

Voordracht gehouden door Prof. Ir. J. Hudig op 6 Januari 1942
voor Subcommissie 38a over

Het wezen van "klei".

SEPARAAT
No 17128

De behoefte, die er bestaat om kleigrond landbouwkundig te karakteriseeren, is op verschillende plaatsen en in verschillende tijdperken geveld, doch wegens de ondefinieerbaarheid van klei nog nimmer in een stelsel bevredigd.

De oudste vraag naar een karakteristiek is vermoedelijk uit den tijd van Thaer, die in de 2e helft van de 18e eeuw naar een vruchtbaarheidsbeoordeling streefde.

Gold vroeger het idee, dat een kleigrond vruchtbaarder was dan een zandgrond, en dat vooral de middelzware kleigronden een betere oogst waarborgden dan de lichtere, thans is dat onderscheid niet meer geldig. Immers de bemesting heeft die verschillen of aanzienlijk geringer gemaakt, of uitgewischt.

Er zijn thans andere kriteria van onderscheiding, die min of meer in de bewerkbaarheid moeten gezocht worden. Dit laatste kenmerk heeft natuurlijk ook met vruchtbaarheid te maken, doch het is wat beperkter van inhoud: het is meer physisch georiënteerd dan chemisch of bio-chemisch, zoodat het begrijpelijk is, dat men in de slibanalyse een middel heeft gezocht om kleigronden te classificeeren. Men heeft gemeend in de fractiënaire samenstelling van het heterogene systeem, dat grond is, een maat te kunnen vormen voor het begrip "zwaarte", in de hoop hierdoor een eenvoudige correlatie met bewerkbaarheid te kunnen vaststellen.

Deze poging is misschien niet mislukt te noemen, doch zij heeft toch zeker op vele belangrijke punten gefaald. Het ineéplassen van korrels van verschillende grootte van een vaste stof kan zeer verschillende texturen veroorzaken, zowel vaste als losse. Hoewel nu het fijne materiaal, dat klei genoemd wordt, sterk verkittende eigenschappen hebben kan, is allerm minst het bouwsel alleen afhankelijk van de hoeveelheid van die kit. Voor een systeem, dat b.v. deeltjes zand bevat, in afmetingen, die juist in elkaar passen, is slechts een spoor klei-kit nodig om een klevend geheel te vormen, dat de indruk van "zwaarheid" geeft. Wij vinden dit bij onze leemen, die slechts enkele procenten klei behoeven om volmaakt ondoordringbaar te worden voor water. Dat leemen daarom niet zwellen of krimpen, is duidelijk. Zijn de samenstellende zanddeelen minder harmonisch in elkaar passend, dan is er veel meer klei nodig om de holten op te vullen tot een plastisch ondoordringbaar geheel. Wanneer men het zand het skelet noemt van den grond als onderscheiding van het fijne vuisel of klei, volgt uit deze ervaring, dat de wijze, waarop het skelet samengevoegd is, de invloed bepaalt van de klei daarop. Het is dus niet waar, dat een zware klevende grond een hoog kleigehalte behoeft te hebben. De praktijk weet dat ook. Zoo zijn er gronden met gering kleigehalte, die een indruk kunnen maken van zwaren grond (b.v. Didam!) en omgekeerd gronden met een behoorlijk kleigehalte, die geenszins "zwaar" zijn. Nog sterker wordt de onzekerheid om zwaarte te willen doen correleeren met b.v. kleigehalte, wanneer men bedenkt, dat in de klei zelf een zeer sterk verschil van samenhang bestaat en dat daardoor ook verschillen optreden in samenhang van klei met kwarts of met grootere andere krystalfragmenten.

Die verschillen in klei-aard zijn deels een gevolg van de chemische samenstelling van de "klei" zelf, deels van de physisch-chemische toestand, waarin een bepaalde klei verkeert en deels zijn zij in de aanwezigheid van bepaalde organische stoffen gelegen, waardoor

*hoe klevend te bepalen bij vloeiendheid
Bontroppele zand sl. 18.1 zandfractie 104-91/1 16-104 2.7% u-7%*

de klei als coagulaat of zelfstandig optreedt of zich aggregereert met fijne minerale stof en dus structurelementen gaat vormen. Zoo kunnen dus klei-arme gronden "zwaar" aandoen en kleirijke licht, wanneer men in het begrip "zwaarte" bewerkbaarheid, kleefkracht enz. tracht op te nemen. Wat de praktijk inderdaad doet.

Nog ingewikkelder wordt het probleem der "klassificatie", wanneer men den grond in natuurlijke ligging beschouwt, waarbij het verschijnsel der gelaagdheid gaat optreden, d.w.z. van het schiften der samenstellende deelen. Daar kan b.v. een gelaagdheid van fijn materiaal op bepaalde plaatsen sterke verkittingen veroorzaken, dus een grond in het zwaarte-begrip beïnvloeden (speciaal doorlaatbaarheid).

Het schiften wijst reeds op een kleisubstantie, die moeilijk hecht op het grovere skelet. Vele kleigronden vertoonen deze eigenschap in het geheel niet of doen het omgekeerde. Zij zijn resistent tegen weers- en bewerkingsinvloeden en zij gedragen zich in de zwaarte-klasse dan op een lager, dus gunstiger niveau.

