Dit proefschrift met stellingen van

FERDINAND ALEXANDER VAN BAREN,

landbouwkundig ingenieur, geboren te Wageningen den 26sten Juni 1905, is goedgekeurd door den promotor: Dr Ir C. H. Edelman m.i., hoogleeraar in de mineralogie, de petrologie, de geologie en de agrogeologie.

*De Rector-Magnificus der Landbouwhoogeschool,*

Dr D. L. Bakker.

*Wageningen*, 10 November 1934.

# HET VOORKOMEN EN DE BETEKENIS VAN KALI-HOUDENDE MINERALEN IN NEDERLANDSE GRONDEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN

DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE

OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS

Dr D. L. BAKKER, HOOGLERAAR IN DE VEE-TEELTWETENSCHAP TE VERDEDIGEN VOOR EEN DAARTOE BENOEMDE COMMISSIE UIT DE SENAAT DER LANDBOUWHOGESCHOOL OP DINSDAG 4 DECEMBER 1934 TE DRIE UUR

DOOR

F. A. VAN BAREN

BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN.

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1934

# STELLINGEN

## I

De middenterras-afzettingen in Noord-Brabant zijn niet door de Maas aangevoerd.

## II

Voor het wetenschappelijk klei-onderzoek is de röntgenografische analyse van essentiële betekenis.

## III

Beyerinck's opvatting over het ontstaan van de humus-zandsteen-banken is in haar algemeenheid onjuist.

## IV

Ook in een gematigd klimaat zijn de aard en hoeveelheid der in de bodem aanwezige mineralen voor de landbouw van betekenis.

## V

De opvatting van vele schrijvers van leerboeken, dat het ,,bodem-complex'' uit een amorf aluminium-kiezelzuurgel zou bestaan, wordt door de electrisch-optische en röntgenografische onderzoekingen van kleien niet bevestigd.

## VI

De betekenis van kunstmest als bevorderaar van het natuurlijk physiologisch evenwicht wordt vaak overschat.

## VII

Kunstmestproeven bij de bosbouw hebben geen waarde zonder volledige kennis van de mineralogie van de bodem.

## VIII

De aard van de boshumus is afhankelijk van de in de bodem aanwezige voedingsstofleverende mineralen.

## IX

De bodemkaartering op planten-sociologische grondslag heeft voor de bodemkunde der cultuurgronden slechts indirecte betekenis.

## X

Voor de kaartering der Java-suikerrietgronden verdient een genetische indeling de voorkeur.

*Aan de nagedachtenis van mijn Vader*

*Aan mijn Vrouw*

Vader, dat Gij het verschijnen van dit proefschrift niet mocht medemaken stemt smartelijk. De herinnering echter aan Uw lichtend voorbeeld als mens en werker en Uw grote liefde voor de problemen, welke de studie van de bodem met zich brengt, is mij bij het bewerken van deze dissertatie tot grote steun geweest. Dat ik ten slotte vele jaren onder Uw leiding heb mogen werken, is eveneens een reden tot grote dankbaarheid.

Hooggeleerde Edelman, Hooggeachte Promotor, bijzonder erkentelijk ben ik U voor de steun, die ik bij de samenstelling van dit proefschrift van U heb ontvangen en voor de grote belangstelling, die Gij steeds voor mijn werk toonde. Zeer bijzonder waardeer ik de wijze waarop Gij het Mineralogisch-Geologisch Laboratorium voor mij openstelde. Het zij mij vergund hiervoor mijn oprechte dank uit te spreken.

Een aangename taak is het mij ook dank te betuigen aan Hoogleraren van de Landbouwhogeschool voor de leiding, die ik bij mijn studie in de landbouwwetenschappen van Hen mocht genieten.

Dr D. J. Doeglas ben ik zeer verplicht voor de leiding, die hij mij gegeven heeft gedurende de periode, dat ik in het Mineralogisch Laboratorium der Bataafsche Petroleum Maatschappij te Amsterdam, werkzaam mocht zijn.

Bijzonder erkentelijk ben ik voor de steun ontvangen van Prof. Dr C. W. Correns, Dr V. Leinz, Dr M. Mehmel en Dr W. Schott, bij mijn werk in het Mineralogisch-Geologisch Instituut te Rostock.

Den Heer H. Lindeman, Directeur van de N.V. Vereenigde Kalimaatschappij te Amsterdam en den Heer H. F. van Rummelen te Heerlen, ben ik dank verschuldigd voor de hulp, ontvangen bij het verzamelen der onderzochte monsters.

Bijzonder erkentelijk ben ik nog het personeel van het Mineralogisch-Geologisch Laboratorium, de Heren C. van Aggelen, S. van Guilik en Mej. L. Hey, voor de wijze waarop zij mij, ondanks drukke eigen werkzaamheden, behulpzaam waren.

Voor de correctie van manuscript en drukproeven betuig ik Mej. A. M. H. de Lange gaarne mijn dank.

Dank zij de steun van de Stichting „Molengraaff-fonds" was het mij mogelijk het noodzakelijke materiaal voor het onderzoek bijeen te brengen.

Mij voegend naar de wensen van de overheid werd dit proefschrift in de nieuwe spelling geschreven.

HOOFDSTUK I

# DE BETEKENIS VAN HET MINERALOGISCH BODEMONDERZOEK

There is no mineral in any plant, that was not in the soil from which it sprang.
Fletcher. Soils.

Er is in de bodemkunde wellicht geen belangrijker, doch ook geen gecompliceerder probleem dan dat van de bodem-vruchtbaarheid. Reeds in de periode 2357–2261 voor Christus, zo deelt Miss Ping Hua Lee (115) mede, werd tijdens de Yao-dynastie een poging gedaan om gronden volgens hun vruchtbaarheid te classificeren. Nu, ruim 4000 jaar later, bestaat nog hetzelfde probleem van de bodemindeling. Talloze scholen van onderzoekers hebben getracht een maatstaf te vinden voor de vruchtbaarheid van de bodem, dan wel geprobeerd een schema uit te werken, dat een bruikbare classificatie mogelijk maakt. Voor een overzicht naar de pogingen om tot een bodemkaartering te komen, verwijs ik in hoofdzaak naar het verslag van een door mij over dit onderwerp gehouden voordracht (6). Wel zij hier het zeer merkwaardige feit geconstateerd, dat de belangstelling voor het meest essentiële van het vraagstuk nl. uit welke componenten het substraat, dat we „grond" noemen, in gematigde streken bestaat, zeer gering is geweest. Dat men in de tropen hierop een juister kijk had, bewijst Mohr (130, 131). Bij de volgende bespreking zal het vraagstuk voor tropische verhoudingen echter buiten beschouwing blijven.

De ogenblikkelijke hoeveelheid voor planten opneembare voedingsstoffen verheugde zich reeds lang in de belangstelling van het wetenschappelijk onderzoek. Men trachtte deze voorraad te bepalen zowel langs de weg van extractie met zoutzuur, citroenzuur of koolzuurhoudend water, dan wel door de plant zelf als extractiemiddel aan te wenden (Neubauer, Mitscherlich e.a.). Tegen deze laatste methode geldt echter volgens Lundegårdh (121, blz. 262) het bezwaar, dat de plant een sterk regulatievermogen heeft en dat verschillende planten

zo geheel uiteenlopende eisen aan de chemische bodemfactoren stellen. Sinds de grote betekenis, die het physisch-chemisch onderzoek, dank zij het werk van Wiegner c.s. (206, 207, 208), voor de bodemkunde heeft gekregen, is ook langs deze weg het vraagstuk aangepakt. Het is Vageler geweest, die door middel van een door hem uitgewerkte formule (196, blz. 53) de voor de plant beschikbare hoeveelheid minerale voedingsstoffen bepaalt en zo rechtstreeks aansluiting zoekt aan de praktijk (197, 198).

Vermeldenswaard is nog de door Bouyoucos (27) uitgewerkte methode om door middel van de vriespuntsverlaging het gehalte aan voedingsstoffen in de bodemoplossing te bepalen, gebaseerd op het feit, dat deze vriespuntsverlaging afhankelijk is van de concentratie aan zouten. Op deze wijze onderzocht Hoagland (95) een groot aantal gronden met en zonder gewas en tijdens de verschillende jaargetijden. Hierbij viel op de sterke concentratievermindering gedurende en vlak na de oogst, waarbij niets wijst op een evenwichtsreactie tussen bodem en bodemoplossing. De mogelijkheid komt echter naar voren, dat deze evenwichtsreactie sterk beïnvloed wordt door het $CO_2$-gehalte van de grond, welk gehalte belangrijk met jaargetijde en oogst varieert, afhankelijk van de intensiteit van het bacteriënleven (168).

Ten slotte werd ook de electro-chemie toegepast (107, 108), zonder dat hiermede direct bruikbare resultaten werden verkregen (99).

Afgezien van het feit, dat nog niet uitgemaakt is, welke van de methoden de juiste uitkomsten geeft, hebben alle slechts ten doel het gehalte aan direct beschikbare voedingsstof te bepalen, ze zijn niet bedoeld en in staat inzicht te verschaffen in de natuurlijke vruchtbaarheid van de grond, resp. in de hoeveelheid reserve, die voor een langdurige voedselvoorziening eventueel aanwezig is. Gegevens hieromtrent kunnen slechts verwacht worden van *kwantitatieve* mineralogische analysen.

De oorzaak van de geringe interesse voor het *mineralogisch* onderzoek is wellicht te vinden in de opvatting, dat de chemische analyse geen betekenis voor het bodemonderzoek zou hebben. Dit was vooral het geval, toen na het hoogtepunt van Liebig's mineraaltheorie een reactie intrad, waarbij het gehele chemische onderzoek geen genade meer kon vinden in de ogen van land- en bosbouwkundigen. Dat het ongemotiveerd was zich geheel van deze methode af te wenden, betoogde in 1911 reeds Ramann (156).

De eerste pogingen in 1904 van Delage en Lagatu (52) om de mine-

ralogie naast de chemie in de sfeer van erkende onderzoekmethoden te betrekken, ondervonden de scherpste critiek van Cayeux (36), op grond van het feit, dat zij slechts kwalitatief werkten. Cayeux zegt, dat het mineralogisch onderzoek geen zin heeft als het niet kwantitatief wordt opgezet, en dat zelfs dan nog aan een chemische totaalanalyse de voorkeur is te geven.

Geruime tijd vinden we in de literatuur geen verdere belangstelling voor deze wijze van onderzoek, tot in 1913 Fry (70) het voor de mineralogie opneemt en hierbij tevens stelling neemt tegen de opvatting van Cayeux. Naar zijn mening is het directe en opvallende voordeel van de mineralogische analyse, dat zij, veel sneller dan de chemische, een kwalitatief inzicht geeft, en onmiddellijk kan worden geconstateerd, op welke wijze gebonden, de elementen in de grond voorkomen. Bovendien wijst hij in een andere studie met McCaughey (123) op de noodzakelijkheid de mineralen van de grond te kennen, wil men tot een beter begrip komen van die eigenschappen van dit substraat, welke afhankelijk zijn van afkomst, wijze van vorming en samenstelling. Verder vestigen zij in dit verband de aandacht op het feit, dat alle belangstelling uitgaat naar de physische, chemische en biologische eigenschappen van de grond, terwijl het mineralogisch onderzoek geheel wordt verwaarloosd.

Ook Robinson (161) komt tot de conclusie, dat de mineralogische analyse recht van bestaan heeft naast de erkende chemische methode van onderzoek. Hij wijst hierbij op de betekenis van de mineralen orthoklaas en muscoviet, die langzaam, over een uitgestrekte periode, zullen voortgaan hun kalium aan de bodemoplossing af te staan. Het valt hem verder bij zijn eigen onderzoek op, dat wat de K-houdende mineralen betreft, de hoeveelheid kalium, berekend uit het percentage orthoklaas en muscoviet, altijd lager is dan de werkelijk aanwezige. De oorzaak hiervan is zijns inziens te zoeken in het feit, dat deze mineralen in de fijnste fractie, die voor de gewone mineralogische analyse niet toegankelijk is, in groter hoeveelheid voorkomen dan in de grovere fracties. Deze in 1914 gedane uitspraak is, wat de muscoviet betreft, geheel in overeenstemming met de resultaten van het later te bespreken moderne onderzoek der laatste jaren. Wat de orthoklaas aangaat, zoo blijkt uit de nieuwere gegevens, dat het gehalte hieraan, onder een zekere korrelgrootte, afneemt naarmate de fractie fijner wordt.

Eenzelfde verschuiving van de veldspaten constateerde overigens ook Thomas (191), die naast de chemische een mineralogische ana-

lyse geeft van de verschillende zandfracties van een lemige grond. De fractie 1–0,5 mm bevatte geen veldspaat, die van 0,1–0,05 mm 50% en de daarop volgende van 0,05–0,005 mm bleek rijk aan veldspaat te zijn. Een nauwkeurige analyse van deze fractie was echter niet mogelijk. De veldspaat bestond hoofdzakelijk uit frisse mikroklien, waarbij nog wordt medegedeeld, dat van de orthoklaasfragmenten slechts gekaoliniseerde splijtstukjes over waren.

Door Lyon, Fippin en Buckman (122) wordt, behalve aan orthoklaas als uiteindelijke kali-leverancier ook betekenis toegekend aan kwarts, op grond van het feit, dat dit mineraal niet verweert en door de grote hoeveelheid waarin het voorkomt, als stabiliserende kern van de bodem kan worden beschouwd. Het vormt het in de bodemkunde algemeen bekende zgn. bodemskelet.

De belangstelling voor dergelijke onderzoekingen blijft, ondanks uitspraken als van Hall (83), dat onze kleien toch verweringsproducten zijn van veldspaten, augiet, hoornblende e.a., nog beperkt tot Amerika, waar Brown (33) in 1921 zich terecht op het standpunt stelt, dat wetenschappelijk bodemonderzoek eerst afdoende kan geschieden, indien men het grondtype kent, welk type mede door de mineralogische samenstelling wordt bepaald. In deze geest is ook de opvatting van een aantal Amerikaanse bodemkundigen op het in 1923 te Chicago gehouden congres, waarbij de betekenis van een grondige kennis van de bodem zeer scherp naar voren wordt gebracht (204).

In 1926 wordt door Stremme het standpunt ingenomen, dat chemisch en physisch onderzoek slechts geringe waarde voor de praktijk heeft. Aan een aantal voorbeelden laat deze onderzoeker zien (184 blz. 32), hoe moeilijk het is met de exacte physische en chemische methoden het wezen van de bodem te benaderen. Toch wendt hij zich niet geheel van het chemisch onderzoek af, integendeel maakt hij volop gebruik van analyse-resultaten, ter karakterisering en onderscheiding van de bodemtypen. Mijn overtuiging is het echter, dat de waardering van het chemisch onderzoek niet zou zijn afgenomen, indien een aanvullende mineralogische analyse zou hebben geleerd, aan welke, wellicht karakteristieke, mineralen de verschillende elementen gebonden zijn.

Op de juistheid van deze opvatting wijst misschien het streven van Stremme (184, blz. 207) om een groot aantal door Bausch-analyse verkregen cijfers op waarschijnlijke mineralogische samenstelling om te rekenen. Het spreekt vanzelf, dat dit gedeelte in Stremme's be-

schouwingen aanvulling behoeft van een werkelijk kwantitatief microscopisch onderzoek, doch zijn voorbeelden waren nu eenmaal alleen chemisch onderzocht.

Ten slotte werd ook bij de kaartering van Danzig in bepaalde gevallen gebruik gemaakt van het begrip „Mineralkraft", waarbij o.a. het gehalte aan veldspaten werd bepaald, daar zoals Stremme het uitdrukt, dit mineraal zekere gunstige eigenschappen kan hebben (184 blz. 268).

Enige jaren later verschijnt een publicatie van de hand van Hendrick en Newland (92), die op de betekenis van het microscopisch onderzoek wijzen in verband met het feit, dat verschillende gronden bepaalde mineralen of mineraalgroepen in wisselende hoeveelheden bevatten, respectievelijk een geheel andere samenstelling kunnen hebben. Daar verschillende mineralen verschillende basen in variërende verhouding leveren, is het zeker van belang, hieromtrent ingelicht te zijn. En niet alleen van dit standpunt bezien, doch tevens als hulpmiddel bij de studie der bodemprofielen, zoals door Allen (2) bij zijn onderzoek naar het verloop van de verwering der veldspaten in een profiel, heeft deze methode betekenis. Dat kennis van deze bodemdynamische omzettingen belangrijk is, betoogt ook de 'Sigmond (177), er op wijzende, dat immers alleen op deze basis een bodemkaartering, mede naar de voorraad minerale voedingsstoffen, van blijvende betekenis is. Laatstgenoemde onderzoeker had zich trouwens reeds in 1908 in dien zin geuit, dat het zeer wenselijk geacht moest worden, dat de mineralogen hand in hand met de bodemkundigen werkten, om de veelzijdige problemen, die het bodemonderzoek stelt, nader tot oplossing te brengen (176).

Hierbij sluit zich de opvatting van Niklas en Götting (137) geheel aan, die in een overzicht van de belangrijkste bodemsoorten van Beieren op grond van petrografisch-geologische eigenschappen onder meer de mening poneren, dat zulk een onderzoek voor de wetenschappelijke beoordeling van een bodem van belang is, terwijl kennis van de herkomst van het materiaal voor de praktijk van groot belang moet worden geacht.

Latere onderzoekingen van Niklas in samenwerking met Pürckhauer en Poschenrieder (138) bewijzen een duidelijke samenhang tussen die herkomst en het gehalte aan voor planten opneembaar fosforzuur volgens de biochemische Azotobacter-methode bepaald. Hierbij bleek, dat marine sedimenten in het algemeen rijker zijn aan fosforzuur dan terrestere afzettingen (139).

Tengevolge van het feit, dat slechts incidenteel belangstelling voor het mineralogisch onderzoek wordt getoond, blijkt in 1932 nog noodzakelijk, dat Steinriede (181) voor deze methode een warm pleidooi houdt en Demolon (53, blz. 32) uiteenzet, waarom de mineralogische analyse naast de erkende bodemkundige chemische methoden van onderzoek een reden van bestaan heeft. Zeer juist is de door Zemiatchensky (210) zoo scherp geformuleerde uitspraak, waarvan de betekenis niet hoog genoeg geschat kan worden: „de grondslag van alle eigenschappen van een grond, hetzij beschouwd als een natuurlijk lichaam, dan wel als voorwerp van landbouwkundige of andere betekenis, is de verwering der minerale gesteenten."

Dit literatuuroverzicht zij besloten met in herinnering te brengen, hoe ook mijn Vader, Prof. J. van Baren, jarenlang heeft gestreden voor de erkenning van de betekenis der mineralogische analyse, ter aanvulling van de langs physische en chemische weg verkregen gegevens, hierbij zelf, waar mogelijk, het voorbeeld gevend. Voor de betreffende publicaties zij naar de literatuurlijst verwezen.

HOOFDSTUK II

# DE BETEKENIS VAN DE MINERALE RESERVE VOOR DE LANDBOUW

Kan dus met behulp van de mineralogische analyse vastgesteld worden, in welke vorm de verschillende elementen in de bodem zijn vastgelegd, van bijzondere betekenis wordt daaraanvolgend de vraag, of de verschillende mineralen in staat zijn hun componenten aan enige vegetatie als voedingsstoffen af te staan. Deze vraag werd door meerdere onderzoekers gesteld, waarbij speciaal de belangstelling uitging naar de kali-dragers orthoklaas en glimmer. De volgende bladzijden geven het resultaat van een aantal onderzoekingen, waarbij we ons in hoofdzaak beperken tot de gegevens, verzameld betreffende orthoklaas, om bij het bespreken der resultaten van een oriënterend klei-onderzoek in te gaan op de onderzoekingen omtrent biotiet, daar dit laatste mineraal vooral in een der fijnere der onderzochte sedimenten een belangrijke rol bleek te spelen. Het ligt voor de hand in dit literatuuroverzicht eveneens te betrekken de onderzoekingen, die verricht werden met orthoklaas als kalimeststof. Immers de daarbij verkregen ervaringen omtrent het gedrag van orthoklaas in de grond geven direct aanknopingspunten voor de betekenis van een oorspronkelijk gehalte aan dit kalimineraal in de bodem.

Het eerste onderzoek naar de eventuele praktische betekenis van orthoklaas als kalimeststof werd in 1904 opgezet door Von Feilitzen (68), die de invloed van orthoklaasmeel bij een, in goed vergane turf gezaaid klavergrasmengsel, bestaande uit rode klaver, bastaardklaver, witte klaver en timothee-gras, naging. Hierbij werd toegediend 100 en 200 kg kali per ha als orthoklaas naast 100 kg kali als KCl. Bij een oogstvermeerdering door KCl = 100, bedroeg deze voor de orthoklaasgiften resp. 15 en 23. Na het tweede jaar was deze verhouding 100 : 7 : 43. Van de toegediende kali werd door de planten opgenomen resp. 92,83%, 8,62% en 4,8%. Deze cijfers wijzen

uit, wat te verwachten was, dat de kali uit KCl direct opneembaar was en dus een goed waarneembare oogstvermeerdering gaf. Doch wij zien ook, dat na bemesting met orthoklaasmest in het tweede jaar de oogst verdubbelde, immers van 23 op 43% kwam. Dit komt ook uit met de verwachting, dat de kali uit orthoklaas langzamer ter beschikking zou komen dan uit KCl, maar toch evenzeer vrij komt, waardoor zelfs bij achterwege blijven van de mestgift voor het tweede of derde jaar, ten gevolge van de nawerking, een oogstvermeerdering te verwachten zou zijn en tevens, dat door een grotere gift kali-silikaat een oogstvermeerdering bewerkstelligd zou kunnen worden, die te vergelijken zou zijn met die, welke door toediening van 100 kg per ha KCl in het leven geroepen wordt.

Een soortgelijk onderzoek op veengrond stelde in 1918 De Turk (194) in, waarbij bovendien nog werd nagegaan of de aanwezigheid van gemakkelijk verteerbaar organisch materiaal, dan wel $MgCl_2$ of NaCl van invloed was op de oplosbaarheid van het kalium uit mineralen, resp. of voor de planten de opneembaarheid werd gestimuleerd. Het fijn gemalen mineraalpoeder werd tot een gewicht van 25 g per proefpot of twee ton per acre toegediend. Het resultaat van deze onderzoekingen is, samengevat, dat gemalen kalimineralen de opbrengst van boekweit met 21 tot 34,8% verhogen, waarbij de voedingskracht van de plant zelf een belangrijke factor is voor het gebruiken van relatief onoplosbaar kalium. Merkwaardig was de waarneming, dat de grond waaraan men mineraalpoeder had toegevoegd, een lagere waarde voor water oplosbaar kalium vertoonde dan dezelfde grond zonder eenige bijmenging. Het kalium werd dus blijkbaar tijdelijk door de mineralen adsorbtief gebonden en later, tijdens de proefneming, weer ter beschikking van de plant gesteld. Het bleek verder in overeenstemming met de bevindingen van Prianischnikov, dat de tot de glimmers behorende lepidoliet, gevolgd door leuciet, het kalium gemakkelijker afstaat dan de veldspaten.

Laatstgenoemde onderzoeker was aanvankelijk (151) tot de conclusie gekomen, dat potcultures van tabak, boekweit, vlas, bonen en gerst geen gunstige invloed ondervonden door toediening van orthoklaas en slechts weinig door een gift van glimmer als kali-bron. Later gepubliceerde onderzoekingen (152) gaven het volgende opbrengstbeeld in grammen:

TABEL I

| | KCl | Nephelien gesteente | Muscoviet | Ortho-klaas | Geen K |
|---|---|---|---|---|---|
| mosterd | 13,95 | 12,68 | 11,20 | 5,88 | 2,77 |
| boekweit | 10,10 | 14,30 | 10,90 | 2,80 | 4,40 |
| gerst | 6,90 | 9,70 | 7,60 | 4,40 | 4,70 |

Er bleek verder correlatie te bestaan tussen de hoeveelheid K, uitgewisseld door 10%ige oplossing van $NH_4Cl$ en $BaCl_2$ en de mate, waarin de planten profijt konden trekken van de als mineraal toegediende K. De bij dit tweede experiment gebruikte mineralen konden in de volgende drie groepen, gerangschikt naar toenemende mate van beschikbaarheid van het kalium, worden verdeeld:

| | |
|---|---|
| Nephelien | $(Na,K)_2(Al_2Si_2)0_8$ |
| Biotiet | $K_2(Mg_5Fe)Al(Al_3Si_5)O_{20}(OH)_4$ |
| Phillipsiet | $(Ca, K_2)\,(Al_2Si_4)O_{12}.\ 4\frac{1}{2}H_2O$ |
| Muscoviet | $KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$ |
| Leuciet | $K_2(Al_2Si_2)O_8$ |
| Apophylliet | $K\,Ca_4Si_8O_{16}(OH)_8.\ 3\frac{1}{2}H_2O$ |
| Sanidien | $K(AlSi_3)O_8$ |
| Orthoklaas | $K(AlSi_3)O_8$ |
| Mikroklien | $K(AlSi_3)O_8$ |

In verband met de hier gebruikte formules zij medegedeeld, dat deze zijn gebaseerd op de nieuwste structuuropvattingen der silikaten volgens Bragg (28, 29), waarbij langs röntgenografische weg het bestaan der volgende hoofd-structuurgroepen is aangetoond:

| | |
|---|---|
| $SiO_4$ | granaat, olivijn e.a. |
| $SiO_3$ | pyroxenen |
| $Si_4O_{11}$ | amfibolen |
| $Si_2O_5$ | glimmers |
| $SiO_2$ | o.a. veldspaten |

Vooral die groepen, waarin het 4-waardige Si door het 3-waardige Al vervangen kan worden, zijn belangrijk. Goldschmidt (78 blz. 111) wijst er op, dat door deze vervanging de negatieve lading van deze groep door ieder intredend Al-ion met een negatieve eenheid vergroot wordt. Er ontstaat dus een overschot aan negatieve lading, welke door de inwisseling van positieve ionen gecompenseerd moet worden, zodat een stabiel electrisch neutraal complex ontstaat. Als zulke positieve ionen komen in de eerste

plaats die der alkali-metalen en van calcium in aanmerking. Op de belangrijke rol van het Al-ion bij het adsorbtie-proces wijzen ook nog Breazeale en Magistad (31) bij hun onderzoekingen naar de basenuitwisselingsverschijnselen aan orthoklaas.

Op grond van vergelijkende studie deelt verder Bauer (19) mede, dat, bij gift van orthoklaas als kali-bron, de volgende opbrengsten werden genoteerd, de oogst met $K_2SO_4$ als bemestingsmiddel gelijk honderd stellend:

| | |
|---|---|
| boekweit ..... | 23,3 |
| mais..... | 45,2 |
| klaver ..... | 106,5 |
| haver ..... | 107,6 |

De orthoklaas was in fijn gepoederde vorm in de verhouding 2 ton per acre toegediend.

Haley (84) vergelijkt nog aan een aantal potproeven met boekweit de bemestende werking van orthoklaas met die van $K_2SO_4$ bij aanwezigheid van Ca, P, N, Mg en Fe, toegediend in oplossingen van $(NH_4)_2HPO_4$, $CaH_4(PO_4)_2$; $Ca(NO_2)_2$, $MgSO_4$ en $FeCl_3$ en wel zodanig, dat bij een optimale hoeveelheid water in het kwartszandmedium van 14% van het gewicht van het zand, de concentratie der verschillende elementen in dit water de volgende waarden verkreeg in delen per millioen: 36,3 N, 51,5 Ca, 32,7 P, 41,7 K(als$K_2SO_4$), 31,6 Mg en een spoor Fe. De invloed van toegevoegde organische stof, in de vorm van dextrose zowel als zetmeel, naast die van anorganische verbindingen als $CaCO_3$, $CaSO_4$, NaCl en $Na_2SO_4$, op de opname van K werd eveneens bestudeerd. De orthoklaas werd gepoederd en door een 200 mesh zeef gezeefd. Van dit poeder werden resp. 25, 50 en 75 g toegevoegd aan 2750 g kwartszand. Het resultaat van deze onderzoekingen is het volgende:

1.50 g porties orthoklaas geven 7% meer opbrengst aan drooggewicht t.o.v. de volledige voedingsoplossing; bij 75 g porties stijgt die meeropbrengst tot 21%.

2. Het kali-gehalte der planten bij een gift van 25,50 of 75 g orthoklaas bedroeg resp. 30, 60 en 85% van dat bij toediening van de volledige voedingsoplossing.

3. De totale hoeveelheid opneembare kali uit orthoklaas was dus in geen der gevallen zo groot als bij de volledige voedingsoplossing, maar de physiologische balans van de oplossing met K als orthoklaas was blijkbaar gunstiger dan die met K als $K_2SO_4$.

4. $CaCO_3$ en $CaSO_4$ verhoogden de hoeveelheid opneembare K een weinig. NaCl, $Na_2SO_4$, zetmeel en dextrose verminderen deze hoeveelheid.

5. De Ca- zoowel als Na-zouten verhoogden het drooggewicht wanneer K onvoldoende aanwezig was, de organische stoffen daarentegen verlaagden dit.

In hoeverre de grotere physiologische waarde van het kalium uit orthoklaas toe te schrijven zou zijn aan gedeeltelijk door hydrolyse gevormde colloiden, is niet met zekerheid te zeggen.

Interessant zijn in dit verband de onderzoekingen van Niklewski (140). Deze bestudeerde de invloed van colloiden op verschillende cultuurplanten naar aanleiding van het feit, dat de laagprocentige kali-zouten uit enige Poolse mijnen een grotere productievermeerdering teweeg brachten dan de hoogprocentige Stassfurter zouten. Bij dit onderzoek bleek uit een groot aantal vergelijkende proeven, dat die extra productievermeerdering aan een stimulerende invloed van de in de Poolse kali aanwezige klei op de ontwikkeling van het wortelstelsel der proefobjecten moest worden toegeschreven. Het wortelstelsel ontwikkelde zich nl. bij aanwezigheid van 0,5 g klei, die gedurende 24 uur in water gesuspendeerd was, veel sterker dan bij afwezigheid van deze stimulans. Ook colloidale humusstoffen, agar en een meta-ferrihydroxyde-oplossing van 0,005% oefenden eenzelfde gunstige invloed uit, speciaal bij kiemplanten van Beta vulgaris L. en Sinapis alba L., terwijl ook Pinus silvestris L. reageerde door betere wortelontwikkeling.

De colloidale humusoplossing werd verkregen door extractie van stalmest. Deze oplossing bevatte evenveel minerale voedingsstoffen als de Pfefferse voedingsoplossing, doch bovendien per liter 0,035 g in zoutzuur precipiteerbare humusstoffen.

Aan deze onderzoekingen sluit zich het werk van Mengdehl (126) aan, die speciaal de invloed naging van $SiO_2$-gel op de opname van een serie voedingszouten o.a. bij mais. Hierbij kwam de stimulerende werking van het colloidale kiezelzuur, mede op de opname van kalium, in de meeste gevallen tot uiting. Onderzoeker vermoedt, dat een verklaring van dit verschijnsel moet worden gezocht in een physiologisch antagonisme der ionen.

Daarentegen staat Thomas (192) meer op het standpunt, dat het een evenwichtsreactie zou zijn in de zin van Donnan's evenwicht, waarbij de plantencel zelf als het evenwichtbepalend centrum zou moeten worden beschouwd.

De theorie van Comber (42), als zou het $SiO_2$-gel versmelten met de colloidale oppervlakte der wortelharen en zoo een absorbtie veroorzaken, wordt, als volledig onbewezen, onhoudbaar verklaard.

Vermelding verdienen nog de proeven met een nog niet genoemd specimen, dat locale betekenis kan hebben, nl. glaukoniet. De waarde als bemester van dit mineraal, dat zowel kali en fosfor bevat, werd onderzocht door Fraps (69). De gemiddelde opneembaarheid van deze elementen bleek resp. 8 en 10% te zijn, vergeleken met de opneembaarheid uit gelijke dosering kalizout en superfosfaat.

Rechtvaardigen de vermelde onderzoekingen een conclusie omtrent de kwalitatieve werking van veldspaatgruis in de grond, ook in een gematigd klimaat, een praktische en theoretische beoordeling is niet mogelijk, daar gegevens omtrent de korrelgrootte van het toegediende veldspaatpoeder ontbreken en zowel kosten als rendement bij voortgezette vergruizing van de veldspaat toenemen.

Waar dus uit de experimenten blijkt, dat kalihoudende mineralen, onder de beschreven omstandigheden der verschillende proeven, in staat geacht mogen worden hun kalium ter beschikking van de planten te stellen, is het evenzeer van belang te weten, hoe de veldspaat en glimmer der bodemmineralen zich gedragen m.a.w., of, onder een gematigd vochtig klimaat als het onze, van enige verwering en ten gevolge daarvan vrij worden van kalium sprake kan zijn. Slechts enkele onderzoekingen geven in deze kwestie nader inzicht. Zoo ging Tamm (188) aan een aantal podsol-profielen in Noorwegen de verwering der zware zowel als lichte mineralen na, door het gehalte en het uiterlijk der mineralen in de schierzand-laag te vergelijken met die in de ondergrond. Uit aan de geologie ontleende gegevens kon de ouderdom van het profiel nauwkeurig worden berekend, zoodat de belangrijke factor Tijd bekend was.

De invloed hiervan bleek vooral uit het gehalte amfibool en biotiet. In een 6000-jarig profiel waren de percentages van schierzand-laag en ondergrond resp. 1,52 en 2,47 voor amfibool en 0,03 en 0,3 voor biotiet. Bij een 116-jarig profiel was het percentage voor amfibool teruggelopen van 1,5 tot 1,2 en voor biotiet constant gebleven. De begroeiing was in beide gevallen typisch naaldhout met Myrtillus niger Gilib. en Vaccinium Vitis Idaea L., als hoofdcomponenten der bodemflora.

Voor de veldspaten worden geen percentages gegeven, doch uit de chemische analyse blijkt, dat het gehalte $K_2O$ maximaal terugloopt van 2,98% ondergrond tot 2,36% voor de schierzand-laag. In dit

bedrag is echter ook de kali der glimmers begrepen. Een conclusie omtrent het al of niet verdwenen zijn der veldspaten kan hieruit evenwel bij benadering worden getrokken, daar het percentage aan biotiet en muscoviet te verwaarlozen is ten opzichte van de veel grotere hoeveelheid orthoklaas. Uit de analysen berekent Tamm de hoeveelheden veldspaten in ondergrond en schierzand. Hij krijgt dan een $Al_2O_3$-overschot en redeneert, dat indien van een kaolinisering van veldspaat sprake was, het schierzand een groter overschot $Al_2O_3$ moest vertonen dan de ondergrond. Dit is echter niet het geval, derhalve schijnen de veldspaten niet te kaoliniseren.

Deze kwestie werd nader bestudeerd aan enige granieten. Hierbij komt hij tot de conclusie, dat bij het heersende klimaat geen omzetting in kaolien, muscoviet of zeolieten plaats vindt, doch dat de chemische aantasting resulteert in een oplossing der veldspaten. Zeer duidelijk wordt dit gedemonstreerd aan een porphyriet, die uit het veen gehaald was. Een vergelijking der slijpplaatjes van de sterk verweerde korst met die van het onverweerde gesteente bracht onder meer aan het licht, dat de orthoklaas volledig was opgelost, de basische plagioklaas, labradoriet, daarentegen geheel onaangetast bleek.

Ten slotte berekent hij nog aan de hand van de chemische analysen, dat door uitloging jaarlijks 0,014 g kalium per liter grondwater wordt afgevoerd. Uit dit onderzoek blijkt, dat al is relatief de verwering der veldspaten gering, de absolute hoeveelheid vrijkomende base niet onbelangrijk is.

Ik wijs in dit verband op de onderzoekingen van Th. Schloesing fils (169) naar de hoeveelheid K opgenomen uit een als bodemoplossing fungerende K-houdende waterstroom. Hij begint te wijzen op de geringe hoeveelheid K, die in het algemeen in de bodemoplossing voorhanden is, waarbij hij echter in herinnering brengt, dat de wortels „en vertu du pouvoir dissolvant qu'elles possèdent peuvent prélever directement de la potasse sur l'approvisionnement d'alcali non dissous". Proefondervindelijk toont hij dan met maisplanten aan, dat deze uit een onder in de proefpot met kwartszand circulerende stroom water, waarin zich K bevindt, in de verhouding 7,5 mg per liter, de voor de groei noodzakelijke hoeveelheid weten te putten en zich behoorlijk ontwikkelen. Na een groeiperiode van ruim 3 maanden bereikten de planten een hoogte van 1,91 m, terwijl het drooggewicht van stengel en blad 156,6 g en van het zaad 103,6 g bedroeg. Was de hoeveelheid K 1,8 mg per liter, dan bleef de groei ver achter

en werd geen zaad gevormd. Voor de aanwezigheid van Ca, N en P was gezorgd. Op grond hiervan mag zeker worden aangenomen, dat de hoeveelheid K, die uit orthoklaas in oplossing gaat en als component van de bodemoplossing ter beschikking van de planten staat, bij voldoende aanwezigheid van kali-veldspaat en/of biotiet stimulerend zal werken op groei en bloei. Vermeldenswaard is ook de mededeling van Coleman Renick (41) over het verschijnsel van basen-uitwisseling door silikaten in grondwater. Grondwateronderzoek in Montana toonde nl. aan, dat het oppervlaktewater rijk was aan Ca en Mg en dat deze met toenemende diepte werden uitgewisseld tegen Na en K, waarbij de totale hoeveelheid opgelost materiaal gelijk bleef.

Het water percoleerde door gesteenten rijk aan mineralen, behorende tot de leverriet-groep, en aan veldspaat en glimmer, waardoor de hardheid op natuurlijke wijze werd beïnvloed en gereduceerd. Ook dit is onbegrijpelijk zonder een merkbare ontleding der mineralen.

Hart (86) wijst bij het onderzoek van eenige Schotse gronden op het voorkomen van orthoklaas en mikroklien als kali-veldspaten, waarbij hij zich over de mogelijke betekenis hiervan niet scherp uitlaat, doch wel wijst op de grotere waarde van biotiet als kalimineraal. In een tweede studie (87) refereert hij aan het onderzoek van Plummer (zie blz. 27) en deelt mede, dat van de kali bevattende mineralen biotiet, muscoviet, orthoklaas en mikroklien laatstgenoemd mineraal in de minst verweerde toestand voorkwam, daarentegen biotiet zeer aangetast was en muscoviet door hem meestal ook fris werd aangetroffen. Daar deze glimmers in kwantiteit echter wegvallen tegenover de kali-veldspaat, veronderstelt hij een geringe beschikbaarheid van deze kali als plantenvoedsel.

Van bijzondere betekenis voor de natuurlijke verwering van biotiet en muscoviet is de studie van Denison, Fry en Gile (55). Deze gaan namelijk in enige volledige profielen na, hoe de physisch-optische en chemische eigenschappen der glimmers veranderen onder invloed van de in de beschreven profielen heersende omstandigheden. Hiertoe werden uit 300 tot 600 g in 3 liter water gedispergeerde grond door zeven en centrifugeren alle glimmers geïsoleerd. Dit waren zowel biotiet als muscoviet. Door microscopisch onderzoek werd de verhouding van deze twee mineralen vastgesteld. Uit de chemische analysen blijkt dan, dat voor de biotiet het gemiddelde gehalte aan $K_2O$, vergeleken met dat van het frisse mineraal, terug-

liep van 8,2 tot 3,6%, hetgeen neerkomt op een afname in K-gehalte van 56,1%. Het magnesiumgehalte daalde met 66,1%, het ijzergehalte van 35,3%. Hiertegenover staat een toename in $SiO_2$-, $Al_2O_3$- en $H_2O$-gehalte van respectievelijk 11,6, 61,3 en 250,0%.

Wat de muscovietverwering betreft wordt het K door aequivalente hoeveelheden H vervangen. De mate waarin dit geschiedt is geheel afhankelijk van de omstandigheden.

Er waren profielen, waarin muscoviet overheerste en toch het K-gehalte varieerde van 1–9%. Hierbij wordt nu de mogelijkheid naar voren gebracht, dat niet een intensievere verwering de oorzaak is, — het verschijnsel speelt zich nl. in één profiel af —, doch dat de aard der muscoviet hiervoor aansprakelijk gesteld moet worden, in zooverre, dat wellicht secondaire muscoviet aanwezig is. Bij het verdere onderzoek kon nog het enorme verlies aan glimmer geconstateerd worden. Profielen, waarin de A-horizon 2% tegen de C-laag 72% glimmer bevat, zijn geen uitzondering. De intensiteit van deze achteruitgang in glimmer is echter voor verschillende profielen niet gelijk en moet worden toegeschreven aan de heersende verweringsinvloeden.

Ook het chemisme der verwering, d.w.z. de oorzaak van het vrijkomen van plantenvoedingsstoffen, is reeds lang een onderwerp van studie geweest. Reeds in 1878 ging Lemberg (118) de invloed van verschillende zoutoplossingen en van $CO_2$-houdend water na. Experimenterende met een kunstmatig kaliumsilikaat, dat 22,75% K bevatte, bleek dit cijfer na behandeling met $CO_2$-houdend water in drie weken tijds tot 5,34% te zijn teruggelopen.

Bij soortgelijke onderzoekingen van Müller (133) met adulaar kwam eveneens de stimulerende werking van koolzuurhoudend water op het vrijmaken van kalium tot uiting.

In 1904 toont Cushman (50) door een aantal proeven met gepoederde veldspaat aan, dat de hydrolyse van water bij deze omzettingen een hoofdrol speelt. Bijzondere nadruk wordt nog gelegd op de opvatting, dat het niet noodzakelijk is, voor de natuurlijke verwering der veldspaten, de invloed van zuren aan te nemen (51). Hetzelfde betoogt later ook Stremme (183).

Ramann (156, blz. 250) wijzende op de geringe oplosbaarheid van kali-verbindingen in de bodem en rekening houdend met het feit, dat de oplosbare hoeveelheid kalium toch voldoende kan zijn voor de vaak hoge kali-behoefte van een plantenbegroeiing, zegt dat dit ver-

schijnsel verklaard moet worden doordat, — na het onttrekken van de opgeloste hoeveelheid —, weder geadsorbeerde kalium oplosbaar wordt. Hij deelt hierin eveneens het standpunt van Cushman, dat door hydrolyse eerst kalium vrijkomt, dit vervolgens door het afgescheiden colloid (alumino-silikaat?) wordt geadsorbeerd en zoo voor de planten beschikbaar komt.

Ten slotte werd nog nagegaan, in hoeverre bijmenging met andere stoffen van organische dan wel anorganische aard, invloed uitoefende op de oplosbaarheid van kalium uit silikaten.

Niklas (136) onderzocht in dit verband de verwerende invloed van veen op veldspaten. Bij regelmatige verversing van het extractiemiddel (in casu water) blijkt, dat door inwerking hiervan in aanwezigheid van veen, 2,4 × zoveel kalium wordt opgelost dan door water zonder veen. Na electrolyse bleken ook aantoonbare hoeveelheden ijzer en aluminium naar de kathode te zijn overgegaan, hetgeen zonder toevoeging van veen niet het geval was. We zien hierin dus de vernielende werking van het H-ion op het rooster van het silikaat.

De gunstige werking van organische meststof op het vrijkomen van de voor de plantengroei gewenste elementen uit de bodemmineralen wordt voor Ca, Mg, Fe en P door Jensen (101) geconstateerd.

Van betekenis is wellicht nog het onderzoek van Gardiner (74) met muscoviet, epidoot en olivijn resp. op de hoeveelheid K, Ca en Mg, die deze mineralen afstaan na een behandeling met licht-zuur bodemextract gedurende twee maanden in een thermostaat bij 25° C. Op deze wijze werd gemiddeld opgelost, 0,95% K, 0,27% Ca en 0,17% Mg. Dit zou er op wijzen, dat de bodemvruchtbaarheid, onder soortgelijke omstandigheden, dus relatief hoge temperatuur en sterke zuurgraad, in betrekkelijk korte tijd zeer sterk zou verminderen.

Deze onderzoekingen wijzen alle in ongeveer gelijke richting en bewijzen wel, dat een milieu, waarin ook organische stof een rol speelt, de omzettingen in de mineralen bevordert; of de toename der H-ionen-concentratie dan wel stimulering van het bacterie-leven of beide factoren samen, de activiteit van het medium verhogen, wordt door geen der onderzoekers nader beschouwd. Dat ook in alkalisch milieu de oplosbaarheid van kalium kan toenemen tonen de proeven van Vandecaveye (199) aan. Deze behandelde orthoklaas met stalmest-extract al of niet in de aanwezigheid van zuren of $CaCO_3$. Hierbij kan geconstateerd worden, dat de orthoklaas behandeld met stalmest-$CaCO_3$ tot een pH 8,8 100% meer wateroplosbaar kalium

opleverde dan de niet behandelde. Werd ook nog 0,2n $HNO_3$ toegevoegd, zodat de pH tot 1,6 terugliep, dan steeg de meeropbrengst tot 200%.

