

NN31396.1869.2

STICHTING VOOR BODEMKARTERING

WAGENINGEN



Rapport nr. 1869

Kleimineralogische en chemische
karakteristieken van zeeklei,
rivierklei en beekklei

Rapport nr. 1869

Kleimineralogische en chemische
karakteristieken van zeeklei,
rivierklei en beekklei

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

Project nr. 79.16

Rapport nr. 1869

KLEIMINERALOGISCHE EN CHEMISCHE KARAKTERISTIEKEN
VAN ZEEKLEI, RIVIERKLEI EN BEEKKLEI

A. Breeuwsma

ISBN 90.327.0205 X

Wageningen, maart 1985

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering.

21 JUNI 1985

	INHOUD	Blz.
	VOORWOORD	7
1	INLEIDING	9
2	AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK	11
3	HERKOMST VAN DE MONSTERS	13
4	METHODEN VAN ONDERZOEK	15
5	RESULTATEN VAN HET ZEE- EN RIVIERKLEI-ONDERZOEK	19
5.1	Globale mineralogische analyse	19
5.2	Mineralogische verschillen tussen zeeklei en rivierklei	19
5.3	Chemische verschillen tussen zeeklei en rivierklei	21
5.4	Verband tussen de mineralogische en chemische verschillen	23
5.5	Invloed van herkomst, sedimentatiemilieu en leeftijd	25
5.6	Voor de kartering bruikbare karakteristieken	27
6	RESULTATEN VAN HET "BEEKKLEI-ONDERZOEK"	29
7	CONCLUSIES	31
	LITERATUUR	33

VOORWOORD

Dit rapport bevat de inhoud van een voordracht gehouden voor de dienstvergadering van de Stichting voor Bodemkartering in maart 1981. Er zijn sindsdien veel verzoeken binnengekomen, vooral van belangstellenden buiten het instituut, om toezending van de tekst. Verschillende onderdelen zijn mede daardoor al verwerkt in doctoraal scripties, proefschriften, cursussen e.d. In verband hiermee nam de behoefte aan een ruimere verbreiding en de mogelijkheid van literatuurverwijzing toe. Daarom is besloten de inhoud van de voordracht alsnog in de vorm van een rapport te laten verschijnen.

A. Breeuwsma

1 INLEIDING

Het verslag heeft ten doel een overzicht te geven van de belangrijkste resultaten van het klei-onderzoek dat in de periode 1970-1980 bij de afdeling Bodemchemie en Kleimineralogie is verricht. Het gaat daarbij voor een deel om voorlopige conclusies omdat de verwerking en interpretatie van de gegevens nog niet in alle opzichten is afgerond. Het leek ons echter juist in dit stadium toch wat van het verrichte werk te laten zien. Daarvoor zijn twee redenen aan te geven:

1. De interne voorlichting loopt achter bij de externe voorlichting. Intern zijn de resultaten alleen bekend via de jaarverslagen, via mondelinge mededelingen en individuele personen of via kopieën van elders gehouden inleidingen. Extern zijn enkele resultaten besproken of gedemonstreerd op internationale congressen van de AIPEA (de internationale kleimineralogische vereniging) en op bijeenkomsten van landelijke groeperingen zoals de Gespreksgroep Kleimineralen en de Ingenieurs-Geologische Kring. Verder zijn de gegevens ook verwerkt in de nieuwe cursus Bodemkunde.
2. Bij de interpretatie van de gegevens is hulp en commentaar vanuit Stiboka nuttig en noodzakelijk. Bovendien zijn de onderzoeksvragen uit Stiboka zelf voortgekomen.

2 AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

De aanleiding tot het onderzoek ligt in een aantal vragen die in 1970 leefden bij de vroegere rayonhoofden. Uit een in die tijd verrichte inventarisatie kwam de behoefte aan kleimineralogisch onderzoek van de lutumfractie van Nederlandse gronden als belangrijkste punt naar voren (Tabel 1). Als reden daarvoor werd opgegeven dat de samenstelling en eigenschappen van de lutumfractie belangrijke basisgegevens vormen voor de indeling en kartering van de gronden en voor onderzoek op het gebied van bodemvorming en bemesting.

Tabel 1 Stibokawensen t.a.v. chemisch en kleimineralogisch onderzoek in 1970 en de daaruit voortgekomen onderzoeksprojecten

Onderwerp	Rayon/afdeling	Projectnummer afd. Bodem- chemie
- Samenstelling van de lutumfractie	West, Oost, Noord, Zuid	79.16
- K-fixatiemethode	Zuid	79.16
- Humusgloeiverliesbepaling	Zuid	79.16
- Kleurverschillen kleigronden	West	79.16
- Pyrietbepaling in veen	Opdrachten	153.16
- pH vóór en na oxydatie	Opdrachten	153.16
- Humuskarakterisering	Noord	-
- Adsorptiecapaciteit van humus	West	284.16
- Chemische rijping	West	-

In Nederland was op dat moment alleen een min of meer regionale studie verricht van de Maasafzettingen in Limburg (Van der Broek en Van der Marel, 1964). Daarnaast zijn ook in enkele publikaties van Van der Marel (1950, 1954, 1955, 1964) gegevens te vinden van de kleimineralogische samenstelling van Nederlandse gronden. Het betreft hier echter veelal incidentele gevallen waarbij bovendien de aard van de monsters (plaats, afzetting, sedimentatiemilieu, bodemhorizont, e.d.) niet of niet voldoende zijn beschreven om de representativiteit van de monsters te kunnen beoordelen. Voor het overige was de kennis van de Nederlandse kleien bij Stiboka vooral gebaseerd op onderzoek van Favejee (1949, 1951). Dit betrof Wadafzettingen en slib van o.a. de Rijn en de Zeeuwse schorren.

Bij de bovengenoemde inventarisatie kwam vooral de behoefte aan kennis van de samenstelling van de Holocene Nederlandse zee- en rivierkleigronden naar voren. Daarnaast werd ook aandacht gevraagd voor de zgn. beekkleigronden. Het accent van het onderzoek lag dan ook bij deze drie groepen. Het doel dat

ons voor ogen stond omvat onder andere de volgende punten:

1. Bepaling van de globale mineralogische en chemische samenstelling van de lutumfractie.
2. Bepaling van de belangrijkste kleimineralogische verschillen en van de daarmee samenhangende chemische verschillen, tussen afzettingen van verschillende herkomst, sedimentatiemilieu of leeftijd.
3. Onderzoek van de bruikbaarheid van de resultaten bij de indeling van de gronden.

3 HERKOMST VAN DE MONSTERS

Tabel 2 geeft een overzicht van de herkomst van de monsters.

Tabel 2 Herkomst van de monsters

Afzetting	Gebied	Leeftijd, sed.milieu	Totaal aantal monsters
1. Zeeklei	Friesland, Groningen	Do(3), DI(9), DII(8), DIII(13)	33
	West-Friesland	Do/CIV(12)	12
	Zeeland	DII(3), DIII(7)	10
2. Getijdenafz.	Zuid-Holland	zoet(13), brak(14), zout(12)	39
3. Rivierklei	Gelderland	uiterw.(5), Post-Romeins(14)	43
Rijn, Waal, IJssel		Pre-Romeins(24)	
4. "Beekklei"	Gelderland, Overijssel	Ov.Vecht(4), Berkel(1), Dinkel(3), overige beek- dalen(13)	21

De monsters zijn genomen door de vroegere rayonhoofden en hun medewerkers. Men heeft daarbij geprobeerd zo te bemonsteren dat een enigszins representatief beeld per gebied werd verkregen van afzettingen van verschillende ouderdom, herkomst of sedimentatiemilieu. Wat de datering betreft zullen de huidige inzichten misschien niet altijd meer overeenstemmen met de vroegere inzichten maar gelukkig is gebleken dat dit voor dit onderzoek van ondergeschikte betekenis is. Waar de leeftijd werkelijk van belang bleek te zijn, nl. bij de rivierklei, is natuurlijk wel extra aandacht aan de datering geschonken. In verband hiermee is later ook een aanvullende bemonstering uitgevoerd. De vóór-Romeinse-afzettingen omvatten vooral Tiel 0- en Gorkum IV-afzettingen, de na-Romeinse-afzettingen bestaan uit Tiel II- en III-afzettingen (oude terminologie).