Zoo gezien, kan men zich afvragen of het begrip "klei" niet te eenvoudig is opgevat door practici en wetenschapsmensen en of het geen aanbeveling waard is, zich op dit begrip te bezinnen.

Inderdaad is dit het geval. Men heeft klei gemeend alle deelen beneden een zekere maat. Die grondmaat is een punt van afwijking in de opvattingen. Men legt die bij 16 μ , 10 μ , 5 μ of 2 μ en verdedigt die grenzen betrekkelijk willekeurig zonder rekening te houden met het feit, dat men het materiaal onvoldoende kent. Oudstijds heeft men inderdaad gemeend, dat de deeltjes, die samen grond heeten, homogeen van stof zouden zijn, maar door de diverse fijnheid verschillend van aard. Die meening is reeds lang verlaten en kan dus onbesproken blijven. Wij weten thans positief door de onderzoekingen op chemisch zoowel als op Röntgenologisch gebied, dat b.v. de kwartsfractie nog ver tot in de afmetingen beneden 2 μ kan doordringen, doch ook, dat bepaalde mineralen zoals veldspaten, pyroxeenen en amfibolen beneden een zekere grens gemakkelijk door hydrolyseverschijnselen kunnen uiteenvallen en eventueel na verming van hydrolyseproducten nieuwe stofaggregaties opbouwen van geordend en ongeordend karakter. Over het algemeen neemt het gehalte aan die mineralen in de fijne fracties af en blijft alleen muscoviet of een ander plaat-mineraal over, naast uiterst fijne remineralisatie-producten.

kwarts tot 0.1 μ aanwezig

afw. beneden 0.01 μ

Veldspaten

afw. beneden 0.1 μ

Glimmers

afw. beneden 0.01 μ

Facliniet

van 2 tot 0.16 μ aanwezig

Montmorilloniet

van 0.01 - 0.001 μ aanwezig

Door deze wetenschap komen wij vrij goed midden in het kleiprobleem terecht en kan men op grond daarvan een fijnheidsgrens verdedigen. De grens van 16 μ is te hoog. Bij deze maat zijn de deelen praktisch niet chemisch actief. Die activiteit begint men eerst bij 2 μ te bemerken en heeft dan de grens, waarbij de Brownsche beweging bemerkbaar wordt (n.l. 5 μ) reeds overschreden. De grens van 16 is door Atterberg verdedigd, omdat daar het kleefverschijnsel duidelijke

lijk wordt d.w.z. dat een vochtig homogeen stelsel van 16 μ tot brokjes kan indrogen. Maar deeltjes van die grootte in een grover skelet verdeeld, hebben niet altijd die kleefkracht, tenzij deze maat in kwantiteit het skeletgedeelte overweegt. Echter is dan het skelet geen eigenlijk skelet meer.

De Amerikaansche, Engelsche en Russische vaklieden leggen de grens bij 2 μ . Vele Duitsche onderzoekers doen insgelijks en het komt mij rationeel voor die grens, ock al is zij min of meer willekeurig, aan te houden. Zij die er mee werken, vinden steeds meer argumenten voor die grens. Deze argumenten ontmoet men vanzelf, wanneer men de eigenschappen van klei bespreekt.

Neemt men voorloopig aan, dat er aan de "ongelijkheid" van klei beneden die maat niet getwijfeld kan worden, dan moet klei een verzamelbegrip zijn en zullen de samenstellende deelen, die uit kwarts, mineraalfragmenten (waaronder muscoviet een hoofdrol speelt) en remneralisatieproducten bestaan, dan ock in hun wisselende verhouding het karakter van klei moeten bepalen. En deze notie kan veel verhelderen.

Wil men een overzicht hebben van de componenten van de fractie kleiner dan 2 μ , dan kan men ze in de volgende orde rangschikken.

1. kwarts.
2. andere mineraalfragmenten van allerlei soort afkomstig van het bodemvormend gesteente.
3. hydrolyseproducten, ontstaan door verweering uit zeer fijn materiaal en wel mengsels van $Al(OH)_3$ en $SiO_2.naq$, beide in gel-vorm, of als coagulaat of als coeservaat. Samen, doch ock apart als $Al(OH)_3$, $SiO_2.naq$. Daarbij komen andere colloïden als $Fe(OH)_3$, $MnO_2.naq$. Titaanoxiden enz.
4. remneralisatieproducten als oxyden van Si, Al en Fe, Mn, Ti enz. benevens onoplosbare carbonaten en fosfaten en die, welke uit Al en Si zijn opgebouwd en als kleimineralen bekend zijn als montmorilloniet, beideliet, halloysiet, kaolien en waarschijnlijk muscoviet enz.
5. uit organische stoffen van humusachtigen aard, die Fe, Al, Mn en Si opgenomen hebben en een stabiel karakter vertoonen.

Over die componenten en hun eigenschappen kan apart gesproken worden. Dat men de organische stoffen vaak vergeet, vindt oorzaak in het feit, dat de analyticus bij zijn slibanalyse de fijne deelen dispergeeren moet en ze dan ock moet ontdoen van organisch materiaal. Hij destrueert dus de organische stof en rekent ze niet mee bij de beoordeeling van de fractieverdeeling. De practicus echter, die klei als natuurproduct gebruikt, heeft er wel mede te maken. Wij zullen er hier dus wel degelijk over moeten spreken. Wat de organische stof voor de aggregaten beteekent, blijkt uit talloze voorbeelden in de praktijk en in de wetenschap.

