages (fig. 11).

A fair resemblance in the particle size distribution was demonstrated between the loess deposits from Zuid-Limburg and the loam occurring at various depths in the cover sands of Limburg and Noord-Brabant. Remarkably enough, it was found that the size distribution of the clay + silt fraction of these loams was practically identical to that of the clay of Tegelen, which is thought to have been accumulated by the Rhine during the Early Pleistocene. This similarity warrantes the supposition that apart from an eolian way of deposition, accumulation of the loams by rivers cannot be precluded (figs. 12, 13).

In our country two types of boulder clay can be distinguished on the basis of differences in colour, clay- and $CaCO_3$ - content and size distribution of the complete deposit.

It was demonstrated that a striking similarity in the size distribution exists of the clay + silt fraction of these two sediments. Marked differences occur between these boulder clays and the locally underlying so-called 'potklei' (figs. 14, 15, 16).

Most of the older Pleistocene clays show low to very low contents of particles in the smallest size classes of the clay fraction. This is particularly the case with the clays of the (marine) Icenian and of the (fluvial) deposits of Halsteren. The clay from the Formations of Tegelen, Veghel, Sterksel and the Sanddiluvium also show this phenomenon more or less. It will be assumed that this is due to diagenesis, although it remains difficult to understand why other Pleistocene clays, like those from the Formation of Kedichem, do not show the same low content of particles smaller than 1/8 micron. The Kedichem clay has equal or even higher percentages in this smallest size class than the Holocene fluvial clays have. The loess and the boulder clay also resemble the Holocene fluvial clay in this respect, while the Oligocene marine clays do not show lower contents than the recent marine clays in this smallest size class. It may also be possible that these phenomena are due to differences in the mineralogical composition of the clay fraction of the various clays investigated. It is stated elsewhere that the Formation of Kedichem includes some glacial- and interglacial periods. The examined clay of this Formation can, therefore, have been accumulated under different climatological conditions, which may be the cause of the dissimilarities in the size distribution (figs. 17—31).

Although some interesting results were obtained by the present investigations, a great deal of additional work remains to be done to explain the causes and factors controling the size distribution of the clay + silt fraction of recent and older clays and clayey sediments.

[1] Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

[2] Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken), Bodemkundige Afdeling, Kampen.

INHOUD

Voorwoord 417
Inleiding 417
Jonge Zeeklei 417
Oude Zeeklei 418
Rivierklei 418
Moerasklei 419
Almere- en Zuiderzee-afzettingen 419
Löss en kleefaarde 420
Lemen uit het Zanddiluvium 421
Keileem en potklei 423
Klei uit de Formaties van Veghel en Grubbenvorst 424
Klei uit de Formatie van Sterksel 425
Klei uit de Formatie van Kedichem 426
Klei uit de Afzetting van Halsteren 427
Klei van Tegelen 428
Klei uit het Icenien 428
Pliocene klei 430
Oligocene klei (septariënklei) 430
Samenvatting 431
Literatuur 433

VOORWOORD

In 1948 publiceerde Hooghoudt enkele resultaten van de bepaling van de gehalten aan lutumsubfracties in een aantal Nederlandse gronden. In dit beknopte artikel werd een beroep gedaan op de lezers karakteristieke monsters in te zenden voor het onderzoek naar de granulometrische samenstelling van de fractie 0-2 micron. Van vele zijden zijn nadien monsters ingezonden, zodat bij het overlijden van Dr. Hooghoudt in 1953 reeds een betrekkelijk groot aantal monsters onderzocht was op de in De Ridder en Wiggers (1956) door A. Dekker beschreven methode. In de laatste jaren is het aantal geanalyseerde monsters nog belangrijk toegenomen.

Slechts enkele resultaten zijn tot dusver gepubliceerd. Wiggers (1955) besprak de analyses van 41 monsters, afkomstig van de Zuiderzee- en sloefafzettingen in de Noordoostpolder; De Ridder en Wiggers (1956) vermeldden de resultaten van het onderzoek van enkele keileemmonsters, terwijl De Ridder (1957a) nadere mededeling deed omtrent de samenstelling van de slib- en lutumfractie in monsters uit Zeeland, vertegenwoordigende het Midden-Oligoceen, het Icenien, de Afzetting van Halsteren, de Oude Zeeklei en de Jonge Zeeklei en omtrent die van leemafzettingen in Luxemburg (De Ridder, 1957b).

In deze publikatie zal een overzicht worden gegeven van de voornaamste resultaten van het op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen verrichte onderzoek naar de granulometrische samenstelling van de slibfractie.

De auteurs zijn Drs. P. Bruin, Directeur van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen, bijzonder erkentelijk voor zijn toestemming de betreffende gegevens te publiceren.

INLEIDING

Reeds in vele publikaties is aandacht geschonken aan het feit dat in marine afzettingen de verhouding tussen de lutumfractie (0-2 micron) en de slibfractie (0-16 micron) ongeveer constant is. Uitgedrukt als $\frac{\text{lutum}}{\text{slib}} \times 100$ vindt men in marine afzettingen waarden die vrijwel steeds tussen 65 en 70 liggen.

Ook is reeds vele malen door onderzoekers vastgesteld, dat de subfracties van de slibfractie een vrij constante procentuele verdeling vertonen (Zuur, 1936; Favejee, 1951; Wiggers, 1955; De Ridder en Wiggers, 1956; De Ridder, 1957a). Onder de subfracties van de slibfractie worden dan verstaan de fracties 0-2, 2-4, 4-8 en 8-16 micron; slechts Favejee legde de grenzen bij 1/2, 2, 5, 10 en 25 micron.

Het is niet in de eerste plaats de bedoeling van deze publikatie nadere gegevens omtrent de verhouding tussen de subfracties 0-2, 2-4, 4-8 en 8-16 micron te vermelden. Reeds gedurende vele jaren worden op verschillende laboratoria de genoemde subfracties bepaald. Het accent zal thans grotendeels liggen op de behandeling van de granulometrische samenstelling van de lutumfractie, waarbij deze lutumfractie echter wordt beschouwd als een onderdeel van de slibfractie. Het gehalte aan deeltjes 0-16 micron wordt steeds = 100 gesteld, waarna wordt nagegaan hoe de onderlinge verhouding is tussen de gehalten aan deeltjes in de subfracties 0-1/16, 1/16-1/8, 1/8-1/4, 1/4-1/2, 1/2-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16 micron. De fractiegrens bij 1/16 micron is eerst later ingevoerd, zodat het aantal monsters waarin de fractie 0-1/16 micron is bepaald, slechts gering is.

JONGE ZEEKLEI

Door De Ridder (1957a) is de gemiddelde procentuele verdeling van de verschillende subfracties over de slib- en lutumfractie in monsters Jonge Zeeklei van Zeeland behandeld. Hierbij bleek dat de samenstelling van de slib- en lutumfractie van de Jonge Zeeklei in Zeeland vrijwel constante verhoudingen te zien geeft over de onderscheiden subfracties. In de door De Ridder samengestelde figuren (fig. 24a en 24b) is de verdeling over de slibfractie gescheiden van die over de lutumfractie. Terwille van de uniformiteit worden in figuur 1 thans de sommeringscurven gegeven voor het gehele traject van 1/8 tot 16 micron. De curven uit figuur 1 geven de gemiddelde samenstelling van 7 groepen monsters, afkomstig van Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Zuid-Beveland, Walcheren, Tholen, Oost-Zeeuws-Vlaanderen en West-Zeeuws-Vlaanderen. Uit het verloop van de cur-

ven blijkt duidelijk hoe uniform de Jonge Zeeklei in dit gebied is ten aanzien van de samenstelling van de slibfractie.

Ook uit andere delen van ons land zijn in de loop der jaren monsters Jonge Zeeklei onderzocht. Een grote serie is afkomstig uit het knikgebied van Friesland. Figuur 2 vertoont een band waarbinnen zich de sommatiecurven van 55 monsters uit het knikgebied van Friesland bewegen.

In figuur 3 is de gemiddelde samenstelling

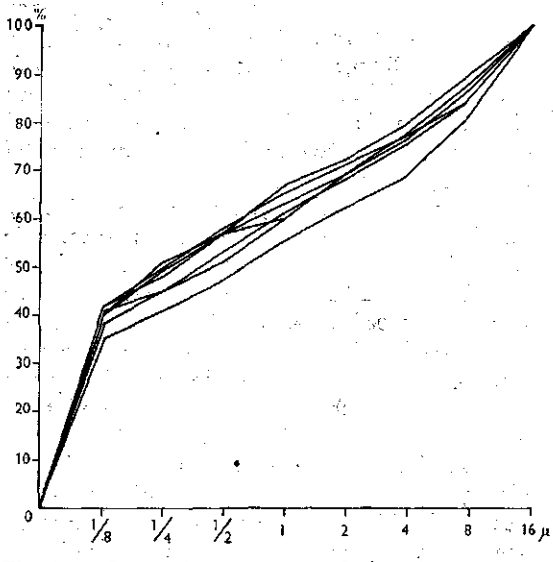

Fig. 1 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van monsters *Jonge Zeeklei* van Zeeland; de curven geven de gemiddelde samenstelling aan van 7 groepen monsters (zie De Ridder, 1957a).

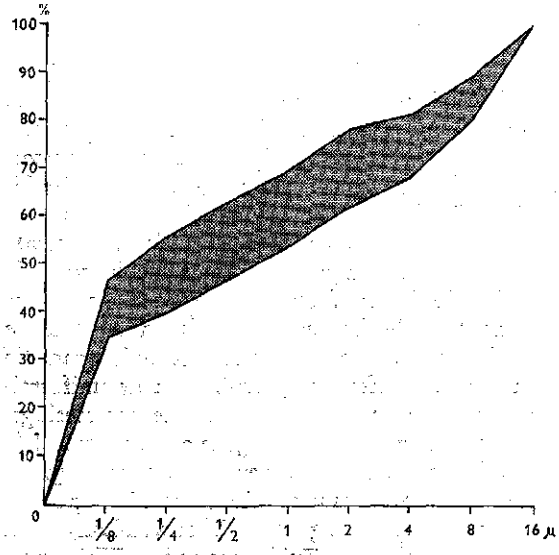

Fig. 2 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 55 monsters *Jonge Zeeklei* (knik) van Friesland.

van de 58 monsters uit Zeeland en van de 55 monsters uit Friesland aangegeven, tezamen met die van 9 monsters uit Nieuw-Beerta (Gron.), 70 monsters uit Noord-Groningen, 4 monsters van het havenslib van IJmuiden, 7 monsters van de omgeving van Klundert (N.-Br.) en 14 monsters van Walcheren. De Jonge Zeeklei is blijkens figuur 3 ten aanzien van de granulometrische samenstelling van de slibfractie in geheel Nederland uitermate uniform.

In slechts 36 van de bovengenoemde monsters is het gehalte 0-1/16 micron bepaald. Dit betreft monsters afkomstig uit het knikgebied in Friesland. In figuur 4 is de gemiddelde samenstelling van deze groep aangegeven, terwijl in deze figuur tevens is ingetekend de gemiddelde samenstelling van de slibfractie van het totale aantal van 217 monsters Jonge Zeeklei, welke in het bovenstaande zijn genoemd.

OUDE ZEEKLEI

Onder het verzamelbegrip „Oude Zeeklei" zijn in de loop der jaren in totaal 26 monsters ingezonden, afkomstig uit de Wieringermeer, de Haarlemmermeer en uit Zeeland.