Een later onderzoek van Stickney en Yust (182) wijst er eveneens op, dat verhoging der alkaliteit van de grond door toediening van de physiologisch alkalische meststof $NaNO_3$ een stijging van K-opname ten gevolge heeft.

Dat alleen hydrolitische splitsing het kalium voor de planten toegankelijk zou maken, wordt op grond van het onderzoek van Breazale en Briggs (30) minder waarschijnlijk. Deze onderzoekers constateren, dat ook al bevat een waterige oplossing van orthoklaas een voldoende hoeveelheid kalium, dit — voor de kiemplantjes van tarwe althans —, niet opneembaar is. Werd een zodanige oplossing gefiltreerd door een Chaimberland-kaars, gekookt met $HNO_3$ en HCl en vervolgens geneutraliseerd met $CaCO_3$, dan bleek het kalium zeer goed opneembaar te zijn. Dit wordt daaraan toegeschreven, dat het kalium in de oorspronkelijke oplossing in niet geïoniseerde vorm aanwezig is, als complexe verbinding met Al, en daardoor niet opneembaar voor de onderhavige cultuur.

Wezen overigens de resultaten der onderzoekingen met organische stoffen in één richting, de experimenten met anorganische verbindingen, vooral Ca-houdende, gaven aanleiding tot verschillende elkaar weersprekende conclusies.

In 1911 kwam Blanck (22) tot het resultaat, dat de oplosbaarheid van het K afhankelijk is van het Ca- en Na-gehalte der mineralen, hetgeen overeenstemt met het feit, dat de basische veldspaten gemakkelijker verweren dan de zure componenten der reeks. Een verklaring hiervoor zou wellicht te vinden zijn in de wijze van bezetting van het silikaat-rooster. Anders wordt het echter, wanneer getracht wordt, de uitwisseling van buiten af te stimuleren door Ca. Betreffende de invloed van dit element deelt Hilgard (94 blz. 379) mede van mening te zijn, dat het Ca het K der mineralen vervangt en zo dit element in grotere hoeveelheid opneembaar maakt. Hierop wijst ook de reeds besproken basenuitwisseling in grondwater.

Constateerde André (3) een duidelijke, 2–2,5-voudige stijging van de oplosbaarheid van kalium uit mikroklien onder invloed van $CaCO_3$ of $CaSO_4$, Briggs en Breazeale (32) wijzen daarentegen op het feit, dat geen stimulerende invloed, in dit geval van K uit orthoklaas, door toediening van $Ca(OH)_2$, kon worden waargenomen, terwijl de aanwezigheid van gips de oplosbaarheid terugdrong. Dit

laatste wordt weer tegengesproken door Miller (128), die het tegenovergestelde ervaart, mits voor een behoorlijk contact tussen grond en gips wordt gezorgd.

De recente onderzoekingen van Jenny en Shade (100) aan eenige kleien en bentoniet tonen duidelijk aan, dat de hoeveelheid uitwisselbare K toeneemt bij aanwezigheid van Ca. Dat oudere onderzoekingen zelfs een teruggang vertoonden, moet huns inziens hieraan worden toegeschreven, dat de toename van Ca het bacteriënleven sterk stimuleert, waardoor een biologische réadsorbtie van K plaats vindt en dus een belemmering der ionen-uitwisseling optreedt.

Naast de vorengemelde pogingen om het vraagstuk der natuurlijke voedselvoorziening experimenteel te benaderen, mogen enkele voorbeelden uit de praktijk niet onvermeld blijven. Zo delen in 1910 Robinson en McCaughy (162) de resultaten van een onderzoek mede, naar de mineralogische samenstelling van enkele gronden in China, waarop sinds duizende jaren een superieure kwaliteit thee, bestemd voor religieuse doeleinden, werd verbouwd. De analyse bracht aan het licht, dat de grote vruchtbaarheid dezer gronden moest worden toegeschreven aan het hoge veldspaat-gehalte, vooral orthoklaas en mikroklien. Daar bewerking niet plaats vond en ook het strooisel regelmatig werd weggeruimd, is de enige oorzaak van deze bijzondere vruchtbaarheid de natuurlijke rijkdom aan mineralen, die slechts langzaam doch regelmatig hun waardevolle bestanddelen aan bodemoplossing en plant afstaan. Een uitgebreid cijfermateriaal brengt vooral Coffey (40). Op grond van het mineralogisch onderzoek van vrijwel alle grondtypen in Amerika kan in de eerste plaats worden vastgelegd, dat de grotere vruchtbaarheid van de gronden uit ariede streken toe te schrijven is aan de overmaat van veldspaten, welke mineralen in de humiede gebieden accessorisch worden ten opzichte van amfibool, glimmers en pyroxenen. Dit resultaat bewijst derhalve:

1e dat de veldspaten de vruchtbaarheid bevorderen.
2e dat de veldspaten in de meer humiede gebieden merkbaar worden uitgeloogd.

Interessant is ook de, zij het nog voorlopige conclusie, dat de productiviteit van een grond toeneemt met de variatie in mineralogische samenstelling, in welke richting ook de door Carrol (35) medegedeelde resultaten van het mineralogisch onderzoek van enige Australische gronden wijzen. Bij een vergelijking tussen het voorkomen van be-

paalde mineralen en de vruchtbaarheid der verschillende gronden komt Coffey tot het volgende overzicht: de aanwezigheid van epidoot heeft geen samenhang met de vruchtbaarheid; amfibool vertoonde wel een correlatie, in zoverre, dat 8 van de 12 gronden met een grotere hoeveelheid amfibool boven het productiviteitsgemiddelde uitkwamen; de kali-veldspaten hadden blijkbaar zelden invloed op de vruchtbaarheid, waarbij echter de gevallen, waarin een invloed kon worden geconstateerd, zeer opvallende verschillen aanwezen; het voorkomen van plagioklazen scheen zeer parallel te lopen met de vruchtbaarheid, daar van 16 gronden met veel plagioklaas 10 tot de klasse boven de gemiddelde vruchtbaarheid gerekend werden, terwijl, waar plagioklaas ontbrak, 9 van de 11 gronden beneden het gemiddelde productie-peil bleven. Hierbij zij echter opgemerkt, dat bedoelde plagioklazen de gehele isomorfe reeks, van albiet tot anorthiet, omvatten. Hoewel geen definitieve conclusies konden worden getrokken, wordt door Coffey nog wel gewezen op de waarde van dergelijke onderzoekingen als een andere, mogelijke methode, licht te werpen op het ingewikkelde probleem der bodemvruchtbaarheid.

In 1916 geeft dan Plummer (149) de mineralogische analysen van een groot aantal gronden, behorende tot verschillende series, waarbij hij principiële verschillen in de samenstelling van het materiaal beschrijft, terwijl vooral ook de lichte fractie een rol van betekenis speelt door het al of niet aanwezig zijn van kali-veldspaten en glimmers. Ook hij betreurt het, dat juist de belangrijkste fijne fractie niet voor de mineralogische analyse toegankelijk is. Verder komt ook deze auteur tot de conclusie, dat er een zekere, zij het niet altijd even pregnante, correlatie bestaat tussen hoeveelheid aanwezige voedingsstoffen en mineralogische samenstelling. Dit wordt nader uitgewerkt door middel van een proefveld voor katoen, waarbij blijkt, dat o.a. een kaligift geen oogstvermeerdering opleverde bij voldoende aanwezigheid van kalihoudende mineralen, behoudens één geval, waarin kali toediening wel een productie-toename veroorzaakte; hiervoor zou mogelijk een verklaring gevonden kunnen worden in de samenstelling van de fijnste fractie.

Gedurende 15 jaren is de literatuur dan gespeend van enige bijdrage in deze richting, tot een onderzoek in 1931 van Popp en Contzen (150) wederom duidelijk maakt, dat de bodemmineralen als voedselleveranciers inderdaad een rol van betekenis kunnen spelen. Bij door deze onderzoekers uitgevoerde bemestingsproeven bleek, dat uit de

onbemeste grond in 11 jaar tijd, onder grascultuur, meer kalium was opgenomen dan aanvankelijk, bij het begin van het onderzoek, — in in zoutzuur oplosbare vorm — aanwezig was. In 1919 was het gehalte aan deze vorm van K 4,0589 g, terwijl na 11 jaar totaal 4,141 g door de vegetatie was opgenomen. Dit was mogelijk door de grote veldspaat-rijkdom van het gebruikte substraat.

Is op grond van de boven medegedeelde ervaringen van andere onderzoekers de conclusie gerechtvaardigd, dat voor de landbouw kennis van de minerale bestanddelen van de bodem van betekenis kan zijn, in het volgende hoofdstuk zal nader aangetoond worden, dat die kennis voor de bosbouw van even grote, zo niet grotere waarde is.

HOOFDSTUK III

# DE BETEKENIS VAN DE MINERALE RESERVE VOOR DE BOSBOUW

Uit de nu volgende beschouwing over de betekenis van de minerale reserve voor de bosbouw zal blijken, dat dit vraagstuk van andere aard werd geacht dan het overeenkomstige probleem voor de landbouw. Legt men in laatstgenoemde cultuurrichting bij de beoordeling van de vruchtbaarheid van de grond de nadruk op het gehalte aan voedingsstoffen in het algemeen, bij de bosbouw neemt men te dien aanzien een ander standpunt in. Men strijdt hier omtrent de vraag of de physische dan wel chemische omstandigheden doorslaggevend zijn, waarbij de praktijk de neiging heeft zich op het standpunt te stellen, dat hoofdzakelijk de structuur van de grond bepalend is voor de boniteit.

Dat eenzijdigheid ten opzichte van de betrekking bodem-boniteit onjuist is, zal aan de hand van onderstaand literatuuroverzicht worden aangetoond.

In 1896 bleek het wenselijk zeer nadrukkelijk te wijzen op het belang van de chemie om na te gaan, hoe het met de reserve-voorraad der meest noodzakelijke voedingsstoffen stond en hoe in een direct of spoedig te verwachten tekort kon worden voorzien. Het wil mij voorkomen, dat dit betoog van Meyer (127) nog weinig aan kracht heeft ingeboet.

In hetzelfde jaar verschijnt een studie van Schütze (173) over de betrekkingen tussen chemische samenstelling en productie-vermogen van bosgronden. Uit hetgeen deze auteur mededeelt blijkt, dat ook toèn de practische bosbouwer, zijns inziens ten onrechte, op het standpunt stond, dat de physische eigenschappen de enig belangrijke waren en dat de samenstelling der gronden van geen betekenis was. Om het onjuiste van dit standpunt aan te tonen, geeft hij analyses van zandgronden met ogenschijnlijk gelijke physische eigenschap-

pen en dragers van verschillende boniteiten spar nl. I tot V. Het $P_2O_5$-gehalte blijkt dan parallel te lopen met de kwaliteit van het bos en wel heeft de Iste boniteit grond ca 2 × zoveel $P_2O_5$ dan de grond met de Vde boniteit, resp. 0,0569% en 0,0236%. Later deelt Schütze soortgelijke onderzoekingen mede naar het gehalte van K, Mg, kalk en Na (174). We zien dan voor al deze elementen eenzelfde verloop als reeds voor fosfor aangegeven: gronden met een hoog percentage aan minerale stoffen geven Iste boniteit en met een laag gehalte slechts boniteit V.

Ook uit analysen van de as van verschillende boniteiten van Pinus silvestris L. blijkt een dergelijk samengaan (175).

Een aaneenschakeling van bewijzen voor de betekenis van minerale stoffen voor de bosbouw levert Ebermayer (60 blz. 291), door wien op grond van uitvoerige analysen aangetoond wordt, dat door eenjarige beuken en tweejarige sparren evenveel kalium per ha aan de bodem wordt onttrokken als door een gemiddelde graanoogst.

Ramann (153) constateert een groot verschil in gevoeligheid van verschillende boomsoorten, ten opzichte van de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen, waaruit volgt, dat een bepaalde grond voor een daartoe geëigende boomsoort de voorkeur verdient. Uit elders (154) door hem gegeven bodemanalysen blijkt eveneens de correlatie tussen gehalte aan minerale stoffen en boniteit. De onderzoekingen van Councler (47) laten duidelijk zien, dat verschillende boomsoorten van gelijke boniteit een zeer uiteenlopende samenstelling van hun as vertonen en wel in dien zin, dat de den kaliminnend, de spar kalkminnend genoemd kan worden, terwijl voor de lariks een hoog magnesiumgehalte karakteristiek is. Wat fosfor betreft kon de reeks den- lariks- spar worden opgesteld. De invloed van de bodem op de groei komt duidelijk naar voren bij het onderzoek naar de betekenis van het strooisel voor de opstand. De ervaring, dat het weghalen voor andere doeleinden van het bodemdek ongunstige invloed heeft, vindt wellicht steun in de chemische analyse, die treffend aantoont, dat het gehalte aan minerale voedingsstoffen zeer sterk terugloopt, wanneer het strooisel wordt verwijderd (154). Welke omvang dit kan aannemen bewijzen de latere onderzoekingen van Ramann (155 blz. 60). Het blijkt daarbij onder meer, dat het bedrag aan kalium van een oud-alluviale bodem per jaar per ha met 6660 kg terugloopt, terwijl het weggehaalde blad slechts 21 kg van dit element bevatte. Het totale verlies aan kalium bedroeg dus 6639 kg, ten gevolge van de sterkere inwerking der verweringsinvloeden op

de schoongemaakte bodemoppervlakte. Hij komt verder tot de conclusie, dat voor de diluviale zanden in verreweg de meeste gevallen de bosbouwkundige waarde dezer gronden van het gehalte aan minerale voedingsstoffen afhankelijk is.

In 1907 bevestigen ook de ervaringen van Tacke en Spiecker (187), dat de gronden der betere opbrengsten hogere gehalten aan kali, fosfor en kalk hebben.

In 1926 zien we dan, dat het zwaartepunt bij de waardebepaling van een grond voor bosbouwkundige doeleinden weer verlegd wordt naar de physische eigenschappen. Gewezen wordt echter ook op de vruchtbaarheid van eenige veldspaat-rijke Noord-Duitse zanden (90). We wijzen in dit verband nog op het werk van Vater (200), waaruit op grond van vele analysen kan worden geconcludeerd, dat ondanks hoger gehalte aan afslibbare delen, bij gering gehalte aan minerale voedingsstoffen, slechts lage boniteiten worden verkregen. Uit den aard der zaak moet ook de chemische analyse niet als alleen noodzakelijk worden beschouwd, doch deze methode moet de physische aanvullen, zoals reeds in 1915 door de Italiaanse bosbouwkundige Borghesani werd betoogd (24). In een studie betreffende de eigenschappen van verarmde bosgronden wijst Süchting (185) op de geringe betekenis van orthoklaas als kali-leverancier, daar de hoeveelheid, die volgens zijn berekening bij verwering vrijkomt, slechts een gering percentage uitmaakt van de behoefte aan deze voedingsstof.

Hij legt dan de nadruk op de waarde van de kali-houdende zeolieten als bron van gemakkelijk opneembaar voedsel. Afgezien nu van het feit, dat het begrip zeoliet onjuist gebleken is, in zoverre, dat tot die groep behorende waterhoudende silikaten in de verweringsgronden niet voorkomen (167 blz. 158), doch dat we te doen hebben met een colloidaal complex (180 blz. 210), is het zonder meer duidelijk, dat het op enigerlei wijze in de grond aanwezige kalium afkomstig is van de kali-houdende mineralen. Dat Süchting echter aan het gehalte aan plantenvoedingsstoffen wel enige waarde hecht, blijkt uit zijn opmerking, dat van een bosbouwkundig standpunt bekeken, granietgronden een matig en phyllietgronden een laag percentage kalium bevatten (186).

Ook verdient aandacht het verschijnsel, waar Tamm (189) op wijst, dat een zeer productieve bruine bosgrond kan degraderen door een tekort aan minerale bestanddelen in de ondergrond, ten gevolge waarvan het productievermogen afneemt.

Zeer duidelijk komt de samenhang tussen bos en bodem tot uiting bij de door Cajander (34) gepubliceerde gegevens. Deze Finse bosbouwkundige geeft een indeling der bostypen naar hun ondergroei, waarbij blijkt, dat een verband tussen chemische samenstelling en een bepaald type niet te miskennen valt. Voor het element kalium geeft onderstaande tabel hiervan een overzicht:

TABEL II

| Bostype | Hoofdcomponent der ondergroei | $K_2O$ in lbs p. acre |
|---|---|---|
| Aconitum | Aconitum Lycoctonum L. | 154 |
| Oxalis-Majanthemum | Oxalis acetosella L.<br>Majanthemum bifolium Schmdt. | 118 |
| Cladina | Cladonia alpestris (L.) Rabh. | 97 |
| Oxalis-Myrtillus | Oxalis acetosella L.<br>Myrtillus niger Gilib. | 89 |
| Myrtillus | Myrtillus niger Gilib. | 82 |
| Vaccinium | Vaccinium Vitis Idaea L. | 82 |
| Calluna | Calluna vulgaris L. | 79 |

Op grond van deze en soortgelijke onderzoekingen zegt hij dan ook, dat de bodemcomponenten een bepaalde invloed hebben op de productie-capaciteit. Kessler en Lohrbacher (105) constateren een groot verschil tussen de boniteiten op een verweringsbodem van graniet en op een tertiaire klei, wat zijn oorzaak zou hebben in de grotere rijkdom aan voedingsstoffen van eerstgenoemde verweringsgrond. Het gevolg hiervan is, dat de reactie daardoor neutraal is in tegenstelling met sterk zuur in het tweede geval. De natuurlijke samenstelling van de grond is hier wederom verantwoordelijk voor dit verschijnsel.

Daarentegen komt Schreckenthal (171) bij haar bodemkundige onderzoekingen van het bosgebied ten N.O. van Weenen tot de conclusie, dat de afwisseling van boniteit in dit district alleen bepaald wordt door de ongunstige physische toestand van de ondergrond, daar echter aan toevoegend, dat blijkens de chemische analyse de minerale componenten in voldoende en tamelijk gelijk verdeelde hoeveelheden aanwezig zijn.

De eerste poging om de mineralogische analyse bij het onderzoek te betrekken geschiedt bij de uitvoering van de nieuwe bosbouwkundige bodemkaart van het Weense Bos (98). Het is echter jam-

mer, dat geen behoorlijke kwantitatieve resultaten worden medegedeeld, noch eventuele correlatie met boniteit, zodat de bosbouwkundige betekenis van dit onderzoek niet kan worden bepaald. Duidelijker is ten deze de publicatie van Hicock c.s. (93), waarin als mogelijke reden van de betere groei van Quercus alba L. op een bepaald bodemtype het in grote hoeveelheid voorkomen van ijzermagnesium mineralen wordt genoemd.

Op de invloed van de bodem ook in ons land wijzen nog de gegevens, medegedeeld door De Koning (106), naar aanleiding van een onderzoek naar de werking van kunstmest op de groei en de houtmassa van dennenhout. Uit deze gegevens blijkt, dat een gift van kainiet op de stuifzandgronden van de Veluwe (Liederbos bij Beekbergen) zeer nuttig werkt, toediening van slakkenmeel het meest tot zijn recht komt in Noord-Brabant (landgoed Stippelberg bij Milheeze), terwijl op de heidegronden van de Veluwe (Spelderholt bij Hoenderloo) geen van beide elementen nodig schijnen te zijn om de groei van het dennenhout te bevorderen. Ten einde na te gaan of de mineralogische samenstelling oorzaak van deze verschillen in reactie op de bemesting kon zijn, werd door mij van ieder der proefvelden een monster microscopisch onderzocht. Het resultaat van deze onderzoekingen met de daaruit te trekken conclusies zijn op blz. 74 medegedeeld.

Dat K en P voor de boscultuur van grote betekenis zijn, betoogt ook Wiedemann (205) als hij een overzicht geeft van de stand der bemesting bij de bosbouw, waarbij de invloed van de grond op het resultaat van de bemesting duidelijk naar voren komt.

Uit de onderzoekingen van Barth (18) naar het verband tussen eiken-boniteiten en bodemeigenschappen blijkt, dat er bij het door hem besproken geval geen vaste correlatie bestaat tussen de hoeveelheid afslibbare delen en de daarvan afhankelijk zijnde physische eigenschappen als lucht- en watergehalte enerzijds en de boniteit van een eikenbestand anderzijds. Bij de hoeveelheid voedingsstoffen is de correlatie ook niet volkomen, doch zien we, dat in alle onderzochte gevallen de eerste boniteiten hout groeiden op grond met de hoogste waarden voor Ca, Mg en K. Chirita (37) stelt vast, dat voor de voeding der bomen de in de milde humus voorradige minerale stoffen het belangrijkste voedingskapitaal zijn, zonder dat echter ook hier van een regel gesproken kan worden, terwijl toch in eerste instantie de in de humus opgehoopte minerale stoffen door de planten uit de bodem werden gehaald en een arme bodem geen

voedingsstofrijke humus zal kunnen opleveren. In dit verband zegt ook Kraus (109), dat de chemische samenstelling van de bodem de gezondheid van de humus zeer vaak bepaalt. De invloed van de minerale voedingsstoffen zou niet in de eerste plaats direct in een sterkere groei te zoeken zijn, dan wel in het vormen van een gemakkelijk verteerbare humus, waardoor weer de water-, stikstof- en fosforhuishouding zeer gunstig beïnvloed worden. Ook uit de cijfers, die Rheinwald (160) hiervan geeft, blijkt, dat de voorraad in de humus aanwezige opneembare voedingsstoffen direct afhankelijk is van de hoeveelheid dezer stoffen in de grond.

Pearson (147) wijst op het belang van de kennis van de chemische samenstelling als een der belangrijke factoren, die de vruchtbaarheid van de bodem bepalen. De vele andere factoren zijn niet alleen om zichzelf belangrijk, doch ook om de invloed, die zij hebben op het ontsluiten der bodemmineralen. Zijn de scheikundige omstandigheden gelijk, dàn geven de physische eigenschappen de doorslag.

Hackmann (82) meent bovendien, dat de betekenis van de physische toestand van de bodem hierin schuilt, dat gunstige physische omstandigheden betere wortelontwikkeling mogelijk maken en daardoor betere voedselopname.

Lang (113) wijst op de betekenis van de chemische samenstelling voor de lariks (L. europaea D.C.) indien deze zich niet in natuurlijke groeiomstandigheden bevindt. De invloed van de chemisch- edaphische factoren uit zich daarin, dat een voedingsstofrijke bodem tot op zekere hoogte de warmte van het klimaat vervangen, resp. aanvullen kan. Dit toepassend op de lariks komt Lang tot de conclusie, dat niet de chemisch beste, doch de voedingsstofarme gronden in warmere dan de optimale klimaatsomstandigheden voor de groei van de lariks het meest geëigend zijn. Een exacte bepaling van de geschiktheid van een bepaalde groeiplaats kan slechts door nagaan van de betrekkingen tussen groei, klimaat en chemische eigenschappen geschieden. Bij een ingaand onderzoek over de eventuele correlatie tussen de physische toestand van de grond en wel speciaal het poriënvolume en de boniteit van het bestand komt Penschuck (148) tot de conclusie, dat een bonitering der bosgronden alleen op grond van hun physische eigenschappen niet zonder meer mogelijk is, daar ook de betere boniteiten voorkomen op gronden met een hoger weerstand en derhalve minder gunstige structuur.

In een bespreking van de beukenwouden van het Duitse Middelgebergte zegt Ganszen (73), dat in het heersende klimaat het bodem-

karakter en daardoor ook veelal de productiviteit van de standplaats zich in hoge mate richt naar het moedergesteente, zodat een beoordeling van b.v. een bontzandsteengebied zonder nadere kennis van gelaagdheid, *petrografische eigenschappen* en zijn textuur wetenschappelijk niet te verantwoorden is, daar de uit verschillend geaarde zandsteen ontstane verweringsgronden ook een zeer wisselend karakter moeten hebben. Deze m.i. zeer juiste opvatting is zonder meer op iedere al of niet verplaatste verweringsgrond over te brengen.

Op de betekenis van een natuurlijke minerale rijkdom wijst nog Albert (1). Een, zij het ook geringe opstand op een bodem van minder gunstige physische eigenschappen zal, eenmaal in het stadium van humusvorming gekomen zijnde, in staat zijn door middel van deze humus zich de nodige natuurlijke voedingsstoffen te verwerven. Ontbreken deze, door een mineraalarm bodemmateriaal, dan zal zelfs een geringe ontwikkeling en daardoor iedere bebossing onmogelijk zijn. Ten slotte zij nog het werk van Fehèr vermeld. Deze onderzoeker ging zowel voor fosfor (66) als voor kali (67) de regionale verspreiding in bosgronden na. Hij strekte hierbij zijn onderzoekingsgebied uit van 46°15′ N.B. tot 69°30′ N.B. Met behulp van chemische analysen bepaalt hij de voorraad van beide elementen, zowel in HCl als in 1 %-ig citroenzuur oplosbaar. Uit de verhouding dezer beide gegevens berekent hij dan de duur, waarvoor de voorraad toereikend is. Voor de bossen van Midden-Europa komt hij, wat het $P_2O_5$-gehalte betreft tot de conclusie, dat de voorraad binnen afzienbare tijd niet meer toereikend zal zijn. Voor kalium is de toestand gunstiger, doch zal voor de voor Hongarije belanrijke acaciabosculture (Robinia Pseudacacia L.), die door de korte omlooptijd van 25–30 jaar zeer intensief gebruik maakt van de natuurlijke reserve, bereids rekening gehouden moeten worden met het vraagstuk van de aanvulling van voedingsstoffen. Bij de berekening van de periode, gedurende welke nog voorraad aan plantenvoedingsstoffen aanwezig is, baseert Fehèr zich op de gegevens van Ebermayer (60) en van Von Leiningen (116 blz. 358) betreffende de hoeveelheid der verschillende elementen, die voor de houtproductie van enkele boomsoorten nodig is.

Het is op grond van eigen overtuiging, geschraagd door de op de voorgaande bladzijden weergegeven inzichten en waarnemingen van buitenlandse onderzoekers, dat ik gemeend heb een onderzoek te

moeten instellen naar het voorkomen en de onderlinge verhouding der verschillende mineralen in Nederlandse gronden. Voorafgegaan door een overzicht van oudere Nederlandse onderzoekingen en een bespreking van nog enkele sediment-petrografische studiën zijn in de hoofdstukken V, VI en VII de resultaten van de eigen waarnemingen neergelegd.

## HOOFDSTUK IV

# OUDERE SEDIMENT-PETROGRAFISCHE ONDERZOEKINGEN

De eerste Nederlander, die trachtte de mineralogie dienstbaar te maken aan de stratigrafie, was P. Harting (88), die in 1852 in zijn studie van de bodem onder Amsterdam bepaalde diluviale zandafzettingen, bij boringen aangetroffen, mede op grond hunner mineralogische samenstelling zocht te paralleliseren, al kon ook bij de toenmalige stand der wetenschap slechts een beperkt aantal mineralen namelijk kwarts, chloriet, actinoliet, olivijn(?), glimmer en veldspaat met zekerheid bepaald worden. Hoewel Harting later (89) enkele zijner conclusies omtrent te verwachten dikte en verspreiding van het diluvium onder het traject Zeist, Utrecht, Amsterdam moet herroepen, — nadat volgende boringen nieuwe gegevens hadden gebracht —, blijft zijn werk, dat hier het eerste op dit gebied was, onze waardering verdienen.

Als Staring (179) in 1860 het probleem der verschillende diluviale afzettingen tracht te benaderen, waarbij hij zich hoofdzakelijk liet leiden door het voorkomen van gesteenten behorend tot het Skandinavisch-, Rijn- of Maasdiluvium, is hij zich evenzeer bewust, dat het onderzoek der fijnere sedimenten ons dichter bij de oplossing moet brengen. Hij schrijft immers (blz. 57): „Noch in zamenstelling van het zand, noch in kleur, noch in grootte der korrels is een merkbaar verschil op te merken tusschen de afdeelingen van het diluvium welke door andere kenmerken onderling verschillen, maar bij eene nauwkeurige en vergelijkende studie zullen wel kenmerken, met de zoo verschillende herkomst in verband staande, aan te treffen zijn."

Schroeder van der Kolk (172) trachtte een middel te vinden om de noordelijke diluviale zanden van de zuidelijk diluviale te onderscheiden, wanneer zulks door het ontbreken van zwerfstenen niet mogelijk was. Hij verwerpt nl. de opvatting van Retgers, dat er specifiek noordelijke resp. zuidelijke mineralen zouden zijn, die als gidsmine-

ralen kunnen optreden. Dat zelfs de aanwezigheid van zwerfstenen geen definitief uitsluitsel omtrent de herkomst der zanden behoeft te geven, waarin ze worden aangetroffen, wordt door hem reeds aangevoeld, zoals het ook Staring (179 blz. 72) bekend was, dat in het gemengd diluvium het gehalte aan graniet afhankelijk is van de grootte der keien. Schroeder van der Kolk meent dan de genoemde afzettingen te kunnen onderscheiden op grond van het verschil in gehalte aan zware mineralen, door het gewichtspercentage hiervan te bepalen. Hij komt dan tot de conclusie, dat het Skandinaafse diluvium een gehaltecijfer vertoont $> 0{,}5\,\%$ en het zuidelijk diluvium $<0{,}5\,\%$.

In een tweede studie (172) wijzigt zich dezé grens tot 0,4 %, doch wordt aan een grote serie monsters als bruikbaar aangetoond. Hiernaast wordt de kwestie der menging besproken. Menende, dat de diluviale zanden van min of meer constant gehalte zijn, daar ze door snel stromende wateren werden afgezet, zo veronderstelt hij door het langzaam stromend water der alluviale rivieren een selecterende invloed, in dien zin, dat hierbij mechanisch gemakkelijk verweerbare mineralen in de minderheid zullen komen ten opzichte van de meer resistente soorten, en dus de onderlinge verhouding zich zal wijzigen. Hij werkt dit uit voor de verhouding amfibool-granaat. Voor Skandinaafs-diluviale zanden vindt hij bij een aantal tellingen een hoog gehalte amfibool tegenover een eveneens hoog gehalte aan granaat. Heeft echter de selectieve invloed der alluviale stromen zijn invloed doen gelden, dan wijzigt zich de verhouding sterk ten gunste van de granaat. Als een door Schroeder van der Kolk beschreven sprekend voorbeeld noem ik een profiel van de Lochemerberg, waar de bovengrond 2 % amfibool tegen 9 % granaat bevatte en de diepere laag resp. 6 % en 5 %.

Het bleek, dat Schroeder van der Kolk de oplossing van dit vraagstuk in de verkeerde richting had gezocht; het beloofde vervolg van deze studie bleef dan ook achterwege en van de oplossing van het vraagstuk der samenstelling onzer zanden zijn we nog ver verwijderd.

In de nu volgende periode tot 1927 is het alleen J. van Baren, die de mineralogie der Nederlandse sedimenten tot een voorwerp van studie blijft maken. Getuigen zijn hiervan de in zijn standaardwerk „De Bodem van Nederland" opgenomen analysen van een ongemeen groot aantal afzettingen (13 II). De stand van het onderzoek liet echter een parallelisering niet toe. Van Baren drukt zich te dien aanzien als volgt uit: „Zoolang ons dan ook een nauwkeurige ken-

nis van de horizontale en verticale verspreiding der belangrijkste mineralen, die in kwartaire afzettingen voorkomen, is ontzegd, zoolang doet men beter kwalitatieve beschrijvingen te geven, dan zich te vergenoegen met het bezigen van een algemeene term (dit doelde op het begrip „gemengd diluvium"), die onze kennis niet verder brengt".

Van deze gedachte doordrongen bracht hij een groot aantal gegevens van zowel kwalitatieve als kwantitatieve aard bijeen. De kwantitatieve indeling berustte nog op de begrippen: veel, weinig etc. Aan de betrekkelijke subjectiviteit van een dergelijke indeling is het wellicht toe te schrijven, dat de niet altijd even pregnante verschillen in opbouw der afzettingen, welke in het grootste gedeelte van ons Nederlands Kwartair chaotisch te noemen is, niet herkend konden worden. In verband met eigen waarnemingen zal op verschillende gegevens nader worden teruggekomen.

In 1927 verschijnt als belangrijke sediment-petrografische bijdrage het werk van Druif (59) betreffende het ontstaan der Limburgse löss in verband met de mineralogische samenstelling. Op grond van een zeer uitgebreid onderzoek komt Druif tot de conclusie, dat dit ook landbouwkundig alleszins belangrijke sediment een aeolisch afzettingsproduct is, waarbij hij er op wijst, dat het gidskarakter van verschillende mineralen onmiskenbaar is (59 bijlage I). Eveneens op grond van mineralogische gegevens wijst later J. van Baren (15) op de mogelijkheid de löss als verweringsproduct der kalksteen op te vatten. Een critiek op deze opvatting geeft Edelman (61), die zich eveneens op het standpunt van het aeolisch transport stelt. Op dit löss-vraagstuk zal hier evenwel niet nader worden ingegaan, daar het zich als een zelfstandig probleem voordoet.

Ondanks de betekenis, welke genoemde onderzoekingen als detailwaarnemingen hebben, bleef de oplossing van het probleem van de systematiek der Nederlandse sedimenten, in onderling verband beschouwd, achterwege. Het was Edelman (62), die in 1933 er in slaagde de opbouw onzer sedimenten te ontleden; zich baserende op de ervaringen en resultaten van het onderzoek van het Nederlands Tertiair in samenwerking met Doeglas (65) gelukte het hem, dank zij een, later nog uitgebreid (63, 64), enorm waarnemingsmateriaal, het bestaan van een aantal typische mineraalassociaties vast te stellen. Hij beperkte zich bij dit onderzoek tot de zgn. zware mineralen, dat zijn die specimen, die een hoger soortelijk gewicht hebben dan bromoform (s.g. 2,9). De op deze wijze vastgestelde specifieke mineraal-

groepen, door Edelman ook wel provincies genoemd, zijn vastgelegd in de, aan zijn werk ontleende, onderstaande tabel.

TABEL III STANDAARD-SAMENSTELLING DER AANGETOONDE PETROLOGISCHE PROVINCIES

| Groep | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Stauroliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Cloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hypersthеen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| A-groep | 25 | 2 | 8 | 31 | 2 | . | . | 1 | 2 | 1 | . | . | . | 27 | 1 | 24 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| X-groep | 35 | 3 | 15 | 4 | 12 | . | . | 1 | 1 | 4 | 2 | . | . | 54 | 1 | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| B-Scheemda-gr. | 55 | 25 | 8 | 1 | 12 | 1 | 1 | . | 16 | 20 | 6 | 9 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| B-Saussuriet-gr. | 10 | 2 | 4 | 3 | . | . | . | 1 | 1 | 1 | . | . | . | 20 | 40 | 7 | . | 20 | . | 1 | . | . | . |
| B-Limburg-groep | 50 | 30 | 20 | . | 15 | 1 | 1 | 1 | 15 | 9 | 6 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| B-Elsloo-gr. S.S. | 60 | 10 | 16 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 20 | 1 | 3 | 50 | . | . | . | . | . | . | . |
| B-Eysden-groep | 50 | 15 | 20 | 20 | 4 | . | . | . | 5 | 3 | 2 | . | 26 | 1 | 3 | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| B-Lobith-groep | 10 | 2 | 1 | 4 | . | . | . | 3 | 3 | . | 1 | . | . | 4 | 10 | 20 | . | 50 | 2 | . | . | . | . |

Hieruit valt te concluderen, dat de volgende mineralen, resp. mineraalcombinaties karakteristiek zijn voor de daarbij medegedeelde groepen:

| | | |
|---|---|---|
| A-groep | hoornblende, epidoot en granaat | overheersen |
| X-groep | epidoot en rutiel | overheersen |
| $B_{Scheemda}$-groep | metamorfe mineraalgroep | overheerst |
| $B_{Saussuriet}$-groep | saussuriet met epidoot, soms met augiet | overheersen |
| $B_{Limburg}$-groep | metamorfe mineraalgroep | karakteristiek |
| $B_{Elsloo}$-groep | bruin-groene amphibool met chloritoid | overheerst |
| $B_{Lobith}$-groep | amphibool en augiet | overheersen |
| | titaniet | karakteristiek |
| $B_{Eijsden}$-groep | granaat en chloritoid | overheersen |

Deze 8 mineraalassociaties bouwen gewoonlijk met elkaar vermengd, de Nederlandse zanden op. Omtrent de verspreiding der provincies, zowel zuiver als vermengd, verwijs ik naar de literatuur (62).

Hoewel Edelman een uitgebreid waarnemingsmateriaal onderzocht had, was vooral aanvulling van de gegevens betreffende de samenstelling der Limburgse hoog-, midden- en laagterraszanden gewenst, daar zijn conclusies omtrent de opbouw van $B_{Elsloo}$- en $B_{Limburg}$groepen op een betrekkelijk gering aantal tellingen gebaseerd waren. Ook Noord- en Midden-Nederland werden volledig-

heidshalve in de onderzoekingssfeer betrokken. In het volgende hoofdstuk zijn de bij de uitbreiding van het aantal waarnemingen verkregen gegevens neergelegd, terwijl op de daarbij naar voren komende nieuwe problemen de aandacht wordt gevestigd.

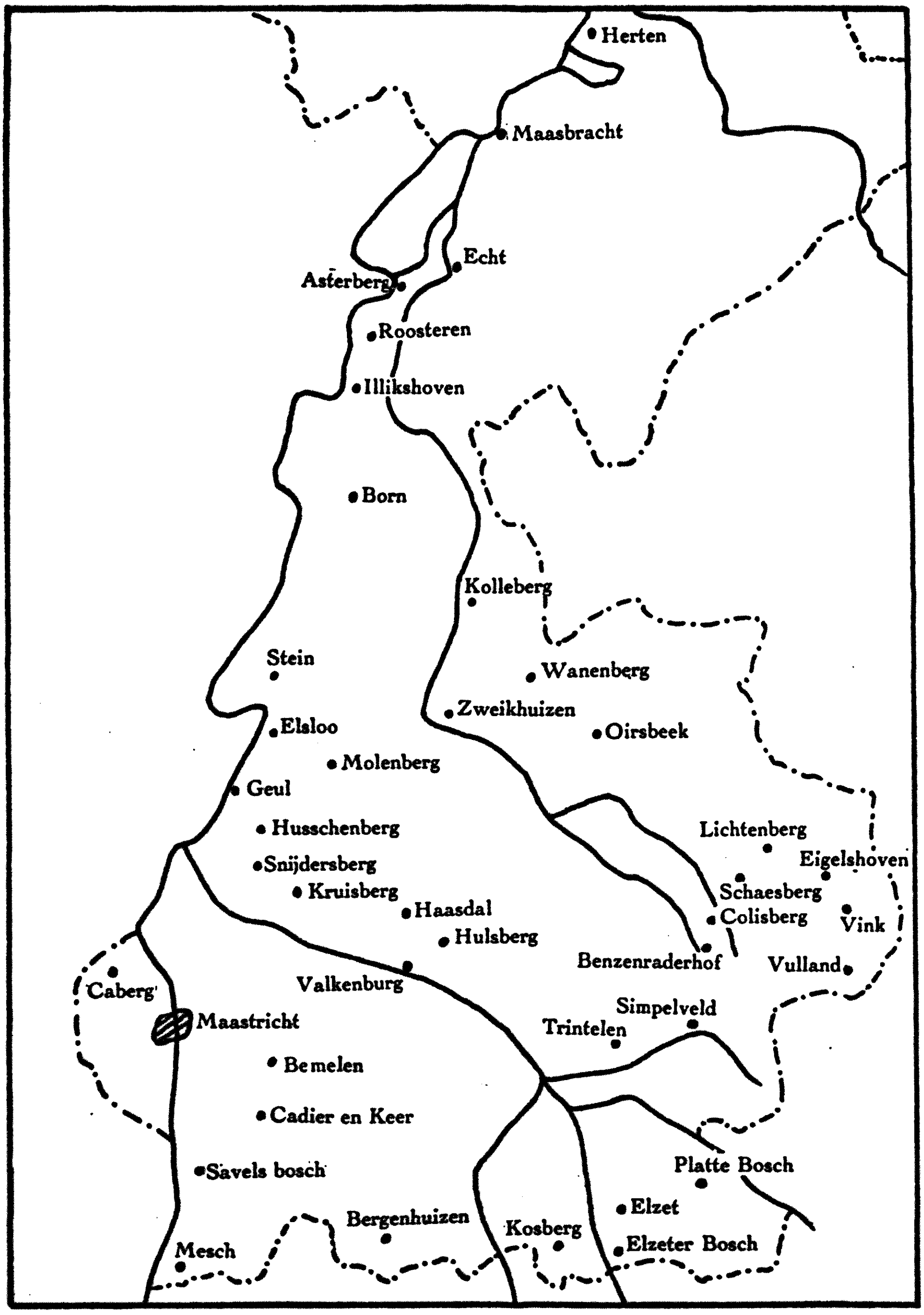



FIG. 1. Schetskaartje aangevende enige vindplaatsen, behorende bij tabellen IV, V, VI en XIII.

HOOFDSTUK V

# EIGEN SEDIMENT-PETROGRAFISCHE ONDERZOEKINGEN

Alvorens over te gaan tot het mededelen van de bij het microscopisch onderzoek der zware fractie verkregen resultaten, volge eerst een korte beschrijving van de door Edelman uitgewerkte methode, volgens welke ook de door mij onderzochte monsters werden behandeld.

*Methode van onderzoek*

Van het te onderzoeken materiaal wordt een zekere hoeveelheid (ca 20 g) aan een ruwe slibbing met water onderworpen. Dit geschiedt zo, dat de grond in een bak water met de vinger of met een houten stamper wordt gewreven en op deze wijze zo goed mogelijk wordt verbeeld. Het fijne materiaal, dat na enkele minuten staan niet is bezonken, wordt weggespoeld. Deze handelwijze wordt zo lang vervolgd tot de bovenstaande vloeistof helder blijft. Het onderzoek heeft uitgemaakt, dat op deze wijze een fractie >ca 30$\mu$ overblijft. Deze fractie wordt nu eerst aan een behandeling met geconcentreerd HCl onderworpen, door het monster gedurende enkele uren op een zandbad met genoemd zuur te bewerken. Dit heeft ten doel, alle carbonaten en verder ijververbindingen en ijzerhuidjes om de mineralen te verwijderen, daar deze in het te maken preparaat een storende invloed hebben op het tellen en een juiste determinatie bemoeilijken. Na de zuurbehandeling wordt nogmaals geslibd en vervolgens op dezelfde wijze met geconcentreerd $HNO_3$ gedigereerd; hierdoor wordt eventueel aanwezig pyriet opgelost. Het materiaal, dat overblijft, is volkomen schoon en ontdaan van ongewenste bijmengingen. Het wordt, na flink uitgewassen en gedroogd te zijn, in een trechter met bromoform gebracht, waardoor de scheiding naar soortelijk gewicht (bromoform = 2,9) plaats vindt en een zware (s.g. >2,9) en een lichte fractie (s.g. <2,9) wordt verkregen. Van

TABEL IV

## ZUID-LIMBURG
### Krijt, Mioceen, enz.

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurolict | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hypersthcen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Simpelveld (krijtzand) | 38 | 14 | 48 | . | 18 | 3 | 1 | . | 9 | 2 | 1 | . | . | . | . | . | . | 3 | . | . | . | 1 | . |
| Bosch v. Imstenrade (mioceen) | 52 | 30 | 16 | . | 16 | 2 | . | 1 | 10 | 13 | 8 | 2 | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Husschenberg (mioceen) | 52 | 6 | 59 | 3 | 16 | . | . | . | 5 | 7 | 2 | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Trintelen (dgO) | 39 | 18 | 50 | . | 10 | . | . | . | 7 | 8 | 1 | . | 1 | 1 | 3 | . | . | . | . | . | . | 1 | . |
| „ (kleefaarde op dgO) | 47 | 11 | 54 | . | 15 | 1 | . | . | 6 | 6 | 3 | . | . | 1 | . | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| Lichtenberg (dgO) | 30 | 36 | 25 | . | 21 | 1 | . | . | 6 | 2 | 3 | . | . | 1 | 2 | . | 1 | 2 | . | . | . | . | . |
| „ (loodz. op dgO) | 44 | 28 | 36 | . | 11 | . | 1 | . | 12 | 6 | 4 | . | . | . | . | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . |

de zware fractie wordt een canadabalsem-preparaat gemaakt, waaraan de tellingen onder het microscoop worden verricht. De lichte fractie wordt in een glazen buisje bewaard en later volgens een speciaal daarvoor uitgewerkte methode onderzocht. Voor een beschrijving dezer methode en de behaalde resultaten verwijs ik naar het volgende hoofdstuk.