Nu moet voeropgesteld worden, dat deze componenten deels gescheiden, dus naast elkaar voorkomen, deels in verband met elkaar, verkit. Men zal ze dus ock in hun onderlinge beïnvloeding moeten beschouwen.

De componenten.

1. Kwarts.

Kwarts is chemisch inactief en komt in allerlei grootten en vormen voor. Hoekig, rond, zelden in gestrekten vorm. Ronde korrels zijn geslepen door mechanische invloeden, zocals door golfslag. Soms ook door vaak en veel verstuiven. Merkwaardig is, dat de meeste kwartsvormen breukvlakken hebben en langgerekt zijn. Men vindt althans veel van deze vormen in de meeste sedimenten, zocwel fluvia-tiele als aeëliche. Kwarts is hard (hardheid 7) en het heeft een s.g. van 2.65. De diverse afmetingen kunnen door sedimentatiever-schillen, hetzij in water, hetzij door wind, sterk opgehoopt zijn. Dit zou men schifting kunnen noemen. In de literatuur wordt de mee-ning aangetroffen, dat aeëliche zanden overwegend de grootte heb-ben, die door de lucht kunnen worden getransporteerd. Dat is ook juist. Het zijn afmetingen beneden de 70 μ . Maar men vindt in som-mige kleien of zavelen eveneens soms veel van die fractie. Bekend daarvoor zijn de glempige zavelen van Noord-Groningen en Noord-Friesland en van Zeeland. Er bestaat dus ook bij het watertransport soms een voorkeur voor die schifting. Min of meer is dit het geval bij Uiter-waardsch slib, waar men gehalten van de fractie van 20-50 μ aantreft van ruim 30 %. Omdat kwarts een s.g. van 2.65 heeft, kan het wat dit betreft geen verkeerde invloed hebben op de toepassing van de formule van Stokes-Oseen, waarin het s.g. der gronddeeltjes op 2.65 is gesteld. Hiermede is meer de beteekenis van het skelet aan-gegeven, dat voor de karakteristiek van den kleigrond van groot be-lang is.

Chemisch is kwarts inactief; het heeft geen oppervlakte-adsorb-tie en wisselt dus geen basen in of uit. Echter is zeer fijne kwarts niet geheel inactief. Zoodra men in de afmeting beneden 2 μ komt, de afmeting dus, die tot "klei" wordt gerekend, kan het wel degelijk aggregeren met de andere kleibestanddeelen. Zoo kunnen b.v. de hy-droxyden van Fe en Al op fijne kwarts kleven. Sterk kleeft bentoniet of montmorilloniet op het kwartsoppervlak. Organische stoffen als eiwitten kunnen op kwarts een film vormen en aan een uiterst fijn kwartskorreltje een eiwitkarakter geven.

In hoeverre dit invloed heeft op de uitkomsten der slib-analyse zal pas overzien worden, wanneer wij de invloed der deelen onderling besproken hebben.

2. De mineraalfragmenten, afkomstig van het bodemvormende substraat, hebben in hun gedrag veelal de eigenschappen van "zand", dus min of meer van kwarts. Wanneer ze tot het skelet behooren, is de moeilijk-hed niet groot, maar in zeer fijne verdeeling zijn het de plaatmine-ralen, die eenige moeilijkheid geven, in zocverre ze bij de slibana-lyse kunnen storen door het "slieren"verschijnsel. Zij bezinken niet als kogels, maar als plaatjes en voldoen dan niet aan de wet van Stokes. Met een "aequivalent-straal"-berekening kan men dit bezwaar niet opheffen (gezien de laatste onderzoekingen van Jacob is deze bewering wellicht te bout). Het is dus mogelijk, dat men in de fijne fractie deelen aantreft, die er eigenlijk niet hooren. Overigens kunnen de mineraalfragmenten zich gedragen als actieve deelen, omdat ze bedekt zijn door een hydrolysefilm, die actief is. Het geheel ver-dient den naam van klei ten volle, omdat het de oppervlakte is, die het gedrag bepaalt. Omrent dit punt is veel strijd gestreden. Daar-

bovens
pH 8.5

glimmer
?

in zijn drie perioden te onderscheiden. De eerste is die van de opvatting, dat de fragmenten alleen kleine, inactieve deelen zouden zijn. De tweede periode omvat de opvatting, dat deze fijne deelen een ongeordende hydrolysefilm zou bevatten, die een coagulaat is van $\text{Al}(\text{OH})_3$ en $\text{SiO}_2 \cdot n\text{aq}$. en waarbij de verhouding van Al tot Si het adsorbtievermogen zou bepalen. Hier werd dus een zuivere colloïd-chemische zienswijze toegepast. De derde periode liet een min of meer geordende toestand in de film toe, waardoor deze als bouwsel een overgang zou vormen tot de echte klei-mineralen.