De indeling van de getijdenafzettingen in Zuid-Holland berust op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000 (Van Wallenburg, 1966). Zoals u uit de inleiding hebt kunnen opmaken was één van de doelstellingen van dit onderzoek na te gaan in hoeverre deze indeling terug te vinden is in de samenstelling en chemische eigenschappen van de lutumfractie.

De "beekklei"monsters zijn afkomstig van zowel echte kleigronden langs de Overijsselse Vecht, de Dinkel en de Berkel, als van lutumrijke beekeerdgronden. Geologisch gezien zijn het verschillende afzettingen omdat bij de laatste categorie niet van een fluviatiele afzetting sprake is. Beide groepen zijn niettemin samengevoegd omdat ze een duidelijk verwante samenstelling hebben die zich bovendien sterk onderscheidt van de zee- en rivierklei-afzettingen.

Tot slot moet nog worden vermeld dat de monsters hoofdzakelijk uit C-horizonten afkomstig zijn omdat het in dit project om

het moedermateriaal ging. Voorzover A-horizonten zijn bemonsterd, zoals in een aantal profielen het geval was, is hiermee bij de interpretatie en verwerking van de gegevens rekening gehouden. In totaal gaat het in dit onderzoek om ca. 160 monsters afkomstig van ruwweg 130 locaties.

De lutumfractie werd verzameld op een wijze die ook wordt toegepast bij de bepaling van de granulaire samenstelling. Dat wil zeggen dat de bestanddelen kleiner en groter dan $2\text{ }\mu\text{m}$ werden gescheiden op grond van een verschil in bezinkingssnelheid (N.B.: In feite is de fractie $<2\text{ }\mu\text{m}$ gedefinieerd als de fractie die gedurende een zekere tijd een zekere afstand heeft afgelegd: 10 cm in 8 uur bij $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ volgens ISSS). Om te voorkomen dat de lutumdeeltjes (deeltjes met diameter $<2\text{ }\mu\text{m}$) aan elkaar kitten en daardoor in een grovere fractie terechtkomen, wordt normaal eerst een voorbehandeling toegepast. Daarbij worden organische stof en carbonaten verwijderd. Wij deden dat met resp. H_2O_2 (30%) en met een acetaatbuffer. Behalve de fractie $<2\text{ }\mu\text{m}$ werden ook de fractie $2\text{--}16\text{ }\mu\text{m}$, $16\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$ en $>50\text{ }\mu\text{m}$ verzameld.

De kleimineralenanalyse werd uitgevoerd m.b.v. röntgendiffractie. Populair gezegd berust de röntgendiffractiemethode op het feit dat röntgenstralen door mineralen worden "teruggekaatst" via evenwijdig aan elkaar liggende vlakken van gelijke samenstelling ("inwendige kristalvlakken").. Dit gebeurt door elk vlak bij een andere invalshoek. Door deze invalshoek te variëren komt elk vlak, of liever gezegd elke serie evenwijdige vlakken, één keer in deze gunstige positie. De "teruggekaatste" straling vormt een patroon van pieken dat de bouw van het mineraal weerspiegelt. Deze straling wordt daarbij als functie van de invalshoek geregistreerd (fig. 1).

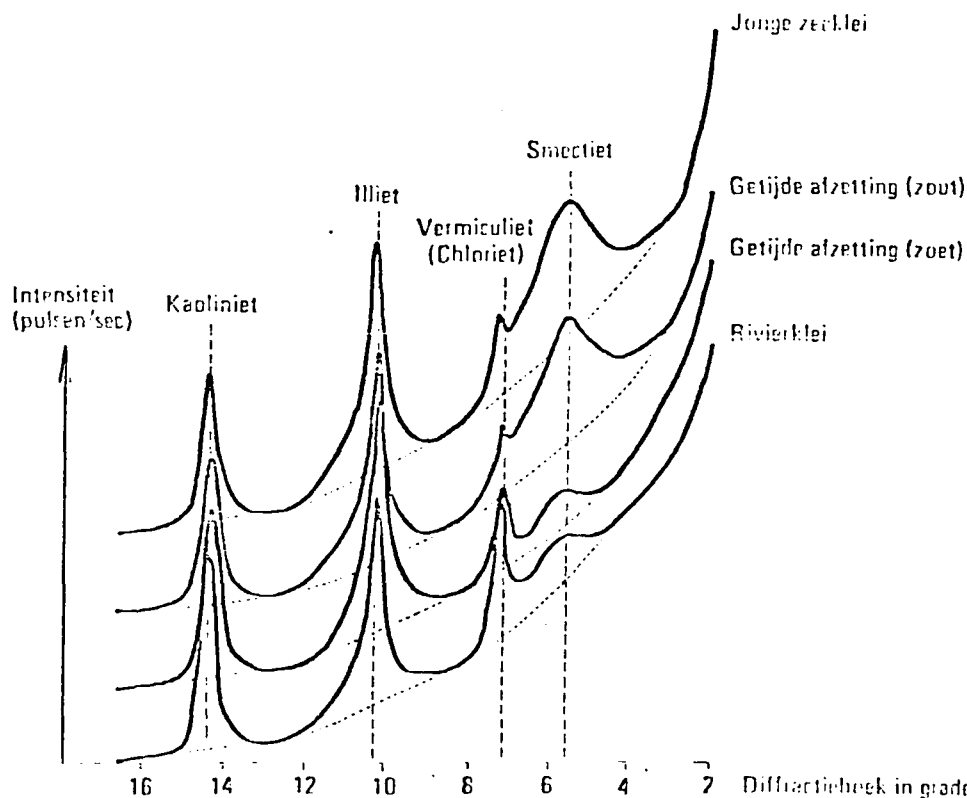


Fig. 1. Röntgendiffractiecurves die de gemiddelde kleimineralogische samenstelling weergeven van de belangrijkste holocene klei-afzettingen in Nederland (Mg-klei, fractie $<2\text{ }\mu\text{m}$, behandeld met glycerol).

Vaak is i.p.v. de invalshoek de zgn. d-waarde aangegeven (fig. 2). Dit is de afstand tussen de vlakken die de piek veroorzaken. Bij de kleimineralen heeft de identificatie hoofdzakelijk plaats m.b.v. de vlakken die loodrecht op de c-as van het mineraal staan. De afstand tussen deze vlakken (de d-waarde) is een functie van de dikte van de silicaatlagen en de kationen of hydroxyden die zich tussen deze silicaatlagen bevinden. Deze "basisafstand" is b.v. voor kaoliniet 0,7 nm, voor illiet 1,0, voor vermiculiet en chloriet 1,4 en voor smectiet (met glycerol in de tussenlaag) 1,8 nm (fig. 2). Door verhitting van het monster tot 350° wordt de basisafstand van vermiculiet 1,0 nm, waardoor dit materiaal te onderscheiden is van chloriet.

