

BIDRAG TIL ØSTLANDSLEIRENES PETROGRAFI

AV

I. TH. ROSENQVIST

I noen tidligere arbeider, (ROSENQVIST, 1942 — 1949 — 1955), er det nevnt at østlandsleirenes leirmineraler i alt overveiende grad hører til hydroglimmergruppen. Lignende utsagn finner en også i noen arbeider av SELMER-OLSEN (1953 — 1954). I Sverige og Finland har blant annet BENGT COLLINI (1950) og URPU SOVERI (1951) funnet at hydroglimmermineraler beslektet med de amerikanske illiter er helt overveiende. Eksistensen av montmorillonitmineraler i skandinaviske leirer har stort sett vært ansett som nedarvet fra pre-glasiale forvittringsjordarter.

I et arbeid over forvittringsjordarter på Runde utenfor Ålesund har EILIF DAHL (1954) beskrevet tilstedeværelsen av relativt store mengder montmorillonit. Dette forhold er av ham tolket som bevis for at Rundes ytterste deler ikke var nediset under siste istid. I et tidligere arbeid har MOUM og ROSENQVIST (1955) vist at det foregår forvittringsprosesser i våre kvartære leiravsetninger. Disse kjemiske forvittringsprosesser har i første rekke gitt seg til kjenne ved at det frigjøres kalium fra leiravsetningens mineraler og at disse kali-joner igjen absorberes på de spesifikke leirmineralers overflate. (Fig. 1—2—3)

I et foredrag ved Den Nordiske Geologkongress i Gøteborg 1954 (ROSENQVIST 1954), ble spesielt forvittringen *in situ* behandlet, og det ble da også nevnt at de undersøkte leirer fra Bryn ved Oslo hadde et forbausende høyt innhold av adsorbent nikkell. Tilstedeværelsen av disse adsorbente nikkelmengder kunne ikke forklares annet enn ved å anta at en del nikkellholdige mineraler var gått i oppløsning ved forvittringsprosesser og at nikkelljonene som derved ble frigjort, i sin tur ble adsorbent av leirmineralene. Selv i de forvitret leirer

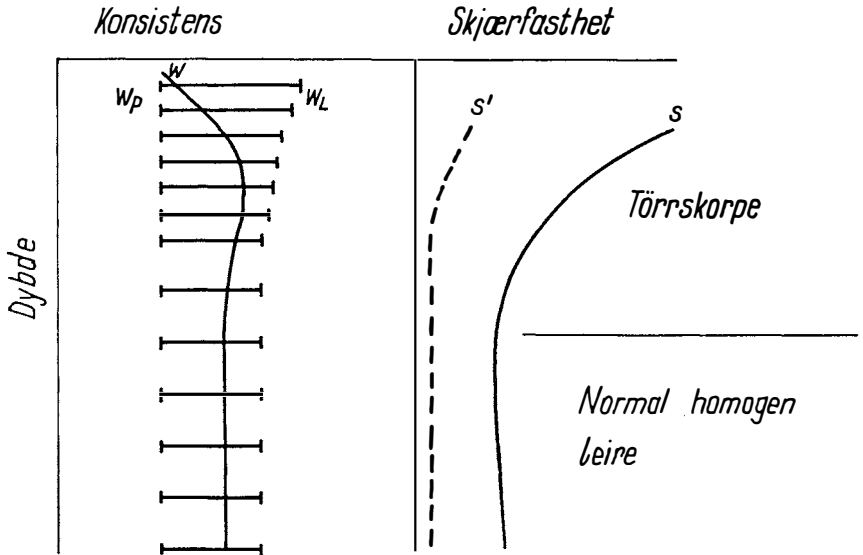


Fig. 1. Karakteristisk tørrskorpeprofil. W_p = plastisitetsgrense; W_L = flytegrense; W = naturlig vanninnhold; S = skjærfasthet uforstyrret; S' = skjærfasthet omrørt.

hørte dog utvilsomt det viktigste leirmineral til hydroglimmergruppen, og montmorillonitmineraler har neppe forekommet i merkbare mengder.