Wij leven thans in de 3de periode, maar kunnen zonder bezwaar daarbij tot het inzicht geraken, dat voor onze doelstelling het er niet zo veel toe doet of de colloïdchemische zienswijze met ontkenning van roosterstructuur alléén zin van bestaan heeft of dat men ook meer in de richting van een min of meer geordend kristalrooster de toestand zoekt. Voor ons is hoofdzaak te weten, dat zoo'n lichaam actief reageert en of nu de verschillen in die activiteit op de eene of op de andere wijze kan worden verklaard, is wel-eens waar niet onverschillig voor de wetenschap, maar voor een deel voorshands nog niet zoo belangrijk voor de definitie van het begrip "klei". Deze zienswijze kan een ernstig punt van discussie worden, maar wanneer wij onder 3e en 4e de hydrolyseproducten en de remineralisatieproducten zelf bespreken, zal men ervaren, dat het beter is dit punt hier niet in discussie te brengen.

3e. De hydrolyseproducten in eigenlijken zin zijn van buitengewone betekenis voor het begrip "klei".

In de eerste plaats de coagulaten van Al en Si, die adsorbtieve werking hebben. De kationenomwisseling is een van de fundamentele eigenschappen van klei. Daarover bestaat een omvangrijke literatuur, die zoo uitgebreid is, dat men alleen daarover eenige voordrachten zou kunnen houden. Georjiz heeft de stof, die deze eigenschappen herbergt, hetzij zij een coagulaat is in den zin van Mattson, of een hydrolysefilm volgens Wiegner, of een kleimineraal of klei-mineraalachtige film van een monomoleculaire (bi- of tri-moleculaire) afmeting - het "adsorbtie-complex" genoemd. Het komt mij het beste voor ons daaraan te houden en goed vast te stellen, dat ook dit een "verzamelbegrip" is.

Van dit adsorbtiecomplex kan gezegd worden, dat het merkwaardig stabiel is. Het kan eeuwen en zelfs milleniën bestaan, zonder verandering van eigenschappen.

Tertiaire en oudere kleien, indien ze niet versteend zijn, hebben nog volle cultuurwaarde en laten zich precies eender behandelen als recente kleien.

Sterk verweerde kleien, zooals in de tropen voorkomen, die de componenten soms los naast elkaar bevatten, kunnen in een mortier samengerogerd weer geheel dezelfde eigenschappen van de versche klei verkrijgen.

Dr. v.d. Marel heeft aan dit probleem der resistentie zijn proefschrift gewijd en aangetoond, dat men naar believen kationen kan verplaatsen, zonder dat dit iets aan het adsorbtievermogen af of toe doet.

De vraag of sterk verweerde gronden, die in de lateritische richting afgebroken worden, nog adsorbeerend materiaal bevatten dan

wel of het adsorbtiecomplex reeds geheel in afbraak verkeert, werd in dien zin beantwoord, dat het eerste het geval bleek te zijn. Dit was toen een opmerkelijk resultaat, omdat het tweede kon vermoed worden. Later is dit door het onderzoek van Dr. Roborgh opgehelderd. Hij toch tonde aan, dat de hydrolysefilm inderdaad wordt afgebroken, wanneer men deze met sterke zuren c.a. HCl aantast, maar dat tijdens het uitwasschingsproces een nieuwe film ontstaat en dat het vooral de kiezelzuurhuid is, die de mineraalfragmenten beschermt. Daarmede werd een ouder onderzoek van Wolff en Kächele bevestigd (Diss. Roborgh blz. 40 noot 3).

Met het SiO_2 houdt het $\text{Al}(\text{OH})_3$ stand en het is deze combinatie, die de grondstof² is voor klei.

Het is een zeer gelukkige omstandigheid, dat de resistentie van de klei tegen verweeringsinvloeden zoo groot is. Ware het niet het geval, er zou van de evolutie, zocals wij die kennen, niet veel terecht gekomen zijn en alle leven zou niet over de drempel van de primitieve oplossings-evolutie gekomen zijn. Het sterk bufferend vermogen toch met de eigenaardige oppervlakschemismen, waarbij vaste of schijnbare vaste fasen met elkaar kunnen reageeren, is de basis van alle levensverschijnselen.