*Bespreking der resultaten.*

De petrologie van de monsters van Zuid-Limburg is in grote lijnen in overeenstemming met de verwachtingen, gebaseerd op de ervaring van Edelman. Slechts is het noodzakelijk gebleken, de Elsloo-provincie te splitsen (Edelman wees er reeds op, dat de 5 monsters welke hem tot de definitie van de Elsloo-provincie brachten, niet homogeen waren), terwijl voorts een correctie met betrekking tot één der hoofdbestanddelen moest worden aangebracht.

Beschouwen we echter eerst de oudere afzettingen (tab. IV). We zien, dat deze zich aansluiten bij de door Edelman onderzochte tertiaire monsters (65). Rutiel vormt samen met de metamorfe mineraalgroep de karakteristieke associatie der B-groep, terwijl ook het ontbreken van granaat essentiëel is. Het Oud-Kwartier van Trintelen en Lichtenberg vertegenwoordigt typisch de $B_{Limburg}$-groep. De beide op het dgO zich bevindende verweringsgronden bestaan uit hetzelfde materiaal, zonder dat een verschuiving in samenstelling waarneembaar is.

TABEL V

## ZUID-LIMBURG
### Hoogterras

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurioliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Corisberg | 50 | 20 | 23 | . | 15 | 2 | 1 | . | 17 | 13 | 5 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 3 | . | . | . |
| ,, (fijnzand) | 50 | 26 | 28 | . | 19 | 3 | 2 | . | 6 | 9 | 3 | . | 2 | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| ,, (grof zand) | 30 | 45 | 7 | 1 | . | . | . | . | 26 | 1 | 16 | . | . | . | 3 | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| Bosch v. Imstenrade | 40 | 38 | 10 | . | 9 | 1 | . | 1 | 15 | 9 | 4 | . | . | 1 | 6 | 6 | . | . | . | . | . | . | . |
| ,, (leem) | 48 | 12 | 39 | . | 29 | . | . | 1 | 2 | 12 | 1 | 1 | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | 1 | . |
| Simpelveld (boven) | 50 | 8 | 38 | 2 | 8 | . | . | . | 8 | 4 | 2 | . | 2 | 1 | 3 | 20 | 1 | . | . | . | . | 3 | . |
| ,, (onder) | 48 | 22 | 10 | 2 | 6 | . | . | 3 | 7 | 3 | 2 | . | 7 | . | . | 37 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Platte Bosch (fijn zand) | 56 | 9 | 18 | 1 | 10 | . | . | 1 | 2 | 3 | 6 | . | 8 | . | 2 | 36 | 1 | 2 | . | . | . | 1 | . |
| ,, (leem) | 60 | 9 | 35 | . | 42 | 3 | . | . | 5 | 2 | 2 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . |
| ,, (grof zand) | 40 | 10 | 7 | . | 4 | 2 | . | . | 14 | 4 | 3 | . | 15 | 1 | . | 39 | . | . | 1 | . | . | . | . |
| ,, (omhullend leem) | 48 | 7 | 58 | 1 | 19 | . | . | . | 2 | 3 | 2 | . | 2 | . | . | 6 | . | . | . | . | . | . | . |
| Elzet (fijn zand) | 44 | 19 | 14 | 1 | 7 | . | . | . | 8 | 4 | 5 | . | 9 | . | . | 32 | . | . | . | 1 | . | . | . |
| ,, (grof zand) | 40 | 17 | 16 | 1 | 10 | . | . | . | 4 | . | 2 | . | 12 | . | 3 | 34 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Kosberg | 58 | 29 | 15 | . | 5 | . | . | . | 30 | 15 | 1 | . | 2 | . | . | 1 | . | . | 1 | . | . | 1 | . |
| ,, (loodzand) | 66 | 18 | 43 | . | 14 | . | 2 | . | 8 | 6 | 4 | . | 1 | . | . | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Cadier en Keer | 53 | 4 | 13 | . | 3 | . | . | . | . | 4 | 2 | . | 15 | 1 | 1 | 57 | . | . | . | . | . | . | . |
| Bemelen | 30 | 26 | 6 | 3 | 5 | . | . | . | . | 1 | 4 | . | 8 | . | 4 | 39 | . | 4 | . | . | . | . | . |
| Vulland | 47 | 42 | 26 | 2 | 9 | | . | . | 6 | 5 | 1 | 2 | 3 | . | 2 | . | . | 2 | . | . | . | . | . |
| N. v. Vink | 50 | 40 | 23 | . | 7 | . | . | . | 16 | 7 | . | . | 1 | . | 3 | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| N. v. Eigelshoven | 49 | 28 | 21 | . | 16 | . | . | . | 18 | 12 | 1 | . | . | . | 3 | . | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Z. v. Eigelshoven | 53 | 40 | 16 | . | 14 | 1 | 1 | . | 10 | 7 | 3 | . | 1 | . | 4 | 2 | . | 1 | . | . | . | . | |
| Bergenhuizen | 58 | 15 | 45 | . | 21 | . | . | . | 9 | 4 | 2 | . | . | . | . | 4 | . | . | . | . | . | . | . |
| Z.W. v. Lichtenberg | 46 | 30 | 16 | 1 | 14 | . | . | 1 | 16 | 7 | 10 | . | 4 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . |
| Wanenberg | 46 | 41 | 15 | 5 | 5 | . | . | . | 11 | 6 | 4 | . | 5 | . | 4 | 2 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| Zweikhuizen | 45 | 3 | 60 | . | 20 | 1 | . | . | 5 | 7 | 1 | . | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| ,, (leem) | 25 | 4 | 53 | 8 | 20 | . | . | . | 3 | 2 | . | . | . | 9 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| Groot Haesdal. W. v. d. weg | 58 | 20 | 29 | . | 16 | 1 | . | . | 8 | 10 | . | . | 6 | . | 4 | 6 | . | . | . | . | . | . | . |
| ,, O. v. d. weg | 47 | 36 | 24 | 1 | 9 | . | 1 | . | 9 | 4 | 2 | . | 5 | 1 | 8 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| (leem) | 48 | 8 | 68 | 1 | 18 | . | . | . | 3 | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . |
| Husschenberg | 49 | 19 | 47 | 1 | 9 | . | . | . | 1 | 3 | 2 | . | 8 | . | 3 | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| Snijdersberg | 43 | 19 | 4 | 2 | 6 | . | . | . | 10 | 5 | 2 | . | 13 | . | 4 | 33 | 1 | . | . | 1 | . | . | . |
| Kruisberg | 43 | 27 | 30 | 7 | 7 | . | . | . | 3 | 2 | . | . | 10 | . | 3 | 11 | . | . | . | . | . | . | . |
| Mescherheide | 57 | 17 | 44 | 3 | 9 | 1 | . | . | 3 | 1 | . | . | 6 | . | 7 | 8 | . | . | . | . | . | 1 | . |
| Hulsberg | 48 | 29 | 21 | 3 | 16 | 1 | . | . | 7 | 3 | 2 | . | 5 | 1 | 3 | 9 | . | . | . | . | . | . | . |
| Kolleberg. | 37 | 28 | 32 | 2 | 7 | . | . | . | 20 | 2 | 4 | . | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |

De in tabel V opgenomen tellingen van een aantal hoogterrasmonsters openen geen nieuwe gezichtspunten. De zuivere vertegenwoordigers hebben weder geheel het aspect der $B_{Limburg}$-associatie. Zodra echter de $B_{Elsloo}$-groep S.S. het karakter van het sediment

TABEL VI

# ZUID- EN MIDDEN-LIMBURG

## Middenterras, Laagterras en Alluvium

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurioliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloroplet | Spinel | Korund | Topaas | | | | | | | | | | |
| N. v. Stein | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (middenterras, grof) | 34 | 8 | 17 | 3 | 6 | . | . | . | 2 | 2 | 3 | . | 7 | 1 | . | 50 | . | 1 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| (middenterras, fijn) | 65 | 6 | 40 | 2 | 23 | . | 1 | . | 4 | 4 | 1 | . | 2 | . | 5 | 10 | . | . | 2 | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| (middenterras, mid.) | 70 | 10 | 38 | 1 | 24 | 1 | . | . | 6 | 5 | 2 | . | 2 | . | 2 | 9 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| t.o. holleweg (midd.terras) | 32 | 6 | 5 | 1 | 5 | 1 | . | . | . | 1 | . | . | 17 | . | 1 | 63 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Geulle (middenterras) | 55 | 21 | 43 | . | 15 | . | . | . | 5 | . | 2 | . | 1 | 8 | 1 | 3 | . | . | . | . | . | 1 | . | | | | | | | | | | | |
| Sluisput Born (laagterras) | 68 | 25 | 28 | 9 | 6 | . | 1 | 1 | 3 | . | 1 | . | 11 | . | 4 | 9 | . | 1 | . | 1 | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (alluvium) | 71 | 13 | 39 | 5 | 14 | . | . | . | 8 | 4 | 3 | . | 8 | . | 3 | 2 | . | . | . | 1 | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Kasteel Born (alluvium) | 62 | 16 | 37 | . | 24 | . | . | . | 7 | 6 | 2 | . | 6 | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| 500 m t. N. v. Illikshoven (alluvium) | 50 | 7 | 54 | 8 | 7 | . | 1 | 1 | 7 | 7 | 1 | . | 4 | . | . | 3 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| 1000 m t. N. v. Illikshoven (laagterras) | 65 | 17 | 15 | 10 | 9 | . | . | . | 15 | 8 | 7 | . | 15 | 1 | 1 | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (alluvium) | 56 | 7 | 62 | 3 | 15 | . | . | 1 | 1 | 3 | 2 | . | 3 | . | 1 | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| 1000 m t. N. v. Roosteren (laagterras) | 58 | 20 | 12 | 17 | 8 | . | . | . | 13 | 7 | 7 | . | 11 | 1 | 1 | 1 | . | 1 | . | 1 | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (alluvium) | 58 | 7 | 50 | 6 | 19 | . | . | . | 2 | 5 | 2 | . | 5 | . | . | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Asterberg O. v. d. weg (laagterras) | 40 | 38 | . | 21 | . | . | . | . | 24 | 2 | 2 | . | 8 | . | 1 | 1 | . | 3 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (alluvium) | 50 | 13 | 43 | 8 | 14 | . | . | . | 11 | 4 | 2 | . | 3 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Asterberg, W. v. d. weg (laagterras) | 45 | 25 | 28 | 17 | 9 | . | . | . | 8 | 3 | 1 | . | 8 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (alluvium) | 50 | 15 | 38 | 12 | 12 | . | . | . | 7 | 2 | . | . | 4 | . | 3 | . | . | 7 | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Echt, 1ste pannenfabriek (laagterras) | 56 | 27 | 15 | 13 | 2 | . | . | . | 13 | 3 | 4 | . | 17 | 2 | . | . | . | 2 | . | 1 | . | . | 1 | | | | | | | | | | | |
| ,, alluvium) | 49 | 6 | 18 | 22 | 4 | 1 | . | 2 | 11 | 2 | 3 | . | 21 | 2 | 4 | 3 | . | . | 1 | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Maasbracht (alluvium) | 54 | 27 | 16 | 8 | 5 | . | . | . | 12 | 15 | 3 | . | 12 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Herten (alluvium) | 52 | 11 | 36 | 2 | 20 | . | 1 | . | 9 | 4 | . | . | 1 | 16 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Oude Beemd (alluvium) | 56 | 8 | 37 | 11 | 15 | . | . | . | 6 | 1 | 1 | . | 3 | 14 | 3 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Beegder Heide (laagterras) | 39 | 6 | 41 | 2 | 20 | . | . | . | 2 | 7 | . | . | . | 22 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| ,, (stuifzand) | 41 | 12 | 28 | 2 | 11 | . | . | . | 2 | 5 | . | . | . | 36 | 3 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| 1000 m N.W. v. Horn (alluvium) | 36 | 3 | 47 | 9 | 11 | . | . | . | 4 | 2 | 1 | . | . | 20 | 1 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Haelen (alluvium) | 45 | 4 | 59 | 2 | 12 | . | . | . | 1 | 4 | 1 | . | . | 16 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| N.O. v. Neer (laagterras) | 58 | 3 | 48 | 5 | 10 | 1 | . | . | 5 | 4 | . | . | . | 23 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Helden-Baarlo (middenterras) | 39 | 8 | 23 | 23 | 12 | . | . | . | 6 | . | . | . | . | 25 | 2 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| Roode Beek | 29 | 22 | 6 | 18 | 6 | . | . | 1 | 22 | 4 | 4 | . | . | 15 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| De Hamer (laagterras) | 36 | 15 | 24 | 6 | 5 | . | . | . | 10 | 7 | . | . | 1 | 19 | 9 | 1 | . | 2 | 1 | . | . | . | . | | | | | | | | | | | |
| De Looy (alluvium) | 47 | 18 | 18 | 20 | 2 | . | . | . | 12 | 5 | 6 | . | . | 13 | 4 | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | | | | | | | | | | | |

wijzigt, treden naast hoge percentages der typische Elsloo-amphibool (zie hiervoor 62 blz. 78) duidelijke kwantiteiten chloritoid op. Granaat en epidoot zijn gewoonlijk afwezig of komen hoogstens in zeer gering gehalte voor. Alleen de zich in het hoogterras van Zweikhuizen bevindende leem vertoont een sprekende invloed van de noordelijke provincies A of X. De leem was verzameld om na te gaan, of dergelijke lemen misschien de bijmenging van omgewerkte oligocene klei (septariënklei) of löss zouden vertonen. Dit is inderdaad gebleken juist te zijn. Hierop wijst het voorkomen van granaat en epidoot, terwijl de rutiel zowel tot de X– als tot de $B_{Limburg}$-groep kan behoren. Het opvallende percentage granaat, zonder dat epidoot aanwezig is, in het monster van de Kruisberg is moeilijk te verklaren; wellicht is hier invloed van het Tertiair waarneembaar, waar ook de analysen van Edelman vaak het optreden van granaat bij afwezigheid van epidoot in oudere tertiaire afzettingen weergeven (blz. 22).

Geheel anders is het aanzicht van de midden-terras monsters en de jongere afzettingen (tab. VI). Bij de eerste is de reeds genoemde eigenaardige bruin-groene amphibool de hoofdcomponent, welke wijst op de overwegende invloed der $B_{Elsloo}$-provincie S.S. Het onderzoek van Edelman van het Zuid-Limburgse middenterras leidde tot de conclusie, dat als karakteristieke componenten naast deze amphibool saussuriet en granaat aanwezig waren. Deze opvatting behoeft echter herziening. Het bleek, dat de vaak bijna opake korrels, zowel als de zeer troebele specimen, die Edelman ten dele bij opaak, ten dele bij saussuriet had gerekend, tot het mineraal chlorotoid behoorden, terwijl het optreden van granaat in het door hem onderzochte monster van de Caberg (62 tab. X blz. 45) als een bijmenging moet worden opgevat van de $B_{Eysden}$-provincie en niet als essentieël bestanddeel van de $B_{Elsloo}$-groep. Dit leidde tot het erkennen der $B_{Elsloo}$-groep sensu structiori, waarvan de standaardsamenstelling in tabel III (blz. 40) is opgenomen. Het percentage opaak is lager dan aanvankelijk door Edelman geconstateerd, granaat ontbreekt, terwijl naast amphibool chloritoid hoofdcomponent is.

Het voorkomen van dit mineraal is zelden in duidelijk herkenbare vorm als glimmerachtige schubvormige korrels, doch gewoonlijk als bijna opake massa's, waarvan alleen zeer kleine schubjes aan de randen het karakteristieke pleochroisme der tot de Ottreliet-groep behorende mineralen nl. van indigoblauw naar olijfgroen, vertonen. Bij nauwgezette bestudering der korrels is dit phenomeen echter on-

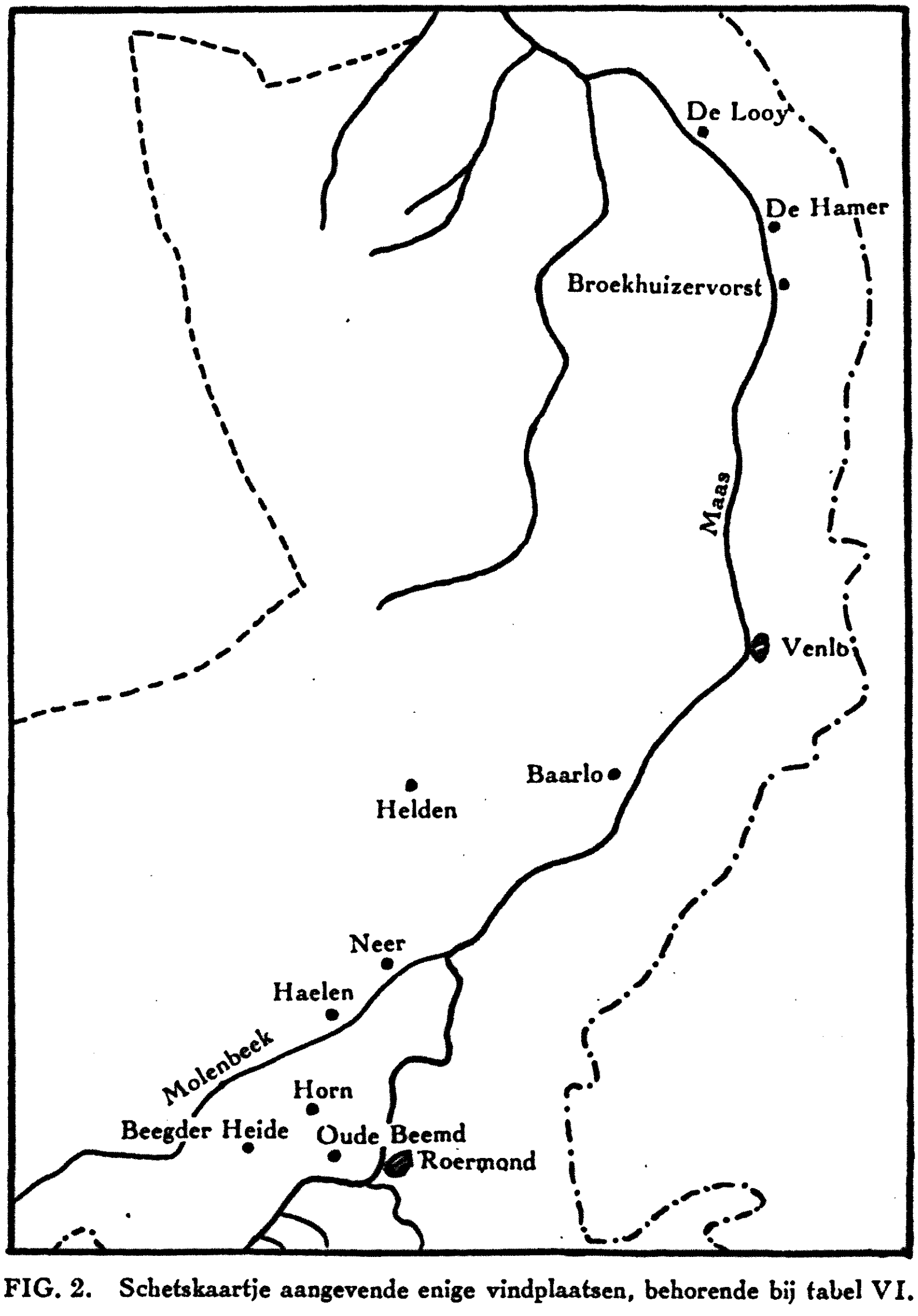



FIG. 2. Schetskaartje aangevende enige vindplaatsen, behorende bij tabel VI.

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurolliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hypersthеen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| O. v. Baexem (laagterras) | 45 | 9 | 34 | 11 | 11 | . | 1 | . | 5 | 1 | . | . | . | 22 | 2 | 4 | . | . | . | . | . | . | . |
| Z. v. Baexem (laagterras) | 41 | 8 | 40 | 13 | 6 | . | 1 | . | 6 | 4 | 1 | . | . | 17 | 1 | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| N. v. Grathem (laagterras) | 45 | . | 38 | 12 | 18 | . | . | . | 2 | 2 | . | . | . | 26 | 1 | . | . | 1 | . | . | . | . | . |
| O. v. Santfort (laagterras) | 44 | 1 | 33 | 11 | 16 | . | . | . | 4 | 4 | . | . | . | 26 | 2 | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| N. v. Ittervoort (laagterras) | 36 | 8 | 33 | 15 | 13 | . | 1 | . | 4 | 4 | . | . | . | 18 | 2 | 2 | . | . | . | . | . | . | . |
| Z.O. v. Hunsel (laagterras) | 37 | 4 | 30 | 16 | 13 | . | . | . | 11 | 3 | 1 | . | . | 16 | 1 | 5 | . | . | . | . | . | . | . |
| N. v. Hunsel (laagterras) | 32 | 5 | 32 | 20 | 5 | . | . | . | 8 | 4 | . | . | . | 23 | . | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| Z. v. Ell. (laagterras) | 34 | 5 | 34 | 6 | 11 | . | . | . | 7 | 2 | 1 | . | . | 26 | 2 | 6 | . | . | . | . | . | . | . |
| Berk-Ven (hoogveen) | 33 | 5 | 39 | 15 | 11 | . | . | . | 6 | 1 | 1 | . | . | 12 | 5 | 5 | . | . | . | . | . | . | . |
| N.W. v. Ell (hoogveen) | 31 | 7 | 24 | 17 | 10 | 1 | . | . | 7 | 4 | 1 | . | . | 22 | 2 | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| N. v. Klein-Leuken (middenterras) | 29 | . | 38 | 19 | 7 | . | . | . | 6 | 7 | . | . | . | 18 | 2 | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| Noorderkanaal km 3 (middenterras) | 38 | 5 | 30 | 19 | 9 | . | . | . | 12 | 1 | 2 | . | . | 15 | 2 | 5 | . | . | . | . | . | . | . |
| km 4,5 (middenterras) | 37 | 5 | 35 | 11 | 10 | . | . | . | 5 | 5 | . | . | . | 21 | 4 | 3 | . | . | . | . | . | . | 1 |
| km 6,5 (middenterras) | 34 | 7 | 33 | 13 | 13 | . | . | 1 | 6 | 7 | 2 | . | . | 7 | 6 | 5 | . | . | . | . | . | . | . |
| km 8,5 (middenterras) | 24 | 6 | 20 | 25 | 12 | . | . | . | 2 | 4 | 1 | . | . | 20 | 5 | 4 | . | . | . | . | . | . | 1 |
| km 10,5 (middenterras) | 31 | 3 | 30 | 24 | 9 | . | . | . | 6 | . | 2 | . | . | 14 | 8 | 3 | . | . | . | . | . | . | 1 |
| km 10,7 (middenterras) | 25 | 9 | 29 | 19 | 6 | . | . | . | 9 | . | . | . | . | 19 | 6 | . | . | 2 | . | 1 | . | . | . |
| Z. v. Meyel km 2,5 (middenterras) | 23 | 7 | 36 | 22 | 7 | . | . | . | 8 | 2 | 1 | . | . | 13 | 2 | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Z. v. Meyel (hoogterras) | 36 | 5 | 33 | 20 | 13 | . | . | . | 6 | 2 | 2 | . | . | 13 | 3 | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| W. v. Meyel km 16 (middenterras) | 34 | 5 | 34 | 21 | 13 | 1 | . | . | 9 | . | . | . | . | 14 | 2 | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| N.W. v. Meyel km 22,5 (hoogveen) | 32 | 8 | 34 | 32 | 9 | . | 2 | . | 4 | 2 | 1 | . | . | 3 | 1 | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Weg Meyel-Asten km 19 (middenterras) | 24 | 4 | 37 | 24 | 6 | . | 1 | . | 3 | 4 | 1 | . | . | 19 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| km 17 (middenterras) | 24 | 4 | 28 | 19 | 13 | . | . | . | 8 | 2 | . | . | . | 21 | 3 | 2 | . | . | . | . | . | . | . |
| km 15 (middenterras) | 42 | 7 | 32 | 22 | 9 | . | . | . | 8 | 7 | . | . | . | 12 | 1 | . | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Z. v. Ommel (middenterr.) | 24 | 10 | 18 | 21 | 3 | . | . | . | 6 | 1 | . | . | . | 25 | 9 | 1 | . | 6 | . | . | . | . | . |
| N. v. Ommel (middenterr.) | 27 | 8 | 27 | 8 | 8 | . | . | . | 4 | 1 | . | . | . | 24 | 9 | 2 | . | 9 | . | . | . | . | . |
| Z. v. Vlierden (middent.) | 23 | 4 | 25 | 22 | 5 | . | . | . | 8 | 1 | 2 | . | . | 16 | 7 | 4 | . | 6 | . | . | . | . | . |
| N.O.v. Vlierden (middent.) | 26 | 8 | 34 | 20 | 8 | . | . | . | 2 | 2 | 1 | . | . | 18 | 3 | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Z.W. v. Deurne (midd.t.) | 23 | 4 | 23 | 29 | 11 | . | . | . | 9 | 2 | . | . | . | 10 | 7 | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| N.O. v. Deurne (stuifzand) | 24 | 6 | 38 | 18 | 8 | . | . | . | 3 | 1 | 1 | . | . | 13 | 4 | 5 | . | 2 | . | . | . | . | 1 |
| W. v. De Klef (stuifzand) | 21 | . | 40 | 24 | 11 | . | 1 | . | 6 | 1 | . | . | . | 15 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Beesterveld (stuifzand) | 23 | 16 | 9 | 14 | 3 | . | . | . | 11 | 4 | 1 | . | 1 | 18 | 5 | 6 | . | 12 | . | . | . | . | . |
| St. Anthonis en Ledeacker (hoogveen) | 18 | 8 | 14 | 37 | 1 | . | . | . | 8 | 3 | . | . | . | 17 | 7 | 2 | . | 3 | . | . | . | . | . |
| Z.W. v. Oploo (middent.) | 24 | 12 | 24 | 24 | 5 | . | . | . | 8 | 3 | 2 | . | . | 18 | 2 | 2 | . | . | . | . | . | . | . |
| N. v. Oploo (middenterras) | 28 | 7 | 31 | 26 | 8 | . | . | . | 10 | 1 | 1 | . | . | 7 | 2 | 1 | . | 4 | 2 | . | . | . | . |
| Zandkant (middenterras) | 17 | 9 | 18 | 32 | 3 | . | . | . | 10 | 2 | . | . | . | 20 | 3 | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . |

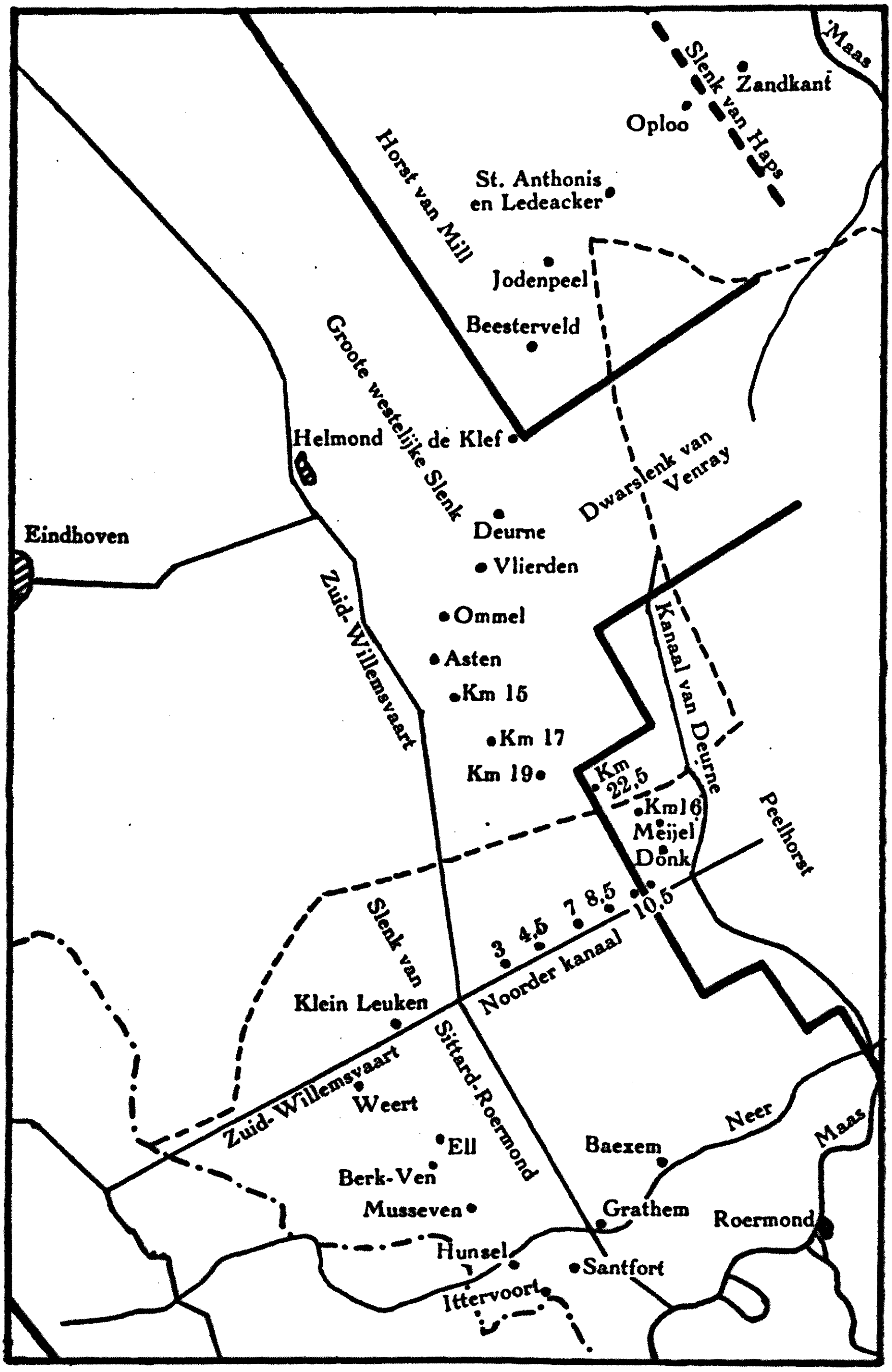



FIG. 3. Schetskaartje aangevende enige vindplaatsen, behorende bij tabel VII.

miskenbaar en maakt derhalve de determinatie mogelijk. De korrels zijn eigenlijk fragmenten van chloritoidschisten. Toch kan niet ontveinsd worden, dat juist door het bijna ondoorzichtbaar zijn der korrels enige onzekerheid blijft bestaan in dien zin, dat wellicht het percentage chloritoid nog hoger moet zijn ten koste van de hoeveelheid opaak, terwijl ook vaak het geringe onderscheid tussen dit mineraal en zeer troebele saussuriet moeilijkheden geeft. Het voorkomen van dit mineraal leidde echter tot de herkenning van een nieuwe associatie nl. die van de $B_{Eysden}$-provincie. Beschouwen we immers de eveneens in tabel VI opgenomen analysen van een serie laagterras- en alluviale monsters, dan zien we dat hierin naast chloritoid altijd granaat in grotere percentages optreedt, uit den aard der zaak vergezeld van de, door bijmenging met de tot het hoogterras behorende $B_{Limburg}$-groep, aanwezige metamorfe mineralen. Zeer karakteristiek is dit verschijnsel wel bij de monsters van Echt. Dat de $B_{Elsloo}$-groep geen invloed uitoefent, bewijst het ontbreken der amphibool.

Het nog te bespreken onderzoek der recente Maas-zanden zal trouwens het bestaan dezer nieuwe provincie bevestigen. Allereerst dient nog op een zeer opvallend verschijnsel de aandacht gevestigd te worden; we zien, dat het mineraal chloritoid naar het Noorden toe plotseling geen rol meer speelt. In grote lijnen is de grens te trekken bij Roermond, zuidelijk hiervan dus duidelijk optreden van chloritoid, terwijl epidoot niet aanwezig is en ten Noorden van deze plaats geen chloritoid doch overheersing van epidoot. De invloed der $B_{Elsloo}$-en $B_{Eysden}$-groepen heeft dus plaats gemaakt voor die der noordelijke provincies, al of niet in samenwerking met de $B_{Saussuriet}$-associatie. Zeer pregnant is dit wel bij het middenterrasmonster, verzameld aan de weg van Helden naar Baarlo. Dat hier geheel ander materiaal aanwezig is dan we kennen van het middenterras in Zuid-Limburg, is zonder meer duidelijk.

Het zal blijken, dat een dergelijk opvallend verschil ook in de lichte fractie waarneembaar is. Op dit onderzoek even vooruit lopend, kunnen we mededelen, dat de karakteristieke component der $B_{Eysden}$ groep, schiefer-fragmenten, even plotseling verdwijnt als het mineraal chloritoid.

Het duidelijkst wordt het beschreven feit wel gedemonstreerd door achterstaand diagram, waarin de gehalte-cijfers voor chloritoid en epidoot aan tabel VI ontleend zijn en die voor de schiefers aan tabel XV (blz. 68).

## TABEL VIII — RECENTE MAAS-ZANDEN

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Stauroliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Kilometerpaal 2 | 45 | 15 | 7 | 5 | 4 | . | . | . | 4 | 1 | 2 | . | 24 | 2 | 8 | 3 | . | 21 | 2 | . | . | 2 | . |
| „ 7 | 47 | 19 | 2 | 32 | . | . | . | . | 7 | . | 5 | . | 21 | . | 4 | 2 | . | 7 | . | . | . | 1 | . |
| „ 12 | 27 | 21 | 5 | 20 | . | . | . | 1 | 6 | 1 | 4 | . | 17 | 2 | 4 | 6 | 1 | 10 | 2 | . | . | . | . |
| „ 17 | 59 | 20 | 19 | 19 | 1 | . | . | . | 3 | . | 1 | . | 24 | 4 | 4 | 2 | . | 1 | . | 2 | . | . | . |
| „ 22 | 37 | 9 | 23 | 11 | 6 | . | . | . | 4 | 5 | 2 | . | 24 | 2 | 2 | 2 | . | 8 | 1 | . | . | 1 | . |
| „ 27 | 59 | 22 | 5 | 13 | 3 | . | . | . | 7 | 4 | 1 | . | 30 | 5 | 2 | . | . | 5 | 1 | . | . | 2 | . |
| „ 32 | 60 | 26 | 2 | 20 | . | 1 | . | . | 7 | . | 4 | . | 20 | 2 | 4 | 4 | 1 | 9 | . | . | . | . | . |
| „ 37 | 47 | 28 | 4 | 21 | 1 | 1 | . | . | 10 | 2 | 2 | . | 23 | 1 | 2 | 2 | . | 2 | 1 | . | . | . | . |
| „ 42 | 62 | 22 | 4 | 20 | 5 | . | . | . | 10 | 4 | 1 | . | 24 | 2 | 2 | 1 | . | 4 | 1 | . | . | . | . |
| „ 47 | 52 | 16 | 23 | 20 | 3 | . | . | . | 7 | 6 | 2 | . | 15 | . | 3 | 1 | . | 4 | . | . | . | . | . |
| „ 52 | 64 | 22 | 9 | 18 | 11 | . | . | . | 6 | 1 | 1 | . | 24 | 2 | 6 | . | . | . | . | . | . | . | . |

## TABEL IX — VELUWE ENZ.

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Stauroliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Wageningen Harnjesweg | 11 | 1 | 7 | 41 | 1 | . | . | . | 4 | . | 1 | . | . | 16 | 10 | 10 | . | 9 | . | . | . | . | . |
| „ Spijk | 11 | 2 | . | 26 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 15 | 18 | 17 | . | 21 | . | . | . | . | . |
| „ Nol i/h. Bosch | 37 | . | 7 | 31 | . | . | . | . | 6 | 4 | . | . | . | 24 | 8 | 14 | . | 5 | 1 | . | . | . | . |
| Bennekom Hullenberg | 21 | 5 | 5 | 12 | 2 | . | . | . | 10 | 3 | . | 1 | . | 23 | 14 | 11 | . | 14 | . | . | . | . | . |
| Renkum Keienberg | 13 | . | 7 | 48 | 1 | . | . | . | 3 | 1 | . | . | . | 21 | 3 | 11 | . | 4 | 1 | . | . | . | . |
| „ Z.O. Kwade Oord | 19 | 4 | . | 27 | 1 | . | 2 | . | 10 | 4 | 2 | 1 | . | 10 | 2 | 16 | . | 20 | 1 | . | . | . | . |
| Hoog Wolfheeze | 8 | 5 | 1 | 19 | 1 | . | 1 | . | 4 | 1 | . | 1 | . | 21 | 17 | 17 | . | 10 | 2 | . | . | . | . |
| Ginkel proefkuil 4 | 10 | 1 | . | 28 | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | 38 | 15 | 12 | . | . | . | . | . | . | . |
| „ „ 14 | 18 | 3 | 3 | 18 | . | . | . | . | 7 | . | . | . | . | 36 | 13 | 11 | . | 8 | 1 | . | . | . | . |
| „ „ 23 | 11 | 5 | 2 | 9 | 1 | . | . | . | 4 | . | 2 | 1 | . | 6 | 23 | 27 | . | 16 | 4 | . | . | . | . |
| „ „ 40 | 6 | 1 | 5 | 45 | . | . | . | . | 3 | . | 1 | . | . | 27 | 10 | 4 | . | 4 | . | . | . | . | . |
| „ „ 48 | 20 | . | 3 | 17 | . | . | . | . | 9 | 1 | 1 | . | 1 | 17 | 18 | 14 | . | 19 | . | . | . | . | . |
| Ederbosch | 6 | 3 | 4 | 39 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | 26 | 11 | 14 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Gortel | 17 | 3 | . | 49 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 9 | 17 | 10 | . | 8 | 1 | . | . | . | . |
| Hamersveld | 8 | 2 | 16 | 44 | 2 | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . | 19 | 5 | 6 | . | 2 | 1 | . | . | . | . |
| Sprielder Bosch | 3 | 2 | 3 | 7 | . | . | . | . | 3 | 1 | 1 | 1 | . | 5 | 42 | 18 | . | 16 | 1 | . | . | . | . |
| Spelderholt bij Hoenderloo | 21 | 2 | 13 | 46 | 4 | . | . | . | 5 | 2 | . | . | . | 20 | . | 1 | . | 7 | . | . | . | . | . |
| Liederbosch bij Beekbergen | 18 | . | 19 | 31 | 3 | . | . | . | 6 | 1 | . | . | . | 24 | 4 | 12 | . | . | . | . | . | . | . |
| Stippelberg gem. Bakel | 20 | 4 | 19 | 44 | 9 | . | 1 | . | 6 | 1 | . | . | . | 13 | 2 | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| Zelhem bij Zutfen | 13 | 1 | 4 | 34 | 1 | 1 | . | . | 2 | 1 | 1 | . | . | 20 | 24 | 7 | . | 4 | . | . | . | . | . |

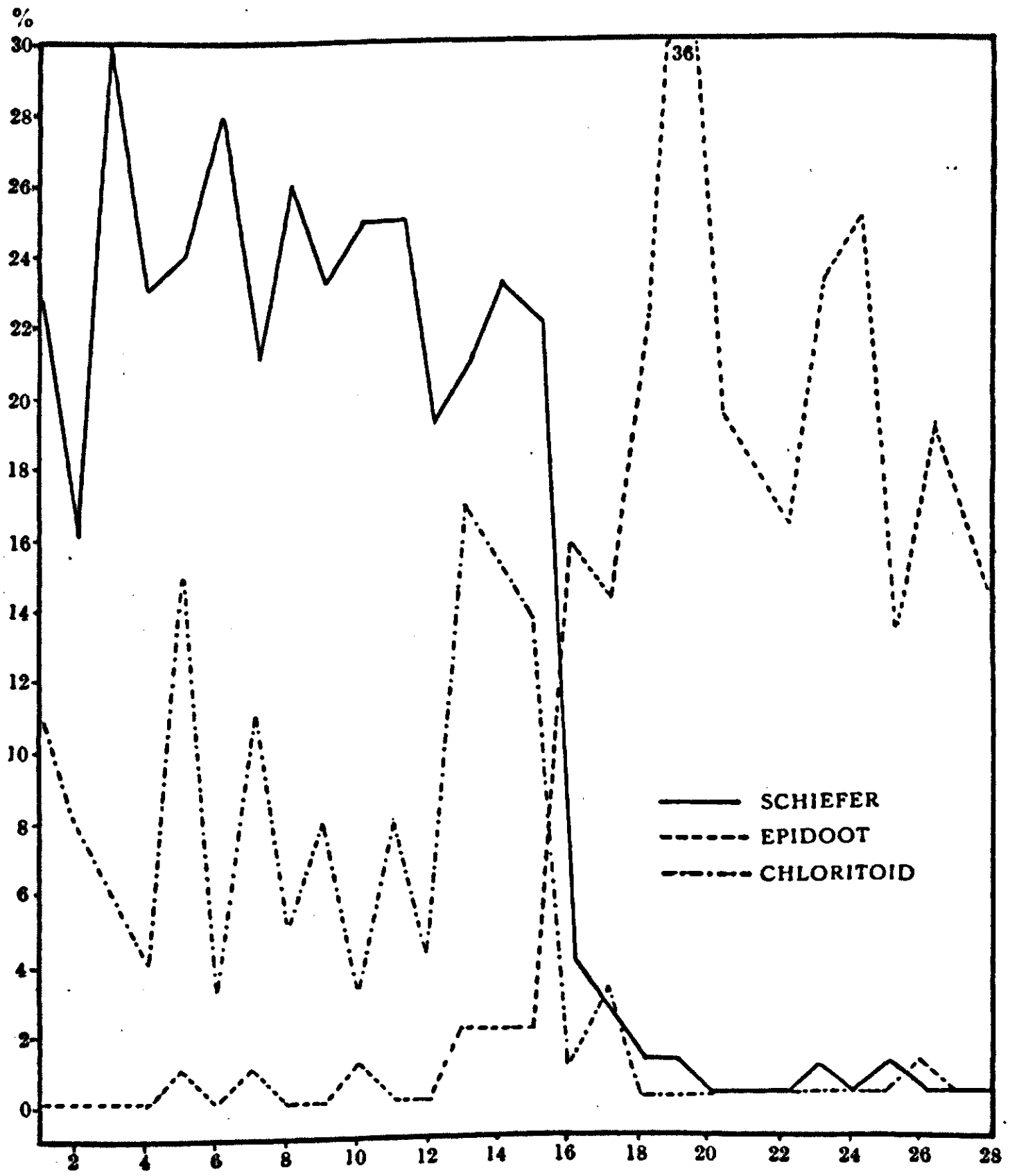



FIG. 4

Voorkomen van enkele karakteristieke mineralen, noordelijk en zuidelijk van Roermond

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 = | Sluisput Born | laagterras | 15 = | Maasbracht | alluvium |
| 2 = | ,, ,, | alluvium | 16 = | Herten | ,, |
| 3 = | Kasteel born | ,, | 17 = | Oude Beemd | ,, |
| 4 = | Illikshoven | ,, | 18 = | Beegder Heide | laagterras |
| 5 = | ,, | laagterras | 19 = | ,, ,, | stuifzand |
| 6 = | N.v. ,, | alluvium | 20 = | Horn | alluvium |
| 7 = | Roosteren | laagterras | 21 = | ,, | stuifzand |
| 8 = | ,, | alluvium | 22 = | Haelen | alluvium |
| 9 = | O.v. Asterberg | laagterras | 23 = | Neer K.M. 57 | laagterras |
| 10 = | ,, ,, | alluvium | 24 = | Helden-Baarlo | middenterras |
| 11 = | W. v. ,, | laagterras | 25 = | Roode Beek | laagterras |
| 12 = | ,, ,, | alluvium | 26 = | De Hamer | ,, |
| 13 = | Echt | laagterras | 27 = | De Looy | recente Maasklei |
| 14 = | ,, | alluvium | 28 = | ,, | alluvium |

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurioliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritold | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Anholt: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (stuifzand 40 cm diep) | 15 | 3 | 8 | 49 | . | . | . | . | 5 | 2 | . | . | . | 27 | 4 | 2 | . | . | . | . | . | . | . |
| (Fuchserde 100-110 cm d. | 11 | 11 | 5 | 52 | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | 20 | 2 | 4 | . | . | . | . | . | . | . |
| (loodzand 140 cm diep) | 21 | 5 | 5 | 63 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 21 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| (bank 150 cm diep) | 13 | 5 | 10 | 49 | . | . | . | . | 2 | . | 1 | . | . | 27 | 1 | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| (geelzand 200 cm diep) | 13 | 6 | 4 | 40 | . | . | . | . | 3 | . | . | 1 | . | 38 | 1 | 7 | . | . | . | . | . | . | |
| (loodzand 230 cm diep) | 21 | 3 | 3 | 54 | . | . | . | . | 19 | . | 1 | . | . | 14 | 1 | 5 | . | . | . | . | . | . | . |
| (geel zand 225 cm diep) | 9 | 3 | 7 | 50 | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 31 | . | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| (fijn geel zand 230 cm d.) | 17 | 6 | 16 | 15 | 7 | . | . | . | 3 | . | . | . | . | 49 | 1 | 3 | . | . | . | . | . | . | . |
| Ellertsveld: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (bruin dekzand 45 cm d.) | 26 | 1 | 5 | 18 | 3 | . | . | . | 7 | 4 | 1 | 3 | . | 37 | 4 | 15 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| (keileem 60 cm diep) | 28 | 4 | 23 | 15 | 9 | 1 | . | . | 4 | 3 | . | 3 | . | 30 | 1 | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| (grof zand 100 cm diep) | 33 | 5 | 8 | 14 | 4 | . | . | . | 10 | 8 | 4 | 7 | . | 24 | 4 | 11 | . | . | . | . | . | . | 1 |
| (fijn zand 100 cm diep) | 44 | 1 | 26 | . | 13 | 1 | . | . | 1 | 4 | . | . | . | 46 | 1 | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| 100 m N. v. Biol. Station Wijster (bruin zand 120 cm) | 14 | 4 | 19 | 33 | 10 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 27 | . | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Weg Biol. Stat.-Spies (dekzand) | 15 | 2 | 12 | 23 | 7 | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . | 41 | 1 | 10 | . | . | 1 | . | . | . | . |

We werden derhalve voor het vraagstuk geplaatst, waar de zo plotseling verdwenen karakteristieke tot het Maas-materiaal behorende componenten waren gebleven resp. konden worden teruggevonden. Overwogen werd o.m. de mogelijkheid, dat de Maas in jong-diluviale en oud-alluviale tijd door de slenk van Sittard en de grote westelijke slenk zou hebben gestroomd. Het verloop van deze slenken met de daarbij behorende Peelhorst en de horst van Mill zijn in fig. 3 weergegeven. De oplossing van het vraagstuk zou worden gevonden, indien inderdaad de Maas nog in alluviale tijd door deze slenken naar het N.W. zou hebben gestroomd, in welk geval wij dus in het zuid-oostelijk gedeelte van Noord-Brabant de combinatie chloritoid-schiefer moesten terugvinden. Daartoe werd een uitgebreide reeks monsters verzameld, waarbij een tracé dwars door de slenk gemaakt werd. De punten, waar de monsters verzameld werden, zijn in de schetskaart van fig. 3 opgenomen, terwijl de resultaten van het mineralogisch onderzoek in tabel VII zijn weergegeven. Welk een verrassing leverde deze analyse op! Reeds bij het verza-

melen 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 tot de lichte fractie behorende schiefer-fragmenten, welke voor het macroscopisch determineren van een zand een onfeilbaar hulpmiddel zijn, ontbraken geheel, zodat van een zuidelijk karakter van het materiaal geen sprake kon zijn. De mineralogische analyse bevestigt zowel de uniformiteit als het ontbreken der typische Maas-elementen. De samenstelling der zanden verraadt het onmiskenbaar noordelijk karakter, terwijl ook het diluviale Rijn-materiaal een bepalende rol heeft gespeeld bij de opbouw. Dekzanden worden op de geologische kaart (blad 58, 1 : 50.000) niet onderscheiden, terwijl slechts plaatselijk stuifzand is aangegeven. Dr Pannekoek van Rheden deelde hieromtrent mede, dat het optreden van dekzanden in het gebied W. van de Maas hem welbekend was, doch dat hij op deze kwestie niet verder was ingegaan. Het probleem was dus nog niet opgelost en de vraag werd nu gesteld, of de Maas-afzettingen soms door dit stuifzand bedekt geworden waren. Ten einde dit te kunnen nagaan zond Dr Tesch, directeur van 's Rijks Geologische Dienst ons monsters van een aantal boringen uit deze streek toe. Ook deze monsters bleken de beide gezochte provincies niet te bevatten. Wegens het speciale karakter van dit vraagstuk zal hierop in deze studie niet verder worden ingegaan.

