

- Hammen, T. van der*, 1951: Vegetatie en stratigrafie van het Laat-glaciaal en het Pleniglaciaal. *Geol. en Mijnbouw* 13, 308—310.
- Maarleveld, G. C.*, 1949: Over de erosiedalen van de Veluwe. *T. Kon. Ned. Aardrijksk. Genoot.* 66, 133—142.
- Maarleveld, G. C.*, 1951: De pseudo-osar van de Veluwe. *Geol. en Mijnbouw.* 13, 301—304.
- Veenbos, J. S.*, 1949: Bodemkartering in de Friese Wouden. *Boor en Spade* III. 86—93.
- Vink, A. P. A.*, 1949: Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden in het bijzonder van de zuid-oostelijke Veluwe. *Diss. Wageningen.*
- Vlerk, I. M. van der en F. Florschütz*, 1950: Nederland in het Ijstijdvak, Utrecht.
- Vries, O. de en A. M. van Vliet*, 1945: Onderzoek naar de bodemgesteldheid van het landgoed „de Utrecht” nabij Esbeek (N.B.). *Versl. Landb. Onderz.* 50 (9) A, s-Gravenhage.
- Waterbolk, H. Tj. en T. H. van Andel*, 1951: Stuiwandprofielen te Havelte. *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 69, 141—156.

5. FLUVIOGLACIALE KLEI VAN DE NOORDELIJKE VELUWE

Fluvioglacial clay from the north of the Veluwe

door/by **Dr R. D. Crommelin en G. C. Maarleveld**

INLEIDING

Tijdens de kartering van het noordelijke deel van de Veluwe was het de schrijvers opgevallen, dat in de brede vallei van de Leuvenumse Beek tussen de stuwwallen van Garderen en de oostelijke Veluwe, plaatselijk dicht onder de oppervlakte, klei¹⁾ voorkomt. De situatie in het terrein en de hoedanigheden van deze klei deden vermoeden dat men hier noch met praeglaciale leem noch met recente klei van de Leuvenumse Beek te maken had.

Blijkbaar heeft men vroeger van geologische zijde deze klei vereenzelvigd met de zeer algemeen voorkomende praeglaciale klei of leem van de Veluwe; op de geologische kaartbladen staat zij dan ook met de betreffende signatuur aangegeven. Van Baren (1907) noemt terloops het voorkomen van leem in de ondergrond van kommen van zijn z.g. kame-landschap noordelijk van Elspeet. Beyerinck (1949) die in de laatste jaren een studie maakte van dit landschap heeft de verbreiding van de klei door middel van boringen trachten te vervolgen. Evenals de geologische kaart rekent ook hij de klei tot het gestuwde Praeglaciaal.

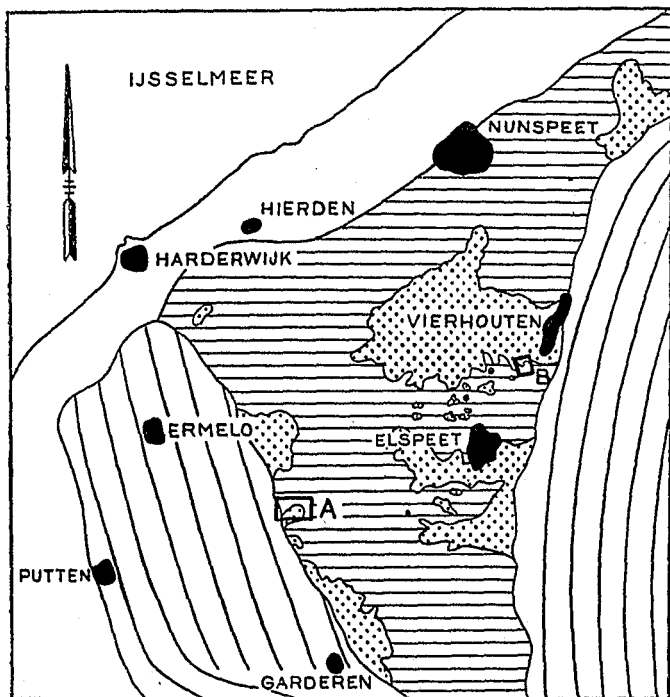
Gedurende de zomer van 1951 werd de klei door ons meer in het bijzonder onderzocht waarbij wij ons voorstelden in de eerste plaats na te gaan of het mogelijk was iets naders te weten te komen omtrent de ouderdom en ontstaanswijze. Van een kartering van de verbreiding van de klei moest wegens gebrek aan tijd worden afgezien; overigens zou een dergelijke kartering in het midden van de vallei zo al niet geheel onuitvoerbaar dan toch de nodige