Senere undersøkelser utført på Norges geotekniske institutt i forbindelse med ingeniør OLE KJØLSETHS arbeid over tørrskorpeleirenes fysiske egenskaper har vist at det også i våre post-glasiale leiravsetninger kan forekomme mineraler tilhørende montmorillonitgruppen. Etter at alle geologiske argumenter er tatt i betraktning, kommer en til at disse montmorillonitmineraler må være oppstått i jordarten etter at leirene var avsatt. Disse undersøkelser ble utført på leirer fra Ullevål hageby. Vi har foretatt slemninger, DTA-analyser og ganske omfattende røntgenundersøkelser. Av de differensialtermiske kurver ser en tydelig i prøvene U 11 — U 31 og U 32 at det finnes en leirekomponent som medfører endoterme reaksjoner ved vel 700°C . Denne endoterme effekt svarer meget nær til det vi har funnet for montmorillonitholdige leirblandinger fremstilt ved laboratoriet. (Ved gjennomgåelse av tidligere utførte DTA-kurver har det

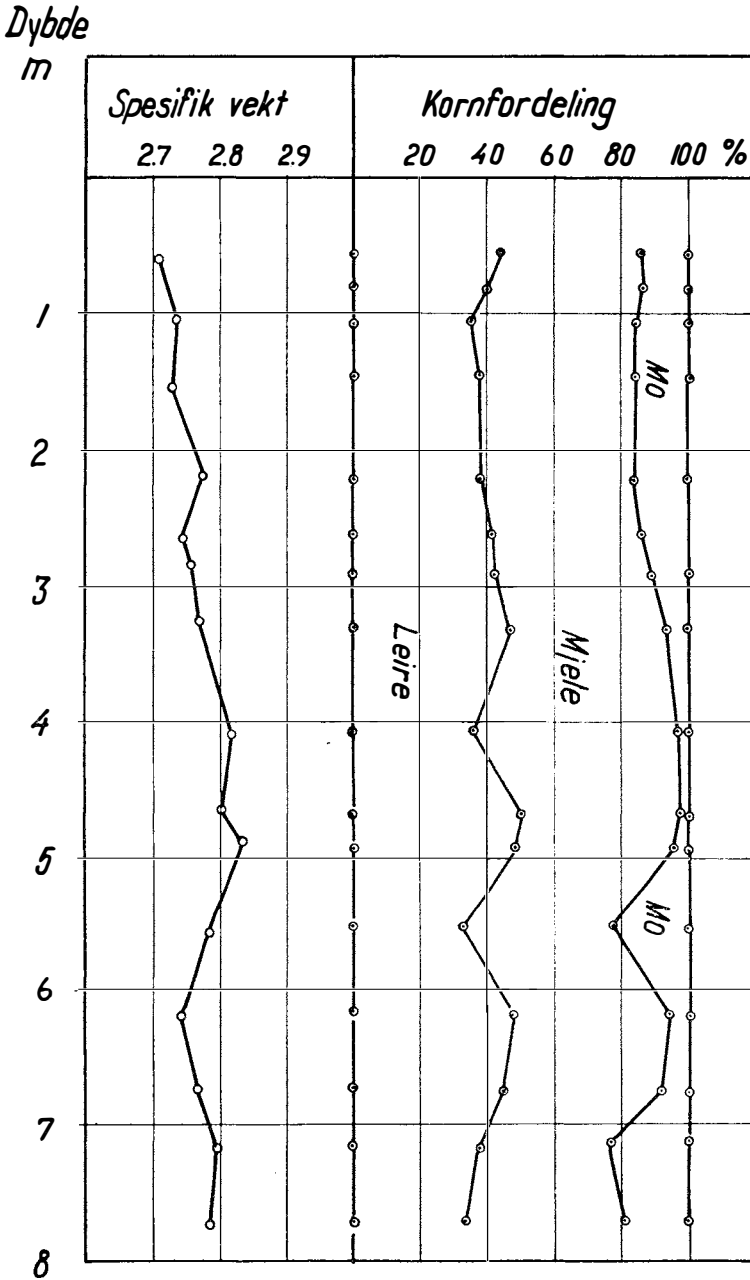


Fig. 2. Spesifikk vekt og kornfordeling av mineralsubstansen i leiren ved Ullevål.