Thans dient te worden teruggekomen op de $B_{Eysden}$-provincie. Deze nieuwe groep, welke reeds even genoemd werd, en waarvan de monsters van Echt de karakteristiek vertoonden, kon worden aangetoond door het onderzoek der recente Maas-zanden (tab. VIII). Het waarnemingsnet werd nog uitgebreid (64), op grond waarvan de standaardsamenstelling kon worden gebaseerd als medegedeeld in tabel III. Naar voren kwam hierbij, dat niet alleen chloritoid typisch was, doch tevens de granaat een duidelijk eigen karakter vertoonde. Grijs-geel van kleur, troebel, vaak voorzien van insluitsels, komt dit mineraal meermalen als idiomorfe kristallen voor en onderscheidt zich dientengevolge duidelijk van de heldere, rose of kleurloze granaten van noordelijke herkomst.

De monsters van de Veluwe (tab. IX) geven geen nadere aanleiding tot bespreking. Ze vertonen het bekende mengbeeld van de Midden-Nederlandse zanden, waarin de groepen A, X, $B_{Limburg}$ en $B_{Saussuriet}$ vertegenwoordigd zijn, en waarin slechts de toeval-

lige variatie het beeld chaotischer maakt. Zo leveren ook de monsters van Anholt en Ellertsveld (tab. X) geen bijzonderheden. In de verschillende lagen van het profiel treedt in de mineralogische samenstelling geen essentiële wijziging op. Het beeld wordt geheel beheerst door de A-provincie al of niet gemengd met X of $B_{Scheemda}$. In het bijzonder bij de bovenste horizonten van het profiel te Ellertsveld is de invloed van deze laatste groep onmiskenbaar.

Tabel XI verdient bijzondere aandacht. Het blijkt immers bij nadere beschouwing, dat ook bij de recente kleien in hun grovere fractie een duidelijke invloed der diluviale Rijn-afzetting te constateren is, waarop de aanzienlijke gehalten aan saussuriet naast het optre-

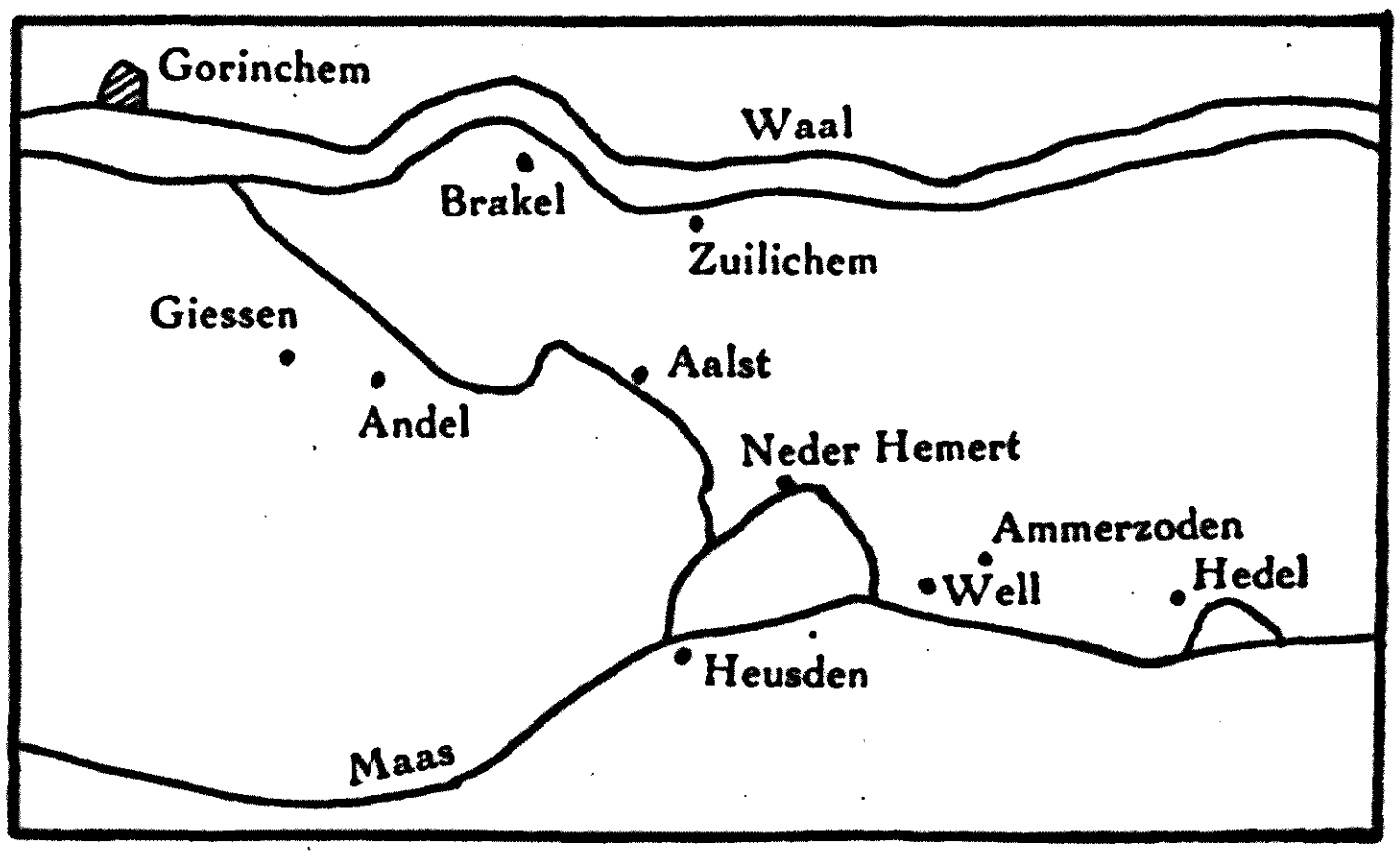



FIG. 5. Schetskaartje aangevende enige vindplaatsen, behorende bij tabel XI.

den der amphibool-augiet associatie wijzen. Op dit feit, dat vooral bij de Maas-afzettingen van Hedel, Ammerzoden enz. opvallend is, zal bij het klei-onderzoek nader worden ingegaan.

Ten slotte zij nog een laatste probleem aangeroerd. Door J. van Baren is betoogd (7, 8, 13), dat ons land twee ijsbedekkingen zou hebben gekend, welke opvatting steunt op het voorkomen van twee vormen van keileem nl. een rood en een grijs. Dit tweevoudige voorkomen schrijft J. van Baren toe aan het feit, dat het rode leem tijdens een interglaciale periode in een warm klimaat tot een lateriet-achtig uitziend product zou zijn verweerd. Een daarop volgende tweede ijsbedekking zou aansprakelijk gesteld moeten worden voor de aanvoer van het grijs keileem. Het leek derhalve interessant na te gaan, in hoeverre de mineralogische analyse steun zou geven aan

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Staurioliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hyperstheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Land van Reide (wadslib) | 22 | 4 | 12 | 19 | 5 | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . | 32 | 2 | 21 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| Nw Pendrecht polder (zeeklei) | 38 | 1 | 11 | 20 | 4 | 1 | . | . | 3 | 2 | . | . | . | 40 | 2 | 15 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| Jan Wals-polder (zeeklei) | 21 | 1 | 11 | 26 | 4 | . | . | . | 3 | . | . | . | . | 38 | 2 | 14 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Portlandsche polder (zeeklei) | 21 | . | 18 | 21 | 2 | . | . | 1 | 5 | . | . | . | . | 40 | 2 | 9 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Oude land v. Poortugael (zeeklei) | 30 | 2 | 18 | 40 | 5 | 1 | . | . | 5 | . | . | . | . | 21 | 1 | 5 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Wageningen (rivierklei) | 17 | 1 | 21 | 26 | 2 | . | . | . | 2 | 3 | . | . | . | 5 | 4 | 21 | . | 15 | . | . | . | . | . |
| Hedel (rivierklei) | 24 | 4 | 11 | 31 | 4 | . | . | 2 | 7 | 1 | 1 | . | . | 20 | 11 | 6 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Ammerzoden (rivierklei) | 14 | 3 | 5 | 30 | 3 | . | . | . | 3 | . | . | . | . | 20 | 14 | 11 | 1 | 9 | 1 | . | . | . | . |
| Well (rivierklei) | 17 | 3 | 10 | 28 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 26 | 17 | 9 | . | 5 | 1 | . | . | . | . |
| Aalst (rivierklei) | 22 | . | 2 | 15 | 2 | . | . | 5 | 1 | . | . | . | . | 25 | 14 | 32 | . | 4 | . | . | . | . | . |
| Neder Hemert (rivierklei) | 27 | 6 | 2 | 24 | 2 | . | . | 2 | 4 | . | 2 | 1 | 2 | 23 | 12 | 12 | . | 5 | 1 | 2 | . | . | . |
| Giessen (rivierklei) | 25 | 2 | 4 | 28 | 2 | . | . | 1 | 3 | 1 | 2 | . | . | 21 | 9 | 13 | . | 12 | . | 1 | 1 | . | . |
| Brakel (rivierklei) | 24 | . | 1 | 14 | . | . | . | 3 | 6 | . | 4 | 2 | . | 13 | 12 | 18 | . | 27 | . | . | . | . | . |
| Wieringermeer (oude zeeklei) | 9 | 1 | 2 | 30 | . | . | . | . | 5 | . | . | . | 1 | 22 | 17 | 22 | . | . | . | . | . | . | . |
| ,, (jonge zeeklei) | 16 | 3 | 6 | 21 | 1 | . | . | . | 4 | 3 | . | . | . | 36 | 8 | 16 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| Schokland (zeeklei) | 8 | 1 | 10 | 10 | 3 | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | 6 | 10 | 16 | . | 42 | . | . | . | . | . |

deze opvatting, d.w.z. of hier twee afzettingsproducten te onderscheiden zijn, die ieder een eigen herkomst hebben, dan wel of een gelijke oorsprong moet worden aangenomen. De analyse leert, dat de onderzochte keilemen alle een mengproduct zijn, waarin de A-associatie overwegend is, doch waar de bijmenging met $B_{Scheemda}$ onmiskenbaar en met de X-groep in enkele gevallen (nos 4081*c* en 4085*b*) eveneens zeer pregnant is. De karakteristiek wijst er op, dat dezelfde bron voor het materiaal aansprakelijk gesteld moet worden. Dit sluit echter niet uit, dat beide producten in verschillende perioden zijn afgezet, gescheiden door een warmer interglaciaal. Bijzondere waarnemingen, zoals J. van Baren ze beschrijft omtrent de verwering van amphibolen en omkorsting dezer mineralen met ijzerhuidjes bij het rood keileem konden niet worden gedaan, daar de voorbehandeling met geconcentreerde zuren eventuele verschillen reeds zou hebben genivelleerd.

Na deze uitbreiding van het waarnemingsnet kon aan het eigen-

| Vindplaats | Mus. no. | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding: Toermalijn | Zirkoon | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookliet | Titaniet | Staurolliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Augiet | Hypersthheen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zwillbroek | (1763) | 31 | 3 | 25 | 37 | 7 | . | . | . | 2 | 2 | . | . | . | 17 | 2 | 3 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| Borne | (1800) | 28 | 5 | 11 | 55 | 3 | . | . | . | 1 | 3 | . | . | . | 16 | 1 | 4 | . | . | 1 | . | . | . | . |
| Stat. Vries Zuid-Laren | (1914f) | 21 | 4 | 36 | 17 | 4 | . | . | . | 3 | 1 | . | . | . | 26 | 2 | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| Gasselte | (1925a) | 40 | 2 | 18 | 14 | 9 | 1 | 1 | . | 2 | 10 | 1 | 2 | . | 19 | 3 | 15 | . | 2 | . | 1 | . | . | . |
| Zuid-Laren | (1926a) | 29 | 1 | 17 | 15 | 8 | . | . | . | 10 | 6 | . | . | . | 15 | 6 | 20 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| Stat. Vries Zuid-Laren | (1927b) | 19 | 3 | 10 | 14 | 3 | . | . | . | 2 | 2 | . | 2 | . | 19 | 6 | 36 | . | . | . | . | . | . | . |
| Weg Exlo-Brammershoop | (1928a) | 22 | . | 11 | 31 | 3 | . | . | . | 2 | 2 | 1 | 1 | . | 10 | 2 | 36 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| ,, | (1928b) | 19 | 1 | 5 | 40 | 2 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 16 | 4 | 25 | . | 3 | 3 | . | . | . | . |
| Frederiksoord | (1930) | 29 | 3 | 14 | 14 | 5 | . | . | . | 5 | 1 | 1 | 3 | . | 25 | 3 | 23 | . | 3 | . | . | . | . | . |
| Veenhuizen | (1931) | 24 | 1 | 7 | 22 | 5 | . | . | . | 5 | 6 | 3 | 2 | . | 14 | 7 | 25 | . | 3 | . | . | . | . | . |
| Oude Mirdumer Klif | (1933a) | 11 | 6 | 13 | 17 | 2 | . | . | . | 6 | 2 | . | 1 | . | 37 | 4 | 10 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| O. v. Emmen | (1937) | 15 | 1 | 15 | 20 | 2 | . | . | . | 6 | 1 | . | . | . | 46 | . | 9 | . | . | . | . | . | . | . |
| Wezep | (3202b) | 26 | 1 | 23 | 8 | 7 | . | 2 | . | 5 | 9 | . | 3 | . | 24 | 1 | 13 | . | 3 | . | . | . | . | . |
| Oldenzaal | (3273) | 29 | 3 | 24 | 29 | 6 | . | . | . | 4 | 5 | . | . | . | 15 | 7 | 7 | . | . | . | . | . | . | . |
| Wageningen | (3472) | 16 | 1 | 7 | 20 | 1 | 1 | 1 | . | 4 | 6 | . | . | . | 27 | 4 | 26 | . | 1 | 1 | . | . | . | . |
| N.O. v. 's-Heerenberg | (4081c) | 42 | . | 30 | 6 | 24 | . | . | . | 5 | 5 | 1 | . | . | 21 | 2 | 5 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| W. v. Zeddam | (4083e) | 30 | 2 | 21 | 6 | 4 | . | . | . | 9 | 3 | . | 1 | . | 26 | 11 | 15 | . | . | . | . | . | . | 2 |
| ,, | (4083f) | 24 | 1 | 29 | 23 | 5 | . | 1 | . | 5 | 2 | . | . | . | 17 | 3 | 14 | . | . | . | . | . | . | . |
| Stakenburg | ($4085b_1$) | 35 | 1 | 20 | 11 | 3 | . | . | . | 1 | 7 | . | . | . | 26 | 6 | 23 | . | 2 | . | . | . | . | . |
| ,, | ($4085b_2$) | 39 | 2 | 19 | 13 | 17 | . | . | . | 5 | 5 | . | 2 | . | 23 | 2 | 11 | . | 1 | . | . | . | . | . |
| ,, | (4085d) | 28 | 3 | 21 | 11 | 6 | . | . | . | 8 | 5 | 2 | 1 | . | 16 | 4 | 21 | . | 2 | . | . | . | . | . |

lijke doel dezer studie worden begonnen, nl. de mogelijke beantwoording van de vraag, hoe de lichte fracties zich ten opzichte van de naar voren gebrachte feiten en problemen gedragen. De resultaten van dit onderzoek geeft het volgende hoofdstuk.

HOOFDSTUK VI

# DE VERSPREIDING DER VELDSPATEN IN DE NEDERLANDSE ZANDEN

De studie van de lichte fractie heeft, mede door de moeilijkheden er aan verbonden, veel minder belangstelling gehad dan het onderzoek der zware mineralen. Toch heeft ons land ook op dit gebied een groot voorganger gekend. Het was Retgers, die in 1892 door zijn studie over het duinzand van Holland (158) de stoot trachtte te geven voor systematisch zandonderzoek. Zo belangrijk was zijn werk, dat in 1932 Boswell (25 blz. 20) het „the most remarkable and valuable contribution to the subject" noemt. De basis van de methode bij dit duinzandonderzoek gevolgd werd gelegd in 1885 toen Retgers een diepgaande studie maakte van de mineralogische samenstelling van de Krakatau-as. Speciale aandacht werd besteed aan de veldspaten, die hij op grond van hun verschil in soortelijk gewicht trachtte te scheiden, hetgeen hem dank zij zeer minutieuze arbeid ook gelukte. De bijzondere zorg aan dit onderzoek besteed rechtvaardigt enige uitweiding. De werkwijze was als volgt: een groot aantal uitgezochte zuivere veldspaten (totaal 2 gr), geheel vrij van insluitsels, werden gebracht in een joodkwikjoodkalium oplossing, welke een s.g. van 2,750 had. Door toevoeging van water werd het s.g. gebracht op 2,740; hierbij precipiteerden enige veldspaten, wier s.g. dus tussen 2,75 en 2,74 lag. Op dezelfde wijze werd het s.g. telkens met 0,01 verlaagd tot 2,54, waardoor de veldspaten in 21 groepen verdeeld werden, waarvan de zuiverheid optisch werd gecontroleerd. Het s.g. der scheidingsvloeistoffen werd nauwkeurig gecontroleerd en tot op 4 decimalen bepaald, waarbij, daar het onderzoek in de tropen plaats vond, rekening werd gehouden met de daar heersende gemiddelde temperatuur van 27°; hiervoor werd een correctie aangebracht. Ook bij het bepalen van het s.g. der veldspaten is de uitzetting dezer mineralen in acht genomen. De in handboeken vermelde soortelijke gewichten zijn immers bij 15° C bepaald. Tenslotte

werd ook het feit, dat de gebruikte vloeistof in de heersende vochtige atmosfeer water kon hebben aangetrokken, niet verwaarloosd.

In de reeds genoemde duinzandstudie wijst Retgers er op, dat reeds met het blote oog de verschillende componenten van de hoofdmassa der kwarts te onderscheiden zijn. Na geconstateerd te hebben, dat in oudere onderzoekingen systematische kwalitatieve zowel als kwantitatieve scheidingen achterwege bleven, deelt hij dan een vereenvoudigde methode mede, waarmee hij de scheiding volgens soortelijk gewicht heeft uitgevoerd.

Uitgaande van de onderstelling, dat alle soortelijke gewichten tussen 2,56 (orthoklaas) en 5,20 (magnetiet) vertegenwoordigd kunnen zijn, moest getracht worden, zo weinig mogelijk, doch scherp gescheiden groepen te verkrijgen. Met behulp van verschillende media kon hij het zand in 9 groepen verdelen. Hierbij werd voor de zeer zware mineralen gebruik gemaakt van gemakkelijk smeltbare zouten nl. een dubbelzout van zilvernitraat en thalliumnitraat (s.g. 5,0) De smelt werd ter verkrijging van lager s.g. verdund met water. Voor de s.g. van 3,0–3,2 werd de vloeistof van Thoulet gebruikt ($HgJ_2+KJ$), terwijl de voor de lagere groepen gebezigde scheidingsmiddelen niet nader worden genoemd, doch vermoedelijk wel met water verdunde joodkwik-joodkalium oplossingen zullen zijn geweest.

Tot de lichte fracties behoren de orthoklaas-groep (s.g. 2,5–2,6) en de kwarts-groep (s.g. 2,6–2,7). In de eerste groep bezinken de veldspaten plus kwarts en in de tweede hoofdzakelijk kwarts. Zuiver is deze scheiding geenszins, daar uit de chemische analyse (159 blz. 62) berekend wordt, dat de eerste groep 21,36 % orthoklaas en 78,64 % kwarts bevat, terwijl het optisch onderzoek de aanwezigheid van plagioklaas in de kwarts-groep aantoonde. De moeilijkheden van technische aard gepaard met de erkenning van het feit, dat een absolute scheiding op deze wijze toch niet werd verkregen, schakelde deze methode voor het onderhavige onderzoek, waarbij ruim honderd monsters geanalyseerd moesten worden, uit.

Ook de latere literatuur leverde geen nieuwe gezichtspunten. Wel wordt nog door Johannsen en Merid (102) een procedure aangegeven om de samenstellende delen te etsen met fluorwaterstof, welke bewerking later door Gabriel en Cox (72) verder wordt uitgebreid met een kleurreactie, doch ook deze werkmethode vereiste enerzijds te speciale voorzorgen, terwijl anderzijds het macroscopisch beeld van het zand te zeer werd beinvloed.

Geen enkel onderzoek in deze richting wordt verder gememoreerd

of beschreven en de algemene opvatting over de mogelijkheden, die de studie der lichte fractie biedt, typeert in 1932 de uitspraak van Solomon (178): „The heavy mineral assemblages alone have been subjected to close study; for the lighter constituents do not provide a sufficient variety of minerals to yield any criteria of stratigraphical importance; quarz and feldspars are ubiquitous and that is about all that can be said".

De resultaten van het onderhavige onderzoek wijzen echter in een andere richting. Niet alleen microscopisch doch in bepaalde gevallen ook macroscopisch is de lichte fractie van even grote, ja zelfs grotere waarde voor de stratigrafie dan de zware fractie. Daarbij was in de eerste plaats van belang een methode te vinden, die het mogelijk maakte, een zand naar zijn lichte componenten te determineren. Na aanvankelijk pogingen in het werk gesteld te hebben het beoogde doel te bereiken door scheiding naar soortelijk gewicht, zowel als door kleuring, hierbij de determinatie der korrels alleen langs microscopische weg beproevend, werd besloten de eenvoudigste weg te kiezen nl. de bestudering in droge toestand met loupe-vergroting (7 ×). Inderdaad bleek het praktisch mogelijk op deze wijze een kwantitatief inzicht te krijgen in de samenstelling der lichte fractie. Een beschrijving der methodiek, aangevuld door een bespreking van de wetenschappelijke basis voor de determinatie der veldspaten volge.

*Methode van onderzoek*

Van de lichte fractie, verkregen als op blz. 43 beschreven, wordt een gedeelte onder een binoculair-microscoop (vergr. 7 ×) gebracht. Uit het zand worden dan eerst, volkomen willekeurig, met behulp van een prepareernaald 100 korrels geselecteerd. Duidelijk zijn hierbij met de genoemde vergroting de gewone kwartskorrels te onderscheiden van andere aan de opbouw van het sediment deelhebbende onderdelen. De eerste scheiding wordt nu gemaakt in „niet karakteristieke kwarts" en „karakteristieke korrels". Speciaal wordt gezegd „niet karakteristieke *kwarts*" omdat de gekleurde kwartskorrels tot de karakteristieke groep worden gerekend. Echter bleek ook in de eerste groep nog een onderverdeling mogelijk, nl. in ondoorzichtige grauw-witte korrels en in waterheldere kwartskorrels.

Nadat eerst honderd korrels op deze wijze waren geteld en verdeeld, werden alleen nog karakteristieke korrels bijeen gebracht tot eveneens het getal 100 bereikt was. De aard van deze karakteristieke componenten werd dan bepaald voor zover mogelijk met het

blote oog, aangevuld met de microscopische determinatie. Macroscopisch konden de volgende fragmenten gewoonlijk zonder meer worden geclassificeerd: glimmers, glaukoniet, scapoliet, gekleurde kwarts gesteente-resten en schiefers. Zoals uit deze opsomming blijkt, werd ook aan andere componenten dan kwarts en veldspaat aandacht geschonken. De stratigrafische betekenis van de beide laatste der genoemde reeks zou waardevol blijken te zijn. De veldspaten konden zelden alleen met de vergroting 7× worden bepaald, terwijl het onderscheid met witte kwarts niet altijd duidelijk was. Hiervoor werd dan ook de gebruikelijke microscopische methode van onderzoek toegepast. De niet macroscopisch te bepalen bestanddelen worden daartoe gezamelijk in een inbettingsvloeistof gebracht met een brekingsindex 1,54, dus gelijk aan die van kwarts ($\omega$=1,54). Hierbij maakt men in de eerste plaats gebruik van het feit, dat de indices van de meest voorkomende, tot de zure plagioklazen behorende veldspaten zowel als van de beide kali-veldspaten, orthoklaas en mikroklien, lager liggen dan 1,54, hetgeen uit onderstaande tabel, ontleend aan Niggli (135 blz. 248) blijkt.

De tussenproducten van de volkomen idiomorfe reeks, welke binnen

TABEL XIII

ENKELE OPTISCHE GEGEVENS DER VELDSPATEN

| | Mol.-% Anorthiet | $n_\alpha$ | $n_\beta$ | $n_\gamma$ | $2V_\gamma$ | Optisch teeken |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albiet | 0,4 | 1,52825 | 1,53245 | 1,53872 | 78°32′ | + |
| Albiet | 0,5 | 1,52825 | 1,53233 | 1,53684 | 77°18′ | + |
| Oligoklaasalbiet | 13 | 1,5341 | 1,5381 | 1,5431 | 85°5′ | + |
| Oligoklaas | 20 | 1,5388 | 1,5428 | 1,5463 | 94° | — |
| Oligoklaas | 25 | 1,5417 | 1,5458 | 1,5490 | 99° | — |
| Andesien | 37 | — | — | — | 90° | neutraal |
| Labrador | 52 | 1,5553 | 1,5583 | 1,5632 | 75° | + |
| Labrador | 56 | 1,5561 | 1,5589 | 1,5637 | 75° | + |
| Labrador | 63 | | | | 82° | + |
| Bytowniet | 75 | 1,564 | 1,569 | 1,573 | 94° | — |
| Anorthiet | ±100 | 1,57556 | 1,8348 | 1,58849 | 103,5° | — |
| Orthoklaas | — | 1,5190 | 1,5237 | 1,5260 | 111° | — |
| Mikroklien | — | 1,522 | 1,526 | 1,529 | 92° | — |

de grenzen Na-veldspaat en Ca-veldspaat, van $Ab_{100}An_0$–$Ab_0An_{100}$, bestaat, kunnen meestal op grond van hun specifieke optische en physische eigenschappen worden bepaald. Hierbij speelt behalve de brekingsindex, vergeleken met die van kwarts, de uitdovingshoek ten opzichte van bepaalde sneden een grote rol. Treedt tweelingstructuur op dan kan de menging met behulp van de door verscheidene onderzoekers geconstrueerde diagrammen, b.v. die van Niggli (135 blz. 250) gewoonlijk nauwkeurig worden bepaald. Vooral bij de frisse mineraalfragmenten kan van deze methode, hetzij door het optreden van lamellering, hetzij door een duidelijk waarneembare splijtrichting, gebruik gemaakt worden.

Orthoklaas en mikroklien, welker indices zeer dicht bij elkaar liggen, konden meestal worden onderscheiden, doordat laatstgenoemd mineraal vrijwel altijd zijn schitterende traliestructuur, tengevolge van een gecombineerde tweelingvergroeiing, volgens de albiet- en de periklienwet, dus zowel naar (010) als naar [010], vertoont. Verder behoort mikrolien tot het trikliene kristalstelsel en vertoont // P een uitdovingshoek van +15°, terwijl de monokliene orthoklaas op deze snede recht uitdooft (zie o.a. Chudoba (38)). Een splijtstuk // M geeft voor beide veldspaten een gelijke uitdoving van +5°. In tegenstelling tot de isomorfe albiet-anorthiet-reeks bestaan tussen anorthiet en orthoklaas in het geheel geen mengkristallen, al kan eerstgenoemd mineraal enig K en laatstgenoemd enig Ca bevatten.

Tussen de Na-veldspaten enerzijds en de K-veldspaten anderzijds bestaat theoretisch wel de mogelijkheid van het optreden van mengkristallen, die tot vorming van de reeks K-albiet – anorthoklaas – Na-orthoklaas of Na-mikrolien aanleiding geeft. Doelter (58) geeft analysecijfers van alle stadia dezer reeks, waarbij ook bijmenging met anorthiet naar voren komt. Hij wijst er op, dat tussen de grensmengkristallen 72 : 28 en 12 : 88 in de verhouding $KAlSi_3O_8$: $NaAlSi_3O_8$ op grond van het verloop der smeltcurve een eventuele gaping in de reeks, zo zij al bestaat, veel kleiner is dan algemeen wordt aangenomen.

Mügge (132) zegt hieromtrent echter, dat de grenzen tot welke menging mogelijk is, met de temperatuur wisselen en dat de algemeen voorkomende veldspaten ontmengingsproducten zijn van bij veel hoger temperatuur gevormde mineralen.

Winchell (209) stelt zich op het standpunt, dat orthoklaas en albiet in alle verhoudingen als mengkristallen in gesteenten kunnen voorkomen, dat echter albiet ook zeer vaak naast orthoklaas uitkristal-

liseert, waarbij ontmengingsverschijnselen, zoals perthietische vergroeiing, optreden. Een en ander wijst in de richting, dat bovenbedoelde mengkristallen alleen bij hoge temperatuur stabiel zijn.

Ter verduidelijking van het medegedeelde diene onderstaand ternair diagram.

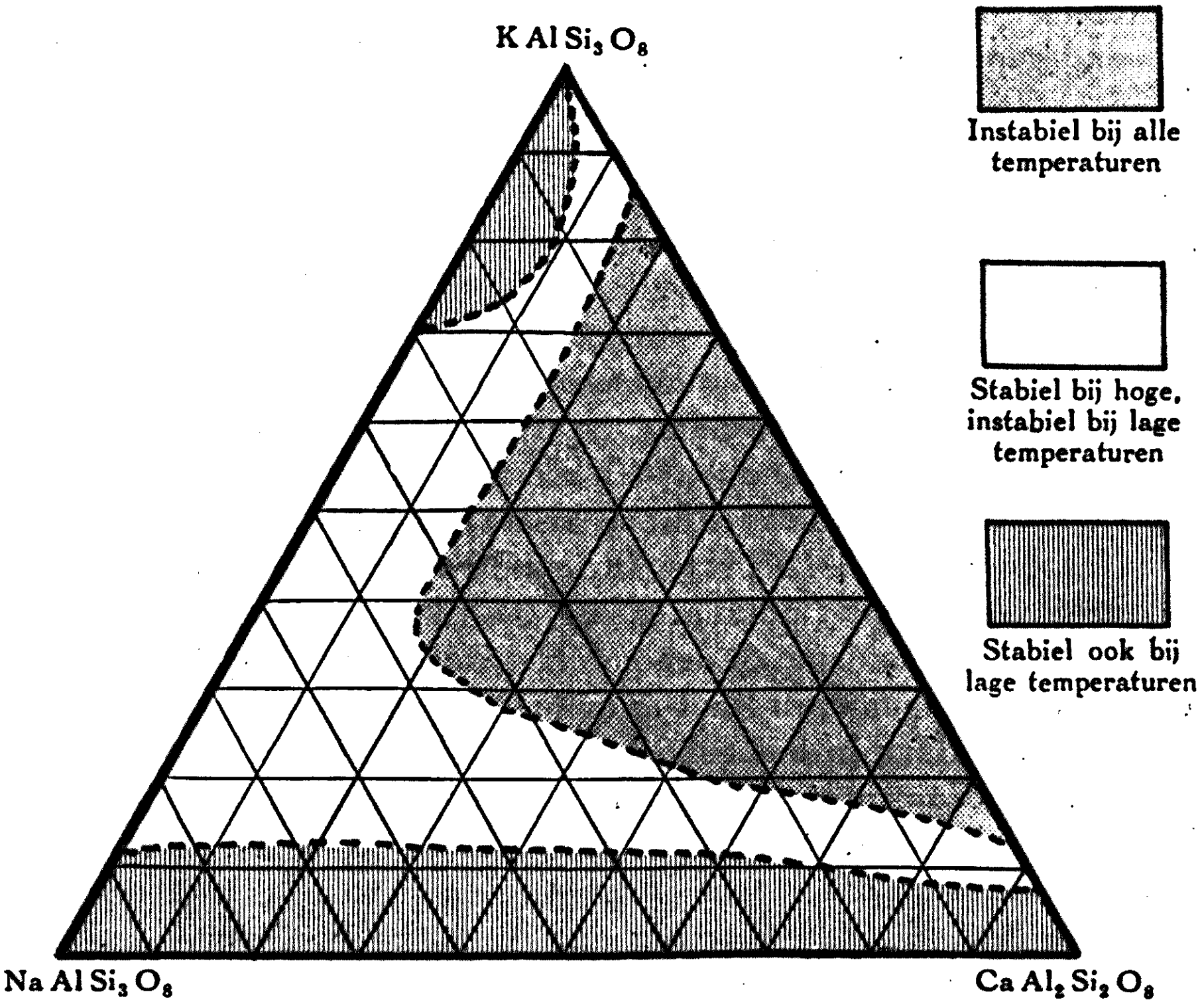



FIG. 6. Variatie in de samenstelling der veldspaten (Winchell blz. 319).

Van de reeds besproken optische eigenschappen zijn de assenhoek en het optisch teken bij het routine-onderzoek van korrelpreparaten voor de determinatie van weinig betekenis, zodat als voornaamste herkenningsmiddel de brekingsindex overblijft. Hierbij gelukt het de zure plagioklazen te onderscheiden van de meer basische, zowel als van orthoklaas. Bij gunstige orientering der korrels kan in het laatste geval ook het bepalen van het teken soms mogelijk zijn en aan de determinatie steun verlenen.

Het resultaat der op de omschreven wijze en met behulp van bovenstaande gegevens onderzochte gronden is in de volgende bladzijden neergelegd.

*Bespreking der resultaten*

Tabel XIV bevat de gegevens, die het onderzoek der lichte fractie van een aantal midden- en hoogterras-monsters, naast die van enkele oudere sedimenten, opleverde. We zien hieruit, dat ieder dezer tot een bepaalde sedimentatie groep behorende afzettingen een eigen karakteristiek heeft. Waar blijkens het zware-fractie onderzoek een bijna zuivere $B_{Limburg}$-associatie aanwezig is (Bosch van Imsterrade, Lichtenberg grof en dgO, W. van Schaarsberg enz.) bereikt het orthoklaasgehalte zeer hoge waarden, zodat vaak meer dan 50% van de karakteristieke korrels uit dit mineraal bestaan, waarbij het dgO zich nog van het mioceen onderscheidt door een merkbare hoeveelheid witte albiet. Een uitzondering maakt het fijne materiaal van Lichtenberg. Onder de 87% gesteenteresten, — op de betekenis van dit begrip wordt nader teruggekomen — spelen hier fragmenten van zacht wit kiezelgesteente, overeenkomend met de patina van vuursteen, een overheersende rol. We hebben dus zeker ander materiaal dan dat van het grovere zand en het dgO, waar orthoklaas domineert en de patina-stukjes geheel ontbreken. Het zou mogelijk geweest zijn op grond van dit onderscheid de $B_{Limburg}$-assosiatie in twee categorieën te splitsen. Het is echter gebleken, dat het patina-houdend type in het Nederlandse Kwartair in het geheel geen rol speelt, zodat het gerechtvaardigd leek aan deze laatstgenoemde $B_{Limburg}$-associatie geen bijzondere aandacht te besteden.

Het aspect der zanden verandert in de betrekkelijk zeldzame gevallen, dat het hoogterras niet meer in zuivere samenstelling aanwezig is, doch meer of minder sterk vermengd is met materiaal van de $B_{Elsloo}$-groep, die overigens het middenterras karakteriseert. Het gehalte aan veldspaat neemt sterk af en een nieuwe component, de phyllitische schiefer, vult een grote plaats. In verband met de belangrijkheid van deze component is hiervoor een aparte kolom in de tabel ingelast. Het optreden van deze schiefers in de zanden van het middenterras is zo opvallend, dat buiten op het terrein het materiaal van dit middenterras met het ongewapende oog van dat van het hoogterras kon worden onderscheiden, resp. dat vermenging kon worden geconstateerd. Dit feit zal ongetwijfeld van direct nut voor den karterenden geoloog of geograaf blijken te zijn. Een vergelijking tussen de waarneming der lichte fractie en die der zware toont onmiddellijk aan, dat deze schiefer een onfeilbaar determinatiemiddel is voor de middenterras-zanden van de Maas. De telkens optredende percentages glaukoniet wijzen op vermenging met tertiair materiaal.

| Vindplaats | | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glauconiet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bosch v. Imstenrade | (mioceen) | 93 | 21 | . | . | . | . | 57 | . | 3 | . | 4 | . | 19 | 17 | . |
| ,, | (leemlens) | 90 | 28 | . | . | . | . | 8 | . | . | 1 | . | . | 16 | 73 | 2 |
| ,, | (hoogterras) | 74 | 14 | . | . | . | . | 26 | . | . | . | . | . | 14 | 57 | 3 |
| *Lichtenberg | (grof) | 53 | 9 | 11 | . | . | . | 50 | . | . | 1 | . | . | 4 | 34 | . |
| ,, | (fijn) | 93 | 37 | 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 9 | 87 | . |
| ,, | (dgO) | 81 | 14 | 10 | . | . | . | 49 | . | . | . | . | . | 15 | 26 | . |
| ,, | (loodzand) | 78 | 17 | 8 | . | . | . | 38 | . | . | 1 | . | . | 25 | 28 | . |
| *Kosberg | (hoogterras) | 63 | 17 | . | . | . | . | 14 | . | . | . | . | . | . | 74 | 12 |
| ,, | (hoogterras) | 78 | 36 | . | . | . | . | 16 | . | . | . | . | . | 28 | 52 | 4 |
| ,, | (loodzand) | 80 | 14 | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | . | 72 | 22 | . |
| *O. v. Simpelveld | (hoogterras) | 41 | 11 | 2 | . | . | . | 7 | . | 1 | 1 | . | . | . | 66 | 23 |
| Simpelveld | (hoogterras) | 62 | 23 | . | . | . | . | 7 | 3 | . | . | 9 | . | 16 | 53 | 12 |
| ,, | (hoogterras) | 57 | 24 | . | . | . | . | 18 | . | . | 1 | 17 | . | 13 | 34 | 17 |
| *W. v. Schaesberg | (hoogterras) | 54 | 15 | 4 | . | . | . | 26 | . | 1 | . | . | . | 2 | 67 | . |
| *Molenberg bij Beek | (hoogterras) | 90 | 36 | . | . | . | . | 14 | . | . | 1 | . | . | 2 | 83 | . |
| *Corisberg | (hoogterras) | 85 | 23 | . | . | . | . | 12 | . | . | . | . | . | 6 | 77 | 5 |
| ,, | (1e zandlens) | 94 | 24 | . | . | . | . | 4 | . | . | . | 3 | . | 38 | 33 | 22 |
| ,, | (2e zandlens) | 94 | 32 | . | . | . | . | 4 | . | . | . | 11 | . | 16 | 43 | 26 |
| ,, | (hoogterras) | 70 | 17 | . | . | . | . | 13 | . | . | 1 | 14 | . | 10 | 62 | 8 |
| *Oirsbeek | (hoogterras) | 58 | . | . | . | . | . | 12 | . | . | . | . | . | . | 88 | . |
| Platte Bosch | (hoogterras) | 55 | 21 | . | . | . | . | 13 | . | . | 1 | 9 | . | 6 | 34 | 37 |
| Elzet | (hoogterras fijn) | 67 | 14 | . | . | . | . | 11 | . | . | . | 20 | . | 17 | 41 | 11 |
| ,, | (hoogterras grof) | 60 | 18 | . | . | . | . | 4 | . | . | . | . | . | 10 | 59 | 27 |
| Cadier en Keer | (hoogterras) | 34 | 1 | . | . | . | . | 4 | . | . | 3 | 2 | . | 5 | 42 | 44 |
| Bemelen | (hoogterras) | 70 | 8 | . | . | . | . | 6 | . | . | 1 | 4 | . | 13 | 47 | 29 |
| Vulland | (hoogterras | 54 | 23 | . | . | . | . | 10 | . | 3 | . | . | . | 13 | 65 | 9 |
| Vink | (hoogterras) | 89 | 14 | . | . | . | . | 8 | . | . | . | 10 | . | 17 | 62 | 3 |
| *Maalbeek | (hoogterras) | 63 | 6 | 22 | . | . | . | 11 | . | . | 1 | . | . | 5 | 52 | 9 |
| *Belfelt | (hoogterras) | 53 | 1 | 28 | . | . | . | 6 | . | . | 1 | . | . | 3 | 61 | 1 |
| * ,, | (kiezeloölithzand) | 66 | 21 | 10 | . | . | . | 5 | . | 1 | . | . | . | . | 80 | 4 |
| *Bracht | (dekzand) | 66 | 14 | 13 | . | . | . | 14 | . | . | . | . | . | 3 | 68 | 2 |
| * ,, | (zand onder klei) | 58 | 4 | 3 | . | . | . | 12 | . | 1 | . | . | . | 6 | 77 | 1 |
| *Rothem | (middenterras) | 43 | 4 | . | . | . | . | 2 | . | . | 1 | . | . | . | 31 | 66 |
| *Caberg | (middenterras) | 36 | 2 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | 1 | . | . | . | 39 | 57 |
| *Elsloo | (middenterras) | 56 | 2 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | 2 | . | . | . | 27 | 68 |
| *Stollenberg | diepte 1 m | 76 | 12 | 10 | 1 | . | . | 18 | 2 | . | 1 | . | . | 4 | 57 | 7 |
| * ,, | diepte 52 m | 72 | 4 | . | . | . | . | 19 | 1 | 1 | 1 | . | . | 12 | 66 | . |
| *Etten | diepte 93,5–97 m | 72 | 14 | 4 | 1 | . | . | 13 | . | . | . | . | . | 7 | 73 | 2 |
| *Westerhoven | (grof zand) | 62 | 6 | 13 | 1 | 3 | . | 7 | . | . | 1 | . | . | 10 | 62 | 3 |

De met een * gemerkte monsters zijn uit de collectie Edelman afkomstig.