Door De Ridder (1957a) werd het resultaat van het onderzoek van 13 van deze monsters vermeld. Uit zijn gegevens concludeerde deze auteur dat de samenstelling van de fracties 0-2 en 2-16 micron een slechts zeer geringe variatie vertoont. De resultaten van het onderzoek van de overige monsters Oude Zeeklei bevestigen deze conclusie geheel. Volstaan wordt thans met het geven van de gemiddelde sommeringscurve van alle geanalyseerde monsters. Uit figuur 4 blijkt dat de gemiddelde curve over het gehele traject 0-16 micron vrijwel samenvalt met die van de Jonge Zeeklei.

RIVIERKLEI

Ter nadere karakterisering van de facies van de Afzetting van Halsteren vermeldde De Ridder (1957a) het resultaat van het onderzoek naar de samenstelling van de lutum- en slibfractie van enige monsters rivierklei. Hij merkte hierbij op dat de samenstelling van de slibfractie wanneer wordt gelet op de verhouding 0-2, 2-4, 4-8 en 8-16 micron, in de rivierklei aanzienlijk minder homogeen is dan in de Jonge Zeeklei. De samenstelling van de lutumfractie van de beschouwde monsters rivierklei bleek echter nagenoeg constant te zijn.

In figuur 5 is de samenstelling van de slibfractie van 89 monsters rivierklei — in hoofdzaak komklei — aangegeven. Uit deze figuur blijkt dat de slibfractie als geheel allerminst uniform is. Dit wordt voor een belangrijk gedeelte veroorzaakt door variaties in de gehalten

aan deeltjes groter dan 2 micron. Dat de samenstelling van de lutumfractie veel minder variatie vertoont moge blijken uit figuur 6. Hierin is een band aangegeven waarbinnen 60 van de genoemde 89 curven vallen.

De gemiddelde samenstelling van de slibfractie van rivierklei verschilt overigens nauwelijks van die van de Jonge Zeeklei of van de Oude Zeeklei (fig. 4). Ter karakterisering van de facies van een sediment op grond van de korrelgrootteverdeling van de slibfractie zou derhalve uitsluitend de variatie in samenstelling van een grote groep monsters kunnen worden gebruikt.

MOERASKLEI

Door Prof. Dr. J. Hudig werd een aantal monsters „moerasklei" ingezonden, alsmede een monster „inktklei" en een monster „sapropeelklei". Hudig en Duyverman (1950) zetten onder andere in een publikatie over de Centrale venen van Zuid-Holland en West-Utrecht hun opvattingen omtrent het ontstaan van moerasklei uiteen. Moerasklei is volgens deze auteurs ontstaan „als produkt van langs biogene weg vernietigde organische massa". „De mineraalrest is in hoofdzaak een aggregaat van kiezelzuur en aluminium hydroxyde, waaraan basen zijn geadsorbeerd, dus een soort klei".

In verband met de bovenstaande opvattingen was het interessant de granulometrische samenstelling van de slibfractie van deze monsters vast te stellen. Het aantal monsters moerasklei bedroeg 8. In figuur 4 is de gemiddelde samenstelling van deze 8 monsters vergeleken met die van de Jonge Zeeklei, de Oude Zeeklei en de rivierklei. De frappante overeenkomst tussen deze 4 lijnen vormt allerminst een argument voor de veronderstelling dat de moerasklei op bijzondere wijze, namelijk biogeen, zou zijn gevormd. Ook de beide andere monsters komen ten aanzien van de samenstelling van de slibfractie geheel overeen met de genoemde 8 monsters. Vooral ten aanzien van de samenstelling van de lutumfractie zijn de 10 monsters zeer uniform en geheel vergelijkbaar met zeeklei of rivierklei.

ALMERE- EN ZUIDERZEE-AFZETTINGEN

Door Wiggers (1955) is de granulometrische samenstelling van de Zuiderzee-afzettingen en de sloefafzettingen — gevormd in het Almere en derhalve thans aangeduid als de Almere-afzettingen — uitvoerig beschreven. Gewezen werd op het grote verschil in de korrelgrootteverdeling tussen de Zuiderzee-afzettingen, gevormd in een brak tot zout milieu, en de Almereafzettingen, gesedimenteerd in een zoet tot zwak brak milieu.

Sedert het verschijnen van bovengenoemde publikatie werd nog een 24-tal monsters op de samenstelling van de slibfractie onderzocht. In figuur 7 is het resultaat van het onderzoek van 12 monsters Zuiderzee-afzettingen vergeleken met dat van 12 monsters Almere-afzettingen. Duidelijk blijkt weer hoezeer deze afzettingen verschillen in samenstelling van de fractie 0-16 micron.

Door Wiggers (1955) werd reeds opgemerkt dat de verschillen niet betrekking hebben op de

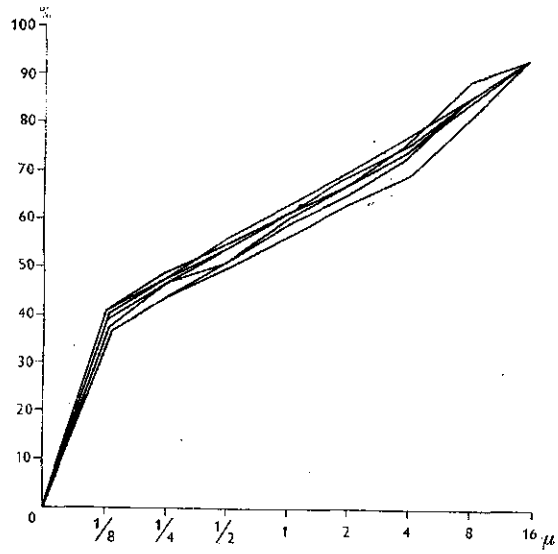

Fig. 3 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van monsters *Jonge Zeeklei* uit Nederland; de curven geven de gemiddelde samenstelling aan van 7 groepen monsters.

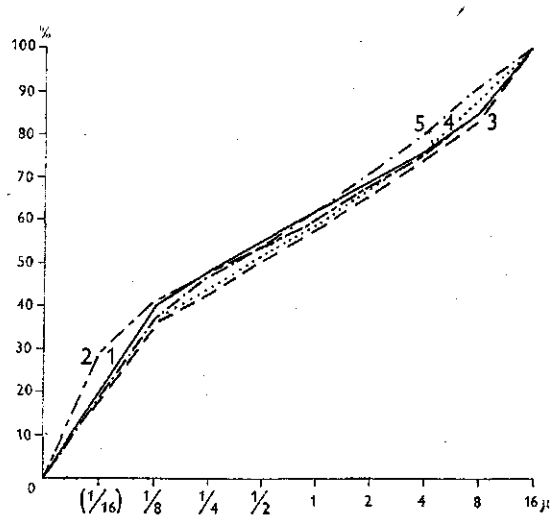

Fig. 4 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 217 monsters *Jonge Zeeklei* (1), 36 monsters *knik* uit Friesland (2), 26 monsters *Oude Zeeklei* (3), 89 monsters *rivierklei* (4) en 8 monsters *"moerasklei"* (5).

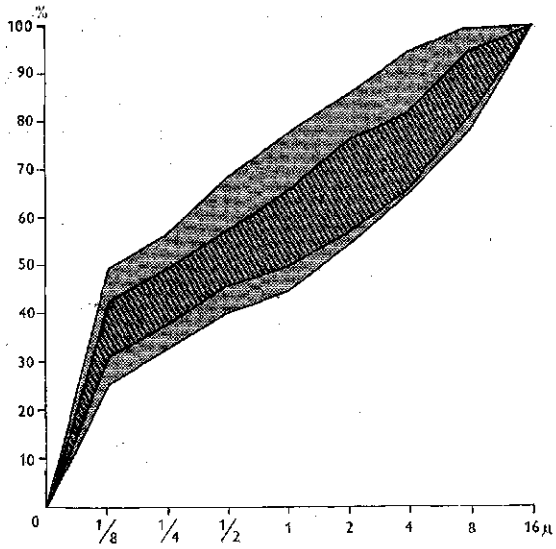

Fig. 5 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 89 monsters *rivierklei;* binnen het dubbel gearceerde gebied vallen 61 van de 89 curven.

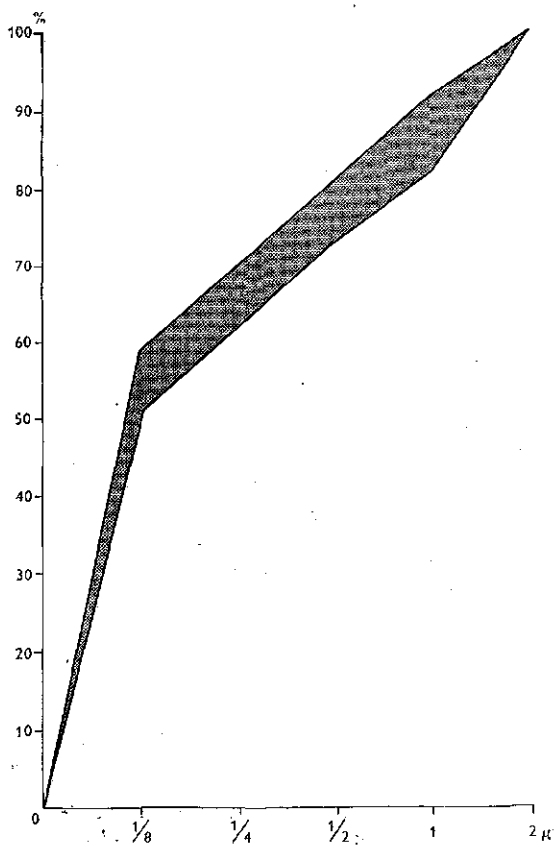

Fig. 6 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 60 monsters *rivierklei.*

verdeling over de subfracties van de lutumfractie. In de figuren 8a en 8b zijn twee banden aangegeven waarbinnen alle sommatiecurven van de geanalyseerde monsters vallen. De gemiddelde samenstelling van de lutumfractie van de Zuiderzee-afzettingen blijkt vrijwel identiek te zijn aan die van de Almere-afzettingen (fig. 9).

Wiggers merkte in zijn publikatie op dat het verschil in samenstelling van de slibfractie hoogstwaarschijnlijk berust op peptisatie van de slibvlokken in het zoete tot zwak brakke water van het Almere, waardoor de lutumdelen relatief weinig tot afzetting komen. De peptisatie strekte zich echter blijkens figuur 9 niet uit over de fractie 0-2 micron.

LÖSS EN KLEEFAARDE

In talrijke publikaties is de karakteristieke granulometrische samenstelling van de löss uitvoerig beschreven (Dechering, 1936; Van Doormaal, 1945; Vink, 1949, e.a.). Het bleek dat de korrelgrootte-verdeling van löss zeer uniform is. Het materiaal is goed gesorteerd, wat volgt uit het feit dat 60-80 % van de deeltjes in de fractie 10-50 micron voorkomt. De fractie < 10 micron bevat in het algemeen minder dan 30 % van het materiaal.

Het aantal lössmonsters waarvan de samenstelling van de slibfractie werd onderzocht, is betrekkelijk klein. In figuur 10 is het resultaat van het onderzoek in 9 monsters afkomstig uit groeven bij Sittard aangegeven. Uit deze figuur blijkt, dat de slibfractie als geheel een weinig uniform beeld vertoont. Ook de samenstelling van de lutumfractie van deze monsters bleek vrij sterk te variëren. Deze variatie vindt vermoedelijk zijn oorzaak in de betrekkelijk lage lutumgehalten (13-23 %) van het materiaal, die de kans op analysefouten uiteraard vergroten.

De gemiddelde samenstelling van de slibfractie in bovengenoemde monsters verschilt echter slechts weinig van die in 19 lössmonsters, die door Dechering (1936) in Zuid-Limburg werden verzameld (fig. 11).