Het is nu ook verklaarbaar, waarom de verweering zoo snel voort schrijdt, wanneer het kiezelzuur uit het systeem verdwijnt. Immers het kiezelzuur remt de afbraak. Waar deze verdwijning mogelijk is en de verweeringsaanval sterk is, verdwijnt ook de klei en er blijven alleen de ijzer en Al-oxyden achter. Bij het lateriet is dit het geval geweest. Bijzonder fraai is de chemische verweeringgang in zijn wezen af te leiden uit Roborgh's onderzoek en het is ook dit onderzoek geweest, dat een ouder van ons laboratorium bevestigde door aan te toonen, dat klei als materiaal beneden 2 μ aangenomen op de meest geconserveerde gronden een adsorbtievermogen heeft van 0.53 m.aeq per gram stof. Dit cijfer komt over de geheele aarde voor. Geconserveerde kleien, waaronder dan verstaan worden kleien, die nog niet afgebroken zijn en nog geen verweeringsresten als Fe_2O_3 , Al_2O_3 in belangrijke hoeveelheden bevatten, schijnen een zeer constant stadium te vertegenwoordigen in den algemeenen verweeringgang onder bepaalde omstandigheden. Hiermede is tegelijk aangetoond, dat de fractieverdeeling beneden de 2 μ in zulke kleien homogeen is, want ware dit niet het geval, wij zouden zoo'n constant cijfer als 0.53 m.aeq per gram klei niet vinden. Het staat vast, dat de dispersiteitsgraad het adsorbtievermogen bepaalt. Hoe fijner het materiaal, hoe hoger dit getal. Ware in zulke kleien de verdeeling beneden de grens van 2 μ onregelmatig, men zou nooit een constant cijfer kunnen vinden. Roborgh is er niet in geslaagd om de constante waarde van 0.53, die wij ter eere van den genialen onderzoeker en beschrijver der bodemadsorbtie Thomas Way de "Way-waarde" hebben genoemd, voor de fractie kleiner dan $\frac{1}{2}$ μ te bepalen. Voor deze laatste grens vond hij eveneens constante cijfers, zoodat inderdaad de fractieverdeeling van geconserveerde kleien over de geheele wereld zeer constant kan worden genoemd en daarbij blijkt, dat van de fractie $< 2 \mu$ gemiddeld 70 % kleiner is dan $\frac{1}{2}$ μ .

Zoodra de kleigrond van grauwgrijs (na de verwijdering van org. stof) kleuren gaat naar bruine en rode tinten, kan men zeggen, dat ijzer in omloop komt en dan vindt men niet zelden afwijkingen van de Way-waarde. De oorzaak daarvan kan in omstandigheden liggen, die bij de remineralisatie-producten onder 4 tot uiting komen. Zij kan n.l.

hoe moeilijk
men dit
wilt ??

hanteer
niet al van
de klei
die in de omg.
voorkomen

gevonden worden in de heterogeniteit van het begrip "kleigrond". Er ontstaan in dat geval of producten, die een grootere, of een die een kleiner adsorptievermogen hebben, of in het geheel geen.

De Way-waarde is dus strikt bepaald tot de geconserveerde gronden en een belangrijk kenmerk daarvoor.

4. De remineralisatie-producten.

Er is lang een strijd geweest over den aard van het adsorptie-complex, opgevat in de geest van de zoo juist behandelde. Het is hier de plaats niet om daar op in te gaan. Wij hebben het beschouwd als een hydrolysefilm en hebben in het midden gelaten of de componenten Al_2O_3 , SiO_2 daarin ongeordend of geordend voorkomen. Beide zal o.i. het geval zijn. Geheel anders wordt de toestand, wanneer deze componenten aanleiding geven tot werkelijk geordende roosters, waardoor dan de kleimineralen ontstaan. Het bestaan van deze is niet meer voor discussie vatbaar en van hen weet men, dat ze uit laagroosters zijn opgebouwd en zoowel inwendig als uitwendig actief zijn. Zij hebben per eenheid in den regel een veel hoger adsorptievermogen dan "klei". Bentoniet, montmorilloniet gaan tot 0.80 en hoger (het kunstmatige permutiet brengt het tot 2.81). Zeer fijn gemalen kaoliniet heeft ook een hoog adsorptievermogen. Zij zijn dus zeer actief. Tot welke reactie's ze aanleiding geven, buiten de gewone uitwisselingsadsorptiereacties, is nog moeilijk te zeggen. Volgens onze onderzoekingen kleven ze sterk op het skelet en kunnen ze evenals klei met kalk en organische stof coaguleeren. De kleefkracht op zandkorrels kan zoo groot zijn, dat wanneer men fijn zand met 1 % bentoniet mengt en dit mengsel behandelt met een hoeveelheid van 0.1 % stabiele humus, het geheel tot kruimels kan aggregereen.

Ook hebben de zeer kleine krystallen, waarvan de afmetingen nog bezwaarlijk in μ 's gemeten kunnen worden, onderling een sterke kleefkracht. Typisch is voor de gronden, waarin het aandeel in kleimineralen groot is, het verschijnsel van swelling en krimp, dat reversibel is. Voorbeelden daarvan zijn de kleefgronden in het gematigd klimaat en de zware scheurende kleien der tropische en subtropische klimaten. De Javaansche mergelgrond en de randja-minjak, die afgezet is aan den voet der vulkanen vertegenwoordigen de klasse zeer fraai. Wij vinden hier volumekrimpen tot 70 % en al naarmate er menging heeft plaats gehad, is dit verschijnsel evidentier. De natuur heeft zuiver montmorilloniehoudende gronden met restgronden, zelfs roodarde, die in lateritische richting verweerden, gemengd en daardoor gronden gemaakt van groote vruchtbaarheid. Hoe deze "mengsels" zich als kleigronden gedragen, is natuurlijk een aparte kwestie, die alleen te beantwoorden is, wanneer men de eigenschappen der componenten kent.

Vast staat, dat verweering in zwak alcalisch milieu voert tot het ontstaan der secundaire of remineralisatieproducten van dezen aard. In zwak zuur milieu gaat de verweering een andere richting uit en ontstaat er een "andere" kleisoort. Daar blijft lang het zogenoemde adsorptiecomplex in stand, zocals wij onder 3 zagen, doch wanneer de invloeden extreem worden, ontstaat als remineralisatieproduct kaolien, dat zwak actief is en voor de cultuur weinig waarde heeft.