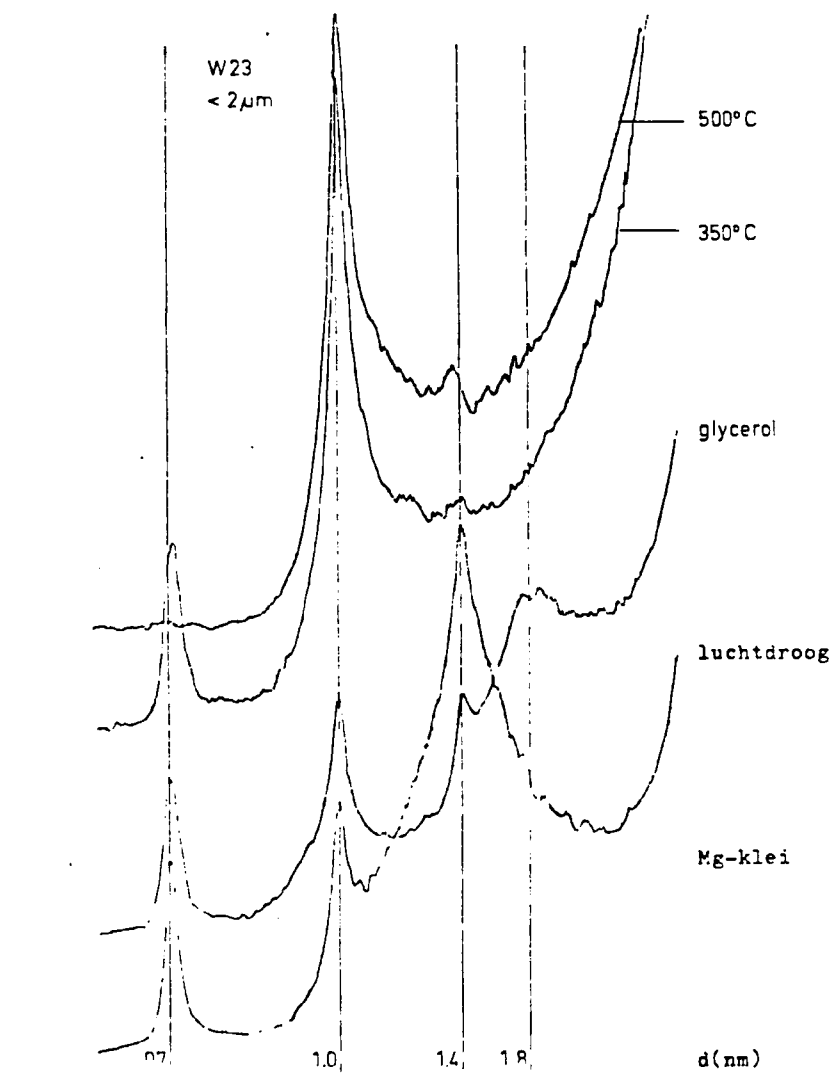


Fig. 2. Röntgendiffractiecurven van de lutumfractie van een zeekleigrond na verschillende behandelingen (Mg-klei, luchtdroog, behandeld met glycerol en verhit bij 350 °C en 500 °C).

Voor de nomenclatuur van de zwellende kleimineralen (vermiculiet en smectiet) hebben wij de aanbevelingen van de AIPEA (1975) gevolgd. Ter vergelijking zijn de door Van der Marel gehanteerde namen vermeld in tabel 3.

Tabel 3 Nomenclatuur van de zwellende kleimineralen volgens de AIPEA¹⁾ en Van der Marel (zie literatuurlijst)

Van der Marel	AIPEA (1975)	Onderverdeling
open illiet	vermiculiet	
amerssootet	lading") 1,2-1,8	
zwellende illiet	smectiet	beidelliet (K-fixerend)
	lading"): 0,6-1,2	montmorilloniet (niet K-fixerend)

¹⁾ Association Internationale pour l'Etude des Argiles

²⁾ De lading wordt bepaald door het aantal éénwaardige kationen dat per eenheidscel wordt geadsorbeerd. Dit aantal is hier vermeld.

Bij de semi-kwantitatieve analyse van kleimineralen m.b.v. röntgendiffractiecurven maakt men vaak gebruik van standaardmineralen. Men stelt dan ijkreeksen samen met bekende gehalten en vergelijkt de piekoppervlakten (of -hoogten) met die van het onbekende monster. Daarbij doet zich echter het probleem voor dat piekoppervlak en -hoogte beïnvloed worden door factoren zoals de deeltjesgrootte, de oriëntatie en de aanwezigheid van wissellaagmineralen (mengsels van b.v. smectiet-illiet, illiet-chloriet e.d.). In de praktijk worden daarom ook vaak chemische gegevens gebruikt die kenmerkend zijn voor een bepaald mineraal. Voorbeelden zijn het K₂O-gehalte (illiet), de K-fixatie (vermiculiet), de adsorptiecapaciteit (smectiet) en het gloeiverlies (chloriet). Ook hier is grote voorzichtigheid geboden. Het gehalte aan niet-kleimineralen is daarentegen vrij eenvoudig te bepalen, b.v. via een ijkreeks (kwarts), het Na- of Ca-gehalte (veldspaten) of via hun selectieve oplosbaarheid ("vrije" oxyden).

Voor de vergelijking van de kleimineralensamenstelling van de onderzochte afzettingen zijn de precieze gehalten minder belangrijk. Hoewel hier in principe met een vergelijking van de piekoppervlakten van de röntgendiffractiecurven zou kunnen worden volstaan, is toch getracht m.b.v. chemische gegevens zoveel mogelijk extra informatie te krijgen. In verband met het bovenstaande zijn daartoe de volgende chemische karakteristieken bepaald:

1. chemische samenstelling
 - totaalgehalten (Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K, Na, Ti)
 - "vrije" oxyden (Si, Al, Fe)
 - gloeiverlies (300, 400, 600, 950 °C)
2. chemische eigenschappen
 - kationuitwisselcapaciteit (CEC)
 - K-fixatie.

5 RESULTATEN VAN HET ZEE- EN RIVIERKLEI-ONDERZOEK

5.1 Globale mineralogische analyse

De lutumfractie van de Nederlandse kleigronden bestaat voor ruwweg 85% uit kleimineralen (tabel 4). De rest bestaat uit kwarts, veldspaten en oxyden van Si, Al en Fe. Daarnaast komen ook nog sporen voor van titaanoxyden, fosfaten e.d. De kleimineralen bestaan uit kaoliniet, chloriet, illiet, vermiculiet, smectiet en wissellaagmineralen zoals illiet-chloriet. In feite komt ook smectiet als wissellaagmineraal met illiet voor en waarschijnlijk geldt hetzelfde voor vermiculiet. We kunnen op grond van deze gegevens de Nederlandse klei niet zonder meer als een "illietklei" karakteriseren. Daarvoor zijn de vermiculiet en/of smectietgehalten te hoog. Dat deze term vroeger ingang heeft gevonden is waarschijnlijk vooral een gevolg van de destijds toegepaste technieken en van de gebruikte standaardmineralen, die tot een te lage schatting van het percentage smectiet hebben geleid (zie ook Favejee, 1939). Een belangrijk verschil met het onderzoek van Favejee is ook dat hij niet m.b.v. verschillende voorbehandelingen onderscheid heeft gemaakt tussen vermiculiet en smectiet.