¹⁾ Hoewel de in dit geschrift te bespreken afzetting een betrekkelijk hoge ouderdom bezit en er dus argumenten te vinden zijn om van „leem” te spreken, hebben wij tenslotte toch gemeend aan de term „klei” de voorkeur te moeten geven.

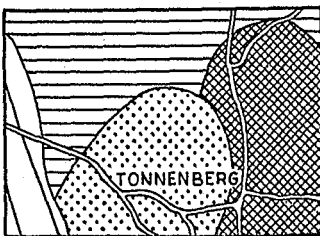
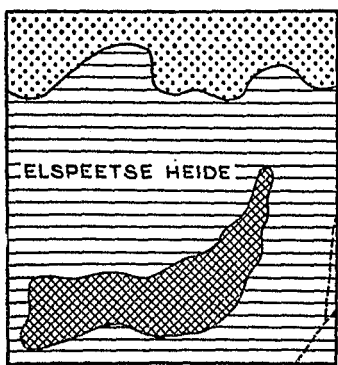
Aan de voornaamste conditie, nl. dat lemen „vaster, stugger en tevens minder doorlatend zijn dan klei met een even hoog percentage afslibbare delen”, is niet voldaan. Genoemde eigenschappen zijn het gevolg van een langdurige verwerking aan de oppervlakte, een omstandigheid die, te oordelen naar de habitus van de klei, hier waarschijnlijk heeft ontbroken. Overigens spreekt ook de bevolking in dit gebied van klei en maakt wat dit aangaat geen onderscheid met recente holocene rivierklei van elders aangevoerd. Men vergelijkte voor het verschil in spraakgebruik tussen leem en klei: Edelman (1948).

Fig. 1 Geomorfologische overzichtskaart van de Noordelijke Veluwe met gedetailleerde opnamen a en b.

Geomorphological situation map of the North of the Veluwe with detailed maps of the parts a and b.







0 2 4 6 km



0 250 500m

B 0 100 200m

-  stuwwal
ice-pushed ridge
-  fluvio-glaciale klei
fluvio-glacial clay
-  vrij vlak fluvio-glaciaal gebied
rather flat fluvio-glacial area
-  grindrijke fluvio-glaciale hoogten
fluvio-glacial heights, rich in gravel

moelijkheden hebben ondervonden ten gevolge van de ook 's zomers hoge grondwaterstanden.

VOORKOMEN EN HABITUS

Wel kwam door een globale verkenning vast te staan, dat de verbreiding van deze kleisoort hoofdzakelijk gebonden is aan de lagere delen van het fluvioglaciale complex van de Leuvenumse Beek.

De dikte van de klei, zoals deze in boringen tot 3,30 m werd vastgesteld, bedroeg in de regel waarden die om 1 m schommelen. Locaal kunnen echter aanzienlijker bedragen voorkomen; zo constateerde de eigenaar van een perceel n.o. van de Tonnenberg bij het maken van een put een dikte van 6 m. In het algemeen helt het oppervlak van de klei een weinig van de rand van de begrenzendende stuwheuveld naar het midden van de vallei. Hoewel de bovenbegrenzing van de klei vrijwel vlak is, komen plaatselijk onregelmatigheden in de vorm van inzinkingen voor. In het laagste gedeelte van de vallei boort men de klei vrij dicht onder het oppervlak van de weilanden aan. Naar de hogere randgedeelten van de vallei is zij bedekt door jongere afzettingen, die een dikte van 1—4,5 m kunnen bereiken, plaatselijk wellicht meer. Ten gevolge van de bovengenoemde hoge grondwaterstanden is het in het lage gedeelte van de vallei niet mogelijk de klei in een profiel te bestuderen. In de hogere gedeelten zijn daartoe de omstandigheden gunstiger en zo waren wij in de gelegenheid op een tweetal plaatsen de afzetting aan verse wanden van pl.m. 2 m diepe droge kuilen te onderzoeken, nl. bij Speulde en bij Vierhouten. In beide ontsluitingen kon geconstateerd worden dat de basis van het kleipakket rust op fluvioglaciaal zand. Bovendien werd door één van ons de verbreiding van de klei nader gekarteerd en weergegeven op de detailkaartjes A en B (fig. 1).