In figuur 11 is de gemiddelde samenstelling van beide groepen lössmonsters tevens vergeleken met de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 4 monsters kleefaarde, het verweringsresidu van het Krijt. Duidelijk blijkt hoe sterk dit verweringsprodukt en de löss verschillen in samenstelling van de fractie 0-16 micron. Bijzonder opvallend is de „fijnheid" van de kleefaarde, hetgeen moge blijken uit de hoge gehalten aan deeltjes < 1/8 micron, namelijk van 50-80 %. In geen der hier besproken afzettingen werden dergelijke hoge waarden gevonden. De samenstelling van de slibfractie van

de kleefaarde is blijkens de figuur niet constant. Ook ten aanzien van de samenstelling van de lutumfractie zijn de monsters niet uniform. Dit vindt vermoedelijk zijn oorzaak in de ontstaanswijze van het materiaal, dat zich in een meer of minder ver gevorderd stadium van verwering kan bevinden. Variaties in samenstelling van het moedergesteente kunnen eveneens de oorzaak van de waargenomen verschillen zijn.

LEMEN UIT HET ZANDDILUVIUM

In het zuidoosten van Nederland komt boven de grove afzettingen van het Hoogterras (het II 1 van de Geologische Kaart) een fijnzandige tot kleiïge afzetting voor, die in de Centrale Slenk een maximale dikte van ca. 30 meter kan bereiken, maar die boven de opgeheven schollen van de Peel meestal niet dikker is dan ca. 15 meter. Door de samenstellers van de Geologische Kaart werd dit fijnzandige pakket beschouwd als Middenterras-afzetting II 6 van de Maas, waaraan een Riss II-ouderdom toegekend werd. Latere onderzoekers hebben echter de fluviatiele ontstaanswijze van dit vrij homogene pakket in twijfel getrokken. Van Baren (1934) trof in monsters uit deze zanden geen chloritoïd of bruingroene hoornblende aan. Hij trok hieruit de conclusie dat de zanden niet door de Maas konden zijn afgezet. Ook constateerde Van Baren reeds dat er geen mineralogisch onderscheid bestond tussen het holocene stuifzand (I 13z) en het Middenterras (II 6).

Zonneveld (1947) komt, evenals Van Baren, tot de conclusie dat de „Middenterras-afzettingen" van Noord-Brabant en Noord-Limburg niet door de Maas zijn neergelegd, maar evenmin door de Rijn, omdat de zanden in mineralogische samenstelling met geen enkel Rijnsediment overeenkomen. Ook vond Zonneveld geen kenmerkende mineralogische verschillen tussen de afzettingen van het Middenterras en die van het Laagterras (II 8), waarom hij dan ook al deze afzettingen samenvatte onder de neutrale naam „Zanddiluvium". In navolging van Edelman (1938), die voortbouwde op de uitspraken van Van Baren, komt Zonneveld tot de conclusie dat de zanden van het Zanddiluvium geheel met die uit het Laagterras van de Gelderse Vallei te vergelijken zouden zijn, welke volgens Oosting (1936) en Crommelin (1938) hun ontstaan vinden in „drift"-verschijnselen. Hoewel de drift-hypothese als de meest waarschijnlijke verklaring vrij algemeen werd aanvaard, bleef tot nog toe moeilijk verklaarbaar

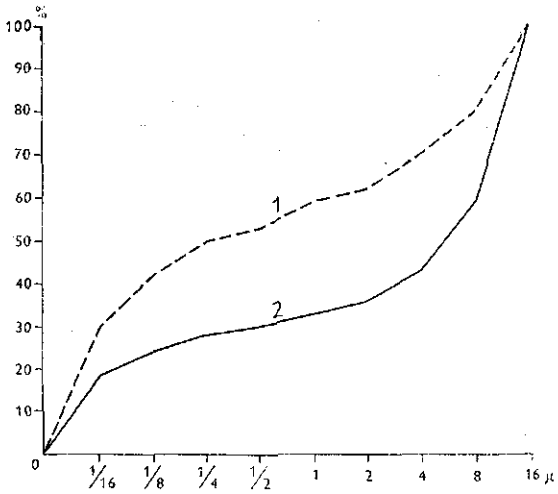

Fig. 7 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 12 monsters *Zuiderzee-afzetting* (1) en van 12 monsters *Almere-afzetting* (2).

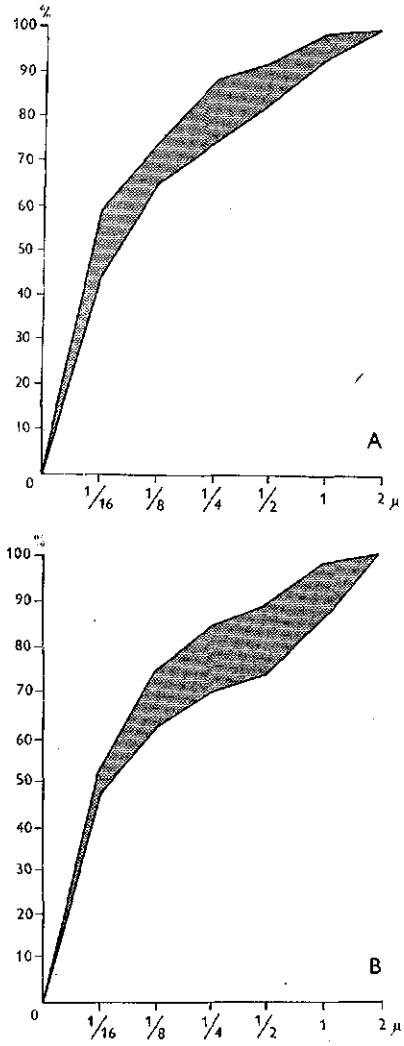

Fig. 8 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 12 monsters *Zuiderzee-afzetting* (8a) en 12 monsters *Almere-afzetting* (8b).

waarom de mineralogische samenstelling van het Zanddiluvium niet overeenkomt met die van de omgeving, waaraan het ontleend zou zijn en waaraan het verschil in granaat- en epidootgehalte tussen het onderste en bovenste Zanddiluvium toegeschreven moet worden.

De Jong (1956) onderzocht de monsters uit 14 boringen op de Peelhorst en in de Slenk, maar vond geen wezenlijk verschil in mineralogische samenstelling tussen de hogere en diepere gedeelten van het Zanddiluvium, zodat het als een homogene sedimentmassa is te beschouwen.

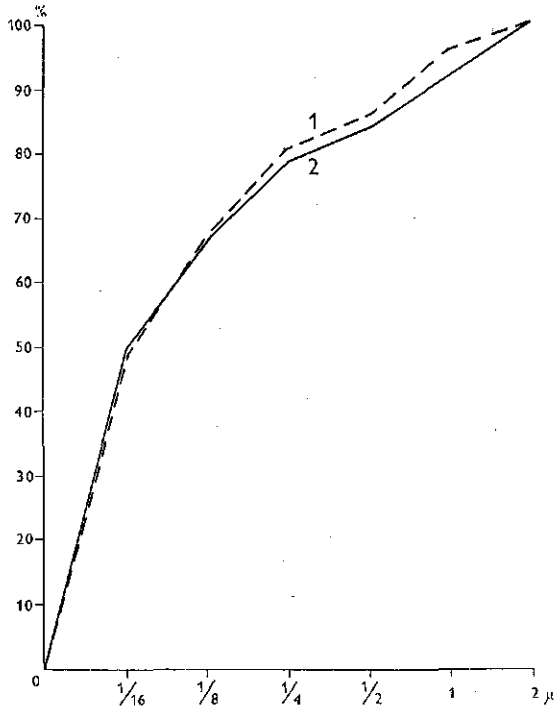

Fig. 9 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 12 monsters *Zuiderzee-afzetting* (1) en 12 monsters *Almere-afzetting* (2).

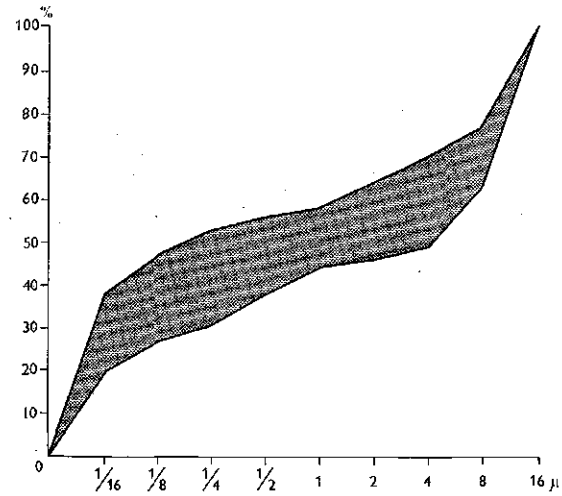

Fig. 10 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 9 monsters *löss* uit de omgeving van Sittard.

Wiggers (1957) heeft aangetoond, dat uit het korrelgrootte-onderzoek van monsters afkomstig van boringen op de Peelhorst en in de Centrale Slenk bleek dat in dit gedeelte van Noord-Brabant pakketten zand, lemig zand, zandige leem en leem in de ondergrond voorkomen, die wat betreft hun korrelgrootte-verdeling overeenkomen met dekzand, stuifzand en löss. Vooral het feit dat in de leemmonsters ook de verdeling over de fijnere fracties (fractie beneden 50 micron) identiek is aan die van normale lössafzettingen, vormt volgens deze auteur een sterk argument ten gunste van een eolische vormingswijze.

Maréchal en Maarleveld (1955), voortbouwend op oudere onderzoekingen, gaven een overzicht van de plaatsen waar in de ondergrond van Nederland löss voorkomt. Bijzonder talrijk zijn volgens deze auteurs de vindplaatsen van löss in de Centrale Slenk en op de Peelhorst.

In de loop der jaren zijn enige tientallen boringen in Z.O.-Nederland uitgevoerd, waaruit talrijke leemmonsters, afkomstig uit het Zanddiluvium, werden verzameld. In verband met bovenstaande opvattingen was het interessant de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van deze monsters vast te stellen .Het aantal monsters bedroeg 94, waarvan er 31 afkomstig zijn uit het stroomgebied van de Boven-Dommel, in de omgeving van Valkenswaard. De overige 63 werden verzameld op diverse plaatsen in de provincie Limburg, noordelijk van Sittard.

In figuur 12 is de granulometrische samenstelling van de slibfractie van 50 monsters uit Limburg en van 31 monsters uit het zuidoostelijke deel van Noord-Brabant aangegeven. De resterende 13 monsters uit Limburg zijn in figuur 12 weggelaten ,omdat hierin de subfractie 0-1/16 micron niet is bepaald. Uit deze figuur blijkt niet alleen dat de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van beide groepen monsters weinig homogeen is, al is de variatie in de Limburgse monsters wat kleiner dan in de Brabantse, maar ook dat er een duidelijk verschil in samenstelling tussen de beide groepen bestaat. Gemiddeld zijn de Brabantse monsters wat „fijner" dan de Limburgse, hetgeen is af te leiden uit de hogere gehalten in de subfractie 0-1/16 micron bij de Brabantse monsters. Dit verschil in samenstelling wordt nog eens duidelijk gedemonstreerd in figuur 13 die de gemiddelde korrel-

grootte-verdeling van de slibfractie van beide groepen aangeeft.

De gevonden variatie in de samenstelling van de slibfractie binnen één groep kan behalve aan natuurlijke oorzaken wellicht ten dele worden toegeschreven aan de lage lutumgehalten (10 à 20 %) van het materiaal, die de kans op analysefouten vergroten.

In figuur 13 is de gemiddelde samenstelling van beide groepen monsters vergeleken met die van de löss. Hoewel de overeenkomst tussen beide typen afzettingen groot is (de curve van de Brabantse monsters valt tot 1/4 micron zelfs samen met die van de lössmonsters uit Sittard!) kan toch niet van een volkomen identiteit worden gesproken. De curven van de löss verlopen in hun middentraject vlakker dan die van de lemen uit het Zanddiluvium.