5.2 Mineralogische verschillen tussen zeeklei en rivierklei

Tabel 4 geeft een overzicht van de kleimineralogische samenstelling van zeeklei en rivierklei. Het belangrijkste verschil zit in het vermiculiet- en smectietgehalte. Het vermiculietgehalte is bij de rivierklei altijd hoger en het smectietgehalte is in de jongste rivierklei-afzettingen (na-Romeins) lager. Bij de vóór-Romeinse afzettingen ligt het smectietgehalte even hoog als in de zeeklei. Verder is er met name in de allerjongste rivierklei-afzettingen (in de uiterwaarden) wat illiet-chloriet gevonden dat in de overige afzettingen ontbreekt. Het verschil tussen de na-Romeinse rivierklei-afzettingen en zeeklei-afzettingen van dezelfde ouderdom komt ook goed tot uiting bij een vergelijking van de röntgen-diffractie-curven van de getijdenafzettingen (fig. 1). Het betreft hier curven van monsters waarvan de piekoppervlakken overeenkomen met de gemiddelde oppervlakken voor deze afzettingen.

Bij het zien van deze diffractiecurven rijst de vraag of het bij vermiculiet en smectiet alleen om kwantitatieve verschillen gaat of ook om kwalitatieve verschillen. Bij vermiculiet is dat niet vast te stellen, maar bij smectiet wel. Dit mineraal is van de overige mineralen te scheiden doordat het vooral in de fijne fracties aanwezig is. Daarbij kwam aan het licht dat het Fe-gehalte van de smectiet-, of eigenlijk de smectiet-illietmineralen, in de zeeklei significant hoger is (tabel 5). Verder bleek de smectietcomponent in de rivierklei veel sterker K te fixeren dan die in de zeeklei.

Tabel 4 Mineralogische samenstelling (in massaprocenten) van de lutumfracties van de belangrijkste holocene klei-afzettingen in Nederland, na verwijdering van humus, carbonaten en sulfiden

Afzetting	Geologische formatie		Kleimineralen				"Vrijen" oxiden ²⁾				Kwarts Veldspaten		
	oud	nieuw	Kaolinit ²⁾	Illiet ¹⁾	Vermiculiet ¹⁾	Smectiet ¹⁾	Chloriet ¹⁾	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃			
<u>Rivierklei</u>													
Rijn-outerwaarden	Tiel III	Betuwe	5-10	35-40	10-20	10-15	5-10	3,43	1,44	4,30	5-10	<5	
Rijn-subatlantisch	Tiel II, III	Betuwe en Westland	5-10	30-40	10-20	15-20	<5	4,69	2,24	3,32	5-10	<5	
Rijn-subboreaal	Tiel O, Gorkum IV		5-10	30-35	5-10	30-35	<5	4,76	1,84	3,48	5-10	<5	
Maas	Tiel	idem	5-10	30-35	5-10	30-35	<5	3,88	1,66	3,89	5-10	<5	
Ov.Vecht, Berkel ("beekklei")		Singraven	5-10	<10	<5	50-80	0-20 ³⁾	5-20	2,45	3,40	5-10	<5	
<u>Zeeklei</u>													
Zoete getijdenafz. (Z.Hol.)	D III	Westland	5-10	35-40	10-20	10-15	5-10	2,57	1,33	3,25	5-10	<5	
Zoute getijdenafz. (Z.Hol.)	D III	idem						4,61	1,07	3,06	5-10	<5	
Friesland/Groningen	D ₀ , D _I , D _{III} , D _{III}	idem	5-10	30-40	<5	30-40	<5	7,12	1,16	2,52	5-10	<5	
West-Friesland	D ₀ , C _{IV}	idem						7,39	0,62	2,16	5-10	<5	
Zeeland	D _{II} , D _{III}	idem						5,52	1,03	2,81	5-10	<5	

¹⁾ De schatting heeft hier betrekking op het totaal aantal lagen. Smectiet en waarschijnlijk ook vermiculiet, komen alleen voor als componenten van wis-sellaagmineralen met illiet. Bij chloriet is dit voor een deel het geval.

²⁾ Langs chemische weg bepaald. Bij kaolinitet, SiO₂ en Al₂O₃ na koken met 0,5 N loog; bij Fe₂O₃ na behandeling met een dithioniet-citraat-bicarbonaat-mengsel.

³⁾ Secundaire chloriet.

Tabel 5 Chemische samenstelling (in massaprocenten) van twee representatieve monsters van een zoute en een zoete getijdenafzetting (alleen macro-elementen)

Element	Fractie <2 μm ')		Fractie <0,04 μm ')	
	W23 zout	W30 zoet	W23 zout	W30 zoet
SiO_2	47,3	46,4	53,2	52,8
Al_2O_3	19,7	23,0	19,6	21,9
$\text{Fe}_2\text{O}_3^{2)}$	7,10	4,34	12,0	7,54
FeO	0,55	0,84	n.b.	n.b.
MgO	3,32	3,69	4,57	4,53
K_2O	3,22	3,52	2,21	2,72

') ontijzerde monsters

²⁾ incl. FeO

Samenvattend kunnen we zeggen dat er in de kleimineralogische samenstelling zowel kwantitatieve als kwalitatieve verschillen zijn tussen de jonge (na-Romeinse) rivier- en zeekleiafzettingen. Daaraan kunnen we nog toevoegen dat het gehalte aan "vrij" ijzeroxyde bij deze afzettingen ook duidelijk verschillend is (tabel 4). Ook dit feit kan men onder de mineralogische verschillen rangschikken.

5.3 Chemische verschillen tussen zeeklei en rivierklei

Bij de chemische eigenschappen is vooral gekeken naar de chemische samenstelling, de K-fixatie, de kationuitwisselcapaciteit en het gloeiverlies. In dit bestek worden alleen de belangrijkste resultaten besproken.

Bij de chemische samenstelling viel vooral het eerdergenoemde verschil in het Fe-gehalte van de kleimineralen op. Dit gehalte is in de lutumfractie van de zeeklei 1-3% (gerekend als Fe_2O_3) hoger dan in de rivierklei. In de fijnste onderzochte fractie, <0,04 μm , bedraagt het verschil nog meer (tabel 5). Het wordt gecompenseerd door een wat lager Al_2O_3 - en K_2O -gehalte in de zeeklei. Bij het "vrij" Fe_2O_3 is het gehalte in de rivierklei juist hoger (tabel 4). Dit heeft als belangrijk neveneffect dat rivierklei vaak een bruin uiterlijk heeft terwijl zeeklei meestal grijs van kleur is.

De verschillen in K-fixatie van zee- en rivierklei zijn bekend. Ook uit dit onderzoek blijkt dat het vermogen om K te fixeren zeer verschillend is (tabel 6 en fig. 3). De zeekleimonsters zijn in dit geval afkomstig uit het Zuid-Hollandse getijdengebied. Wat daarbij opvalt is dat de monsters uit het brakke gebied K-fixatiecijfers hebben die tussen de zoute en zoete getijdenafzettingen in liggen. In feite is dit het enige punt