Het is de bedoeling niet om het onderwerp der echte kleimineralen hier te behandelen. Dit hoort thuis in het gebied van collega

Edelman en het behoeft ook hier niet behandeld te worden, omdat wij slechts overzichten behandelen.

Maar één punt dient vermelding, n.l. dat men in de bodemkundige beschouwing van het begrip klei slechts bij uitzondering op zuivere typen zal stuiten. Meestal heeft men met menggronden te maken. Dat blijkt reeds uit onderzoekingen van Amerikanen, Engelschen en Duitschers uit vroeger tijd. Daarin heeft Robergh eenige helderheid gebracht. Hij toch tocnde aan, dat een eerste zoutzuurextractie een product oplost, dat een andere samenstelling heeft, dat wat achterblijft. Het achterblijvende heeft sterke adsorbtieve eigenschappen, die geheel parallel gaan met het fractiegehalte, dat kleiner is dan 2μ en dan blijkt verder, dat het gemakkelijk oplosbare deel zelfs nog voorkomt in de fracties even boven die maat, omdat dit op de grotere deelen is vastgelegd.

Thans kunnen wij dit deel gerust tot de remineralisatieproducten rekenen, zonder op de beteekenis van dit onderzoek in te gaan, kan slechts vastgesteld worden, dat het vrijwel zeker is, dat de reconserveerde gronden niet "uniform" zijn, zocals men vroeger aannam, doch dat zij steeds remineralisatieproducten bevatten en moeten bevatten. De Way-waarde is dus waarschijnlijk het kenmerk van een bepaald type in de verweeringsgang en niet een algemeen kenmerk. Het zullen de gronden zijn, die zwak verweerd zijn en als remineralisatieproduct een montmorillonietachtige kleimineralen bevat, doch muscovietachtige typen. Wanneer een zoutzuurbehandeling dit deel destrueert, blijft een minerale massa achter, die zeer resistent is en direct een adsorbtiecomplex levert met hoog uitwisselend vermogen, dat in al die kleien uniform is en min of meer onafhankelijk voor het materiaal, waaruit de grond ontstond.

Het op het skelet gehechte materiaal is zelf natuurlijk kleiner dan 2μ en daar toch 80 % van de adsorbtiecapaciteit als "rest-adsorbtie" in Robergh's onderzoek aangeduid, direct verband heeft met de fractie 2μ , is de grens van 2μ zelf voor de bepaling van de kleifractie zeer goed verdedigbaar en zeker te verkiezen boven een hogere.

Wij kwamen hier in het gebied der slibanalyse en de betrouwbaarheid daarvan. Het blijkt nu reeds, dat deze blijkbaar faalt, omdat het fijne actieve materiaal, dat als "klei" karakteristiek is, niet zoo gedispergeerd kan worden, dat het werkelijk ook in zijn eigen fractie terecht komt. Bij geconserveerde gronden is de fout, die men maakt zoo groot niet. Bij andere gronden, waar de geremineeraliseerde stoffen het karakter hebben van montmorilloniet kan het fijne skelet, dat boven de 2μ aanwezig is, wel een groot deel ware "klei" achterhouden, echter speelt daarbij het relatieve oppervlak weer een kleiner rol. Ook dit heeft Robergh uitgerekend en aangetoond, dat het oppervlak, dat bij de activiteit een rol gaat spelen, eerst bij de afmeting 2μ invloed krijgt, die stijgt naarmate de grens lager komt.

Dit is reeds door Kelley en medewerkers aangetoond door mineralen steeds fijner te maken en dan blijkt, dat ook grond in activiteit toeneemt, wanneer men de skeletdeelen maar fijn genoeg maakt. Het inactieve kaolien wordt bij zeer kleine afmetingen eveneens flink actief. En duiden wij deze ervaring goed, dan moet men toch de oorsprong van het adsorbtievermogen in hoofdzaak in de fijnheid van het materiaal zien. De kleimineralen die afmetingen hebben, welke in angström gemeten worden, zijn reeds daarom actief.

De Way-waarde zou dus alleen bewijzen, dat de natuur bij sommige gronden een zeer uniform materiaal levert beneden 2μ , wat de fijnheidsverdeling aangaat en dit klopt met de conclusie hierboven reeds gesteld.

Maar uit de afwijkingen van de Way-waarde is voor vele gronden niet kwantitatief af te leiden, wat men gehoopt zou hebben n.l. dat hogere cijfers op montmorilloniet zou wijzen en lagere op een te hoog percentage aan inactieve stoffen, want het zijn sommige bijbestanddeelen, die ook onder de remineralisatieproducten te rangschikken zijn, die de slibanalyse in de war sturen. Bedoeld worden de afscheidingen van Fe_2O_3 , Al_2O_3 en hunne carbonaten of fosphaten. Vooral bij tropische verweering kunnen de sesquioxyden een belangrijke rol gaan spelen. Het zijn alle gronden, die in de lateritische richting verweeren. Daar kan het gehalte zoo hoog worden, dat de normale dispersiemiddelen falen, zoodat men niet in alcalisch milieu moet suspendeeren, maar in zuur milieu! Nog erger wordt het, wanneer men weet, dat de Scortelijke gewichten zeer sterk van dat van grond (2.65) gaan afwijken. Irreversibel Fe_2O_3 heeft een s.g. van 5.6. Dat van Al_2O_3 is varieerend van 2 tot 4.5; hier faalt dus het gebruik van de formule van Stokes (zegen), bovendien is het materiaal zelf inactief, zoodat een Way-waarde-berekening op basis van het $\frac{3}{4}$ kleiner dan 2μ onmogelijk wordt.