Dat op grond van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie niet zonder meer tot een eolische ontstaanswijze van de lemen uit het Zanddiluvium besloten kan worden, blijkt ook uit figuur 13, waarin de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van de monsters uit het Zanddiluvium is vergeleken met die van 45 monsters Tegelenklei, die werden verzameld in de groeven bij Tegelen en in boringen uit deze omgeving. De frappante overeenkomst tussen de curven 1 en 5, respectievelijk aangevende de Zanddiluviummonsters uit Limburg en de monsters Tegelenklei, sluit de mogelijkheid van een andere dan een eolische ontstaanswijze van de lemen uit het Zanddiluvium niet uit. Sedimentatie in rustig water van meren of kommen, zoals dit ook voor de Tegelenklei wel wordt vermoed, zou op grond van deze overeenkomst zeker tot de mogelijkheden behoren. Van den Toorn (1959) en De Ridder (i.v.) komen op grond van verschillende overwegingen tot de conclusie dat althans een belangrijk gedeelte van het Zanddiluvium en de daarin aanwezige lemen zeer waarschijnlijk een fluviatiele facies bezit.

KEILEEM EN POTKLEI

Door De Ridder en Wiggers (1956) werden reeds enige resultaten van het onderzoek naar de samenstelling van de slib- en lutumfractie van een serie keileemmonsters besproken. Op grond van een statistische bewerking van het beschikbare analyse-materiaal konden deze auteurs drie keileemsoorten onderscheiden: de normale keileem, de schollenkeileem en de Oost-Nederlandse keileem. De granulometrische samenstelling van de normale keileem en de schollenkeileem bleek in het gehele verspreidingsgebied vrij uniform te zijn, doch onderling duidelijk te verschillen. In hun publikatie hebben genoemde auteurs de verdeling over de slibfractie gescheiden van die over de lutumfractie. Ter wille van de uniformiteit worden thans de sommeringscurven gegeven voor het gehele traject van 1/16 tot 16 micron.

In figuur 14 zijn de sommeringscurven van 38 monsters normale keileem weergegeven alsmede die van 12 monsters schollenkeileem. Hoewel het gehalte aan afslibbare delen in de schollenkeileem gemiddeld ongeveer tweemaal hoger is dan in de normale keileem, blijkt uit deze figuur dat de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie geen wezenlijke verschillen tussen beide

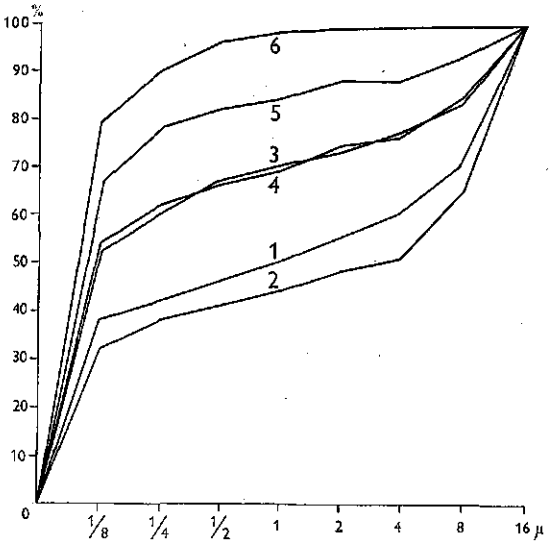

Fig. 11 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 9 monsters *löss* van Sittard, van 19 monsters *löss* van Zuid-Limburg (2) (Dechering, 1936) en van 4 monsters *kleefaarde* (3-6).

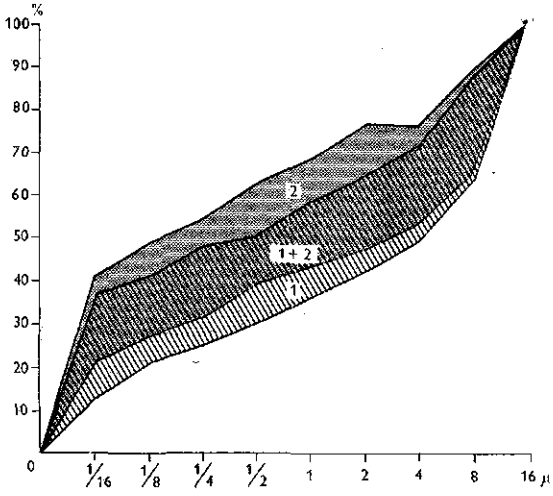

Fig. 12 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 50 monsters *leem* uit het *Zanddiluvium* van Limburg (1) en van 31 monsters van Noord-Brabant (2).

soorten te zien geeft. Wel schijnt de samenstelling van de normale keileem minder homogeen te zijn dan die van de schollenkeileem, maar voor een positieve uitspraak in deze is het aantal van 12 monsters schollenkeileem te klein. Ook ten aanzien van de samenstelling van de lutumfractie komen beide soorten keileem met elkaar overeen (fig. 16).

Deze uniformiteit wordt nog eens duidelijk gedemonstreerd in figuur 15, waarin de gemiddelde samenstelling van de slibfractie van de schollenkeileem en de normale keileem is aangegeven. Beide curven vallen nagenoeg samen. De samenstelling van de slibfractie blijkt dus niet te kunnen worden gebruikt ter onderscheiding van normale - en schollenkeileem.

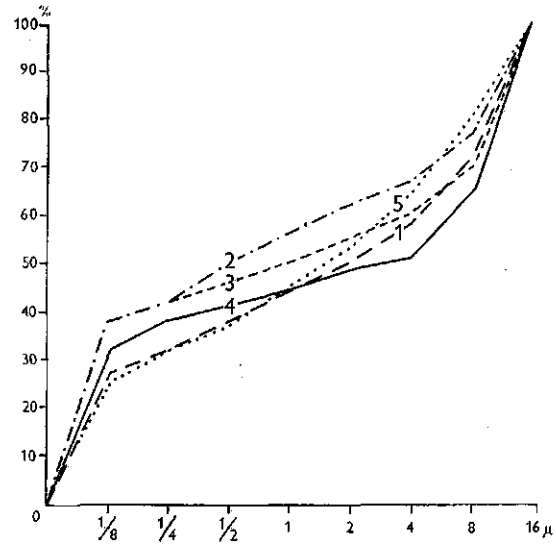

Fig. 13 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 63 monsters *Zanddiluvium* van Limburg (1), 31 monsters *Zanddiluvium* van Noord-Brabant (2), 9 monsters *löss* van Sittard (3), 19 monsters *löss* van Zuid-Limburg (4) en 45 monsters van de *klei van Tegelen* (5).

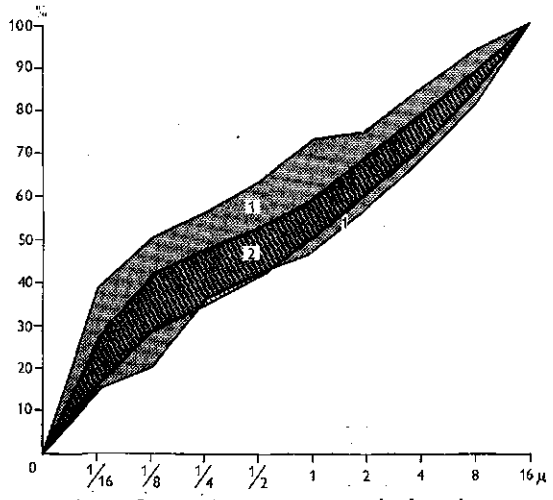

Fig. 14 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 38 monsters *"normale" keileem* (1) en van 12 monsters *schollenkeileem* (2).

In figuur 15 is bovendien de gemiddelde samenstelling van de slibfractie van 10 monsters potklei opgenomen. Uit het afwijkende verloop van deze curve blijkt duidelijk het verschil in samenstelling tussen potklei en keileem. De verschillen komen ook zwak tot uiting in de gemiddelde samenstelling van de lutumfracties, maar het onderscheid is veel minder significant (fig. 16).

In figuur 31, waarin de gemiddelde curven van diverse afzettingen zijn opgenomen, is ook de gemiddelde samenstelling van de 38 monsters normale keileem weergegeven. Uit het feit dat de curve van de keileem vrijwel samenvalt met die van de Jonge Zeeklei blijkt wel zeer duidelijk hoe afzettingen van geheel verschillende facies een identieke samenstelling van de slibfracties kunnen vertonen.

KLEI UIT DE FORMATIES VAN VEGHEL EN GRUBBENVORST

De grindhoudende zanden, die in het Peelgebied en het oostelijke deel van de Centrale Slenk onder de fijne sedimenten van het Zanddiluvium liggen, werden samengevat onder de naam Zone van Veghel (Zonneveld, 1947). De sedimentatie van deze Maasafzetting, die vermoedelijk plaats vond in het latere deel van het Needien en nog voortduurde in het vroegste Drenthien (Doppert en Zonneveld, 1955; De Ridder en Zagwijn, in voorbereiding), geschiedde onder sterk wisselende klimatologische omstandigheden. Ongeveer ter hoogte van de tegenwoordige loop ruimde de Maas een dal uit in de Formatie van Veghel, welk dal weer door de rivier werd opgevuld met grove, grindrijke afzettingen, die door Zonneveld als Zone van Grubbenvorst werden beschreven. Als ouderdom van deze afzetting wordt het latere deel van het Drenthien, het Eemien en een deel van het Weichselien verondersteld, zodat de sedimentatie zich eveneens onder afwisselend koude en warme klimatologische omstandigheden schijnt te hebben voltrokken .De structuur van deze afzettingen wijst op sedimentatie in een verwilderd riviersysteem (Ernst en De Ridder, 1959).

In bovengenoemde afzettingen komen kleien slechts sporadisch voor. Uit talrijke boringen werden echter in de loop der jaren 26 kleimonsters verzameld, waarvan de samenstelling van de slibfractie werd vastgesteld. In figuur 17 zijn de sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van deze 26 monsters aangegeven. Uit deze figuur volgt dat de samenstelling van de

slibfractie weinig uniform is. Dit stemt overeen met de waarnemingen bij de holocene rivierkleien, die evenmin door een uniforme verdeling van de slibfractie worden gekenmerkt (fig. 5). Toch is er een duidelijk verschil in samenstelling van de slibfractie tussen de holocene kleien en die uit het Boven-Pleistoceen. Dit valt reeds bij vergelijking van beide laatstgenoemde figuren op, maar komt nog beter tot uiting in figuur 18, waarin o.a. de sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van beide kleien zijn aangegeven (resp. curven 5 en 1).

In figuur 18 is bovendien de gemiddelde samenstelling van de slibfractie van 45 monsters Tegelenklei aangegeven (curve 4). Het blijkt dat deze curve over het gehele traject nagenoeg samenvalt met die van de klei uit de Formaties van Veghel en Grubbenvorst. Er blijkt dus ten aanzien van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie een frappante overeenkomst te bestaan tussen Tegelenklei en deze boven-pleistocene kleien. In het voorgaande is reeds een dergelijke overeenkomst aangetoond tussen de klei van Tegelen en de leem van het Zanddiluvium (fig. 13). Deze overeenkomst zou een bevestiging kunnen vormen voor de veronderstelling van een fluviatiele ontstaanswijze van althans een belangrijk deel van de lemen uit het Zanddiluvium.