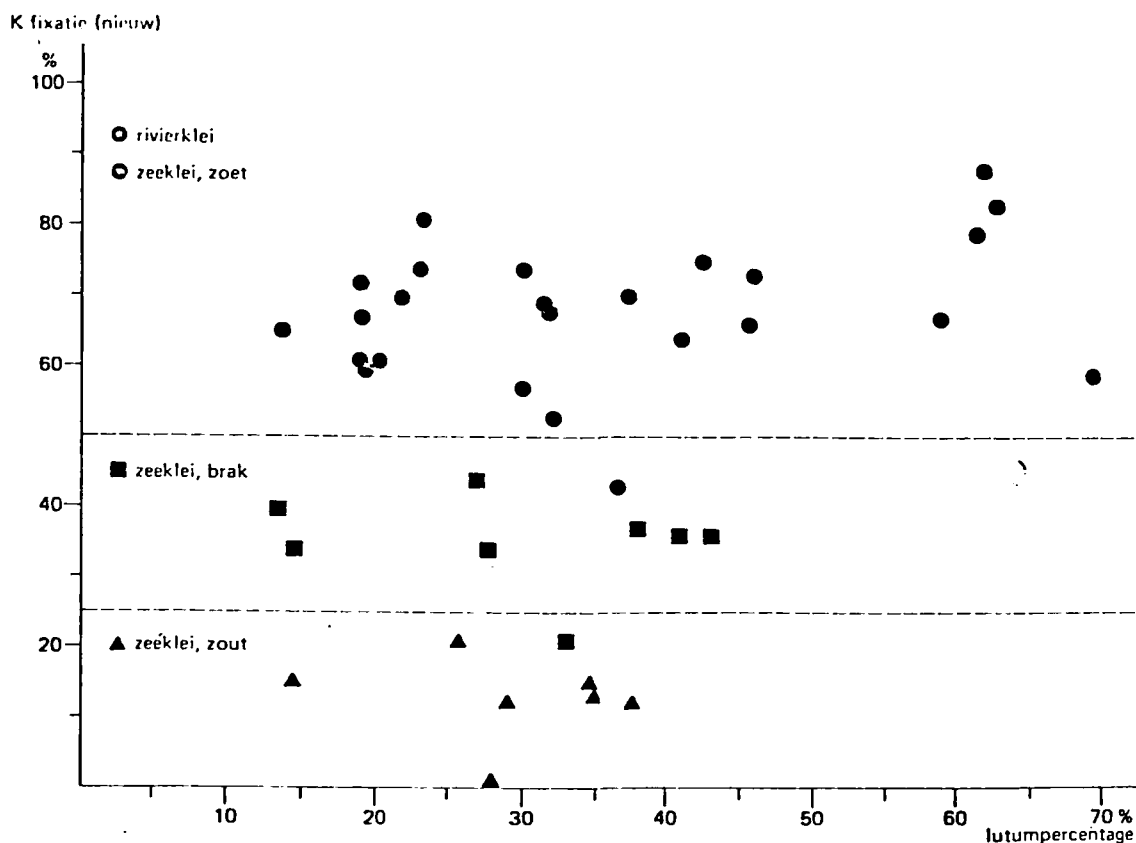


Fig. 3. K-fixatiegegevens volgens een nieuwe methode voor monsters uit het Gelderse rivierkleigebied en het Zuid-Hollandse getijdengebied (Indeling in zoet, brak en zout volgens de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000 uit 1965).

Tabel 6 K-fixatie-cijfers voor monsters van zee- en rivierklei-afzettingen

Afzetting	K-fixatie ²⁾
Rivierklei	55-90
Getijdenafzetting Zuid-Holland ¹⁾	
zoet	55-90
brak	30-50
zout	0-25

¹⁾ Indeling volgens de bodemkaart, schaal 1 : 200 000 van de Stichting voor Bodemkartering, 1965.

²⁾ Uitgedrukt als het percentage toegevoegde K dat onder de proefomstandigheden niet meer desorbeert. Bepaling verricht aan dezelfde hoeveelheid lutum voor alle monsters (nieuwe methode).

waarop de brakke afzettingen zich niet alleen onderscheiden van de zoete afzettingen maar ook van de zoute. Voor het overige gedragen de brakke afzettingen zich als de zoute getijdenafzettingen.

De zoete zeeklei-afzettingen gedragen zich bij de K-fixatie net als de rivierklei-afzettingen. De vóór-Romeinse rivierklei-afzettingen zijn even sterk K-fixerend als de na-Romeinse. Dit

betekent dat de smectietmineralen in de vóór-Romeinse afzettingen sterk K-fixerend zijn, in tegenstelling tot die in de zee-klei. Dat de K-fixatie zulke duidelijke verschillen vertoont is voor een deel ook een kwestie van bepalingsmethodiek. Om het effect van het lutumgehalte op de hoogte van de K-fixatie uit te schakelen heeft het Bedrijfslaboratorium op ons verzoek steeds eenzelfde hoeveelheid lutum ingewogen in plaats van eenzelfde hoeveelheid grond. Daardoor is een betere scheiding van de groepen verkregen.

Ook de kationuitwisselcapaciteit van zee- en rivierklei vertoont verschillen (tabel 7).

Tabel 7 De kationuitwisselcapaciteit (mol/kg)¹⁾ van enkele korrelgroottefracties van de belangrijkste klei-afzettingen in Nederland. (Zelfde afzettingen als in tabel 4)

Afzetting	<2 µm	2-16 µm	16-50 µm
<u>Rivierklei</u>			
Rijn-uiteerwaarden	0,45-0,50	0,07-0,12	0,01-0,03
Overige Rijn- en Maasafzettingen	0,50-0,65	0,07-0,12	0,01-0,03
Ov.Vecht, Berkel e.d. ("beekklei")	0,65-0,75	0,20-0,50	0,05-0,14
<u>Zeeklei</u>			
alle afzettingen	0,45-0,50	0,07-0,12	0,01-0,03

¹⁾ De opgegeven waarden gelden voor een 1-waardig kation. Voor een n-waardig kation zijn de waarden n keer zo klein. Vroeger werd de kationuitwisselcapaciteit opgegeven in me/100 g; 1 me/100 g = 0,01 mol/kg.

In dit rapport volstaan we met de slotconclusie dat er (statistisch) significante verschillen zijn, niet alleen tussen zee- en rivierklei, maar ook tussen deze afzettingen en de beekklei.

Bij het gloeiverliesonderzoek werd weinig of geen verschil gevonden tussen zee- en rivierklei. De conclusies t.a.v. de correctiefactor voor zgn. kleigebonden water komen in een ander rapport aan de orde.

5.4 Verband tussen de mineralogische en chemische verschillen

Tabel 8 geeft nog een samenvatting van de belangrijkste chemische verschillen tussen zoete getijdenafzettingen en rivierklei enerzijds en "brakke" en "zoute" zeeklei anderzijds. Daarbij is tevens vermeld welke mineralogische verschillen met de chemische samenhangen.

Tabel 8 Verband tussen de belangrijkste verschillen in chemische eigenschappen en kleimineralogische samenstelling van zee- en rivierklei

Chemische eigenschap	in rivierklei	oorzaak
Fe-gehalte van de klei-mineralen	lager	smectietgehalte smectietsamenstelling')
K-fixatie	hoger	vermiculietgehalte smectietsamenstelling')
Kationuitwisselcapaciteit	hoger	vermiculietgehalte smectietsamenstelling')

') De smectiet(-illiet)component in de zeelei bevat meer Fe en heeft een geringere ladingsdichtheid.