Eveneens een bijzondere betekenis heeft het optreden van albiet in de monsters van Maalbeek, Belfelt en Bracht. Blijkens de associatie der zware mineralen is een duidelijke invloed der $B_{Saussuriet}$-provincie merkbaar.

Deze komt in de lichte fractie tot uiting in de aanwezigheid van enkele Rijn-schiefers welke zich door hun typisch grauwe kleur onderscheiden van de lichtere, soms ook paars-violet gekleurde aangevoerde schiefers, die tot het Ardennen-materiaal moeten worden gerekend. Ook de gesteenteresten bevatten een opvallende component en wel rood of zwart gekleurde, tot de groep der Radiolarieten behorende fragmenten. Dat deze tot het diluviale Rijn-materiaal behoren bewijst het feit, dat ze onder de gesteenteresten van het monster van Westerhoven een overheersende rol spelen.

De middenterras-monsters van Rothem, Caberg en Elsloo nemen wel een zeer aparte plaats in. De Ardennen-schiefer komt hier in zodanige hoeveelheid voor, dat zelfs het mineraal kwarts op de achtergrond treedt; aan deze bijzonderheid hebben de zanden hun typisch, macroscopisch herkenbaar uiterlijk te danken.

De monsters van Stollenberg en Etten demonstreren hoe met behulp van de lichte fractie een duidelijk beeld der menging verkregen kan worden. Immers wijzen de cijfers der zware mineralen op een zwakke menging van de A- en $B_{Saussuriet}$-groep enerzijds, met de $B_{Limburg}$-associatie anderzijds. De lichte fractie, die de opbouw van het sediment bepaalt, toont echter een zeer sterke invloed der laatstgenoemde provincie. De A- en $B_{Saussuriet}$-associaties kunnen niet aansprakelijk gesteld worden voor de duidelijke aanwezigheid van orthoklaas; beide bevatten slechts betrekkelijk geringe hoeveelheden van dit mineraal, hetgeen door de samenstelling van het monster van Westerhoven voor de $B_{Saussuriet}$-groep reeds bewezen werd. Dat ook in de noordelijke provincies orthoklaas op de achtergrond treedt, zal later worden aangetoond.

Nu volgt een bespreking van het reeds in het vorige hoofdstuk aangeroerde probleem der jongere Maas-afzettingen. Op blz. 51 werd vooruitgelopen op de waarneming, dat ook in de lichte fractie een opvallend verschil bestond tussen de zanden ten Noorden van Roermond en die ten Zuiden van deze plaats. Achterstaande tabel is wel een zeer sprekend bewijs voor deze waarneming, terwijl de foto naast blz. 68 het reeds macroscopisch herkenbaar onderscheid ten volle demonstreert.

Dat ook in de recente, tot de $B_{Eysden}$-groep behorende zanden

TABEL XV

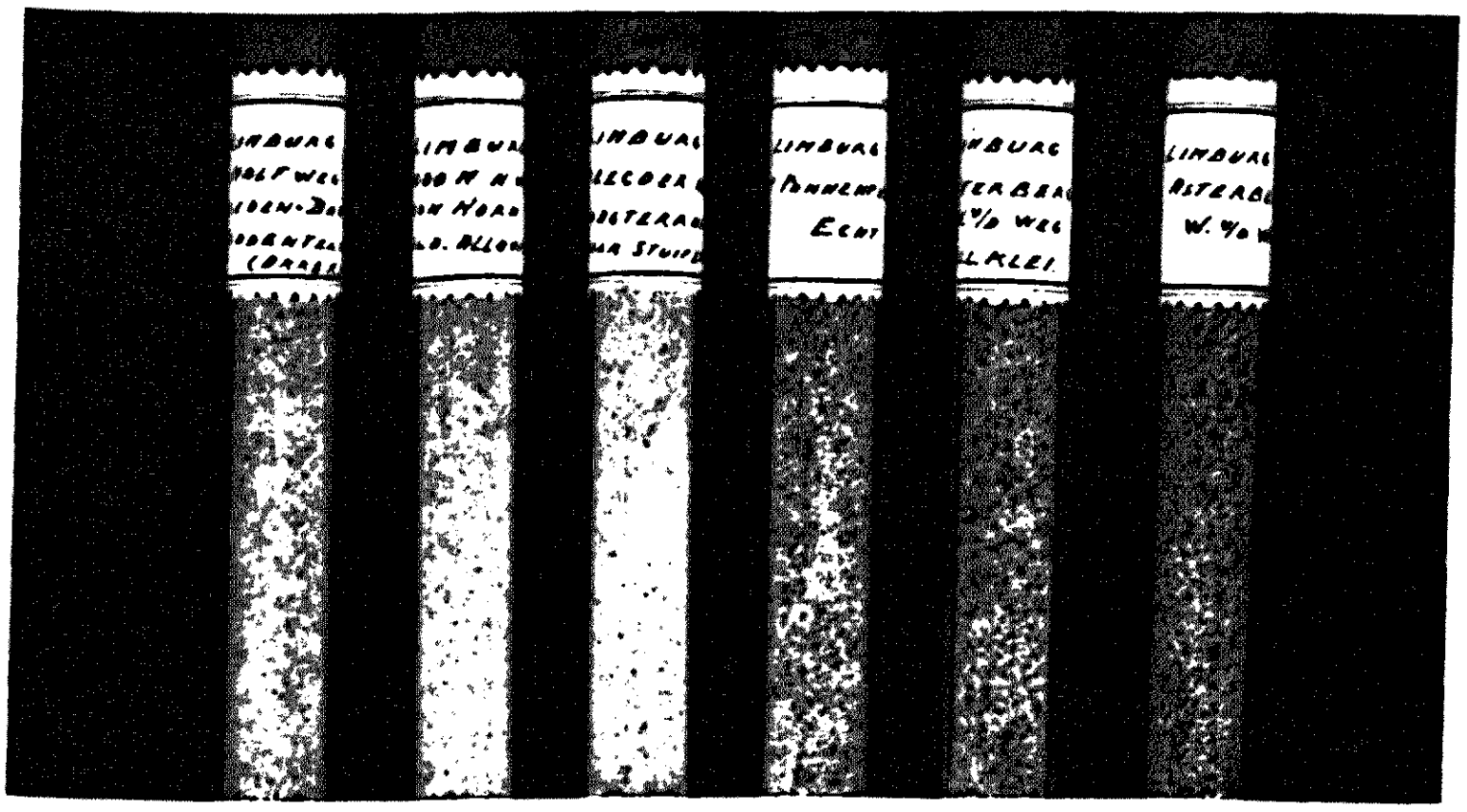
GEHALTE AAN SCHIEFER IN % DER KARAKTERISTIEKE KORRELS

| Zuidelijk van Roermond: | | | Noordelijk van Roermond: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 200 m N.W. Sluisput Born | laagterras | 23 | Herten | alluvium | 4 |
| Idem | alluvium | 16 | Oude Beemd | „ | 3 |
| Kasteel Born | „ | 30 | Beegder Heide | laagterras | 1 |
| 500 m N. v. Illikshoven. | „ | 23 | Idem | stuifzand | 1 |
| 1000 m N. v. Illikshoven. | laagterras | 24 | 1000 m N.W. v. Horn | alluvium | – |
| Idem | alluvium | 28 | 1500 m N. v. Horn | stuifzand | – |
| 1000 m W. v. Roosteren | laagterras | 21 | N. v. Haelen | alluvium | – |
| Idem | alluvium | 26 | N.O. v. Neer km 57 | laagterras | 1 |
| Asterberg, O. v. d. weg | laagterras | 23 | Weg Helden-Baarlo | midden-terras | – |
| Idem | alluvium | 25 | Roode Beek | laagterras | 1 |
| Asterberg W. v. d. weg | laagterras | 25 | De Hamer | „ | – |
| Idem | alluvium | 19 | De Looy | recente Maasklei | – |
| Echt, 1é pannenfabriek | laagterras | 21 | Idem | alluvium | – |
| Idem | alluvium | 23 | | | |
| 400 m N. Kruispunt Maasbracht | „ | 22 | | | |

naast het mineraal chloritoid der zware fractie als typisch zuidelijk element in de lichte fractie de schiefer overheerst, bewijst tabel XVI. Het onderscheid tussen deze provincie en de reeds besproken BElsloo-groep is niet bijzonder opvallend en zou zonder kennis der zware mineralen bezwaarlijk gaan.

Macroscopisch kunnen deze beide materialen dus tezamen tegenover andere zanden worden gesteld. De oorzaken van het enorme verschil in samenstelling tussen het hoogterras, waar het schieferzand slechts plaatselijk voorkomt, en het middenterras enerzijds, en het in de zware fractie aangetoonde verschil tussen middenterras en jongere afzettingen anderzijds, moeten gelegen zijn in de morphologische ontwikkeling van het stroomgebied van de Maas bezuiden ons land. Men mag van voortzetting van het onderzoek aan Belgisch materiaal verwachten, dat deze wordingsgeschiedenis uit de petrologische evolutie ongedwongen zal kunnen worden afgelezen. Het lag evenwel niet in de lijn van het onderhavige onderzoek de opvallende petrologische consequenties van deze wordingsgeschiedenis in België te gaan vervolgen.

Beschouwen we thans de zanden van Midden-Nederland (tab. XVII). We zien hierbij, dat in de reeks der veldspaten orthoklaas



Afb. 1. Macroscopisch beeld van enkele gereinigde zanden noordelijk en zuidelijk van Roermond.

TABEL XVI RECENTE MAAS-ZANDEN

| Vindplaats | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteente resten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kilometerpaal 2 | 25 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 42 | 57 |
| „ 7 | 24 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 46 | 52 |
| „ 12 | 39 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 6 | 41 | 53 |
| „ 17 | 36 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 38 | 62 |
| „ 22 | 46 | 4 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | 4 | 36 | 59 |
| „ 27 | 40 | 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 52 | 46 |
| „ 32 | 38 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 4 | 46 | 50 |
| „ 37 | 36 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 54 | 45 |
| „ 42 | 54 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | 4 | . | 5 | 46 | 45 |
| „ 47 | 37 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 8 | 42 | 49 |
| „ 52 | 58 | 7 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 2 | 45 | 52 |
| „ 57 | 54 | 6 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 49 | 49 |
| „ 62 | 38 | 13 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | 8 | 49 | 41 |

overheerst, plagioklaas de tweede plaats inneemt, terwijl mikroklien sporadisch vertegenwoordigd is. Uit de resultaten van het zwarefractie onderzoek volgt, dat de invloed der $B_{Limburg}$-groep als vaststaand kan worden aangenomen. We moeten dus ook hier weer een hoofdzakelijk zuidelijke aanvoer voor de aanwezigheid van de kaliveldspaat verantwoordelijk stellen. Enkele uitzonderingen dienen echter nader belicht te worden. Zo is de ophoping van orthoklaas bij het monster van de Keyenberg niet zonder meer te verklaren; de invloed der $B_{Limburg}$-provincie is, volgens de analyse der zware mineralen, gering, daarentegen die der noordelijke A-groep overheersend. Nu volgt uit de nog te bespreken analysen der zanden van noordelijke herkomst, dat naast veldspaatarme ook veldspaatrijkere zanden aangevoerd zijn, zij het ook in geringere hoeveelheid. We kunnen bij het onderhavige monster nu vermoedelijk de menging waarnemen van zuidelijke met noordelijke orthoklaas. Het hoge gehalte aan kali-veldspaat in het praeglaciale monster van de Blaricumse heide loopt parallel met het optreden der metamorfe mineraalgroep; het optreden van glaukoniet wijst op bijmenging van tertiair materiaal.

Hoewel de samenstelling der recente Rijn-zanden (tab. XVIII) geen bijzonder karakter schijnt te hebben, moet hier de aandacht op

TABEL XVII MIDDEN-NEDERLAND

| Vindplaats | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteentenresten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wageningen (Harnjesweg) | 86 | 3 | 4 | . | . | . | 23 | 3 | 2 | . | . | . | 11 | 55 | 2 |
| „ (Nol i/h Bosch) | 78 | 3 | 3 | 1 | . | . | 22 | 3 | 2 | . | . | . | 36 | 33 | . |
| Bennekom (Hullenberg) | 75 | 27 | 7 | 1 | . | . | 16 | 1 | . | . | . | . | 17 | 58 | . |
| Renkum (Keyenberg) | 86 | 21 | 6 | 1 | . | . | 32 | . | . | . | . | . | 15 | 46 | . |
| „ (Z.O. Kwade Oord) | 89 | 4 | 4 | . | . | . | 23 | . | . | . | . | . | 19 | 52 | 2 |
| Hoog-Wolfheeze | 79 | 21 | 13 | 1 | . | . | 18 | 4 | . | . | . | . | 8 | 55 | 1 |
| *Ede (Paaschberg) | 78 | 14 | 12 | 9 | . | . | 20 | 2 | . | . | . | . | 13 | 44 | . |
| *Meulunteren | 85 | 13 | 3 | 1 | . | . | 14 | 1 | . | . | . | . | 9 | 66 | 6 |
| *Needе | 57 | 4 | 10 | 2 | 1 | . | 14 | 2 | . | . | 1 | . | 5 | 65 | . |
| *Markeloo (keileem) | 78 | 12 | 3 | 1 | . | . | 17 | 4 | . | . | 23 | . | 21 | 31 | . |
| *Blaricumsche Heide | 72 | 8 | 11 | . | . | . | 17 | 1 | 1 | . | 2 | . | 15 | 50 | 3 |
| *Urk (diepte 46,78–49,31 m) | 75 | 16 | 12 | 1 | . | . | 8 | 1 | 1 | . | . | . | 28 | 48 | 1 |
| * „ (diepte 87,63–99,37 m) | 83 | 22 | 6 | . | . | . | 8 | . | 3 | 1 | . | . | 11 | 70 | 1 |

een in de tabel niet tot uiting komend feit gevestigd worden. De onder de groep gesteenten samengevatte bestanddelen zijn zeer opvallend van kleurschakering; vooral rode en gele kiezelgesteenten komen hier vaak voor. Ook de duidelijk gekleurde kwartskorrels geven aan deze tot de $B_{Lobith}$-groep behorende zanden een apart beeld. De schiefers wijzen op de invloed der $B_{Saussuriet}$-provincie, zoals ook de zware fractie aangeeft. In samenstelling op deze associatie gelijkend, is het macroscopisch aanzicht toch een geheel ander. Uit de beschrijving van het uiterlijk der verschillende karakteristieke zanden zal dit duidelijk kunnen worden geconstateerd (zie blz. 78).

Begeven we ons naar het Noorden dan treedt een grote verandering op. Was tot nu toe de betekenis van mikrolien minimaal, bij de in tabel XIX gegeven samenstellingen is dit mineraal vaak een essentieel bestanddeel. Dit is toe te schrijven aan een provincie, die in de zuidelijke delen van ons land geen invloed heeft, de $B_{Scheemda}$-groep. De meest typische vertegenwoordiger hiervan is wel het monster van Scheemda (diepte 76,30 m), waar een gehalte van 34 % der karakteristieke korrels bereikt werd. En weer is de correlatie tussen zware en lichte fractie haast volkomen, immers overal, waar de invloed dezer Scheemda-associatie, door het optreden van het tot de metaforme mineraalgroep behorende mineraal sillimaniet,

TABEL XVIII RECENTE RIJN-ZANDEN

| Vindplaats | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Neder-Rijn kmp 10 | 78 | 9 | 13 | . | . | . | 3 | 4 | . | 2 | . | . | 14 | 59 | 5 |
| „ „ 20 | 73 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 22 | 59 | 18 |
| „ „ 30 | 81 | 4 | 9 | . | . | . | 4 | . | . | . | . | . | 12 | 68 | 7 |
| „ „ 40 | 83 | 8 | 4 | 5 | . | . | 5 | 2 | . | . | . | . | 14 | 59 | 11 |
| „ „ 50 | 90 | 5 | 13 | . | . | . | 3 | 1 | . | . | . | . | 15 | 62 | 6 |
| „ „ 60 | 83 | 10 | 2 | . | . | . | 4 | 3 | . | . | . | . | 31 | 54 | 6 |
| „ „ 70 | 79 | 4 | 2 | 2 | . | . | 4 | 4 | . | . | . | . | 21 | 59 | 8 |

wordt verraden, treedt ook mikroklien in grotere of kleinere hoeveelheden op. De consequentie van dit samengaan is het aanvaarden van mikroklien als essentieel bestanddeel van *zuidelijk* materiaal.

We komen hiermede op het terrein van een oude strijdvraag. Retgers stelde zich in zijn reeds genoemde duinzand studie (158) op het standpunt, dat orthoklaas en mikroklien als typisch noordelijk moeten worden opgevat. In een later over dit onderwerp gepubliceerd opstel (159) wordt deze opvatting herhaald door de uitspraak, dat onze strandzanden niet uit Rijn-, Maas- of Schelde-materiaal zijn opgebouwd, doch dat genoemde mineralen de noordelijke herkomst der strandafzettingen bewijzen. Nu is deze stelling door het onderzoek van Edelman (62) achterhaald, daar laatstgenoemde onderzoeker aantoont, dat naast de A-provincie ook de zuidelijke $B_{Scheemda}$- en $B_{Saussuriet}$-groepen vaak in rijke mate vertegenwoordigd zijn, terwijl ook met de invloed der $B_{Limburg}$-associatie rekening gehouden moet worden. De zanden zijn dus zeker niet zuiver noordelijk, doch een product van intensieve menging van noordelijk met soms overwegend zuidelijk materiaal.

Ook Lorié (119) meende aanvankelijk mikroklien als typisch noordelijk te moeten beschouwen. In 1902 (120) herziet hij echter deze opvatting en wijst er op, dat bij een boring te de Biet dit mineraal in tegenstelling met granietkeitjes eerst in diepere lagen beneden 58 m –A.P. optreedt.

In 1915 bestrijdt Tesch (190) deze laatste uitspraak, acht althans een noordelijke herkomst meer plausibel, hierbij wijzend op het Skan-

| Vindplaats | | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glauconiet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteentenresten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Houkes | (keileem) | 85 | 45 | 31 | 3 | 3 | . | 8 | . | 1 | . | . | 3 | 15 | 36 | . |
| *Schoorl | (diepte 299 m) | 70 | 12 | 7 | . | 2 | 1 | 4 | . | 1 | . | . | . | 2 | 83 | . |
| *Texel, Den Hoorn | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (diepte 2,05–1,15 m) | 75 | 21 | 32 | . | . | . | 8 | 2 | 1 | . | . | . | 16 | 41 | . |
| „ | (diepte 76,72–78,02 m) | 85 | 27 | 8 | . | . | . | 7 | 1 | 11 | . | . | . | 20 | 53 | . |
| „ | (diepte 156,72–168,21 m) | 72 | 24 | 10 | . | . | . | 6 | 3 | 17 | . | . | . | 30 | 34 | . |
| *Terschelling | (diepte 0–2,5 m) | 83 | 17 | 6 | 1 | . | . | 3 | 4 | 1 | . | . | . | 27 | 58 | . |
| * „ | (diepte 46–46,50 m) | 73 | 12 | 8 | 3 | . | . | 12 | 2 | . | 3 | . | . | 16 | 54 | 2 |
| *Heerenveen | (diepte 4,6–7 m) | 75 | 6 | 8 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | 12 | 77 | . |
| * „ | (diepte 57–58,50 m) | 84 | 27 | 13 | . | . | . | 7 | . | 1 | . | . | . | 30 | 48 | 1 |
| *Noord Laren | (diepte 2–4 m) | 80 | 25 | 23 | 4 | 3 | 1 | 14 | 2 | 3 | 1 | . | . | 14 | 35 | . |
| * „ „ | (diepte 225 m) | 75 | 9 | 18 | . | 1 | . | 43 | . | 7 | 1 | . | . | 2 | 28 | . |
| *Scheemda | (diepte 68–69 m) | 83 | 4 | 3 | . | . | . | 1 | . | 8 | . | . | . | 51 | 37 | . |
| * „ | (diepte 74,5–76 m) | 81 | 8 | . | . | . | . | 6 | . | 32 | . | . | . | 11 | 51 | . |
| * „ | (diepte 76,30 m) | 81 | 1 | 6 | . | . | . | . | . | 34 | 1 | . | . | 24 | 35 | . |
| *Zuid-Laren | (keileem) | 80 | 53 | 35 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | . | . | 11 | 4 | 37 | . |
| *Mirdumerklif | (keileem) | 76 | 28 | 23 | 3 | . | . | 3 | . | 3 | . | . | . | 1 | 67 | . |
| *Ter Aard | (keileem) | 78 | 41 | 20 | 4 | 5 | . | 6 | . | 2 | . | . | 2 | 11 | 50 | . |
| *Paaschbergen | (keileem) | 79 | 3 | 25 | . | 1 | 2 | 7 | . | . | . | . | 2 | 10 | 53 | . |
| Ellertsveld | (grof zand) | 93 | 11 | 6 | 3 | . | . | 16 | 3 | 1 | . | . | . | 31 | 40 | . |
| Anholt | (geel zand) | 89 | 10 | 14 | . | . | . | 9 | 6 | . | . | . | . | 31 | 40 | . |

dinavisch-Baltisch gebied als het vaderland van een grote verscheidenheid van allerlei orthoklaas gesteenten, terwijl hij bovendien de aandacht vestigt op het feit, dat in de hoofdterras-afzettingen van Rijn en (of) Maas rolstenen van orthoklaas gesteenten te zelden voorkomen om zich daarop te beroepen.

Ook dit mag thans niet meer als afdoend bewijs tegen het zuidelijk karakter van het besproken mineraal gelden. Het is immers nog geenszins noodzakelijk, dat een *zand*, waarin zwerfstenen voorkomen, van gelijke herkomst moet zijn als de betreffende stenen, evenmin als het ontbreken van bepaalde keien doorslaggevend is. Het zand moet beschouwd worden als een op zichzelf staand sediment, omtrent de geschiedenis waarvan slechts het mineralogisch sediment-petrografisch onderzoek ons kan inlichten. Het is dan ook op grond van de regionale mineralogie der zanden, dat de uitspraak voor een zuidelijke herkomst gerechtvaardigd schijnt.

De opvallende zeldzaamheid van het mineraal in de bij uitstek noordelijke keilemen demonstreert tabel XX, waarin hoogstens 3 % van de karakteristieke korrels door mikroklien vertegenwoordigd zijn tegen, zoals reeds gezegd, 34 % in het typische monster der $B_{Scheemda}$-groep. Bovendien is bij de keilemen van Zuid-Laren, Mirdumer Klif en Ter Aard (tabel XIX) de invloed der $B_{Scheemda}$-provincie door Edelman (62 blz. 43) vastgelegd. Hetzelfde is ook voor de andere monsters in meerdere of mindere mate het geval.

Wel als typisch noordelijk is de rode orthoklaas op te vatten, die o.a. tot 9 % van de karakteristieke korrels aanwezig is in het monster van Exlo-Brammershoop en ook verder regelmatig, zij het in kleine hoeveelheden, voorkomt. De witte kali-veldspaat staat ten achter bij albiet, behoudens in het reeds genoemde keileem van Exlo-Brammershoop en dat van Zwillbroek, waar het gehalte dat van albiet zeer nabij komt. Deze variaties moeten worden beschouwd als ongelijkmatigheden in het noordelijk materiaal. Ook in de analysen van de zware fracties zijn soortgelijke afwijkingen te constateren, ja de door Edelman afzonderlijk benoemde X-provincie zou als een, zij het ook grotere, divergentie van de A-groep kunnen worden beschouwd. De onderscheiding van deze inhomogeniteiten vormt echter een vraagstuk van een andere orde van grootte dan dat van de onderscheiding der grotere petrologische tegenstellingen. Met dat al dienen we een zekere speling in het veldspaatbestanddeel der noordelijke zanden te accepteren. In grote lijnen mogen we echter zeggen, dat witte zure plagioklaas overheerst, dat witte orthoklaas daarbij achterstaat en dat rode orthoklaas in wisselende hoeveelheden optreedt. In ieder geval moeten we aannemen, dat orthoklaas in de A-zanden veel minder voorkomt dan in de $B_{Limburg}$-groep.

Wat de beide typen keileem betreft, het rode en het grauwe, bevestigt ons het lichte-fractie onderzoek de ervaringen van de studie der zware mineralen, dat beide tot eenzelfde provincie moeten worden gerekend, wat, zoals reeds betoogd, een verschil in tijdstip van afzetting niet uitsluit.

Op een bijzonderheid van locale betekenis moet nog worden gewezen. Bij een drietal keileemmonsters, die in tabel XIX vermeld zijn, treedt het in Nederland nog niet gevonden mineraal scapoliet op. De determinatie van dit hier klaarblijkelijk zeldzame mineraal gaf geen moeilijkheden: het 1-assig assenbeeld was gewoonlijk zeer duidelijk, terwijl de volgende indices nauwkeurig konden worden bepaald. $\varepsilon =$ 1,545 en $\omega$ tussen 1,565 en 1,57. Waar Larsen (114) opgeeft $\omega = 1{,}567$

TABEL XX KEILEEM

| Vindplaats | | Niet karakteristieke kwarts | | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Albiet | | Oligoklaas | | Orthoklaas | | | | | | | | | |
| | | | waarvan helder | wit | rose | wit | rose | wit | rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
| | Mus. No. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwillbroek | (1703) | 83 | 15 | 19 | 3 | . | . | 16 | 3 | 1 | . | 4 | . | 18 | 36 | . |
| Borne | (1800) | 59 | 14 | 3 | . | . | . | 2 | . | . | . | 68 | . | 13 | 14 | . |
| Zuid-Laren | (1926*a*) | 91 | 13 | 22 | 5 | . | . | 7 | 2 | . | . | 1 | . | 26 | 37 | . |
| Stat. Vries-Zuid-Laren | (1927*h*) | 90 | 30 | 16 | . | . | . | 5 | 1 | . | . | . | . | 41 | 37 | . |
| Exlo-Brammershoop | (1928*a*) | 71 | 1 | 14 | 8 | . | . | 19 | 9 | 1 | . | . | . | 24 | 25 | . |
| Veenhuizen | (1931) | 90 | 17 | 22 | . | . | . | 1 | 5 | 1 | . | 1 | . | 42 | 28 | . |
| O. v. Emmen | (1937) | 91 | 6 | 25 | . | . | . | 4 | 1 | 1 | . | . | . | 27 | 42 | . |
| Wageningen | (3472) | 78 | 12 | 25 | . | . | . | 5 | 1 | . | 5 | . | . | 8 | 56 | . |

kon omtrent de juistheid geen twijfel bestaan. Als oorzaak van dit locale optreden moet worden aangenomen, dat een noordelijk, scapoliet-houdend gesteente ter plaatse vergruisd is. In antwoord op onze desbetreffende vraag deelde de Finse geoloog Prof. Dr P. Eskola te Helsinki mede, dat een aanvoer van een dergelijk gesteente weliswaar een bijzonderheid genoemd moet worden, doch geenszins onmogelijk is. De oorsprong zou dan wellicht in Noord-Zweden moeten worden gezocht.

Ten slotte zij teruggekomen op het in hoofdstuk III genoemde onderzoek van de Koning (106), waarbij onder een bosaanplant een stuifzand van de Veluwe (Liederbosch) wel op kali, doch niet op fosfor reageerde, een bosgrond uit Brabant (Stippelberg )zich juist andersom gedroeg en een ontgonnen heidegrond eveneens van de Veluwe (Spelderholt) geen opbrengstvermeerdering vertoonde. Zoals gezegd werden deze gronden mineralogisch onderzocht. De analyse der zware mineralen leert, dat de drie gronden van gelijke opbouw zijn (zie tabel IX). Het materiaal bestaat voor een groot deel uit tot de A-groep behorende componenten, hoofdzakelijk gemengd met bestanddelen der $B_{Limburg}$-provincie. De lichte fractie (tab. XXI) vertoont eveneens een opvallende analogie, zodat aan een uniformiteit niet getwijfeld kan worden. In alle monsters is bovendien de kaliveldspaat rijkelijk vertegenwoordigd. Omtrent eventueel aanwezig apatiet als mogelijke fosforleverancier kan niets gezegd worden, daar dit mineraal bij de gebruikelijke voorbehandeling met sterke

| Vindplaats | Niet karakteristieke kwarts | waarvan helder | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding: Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stippelberg gem. Bakel | 85 | 10 | 6 | . | 1 | . | 17 | . | 3 | . | . | . | 18 | 55 | . |
| Liederbosch bij Beekbergen | 87 | 9 | 10 | . | . | . | 20 | . | 3 | . | . | . | 17 | 50 | . |
| Spelderholt bij Hoenderloo | 79 | 7 | 10 | . | . | . | 35 | . | 6 | . | . | . | 13 | 36 | . |
| Zelhem bij Zutfen | 72 | 9 | 15 | . | . | . | 10 | . | . | . | . | . | 14 | 60 | 1 |

zuren geheel oplost. Ogenschijnlijk geeft de mineralogische analyse dus geen oplossing voor het verschillend gedrag der onderzochte gronden; echter moet vooral rekening gehouden worden met het feit, dat, wil het microscopisch onderzoek in verband met een praktische doelstelling betekenis hebben, in het bijzonder aandacht besteed zal moeten worden aan de meest waardevolle fijnere delen, die nu ten gevolge van het slibben worden weggespoeld. De mogelijkheid bestaat immers, dat een verschil, hetwelk niet in de fractie $>30\mu$ tot uiting komt, wèl in de fijnere fractie bestaat. Mocht dit echter ook niet het geval zijn, dan ligt in dit geval de waarde der mineralogische analyse daarin, dat zij leert, dat de opbouw der betreffende gronden dezelfde is, en dat dus een gelijke hoeveelheid natuurlijke voedingsstoffen aanwezig geacht mag worden. In dit geval zou dus niet het tekort aan minerale stoffen de oorzaak van het verschil in reactie zijn, doch moet dit onderscheid hetzij in de structuur of de waterhuishouding e.d. gezocht worden, tengevolge waarvan de wortelontwikkeling, resp. het vermogen tot voedselopname, van de ene grond ten achter staat bij die der op de betere gronden groeiende bomen. De remedie hiertegen is dan niet een bemesting, doch zouden andere cultuurmaatregelen genomen moeten worden. Ziedaar ook bij een negatief resultaat de betekenis der mineralogische analyse.

Een ander geval, eveneens aan de praktijk ontleend, moge nog als voorbeeld genoemd worden. Het betreft een cultuurgrond te Zelhem Z.O. van Zutfen. Deze grond bracht, zonder dat bijmesten nodig was, ieder jaar een normale rogge oogst op. De analyse der lichte fractie (tabel XXI) geeft aan, dat de karakteristieke korrels voor 25 % uit veldspaat bestaan. Omgerekend op de grove fractie van

het gehele zand wordt dit ca 8%. Hiervan bestaat 3% uit kaliveldspaat en 5% uit plagioklaas, die, zij het ook weinig, eveneens kali bevat. Wederom laat de kennis der fijnere delen ons in de steek; zeker mag echter worden aangenomen, dat ook zij een aantrekkelijk percentage der beide veldspaten zullen bevatten.

Hoewel het misplaatst zou zijn op grond van deze enkele en dan nog onvolledige waarnemingen speculatieve beschouwingen te gaan houden, lijkt het niet overdreven ook in dit geval de natuurlijke kalirijkdom aan aanwezigheid der veldspaten toe te schrijven. Dat planten inderdaad rechtstreeks uit deze bron hun kalium kunnen betrekken, werd reeds betoogd (blz. 28).

Duidelijk blijkt echter wel, dat, willen we ook het praktische vraagstuk meer benaderen, kennis van de samenstelling der fijnere delen noodzakelijk geacht moet worden. Een eerste poging om dit te bereiken wordt in het nog te bespreken klei-onderzoek beschreven.

Vatten we de ervaringen, bij het onderzoek der lichte fractie opgedaan, samen, dan komen we tot de conclusie, dat ook voor de lichte mineralen een provinciële verspreiding geconstateerd kan worden. Doordat in die fractie geringere differentiatie in componenten bestaat, zijn de provinciële verschillen niet altijd zo opvallend als bij de zware mineralen. Onderstaande overzichtstabel demonstreert de tegenstellingen duidelijk, terwijl verder het macroscopische beeld der onderscheidene provincies iedere eventuele twijfel wegneemt.

TABEL XXII STANDAARD-SAMENSTELLINGEN

DER AANGETOONDE PETROLOGISCHE PROVINCIES

| Groep | Niet karakteristieke kwarts | | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | waarvan helder | Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
| A-groep | 80 | 15 | 20 | 1 | . | . | 3 | 4 | . | . | . | . | 30 | 42 | . |
| X-groep | 80 | 25 | 30 | 2 | 2 | 1 | 12 | 1 | 1 | 1 | . | . | 15 | 35 | . |
| B-Scheemda-groep | 80 | 1 | 5 | . | . | . | . | . | 35 | . | . | . | 25 | 35 | . |
| B-Saussuriet-groep | 60 | 6 | 13 | 1 | 1 | . | 7 | . | . | 1 | . | . | 10 | 64 | 3 |
| B-Limburg-groep | 70 | 15 | . | . | . | . | 20 | . | . | . | . | . | 15 | 65 | . |
| B-Elsloo-groep | 40 | 2 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | 31 | 66 |
| B-Eysden-groep | 40 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 5 | 45 | 50 |
| B-Lobith-groep | 80 | 10 | 5 | . | . | . | 6 | 1 | . | . | . | . | 20 | 60 | 8 |

Dit overzicht laat het opstellen van het volgende schema toe, waarbij de niet karakteristieke kwarts en de gesteente-fragmenten, als doorlopers, buiten beschouwing blijven. Bij de eerst genoemde groep is ook de positie van de waterheldere varieteit niet duidelijk, daar naast de beide noordelijke provincies ook de $B_{Limburg}$-associatie uit een aanzienlijk deel van deze heldere kwarts is opgebouwd. Op de gekleurde kwarts zal bij de macroscopische beschrijving der zanden nader worden ingegaan.

Voor het overige is onderstaande indeling mogelijk:

| | | |
|---|---|---|
| A-groep | albiet | overheerst |
| | rose orthoklaas | karakteristiek |
| | witte orthoklaas | duidelijk aanwezig |
| X-groep | albiet | overheerst |
| | orthoklaas | duidelijk aanwezig |
| $B_{Scheemda}$-groep | mikroklien | overheerst |
| $B_{Saussuriet}$-groep | albiet en orthoklaas | duidelijk aanwezig |
| | schiefer | karakteristiek |
| $B_{Limburg}$-groep | orthoklaas | overheerst |
| $B_{Elsloo}$-groep | schiefer | ,, |
| $B_{Eysden}$-groep | schiefer | ,, |
| $B_{Lobith}$-groep | albiet, orthoklaas en schiefer | aanwezig |

Hieruit blijkt nogmaals duidelijk, dat zowel orthoklaas (wit) als mikroklien tot de zuidelijke mineraal-associaties behoren, albiet daarentegen behalve voor de Saussuriet-groep voor de noordelijke aanvoer karakteristiek is. Dit laatste stemt overeen met de waarnemingen van Druif (59 blz. 239), dat de plagioklazen in hun optreden, wat de diluviale niet aeolische afzettingen betreft, tot de keilemen beperkt blijven.

Dit gedeelte zij besloten met een korte beschouwing aangaande de macroscopie der onderscheidene provincies, na reiniging der monsters.

A-groep

Weinig opvallende componenten. Na nauwkeurige waarneming zien we echter als hoofdbestanddeel der karakteristieke korrels licht-grauwe gesteente-fragmenten. Hiernaast is de invloed der gekleurde kwarts, welke zowel uit rose als zwarte korrels bestaat, onmiskenbaar. De witte veldspaatstukjes, welke slechts 4% van de totale zandfractie uitmaken, nemen, mede door hun grauw-witte kleur, een ondergeschikte positie in. Rose orthoklaas is zeldzaam, doch karakteristiek.

| | |
|---|---|
| X-groep | De invloed van de waterheldere kwarts is hier duidelijk merkbaar. Zwarte kwarts ontbreekt, doch speelt de rose varieteit een grotere rol, terwijl ook de veldspaten opmerkelijk naar voren komen. |
| $B_{Scheemda}$-groep | Het vrijwel ontbreken van waterheldere kwarts met een opvallende aanwezigheid van mooie regelmatige fragmenten veldspaat (mikroklien) en het optreden van een vrij aanzienlijke hoeveelheid rose kwarts, bepalen het karakter van deze associatie. |
| $B_{Saussuriet}$-groep | Zwarte, rode, bruine en gele, vaak tot de radiolarieten behorende gesteente-fragmenten, geven dit zand een eigen aspect. De eerste indruk is, door het overheersen der zwarte elementen en het optreden van grauwe schieferschilfers, dat de kleur veel somberder is dan die der reeds besproken groepen. Nauwkeurige beschouwing doet het kleurig effect echter spoedig recht wedervaren, waartoe ook de rose kwarts en de witte veldspaatbrokjes het hunne bijdragen. |
| $B_{Limburg}$-groep | Tot deze provincie behorende zanden ontlenen hun karakteristiek uiterlijk aan het feit, dat in een milieu van grijze kwarts en grauwe gesteenteresten witte orthoklaas fragmenten samen met rose kwarts in het monotone beeld een duidelijke afwisseling brengen. |
| $B_{Elsloo}$-groep | In tegenstelling met de vorige provincie slechts optredend in Zuid-Limburg, wordt de habitus van de Elsloo-zanden bepaald door een zeer hoog percentage karakteristieke korrels. Bedenken we hierbij, dat 70 % van deze componenten uit licht- tot grijsgrauwe en violette schilfers phyllitische schiefer bestaat, dan is het begrijpelijk, dat het hierdoor verkregen bijzondere cachet een herkenning der middenterras-zanden van de Maas op het terrein mogelijk maakt. |

$B_{Eysden}$-groep

Deze groep sluit zich, wat uiterlijk betreft, geheel bij de $B_{Elsloo}$-associatie aan. Ook hier beheerst de schiefer het beeld.

$B_{Lobith}$-groep

Hoewel in de samenstelling een analogie met de diluviale Rijn-groep, de $B_{Saussuriet}$-associatie, niet te miskennen valt, is toch het uiterlijk beeld een geheel ander. Bij de gesteenteresten, die ook hier overheersen, ontbreekt het zwarte element. Het gehele zand schijnt lichter van tint, waardoor ook de gekleurde kiezelgesteente-brokjes en de rose en vooral gele kwarts meer opvallen en voor een apart type zorgen.

Wat het begrip „gesteenteresten" betreft, zij nog medegedeeld, dat het aanvankelijk in de bedoeling gelegen heeft ook in deze groep een grotere differentiering naar voren te brengen. De praktische ervaring leerde echter, dat het in verscheidene gevallen onmogelijk is, met volledige zekerheid een onderscheid te maken tussen niet uitgesproken duidelijke kiezelgesteenten enerzijds en de porphyrische grondmassa's anderzijds. Ook de stukjes van fijnere kwartsieten en zandstenen lieten zich niet altijd met zekerheid determineren. Om derhalve een eventuële fout uit te schakelen, werd besloten deze typen gesteenteresten samen te nemen en slechts de onmiskenbare fragmenten der phyllitische schiefers in een afzonderlijke kolom op te nemen. Waar aanleiding bestond op de samenstelling der gesteenteresten in te gaan, is zulks bij de beschrijving in de tekst geschied.

Uit het bovenstaande zal duidelijk geworden zijn:

1. dat er grote en opvallende verschillen bestaan in de samenstelling van de lichte fracties der tot nu toe aangetoonde materiaal-aanvoeren.
2. dat het derhalve mogelijk is, ook de lichte fracties provincieel te beschouwen.
3. dat het onderzoek der lichte mineralen de vroegere resultaten van de studie der zware fracties bevestigt.
4. dat de menging der provinciële invloeden met behulp der lichte fracties kwantitatief beter kan worden overzien dan met behulp der zware fracties.
5. dat er grote primaire verschillen in aard en hoeveelheid der veldspaten in Nederlandse gronden bestaan.

TABEL XXIII

STANDAARD-SAMENSTELLING DER
8 AANGETOONDE PROVINCIES IN PROCENTEN VAN HET ZAND $> 30\ \mu$.

| Groep | Niet karakteristieke kwarts | | Karakteristieke korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | waarvan helder | Albiet wit | Albiet rose | Oligoklaas wit | Oligoklaas rose | Orthoklaas wit | Orthoklaas rose | Mikroklien | Glimmer | Glaukoniet | Scapoliet | Gekleurde kwarts | Gesteenteresten | Schiefer |
| A-groep | 80 | 15 | 4,2 | . | . | . | 0,6 | 0,8 | . | . | . | . | 6 | 8,4 | . |
| X-groep | 80 | 25 | 7 | . | . | . | 2,6 | . | . | . | . | . | 3,2 | 7,2 | . |
| B-Scheemda-groep | 80 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | 7 | . | . | . | 5 | 7 | . |
| B-Saussuriet-groep | 60 | 6 | 6 | . | . | . | 2,8 | . | . | . | . | . | 4 | 26 | 1,2 |
| B-Limburg-groep | 70 | 15 | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | . | 4,5 | 19,5 | . |
| B-Elsloo-groep | 40 | 2 | 0,6 | . | . | . | 1,2 | . | . | . | . | . | . | 18,6 | 39,6 |
| B-Eysden-groep | 40 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 3 | 27 | 30 |
| B-Lobith-groep | 80 | 10 | 1 | . | . | . | 1,4 | . | . | . | . | . | 4 | 12 | 1,6 |

Dit laatste punt is voor ons doel het belangrijkste. Bovenstaande tabel geeft de verspreiding der veldspaten in procenten van het totale substraat.

Deze tabel geeft evenwel nog geenszins uitsluitsel over de veldspaatvoorraad van een of andere willekeurige grond. Allereerst zijn er de toevallige variaties, die zeer belangrijke verschillen kunnen veroorzaken. Van meer essentieel belang is echter de overweging, dat het gehele onderzoek, dat in de voorafgaande hoofdstukken werd beschreven, gebaseerd was op de fracties $> 30\mu$, de uiterste grens waarbij routine-onderzoek tot nu toe mogelijk was. En juist de fijnere bestanddelen zijn het, die relatief van het grootste belang voor de voedselvoorziening in de grond moeten worden geacht. Het leek dan ook gewenst naast het onderzoek der grovere fracties een poging te verrichten om de fijnere delen binnen het onderzoek te betrekken. De daarbij verkregen resultaten zullen in het volgende hoofdstuk worden medegedeeld. Bestond evenwel bij de studie der zandige fracties de mogelijkheid ener regionale behandeling, voor de Nederlandse kleien, waarvan in mineralogisch opzicht niets definitiefs bekend was, moest uiteraard volstaan worden met een eerste orientering.

HOOFDSTUK VII

# MICROSCOPISCH EN RÖNTGENOGRAFISCH ONDERZOEK VAN ENIGE KLEIEN

Over het begrip klei willen we hier niet nader spreken. De betekenis aan dit woord gehecht is in hoge mate afhankelijk van het gebruik, dat van dit fijnste verweringsproduct der gesteenten wordt gemaakt, terwijl de subjectiviteit nog toeneemt, indien men een vergelijking maakt met zandige sedimenten. Ook een conventionele vaststelling van het begrip op grond van physische eigenschappen als plasticiteit e.d., dan wel op grond van de mechanische samenstelling heeft nog niet tot een definitief resultaat kunnen leiden. Vooropgesteld zij derhalve, dat hier met „klei" zonder meer het fijnste verweringsproduct van gesteenten wordt bedoeld.