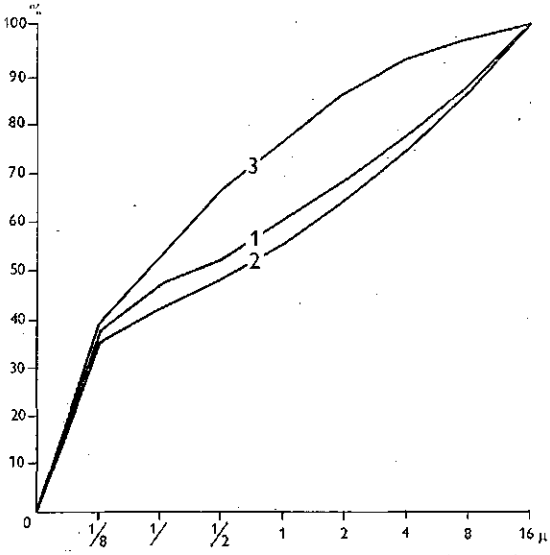

Fig. 15 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 38 monsters *"normale" keileem* (1), 12 monsters *schollenkeileem* (2) en 10 monsters *potklei* (3).

KLEI UIT DE FORMATIE VAN STERKSEL

De Formatie van Sterksel is samengesteld uit grove zanden, die in hoofdzaak door de Rijn zijn aangevoerd (Zonneveld, 1947).

Zagwijn en Zonneveld (1956) hebben aangetoond, dat althans een gedeelte van dit sedimentpakket uit het Cromerien stamt, maar vermoedelijk zal ook een gedeelte nog in het Günz- en in het Mindelglaciaal zijn gevormd. De Formatie als geheel is dus onder wisselende klimaatsomstandigheden ontstaan. Kleilagen van enige uitgestrektheid komen er weinig in voor. Toch werden in de afgelopen jaren in totaal 39 monsters klei uit boringen verzameld. Van dit aantal zijn er 26 afkomstig uit de omgeving van Valkenswaard, terwijl de overige 13 monsters in de omstreken van Weert, Venlo en Vlodrop werden verzameld.

In figuur 19 is de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van de gehele serie van 39 monsters aangegeven. Uit deze figuur blijkt dat de samenstelling van de slibfractie binnen wijde grenzen varieert en dus niet homogeen is. Deze sterke variatie komt evenzeer voor in de Brabantse monsters, die uit een gebied van beperkte omvang stammen, als in de Limburgse monsters, die over een veel grotere oppervlakte werden

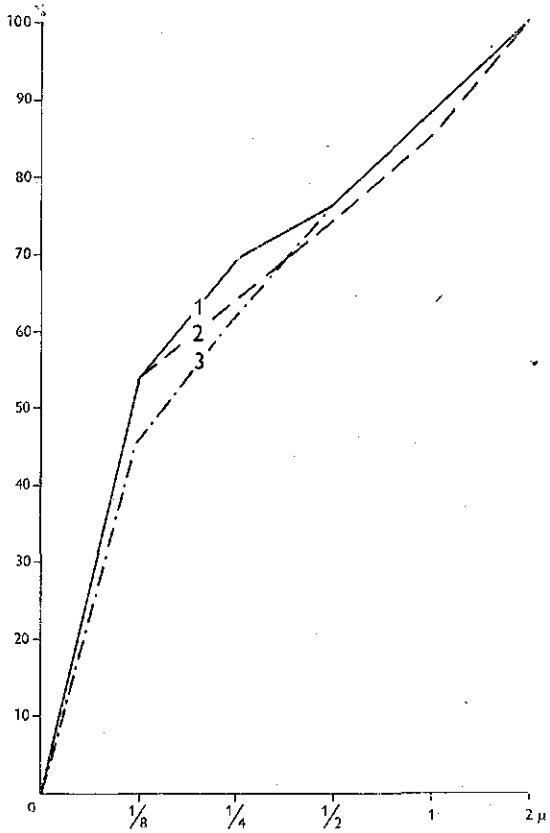

Fig. 16 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 38 monsters *"normale" keileem* (1), 12 monsters *schollenkeileem* (2) en 10 monsters *potklei* (3).

verzameld. Een heterogene korrelgrootte-verdeling van de slibfractie is ook bij de holocene rivierkleien waargenomen (fig. 5) doch bij vergelijking van de figuren 5 en 19 vallen toch duidelijke verschillen op in de verdeling over de verschillende subfracties van beide rivierkleitypen (zie ook figuur 18).

In tegenstelling tot de holocene rivierkleien, die ten aanzien van de korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie uitermate uniform bleken te zijn (fig. 6), kenmerken de kleien uit de Formatie van Sterksel zich door een grote variatie in samenstelling van de lutumfractie, zoals uit figuur 20 moge blijken.

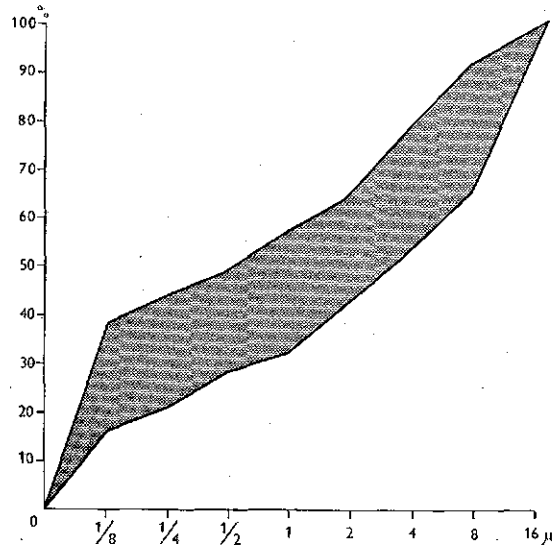

Fig. 17 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 26 monsters klei uit de *Formaties van Veghel en Grubbenvorst.*

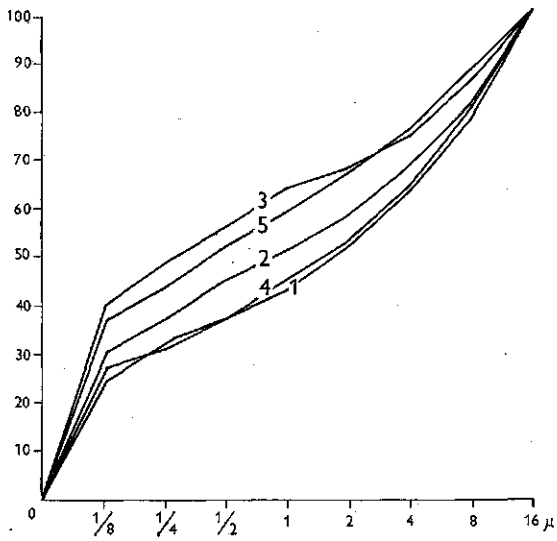

Fig. 18 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 26 monsters klei uit de *Formaties van Veghel en Grubbenvorst* (1), 39 monsters klei uit de *Formatie van Sterksel* (2), 15 monsters uit de *Formatie van Kedichem* (3), 45 monsters van de *klei van Tegelen* (4) en van 89 monsters *rivierklei* (5).

Aan welke oorzaken deze grote variaties moeten worden toegeschreven is voorlopig moeilijk uit te maken. De vorming van deze Formatie besloeg een ruim tijdsbestek waarin sterke klimaatsverschillen voorkwamen en dus ook verschillen in de processen van verwering. Mogelijk hebben deze laatste tot het ontstaan van deze heterogene korrelgrootte-verdelingen bijgedragen, al is van de onderzochte kleien niet bekend onder welke klimaatsomstandigheden zij zijn gesedimenteerd.

KLEI UIT DE FORMATIE VAN KEDICHEM

Deze Formatie bestaat voornamelijk uit fijnzandige afzettingen met kleilagen, die jonger dan de klei van Tegelen maar ouder dan de Formatie van Sterksel zijn. Er zijn aanwijzingen dat tijdens de vorming van de Formatie een aantal klimaatschommelingen hebben plaatsgevonden (Zagwijn, 1957).

Het aantal monsters Kedichemklei, waarvan de samenstelling van de slibfractie is onderzocht, bedraagt slechts 15. Deze monsters zijn afkomstig van zeer uiteenlopende vindplaatsen, o.a. Deurne, Valkenswaard, Venlo, Arcen en Montfort.

In figuur 21 is de granulometrische samenstelling van de slibfractie van deze 15 monsters aangegeven. Uit deze figuur blijkt duidelijk de grote spreiding van de sommeringscurven, hetgeen op sterke variaties in samenstelling van de slibfractie wijst. Ondanks deze grote variatie is er toch een vrij duidelijk verschil met de kleien uit andere Formaties zoals o.a. de Tegelen-, Veghel- en Grubbenvorst-Formaties (fig. 18). Terwijl bij laatstgenoemde kleien de curven van de fijne naar de grove fracties een buiging naar links te zien geven, buigen de curven van de Kedichemkleien aanvankelijk naar rechts. Het is dan ook op grond van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie mogelijk gebleken Tegelenklei van Kedichemklei te onderscheiden wanneer men over een voldoende aantal monsters beschikt. Zo werd in een boring (P 62) bij Arcen in Limburg op een diepte van 11.60—13.80 m beneden maaiveld een grijze tot lichtgrijze zandige klei gevonden, die op grond van het zware-mineralenonderzoek tot de Tegelenklei moest worden gerekend. Hiervan gescheiden door een dun zandlaagje werd boven deze Tegelenklei van 8.70—10.00 m beneden maaiveld een donkergrijze tot grijsgroene, humeuze klei aangetroffen, die volgens het zware-mineralenonderzoek tot de Formatie van Kedichem behoort. Op grond van de

korrelgrootte-verdeling van de slibfractie waren beide kleien eveneens duidelijk van elkaar te onderscheiden, zoals uit figuur 22 moge blijken.

KLEI UIT DE AFZETTING VAN HALSTEREN

Onder de Afzetting van Halsteren wordt een sedimentpakket van fluviatiele oorsprong verstaan, dat de opvulling van de zgn. Vallei van Zeeland vormt (Van Voorthuysen, 1957). De ouderdom van deze overwegend fijne, matig slibhoudende zanden met ingeschakelde kleilagen is niet nauwkeurig bekend, doch is gelegen tussen Tiglien en Drenthien.

De Ridder (1957a) onderzocht de granulometrische samenstelling van de slib- en lutumfractie in 18 kleimonsters uit deze afzetting en kwam daarbij tot de conclusie dat beide fracties een heterogene samenstelling bezitten. Hij wees op het verschil met de recente rivierkleien, die juist een vrij homogene verdeling over de subfracties van de lutumfracties bezitten. Ook vestigde hij de aandacht op het aanzienlijk hogere gehalte aan deeltjes $<$ 1/8 micron in de holocene rivierkleien, die daardoor een aanmerkelijk „fijnere" samenstelling bezitten dan deze pleistocene kleien. Dit laatste verschil bleek ook reeds bij enkele andere pleistocene kleien, zie bijvoorbeeld figuur 18.

In de door De Ridder samengestelde figuren (fig. 10a en 10b) is de verdeling over de slibfractie gescheiden van die over de lutumfractie. Terwille van de uniformiteit wordt thans de verdeling voor het gehele traject van 1/8 tot 16 micron gegeven. De resultaten van deze bewerking zijn in figuur 23 aangegeven. Ook uit deze figuur blijkt de geheel eigen granulometrische samenstelling van de slibfractie van deze klei, die allerminst homogeen is. Niettegenstaande de variabele samenstelling is er een karakteristiek verschil met de holocene rivierklei, hetgeen moge blijken uit figuur 25.

Hoewel uiteraard niet geheel identiek, valt toch een zekere overeenkomst in de samenstelling van de slibfractie van deze klei waar te nemen met de hierna te bespreken kleien van het Icenien, die eveneens een vrij regelmatige verdeling over de verschillende subfracties van de slibfractie te zien geven (zie de figuren 23, 26 en 31).