De verschillen in kationuitwisselcapaciteit en K-fixatie worden o.a. veroorzaakt door het verschil in vermiculietgehalte. Dit mineraal heeft een grotere kationuitwisselcapaciteit dan smectiet en het is (meestal) sterk K-fixerend. Dit wordt b.v. gedemonstreerd door fig. 4 waarin de vermiculietpiek in een rivierkleimonster door fixatie van K vrijwel is verdwenen en de illietpiek hoger is geworden. In het zeekleimonster in dezelfde figuur is bijna geen vermiculietpiek aanwezig en ook bijna geen K-fixatie opge-

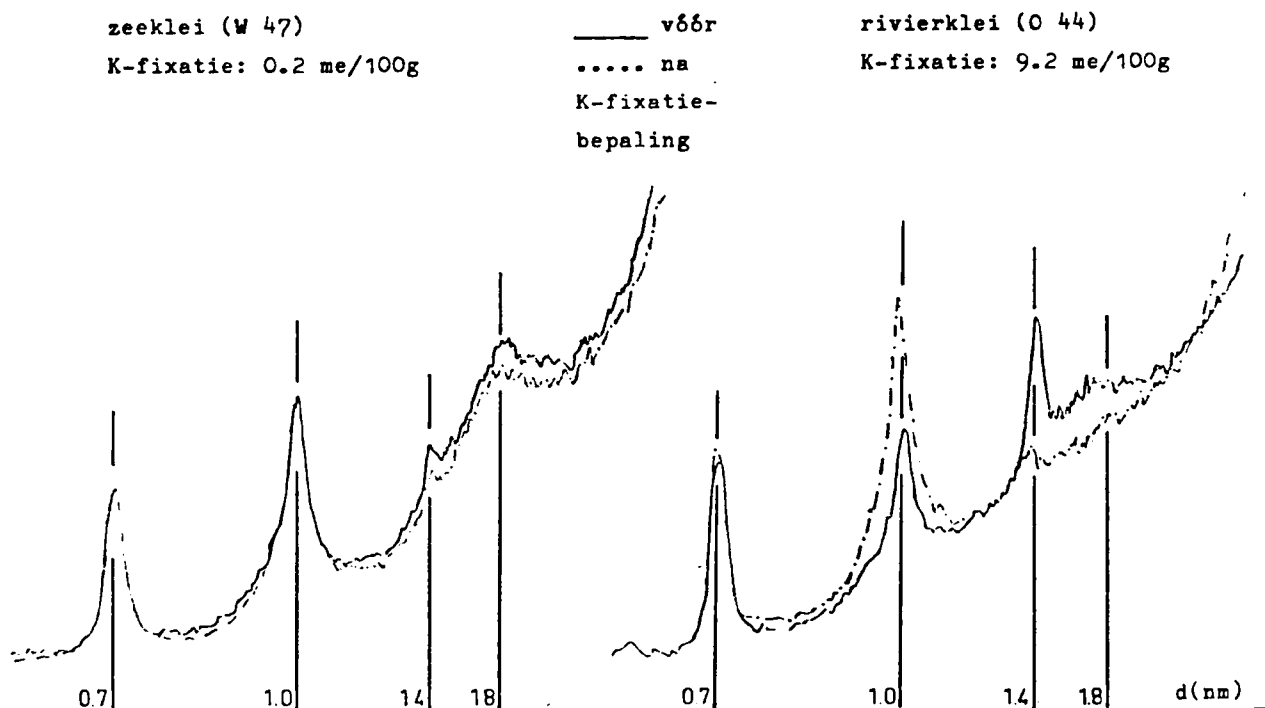


Fig. 4. Röntgendiffractiecurven van een zeelei- en een rivierkleimonster v66r en na een K-fixatiebepaling (Mg-klei, fractie <2 μ m, glycerol).

treden. Fig 5 laat zien dat er ook K-fixatie plaats kan vinden wanneer rivierklei in aanraking komt met zeewater. Dit is dan ook de reden dat er in het algemeen in zeelei weinig of geen vermiculiet wordt aangetroffen en de K-fixatie laag is.

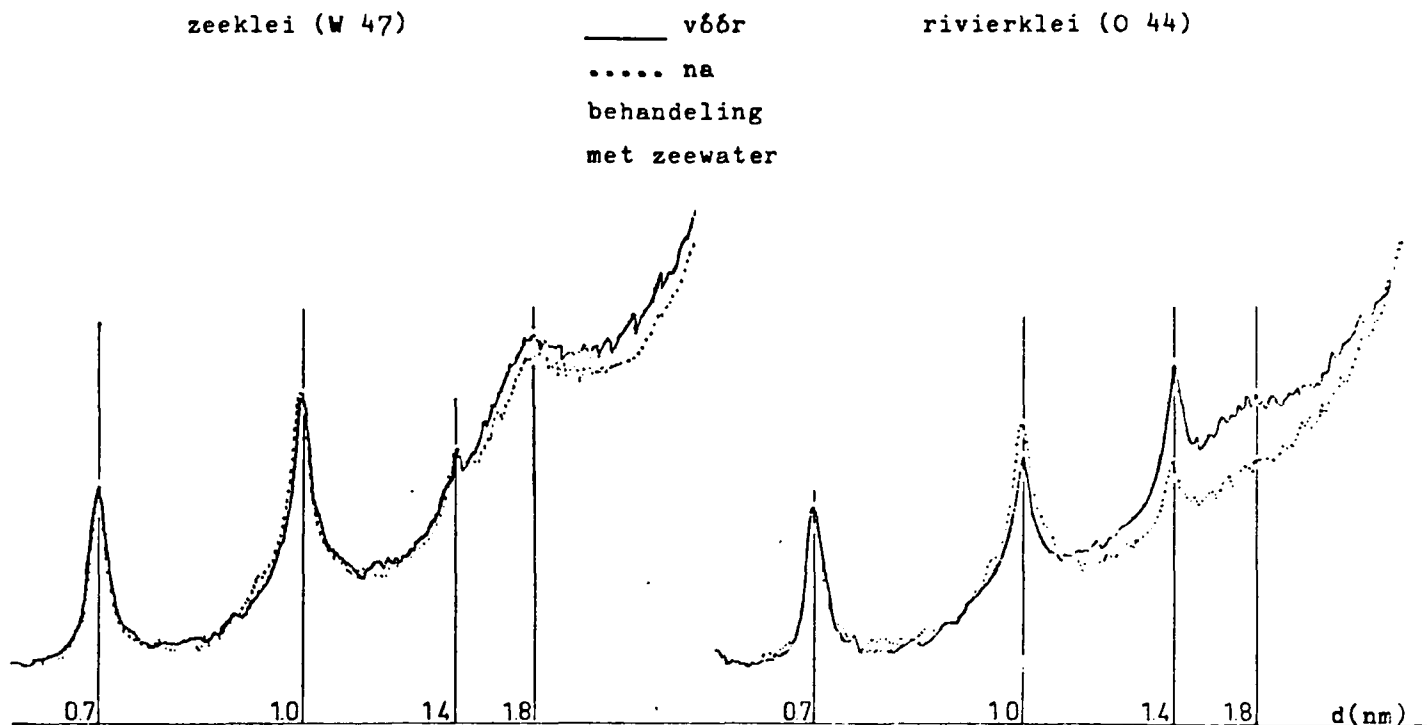


Fig. 5. Röntgendiffractiecurven van een zeeklei- en een rivierkleimonster v66r en na behandeling met zeewater (Mg-klei, fractie <2 μ m, glycerol).

Het verschil in Fe-gehalte van de kleimineralenfractie van zee- en rivierklei hangt eveneens samen met kleimineralogische verschillen. In de eerste plaats brengt het hogere smectietgehalte van de zeeklei met zich mee dat het Fe_2O_3 -gehalte van de kleimineralenfractie (lutum minus niet-kleimineralen) hoger is en het Al_2O_3 -gehalte lager. Belangrijker is echter nog het gegeven dat de smectiet-illietcomponent in zeeklei een hoger Fe-gehalte heeft dan in rivierklei. Zoals hierna zal blijken wijst dit op een verschil in herkomst van de fijnste fractie van beide afzettingen. Daarnaast wordt het verschil in "vrij" ijzergehalte vermoedelijk ook door een verschil in herkomst veroorzaakt (5.5).