Deze klei nu was reeds lang een onderwerp van studie voor talloze onderzoekers. Sinds Way in 1851 ontdekte, dat klei adsorbtieverschijnselen vertoonde, verliepen enige decennia, voordat de betekenis hiervan werd ingezien, daar Liebig door zijn autoriteit ieder onderzoek in deze richting tegenhield. Ook stond de physische chemie nog te veel in haar kinderschoenen, om dit ingewikkelde subject in haar onderzoekingssfeer te betrekken.

Nadat echter in 1867 de wet der massa-werking door Guldberg en Waage was ontdekt, zou de belangstelling zich op de door Way geponeerde denkbeelden concentreren.

Het chemisch onderzoek der kleien werd in 1904 gegrondvest door Van Bemmelen (20), die de begrippen „verweringssilikaat A en B" opstelde. Een enorme vlucht nam het onderzoek in physisch-chemische en zuiver chemische richting in de laatste tientallen van jaren. Sinds Wiegner het begrip adsorptiecomplex naar voren bracht en met vele zijner leerlingen, als Aarnio, Mattson, Marshall, Pallmann e.a. het zeer gecompliceerde probleem der adsorptie verschijnselen trachtte te doorgronden, is klei het onderzoekingsobject geworden van bijna alle bodemkundigen en van vele physisch-chemici.

Het vraagstuk der herkomst en de hiermede verband houdende mogelijke variatie in samenstelling en eigenschappen, gebaseerd op kennis van de oorspronkelijke minerale componenten, werd zelden of nooit aangeroerd, een fundamentele fout, die echter ten dele kan worden verklaard door de moeilijkheden aan dit vraagstuk verbonden. Van de onderzochte kleien waren wel localiteit en soms enkele geologische omstandigheden bekend, doch het essentiële van de vraag, uit welke mineralen de klei opgebouwd is, werd, evenmin als bij het reeds eerder besproken bodemonderzoek, in het geheel niet behandeld.

Meer oog voor de belangrijkheid dezer kwestie had de school van Goldschmidt. In de jaren 1922–1926 werd nl. onder zijn leiding, ten behoeve van het Noorse Statenraastoffkomite, een onderzoek ingesteld naar de physische, chemische en mineralogische eigenschappen van een aantal Noorse kleien. Het onderzoek naar de eerstgenoemde eigenschappen, verricht door Krogh (110) en Dietrichson (57), was hoofdzakelijk ten dienste van het steenbakkerijbedrijf en is voor het onderhavige onderzoek van geen directe betekenis. Uit de chemische analysen, gepubliceerd door Hougen, Klüver en Løkke (97), blijkt, dat de herkomst der klei van invloed is op de scheikundige samenstelling van het sediment. Dit feit blijkt trouwens ook uit de chemische klei-analysen, gebaseerd op de verhouding $SiO_2$: $Al_2O_3$, — de latere verweringsfactor (ki-waarde) van Harrassowitz (85), — zoals de reeds genoemde van Van Bemmelen (20) en van latere onderzoekers als Joseph (103), die een aantal Sudan-kleien onderzocht, Dennison (54), die tevens het verloop der ki-waarde in enige klei-profielen naging en uit de recente onderzoekingen van Groves (81). Duidelijk bewijst ook de mineralogische analyse van Rove (165), dat ieder klei-sediment van bepaalde origine een eigen, typische, mineralogische samenstelling heeft.

Zeer belangrijk is nog de publicatie van Goldschmidt (76), in welke hij reeds het vermoeden van een regionale betekenis der mineraalassociaties van kleien uit; op het röntgenografisch onderzoek, dat door hem genoemd wordt, komen we nader terug.

In Amerika bestond reeds eerder belangstelling voor de mineralogie en de röntgenografie der kleien. Zo werkte Fry (71) een methode uit, om van enige kleien microscopisch de hoeveelheid colloid materiaal te berekenen. Wat hieronder te verstaan is, wordt niet duidelijk gemaakt, al blijkt uit zijn onderzoek, dat ook de fracties grover dan 1$\mu$ niet vrij zijn van de zgn. colloide aggregaten, ondanks voorbereiding

met $NH_4OH$ en min of meer intensief wrijven met de vinger.

In nieuwe banen wordt het onderzoek dan geleid door Ross (164), Hendricks en Fry (91), van welke de eerste zich met de bepaling der later te bespreken klei-mineralen bezig hield, terwijl de beide andere onderzoekers het vraagstuk langs röntgenografische weg trachtten op te lossen.

Een systematisch onderzoek naar de mineralogie en röntgenografie der kleien wordt dan opgezet in het geologisch instituut te Rostock onder leiding van Correns (44).

In verband met de daarbij verkregen resultaten leek het gewenst, de gevolgde methoden van onderzoek ter plaatse te gaan bestuderen, waarbij tweeërlei doel voor ogen stond.

In de eerste plaats moest worden nagegaan, of de sediment-petrografische regionaliteits-gedachte, welke voor de grovere sedimenten, resp. voor de afgeslibde grovere fracties der fijnere sedimenten zo juist bleek te zijn, ook voor de kleien in haar geheel opging en in de tweede plaats of via deze wijze van onderzoeken de oplossing van zuiver bodemkundige vraagstukken kon worden benaderd.

Blijkens uit de praktijk en via den Heer H. Lindeman, Directeur der N.V. Vereenigde Kalimaatschappij, ontvangen gegevens bestond er een essentieel verschil in natuurlijk kali-gehalte van de Maas en Rijnkleien en wel in dien zin, dat eerstgenoemde in hoge mate kali-arm zijn, de laatste daarentegen een zekere natuurlijke rijkdom aan dit element vertonen. Een tussenpositie nam het proefveld der maatschappij te Hedel in, hoewel wij hier ook met een kali-arme grond te doen hebben.

De vraag was nu of met behulp van microscopische en röntgenografische analyse van deze kleien de oorzaak van dit verschil kon worden vastgesteld. Voor het onderzoek werden uitgezocht een Maas-klei van Echt Z.O. van Roermond, een Rijn-klei afkomstig van het Lexkesveer bij Wageningen en ten slotte een klei van het proefveld Hedel.

Alvorens het onderzoek in Rostock aan te vangen werd eerst op de gebruikelijke wijze bepaald tot welke provincies de zandige fracties van deze kleien behoorden. Het resultaat geeft achterstaande tabel.

De Maas-klei is een typische vertegenwoordiger van de $B_{Eysden}$-provincie, welke reeds in hoofdstuk V werd genoemd en elders door Edelman en Van Baren (64) is beschreven.

Lexkesveer leverde een resultaat, dat overeenstemde met de verwachting hier een niet geheel zuivere representant van de $B_{Lobith}$-

TABEL XXIV

MINERALOGISCHE SAMENSTELLING
VAN DE ZANDIGE FRACTIES DER ONDERZOCHTE KLEIEN

| Vindplaats | Opaak | Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toermalijn | Zirkoom | Granaat | Rutiel | Anataas | Brookiet | Titaniet | Stauroliet | Distheen | Andalusiet | Sillimaniet | Chloritoid | Epidoot | Saussuriet | Amphibool | Glaucophaan | Auglet | Hypersthеen | Chloropiet | Spinel | Korund | Topaas |
| Echt | 49 | 6 | 18 | 22 | 4 | 1 | . | 2 | 11 | 2 | 3 | . | 21 | 2 | 4 | 3 | . | . | 1 | . | . | . | . |
| Lexkesveer | 17 | 1 | 21 | 26 | 2 | . | . | . | 2 | 3 | . | . | . | 5 | 4 | 21 | . | 15 | . | . | . | . | . |
| Hedel | 24 | 4 | 12 | 31 | 4 | . | . | 1 | 7 | 1 | 1 | . | . | 20 | 11 | 6 | . | 2 | . | . | . | . | . |

groep, als beschreven door Edelman (62) en opgenomen in tabel III, aan te treffen. Het materiaal is blijkbaar vermengd met diluviale, tot de A- en $B_{Saussuriet}$-groepen behorende sedimenten. Op deze vermenging wijst het voorkomen van granaat, doch tevens, hoewel minder dan 1 %, werd typische Rijn-titaniet aangetroffen, zoals deze voorkomt in het Tras van de Laachersee (63), terwijl de amfibool-augiet associatie onmiskenbaar optreedt.

Het monster van het aan de Maas gelegen proefveld te Hedel leverde ogenschijnlijk een grote verrassing. In verband met de kaliarmoede werd oorspronkelijk verwacht, een op de Maas-klei gelijkend sediment aan te treffen. De mineralogische samenstelling der zandige fractie wees echter duidelijk uit, dat ook hier een diluviale tot de A- en $B_{Saussuriet}$-groepen behorende associatie volledig overheerste, zodat het grofste gedeelte van deze klei zelfs geen enkele vermenging met het tot de $B_{Eysden}$-groep behorende Maasproduct vertoonde. De oplossing van dit raadsel zou echter vrij eenvoudig blijken te zijn.

De bewerking van het materiaal in het mineralogisch-geologisch instituut te Rostock geschiedde in drie etappen, welke achtereenvolgens zullen worden besproken.

*De slib-analyse*

De gevolgde methode van mineralogisch en röntgenografisch onderzoek vereiste een monster, waarvan de samenstelling en opbouw op geen enkele wijze door chemische agentia, als zoutzuur en eventuele dispersie-middelen, als natrium-oxalaat of lithium-carbonaat, was verstoord.

Ten einde tot een geëigende slibmethode te komen, werden door Correns en Schott (45) vergelijkende onderzoekingen verricht door van eenzelfde klei, onder volkomen gelijke omstandigheden, in een thermo-constante ruimte volgens de weegmethode van Odèn (141), de pipetmethode (144) en de sedimenteermethode volgens Atterberg (4), de mechanische samenstelling te bepalen.

De resultaten van dit vergelijkend onderzoek brachten verschillen naar voren, die binnen de fouten-grens liggen. In verband nu met het feit, dat bij de onderzoekingen van de door het opmetingsschip „Meteoor" uit de Atlantische Oceaan meegebrachte diepzee-afzettingen slechts weinig materiaal ter beschikking stond, werd de methode Atterberg uitverkoren, daar deze slibanalyse bij een hoeveelheid van 1 g nog bruikbaar is, omdat geen materiaal verloren gaat, terwijl voor de pipetmethode 10 g vereist wordt. Van de methode Odèn werd afgezien om de grote gevoeligheid, die bij temperatuursverschillen van 0,2° C reeds aanzienlijke afwijkingen doet ontstaan, terwijl door enige trilling het vroegtijdig uitvallen van de gewichtskogeltjes wordt veroorzaakt.

Door mij werd nu ook de methode Atterberg gevolgd, doch zou voor eventuele, latere onderzoekingen de veel snellere pipetmethode kunnen worden gebruikt, daar het bezwaar van de grotere hoeveelheid te slibben materiaal voor onze gronden vervalt.

De kwestie van de voorbereiding der monsters werd opgelost door hiervoor de normaal-methode van Odèn (142) te gebruiken. Hierbij werd enerzijds voorkomen, dat de kleimineralen onder invloed van chemische stoffen werden aangetast, terwijl anderzijds het oplossen van eventueel aanwezig calcium tijdens het sedimentatieproces in het voor de analyse gebruikte gedestilleerde water vermeden, respectievelijk zeer verminderd werd, zodat gewichtsverliezen, welke hierdoor zouden kunnen ontstaan, haast volledig werden uitgeschakeld.

Als voorbereidingsmethode, waarbij geen chemische reagentia worden gebruikt, zij volledigheidshalve ook genoemd de door Olmstead (143) uitgewerkte; hierbij wordt het grondmonster door hoog-frequete geluidsgolven, de zgn. „supersonic waves", geproduceerd door een piezoelectrisch kwartskristal, getroffen en in intensieve trilling gebracht. Onder haast momentane temperatuurstijging tot 100° C wordt de waterige suspensie in uiterst fijne druppeltjes verdeeld, tengevolge waarvan vèrgaande dispersie optreedt.

Het grovere materiaal wordt nu afgezeefd, het fijnere gecentrifu-

geerd tot 1$\mu$. Het residu in de centrifuge-buis $>1\mu$ wordt weer op de boven omschreven manier gedurende 2 minuten geschud en wederom gecentrifugeerd.

De op deze wijze verkregen analyse-cijfers klopten vrij nauwkeurig met de resultaten, na voorbereiding met chemische dispergentia verkregen. Ten slotte beschrijft Urbain (195) in een recente publicatie nog een nieuw eenvoudig toestel, met behulp waarvan een volledige scheiding van de verschillende klei-componenten zou kunnen plaats vinden, gebaseerd op het feit, dat colloïden een bepaalde lading hebben en dus door een electrische stroom naar een electrode gedirigeerd kunnen worden.

Het eigen materiaal werd echter volgens de beproefde methode behandeld: 20 g van ieder der kleien werd afgewogen en gedurende 24 uur in $NH_4OH$-houdend, gedestilleerd water tot een concentratie van 0,01n $NH_4OH$ ter voorbereiding weggezet. Het uitgangsmateriaal was luchtdroog, zoals voor onze doeleinden noodzakelijk is. Bij het te Rostock uitgevoerde onderzoek aan de diepzee-sedimenten werd juister bevonden de gronden in hun natuurlijke vochtigheidstoestand aan de slibanalyse te onderwerpen (46). Het vochtgehalte der te onderzoeken gronden werd bepaald door tot constant gewicht te drogen bij 105°.

TABEL XXV

VOCHTGEHALTE DER ONDERZOCHTE KLEIEN IN % BIJ 105° C.

| | |
|---|---|
| Echt | 0,08 |
| Lexkesveer | 0,70 |
| Hedel | 0,22 |

Na de voorbereiding met $NH_4OH$-houdend water werd het monster met een vinger nog voorzichtig gewreven, zodat geen kluiten meer bleven bestaan en vervolgens door een 100$\mu$ zeef gezeefd. De fractie $>100\mu$ werd bij 105° gedroogd en gewogen. De rest werd vervolgens gedurende 24 uur in een schudmachine geschud, teneinde zo hoog mogelijke dispersiteit te verwerven. Het materiaal werd nu in een slibcylinder volgens Atterberg gebracht en volgens de door dezen onderzoeker voorgeschreven methode in verschillende fracties verdeeld. Deze afzonderlijke fracties werden gedroogd en gewogen en de korrelgrootte van iedere fractie berekend volgens de formule van Stokes (75):

$$v = \frac{2}{9} r^2 \frac{(d_1 - d_2)\, g}{\eta}$$

waarbij v de valsnelheid in cm/sec van een kogel met een radius van r cm, $d_1$ het s.g. der kogel, $d_2$ dat der vloeistof, $\eta$ de inwendige wrijving der vloeistof en g de zwaartekracht-constante voorstelt.

Daar bij constante temperatuur de omstandigheden gedurende het slibproces zich niet wijzigen, kan aan deze formule naar Odèn (141) de volgende vorm worden gegeven:

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta}{(d_1 - d_2)\, g}} \sqrt{v} = K \sqrt{v}$$

De constante K is door $\eta$ van de temperatuur afhankelijk. Het eenvoudigst is nu K voor verschillende temperaturen te berekenen en in een grafiek uit te zetten. Uit deze grafische voorstelling kan dan K voor iedere temperatuur worden afgelezen (45).

De op deze wijze verkregen waarden voor r in $\mu$ worden met de daarbij behorende hoeveelheden van iedere fractie in een diagram afgezet, waarbij eveneens de door Odèn uitgewerkte methode wordt gevolgd. Op de abscis wordt de aequivalent-radius r in logarithmische waarden aangegeven, terwijl op de ordinaat het respectievelijk procenten-totaal (de q[r] van Odèn) wordt afgezet. De deeltjes met gelijke aequivalent-radius komen overeen met de door Ramann (156 blz. 286) bedoelde „deeltjes van gelijke hydraulische waarde".

Van de medegenomen kleien werd nu de volgende fractieverdeling bepaald:

TABEL XXVI VERDELING NAAR KORRELGROOTTE IN % VAN HET DROOGGEWICHT BIJ 105°

| | Echt | Lexkesveer | Hedel |
|---|---|---|---|
| > 100 $\mu$ | 62,9 | 1,5 | 42,9 |
| 100 – 55 $\mu$ | 12,1 | 2,8 | 13,5 |
| 55 – 10 $\mu$ | 11,5 | 30,2 | 19,2 |
| 10 – 5,5 $\mu$ | 2,3 | 13,3 | 4,5 |
| 5,5 – 1 $\mu$ | 5,0 | 31,1 | 10,4 |
| < 1 $\mu$ | 6,2 | 21,1 | 9,5 |

Hieruit konden de curven worden geconstrueerd die in fig. 7 (blz. 88) zijn weergegeven.

Iedere op deze wijze verkregen fractie werd nu aan een mineralogisch onderzoek onderworpen, behalve de fijnste, die hiervoor niet

meer toegankelijk is en waarbij de röntgenografische methode werd toegepast. De fracties 1–5,5$\mu$ werden volgens beide methoden onderzocht.

*Het microscopisch onderzoek.*

Ook de microscopische analyse vond plaats volgens de in het instituut te Rostock gebruikelijke methode.

Van ieder der fracties wordt in de eerste plaats een canadabalsem preparaat gemaakt, door een niet te grote hoeveelheid materiaal met behulp van alcohol in een dunne laag regelmatig over het objectglas

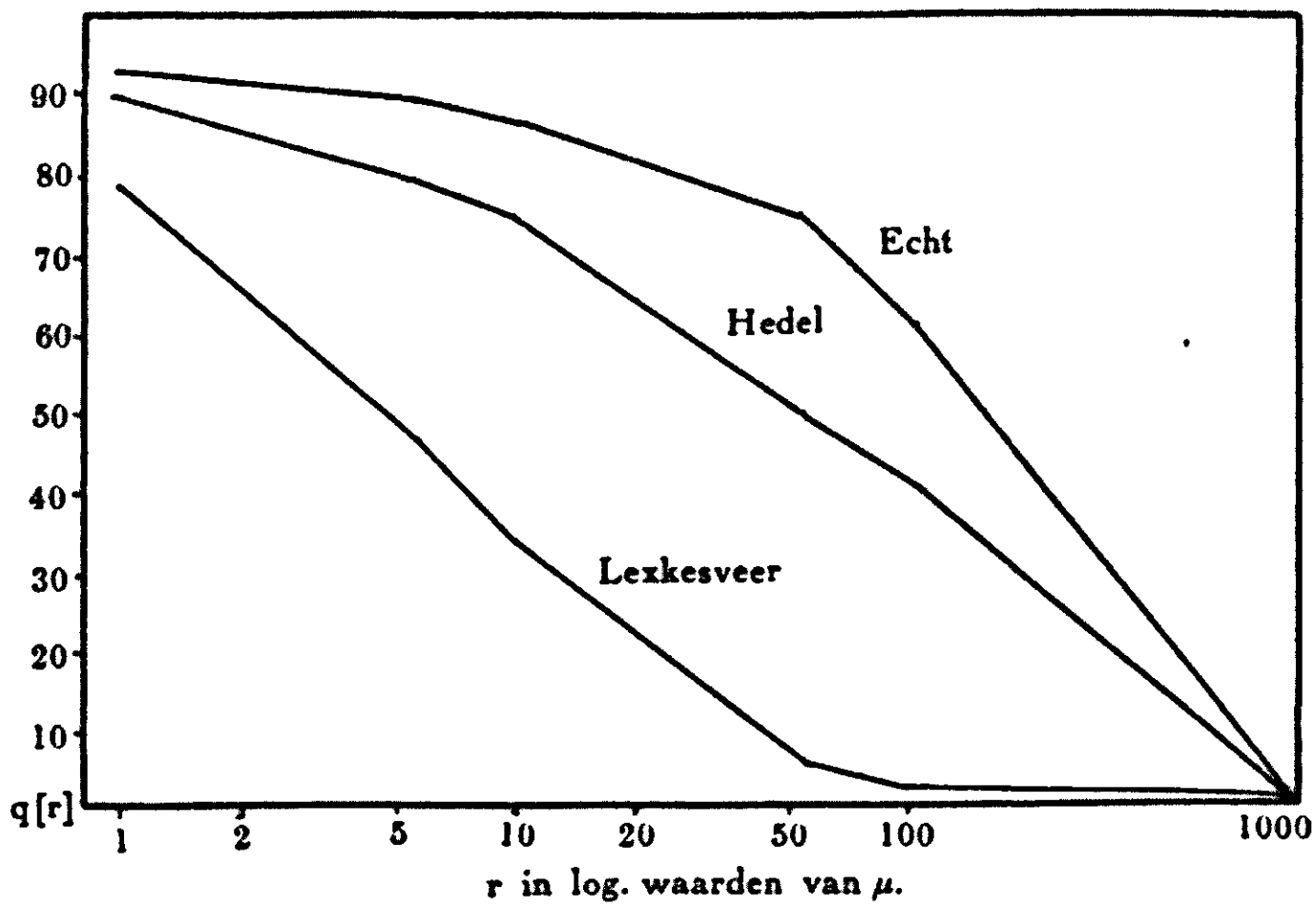



FIG. 7. Mechanische samenstelling der onderzochte kleien.

uit te spreiden. Nadat de alcohol verdampt is wordt een voldoende hoeveelheid canadabalsem op het preparaat gebracht en dit boven een Bunsen-brander of een andere geëigende verwarmingsbron verhit teneinde de in de canadabalsem aanwezige xylol te verdampen. Hierdoor wordt bereikt, dat de balsem zeer snel verhardt en men een uitstekend te bewaren preparaat krijgt, terwijl tevens de brekingsindex van de balsem op ca 1,54 komt. Dit aldus verkregen preparaat wordt dan aan een eerste onderzoek onderworpen, waarbij de keuze van het te gebruiken objectief afhankelijk is van de grootte der korrels.

Bij de fractie 100–55$\mu$ is het objectief 3 (vergr. 80×) voldoende, de fractie 55–10$\mu$ wordt het best bestudeerd met objectief 5 of 6 (vergr. resp. 260× en 380×), terwijl de fracties 10–5,5$\mu$ en 5,5–1$\mu$

met behulp van een olieëmersie-lens, apertuur 1,30 of 1,40 worden onderzocht. Zoals uit de in hoofdstuk VI gegeven cijfers van de samenstelling der lichte fracties onzer zandgronden blijkt, komen hier slechts de meest bekende der veldspaten nl. orthoklaas, mikroklien en albiet in hoeveelheden van enige betekenis voor, terwijl de meer basische oligoklaas al tot de zeldzaamheden behoort.

Uit het werk van Schlünz (170), die een diluviale klei van Papendorf en een septariënklei van Maliss onderzocht, blijkt, dat naarmate de fracties fijner worden een zeer opvallende verschuiving in mineralogische samenstelling optreedt en wel in dien zin, dat de

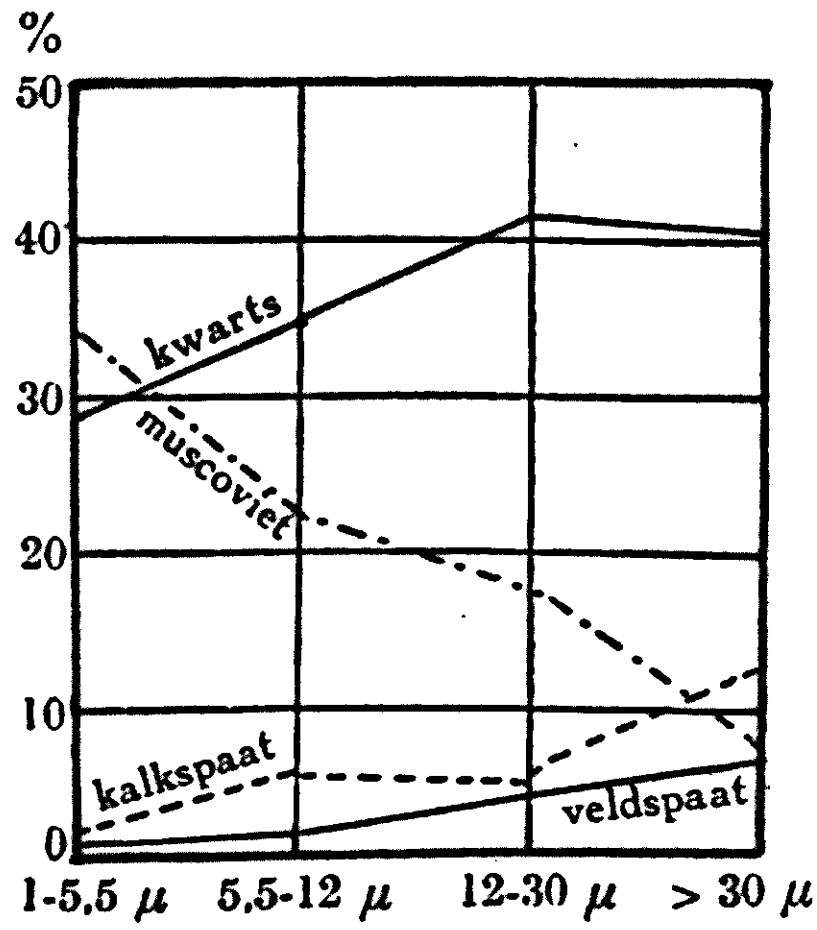



FIG. 8. Verloop der mineralogische samenstelling van een septarien-klei naar Schlünz.

hoeveelheden kwarts en veldspaat zeer sterk afnemen, daarentegen het aandeel der glimmers in snelle mate groter wordt. Een dergelijke verschuiving, doch dan gebaseerd op de berekening van het mineraalgehalte uit de chemische analyse, vermeldde Grout (80) reeds vroeger.

Bovenstaande figuur geeft het verloop der samenstelling van de septariënklei weer.

Deze toename van glimmer is buitengewoon belangrijk, zowel in bodemkundig als in landbouwkundig opzicht.

Zonder hier op de physisch-chemische kant van het vraagstuk dieper te willen ingaan, moet toch gewezen worden op het feit, dat de door Wiegner (206) naar voren gebrachte opvatting, welke in nog ongewijzigde vorm door Pallmann (146) in een recente publicatie werd uiteengezet, als zou het bodem-complex door een kiezelzuur-aluminium-gel worden gevormd, in

de mineralogische en röntgenografische analysen der bestudeerde kleien geen bevestiging vond, integendeel, dat hierbij de kristallijnen aard, ook van de deeltjes $<1\mu$, tot uiting kwam. Dit blijkt overigens ook uit de reeds genoemde publicaties van Ross (164), die nog mededeelt, dat er geen bewijs geleverd is voor de aanname van een colloidaal huidje om ieder mineraalpartikel, en Hendricks en Fry (91), terwijl Marshall (125) langs een geheel andere methode van onderzoek tot een zelfde conclusie komt. Marshall onderzocht nl. het gedrag van mineralen in een electrisch veld, waarbij bleek, dat ook voor electrische trillingen een bepaalde oriëntatie bestond, zodanig, dat de diëlectrische constanten in verschillende richtingen voorgesteld kunnen worden door een ellipsoïde. Zoals voor lichtstralen is ook voor electrische trillingen een dubbelbreking waarneembaar.

Op deze wijze werd door Marshall eveneens een aantal kleien onderzocht en tevens het gedrag dezer kleien, verzadigd met verschillende kationen, bestudeerd. Uit deze onderzoekingen bleek, dat de verschillende kleien essentieel kristallijn zijn, en dat de waarde der dubbelbreking kan worden beschouwd als een karakteristieke constante voor een klei-fractie, verzadigd met een speciaal kation. Uit de variatie van de dubbelbreking met het kation kan ten slotte de conclusie worden getrokken, dat de uitwisselbare kationen een bepaalde positie in het kristalrooster innemen. Een groot onderzoekingsveld ligt hier echter nog braak.

Behalve muscoviet werd in één der door mij onderzochte monsters ook gebleekte biotiet aangetroffen. Daar op de landbouwkundige betekenis hiervan later nader zal worden ingegaan, volgen hier slechts opmerkingen van mineralogische aard. Het eerst werd het voorkomen van gebleekte biotiet medegedeeld door Zschimmer (132), die hierbij opgeeft dat het s.g. van 3,09 tot 2,78 terugliep, $\alpha$ van 1,590 tot 1,577 en $\gamma$ van 0,041 tot 0,029.

Hieruit blijkt dus, dat de belangrijkste eigenschappen als s.g., lichtbreking en dubbelbreking sterk veranderen, terwijl ook de waarde der assenhoek zich wijzigde. Deze betrekking tussen physische eigenschappen en chemische samenstelling wordt de basis van het uitgebreide onderzoek van Kunitz (112), die hierbij eveneens tot de conclusie komt, dat afnemend Fe-gehalte van de glimmers der biotietreeks een uitgesproken daling van de brekingsindex, nl. van 1,628 tot 1,545, ten gevolge heeft; het s.g. loopt eveneens terug, terwijl de waarde der assenhoek tot 0° afneemt.

Tenslotte beschrijft Leinz (117) nog het voorkomen van gebleekte biotiet in een dioriet. Ter definitieve determinatie werden door hem biotiet-fragmenten aan intensieve ontkleuring onderworpen door deze met geconcentreerd zoutzuur gedurende 50 minuten bij 80° C te behandelen. Alle schilfers waren toen volledig gebleekt. Het s.g.

nam af van 3,10 tot 2,50, de lichtbreking voor $\gamma$ was van 1,630 tot 1,441 teruggelopen, de assenhoek werd 0°, terwijl elke dubbelbreking verdwenen was. Het mineraal was vrijwel isotroop geworden. De tot nu toe besproken mineralen behoren tot de meest voorkomende en belangrijkste gesteente-vormers. Ten gevolge van de invloed der verwering kan in het fijnste verweringsproduct een groep nieuwe mineralen optreden, de zgn. klei-mineralen, welke volgens Rogers en Kerr (163) ook in de sedimentgesteenten een ruime verspreiding bezitten. Tot de meest gewone klei-mineralen behoren: kaoliniet, dickiet, halloysiet en montmorilloniet. Over het voorkomen dezer mineralen zeggen genoemde onderzoekers, dat kaoliniet gewoonlijk door verwering in situ van veldspaten ontstaat en dan als residuaire of getransporteerde kaolien kan worden opgehoopt. Dickiet wordt gevormd door hydrothermale oplossingen in aders of gangen en komt soms met sulfieden voor in ertsafzettingen. Halloysiet wordt als een porceleinachtige witte massa gevonden in kleischalies en zandstenen, en als vervanger van kalksteen. Montmorilloniet is een van de meest verspreide mineralen dezer groep en komt voor als een omzettingsproduct van vulkanische as of tuf en soms bij kleinere hoeveelheden in pegmatietgangen. De samenstelling is een nog omstreden punt; wij zullen echter de door Rogers en Kerr medegedeelde chemische en physisch-optische eigenschappen volledigheidshalve weergeven:

TABEL XXVII

| Mineraal | Chem. samenst. | kristalsyst. | $n_\alpha$ | $n_\beta$ | $n_\gamma$ | $n_\gamma - n_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaoliniet | $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ | monoklien | 1,561 | 1,565 | 1,566 | 0,005 |
| Dickiet | $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ | monoklien | 1,560 | 1,562 | 1,566 | 0,006 |
| Montmorilloniet | $MgO.Al_2O_3.5SiO_2.nH_2O$ | monoklien | 1,492 | 1,513 | 1,513 | 0.021 |
| Halloysiet | $Al_2O_3. \pm SiO_2.nH_2O$ | aggregaat | | n = 1,55 | | 0,001 |

Van deze klei-mineralen werd slechts kaoliniet in een der preparaten, nl. dat van Echt, aangetroffen.

Vermeldenswaard is nog het voorkomen van rutiel in de fractie 1–5,5$\mu$ van de Maas-klei en eveneens, doch in geringer hoeveelheid, in de klei van Hedel. Deze moet worden opgevat als een getransporteerde nieuwvorming uit de schiefers van de Ardennen. Het voorkomen van rutiel in zeer kleine afmetingen is, zoals Mügge (132 blz. 96) mededeelt, door meerdere onderzoekers beschreven. Aanvankelijk niet herkend, beschreef in 1871 Zirkel ze als „Tonschiefer-

nädelchen". Later kon Cathrein deze naaldjes determineren als rutiel, hetgeen door onderzoekers als De Lapparant, die ze in uit phyllieten ontstane bauxieten beschrijft, werd bevestigd.

Door mij werden naaldjes, afgeronde zuiltjes en ronde korrels aangetroffen, terwijl ook een enkele prachtige knievormige tweeling werd gevonden. Opvallend was nog de ophoping van deze naaldjes in glimmerblaadjes, vermoedelijk uit het door verwering vrijkomende Ti in situ gevormd. Naast een zeer hoge lichtbreking kon met behulp van de compensator van Berek een dubbelbreking van 0,3 bepaald worden. De afmetingen van de langste naaldjes bedroegen 8$\mu$ lengte en $\frac{1}{2}\mu$ breedte.

Het mineraal kwam in de beschreven vorm veelvuldig voor in de klei van Echt en alleen in de fractie 1–5,5$\mu$. Dat het ook, zij het in geringere hoeveelheid, in de klei van Hedel voorkwam, bewijst, dat het fijnste en landbouwkundig belangrijkste materiaal van deze localiteit niet noordelijk is, zoals wellicht op grond van de mineralogische samenstelling van het grovere gedeelte verwacht zou kunnen worden, doch dat een aanzienlijk percentage dezer fracties uit zuidelijk materiaal bestaat.

Als laatste mineraal, dat een rol van betekenis speelt, zij nog de kalkspaat genoemd; dit werd als belangrijke component in alle fracties, ook de allerfijnste van de Rijnklei, aangetoond, terwijl het ook in de klei van Echt voorkwam. Het aantreffen van enige, vrijwel zuivere rhomboëders in de fractie 1–5,5$\mu$ deed aan dolomiet denken. Ten einde dit te onderzoeken werd een proefje van deze fractie met koud verdund zoutzuur behandeld. In het vervolgens gemaakte canadabalsem-preparaat werd echter geen enkel kristal met een zeer hoge lichtbreking aangetroffen, zodat dolomiet niet aanwezig kon zijn. In dezelfde fractie werden ook nog vrij veel diatomeën aangetroffen.

De doorloper kwarts, welke in alle drie de monsters voorkwam, vertoonde in het 10–55$\mu$ preparaat van Echt nog een merkwaardig scherpe, rechtkantig begrensde vorm, zodat soms de indruk werd gevestigd, dat we met idiomorfe kwartskristallen te doen hadden.

Zoals uit de bovengenoemde opsomming blijkt, is het aantal aangetoonde mineralen niet zeer groot. Toch kunnen de veldspaten zowel als de kaoliniet-glimmergroep door onderling weinig verschillende brekings-index determinatie-moeilijkheden opleveren, wanneer alleen de bestudering in een canadabalsem-preparaat, waarbij dan de index geschat moet worden, mogelijk zou zijn. Om dit bezwaar te onder-

vangen heeft Correns (43) een methode uitgewerkt, waarbij een inbettingsvloeistof wordt gebruikt, waarvan de brekingsindex zich regelmatig wijzigt, d.w.z. langzaam stijgt. Een vloeistof overigens van enigszins andere samenstelling dan door Correns beschreven, die aan de gestelde eisen voldoet, bestaat uit een mengsel van monobroomnaphtaline (n = 1,657), paraldehyde (n = 1,4060) en cederolie (n = 1,515). Van deze drie componenten verdampt paraldehyde, terwijl cederolie wordt toegevoegd om te snelle verdamping tegen te gaan. De menging is gebaseerd op de formule:

$$N = \frac{n_1 v_1 + n_2 v_2}{v_1 + v_2} \quad (1)$$

waarin N = de gewenste brekingsindex, $n_1$ en $n_2$ de indices der twee componenten, welke het eerste gemengd worden en $v_1$ en $v_2$ hun resp. volumina. Uit (1) volgt:

$$v_2 = v_1 \frac{n_1 - N}{N - n_2} \quad (2)$$

Uit (2) is dus te berekenen, dat, uitgaande van een bepaalde hoeveelheid van b.v. monobroomnaphtaline, hieraan een hoeveelheid $v_2$ paraldehyde is toe te voegen, om een eindvloeistof van een brekingsindex N (b.v. 1,50) te krijgen. Nu moet nog cederolie bijgemengd worden. In formule (2) wordt $n_1 = 1{,}50$ $n_2 = 1{,}515$ en N de gekozen eindindex.

Men kan zich op deze wijze een vloeistof met een beginindex van b.v. 1,510 maken. In een bepaald aantal uren, afhankelijk van de hoeveelheid toegevoegde cederolie, zal de index stijgen tot 1,60. In deze vloeistof brengt men de te onderzoeken fractie en noteert, welke mineralen op een gegeven ogenblik verdwijnen. Dan bepaalt men zo snel mogelijk met behulp van een refractometer, welke brekingsindex het medium op dat ogenblik heeft, waardoor tegelijkertijd zeer nauwkeurig de brekingsindex van het mineraal bekend is en een juiste determinatie mogelijk wordt. Het is dan wenselijk om precies, met behulp van de verdeling op de kruistafel, het gezichtsveld, dat men in onderzoek heeft, te noteren, zodat men dit gemakkelijk terug kan vinden.

Deze methode is speciaal bij de fijnere fracties, waarbij men de determinatie hoofdzakelijk op de brekingsindex moet baseren, van groot belang en levert dan ook goede resultaten.

Bij de door mij onderzochte kleien kon de volgende procentuële verdeling der samenstellende componenten worden bepaald:

TABEL XXVIII

MINERALOGISCHE SAMENSTELLING VAN DE KLEI VAN ECHT

| | 1–5,5$\mu$ | 5,5–10$\mu$ | 10–55$\mu$ | 55–100$\mu$ |
|---|---|---|---|---|
| Kwarts | 15 | 48 | 68 | 85 |
| Plagioklaas | — | — | 1 | — |
| Mikroklien | — | 1 | — | — |
| Muscoviet | 60 | 40 | 23 | — |
| Kaoliniet | 7 | 6 | 2 | — |
| Calciet | — | 2 | 3 | — |
| Rutiel | 15 | — | — | — |
| Gesteenteresten | — | — | — | 12 |
| IJzeraggregaten | 3 | 3 | 2 | — |
| Opaak | — | — | 1 | 3 |

Kwarts komt voor als al of niet afgeronde fragmenten, die van de grofste fractie naast enige gesteentefragmenten de hoofdmassa uitmaken. In het algemeen zijn de korrels helder, doch soms komen ook bijna geheel troebele exemplaren voor. De massa neemt met de korrelgrootte duidelijk af, doch blijft ook in de fijnste fracties een rol van betekenis spelen. Op het voorkomen in de fractie 1–5,5$\mu$ wordt nog teruggekomen bij de bespreking van de röntgenografische analyse.

De gesteenteresten omvatten, zoals ook bij het onderzoek der lichte fractie werd beschreven, kwartsieten, resten van porphyrische grondmassa, kiezelgesteenten en hier ook een enkel schieferfragment. Slechts één vuursteenschilfer werd waargenomen; ook het optreden van de gesteentefragmenten is beperkt tot de grovere fracties.

Onder ijzeraggregaten wordt verstaan een donker- tot lichtbruine ongeordende amorfe massa, vermoedelijk uit colloidaal ijzerhydroxyde bestaande.

Van betekenis in de fijnere fracties wordt het mineraal muscoviet; dit treedt zelden als heldere splijtstukjes op, doch is meestal troebel geel tot geelbruin. De blaadjes geven vaak een duidelijk 2-assig negatief assenbeeld met grote assenhoek, waardoor ze zich van eventuële, ontkleurde biotiet onderscheiden.

Kaoliniet treedt niet duidelijk op, doch waar het vooral in de fijnste fractie vaak moeilijk herkenbaar is, schijnt een verwisseling met muscoviet niet altijd uitgesloten. Vermoedelijk is een eventuële fout echter niet groot, daar ook de röntgenografische analyse in de fractie $<1\mu$ geen kaoliniet aangeeft.

Op het voorkomen van rutiel in deze klei werd reeds gewezen. Het apart optreden blijft beperkt tot de fijnste fractie, doch de ophoping in glimmerblaadjes werd prachtig gedemonstreerd in de fractie 10–55$\mu$.

Ten slotte treedt ook nog kalkspaat in geringe hoeveelheden in de middelste fractie op als onregelmatige fragmenten met zeer hoge lichtbreking en anomale interferentiekleuren. Het is, blijkens de röntgenografische analyse, in de vijfde fractie geheel verdwenen.

De Rijnklei van Lexkesveer vertoonde de volgende samenstelling:

TABEL XXIX

MINERALOGISCHE SAMENSTELLING VAN DE KLEI VAN LEXKESVEER

| | 1–5,5$\mu$ | 5,5–10$\mu$ | 10–55$\mu$ | 55–100$\mu$ |
|---|---|---|---|---|
| Kwarts | 16 | 32 | 41 | 64 |
| Veldspaat | 6 | 9 | 15 | 16 |
| Muscoviet | 34 | 17 | 6 | — |
| Biotiet | 6 | 6 | 7 | — |
| Calciet | 27 | 22 | 23 | 12 |
| IJzeraggregaten | 1 | 3 | 4 | 3 |
| Opaka | 3 | 2 | 4 | 5 |
| Diatomeën | 7 | 9 | — | — |

Betreffende de kwarts valt niets bijzonders op te merken. De habitus was als bij de klei van Echt, terwijl ook hier troebele zowel als heldere korrels voorkwamen.

Onder veldspaat zijn zowel orthoklaas als plagioklaas samengevat, daar deze speciaal in de fijnste fracties niet altijd met zekerheid te onderscheiden waren. Orthoklaas is evenwel zeker aangetoond, terwijl van de plagioklaas gewoonlijk de zuurste dezer reeks werd aangetroffen en als uiterste basische slechts de 16%ige oligoklaas op grond van de uitdovingshoek op (010) als zodanig kon worden gedetermineerd.

Calciet, zoals reeds gezegd in deze klei een belangrijke component van alle fracties, kwam voor als onregelmatige, door ijzer bruin gekleurde fragmenten naast duidelijke splijtstukjes, waaronder rhomboëders. Muscoviet vertoonde zich als troebele schilfers, zonder echter een spoor van rutiel, als de bij Echt beschrevene. Naast muscoviet trad als duidelijke component biotiet op, soms als bijna volledig gebleekte splijtstukjes, in welk geval zich de eigenschappen hadden

gewijzigd als medegedeeld op blz. 90. De betekenis van dit optreden is zeer groot, daar m.i. hierin de oorzaak van de natuurlijke kalirijkdom van dit sediment moet worden gezocht. Uit de reeds vroeger genoemde onderzoekingen van Prianischnikow (152) blijkt, dat van de verschillende K-houdende silikaten biotiet het snelst zijn kali afstaat. Dat glimmers een meer geschikte kali-bron vormen dan veldspaten, betoogde ook Blanck (22), terwijl reeds eerder Biéler-Chatelan (21) op grond van proeven met raai-gras tot de conclusie kwam, dat de wortels zelf rechtstreeks K uit de glimmer halen, nadat het gemakkelijk oplosbare K van te voren met HCl verwijderd was. Deze onderzoeker wijst dan nog op de betekenis van glimmers als fluor-bron, welk element de consumenten van plantaardig voedsel voor het vormen van tandémail nodig hebben. Later volgen enige onderzoekingen van Goldschmidt en zijn leerlingen. In zijn publicatie met Johnson (79) wordt gewezen op de betekenis van biotiet als kali-leverancier, terwijl nog wordt aangetoond, dat de resistentie tegen verwerende invloeden met stijgend ijzergehalte afneemt. Bijzonder duidelijk komt de belangrijke rol van biotiet naar voren in de bemestingsproeven van Cranner (49) met haver en erwten. Uit de drooggewichtcijfers blijkt nl., dat de biotiet-planten een productievermogen hebben gehad, dat zelfs groter was dan dat der planten, die $KH_2PO_4$ als kalium-bron hadden toegediend gekregen. Bij erwten met 0,1556 g $K_2O$ als $KH_2PO_4$ gevoed was het drooggewicht 4,0425 g, terwijl bij een gift van 0,1562 g/L $K_2O$ als biotiet (2,10 g) het totale drooggewicht 9,0669 g bedroeg.

Bij biotiet-haver was het drooggewicht van het stro iets achtergebleven ten opzichte van de normaal gevoede planten, doch het korrelgewicht was van 1,8470 tot 3,5840 g gestegen.

Al deze en dergelijke onderzoekingen wijzen dus in dezelfde richting nl. dat het voorkomen van biotiet in een kleigrond als buitengewoon gunstig moet worden beschouwd en als bepalend voor de natuurlijke kali-rijkdom van het sediment. Op de physische betekenis van de glimmers, als veroorzakers van de plasticiteit der kleien, welke volledig werd onderzocht door Atterberg (5), zal hier niet nader worden ingegaan.