Wat bij beschouwing van verse profielwanden het eerst opvalt, is de uitermate fraaie en regelmatige gelaagdheid van de klei, een hoedanigheid waardoor zij zich direct laat onderscheiden van andere in Nederland voorkomende kleien (vgl. fig. 2, 3, 4). Deze gelaagdheid bestaat uit een afwisseling van zware klei en zeer fijn zand (silt). De kleilagen zijn in de regel één tot enkele cm dik, de dikte van de siltlaagjes is meestal meer wisselend, soms van dezelfde orde van grootte, doch plaatselijk zeer gering en dan dikwijls niet meer dan 1 mm. Terwijl het bovenste gedeelte van het complex vaak kryoturbaat verstoord is, vertoont daarentegen het onderste gedeelte van het pakket direct boven het zand de duidelijkste gelaagdheid. In de ontsluiting van Vierhouten konden over een verticale afstand van ± 45 cm in dit onderste gedeelte gem. 28 kleilaagjes geteld worden.

Het uitzonderlijk zware karakter van de klei volgt uit onderstaande tabel, waarin de pipetanalyses zijn opgenomen van 3 verschillende monsters van een zorgvuldig uitgeprepareerde ± 1 cm dikke kleilaag uit de ontsluiting bij Vierhouten.

74—47 μ	47—32 μ	32—16 μ	16—8 μ	8—2 μ	<2 μ
0,1	2,6	0,9	1,1	1,2	94,0
—	1,9	2,1	1,7	7,5	86,8
—	0,5	1,0	4,2	5,2	89,0

Het gehalte van gemiddeld 90% aan deeltjes kleiner dan 2 μ bestempelt



Fig. 2. Onsluiting in fluvio-glaciale klei bij Vierhouten.
Fluvio-glacial clay-pit near Vierhouten.

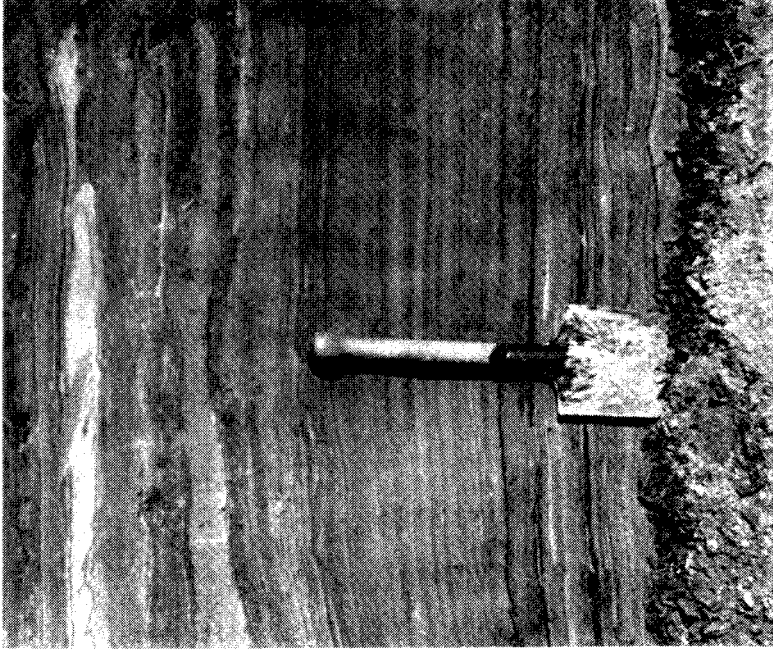


Fig. 3. Detail van een wand, die rechthoekig staat op het
profiel van fig. 2. Men lette op de afgeschaaftde,
omgekrulde kleibrokjes aan de basis van het complex.
*Detail of a wall perpendicular to the profile of fig. 2.
Notice the grazed, curled clay pieces in the base of
the complex.*