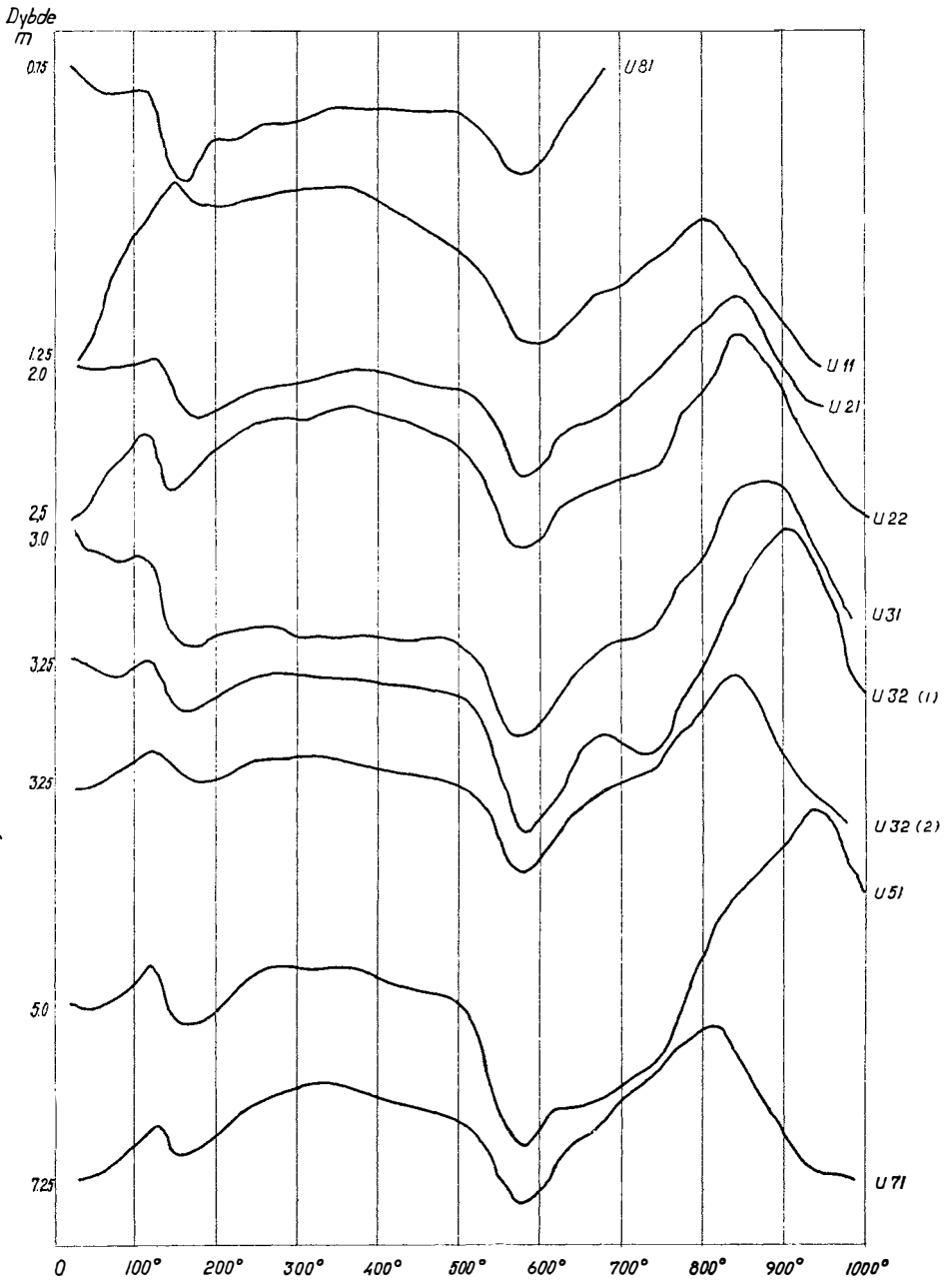


Fig. 3. D.T.A.-kurver for leire i profiler ved Ullevål.

vist seg at svake antydninger til tilsvarende depresjon også er funnet i andre tørrskorpeleirer). Ved røntgenografiske undersøkelser av finfraksjonen i leire U 32 som ble utført dels ved Sentralinstituttet for Industriell Forskning, dels ved Universitetets geologiske museum, har vi funnet at denne leire inneholder relativt store mengder av et hydroglimmermineral med ikke-ekspanderende gitter med en d -verdi på ca. 10 Å. Dessuten både klorit-mineraler og vermiculit-mineraler og et mineral som i lufttørret tilstand har en d -verdi som faller sammen med klorit-vermiculitenes 14 ångstrømslinje, men som ved glyserinbehandling ekspanderer til 16,8 Å. Noen indikasjon på tilstedeværelse av kaolin ble derimot ikke funnet.