Ten slotte volgt de klei-samenstelling van het proefveld der Kalimaatschappij:

Behalve de geheel andere procentuele verdeling der verschillende componenten, viel in de preparaten van Hedel de weinig frisse toestand der veldspaten op. Onder deze veldspaten speelde orthoklaas

TABEL XXX

MINERALOGISCHE SAMENSTELLING VAN DE KLEI VAN HEDEL

| | 1–5,5$\mu$ | 5,5–10$\mu$ | 10–55$\mu$ | 55–100$\mu$ |
|---|---|---|---|---|
| Kwarts | 17 | 40 | 62 | 83 |
| Veldspaat | 4 | 6 | 8 | 11 |
| Muscoviet | 65 | 37 | 20 | — |
| Calciet | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Rutiel | 6 | — | — | — |
| IJzeraggregaten | 6 | 5 | 3 | 1 |
| Opaak | — | 2 | 2 | 3 |
| Organische resten | — | 6 | — | 1 |

de hoofdrol; dit mineraal kwam met 7 % voor in de grofste fractie. De plagioklaas was wederom albiet, terwijl in de tweede fractie een mikrolien werd aangetroffen. De mineralen waren veel sterker verweerd dan die in de Rijn-klei, waar de veldspaten nog een zeer frisse indruk maakten. Het zeer sterk toenemen der muscoviet wijst mogelijk ook in deze richting. In verband met het feit, dat het materiaal uit het Diluvium afkomstig moet zijn, kan dit verschijnsel geen verwondering baren.

Betreffende de andere componenten valt, na het reeds medegedeelde, niets bijzonders op te merken. Onder de organische resten zijn hier samengevat sponsnaalden en kiezelskeletten, terwijl mogelijk een enkele diatomeënsoort vertegenwoordigd is.

Na de nu volgende bespreking der resultaten van het röntgenografisch onderzoek zal nader worden ingegaan op de bij het mineralogisch onderzoek naar voren gekomen verschillen.

*De röntgenografische analyse* [1])

Alvorens het resultaat dezer wijze van analyseren zal worden medegedeeld, zij een korte uiteenzetting gegeven van het principe, waarop deze methode berust.

De structuur van een kristal wordt bepaald door de rangschikking der verschillende, aan de opbouw deelnemende atomen. Een verbinding met

---

[1]) De röntgenopnamen werden gemaakt in het mineralogisch-geologisch instituut te Rostock, door Dr Mehmel, die mij tevens bij het construeren en uitrekenen der diagrammen behulpzaam was.

eenvoudige structuur is b.v. NaCl, van welks kristalbouw onderstaande figuur een schematische voorstelling geeft.

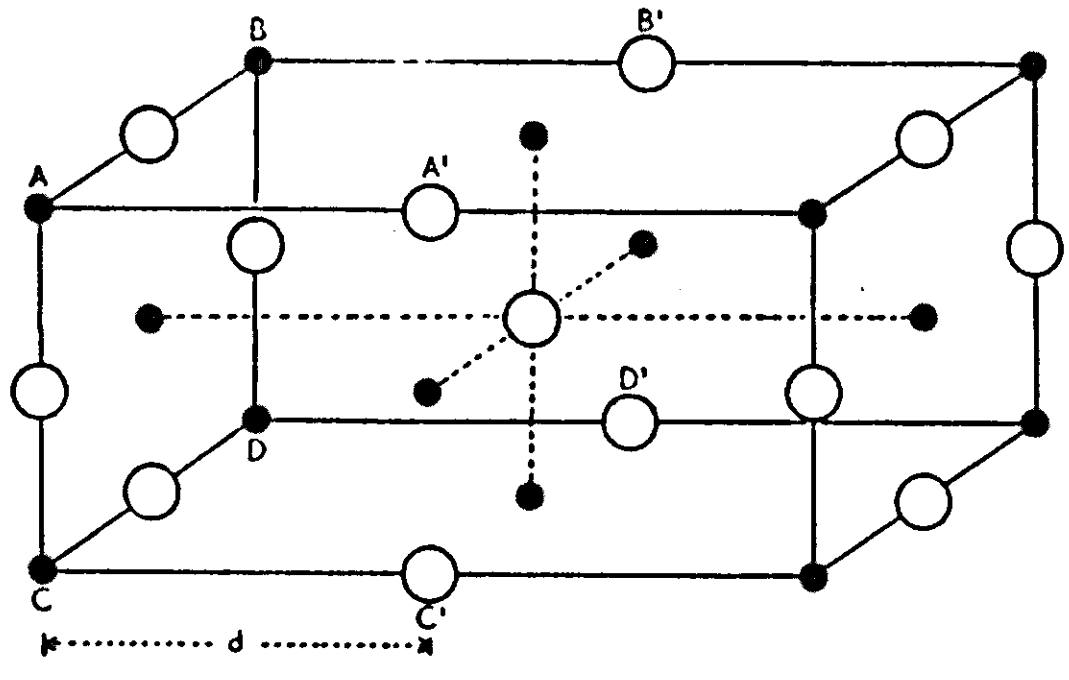



FIG. 9. Schematische voorstelling van de bouw van een NaCl-kristal.

De figuur laat zien hoe men zich door de verschillende atoomgroepen vlakken kan denken. Van deze atoomvlakken zullen meerdere evenwijdig lopen. De afstand tussen twee dichtst bij elkaar liggende evenwijdige atoomvlakken b.v. de vlakken ABCD en A'B'C'D' van het NaCl-tralie noemen wij d.

Theoretisch zijn een oneindig aantal vlakken mogelijk, waarvan vele echter practisch weinig betekenis zullen hebben. Het principe der methode berust immers op het gedeeltelijk weerkaatsen der uitgezonden röntgenstralen door de verschillende atoomvlakken. De intensiteit van dit effect is afhankelijk van de soort en het aantal atomen, die in een bepaald vlak aanwezig zijn, atoomvlakken, die slechts ijl met atomen bezet zijn, zullen dus weinig invloed uitoefenen. Stellen wij nu twee parallelle atoomvlakken, die beschouwd kunnen worden als optische spiegelvlakken, vergroot voor (fig. 10) en laten hierop een bundel röntgenstralen ($r_1 r_2$) vallen:

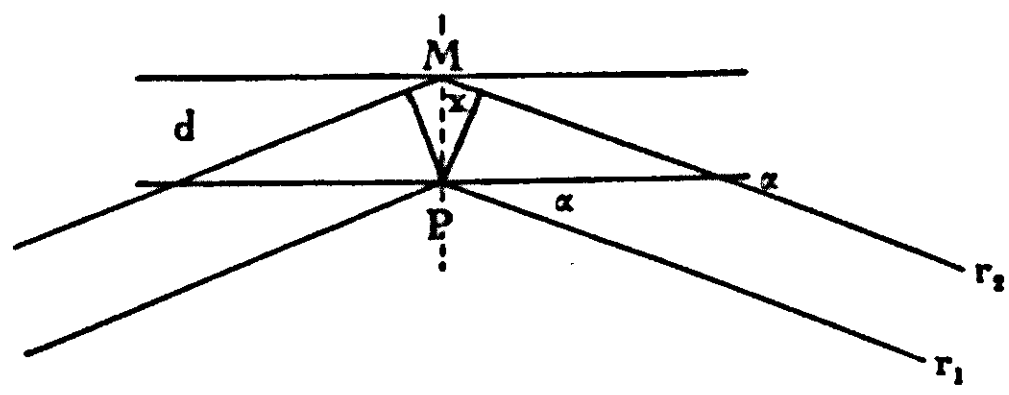



FIG. 10

Op het ogenblik, dat straal $r_1$, invallend met een hoek $\alpha$, de zgn. invals- of glanshoek, via P met een gelijke hoek wordt teruggekaatst (zij het ook met sterk verminderde intensiteit), moet straal $r_2$ nog de afstand x tot M afleggen. Door $r_2$ wordt dus een weg afgelegd $2x$ langer dan de afstand door $r_1$ doorlopen. Nu volgt uit de figuur, dat

$$x = d \sin\alpha \quad (1)$$
$$\text{of} \quad 2x = 2d \sin\alpha \quad (2)$$

Voor samenwerking (versterking) moet echter de waarde van 2x gelijk zijn aan een geheel veelvoud (n) van de golflengte $\lambda$ van het invallende licht, daar de op deze wijze door interferentie ontstane lijnen het foto-diagram vormen. Voor (2) kunnen we dus schrijven:

$$n\lambda = 2d \sin\alpha \quad (3)$$

Dit is de door Bragg opgestelde vergelijking (145 blz. 23).

In deze vergelijking zijn d en $\alpha$ onbekenden. De röntgenografische analyse geeft ons nu op de volgende wijze de waarde van $\alpha$.

Op de binnenzijde van het opname-toestel, voorgesteld door de cirkel in fig. 11, bevindt zich een filmstrook van 3 cm breedte.

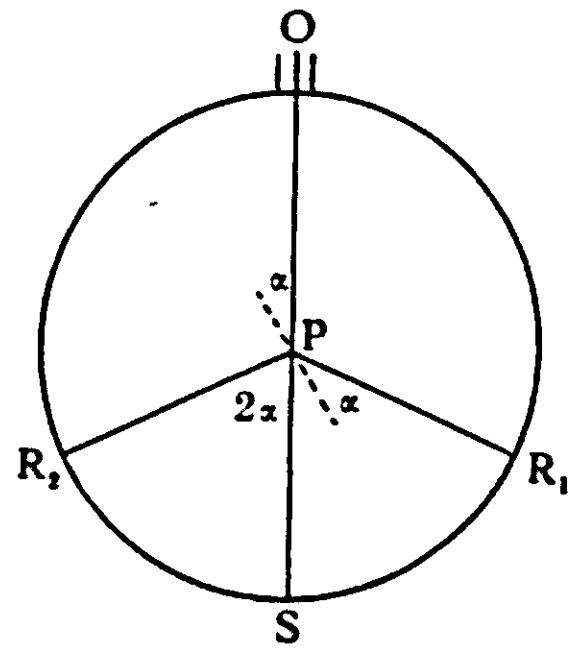



FIG. 11

Door de opening O valt een smalle bundel röntgenstralen op het in het midden opgestelde preparaat P en wordt door een bepaald atoomvlak gereflecteerd naar $R_1$. Ten opzichte van de doorvallende primaire straal OS wordt een hoek $2\alpha$ gevormd. Eveneens wordt door de weerkaatste straal naar $R_2$, teruggekaatst door een atoomvlak van gelijke structuur, dat zich in symmetrische stand ten opzichte van het eerste bevindt, een hoek $2\alpha$ met PS gemaakt. De afstand $R_1R_2$ wordt dus bepaald door de waarde $4\alpha$. Stellen we deze afstand gelijk aan 2a en is de straal van de cirkel R, dan geldt:

$$2a : 4\alpha = 2\pi R : 360 \quad (4)$$

$$\text{of} \qquad 4\alpha = 2a \frac{2\pi R}{360} \quad (5)$$

De factor $\frac{2\pi R}{360}$ is een voor ieder apparaat te berekenen constante, zodat, na meting van de afstand 2a der bij elkaar behorende interferentielijnen op de filmstrook, $\alpha$ eenvoudig te berekenen is. Door de hiervoor gevonden waarde in (2) in te vullen, wordt d bekend.

De eigenlijke opname, die op de methode Debye-Scherrer berust, geschiedt als volgt:

Men mengt een zeer kleine hoeveelheid van de te onderzoeken fractie met gewone houtlijm of syndeticon, zo volkomen mogelijk. Het mengsel laat men staan tot het taai-vloeibaar is en rolt daarvan voorzichtig een dun staafje van hoogstens 0,5 mm doorsnede, dat men goed hard laat worden. Dit aldus vervaardigde preparaat wordt op een 1 cm lang en 0,2 mm dik glas-

staafje geplakt. Is een en ander goed bevestigd dan brengt men het geheel in het opname-apparaat en zorgt dat het preparaat zo goed mogelijk gecentreerd is aangebracht op een daarvoor bestemd asje, dat tijdens de opname langzaam automatisch gedraaid wordt, zodat het te onderzoeken object in alle standen bestraald wordt en dus alle kristalvlakken, die daartoe geëigend zijn, aan de reflectie deelnemen. Is het preparaat goed bevestigd, dan wordt een film ingelegd waarvoor een Agfa-Laue-film van 3 cm breedte werd gebruikt. Zij wordt bedekt met een dunne strook aluminium, ten einde storende invloeden van in het preparaat aanwezig ijzer en door zich in de lucht bevindende onreinheden in het leven geroepen diffuse stralingen te absorberen. Voor de theorie over het ontstaan der röntgenstralen zij verwezen naar de literatuur (26). Tijdens het onderhavige onderzoek werd gewerkt met CuK$\alpha$-stralen met een golflengte $\lambda = 1{,}54$Å.

De situatie is nu als volgt:

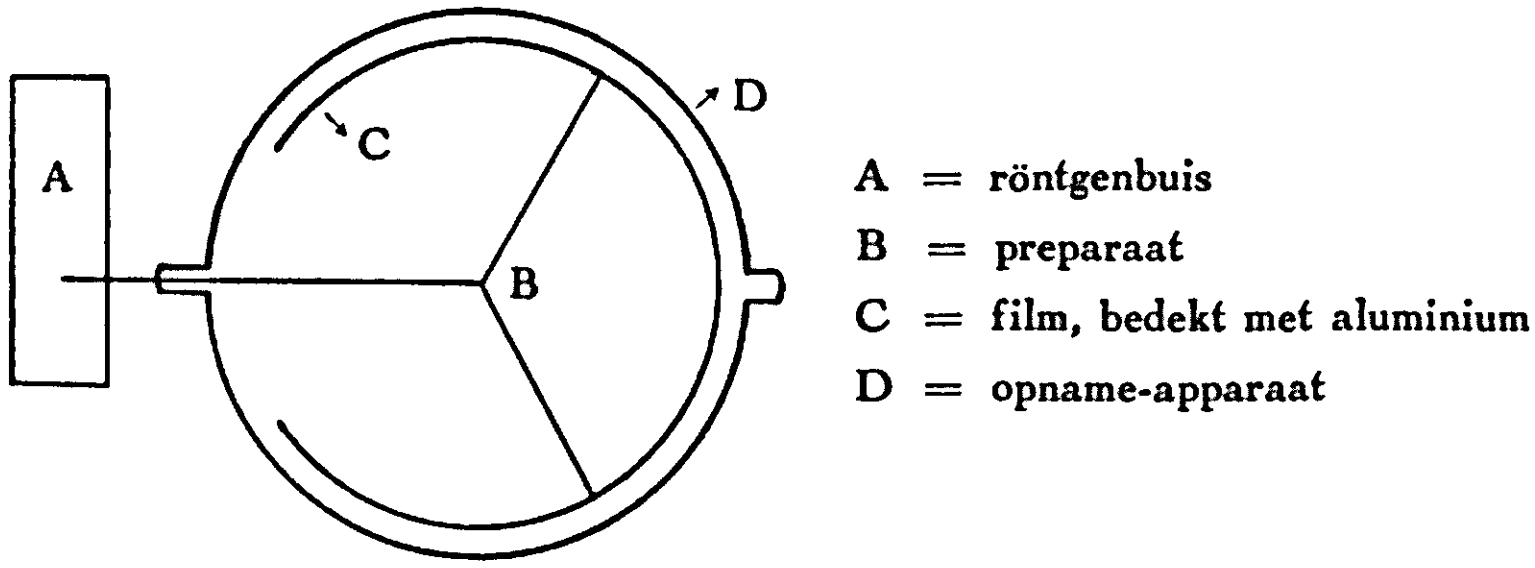



FIG. 12

De flim wordt gedurende 6 uur belicht. Na deze belichtingstijd krijgen we een beeld als weergegeven door de fotografieën naast blz. 102. De afstand 2a tussen twee corresponderende interferentielijnen wordt met een eenvoudig instrument gemeten en hieruit, door middel van een daartoe bestemde tabel, de waarde voor d en de waarde log sin$\alpha$ berekend. Deze laatste waarde wordt nl. gebruikt om het interferentiebeeld van de film om te zetten in een interpreteerbaar diagram. Hierbij wordt de waarde voor log sin$\alpha$ op de abscis afgezet, terwijl verticaal de intensiteit der lijnen wordt weergegeven, waartoe zeven graden onderscheiden worden: 1. zeer sterk, 2. sterk, 3. middel sterk, 4. middel, 5. middel zwak, 6. zwak, 7. zeer zwak. Ten slotte wordt nog de dikte der lijnen als maatstaf voor de scherpte genomen, in dien zin, dat een vervloeiende lijn breder wordt aangegeven dan een scherpe.

De methode om langs de omschreven manier röntgenografisch inzicht te krijgen in de samenstelling van kleien is niet geheel nieuw, al vinden we gegevens over systematisch onderzoek slechts spaarzaam in de literatuur vermeld. Reeds Goldschmidt (77) was in 1926 de overtuiging toegedaan, dat in het röntgenografisch onderzoek de sleutel gezocht moest worden voor de talloze problemen, die de stu-

die van de bodem in het algemeen en de klei in het bijzonder meebrengt. Hij noemt het een van de zekerste en gewichtigste hulpmiddelen bij het bepalen van de minerale samenstelling.

Nieuwere onderzoekingen blijven dan achterwege tot in 1930 Hendricks en Fry (91) een vergelijkende studie maken tussen verschillende kleisoorten. Ze komen hierbij tot de conclusie, dat verschillende tot de klei-mineralen behorende componenten een rol spelen, afhankelijk van de aard van het sediment en dat een specifieke klei, afkomstig van verschillende localiteiten, een zelfde buigingsspectrum vertoont.

Tot een gelijke conclusie komen ook Kelley, Dore en Brown (104), die bovendien aantonen, dat in de door hen onderzochte kleien geen zeolieten voorkomen. Een klei en een bentoniet, verzadigd met telkens andere kationen, geven ieder een constant buigingsspectrum. De kristallyne structuur schijnt dus niet door de adsorptie beïnvloed te worden. Ook dit onderzoek staat echter nog in de kinderschoenen.

Treffen de genoemde Amerikaanse onderzoekers alleen tot de klei-mineralen behorende componenten aan, Clausen (39) deelt in zijn röntgenografische studie van enkele Deense kleien het duidelijk optreden van kwarts en calciet mede. Ook het onderzoek van Nagelschmidt (134) van de tertiaire klei van Maliss wijst niet op de aanwezigheid van één specifiek klei-mineraal. Hij vindt integendeel in de fractie 0,05–1$\mu$ naast halloysiet, kwarts, kalkspaat en muscoviet.

Behalve deze enkele onderzoekingen in de nieuwe richting zij nog het werk van Volk genoemd, die de röntgenografische analyse met een direct landbouwkundig doel gebruikt. Het was namelijk bij enige proefveldonderzoekingen gebleken, dat door de oogst veel minder kalium uit de bodem was gehaald dan was toegediend in de vorm van KCl, terwijl het gehalte aan nog aanwezige, uitwisselbare kalium dit verschil geenszins kon overbruggen (201). Uit speciaal daartoe opgezette proefnemingen kwam naar voren, dat onder bepaalde klimatologische verhoudingen, waar een natte periode werd afgewisseld door flink droge tijden, een gedeelte van het kalium in moeilijk uitwisselbare en voor de planten weinig toegankelijke vorm als muscoviet werd vastgelegd (202). Nu was dit verschijnsel reeds in 1923 geconstateerd door McIntire, Shaw en Young (124), welke onderzoekers bovendien mededelen, dat toediening van $CaCO_3$ zowel als $MgCO_3$ de vastlegging van kalium stimuleert. Ook Hoagland en Martin (96) doen mededeling van dit vastleggen, dat soms

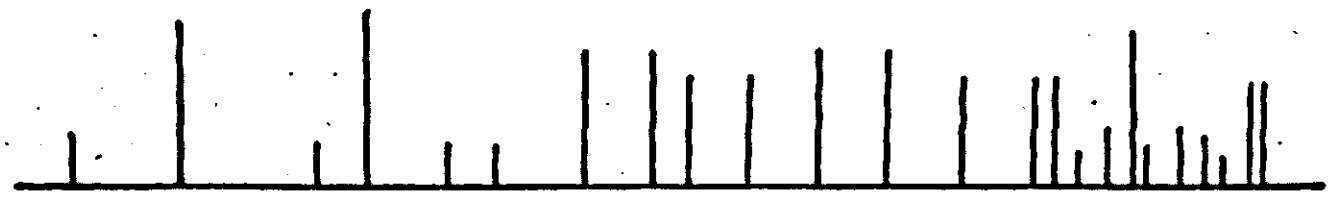


fig. 13. Klei van Echt 1-5,5 $\mu$ [kwarts en glimmer]

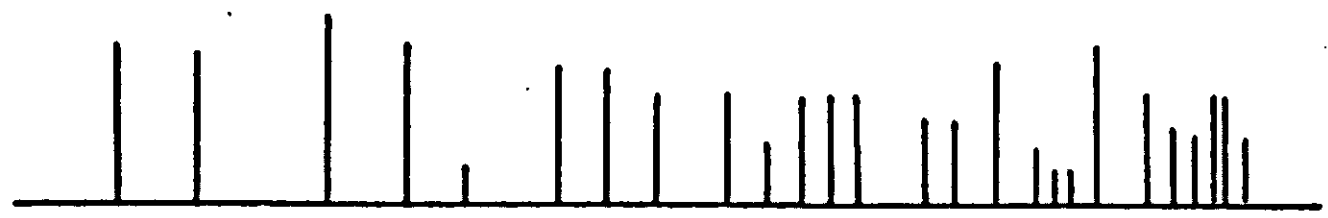


fig. 14. Klei van Lexkesveer 1-5,5$\mu$ [kwarts, kalkspaat, glimmer en veldspaat]

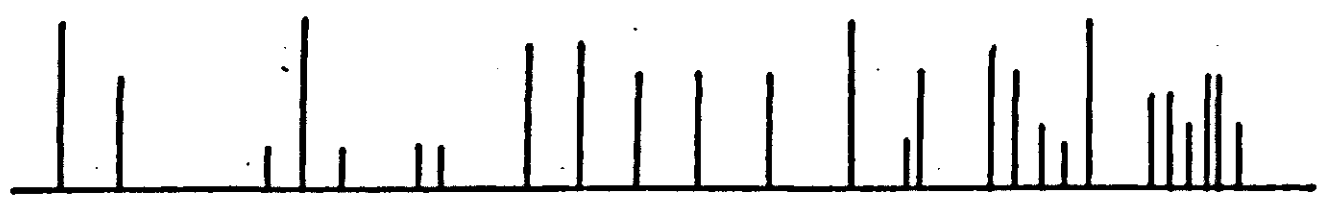


fig. 15. Klei van Hedel 1-5,5 $\mu$ [kwarts en glimmer]

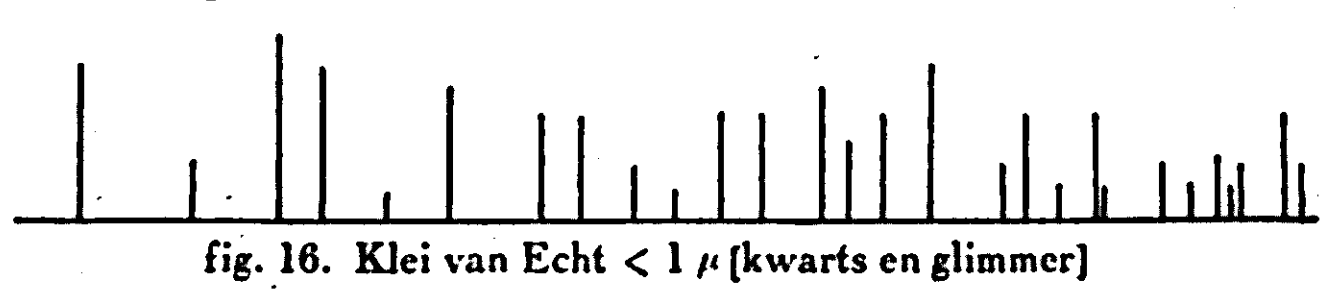


fig. 16. Klei van Echt < 1 $\mu$ [kwarts en glimmer]

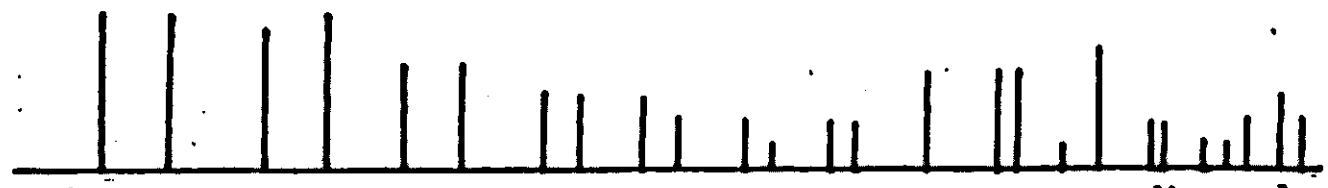


fig. 17. Klei van Lexkesveer < 1 $\mu$ [kwarts, kalkspaat en glimmer]

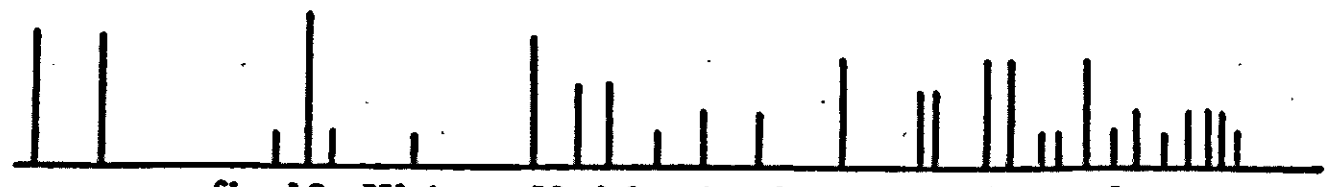


fig. 18. Klei van Hedel < 1 $\mu$ [kwarts en glimmer]

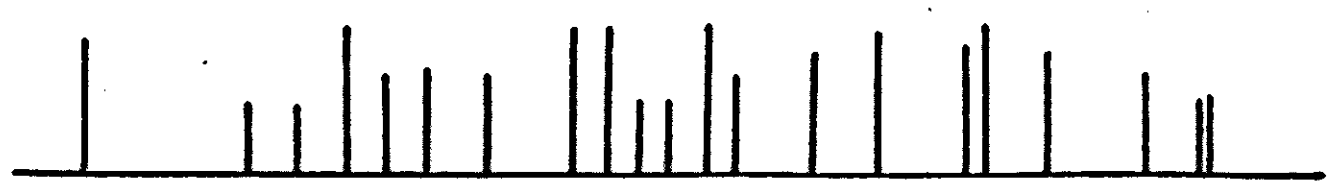


fig. 19. glimmer

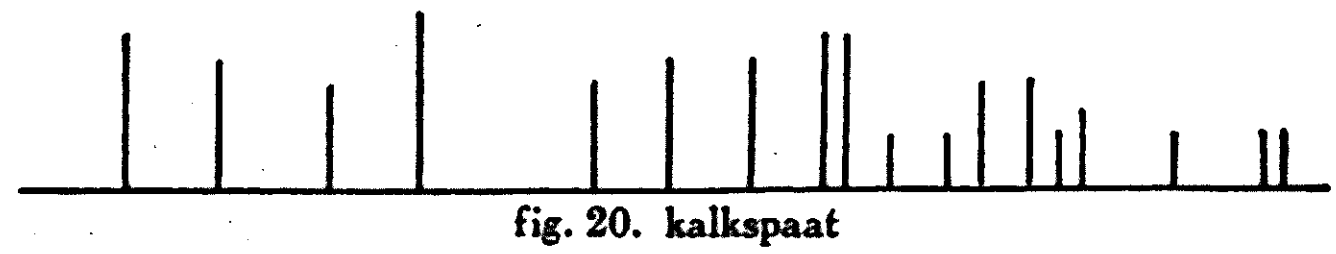


fig. 20. kalkspaat

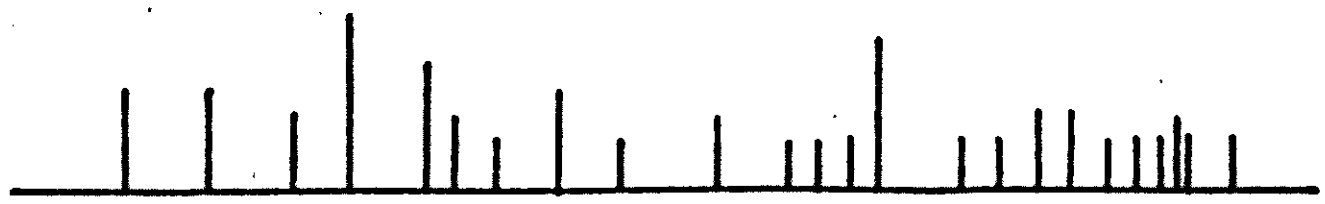


fig. 21. veldspaat

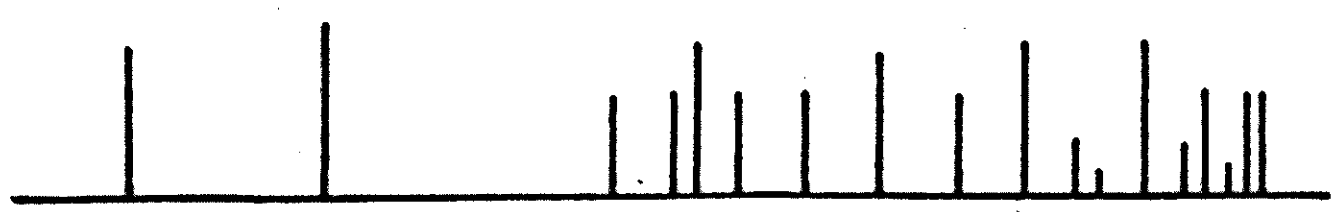
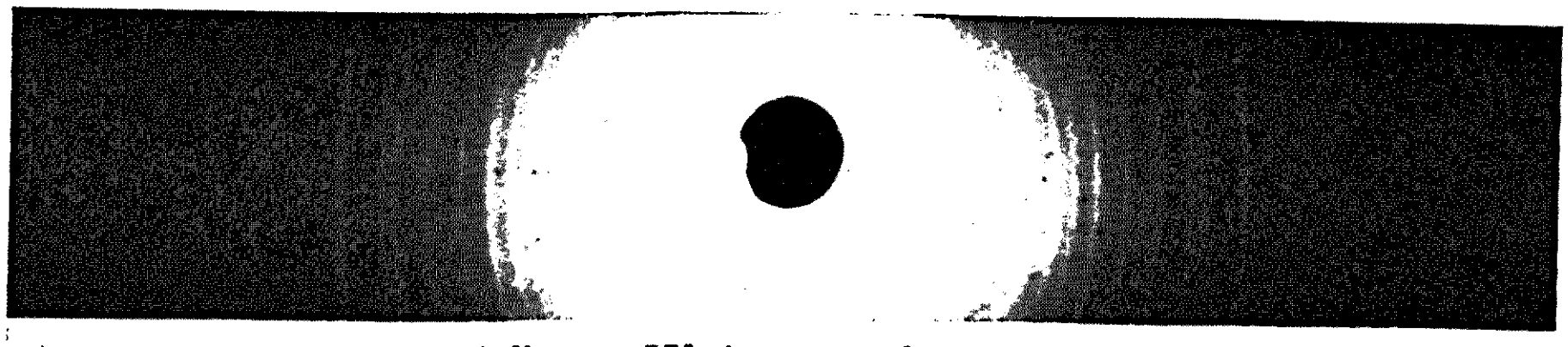
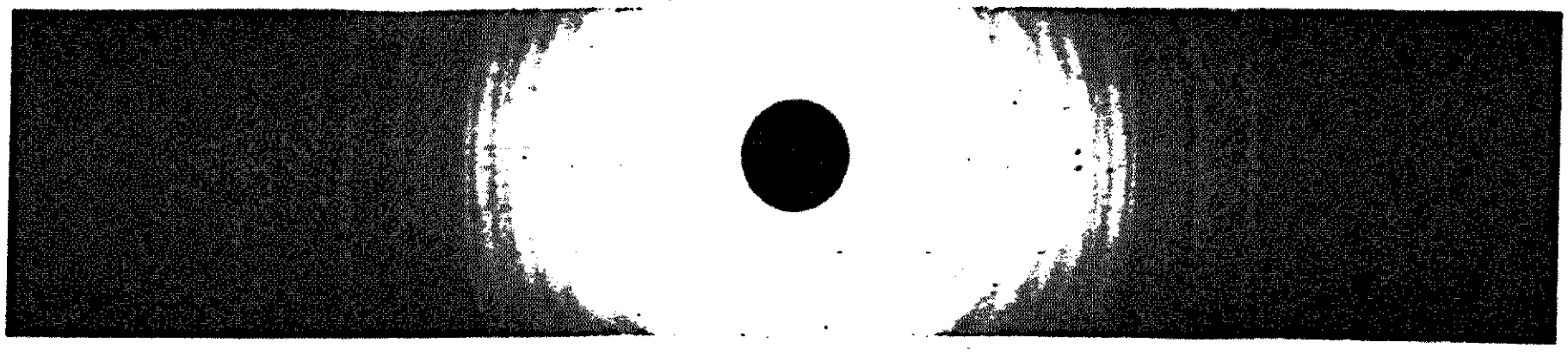


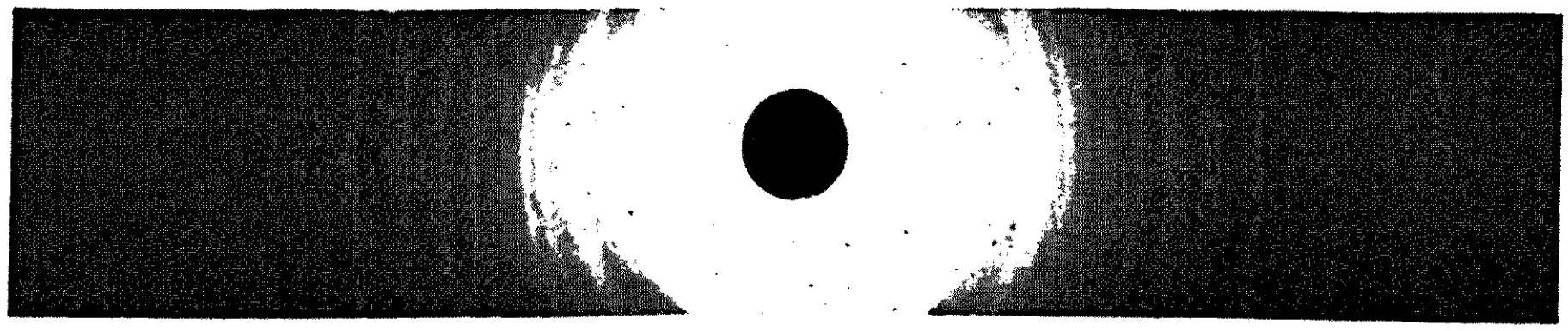
fig. 22. kwarts



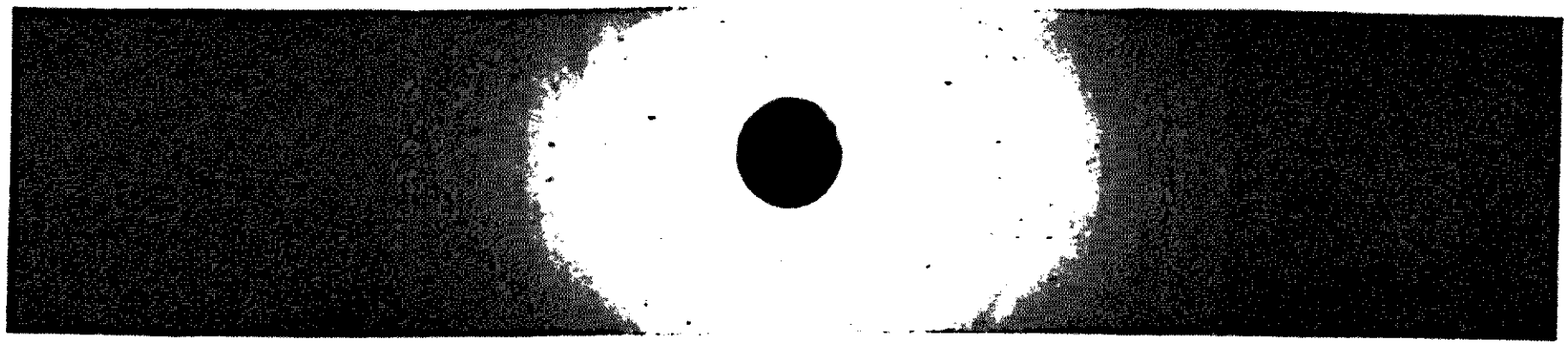
Afb. 2. Klei van Echt 1-5,5 $\mu$.



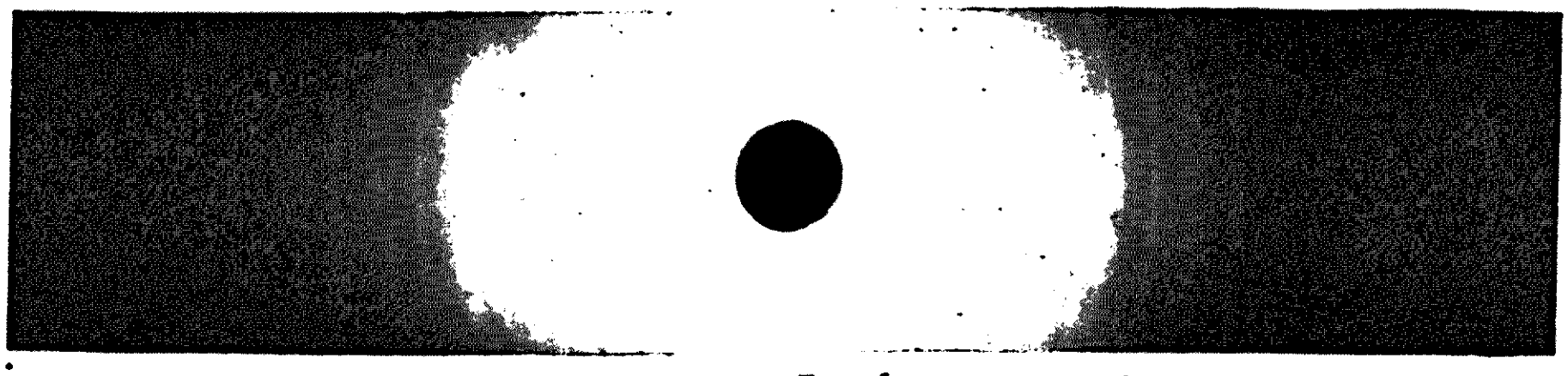
Afb. 3. Klei van Lexkesveer 1-5,5 $\mu$.



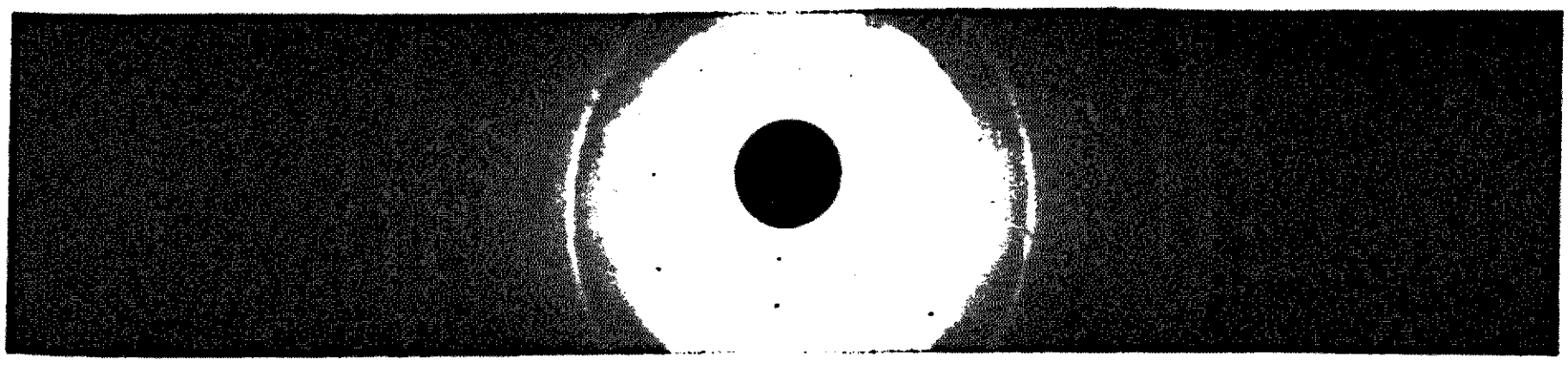
Afb. 4. Klei van Hedel 1-5,5 $\mu$.



Afb. 5. Klei van Echt $<$ 1 $\mu$.



Afb. 6. Klei van Lexkesveer $<$ 1 $\mu$.



Afb. 7. Klei van Hedel $<$ 1 $\mu$.

spontaan kan geschieden. Craig en Lincoln (48) beschrijven nog eenzelfde verschijnsel van enige lateritische gronden van Mauritius, waarbij geconstateerd wordt, dat toediening van snel verterende organische stof (melasse) de hoeveelheid niet-uitwisselbare kalium reduceerde, terwijl bij gelijktijdige toediening van melasse en kalimeststof geen kalium in niet-uitwisselbare vorm wordt vastgelegd.

Het was echter het onderzoek van Volk, dat leerde, in welke vorm deze vastlegging kan geschieden. Hij schrijft het toe aan te grote giften kalium in eens en meent, dat een juiste verdeling over een langere periode van de toe te dienen hoeveelheid het euvel kan verhelpen.

Na deze uiteenzetting van de stand van het onderzoek in het buitenland zij nog gememoreerd, dat in de laatste van de hand van mijn Vader verschenen publicatie (17) melding wordt gemaakt van de eerste röntgenopname van twee Nederlandse grondsoorten nl. van een zeeklei en een löss. Deze opname was op zijn verzoek gemaakt door Prof. Dr W. Keesom te Leiden. Hoewel interpretatie van de daarbij verkregen Debeye-Scherrer beelden nog niet mogelijk was, bleek wel duidelijk het verschil tussen beide gronden, zowel als de kristallynen structuur van de fijnste fracties dezer sedimenten. Dit werd toen zeer terecht als belangwekkend genoemd in verband met de vraag naar de aard der kleinste deeltjes in deze belangrijke cultuurgronden.

De nu volgende diagrammen van de door mij onderzochte kleien, waarvan de spectra op blz. 102 zijn weergegeven, vormen een nieuwe bijdrage voor de studie der fijnere sedimenten. Volledigheidshalve zijn eveneens de diagrammen van elk der samenstellende mineralen opgenomen. [1])

Werd gewoonlijk slechts die fijnste fractie aan een röntgenografische analyse onderworpen, welke niet meer voor microscopisch onderzoek toegankelijk was, van deze Nederlandse kleien werd zowel van de fractie $<1\mu$ als van de daarop volgende $1-5{,}5\,\mu$-fractie een opname gemaakt. Dit had ten doel na te gaan, in hoeverre verschillen in de resultaten van beide analysemethoden te constateren waren. Ter vergelijking is daartoe de kwalitatieve en kwantitatieve interpretatie der interferentiediagrammen, gecombineerd met de langs microscopische weg verkregen gegevens, in de volgende tabel neergelegd:

---

[1]) De benodigde gegevens werden mij op mijn verzoek door Dr Mehmel te Rostock, toegezonden.