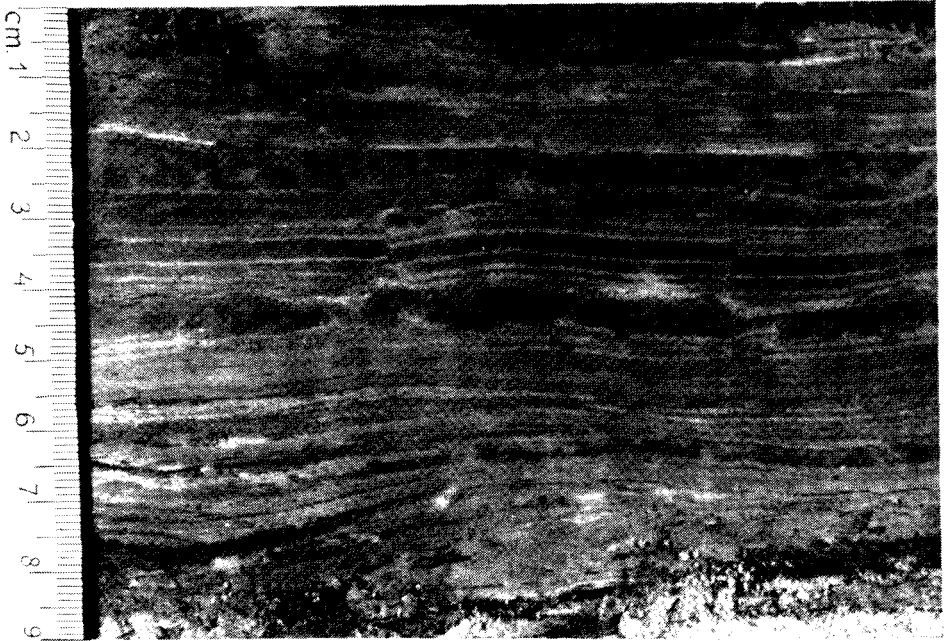


Fig. 4. Detail van het silt-klei complex uit de ontsluiting bij Speulde. Wigvormig naar elkaar toelopende breukjes in het midden van de foto.

Detail of the silt-clay complex in the sand-pit near the village of Speulde. Small faults taper to each other in the centre of the photograph.

deze klei tot de zwaarste die in Nederland in holocene en pleistocene afzettingen voorkomen.

Een ander belangrijk kenmerk van deze klei is het doorgaans hoge kalkgehalte. Reeds bij een oppervlakkige beschouwing van de kleihopen, die men aantreft bij de plaatsen van exploitatie (Speulde en Staverden), wordt de aandacht getrokken door de vele witte concreties. Bij een nader onderzoek met zoutzuur blijkt, dat meestal de klei zelf kalkloos is, daarentegen de ingeschakelde siltlaminae bruisen. Het kalkgehalte van een tweetal monsters van de kuilen van Vierhouten en Speulde bedroeg resp. 8, 9 en 13,1%. Daar deze waarden betrekking hebben op het gemiddelde van ieder monster waarvan de kleilaagjes kalkloos waren, moet het kalkgehalte van de siltlaminae nog aanzienlijk hoger zijn.

Het is echter geen vaste regel dat slechts de siltlaminae kalkhoudend zijn; bij enkele monsters bleek het gehele klei-silt complex kalkhoudend te zijn, terwijl andere monsters in het geheel niet reageerden op zoutzuur. Mogelijk is oorspronkelijk het gehele complex kalkhoudend afgezet en later gedeeltelijk door kwel- of regenwater uitgespoeld.