Daarbij kan men dan omgekeerd redeneeren en aannemende, dat alle actief materiaal van klai-achtige aard een Way-waarde van 0.53 heeft, bepalen hoe dit met inactief materiaal verdund moet worden om tot de gevonden waarde te komen. Echter ook dit idee faalt, omdat van een mengsel van diverse componenten uit de klasse der remineralisatieproducten de bezinkingsreacties niet bekend zijn. Orthokinetische en perikinetische coagulaties zijn hier mogelijk, doch het is niet bekend hoe ze verlopen.

Een onderzoek door Ir. Domingo ingesteld, toonde aan, dat bij de componenten kwarts, bentoniet en kaolien in de slibanalyse niet onaanzienlijke afwijkingen werden verkregen.

Een bijmenging van kaolien aan bentoniet en aan kwarts geeft voor de fractie $< 2 \mu$ lagere waarden dan men uit de componentensamenstelling berekent. Voor de invloed van ijzer en aluminium-oxyde of hydroxyde of van muscoviet in het systeem, zijn onderzoekingen gaande. Uit de proeven is voorloopig te concluderen, dat er coagulaties of verkittingen plaats vinden, die door de gebruikelijke dispersiemiddelen niet op te heffen zijn.

Nu is in hetgeen onder 3 en 4 is te berde gebracht nog niets gezegd over de eigenschap van kleven, die in de slijpplaatjes tot uiting kwam en waarover iets in de aanvang is gezegd. Wij zien toch, dat wat wij in de microscoop als "klei" waarnemen, deze massa, soms al of niet samengebald, los ligt van het skelet, of dat het er op kleeft en bepaaldelijk de skeletdeelen overdekt met een huid. Waarom dit gebeurt, is voorshands nog niet geheel duidelijk geworden. Zeker is, dat bedekking van het complex met tweewaardige ionen coagulaten veroorzaakt, die soms of zelfs meestal fijne inactieve deelen omsluiten en dat eenwaardige ionen de massa peptiseert.

Zeer groot is de invloed van organische stoffen op deze eigenschappen, maar dit kan apart nog bekeken worden onder punt 5.

Het spreekt van zelf, dat door de ervaringen, die hierboven uiteengezet zijn, het inzicht op de "klei-eigenschappen" verhelderd is en dat men ten opzichte van de physische eigenschappen zeer verschil-

lende uitkomsten kan verwachten. Zoo is b.v. goed verklaard waarom sommige gronden, die ijzerrijk blijken te zijn en hooge getallen van fijn materiaal $< 2 \mu$ aanwijzen doorlaatbaar kunnen zijn voor water en gronden met weinig van die fractie, ondoorlaatbaar. De laterietachtigen behooren tot het eerste type, de leemen tot het tweede. En daartusschen liggen alle overgangen. Ijzerhoudende gronden kunnen verkitten, wanneer ijzer in moleculaire verdeeling in beweging is geweest. Zij geven dan een geheel ander type grond, dan wanneer ijzer in concreties is afgezet. De verijzerde gronden kunnen bij hoog gehalte aan fijn materiaal, waarbij een normale grond tot de zware plastische kleien zou kunnen gerekend worden zelfs droog worden en alle plasticiteit verliezen.

Een grond met 20 % koolzure kalk is bij hoog kleigehalte natuurlijk een andere dan een met een zeer laag gehalte aan carbonaat enz. Het zijn dus de componenten, die een grond het aanzien geven van b.v. zeer plastische tot weinig plastische. Een slib-analyse kan daarom in algemeenen zin niet tot het doel eener klassificatie voeren.

5. De organische stof kan het karakter van een grond nu wederom geheel wijzigen! De organische stof in den grond is moeilijk te definiëren. Eensdeel is het organische stof op de trafiek van planten- of dierlijke afval naar de elementaire ontledingsproducten als H_2O , CO_2 en de zure carbonaten van Na, K, Mg, Ca, Fe en Al, eventueel fosfaten en oxyden. Een ander deel kan in zeer samengestelde lichamen humusachtig karakter krijgen, waarin de actieve groepen n.l. COOH, NH_2 met Fe en Al en SiO_2 gecombineerd, hechting veroorzaken op de minerale deelen, speciaal de fijne minerale bestanddeelen van den grond en daarmee aggregaten opbouwen, die zelfs aan de roosterstructuur der geremineralseerde producten aansluiten. Zij kunnen ook in de laagroosters der kleimineralen indringen.

Ook zij dragen tot de "klei"-vorming bij en beheerschen in hooge mate het karakter van doorlaatbaarheid en bewerkbaarheid. Het is ook in dit overzicht niet noodig om op dit onderwerp in te gaan, want het is een onderzoekgebied van grooten omvang, waarop in de laatste jaren veel is gepresteerd en verhelderd.