TABEL XXXI

MICROSCOPISCHE EN RÖNTGENOGRAFISCHE ANALYSE-RESULTATEN

| | Echt | | | Lexkesveer | | | Hedel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $<1\mu$ | $1-5{,}5\mu$ | | $<1\mu$ | $1-5{,}5\mu$ | | $<1\mu$ | $1-5{,}5\mu$ | |
| | röntg. | min. | röntg. | röntg. | min. | röntg. | röntg. | min. | röntg. |
| Kwarts | 50 | 15 | 70 | 30 | 16 | 60 | 40 | 17 | 70 |
| Calciet | — | — | — | 10 | 27 | 20 | — | 2 | — |
| Veldspaat | — | — | — | — | 6 | 10 | — | 4 | — |
| Muscoviet | 50 | 60 | 30 | 60 | 34 | 10 | 60 | 65 | 30 |
| Diaspoor | — | — | — | ? | — | — | — | — | — |

Het meest opvallende in deze vergelijkende tabel is wel het verschil in de gehaltecijfers voor kwarts in de fractie $1-5{,}5\mu$. In alle gevallen overtrof het percentage van dit mineraal, — dat röntgenografisch kon worden aangetoond, — het mineralogisch bepaalde gehalte verre. Uiteraard werd nagegaan, wat de oorzaak van dit opvallende verschil, dat op een belangrijke methodische complicatie wees, zou kunnen zijn. Na minutieus microscopisch onderzoek van de fracties $1-5{,}5\mu$ bleek inderdaad een grote hoeveelheid uiterst fijne korrels aanwezig te zijn, zo fijn, dat verklaarbaar was, dat ze bij het oorspronkelijke, microscopische, onderzoek niet waren opgemerkt. De korrels waren alleen zichtbaar door reflectie in een medium van veel hoger brekingsindex. Ze waren kleiner dan in deze fractie had mogen worden verwacht. Het verschil bestaat dus hierin, dat gemicroscopeerd werden de korrels, die werkelijk van de grootte-orde $1-5{,}5\mu$ waren, terwijl röntgenografisch uit de aard der zaak het gehele materiaal, dus ook de niet opgemerkte korrels $<1\mu$, werd gewaardeerd. Het verschil in dus terug te voeren tot een fout in de slib-analyse, zoals die te Rostock wordt uitgevoerd. Het is dan ook bij toekomstig onderzoek noodzakelijk met deze methodische complicatie rekening te houden, waarbij overwogen kan worden de ondergrens van de microscopisch te onderzoeken fracties hoger te kiezen.

Toch blijkt duidelijk, welk een eigen positie de grond van Lexkesveer inneemt. Zijn Hedel zowel als Echt uit kwarts en glimmer opgebouwd, de Rijnklei geeft een veel groter variatie van componenten te zien. De diaspoor is voorzien van een vraagteken; bepaalde lijnen in het diagram wijzen nl. vrij duidelijk op de aanwezigheid van dit mineraal, doch dan zouden we met een nieuwvorming

te doen hebben, waarvan het bestaan in Hollandse gronden nog niet bekend was.

Een nieuwe richting, waarin het onderzoek nog geleid moet worden, is de studie van het gedrag der gebleekte biotiet bij röntgenbestraling. Op dit ogenblik is niet uit te maken of dit mineraal ook in de fijnste fractie aanwezig is, omdat niet vaststaat, of een röntgendiagram van gebleekte biotiet misschien eigen karakteristieke lijnen heeft.

De kleien van Hedel en Echt zijn in de fijnste fractie uniform. In hoeverre wellicht in geringe hoeveelheid veldspaat in eerstgenoemde klei aanwezig is, hetgeen in verband met het voorkomen ervan in de grovere fracties plausibel schijnt, en daardoor toch enige kalivoorziening kan worden waargenomen, kan eerst door een verfijnder analyse worden bepaald. Natuurlijk geldt dit in nog sterkere mate voor de klei van Lexkesveer.

Het is uit de aard der zaak een eerste poging, om te trachten met behulp van de röntgenografie, ook met landbouwkundige doelstelling, de klei te bestuderen. Zeker zal dan de methodiek verbeterd moeten worden en vooral zal de ervaring door uitgebreider onderzoek moeten toenemen. Dat zo'n onderzoek, gecombineerd met microscopische en chemische analysen, ten slotte tot een juister inzicht in vele bodem- en landbouwkundige problemen moet leiden, kan als zeker worden aangenomen.

Met het beschreven oriënterende onderzoek konden ten slotte de volgende feiten worden vastgesteld:

Ook bij kleien treedt een provinciëel karakter op, afhankelijk van de herkomst van het sediment.

Een menging tussen twee verschillende sedimenten kan, voor wat betreft de fijnste fracties, van geheel andere aard zijn dan met behulp van de grovere fracties kan worden vermoed.

Een parallel tussen natuurlijke vruchtbaarheid en mineralogische samenstelling is aanwezig.

HOOFDSTUK VIII

# SAMENVATTING EN SLOTBESCHOUWINGEN

Nadat een inleidend literatuur-overzicht de zienswijze gerechtvaardigd heeft, dat aan het mineralogisch onderzoek bij de studie der bodemkundige problemen een ruime plaats moet worden toegekend naast andere erkende takken van wetenschap, kon aan de hand van een groot aantal proefnemingen, in het buitenland verricht, worden aangetoond, dat de betekenis der kali-houdende mineralen als leverancier van voedingsstoffen niet onderschat mag worden. Ik zeg met opzet voedingsstof*fen*, omdat bij deze experimenten in vele gevallen duidelijk naar voren kwam, dat niet alleen het kalium kon worden opgenomen, doch dat hiernaast nog een ander element, het kiezelzuur, van belang is. Het meest sprekend in deze richting zijn wel de proeven van Haley, Cranner en later van Niklewski, waarbij aangetoond wordt, dat planten bemest met kali-houdende mineralen een veel steviger bouw verkregen, wat tot uiting kwam in een hoger asgehalte. In deze as was echter het percentage kalium lager dan bij bemesting met een hoog-percentig kalizout. Dit simpele feit kan wellicht grote betekenis hebben. De indruk wordt gevestigd, dat bij toediening van kalium in zeer gemakkelijk opneembare vorm de plant zich, populair uitgedrukt, met dit element volpropt, en dat daardoor de opname van minder bewegelijke elementen als b.v. kiezelzuur sterk wordt teruggedrongen; het physiologisch evenwicht is dan verstoord. Zou hiervan niet het gevolg kunnen zijn, dat weliswaar een verhoogde opbrengst wordt verkregen, doch dat anderzijds de resistentie van de plant, zo ook zijn waarde als consumptiemiddel, achteruit gaat? Het is geenszins de bedoeling in dit uit de aard der zaak zo gecompliceerde vraagstuk stelling te nemen, doch is het wellicht goed, dat bij het bepalen der waardering voor de natuurlijke mineraal-reserve ook dit vraagstuk onder de ogen wordt gezien.

Het probleem der reserve voor de bosbouw werd eveneens aan de hand van literatuur uitvoerig besproken en ook voor deze cultuur-

richting bleek een betoog tegen eenzijdigheid bij het beschouwen der bodemkundige vraagstukken geenszins misplaatst.

Nadat nog de aandacht op enkele oudere sediment-petrografische onderzoekingen, speciaal in ons eigen land, gevestigd is, volgt de weergave van de bij het eigen onderzoek verkregen resultaten. Allereerst wordt nog de kennis der Nederlandse sedimenten, gebaseerd op het werk van Edelman, uitgebreid, waarbij speciale aandacht aan het Zuid-Limburgse areaal besteed werd. Een juister inzicht in de samenstelling der $B_{Elsloo}$-groep werd hierdoor verkregen, hetgeen leidde tot de identificatie van de $B_{Elsloo}$-provincie sensu strictiori.

Tevens kon op grond van het onderzoek der laagterras- en alluviale afzettingen een nieuwe associatie worden onderscheiden, waaraan de naam $B_{Eysden}$-provincie werd gegeven. Hierdoor werd dus het aantal bestaande provincies tot acht uitgebreid, terwijl het algehele inzicht in het sedimentatie-proces kon worden verdiept. Er deed zich hier een complicatie voor, doordat de zanden benoorden en bezuiden Roermond een opvallend verschillend mineralogisch beeld gaven; de zuidelijk gelegen zanden sloten zich geheel aan bij de petrologie der $B_{Eysden}$-provincie; noordelijk van deze plaats was in de zware fractie de typische gemengde A- en $B_{Saussuriet}$-associatie overheersend. Ook in de lichte fractie werd de verandering bevestigd door het volledig verdwijnen van de in het zuiden veel voorkomende phyllitische schiefer. De verwachting, een oplossing voor dit probleem te vinden in de Slenk van Sittard-Roermond, daarbij uitgaande van de veronderstelling, dat wellicht nog in oud-alluviale tijd de Maas haar producten in Brabant sedimenteerde, werd niet vervuld. Het tracé door Noord-Brabant, bemonsterd van Ittervoort aan de Belgische grens tot Zandkant Z.O. van Boxmeer, leverde de verrassing, dat zowel hoog- als middenterras uit een uniform zand van de samenstelling der gemengde diluviale zanden bestond, dan wel, dat deze terrassen bedolven waren onder een grote stuifzandafzetting. De karakteristieke Maas-componenten werden aan de oppervlakte niet teruggevonden. Daarop onderzochte boringen in de slenk toonden aan, dat ook de diepere afzettingen iedere overeenkomst met de zuidelijke associatie misten. Voor het middenterras moest dit tot de conclusie leiden, dat dit in Brabant niet door de Maas was opgebouwd. Een verdere beschouwing werd achterwege gelaten.

De studie der lichte fractie gaf zeer bevredigende resultaten. Na

een bespreking van de methode van onderzoek worden de bij de analysen verkregen inzichten betreffende de — aan de opbouw der zanden deelnemende — lichte elementen uitvoerig besproken. Aangetoond kon worden, dat ook voor de lichte fractie de regionaliteitsgedachte op basis van de provinciële verbreiding, juist was.

Voor de veldspaten werd bewezen, dat albiet, behalve wat de $B_{Saussuriet}$-groep betreft, hoofdzakelijk tot de noordelijke mineralen kon worden gerekend, terwijl mikroklien als typisch zuidelijk werd opgevat en tevens, dat orthoklaas in de zuidelijke provincies van grotere betekenis was dan in de noordelijke groepen. Aan de rose variëteit van laatstgenoemde veldspaat kon een noordelijk karakter niet miskend worden. Op de vondst van het in ons land nog niet aangetoonde mineraal scapoliet wordt de aandacht gevestigd.

Aan de hand van enige gevallen uit de praktijk wordt nog een beschouwing gegeven over de betekenis van de mineralogie voor de bestudering van het vraagstuk der natuurlijke vruchtbaarheid, waarbij speciaal gewezen wordt op het belang, om ook omtrent het wezen der fijnere delen te zijn ingelicht; deze komen immers in de eerste plaats in aanmerking als bron voor de plantenvoedingsstoffen.

Het is dan ook op grond van deze overtuiging, dat het onderzoek werd besloten met een studie der kleien. Hiertoe diende echter een geheel andere methode van onderzoek gevolgd te worden. De microscopische analyse moest worden verfijnd, waartoe de studie met behulp van de olie-emersie·lens werd uitgevoerd, terwijl de ook op deze wijze niet meer toegankelijke fracties $<1\mu$ aan een röntgenanalyse werden onderworpen. Voorafgegaan door een uitvoerige bespreking der methodiek, worden de resultaten van dit orienterend onderzoek besproken. Voor de details van deze resultaten, welke de verwachtingen verre overtroffen, wordt verwezen naar het betreffende hoofdstuk. Wel zij hier nog gereleveerd, dat ook een provinciële verdeling der kleien waarschijnlijk moet worden geacht, terwijl tevens aan de hand van aan de praktijk ontleende gevallen het bewijs kon worden geleverd, dat inderdaad de bodem-mineralen de dragers der natuurlijke vruchtbaarheid zijn. De in voorafgaande bladzijden medegedeelde resultaten openen dus, zowel wat de praktische toepassing van het mineralogisch onderzoek als de wetenschappelijke uitbouw der sediment-petrografie betreft, interessante perspectieven. Werd, wat het eerste aangaat, de zienswijze reeds meerdere malen geformuleerd, ten aanzien van de richtlijnen voor verder petrografisch onderzoek zij de volgende beeldspraak veroorloofd:

We moeten het sediment zien als een groot geheel, aan de vorming waarvan een aantal bouwstenen deelneemt. Deze bouwstenen zijn in groepen te verdelen naar gelang van hun grofheid en wel:

1. zeer fijne sedimenten — kleien.
2. fijne sedimenten — zanden.
3. grove sedimenten — grinden.
4. zeer grove sedimenten — zwerfstenen.

De afdelingen 2 en 4 mogen bij de huidige stand van het onderzoek genoegzaam bestudeerd geacht worden. Om tot een goed begrip van het geheel te komen is echter duidelijk, dat de studie der groepen 1 en 3 eveneens noodzakelijk is. Slechts dan kan het vraagstuk der sedimenten in grote trekken als opgelost beschouwd worden, indien onze kennis van de zeer fijne resp. grove sedimenten zich aansluit bij hetgeen het onderzoek der zanden en zwerfstenen ons leerde.

Het onderzoek der grinden staat nog geheel open, doch met dat der eerstgenoemde bouwsteen is nu een aanvang gemaakt. De eerste resultaten wekken de verwachting, dat het mogelijk moet zijn, in deze moeilijkste der afdelingen een beter inzicht te krijgen. Inderdaad zal dit slechts met veel geduld bereikt kunnen worden, daar een behoorlijke basis ontbreekt, en nog veel fundamentele arbeid verricht moet worden voor en aleer een sediment-petrografische interpretatie van de door middel van röntgendiagrammen verkregen waarden verantwoord zal zijn.

Dat echter het klei-onderzoek van zeer groot, zowel wetenschappelijk als praktisch belang geacht moet worden, kan met niet genoeg nadruk betoogd worden.

Moge het de Landbouwhogeschool te Wageningen gegeven zijn de plaats te worden, waar dit veelzijdige vraagstuk tot oplossing wordt gebracht.

# LITERATUUR


1 Albert, R. Die ärmsten Waldböden Nord-Deutschlands. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., *66*, 275–282, 1934.

2 Allen, V. T. Petrographic studies bearing on the genesis and morphologic of Illinois soils. Proc. 2nd. Int. Congr. soil Science, Moskou, *5*, 113–117, 1932.

3 André, G. Déplacement de la potasse contenue dans certaines roches feldspathiques par quelques substances employées comme engrais. Compt. Rend. Ac. Sci., *157*, 856–858, 1913.

4 Atterberg, A. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Int. Mitt. Bodenk., *2*, 312–342, 1912.

5 ——— Die Plastizität und Bindigkeit-lieferende Bestandteile der Tone. Int. Mitt. Bodenk. *3*, 291–330, 1913.

6 Baren, F. A. van. De Bodemkaarteering in Nederlandsch-Indië. Geol. en Mijnb. Febr./Mrt 1933.

7 Baren, J. van. De morphologische bouw van het Diluvium ten oosten van den IJsel. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 2de Serie, *27*, 1–92, 1910.

8 ——— Roter Geschiebelehm. Int. Mitt. f. Bodenk. *1*, 1–12, 1912.

9 ——— Die Hauptbodenarte der Niederlande. Ernähr. d. Pflanze, *11*, 1–12, 1915.

10 ——— De agro-geologie als wetenschap. Meded. d. Landb. hoogeschool, *16*, 37–52, 1919.

11 ——— De studie der bodemsoorten en haar beteekenis voor de aardrijkskunde. Gedenkboek R. Schuiling, 24–42, 1925.

12 ——— Grond, Grondonderzoek en Grondkennis. Rede 9de Samenkomst Ind. Landb. Technici, 1927.

13 ——— De Bodem van Nederland, I en II, 1927.

14 ——— Microscopical, physical and chemical studies of limestones and limestonesoils from the East-Indian archipelago. Meded. Geol. Instit. Landb. hoogeschool, *14*, 1928.

15 ——— Vergleichende mikroskopische, physikalische und chemische Untersuchungen von einem Kalkstein und einem Lössbodenprofil aus den Niederlanden. Meded. Geol. Inst. Landb. hoogeschool, *16*, 1930.

16 ——— Properties and constitution of a volcanic soil built in 50 years in the East-Indian archipelago. Meded. Geol. Inst. Landb. hoogeschool *17*, 1931.

17 ——— De cultuurbodem en eenige zijner problemen. Landb. Tijdschr., *45*, 180–214, 1933.

18 Barth, H. Eichenstandort und Bodeneigenschaften. Centralbl. Ges. Forstw. *50*, 793–835, 1928.

19 Bauer, F. C. The relation of organic matter and the feeding-power of plants to the utilisation of rock-phosphate. Soil Science, 12, 21–41, 1921.
20 Bemmelen, J. H. van. Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, Vulkanischen- und Laterit-Böden. Zeitschr. f. Anorg. Chemie. *42*, 265–324, 1904.
21 Biéler-Chatelan, M. Rôle des micas dans la terre arable. Compt. Rend. Ac. Sc. *150*, 1132–1134, 1910.
22 Blanck, E. Die Bedeutung des Kalis in den Feldspaten für die Pflanzen. Journ. f. Landw. *61*, 1–10, 1913.
23 ——— Chemische Verwitterung. Handb. d. Bodenk. *2*, 191–224, 1932.
24 Borghesani, G. A. R. Einige Probleme der forstwissenschaftlichen Bodenkunde. Int. Mitt. f. Bodenk. *5*, 225–231, 1915.
25 Boswell, P. G. H. On the mineralogy of sedimentary rocks, 1933.
26 Bouwers, A. Physica en Techniek der Röntgenstralen, 1927.
27 Bouyoucos, G. J. en McCool, M. M. The Freesing point method as a new means of measuring the concentration of the soil solution directly in the soil. Mich. Agr. Coll. Techn. Bull. *24*, 1–44, 1915.
28 Bragg, W. L. Atomic arrangement in the Silicates. Trans. Far. Soc. *25*, 291–314, 1929.
29 ——— The structure of silicates, 1932.
30 Breazeale, J. F. en Briggs, L. J. Concentration of potassium in orthoclase solutions not a measure of its availability ot wheat seedlings. Journ. Agr. Res. *20*, 615–622, 1921.
31 Breazeale, J. F. en Magistad, O. C. Base exchange in orthoclase. Univ. of Arizona Techn. Bull. *24*, 609–629, 1928.
32 Briggs, L. J. en Breazeale, J. F. Availability of potash in certain orthoclase bearing soils as affected by lime or gypsum. Journ. Agr. Res. *8*, 21–28, 1917.
33 Brown, P. E. Soil-types as a basis for soil investigations. Journ. Am. Soc. Agron. *14*, 198–206, 1922.
34 Cajander, A. K. The theory of forest types. Acta Forestallia Fennica, *31*, 1926.
35 Carroll, D. Mineralogy of the fine sand fractions of some Australian soils. Journ. Royal Soc. West-Australia, *18*, 123–144, 1931/32.
36 Cayeux, L. Constitution de la terre arable. Revue de Viticulture, 453–461, 1905.
37 Chirita, C. Untersuchungen über den Nährstoffgehalt der Waldhumusauflagen unter Berücksichtigung der mineralischen Unterlage und Betrachtung über ihre Bedeutung für die Ertragsfähigkeit der Waldböden. Forstw. Centralbl. *53*, 449–513, 1931.
38 Chudoba, K. Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung, 1932.
39 Clausen, H. Röntgenografiske Undersøgelser af danske Lerarter. Medd. f. Dansk. Geol. For. *8*, 167–174, 1932.
40 Coffey, G. N. Study of the soils of the United States. U.S. Bureau of Soils. Bull. *85*, 1912.
41 Coleman Renick, B. Base exchange in groundwater by silicates as illustrated in Montana. U.S. Geol. Surv. Water-supply *520*-D, 53–72, 1924.

42 Comber, N. M. The availability of mineral plant food. Journ. Agric. Science *12*, 363–369, 1922.
43 Correns, C. W. Bestimmung der Brechungsexponenten in Gemengen feinkörniger Mineralien und von Kolloiden. Fortschr. d. Min. *14*, 26, 1929.
44 ——— Ueber die Bestandteile der Tone. Zeitschr. Deutsch Geol. Ges., *85*, 706–712, 1933.
45 Correns, C. W. en Schott, W. Vergleichende Untersuchungen über Schlämm- und Aufbereitungsverfahren von Tonen. Koll. Zeitschr. *61*, 68–80, 1932.
46 ——— Ueber den Einfluss des Trocknens auf die Korngrössenverteilung von Tonen. Koll. Zeitschr. *65*, 196–203, 1933.
47 Councler, E. Ueber den Gehalt dreier auf gleichem Boden erwachsener Nadelbäume: Tanne, Fichte und Lärche an Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffen. Zeitsch. f. Forst- und Jagdw. *18*, 353–375, 1886.
48 Craig, N. en Lincoln, R. The availability of potash in a typical Mauritius soil. Journ. Agr. Science, *19*, 397–403, 1929.
49 Cranner, B. H. Om Vegetationsforsøk med glimmermineralerne biotit og sericit som kalikilde. Norg. Geol. Undersök. *114*, 1922.
50 Cushman, A. S. The effect of water on rock-powders. U.S. Dept. Agr. Bull. *92*, 1–23, 1905.
51 Cushman, A. S. en Hubbard, P. The decomposition of the feldspars. U.S. Dept. Agric. Publ. Roads Bull, *28*, 1907.
52 Delage, A. en Lagatu, H. Sur la constitution de la terre arable. Compt. Rend. Ac. Sc. *139*, 1043–1044, 1904II.
53 Demolon, A. La dynamique du sol. 1932.
54 Denison. J. A. The chemical composition of colloidal material isolated from the horizons of various soil profiles. Journ. Agr. Res. *40*, 469–483, 1930.
55 Denison, J. A., Fry, W. H. en Gile, P. L. Alteration of muscovite and biotite in the soil. U.S. Dept. Agr. Techn. Bull. *128*, 1–32, 1929.
56 Dietrichson, B. Undersøkelser over norske lerer II. Norges Geol. Und. *116*, 1923.
57 ——— Undersøkelser over norske lerer IV. Norges Geol. Und. *120*, 1923.
58 Doelter, C. Handb. d. Min. Chem. II, 488–523, 1917.
59 Druif, J. H. Over het ontstaan der Limburgsche löss in verband met haar mineralogische samenstelling. Proefschrift, Utrecht 1927.
60 Ebermayer, E. Die gesammte Lehre der Waldstreu, 1876.
61 Edelman, C. H. Over de mineralogische samenstelling van de Limburgsche löss en haar ontstaan. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. *48*, 3–7, 1931.
62 ——— Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair. Proefschrift Amsterdam, 1933.
63 ——— Die Petrologie der Sande der Niederländischen Flüsse: Rijn, Lek, Waal, Merwede, Geldersche IJsel. Meded. Landb. hoogeschool, (in druk).

64 Edelman, C. H. en Baren, F. A. van. Sedimentpetrologische onderzoekingen II, Les sables de la Meuse hollandaise (in voorbereiding).
65 Edelman, C. H. en Doeglas, D. J. Bijdrage tot de petrologie van het Nederlandsche Tertiair. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Serie, *10*, 1–38, 1933.
66 Fehèr, D. Regionale Untersuchungen über den $P_2O_5$-Gehalt der Waldböden. Die Phosphorsäure, *12*, 705–734, 1932.
67 ——— Regionale Untersuchungen über den Kaligehalt der Waldböden. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng, u. Bodenk. *A. 33*, 320–335, 1934.
68 Feilitzen, H. von. Hoe toont zich kali-gebrek bij klaver en gras? vert. door H. Lindeman uit: Svenska moss-kulturförennigens Tidskrift, *33*, 1904.
69 Fraps, G. S. The fertilizing value of greensand. Texas Agr. Exp. Stat. Bull. *428*, 5–25, 1931.
70 Fry, W. H. The mineralogical analysis of soils. Journ. Ind. Eng. Chem. *5*, 30–32, 1913.
71 ——— The microscopic estimation of colloids in soil separates. Journ. Agr. Res. *24*, 879–883, 1923.
72 Gabriel, A. en Cox, E. P. A staining method for the quantative determination of certain rock minerals. Am. Min. *14*, 290–292, 1929.
73 Ganszen, R. H. Untersuchungen an Buchenstandorten Nord- und Mitteldeutschlands. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. *66*, 225–249, 1934.
74 Gardiner, R. F. Solubility of lime, magnesia and potash in such minerals as epidote, chrysolite and muscovite, especially in regard to soil relationships. Journ. Agr. Res. *16*, 259–261, 1919.
75 Gessner, H. Die Schlämmanalyse, 1931.
76 Goldschmidt, V. M. Undersøkelser over lersedimenter. Beretn. Nordisk Jordbr. forsk. Kongv. 434–445, 1926.
77 ——— Crystal structure and chemical constitution. Trans. Far. Soc. *25*, 253–283, 1929.
78 ——— Kristallchemie. Fortschr. Min. *15*, 73–146, 1931.
79 Goldschmidt, V. M. en Johnson, E. Glimmermineralernes belydning some kalikilde for planterne. Norg. Geol. Und. *108*, 1922.
80 Grout, F. F. The relation of texture and composition of clays. Journ. Am. Ceram. Soc. *7*, 122–140, 1924.
81 Groves, R. C. The chemical analysis of clays with special reference to the clay fraction of soils. Journ. Agr. Science, *23*, 519–526, 1933.
82 Hackmann, G. Zur Frage der Forstdüngung unter besonderen Berücksichtigung der Phosphorsäuredüngung. Die Phosphorsäure, *1*, 348–368, 1931.
83 Hall, A. D. The Soil, 1920.
84 Haley, D. E. Availability of potassium in orthoclase for plant nutrition. Soil Science, *15*, 167–180, 1923.
85 Harrassowitz, H. Laterit. Fortschr. Geol. u. Paleont. *4*, 253–566, 1926.
86 Hart, R. A detailed study of a region characterised by diverse rocks and partly covered by glacial drift. Journ. Agr. Science, *19*, 90–104, 1929
87 ——— Soils of South-East Scotland. Journ. Agr. Science *19*, 802–813, 1929.

88 Harting, P. De bodem onder Amsterdam onderzocht en beschreven, 1852.
89 ——— Een woord over eenige proefboringen te Utrecht. Verh. Kon. Akad. v. Wet, 2de reeks *4*, 1872.
90 Hartmann, F. K. Die Abhängigkeit der Höhenbonität und der Bodenflora der Kiefer vom Feinerdegehalt und Untergrund gewisser diluvialen Sandböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. *58*, 226–255, 1926.
91 Hendricks S. B. en Fry, W. H. The results of x-ray and microscopical examinations of soil colloids. Soil Science *29*, 457–478, 1930.
92 Hendrick, J. en Newlands, G. The mineral composition of the soil as a factor in soil classification. Proc. 1st Int. Congr. Soil Science, Washington, *4*, 104–107, 1928.
93 Hicock, H. W. e.a. The relation of forest composition and rate of growth to certain soil characters. Conn. Agr. Exp. Stat. *24*, 677–718, 1930.
94 Hilgard, E. W. Soils, 1914.
95 Hoagland, D. R. The freezing point method as an index of variations in the soil solution due to season and crop growth. Journ. Agr. Res. *12*, 369–395, 1918.
96 Hoagland, D. R. en Martin, J. C. Absorption of potassium by plants in relation to replaceable, non-replaceable and soil solution potassium. Soil Science, *36*, 1–35, 1933.
97 Hougen, H., Klüver, E. en Løkke, O. A Undersøkelser over norske lerer V. Dept. Handel, Sjøfart, Ind. og Fiskeri, 1925.
98 Hudeczek, F. Die Flyschböden des Lainzer Tiergartens. Centralbl. Ges. Forstw. *55*, 329–348, 1929.
99 Jacob, A. Die Bestimmung des Nährstoffgehaltes von Böden durch Elektrodialyse. Ernähr. d. Pflanze, *30*, 106–108, 1934.
100 Jenny, H. en Shade, E. R. The potassium-lime problem in soils. Journ. Am. Soc. Agr. *26*, 162–170, 1934.
101 Jensen, C. A. Effect of decomposing organic matter on the solubility of certain inorganic constituents of the soil. Journ. Agr. Res. *9*, 253–268, 1917.
102 Johannsen, A. en Meritt, C. A. The recognition of minerals and the determination of their properties in crusted rocks. Journ. of Geol. *34*, 462, 1926.
103 Joseph, A. F. Clays as soil colloids. Soil Science *20*, 89–94, 1925.
104 Kelley, H. P., Dore W. H. en Brown, S. H. The nature of the base-exchange material of bentonite, soils, and zeolites, as revealed by chemical investigation and x-ray analysis. Soil Science *30*, 25–55, 1931.
105 Kessler en Lohrbacher. Zusammenhänge zwischen der physiologisch-chemischen Bodenbeschaffenheit und der Bestandsgüte. Allg. Forst. u. Jagdztg. *103*, 134–138, 1927.
106 Koning, M. de. De invloed van kunstmest op den groei en de houtmassa van dennenhout. Tijdschr. Ned. Heide-Mij, *42*, 48–52, 1930 en *43*, 287–296, 1931.
107 Köttgen, P. Die Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffen durch elektrischen Gleichstrom, ein Hilfsmittel zur Ermittlung der Fruchtbarkeitsveranlagung unserer Kulturböden. Chem. Zeitsch. *56*, 833, 1932.

108 Köttgen, P. Ein neues Elektro-Ultrafiltrationsgerät zur Bestimmung der Löslichkeitverhältnisse der Nährstoffbasen und -säuren. Ernähr. der Pflanze, *30*, 121–127, 1934.
109 Krauss, G. Die Standortsverhältnisse der sachsichen Staatsforsten. Jahresber. Deutsch. Forstver. 328–352, 1929.
110 Krogh, J. v. Undersøkelser over norske lerer I. Norges Geol. Und. *115*, 1923.
111 ——— Undersøkelser over norske lerer III. Norges Geol. Und. *119*, 1923.
112 Kunitz, W. Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und der physikalisch-optischen Eigenschaften innerhalb der Glimmergruppe. Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. Beilage Bd *50*, 365–413, 1924.
113 Lang, R. Der Standort der Lärche innerhalb und ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. Forstw. Centralbl. *54*, 15 e.v., 1932.
114 Larsen, E. S. The microscopic determination of the non-opaque minerals. Dept. of Int. Geol. Surv. Bull. *679*, 1921.
115 Lee, Miss Ping-Hua. An economic history of China with special references to agriculture, 1921.
116 Leiningen, W. Graf v. Forstwirtschaftliche Bodenbearbeitung, Düngung und Einwirkung der Waldvegetation auf den Boden. Blanck. Handb. d. Bodenk. *9*, 348–496, 1932.
117 Leinz, V. Die Amphibolite des südlichen Odenwaldes und ihre Beziehungen zu Dioriten und Graniten. Min. u. Geol. Mitt. *42*, 81–135, 1931.
118 Lemberg, J. Ueber Silicatumwandlungen. Zeitschr. Geol. Gesellsch. *28*, 519–621, 1876.
119 Lorié, J. Grondboringen langs de Beneden-Maas. Verh. Kon. Akad. v. Wet. *3*, 2de sectie 1–32, 1894.
120 ——— Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen III. Verh. Kon. Akad. v. Wet. *7*, 2de sectie, 1–30, 1902.
121 Lundegårdh, H. Klima und Boden. 1930.
122 Lyttleton Lyon, T., Fippin, E. O., Buckman, H. O. Soils, their properties and management. 1916.
123 McCaughey, W. J. en Fry, W. H. The microscopic determination of soil-forming minerals. Bureau of soils, Bull. *91*, 5, 1913.
124 McIntire, M. H., Shaw, W. M. en Young, J. B. A 5-year lysimeter-study of the supposed liberation of soil potassium by calcic, and magnesic additions. Soil Science *16*, 217, 1923.
125 Marshall, C. E. The orientation of anisotrope particles in an electric field. Trans. Far. Soc. *26*, 173–189, 1930.
126 Mengdehl, H. Der Einfluss kolloïder Kieselsäure auf die Salzaufnahme der Pflanzen. Jahrb. f. Wiss. Bot. *75*, 252–293, 1930.
127 Meyer, L. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Forstwissenschaft. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. *1*, 312–341, 1869.
128 Miller, H. R. Influence of gypsum upon the solubility of potash in soils. Journ. Agr. Res. *14*, 61–66, 1918.
129 Mitscherlich, E. A. Bodenkunde. 1923.
130 Mohr, E. C. Jul. De grond van Java en Sumatra. 1922.

131 ——— De bodem der tropen in het algemeen en die van Nederlandsch-Indië in het bijzonder. Kon. Ver. Kol. Inst. Med. 31, 1934.
132 Mügge, O. in: Rosenbusch, H., Wülfing, E. A., Mikroskopische Physiographie der petrografisch wichtigen Mineralien I, *2*, 1927.
133 Müller, R. Untersuchungen über die Einwirkung des kohlensaürehaltigen Wassers auf einige Mineralien und Gesteine. T.M.P.M. *1*, 25, 1877.
134 Nagelschmidt, G. Röntgenografische Untersuchungen an Tonen. Zeitschr. f. Krist. *A. 87*, 120–145, 1934.
135 Niggli, P. Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie. 1927.
136 Niklas, H. Untersuchungen über den Einfluss von Humusstoffen auf die Verwitterung der Silikate. Int. Mitt. f. Bodenk. *2*, 214–244, 1912.
137 Niklas, H. en Götting, A. Beurteilung der wichtigsten Bodenarten Bayerns auf Grund neuer Untersuchungen hinsichtlich ihrer petrographischen-geologischen Beschaffenheit. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. *A. 6*, 265–279, 1926.
138 Niklas, H., Pürckhauer, P. en Poschenrieder, H. Beziehungen zwischen pflanzenaufnehmbaren Phosphorsäure und geologischer Bildung des Bodens. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. *A. 9*, 136–160, 1927.
139 ——— Beitrage zur Kenntnis der Kreideverwitterungsböden Bayerns. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. *A. 13*, 39–53, 1929.
140 Niklewski, B. Ueber den Einfluss von Kolloidstoffen auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. Jahrb. f. Wiss. Bot., *78*, 431–482, 1933.
141 Odèn, S. Eine neue Methode zur mechanischen Boden-analyse. Int. Mitt. Bodenk. *5*, 257–311, 1915.
142 ——— Ueber die Vorbehandlung der Bodenproben zur mechanischen Analyse. Bull. Geol. Inst. Upsala, *16*, 125–134, 1918/19.
143 Olmstead, L. B. Dispersion of soils by a supersonic method. Journ. Agr. Res. *42*, 841–852, 1931.
144 Olmstead, L. B., Alexander, L. T. en Middleton, H. E. A pipette method of mechanical analysis of soils based on improved dispersion procedure. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. *70*, 1–22, 1930.
145 Ott, H. Strukturbestimmung mit Röntgeninterferenzen. Handb. d. Experiment. Phys. *7*, 1–320, 1928.
146 Pallmann, H. Ueber Bodenbildung und Bodenseriën in der Schweiz. Ernähr. der Pflanze, *30*, 225–234, 1934.
147 Pearson, G. A. Forest types in the south-west as determined by climate and soil. U.S. Dept. Agr. Techn. Bull. *247*, 1–143, 1931.
148 Penschuck, H. Ueber den Einfluss verschiedener Holzarten auf einzelne psysikalischen Eigenschaften leichter Waldböden. Mitt. Forstw. u. Forstwiss. *2*, 365–416, 1931.
149 Plummer, J. K. Petrography of some North Carolina soils and its relation to their fertiliser requirements. Journ. Agr. Res., *5*, 569–581, 1916.
150 Popp, M. en Contzen, J. Die Erschöpfung der Bodenphosphorsäure. Zeitschr. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. *A. 22*, 1–20, 1931.
151 Prianischnikov, D. Feldspath und Glimmer als Kaliquellen. Landw. Vers. Stat. *63*, 151–156, 1906.

152 Prianischnikov, D. Vegetationsversuche mit verschiedenen kalihaltigen Mineralien. Landw. Vers. Stat. *77*, 399–411, 1912.
153 Ramann, E. Untersuchungen über den Mineralstoffbedarf der Waldbäume und über die Ursachen seiner Verschiedenheit. Zeitschr. f. Forst-. u. Jagdw. *15*, 1–17, 1883.
154 ——— Die Einwirkung der Streuentnahme auf Sandböden. Zeitschr. f. Forst.- u. Jagdw. *15*, 633–663, 1883.
155 ——— Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. 1890.
156 ——— Bodenkunde, 3de druk. 1911.
157 Retgers, J. W. in R. D. M. Verbeek, Krakatau, 218–262, 1885.
158 ——— De samenstelling van het duinzand van Nederland. Verh. Kon. Akad. v. Wet. 29D, 1–48, 1892.
159 ——— Ueber die mineralogische u. chemische Zusammensetzung des Dünensandes Hollands u. über die Wichtigkeit von Fluss- und Meeressand-untersuchungen im Allgemeinen. Neues Jahrb. f. Min. Geol. und Pal. *1*, 16–74, 1895.
160 Rheinwald, H. Bodenuntersuchungen auf dem Owinger Forstdüngungsversuch. Forstw. Centralbl. *55*, 221–231, 1933.
161 Robinson, W. O. The inorganic composition of some important American soils. U.S. Dept. Agr. Bull. *122*, 1914.
162 Robinson, W. O. en McCaughey, W. J. The chemical and mineralogical examination of some Chinese tea-soils. Journ. Ind. Eng. Chem. *2*, 462, 1910.
163 Rogers, A. T. en Kerr, P. F. Thin-section mineralogy, 1933.
164 Ross, C. S. The mineralogy of clays. Proc. 1st Int. Congr. Soil Sc. Washington, *4*, 555–565, 1928.
165 Rove, O. N. Undersøkelser over norske lerer VI. Dept. Handel. Sjøfart. Ind. og Fiskeri, 1926.
166 Russell, E. J. The micro-organisme of the soil. 1923.
167 ——— Soil conditions and plantgrowth. 1932.
168 Russell, J. E. en Appleyard, A. The atmosphere of the soil: its composition and causes of variation. Journ. Agr. Science, *7*, 1–45, 1915.
169 Schloesing fils, Th. Utilisation par les plantes de la potasse dissoute dans les eaux du sol. Compt. Rend. Ac. Sc. *130*, 422, 1900.
170 Schlünz, F. K. Mikroskopische und chemische Untersuchungen zweier Tone. Chemie d. Erde, *8*, 167–185, 1933.
171 Schreckenthal, G. Bodenkundliche Untersuchungen im Aufforstungsgebiete des Marchfeldes. Centralbl. Ges. Forstw. *54*, 377–398, 1928.
172 Schroeder van der Kolk, J. L. C. Bijdrage tot de kaarteering onzer zandgronden. Verh. Kon. Akad. v. Wet, 2de sectie, *4*, 1896; idem, 2de sectie *5*, 1897. id. 1e sectie 6 1935
173 Schütze, W. Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Zeitsch. f. Forst.- u. Jagdw. *1*, 500–516, 1869.
174 ——— Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Zeitschr. f. Forst-. u. Jagdw. *3*, 367–390, 1871.

175 Schütze, W. Ueber den Aschengehalt und über die Zusammensetzung der Asche von Pinus sylvestris. Zeitsch. f. Forst.- u. Jagdw. *8*, 371–380, 1876.
176 'Sigmond, A. A. J. de. Ueber die Verwitterung der Böden und die Nützlichkeit der mineralogisch-petrographischen Bodenanalyse. Földt. Közl. *38*, 220–230, 1908.
177 ——— Ueber die Auswirkung der Bodentypus auf den Nährstoffenstand des Bodens. Verh. II, Komm. Int. Bodenk. Ges. Kopenhagen, *A*, 41–51, 1933.
178 Solomon, J. D. On the heavy mineral assemblages of the great chalky boulderclay and cannon-shot gravels of East-Anglia and their significance. Geol. Mag. *69*, 314, 1932.
179 Staring, W. C. H. De Bodem van Nederland, II. 1860.
180 Stebutt, A. Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. 1930.
181 Steinriede, F. Die Mineralbestandteile des Bodens und die Methoden ihrer Erkennung. Handb. der Bodenk. *7*, 23–45, 1932.
182 Stickney, F. S. en Yust, H. R. The possible effect of hydrogen-ion concentration on the adsorbtion of potassium and phosphorus by wheat plants under field conditions. Journ. Agr. Res. *46*, 449–453, 1933.
183 Stremme, H. Die Verwitterung der Silikatgesteine. Landw. Jahrb. *40*, 325–338, 1911.
184 ——— Grundzüge der praktischen Bodenkunde. 1926.
185 Süchting, H. Physikalische, chemische und biologische Eigenschaften verarmter und durch Humusbildung veränderter Waldböden sowie Mittel zur Besserung solcher Böden. Zeitsch. f. Forts.- u. Jagdw., *59*, 282–301, 1927.
186 ——— Die Gründüngung im Forstbetriebe. Zeitsch. f. Forst.- u. Jagdw., *60*, 321–371, 1928.
187 Tacke, B. und Spiecker, A. Ergebnisse der chemischen Untersuchung einer Anzahl nordwestdeutscher Heideböden. Zeitsch. f. Forst.- u. Jagdw. *39*, 213–229, 1907.
188 Tamm, O. Beiträge zur Kenntnis der Verwitterung in Podsolböden aus dem mittleren Norrland. Bull. Geol. Inst. Upsala, *13*, 183–204, 1915/16.
189 ——— Ueber die Einwirkung der festen Gesteine auf den Waldboden. Medd. Stat. Skogsf. Anst. *18*, 159–164, 1921.
190 Tesch, P. Het veldspaatbestanddeel in het zoogenaamde „Fluviatiele Diluvium". Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. *32*, 2de serie, 441–448, 1915.
191 Thomas, W. Ultimate analysis of the mineral constituents of a Hagerstown silty clayloam and occurence in plants of some of the elements found. Soil Science, *15*, 1–18, 1923.
192 ——— The effect of colloïdal silica on the absorption of phosphoric acid by plants. Science, *71*, 422–423, 1930.
193 Thoulet, M. J. Etude mineralogique d'un sable du Sahara. Bull. de la Soc. mineralogique de France, *4*, 262–269, 1881.
194 Turk, E. de. Potassium-bearing minerals as a source of potassium for plantgrowth. Soil Science, *8*, 269–301, 1919.

195 Urbain, P. Sur la séparation des divers constituants des argiles. Compt. Rend. Ac. Sc. *198*, 964–967, 1934.
196 Vageler, P. Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. 1932.
197 Vageler, P. en Alten, F. Böden der Nil und Gash, VI. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. *A*, *21*, 1931.
198 ——— Untersuchungen über den landwirtschaftlichen Wert der wichtigsten Bodenarten Hollands. Zeitschr. Pflanzern. Düng. u. Bodenk. *A*, *29*, 1–52, 1933.
199 Vandecaveye, S. C. The liberation of potassium from feldspars, and of potassium and carbon dioxide from soils by fertilizer and acid treatments. Soil Science, *16*, 389–456, 1923.
200 Vater, H. Zur Uebertragung des Bärenthorenes Betriebsart nach Sachsen. Tharandt. Forstl. Jahrb. *73*, 61–73, 1922.
201 Volk, N. J. Formation of muscovite in soils, and refinements in specific gravety separations. Am. Journ. Science, *26*, 114–129, 1933.
202 ——— The fixation of potash in difficultly available form in soils. Soil Science, *37*, 267–287, 1934.
203 Wherry, E. T., Ross, C. S. en Kerr P. F. Progress in the study of the clay minerals. Coll. Symp. Ann. *7*, 191–193, 1930.
204 Whitney, M. D. e.a. Symposium on „The utilisation of the soil-survey". Journ. Am. Soc. Agron. *16*, 409–452, 1924.
205 Wiedemann, E. Der gegenwartige Stand der forstlichen Düngung. Arb. d. Deutsch. Landw. Ges. no *385*, 1–84, 1932.
206 Wiegner, G. Boden und Bodenbildung in kolloïd-chemischer Betrachtung. 1918.
207 ——— Dispersität und Basenaustausch. Verh. IV, Int. Konf. f. Bodenk. *2*, 390–423, 1925.
208 ——— Some physico-chemical properties of clays. Soc. Chem. Ind. *50*, 1931.
209 Winchell, A. N. Elements of optical mineralogy. II Description of minerals, 1933.
210 Zemiatchensky, P. A. On the weathering of the feldspars in connection with soil formation. Trans. Dokuch. Soil. Inst. *8*, 40–42, 1933.

# INHOUD


| | | Blz. |
|---|---|---|
| I. | De betekenis van het mineralogisch bodemonderzoek.... | 9 |
| II. | De betekenis van de minerale reserve voor de landbouw | 15 |
| III. | De betekenis van de minerale reserve voor de bosbouw | 29 |
| IV. | Oudere sediment-petrografische onderzoekingen..... | 37 |
| V. | Eigen sediment-petrografische onderzoekingen ..... | 43 |
| | Methode van onderzoek ..... | 43 |
| | Bespreking der resultaten ..... | 44 |
| VI. | De verspreiding der veldspaten in de Nederlandse zanden | 59 |
| | Methode van onderzoek ..... | 61 |
| | Bespreking der resultaten ..... | 65 |
| VII. | Microscopisch en röntgenografisch onderzoek van enige kleien ..... | 81 |
| | De slib-analyse ..... | 84 |
| | Het microscopisch onderzoek..... | 88 |
| | De röntgenografische analyse..... | 97 |
| VIII. | Samenvatting en slotbeschouwingen ..... | 106 |
| | Literatuur..... | 110 |