De kleur van de klei varieert tussen bruine en blauwe tinten, soms gaan beide kleuren in een zelfde laagcomplex zijdelings in elkaar over.

Een röntgenanalyse van de klei, die Dr J. Ch. L. Favejee zo vriendelijk was voor ons te verrichten, gaf als resultaat o.a. een hoog gehalte aan montmorilloniet. Daar de tijd ontbrak om aan de mineralogische samenstelling verder aandacht te besteden, willen wij met deze voorlopige mededeling volstaan; een meer volledig kwantitatief onderzoek van deze merkwaardige klei hoopt Dr Favejee binnenkort apart met ons te publiceren.

GEOLOGISCHE OUDERDOM

Het veldonderzoek heeft geleerd dat de kleipakketten steeds in het fluvio-glaciale landschap van de Leuvenumse Beek voorkomen. Men vindt ze in hoofdzaak in de komvormige depressies, echter komen ze ook voor aan de voet van de fluvioglaciale hoogten en zelfs een enkele maal op deze hoogten. De bedekking bestaat uit Würm-glaciale afzettingen. Meestal ligt dekzand op het kleipakket al of niet gescheiden daarvan door een gesolifluëerde grindlaag. Het volledigst ontwikkeld vonden we de Würm-glaciale lagen op de klei van de ontsluiting bij Speulde. Het bovenste gedeelte van het klei-silt pakket, ongeveer 80 cm, is sterk kryoturbaat vervormd en het verband tussen klei- en siltlaagjes is verstoord.

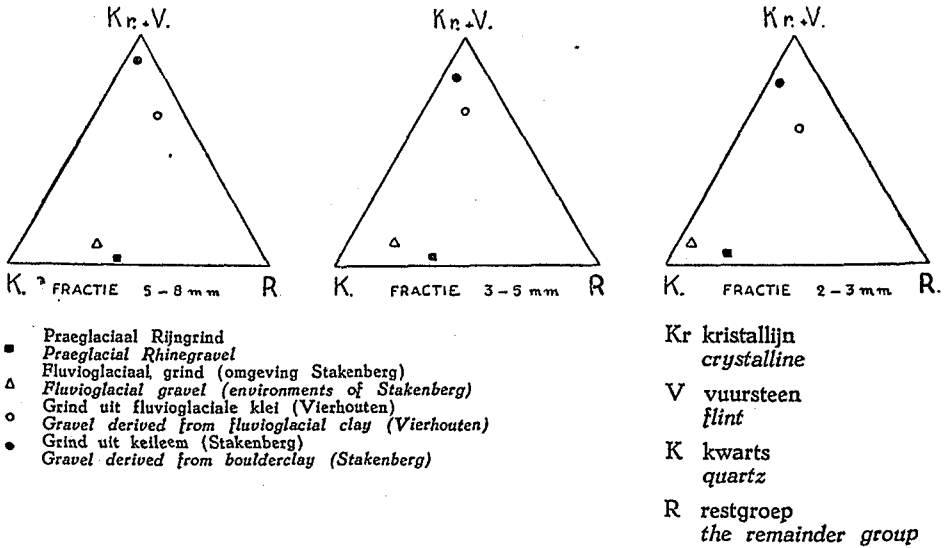
De deklagen vangen aan met een gesolifluëerde grindlaag met vrij veel noordelijk materiaal. Daarop volgen oud en jong dekzand, waarop nog weer een jongste grindlaag rust. Tussen oud en jong dekzand waren zelfs aanduidingen van een Usselo-laag (Allerød). Hoewel maar zelden de bedekking zo volledig zal voorkomen als bij Speulde, volgt uit het geheel van de waarnemingen toch afdoende duidelijk, dat de bewuste klei ouder moet zijn dan de grindlaag onder het oudste dekzand en dus ouder dan het begin van het Würm-glaciaal.

Het grind, verzameld uit een zandig laagje tussen de kleilagen van Vierhouten, bevat veel meer noordelijk materiaal dan het in de omgeving voorkomende fluvioglaciale grind, en vertoont merkwaardigerwijs veeleer een sterke affiniteit tot het grind van keileem.