Van Voorthuysen (1957) heeft er reeds op gewezen, dat er geen autochtone marine microorganismen in de zanden van de Afzetting van Halsteren voorkomen, maar wel veel gelimonitiseerde deeltjes, pyrietbrokjes en soms veel geremanieerde marine organismen uit oudere afzettingen. Het is dus zeer wel mogelijk, en zelfs waarschijnlijk, dat deze afzetting voor een belangrijk deel is samengesteld uit door rivieren verplaatst materiaal van oudere marine sedimenten i.c. van het Icenien. De overeenkomst in de samenstelling van de slibfractie van de Icenienklei en die van de klei van Halsteren zou in deze richting kunnen wijzen.

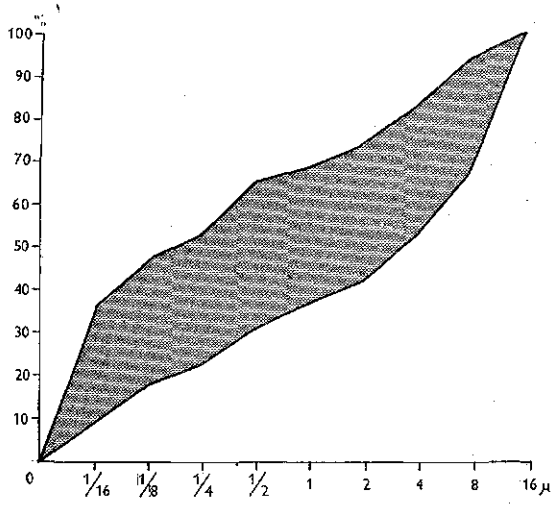

Fig. 19 — Sommeringscurven van de korrelgrootteverdeling van de slibfractie van 39 monsters klei uit de *Formatie van Sterksel.*

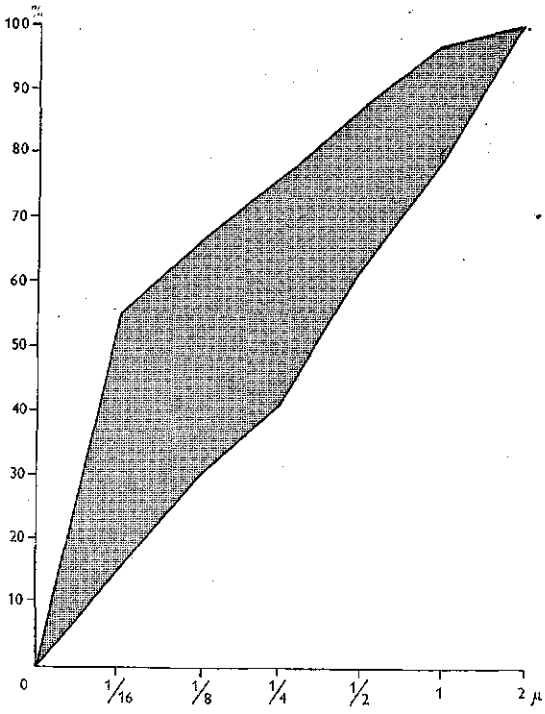

Fig. 20 — Sommeringscurven van de korrelgrootteverdeling van de lutumfractie van 39 monsters klei uit de *Formatie van Sterksel.*

KLEI VAN TEGELEN

In de voorgaande paragrafen is reeds terloops enkele malen de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van Tegelenklei ter sprake gekomen. Thans zal hierop echter wat uitvoeriger worden ingegaan.

Het aantal monsters, dat in de loop der jaren van deze bekende kleisoort werd onderzocht, bedraagt 45. Hiervan zijn er in totaal 25 verzameld in de verschillende groeven bij Tegelen, o.a. de groeven van Kurstjens, Janssen Dings, Canoy Herfkens en Wambach. De resterende 20 monsters zijn afkomstig uit boringen, die in de omgeving van Venlo en Venray zijn verricht.

De Formatie van Tegelen, die uit kleien en zanden bestaat, is een Rijnafzetting. De resultaten van palynologische onderzoekingen wijzen erop, dat de vorming van het grootste deel van de klei in een gematigd warm klimaat plaats vond. Het bovenste deel van de klei van Tegelen is echter onder koudere klimaatsomstandigheden afgezet.

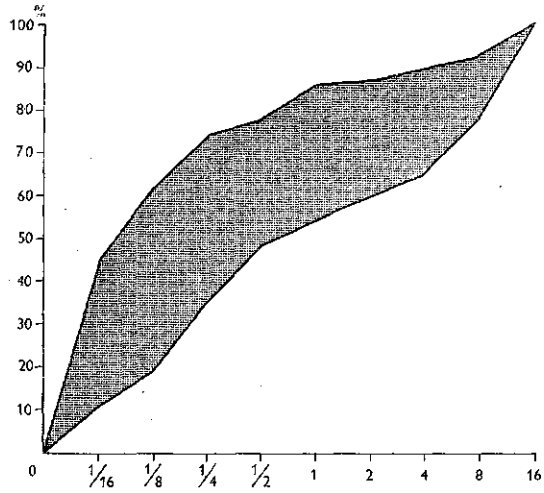

Fig. 21 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 15 monsters klei uit de *Formatie van Kedichem.*

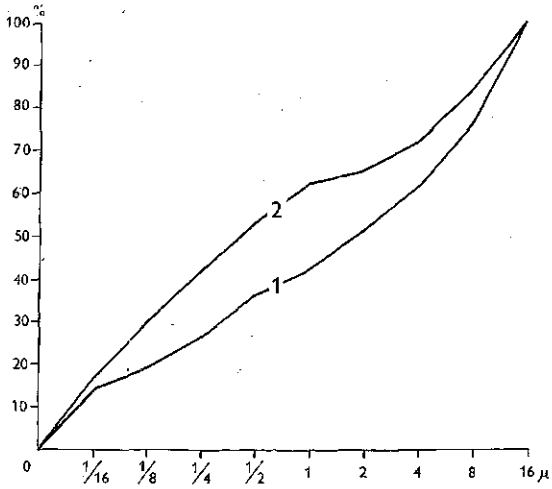

Fig. 22 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 4 monsters *Tegelenklei* (1) en van 4 monsters klei uit de *Formatie van Kedichem* (2) in een boring bij Arcen (L.).

In figuur 24 is de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 25 monsters Tegelenklei weergegeven, die in verschillende groeven bij Tegelen zijn genomen. Uit deze figuur blijkt dat de samenstelling van de slibfractie weliswaar niet homogeen is, maar varieert tussen overigens niet zeer wijde grenzen. Wanneer wordt aangenomen dat de klei van Tegelen in uitgestrekte kommen is gesedimenteerd, zou men een zekere overeenkomst in samenstelling kunnen verwachten met de holocene rivierklei, die merendeels ook uit komklei bestaat. Uit figuur 25 blijkt echter, dat een dergelijke overeenkomst niet bestaat. Ten opzichte van de holocene rivierklei heeft de klei van Tegelen een duidelijk tekort aan zeer fijne deeltjes (kleiner dan 1/8 micron). Een ander kenmerkend verschil blijkt in de samenstelling van de lutumfractie te bestaan. Deze is bij de holocene rivierklei tamelijk constant (fig. 6) maar varieert sterk bij de klei van Tegelen.

Teneinde een indruk te geven van de verdeling over de verschillende subfracties van de klei uit één bepaalde groeve zijn in figuur 24 de sommeringscurven van 8 monsters Tegelenklei uit de groeve Maalbeek ingetekend. Deze monsters zijn genomen op een diepte van ca. 16.00 tot 19.00 m beneden maaiveld. Dat de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van de klei uit de verschillende groeven identiek is aan die van de klei uit de boringen moge tenslotte blijken uit figuur 25. Beide curven vallen nagenoeg samen. Op de frappante overeenkomst in samenstelling met de lemen uit het Zanddiluvium en die uit de Formaties van Veghel en Grubbenvorst werd in het voorgaande reeds gewezen.

KLEI UIT HET ICENIEN

Door De Ridder (1957a) werden reeds de analyseresultaten van 17 monsters klei uit het Icenien besproken. Deze monsters zijn afkomstig van verschillende plaatsen uit Zeeland en zij werden uit boringen verzameld.

Het bleek dat de samenstelling van de slibfractie vrij uniform was, terwijl die van de lutumfractie sterk varieerde. De samenstelling van beide fracties werd echter door De Ridder gescheiden behandeld, maar thans worden in figuur 26 de sommeringscurven voor het gehele traject van 1/8 tot 16 micron gegeven. Uit deze figuur blijkt dat de samenstelling van de fijnere fracties sterker varieert dan die van de grovere,

maar dat de gemiddelde procentuele verdeling over de verschillende subfracties vrij regelmatig verloopt.

Hoewel de kleien uit het Icenien in een marien milieu werden gesedimenteerd, blijkt er ten aanzien van de granulometrische samenstelling van de slibfractie een duidelijk onderscheid met de Jonge en Oude Zeeklei te bestaan (vergelijk hiervoor b.v. de figuren 3 en 26). Ten opzichte van de holocene zeekleien heeft de klei uit het Icenien een belangrijk tekort aan deeltjes kleiner dan 1/8 micron. Dit kan veroorzaakt zijn door peptisatie van de fijnste deeltjes, waardoor de kleinste lutumsubfracties moeilijk tot afzetting konden komen. Het is ook mogelijk dat tengevolge van sterke verkitting (veel gelimonitiseerde deeltjes) de bij de analyse gebruikte peptisatie-middelen niet of onvolledig in staat waren de lutumfractie te peptiseren.

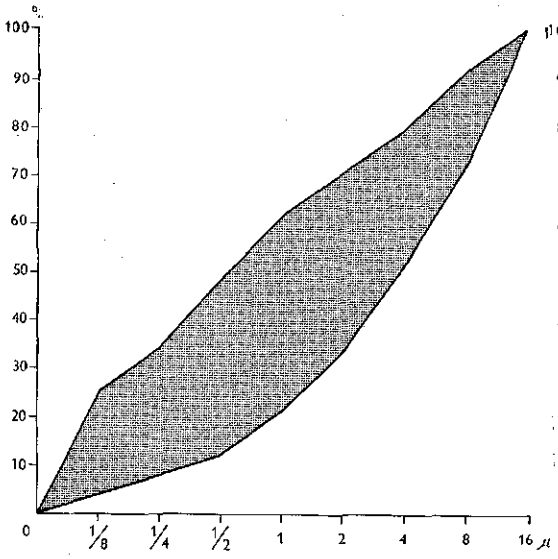

Fig. 23 — Sommeringscurven van de korrelgrootteverdeling van de slibfractie van 18 monsters klei van de *Afzetting van Halsteren* (zie De Ridder, 1957a).

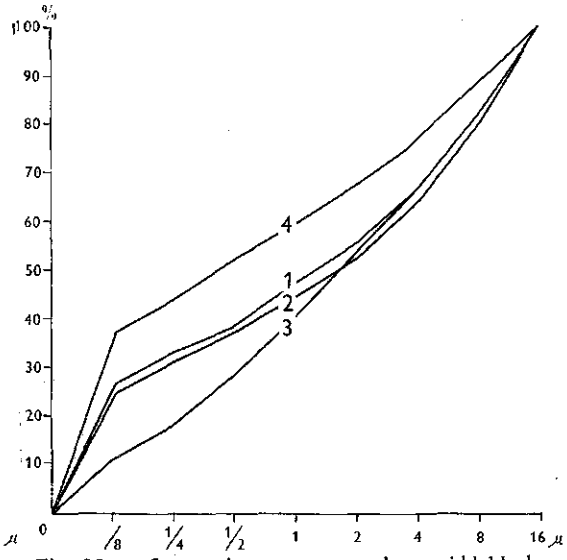

Fig. 25 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 25 monsters *Tegelenklei* uit groeven (1), van 20 monsters *Tegelenklei* uit boringen (2), van 18 monsters klei van de *Afzetting van Halsteren* (3) en van 89 monsters *rivierklei* (4).