Alle deze invloeden hebben een groote invloed op het watergehalte der bodemaggregaten. Zij bepalen met name het kolloïde karakter, dat weer in zwellen en krimpen zijn uiting geeft. Zij bepalen de reversibiliteit en de irreversibiliteit in hooge mate en geven daarom aan den grond het karakter, dat de practicus direct in het oog valt en dat hij beoordeelt.

De bodemkundige, die met de plantenproductie te maken heeft, beoordeelt dit geheele systeem weer anders, dan de ingenieur, die in den grond zijn bouwfundament ziet of de keramicus, die plasticiteit vraagt en het resultaat van branden op het materiaal. Maar allen hebben een gemeenschappelijk belang in de kennis der componenten en hun invloed op de door hem gewenschte uitkomsten.

De eischen zullen beter begrepen worden, wanneer men de componenten beter begrijpt. Zoo is reeds er over gesproken, dat het zeer begrijpelijk is, waarom leem noch zwelt noch krimpt. Zoo is het ook duidelijk, dat zwellen kan veroorzaakt worden door mechanische opname van water tusschen de deelen en dat dan de zwellen sterker wordt

naarmate de deelen kleiner zijn. Maar men ziet tevens in, dat in een grof skelet het de "klei-massa" is, die de zwelling bepaalt en dat de zwelling onafhankelijk van dat skelet is, zoo lang de tusschenruimten nog met "klei" zijn opgevuld. De zwelling wordt dan bepaald door de aard van de kleimassa en de hoeveelheid er van. Zij is dan het grootst bij gelijke hoeveelheden klei, wanneer die "klei" uit montmorilloniet bestaat, kleiner wanneer deze muscoviet bevat, nog kleiner bij een overmaat kaolien en het kleinst bij lateriet. Het verschijnsel van zwellen en krimpen wordt nog daarbij gekruist door het kolloidale water in de roosters en in de colloïdmassa als humus of SiO_2 -gel.

Zeer fraai toonde Nitsch dit aan bij het fijn malen van glas. Dit geeft een steeds grootere zwelling, resp. krimp, wanneer men glas fijner maalt en wanneer men beneden de 2 μ maat daalt, wordt de zwelling zeer groot, want dan komt plotseling de hydrolyse te voorschijn met afscheiding van SiO_2 -gel. In die toestand verstart de massa en verkit bij indrogen zonder krimp; ja geeft zelfs nog een nazwelling te zien!

Wil men nu het verschijnsel grondig leeren kennen van zwelling en krimp, dan moet men de invloed kennen van alle componenten op elkaar en nagaan hoe of ze verlopen, dus eerst in een systeem van 2 componenten, dan van 3, dan van 4 en tenslotte van 5, waarbij een oneindig aantal variaties mogelijk is.

Hetzelfde geldt voor de kleefkracht, voor de watercapaciteit in aangesloten mengsels en in geccaguleerde mengsels en last not least voor de classificatie van "kleigronden".

Het is vanuit dit standpunt dan ook begrijpelijk, waarom de classificatie van zandgronden noodzakelijk tot verkeerde opvattingen zal voeren, indien men er aan vasthoudt gronden met 10 % materiaal kleiner dan 15 μ nog zandgronden te noemen. Wij bezitten eenige monsters van gronden, die meer bevatten en in den landbouwkundigen zin echte zanden zijn, omgekeerd zulke, die minder bevatten en klevende leemen zijn.

De classificatie van zand is eenvoudig genoeg, omdat deze massa, die uit mineraalfragmenten van allerlei aard bestaan, chemisch inactief zijn en relatief een gering oppervlak vertegenwoordigen. Alles wordt anders, wanneer men beneden 2 μ komt, dan treden hydrolyse-reacties op en komt de chemische activiteit sterk op den voorgrond, die ook weder de fysische eigenschappen van het systeem beïnvloeden.

Dit blijkt ook bij organische stoffen zoo te zijn. Hout, dat een samengroeisel is van cellulose, lignine en eiwitten, verestert bij fijne maling in een matig tempo; doch het gaat vlot zodra men een maalsel maakt, dat kleiner is dan 2 μ (zie Chem. Weekbl. 50, 1941, blz. 711 onder II).

De spreker komt derhalve tot de slotsom, dat classificatie van klei alleen mogelijk is op basis van de kennis der kleicomponenten. En omdat men van deze afzonderlijk zoo weinig weet en ook niet van hun afzonderlijke verhouding, komt het hem het beste voor om voorloopig bepaalde typen, die practisch verschillend zijn, (ook in de benaming), te onderzoeken op hun samenstelling.

Zoo weten wij, dat rivier- en zeeklei in ons land weinig variatie biedt, behalve enkele ondervormen als b.v. "knik-klei", "veen-klei"; dat kleefaarde en lössgronden aparte typen zijn, dat in de tropische gronden prachtige voorbeelden te vinden zijn van mont-

montmorilloniet, muscoviet, kaoliniet- en ijzerkleien .

Men kan het werk daarom vereenvoudigen tot het begin van deze "typen". Eerst daarna kan men alle mengvormen onderhanden nemen en zij zullen dan beter te herkennen zijn.