Samenstelling van enkele grindtypen volgens G. C. Maarleveld

	Fractie	Kwarts	Vuursteen		Kristal- lijn	Rest- groep	Totaal aant. get. grind- korrels
			Gerold	Niet gerold			
Praeglaaciaal Rijngrind (Veluwe)	5—8 mm	57	×	×	2	41	18.037
Fluvioglaaciaal grind (Omg. Stakenberg).	"	61	×	1	8	30	3.906
Grindhoudend laagje fluvioglaaciale klei (Vierhouten) . . .	"	11	—	20	45	24	108
Keileem (Stakenberg).	"	7	—	1	87	5	608

Fig. 5, 6, 7 Samenstelling van enige grindtypen volgens Maarleveld.
Constitution of some types of gravel according to Maarleveld.



Uit de tabel blijkt dat de onderste twee grindtypen zich laten sa-
menvoegen, terwijl men anderzijds hetzelfde kan doen met praeglaaciaal Rijn-
grind en fluvioglaaciaal grind (vgl. ook grafieken). Er zij in dit verband nog
opgemerkt, dat in het gebied van de Leuvenumse Beek weinig keileem meer
voorkomt. De dichtstbijzijnde vindplaats was de Stakenberg waarvan de kei-
leem toevallig geen vuursteen bevat, hetgeen een uitzondering genoemd mag
worden; gewoonlijk bevat Riss-keileem in de 5—8 mm fractie een vrij groot
percentage vuursteen. Een normale keileem zou dus de overeenkomst met de
hier betreffende klei nog duidelijker tot uiting hebben doen komen. Ook wat
de vorm van het grindmateriaal betreft viel gelijkenis met de keileem te con-
stateren; de steentjes in de klei waren steeds hoekig zoals we dit gewoonlijk
aantreffen bij grind van keileem. We kunnen hier nog aan toevoegen dat de
hier en daar verspreid voorkomende grotere stenen in de klei steeds van noor-
delijke origine waren.

Het zal duidelijk zijn dat de stratigrafische positie en de geaardheid van de afzetting wijzen op een Riss-glaciale ouderdom. Bij de thans volgende bespreking van de mogelijke genese van de klei zullen nog enkele feiten naar voren worden gebracht die deze conclusie schijnen te rechtvaardigen.

GENESE

Zoals reeds gezegd, is een van de meest opvallende eigenschappen van deze klei de fraaie gelaagdheid, die in eerste instantie sterk doet denken aan die van de warvenklei-afzettingen uit Scandinavië. Toch willen we om verschillende redenen niet van een warvenklei spreken, hoezeer ze ook bij een oppervlakkig beschouwen die indruk moge vestigen. Terecht heeft Kuenen (1951) naar aanleiding van de studie van de Waard en Erdbrink over warvenafzettingen bij Molecate (1949) er op gewezen dat men van warvenklei alleen dan mag spreken, indien o.a. aannemelijk gemaakt kan worden dat de afzetting in een uitgestrekte watermassa heeft plaats gehad en het jaarrhythme in het sedimentatiebeeld duidelijk overheerst. Indien de afzetting is geschied in de nabijheid van het ijsfront (wat op de Veluwe zeker het geval geweest is), moet het jaarrhythme aangetoond kunnen worden aan de hand van gelijkmatig dikke laagjes met een gesorteerde gelaagdheid (of graded bedding van de Amerikanen), nl. grove voorjaarslaminae die naar boven fijner van korrel worden om ten slotte te eindigen in donkere winterlaminae, waarop dan het volgend jaar met scherpe overgang weer een grove voorjaarslaag volgt, etc.

Het zijn juist deze voorwaarden die in het door ons bestudeerde gebied, althans voor zover wij hebben kunnen nagaan, blijkbaar hebben ontbroken. Hoewel niet met zekerheid gezegd kan worden dat aan de eerste voorwaarde nergens is voldaan, nl. het over grote afstand continue verloop van de gelaagdheid, lijkt het ons niet waarschijnlijk dat ononderbroken sedimentatie in een uitgestrekt bekken heeft plaats gehad. De morfologie van het gebied wijst meer in de richting van een aaneenschakeling van kleine bekens (zie b.v. het detailkaartje B).