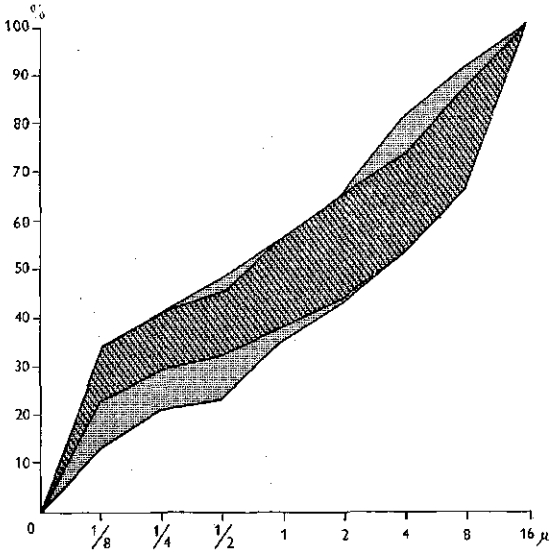

Fig. 24 — Sommeringscurven van de korrelgrootteverdeling van de slibfractie van 25 monsters *klei van Tegelen* uit verschillende groeven bij Tegelen; in de dubbel gearceerde band liggen de curven van 8 monsters uit de groeve Maalbeek (L.).

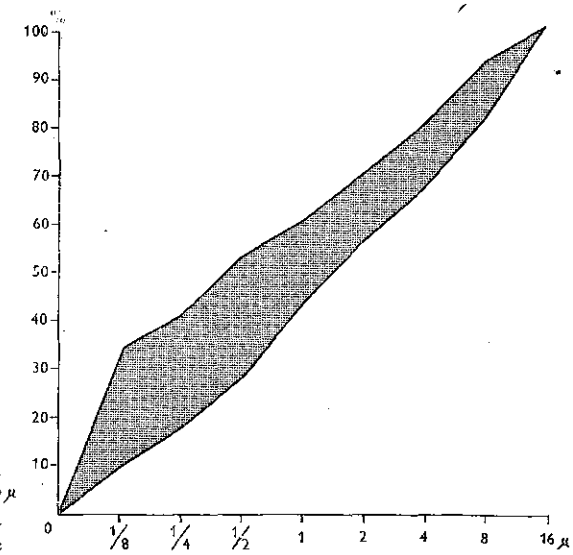

Fig. 26 — Sommeringscurven van de korrelgrootteverdeling van de slibfractie van 17 monsters *Icenienklei* (zie De Ridder, 1957a).

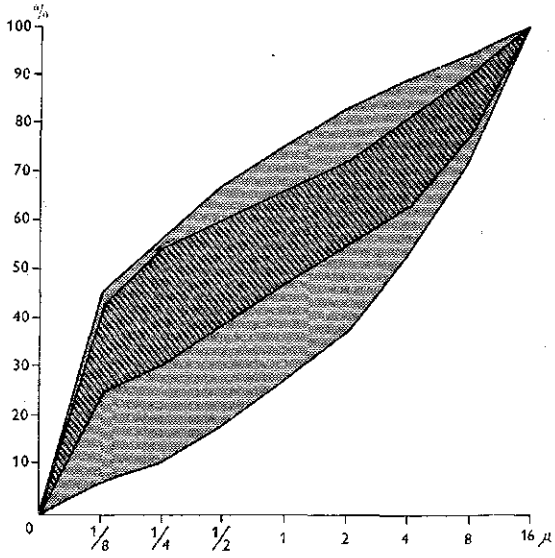

Fig. 27 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 110 monsters *pliocene* klei; binnen het dubbel gearceerde gebied liggen 73 van de 110 curven.

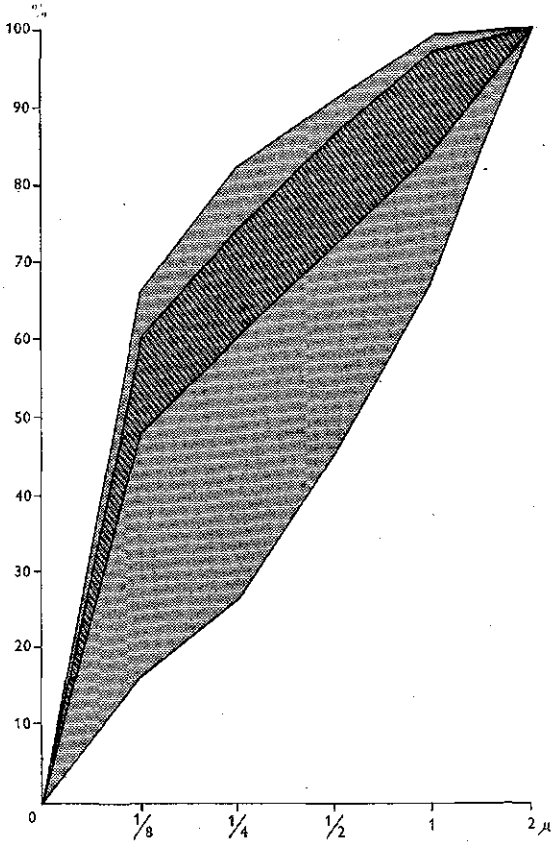

Fig. 28 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 110 monsters *pliocene* klei; binnen het dubbel gearceerde gebied liggen 54 van de 110 curven.

PLIOCENE KLEI

Over de samenstelling van de slibfractie van continentale pliocene kleien, waaronder de Reuverklei, zijn tot nog toe geen gegevens gepubliceerd. In totaal stonden de analyseresultaten van 110 monsters, afkomstig uit 35 boringen, ter beschikking. Deze boringen zijn gelegen in Noord-Limburg, ten noorden van de lijn Venlo-Helenaveen.

In figuur 27 is de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van deze 110 monsters klei uit het Plioceen weergegeven. De heterogene samenstelling van de slibfractie komt in deze figuur duidelijk tot uiting. Ook al bleek de variatie in de korrelgrootte-verdeling van ruim 70 monsters beduidend kleiner te zijn, toch kan van een homogene samenstelling van de slibfractie nog allerminst gesproken worden.

Opmerkelijk is, dat er ten aanzien van de procentuele verdeling over de verschillende subfracties van de meeste monsters een markante overeenkomst blijkt te bestaan met die van de holocene rivierklei (fig. 5, 27 en 31). Wat de samenstelling van de lutumfractie betreft, is er echter een verschil tussen beide kleisoorten. De holocene rivierkleien kenmerken zich in deze, blijkens figuur 6, door een nagenoeg uniforme verdeling, terwijl de sommeringscurven van de pliocene kleien een grote spreiding te zien geven (fig. 28).

OLIGOCENE KLEI (SEPTARIËNKLEI)

Door De Ridder (1957a) is de procentuele verdeling van de verschillende subfracties over de slib- en lutumfractie in een aantal monsters septariënklei van Zeeland behandeld. Hierbij bleek dat de samenstelling van de slibfractie van deze klei niet homogeen is, doch dat die van de lutumfractie, op enkele uitzonderingen na, een geringere variatie vertoont. Ook werd reeds gewezen op de uitzonderlijk hoge waarden van de lutum/slibverhouding in deze kleien, die voor de 22 geanalyseerde monsters gemiddeld 77 % bedraagt met als uitersten 67 en 88 %. In de door De Ridder samengestelde figuren (1a en 1b) is de verdeling over de slibfractie gescheiden van die over de lutumfractie. In figuur 29 worden thans de sommeringscurven van 20 monsters septariënklei uit Zeeland gegeven, betrekking hebbend op het gehele traject van 1/8 tot 16 micron (twee monsters, die een zeer laag lutumgehalte hebben, zijn in de figuur niet opgenomen). Uit deze figuur blijkt dat de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie niet homogeen is en bovendien weinig gelijkenis vertoont met die van de meeste andere besproken kleisoorten. Wel komt het gemiddelde gehalte aan deeltjes kleiner dan 1/8 micron overeen met dat

in verschillende andere kleien, b.v. in Jonge Zeeklei en rivierklei (fig. 4), doch de gemiddeld iets hogere gehalten in de eerstvolgende subfracties zijn oorzaak van een zwakke buiging van de sommeringscurven naar rechts. Deze tendens werd onder andere slechts waargenomen bij de potklei (fig. 15) en de klei uit de Formatie van Kedichem (fig. 21). De septariënklei is derhalve te karakteriseren als een fijnkorrelige klei in vergelijking met de meeste pleistocene kleien. Dat ook de samenstelling van de lutumfractie allerminst homogeen is moge tenslotte blijken uit figuur 30, al is de variatie in het grootste deel van de monsters (16 van de 20) belangrijk kleiner dan uit de beschouwing van de gehele serie zou volgen.

SAMENVATTING

(Zie fig. 31)

In het voorgaande werden de korrelgrootte-verdelingen van de slibfractie van slibrijke afzettingen van geheel verschillende facies en ouderdom nader beschouwd en met elkaar vergeleken.

In de eerste plaats werd vastgesteld dat de gemiddelde samenstelling van de slibfractie van Jonge Zeeklei geheel overeenkomt met die van Oude Zeeklei, rivierklei en ook met die van keileem. Voor dit verschijnsel kan voorlopig moeilijk een verklaring worden gegeven. Het is opvallend dat de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van Jonge Zeeklei en Oude Zeeklei uitermate uniform is, terwijl die van keileem en vooral die van rivierklei een vrij grote variatie te zien geeft, terwijl de gemiddelde curven van deze groepen vrijwel samenvallen.

Wanneer men verschillen vindt in de samenstelling van de slibfractie blijkt in enkele gevallen dat de samenstelling van de lutumfractie een grote mate van overeenkomst vertoont (Zuiderzee- en Almere-afzettingen).

Geheel afwijkend is de samenstelling van de slibfractie van kleefaarde, de enige autochtone verweringsklei die in het onderzoek werd betrokken.

Bij een nadere beschouwing van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van lemen uit het Zanddiluvium van Noord-Brabant en Limburg, bleek het niet mogelijk positieve uitspraken te doen omtrent de wijze van afzetting van deze lemen. Zo werd enerzijds een sterke gelijkenis geconstateerd tussen deze lemen en de löss uit Zuid-Limburg, terwijl anderzijds een treffende overeenkomst bleek te bestaan tussen de lemen uit het Zanddiluvium van Limburg en de ongetwijfeld fluviatiele klei van Tegelen. Naast een eolische vormingswijze mag een fluviatiele wijze van afzetten op grond van dit on-

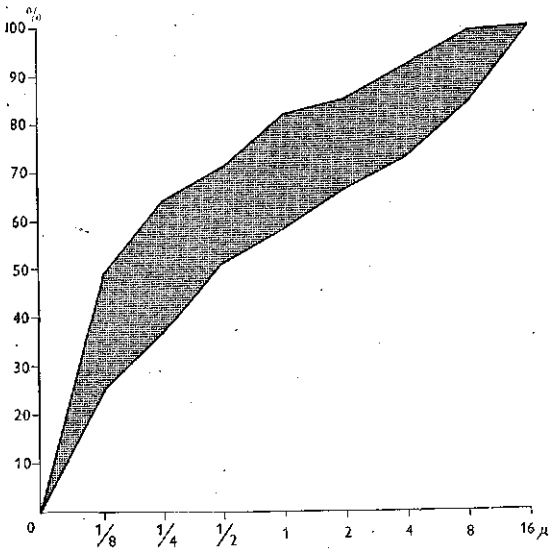

Fig. 29 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van 20 monsters *oligocene* klei (zie De Ridder, 1957a).