5.5 Invloed van herkomst, sedimentatiemilieu en leeftijd

In het voorgaande zijn op verschillende plaatsen de rol van herkomst, sedimentatiemilieu en leeftijd reeds zijdelings aan de orde geweest. In deze paragraaf willen we de invloed van deze factoren nader analyseren.

Herkomst. De veronderstelling dat verschillen in herkomst een rol zouden kunnen spelen, zoals gesuggereerd in de vorige paragraaf, wordt bevestigd door het recente onderzoek van het slibtransport in de Nederlandse delta en langs de kust. Dit zijn onderzoeken van o.a. Rijkswaterstaat (Terwindt, 1977), het Waterloopkundig Laboratorium en het IB (De Groot, 1963; Salomons, 1975a, 1975b, 1978), en het NIOZ (Eisma, 1980). Volgens schattingen van Eisma (1980) is de aanvoer van slib via het Nauw van Calais (Engels Kanaal) groter dan de aanvoer via de Rijn en de Maas: 7 resp. $4,2 \times 10^6$ ton per jaar. Salomons (1975a

en b) komt op grond van de isotopensamenstelling van kalk en kleimineralen tot de conclusie dat het Waddenslib niet meer dan 10-20% Rijnslib bevat. De rest is afkomstig uit het zuiden via het Kanaal. Ook uit onderzoek van Verhoeven (1962) van het kalkgehalte en de samenstelling van de kalkdeeltjes in mariene sedimenten blijkt een duidelijke invloed vanuit het zuiden. Als aanvoerbronnen voor dit mariene slib worden door Salomons (1975b) o.a. genoemd de Franse rivieren, de Seine en de Somme. Ook de in Waddenslib gevonden Foraminiferen (Van Voorthuysen, 1950) uit het Krijt wijzen in deze richting.

Waarschijnlijk zijn, zowel het hogere smectietgehalte van de zeeklei als het hogere Fe-gehalte van de smectietmineralen in deze afzetting t.o.v. rivierklei-afzettingen van dezelfde ouderdom, toe te schrijven aan een verschil in herkomst. De verschillen kunnen verklaard worden door aan te nemen dat het mariene slib bestaat uit een mengsel van materiaal dat is aangevoerd door de Rijn en de Maas, en in Zeeland eventueel door de Schelde, met materiaal dat via het Engels Kanaal langs de kust naar het noorden wordt getransporteerd. Over de mengverhouding is in dit onderzoek geen informatie verkregen omdat de samenstelling van het zuidelijke materiaal niet bekend is.

Het bovenstaande impliceert dat de invloed die het sedimentatiemilieu gehad zou kunnen hebben op het gehalte en de samenstelling van de smectietcomponent wordt verwaarloosd. Het houdt tevens in dat ook de invloed van de processen die tijdens en na de rijping zijn opgetreden niet in staat geacht worden de chemische samenstelling van de klei zodanig te veranderen als in dit onderzoek is gevonden.

Sedimentatiemilieu. Ook het sedimentatiemilieu speelt een rol en wel bij het vermiculietgehalte, zoals in de vorige paragraaf is beschreven. In dit geval gaat het vooral om één facet van dit milieu, te weten het zoutgehalte. In principe moet men bij sedimentatie ook rekening houden met een selectie naar deeltjesgrootte. Doordat de mineralogische samenstelling afhankelijk is van de korrelgroottefractie kunnen op deze wijze mineralogische verschillen ontstaan. In dit onderzoek werden echter geen duidelijke verschillen gevonden tussen b.v. stroomruggen en komgronden of tussen zoete getijdenafzettingen en rivierkleigronden van dezelfde ouderdom. Verder werden ook geen verschillen gevonden tussen knipkleigronden en andere zeekleigronden (De kattekleigronden zijn buiten beschouwing gelaten). Dit betekent overigens niet dat er op kleinere, microscopische schaal geen veranderingen opgetreden kunnen zijn, b.v. een verplaatsing van de fijnste fracties of nieuwvorming van mineralen.

Leeftijd. Alleen bij de rivierklei-afzettingen is een verband tussen de leeftijd en de kleimineralogische samenstelling geconstateerd. In de oudere afzettingen, in het bijzonder die welke vroeger als Tiel 0 en Gorkum werden aangeduid, is het smectietgehalte hoger dan in de jongere, na-Romeinse afzettingen (Tiel II en III). Een verklaring hiervoor zou mogelijk gevonden kunnen worden in de ontginningsgeschiedenis van het stroomgebied van de Rijn. Dit vereist echter nader onderzoek.

5.6 Voor de kartering bruikbare karakteristieken

Uit het onderzoek blijkt dat röntgendiffractiecurven een hulpmiddel kunnen vormen om zee- en rivierklei te onderscheiden.

De K-fixatie komt echter als belangrijkste karakteristiek naar voren omdat deze gemakkelijk te bepalen is en goed bruikbaar voor de afgrenzing zoet/zout. Daarnaast kunnen ook de kationenuitwisselcapaciteit, het Fe-gehalte van de fractie $<0,04 \mu\text{m}$ en het gehalte aan "vrij" Fe_2O_3 genoemd worden. Bij de kartering biedt alleen dit laatste kenmerk enig houvast doordat het gekoppeld is aan de kleur. Daarnaast zijn er nog andere veldcriteria zoals de lutum-slibverhouding en de fijnzandigheid (Van Wallenburg, 1981) die in de praktijk vaak de doorslag geven.

6 RESULTATEN VAN HET BEEKKLEI-ONDERZOEK

Zoals uit tabel 4 blijkt heeft de "beekklei" van Overijssel en Oost-Gelderland een samenstelling die sterk afwijkt van die van de zeeklei en de rivierklei van de Rijn en de Maas. De röntgendiffractiecurven van beekklei-afzettingen vertonen in het algemeen een zeer hoge smectiepiek en géén of een zeer lage illiet-piet (fig. 6).

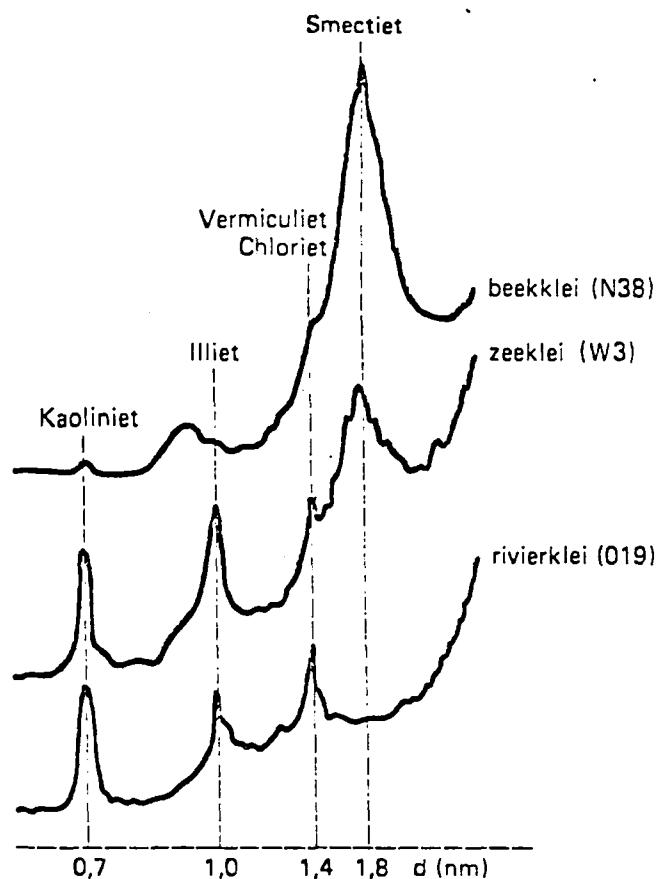


Fig. 6. Voorbeelden van röntgendiffractiecurven van zeeklei, rivierklei en beekklei (Mg-klei, fractie $< 2 \mu\text{m}$, glycerol).