Het ontbreken van een voldoende aantal ontsluitingen maakte het evenwel niet mogelijk dit probleem definitief tot een oplossing te brengen, zodat voorts nog een zeker voorbehoud hieromtrent moet blijven bestaan.

Er kan evenmin met zekerheid worden gezegd dat aan de tweede voorwaarde is voldaan, nl. het aanwijsbaar zijn van een duidelijk jaarrhythme in de vorm van zomer- en winterlaminae. Hoewel de meeste lagen in horizontale zin doorgaans zeer fraai over de totale breedte van het profiel te vervolgen zijn, is het geenszins zo, dat in verticale zin silt en klei steeds elkaar met constant blijvende dikte opvolgen: soms vindt men over een bepaalde sectie van het profiel, dat in tegenstelling met de regel de siltlaagjes juist dikker zijn dan de kleilaagjes. In dat geval constateert men soms weer donkere zwaardere laminae in het silt, even goed als hier en daar streepvormige dunne siltlaminae in de donkerder klei. Een wetmatigheid in de opeenvolging van silt en klei schijnt zoek te zijn. Voorts ontbreekt de gesorteerde gelaagdheid die zo typerend is voor warven; de siltlaagjes zijn zowel aan onder- als aan bovenkant zonder overgang door kleilaagjes begrensd.

Ofschoon dus de omstandigheden blijkbaar niet gunstig waren voor het ontstaan van warven, moeten toch in dit gebied in zoverre analoge omstandigheden hebben geheerst, dat zo niet identieke dan toch soortgelijke afzettingen gevormd konden worden in stilstaand rustig water. De bezinking van

klei en zand zou dan plaatsgevonden hebben in kleine afvoerloze bekkens, die vermoedelijk gedeeltelijk ingesloten waren door fluvioglaciale hoogten, gedeeltelijk door dood-ijs.

In dit verband moet nog worden gewezen op het hierboven genoemde extreem hoge gehalte aan fijne deeltjes van de klei, een gehalte dat aanzienlijk hoger is dan wat we uit de analyses van Nederlandse kwartaire kleien leren, echter geheel in overeenstemming is met wat men weet van de warvenklei in Scandinavië en Finland (vgl. o.a. Hörner, 1948 en Sauramo, 1925). Mogelijk heeft ook hier de lage temperatuur van het zout-arme smeltwater tot een zeer volledige peptisatie van het in suspensie meegevoerde materiaal en zomede tot de fijnheid van het sediment bijgedragen. Het hoge kalkgehalte heeft de afzetting gemeen met echte warven uit Scandinavië. Men mag o.i. echter dit feit niet als argument gebruiken, daar de sedimentatie-omstandigheden en het getransporteerde materiaal in het noorden anders zijn geweest dan hier.

Verskillende invloeden zullen bij de sedimentatie een rol hebben gespeeld; zowel van de smeltende ijs-massa als van de omringende heuvels zal materiaal in het bekken zijn terechtgekomen, resulterend in een rhythmische sedimentatie van alternerend silt en klei. Daarvoor was nodig een periodiek terugkeren van dezelfde sedimentatie-omstandigheden. Bij dergelijke kleine bekkens zijn echter locale invloeden belangrijker dan bij de grote glaciale stuwweren. De periodiciteit in de gelaagdheid zal dus maar gedeeltelijk het gevolg geweest zijn van seizoensfactoren, gedeeltelijk juist van die locale invloeden van de omgeving of m.a.w. men mag in een dergelijk geval geen jaarrhythme in de periodiciteit van de gelaagdheid zien en dus ook niet van warven spreken.

Sinds Smit Sibinga (1945) voor het eerst, naar wij menen, de idee van dood-ijs heeft geïntroduceerd ter verklaring van het merkwaardige landschap tussen Elspeet en Nunspeet, dat destijds reeds zo sterk de aandacht heeft getrokken van van Baren, schijnen langzamerhand meer feiten de juistheid van zijn principe te bevestigen. Wij hopen daarop in een volgende publicatie terug te komen; in dit verband willen wij slechts volstaan met er op te wijzen dat de onregelmatigheden in de vorm van komvormige inzinkingen in het kleioppervlak het gevolg zouden kunnen zijn van het wegsmelten van begraven dood-ijs en het nazakken van de bedekkende lagen.