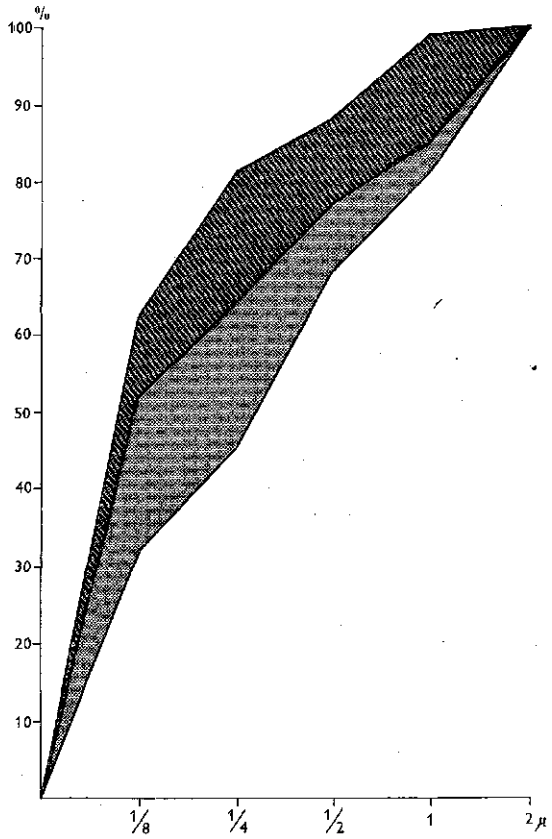

Fig. 30 — Sommeringscurven van de korrelgrootte-verdeling van de lutumfractie van 20 monsters *oligocene klei;* binnen het gearceerde gebied liggen 16 van de 20 monsters.

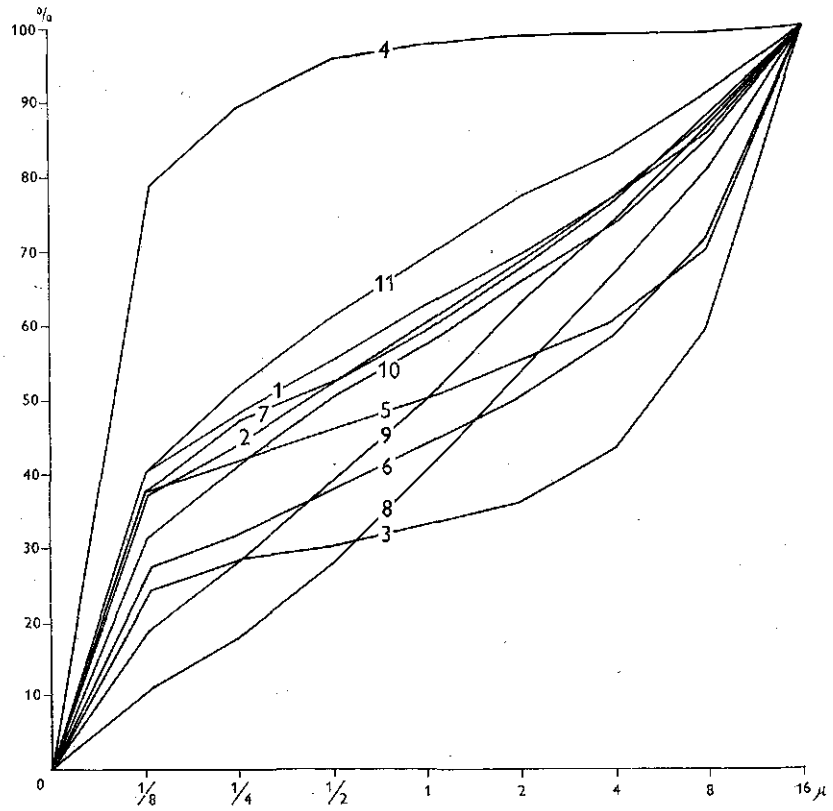

Fig. 31 — Sommeringscurven van de gemiddelde korrelgrootte-verdeling van de slibfractie van diverse afzettingen; de getallen tussen haakjes geven het aantal monsters aan waarop de curven betrekking hebben.
1 = Jonge Zeeklei (217)
2 = rivierklei (89)
3 = Almere-afzetting (12)
4 = kleefaarde (1)
5 = löss (9)
6 = leem uit het Zanddiluvium (63)
7 = keileem (38)
8 = Afzetting van Halsteren (18)
9 = Icenien-klei (17)
10 = pliocene klei (110)
11 = oligocene klei (20)

derzoek allerminst worden uitgesloten. Een opvallend verschijnsel is voorts dat de betreffende lemen uit Limburg niet volkomen identiek bleken te zijn met die uit Noord-Brabant.

Het is niet mogelijk gebleken op grond van de samenstelling van de slibfractie normale keileem van schollenkeileem te onderscheiden. Een duidelijk onderscheid bleek echter te bestaan tussen deze keilemen en de potklei.

Bij verschillende oudere (pleistocene) fluviatiele en marine kleien werd een meer of minder duidelijk tekort aan deeltjes in de fijnste subfracties geconstateerd. Dit bleek in het bijzonder het geval te zijn bij de kleien uit de Afzetting van Halsteren en die uit het Icenien, maar in mindere mate ook bij die uit de Formaties van Tegelen, Veghel, Sterksel en uit het Zanddiluvium. Men zou kunnen veronderstellen, dat het tekort aan deeltjes in de fijnste subfracties van bovengenoemde kleien door diagenese is veroorzaakt. Niet alle pleistocene kleien bleken echter dit verschijnsel te vertonen. Zo bleek bij het onderzoek van monsters klei uit de Formatie van Kedichem dat deze een gemiddeld nog iets hoger gehalte aan deeltjes kleiner dan 1/8 micron bezitten dan de holocene rivierklei. Ook de löss en de keileem wijken in dit opzicht niet van rivierklei af, terwijl het gehalte aan fijnste deeltjes in de oligocene marine klei niet lager is dan dat in Jonge Zeeklei.

Het lijkt ons voorshands niet mogelijk uit het verrichte onderzoek verdergaande conclusies te trekken. In de eerste plaats is het noodzakelijk een nadere verklaring te vinden voor de uniformiteit van de korrelgrootte-verdeling van de slibfractie en in het bijzonder ook van de lutumfractie van recente sedimenten. Het is niet onwaarschijnlijk dat de mineralogische samenstelling van de fijne deeltjes, en met name van de kleifractie, invloed op de samenstelling van de slibfractie uitoefent. Het ligt in het voornemen in de toekomst een nader onderzoek in te stellen naar de factoren die de granulometrische samenstelling van de slibfractie van recente sedimenten bepalen. Eerst wanneer deze factoren bekend zijn, zal het mogelijk zijn nadere conclusies te trekken uit de met de conventionele analysetechniek geconstateerde verschillen in de granulometrische samenstelling van de slibfractie tussen diverse oudere sedimenten, welke verschillen wellicht o.a. kunnen samenhangen met uiteenlopende facies, klimaatsomstandigheden tijdens de afzetting, mineralogische samenstelling en stadia van diagenese.

LITERATUUR

Baren, F. A. van (1934) — Het voorkomen en de betekenis van kalihoudende mineralen in Nederlandse gronden. Diss. Wageningen.

Crommelin, R. D. (1938) — Sedimentpetrologische onderzoekingen in Midden-Nederland, in het bijzonder in het Jong Pleistoceen. Med. Landb. Hogeschool, 42.

Dechering, F. (1936) — Rapport over het onderzoek van een 94-tal monsters uit Zuid-Limburg, hoofdzakelijk afkomstig van de lössgronden. Versl. Landb. Onderz., 42.

Doormaal, J. C. A. van (1945) — Onderzoekingen betreffende de lössgronden van Zuid-Limburg. Diss. Wageningen.

Doppert, J. W. C. en J. I. S. Zonneveld (1955) — Over de stratigrafie van het fluviatiele Pleistoceen in West-Nederland en Noord-Brabant. Med. Geol. Stichting (Nw. Serie), no. 8, pp. 13—30.

Edelman, C. H. (1938) — Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sedimentpetrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 55, p. 397.

Ernst, L. F. en N. A. de Ridder (in druk) — High resistances for horizontal groundwater flow in coarse-grained Pliocene and Pleistocene sediments in relation to tectonic displacements (verschijnt binnenkort in dit tijdschrift).

Favejee, J. Ch. L. (1951) — The origin of the "Wadden" mud. Med. Landb. Hogeschool 51, 5, pp. 113—141.

Hooghoudt, S. B. (1948) — Enige resultaten van de bepaling der gehalten van gronden aan lutum subfracties. Maandblad Landb. Voorl. 58, pp. 355—357.

Hudig, J. en J. J. Duyverman (1950) — De Centrale Venen van Zuid-Holland en West-Utrecht. Versl. Landb. Ond. 56, 1.

Jong, J. D. de (1957) — De zware mineralen. In: Het Jong-Kwartair op de Peelhorst en in de westelijk van de Horst gelegen Grote Slenk. Med. Geol. Stichting (Nw. Serie), no. 10, pp. 65—71.

Maréchal, R. et G. C. Maarleveld (1955) — L'Extension des phénomènes periglaciaires en Belgique et aux Pays-Bas. Med. Geol. Stichting (Nw. Serie), no. 8, pp. 77—86.

Oosting, W. A. J. (1936) — Bodemkunde en bodemkartering in hoofdzaak van Wageningen en omgeving. Diss. Wageningen.

Pannekoek, A. J. (red.) (1956) — Geologische geschiedenis van Nederland. 's-Gravenhage.

Ridder, N. A. en A. J. Wiggers (1956) — De korrelgrootte-verdeling van de keileem en het proglaciale zand. Geol. en Mijnb. (Nw. serie), 18, pp. 287—311.

Ridder, N. A. de (1957a) — Agro-hydrologische profielen van Zeeland. Een geologische en hydrolithologische verkenning van de ondergrond van een estuarien gebied tot een diepte van maximaal 40 meter. 's-Gravenhage.

Ridder, N. A. de (1957b) — Beiträge zur Morphologie der Terrassenlandschaft des Luxemburgischen Moselgebietes. Diss. Utrecht.

Ridder, N. A. de (i.v.) — Agrohydrologische profielen van Limburg.

Toorn, J. C. van den (1959) — Jaarverslag Geologische Stichting 1958.

Vink, A. P. A. (1949) — Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden in het bijzonder van de zuidoostelijke Veluwe. Diss. Wageningen.

Voorthuysen, J. H. (1957) — in: Agro-hydrologische profielen van Zeeland. 's-Gravenhage.

Wiggers, A. J. (1955) — De wording van het Noordoostpoldergebied. Diss. Amsterdam.

Wiggers, A. J. (1957) — De korrelgrootte analyse. In: Het Jong-Kwartair op de Peelhorst en in de westelijk van de Horst gelegen Grote Slenk. Med. Geol. Stichting (Nw. Serie), no. 10, pp. 72—80.

Zagwijn, W. H. (1956) — Zum heutigen Stand der Pollenanalytischen Untersuchungen des Pleistozäns in den Niederlanden. Geol. en Mijnb. (Nw. Serie), 18, pp. 426—427.

Zagwijn, W. H. (1957) — Vegetation, climate and time-correlation in the Early Pleistocene of Europe. Geol. en Mijnb. (Nw. Serie), 19, pp. 233—244.

Zagwijn, W. H. and J. I. S. Zonneveld (1956) — The interglacial of Westerhoven. Geol. en Mijnb. (Nw. serie), 18, pp. 37—46.

Zonneveld, J. I. S. (1947) — Het Kwartair van het Peelgebied en de naaste omgeving. Med. Geol. Stichting, Serie C-VI, no. 3.

Zuur, A. J. (1936) — Over de bodemkundige gesteldheid van de Wieringermeer. 's-Gravenhage.