Verder is ook nog wat kaolinit, vermiculiet en chloriet aanwezig. Een ander verschil met de zeeklei en rivierklei is dat het Fe-gehalte van de lutumfractie zeer hoog kan zijn. Dit kan zowel door een hoog percentage "vrij" Fe_2O_3 worden veroorzaakt (soms tot 60%), als door een hoog gehalte van de smectietmineralen (tot ca. 20% Fe_2O_3). In het laatste geval kan men deze klei als een nontro-nietklei beschouwen.

Het feit dat in Nederland vrij zuivere smectietafzettingen aan de oppervlakte voorkomen is één van de opmerkelijkste resultaten van het onderzoek. Smectietkleien hebben namelijk eigenschappen die

voor zowel landbouwkundige als industriële toepassingen uitermate belangrijk zijn. Wat de landbouw betreft zijn dergelijke kleien berucht door de sterke zwel en krimp die ze vertonen. Dat dit in ons land - voorzover mij bekend - geen problemen heeft gegeven zal wel met het relatief lage lutumgehalte van de meeste beekkleigronden samenhangen. Mogelijk speelt ook het vrij hoge ijzeroxydegehalte daarbij een rol.

Behalve een groot zwel- en krimpvermogen vertonen smectietrijke kleigronden ook een grote kationuitwisselcapaciteit. Dit hangt samen met het grote specifieke oppervlak van smectiet. Uit tabel 7 blijkt dat de "beekklei" een duidelijk grotere kationuitwisselcapaciteit heeft dan zee- en rivierklei. Ook hier kan het verschil enigszins worden genivelleerd door de aanwezigheid van ijzeroxyde. Ijzeroxyde heeft weliswaar ook een zekere kationen-adsorptiecapaciteit (20-30 me per 100 gram bij pH 8,2), maar deze is lager dan die van de meeste kleimineralen.

Het grote verschil in samenstelling van de beekklei t.o.v. zee- en rivierklei hangt samen met het verschil in herkomst. Hoewel niet bekend is uit welke afzetting het materiaal afkomstig is, is het duidelijk dat het aanvoergebied, c.q. het stroomgebied van de Overijsselse Vecht, de Berkel, e.d. verschilt van dat van rivieren als de Rijn en de Maas. Het ligt daarom voor de hand een verband te zoeken met b.v. de mariene-afzettingen uit het Tertiair die in Oost-Nederland en in het aangrenzende deel van Duitsland aan de oppervlakte voorkomen. Deze afzettingen bevatten echter vaak illiet of glauconiet zodat een direct verband niet aanwezig is, tenzij de smectietmineralen uit de glauconietmineralen ontstaan zijn. Het is ook mogelijk dat de kalkgesteenten uit het Krijt, die in het bekken van Munster aanwezig zijn, de bron vormen (zie ook Van der Marel, 1980).

7 CONCLUSIES

De belangrijkste conclusies die uit het onderzoek naar voren komen zijn:

1. De opvatting dat de holocene Nederlandse zee- en rivierkleigronden hoofdzakelijk uit illiet bestaan is niet juist. Er komen in verschillende afzettingen ook belangrijke gehalten aan smectiet en vermiculiet voor.
2. Er zijn duidelijke mineralogische en chemische verschillen tussen zeeklei-, rivierklei- en beekklei-afzettingen.
3. De verschillen kunnen worden verklaard d.m.v. verschillen in herkomst, sedimentatiemilieu en leeftijd.
4. De verschillen zijn o.a. van belang voor de indeling van de gronden (zeeklei-rivierklei), de bemesting (K-fixatie, kalkfactor) en de baksteenindustrie (krimp).

LITERATUUR

- AIPEA, 1975. Meeting of the Nomenclature Committee of AIPEA, 1975, Clays and Clay Minerals 23 (1975), 413-414.
- Breeuwsma, A., 1980. Bodemmineralogie, hoofdstuk 8, Cursus Bodemkunde 1980-1981.
- Broek, van den, J.M.M. en H.W. van der Marel, 1964. De alluviale gronden van de Maas, de Roer en de Geul in Limburg, Bodemkundige Studies 7, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Eisma, D., 1979. Supply and deposition of suspended matter in the North Sea. Abstracts of the Int. Meeting on Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin, Texel, The Netherlands.
- Favejee, J.Ch., 1939a. Quantitative röntgenographische Bodenuntersuchung, Z. Kristallogr. (A) 101, 259-270.
- Favejee, J.Ch.L., 1939b. Mineralogische onderzoekingen aan kleien en kleimineralen II. Quantitative X-ray analysis of some Dutch soils, Meded. Landbouwhogeschool 43, 43-51.
- Favejee, J.Ch.L., 1949. De mineralogische samenstelling van de kleifractie van Nederlandse grondsoorten, Landbouwk. Tijdschr. 61, 3.
- Favejee, J.Ch.L., 1951. The origin of the "Wadden" mud. Meded. Landbouwhogeschool 51, 113-141.
- Groot, A.J. de, 1963. Mangaantoeestand van Nederlandse en Duitse Holocene sedimenten in verband met slibtransport en bodemgenese, Diss., Pudoc, Wageningen.
- Marel, H.W. van der, 1950. The mineralogical composition of the clay (<2 μ m) separate of the Dutch soils and their cationic exchange capacity. Trans. Int. Congress of Soil Science, Amsterdam, Vol. II, 1-3.
- Marel, H.W. van der, 1954. Potassium fixation in Dutch Soils: mineralogical analysis. Soil Science 78, 3, 163-179.
- Marel, H.W. van der, 1964. Identifizierung und Bildung von Tonmineralen in den Niederungsmoorböden der Niederlande, Zeitschr. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 195, Heft 3, 224-239.
- Marel, H.W. van de en J.F.N. Venekamp, 1955. Onderzoek naar het verschijnsel der Kalifixatie in de Nederlandse gronden. Versl. Landbouwk.Onderz. 61.8, 61 blz.
- Salomons, W., 1975a. Chemical and isotopic composition of carbonates in recent sediments and soils from Western Europe, J. Sed. Petrology 45, no. 2, 440-449.
- Salomons, W., 1975b. The oxygen isotopic composition of the fraction less than 2 microns (clay fraction) in recent sediments from Western Europe, Marine Geology 18, M23-28.
- Salomons, W., 1978. De toepassing van de multi-elementenanalyse voor het bepalen van de herkomst van slib in de Noordzee, Waterloorkundig laboratorium, R1036.

Terwindt, J.H.J., 1977. Mud in the Dutch Delta area, *Geologie en Mijnbouw* 56, 3, 203-210.

Verhoeven, B., 1962. On the calcium carbonate content of young marine sediments, *Neth. J. Agric. Sci.* 10, 1, 58-71.

Voorthuysen, J.H. van, 1950. Recent indigenous and upper cretaceous derived foraminifera of The Netherlands tidal flats (Wadden), *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Genootschap* 67, 89-94.

Wallenburg, C. van, 1966. De bodem van Zuid-Holland, Toelichting bij blad 6 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Wallenburg, C. van, 1981. Indeling naar afzettingsmilieu bij de systematische bodemkarteringen van Nederland, Interne notitie, Stichting voor Bodemkartering.