Wij willen tenslotte nog opmerken, dat voordien glaciale kleien in de vorm waarin zij hierboven beschreven werden in Nederland onbekend waren en dat het ook niet waarschijnlijk is dat er aan de thans gevonden vindplaatsen in de toekomst nog veel zullen kunnen worden toegevoegd.

In het aangrenzende Duitsland, waar glaciale afzettingen een veel belangrijker plaats innemen in de kwartair-geologie dan hier te lande, zijn dergelijke Bändertone algemeen voorkomend. In Nederland zullen zij vermoedelijk steeds tot de zeldzame geologische verschijnselen blijken te behoren.

Summary

During the summer of 1951 a study was made of stratified clays in a part of the fluvioglacial landscape of the Leuvenumsche Beek (northern part of the Veluwe).

A smooth section of this formation shows a striking uniformly banded aspect. The stratification consists of clay-laminae about 1 cm, alternating

with silt-laminae of varying depths. Lime concretions are a very common feature. Usually the silt-laminae are calcareous whereas the laminae consisting of pure clay do not show a very definite reaction to chloric acid.

These silt-clay deposits are of the Riss-glacial age, a conception that is substantially sustained by the following arguments:

1. The silt-clay complex occurs either in dips of the fluvioglacial landscape, or at the toe of the fluvioglacial gravel mounds.
2. It is covered either by Würm-glacial coversands or by a gravelly solifluction-layer, but occasionally by both.
3. The fine gravel sometimes occurring between the clay-laminae has mineralogically and lithologically a composition similar to that of the gravel of the Riss-glacial boulderclay.

The silt-clay complex that must be considered as a lacustrine facies of the gravelly Fluvioglacial has presumably been deposited in shallow dips under the influence of melting dead ice.

A point corroborating this view is the abnormally high percentage of very small particles in the clay-laminae. This may be due to the low temperature of the water issuing from the ice and its pooriness in electrolytes, as is a common feature of water in melt-water lakes.

Seasonal fluctuations combined with influences locally emanating from the surrounding hills caused a rhythmic sedimentation of clay and silt very much like classic varves.

However, as long as it cannot be proved that these periodical fluctuations in sedimentation are genetically associated with an annual rhythm, the qualification "varved clays" should not be applied.

LITERATUUR

- Baren, J. van*, 1907: De morphologische bouw van het Diluvium ten westen van de IJssel. T. Kon. Ned. Aardrijksk. Genoot. 24, 2, 129—166.
- Beyerinck, M. W.*, 1949: De Liesberg en de Turfberg bij Vierhouten. Sporen der Ijstijd. Ned. Geol. Ver. (Gedenkboek v. d. Lijn) VIII, 16—28.
- Edelman, C. H.*, 1948: Over leemgronden. Maandblad Landbouwvoorlichtingsdienst 5, 12, 571—575. Herdrukt in Boor en Spade III, 22—27.
- Hörner, Nils G.*, 1948: A late-glacial specimen of *Lucioperca* and its environments (A study of some Uppsala clay varves). Bull. Geol. Inst. Uppsala 32, 195—276.
- Kuener, Ph. H.*, 1951: Warven in Nederland? Geol. en Mijnb. 13, 3, 102—105.
- Sauramo, M.*, 1925: Studies on the quaternary varve sediments in Southern Finland. Bull. Comm. Géol. de Finlande 11, 60, 1—164.
- Smit Sibinga, G. L.*, 1944—'45: Dood-ijs morfologie op de Noordelijke Veluwe. Gedenk. Tesch. Verh. Geol. Mijnbouwk. Genoot. Ned. en Kol., Geol. Ser. 14, 467—474.
- Waard, D. de en D. P. Erdbrink*, 1949: Warven in Nederland. T. Kon. Ned. Aardrijksk. Genoot. 67, 677—687.