Da vi har liten erfaring i bestemmelser av montmorillonitmineraler ved røntgenografiske metoder, kan vi bare anslagsvis angi at mengden av montmorillonit må være av størrelsesorden $1/10$ til $1/5$ av innholdet av hydroglimmermineral. Dette skulle følgelig svare til mellom 2—5 % regnet i forhold til den totale leirmengde, idet leiren etter DTA-kurven synes å ha ca. 25 % hydroglimmer, regnet i forhold til total vekt og i alt ca. 46 % material finere enn 2 micron. Mengden av klorit og vermiculit-mineralet vil hver for seg være av størrelsesorden det dobbelte av montmorillonitmengden, d.v.s. til sammen ca. halvparten av hydroglimmermengden.

J. R. BUTLER (1954) har undersøkt bergartsforvitringens mineralogi og geokjemi i Nordmarkområdet nord for Oslo. Han har undersøkt de jordarter som synes å være oppstått ved *in situ* forvitring av en rekke bergarter. For finfraksjonene i forvittringsmaterialet som dekker basalten ved Movatn, finner han at denne inneholder 35 % talk, 30 % klorit og 20 % illit (hydroglimmer), samt 5—10 % montmorillonit og 5 % kaolin. Han mener at klorit-mineralene har vært opphavet til montmorillonitmineralene.

Det er verdt å merke seg at Butler særlig fra andre lokaliteter nevner at magnesium-nikkelforholdet avtar ved forvitring. I leiren som er oppstått ved Movatn sier han derimot at magnesium-nikkelforholdet fortsetter å være konstant mens nikkelt-koboltforholdet øker fra 1.6—5.3 ved overgangen fra den friske bergart til forvittringsjordartens finfraksjon. Dette er i overensstemmelse med hva han ellers har funnet andre steder og særlig i Cornwall. Ved våre undersøkelser har vi ikke bestemt jordartens totalinnhold av nikkelt, kobolt og magnesium, men derimot har vi ved leiren fra Bryn bestemt

innholdet av *adsorbert* nikkel, kobolt og magnesium. Disse undersøkelser viste at mengden av adsorbert nikkel i tørrskorpen (d.v.s. de øverste 3½ m) gjennomsnittlig svarte til 48 g nikkel pr. tonn tørr leire og i de underste leirmasser fra 4 m til 11 m svarte til 24 g/t. adsorbert leire. Det er et tydelig sprang ved ca. 3½ m dyp svarende til underkanten av tørrskorpen. For magnesiums vedkommende fant vi at de øverste 3½ m gjennomsnittlig hadde 180 g adsorbert magnesium pr. tonn leire, mens de underliggende leiravsetninger hadde en mengde på 540 g adsorbert magnesium pr. tonn leire. Også for magnesiums vedkommende var det et meget sterkt sprang mellom de øverstliggende og underliggende leirer. Her var imidlertid spranget ved ca. 3 m, og verdien for prøven mellom 3.20 og 3.30 viste vel så høyt magnesiuminnhold som de dypere liggende. Denne prøve er imidlertid regnet med i gjennomsnittsverdien for tørrskorpeleirene.

Kobolt-nikkelforholdet var meget lavt i alle prøver, slik at noen pålitelig verdi ikke kunne oppnåes, men det synes ikke som om koboltmengden i de adsorberte joner noe sted utgjør mer enn ca. 5 % av nikkelmengden. Derimot vet vi blant annet fra GOLDSCHMIDT'S undersøkelser (1954) at de norske kvartære leirer ikke viser noe total deficit på kobolt. Det synes følgelig som om de nikkellholdige mineraler eller mineralkomponenter må ha forvitret på en måte som atskiller seg fra den måte de koboltførende mineraler har forvitret og at nikkelfjonene som er oppstått ved forvitringen igjen med høy grad av effektivitet er blitt adsorbert til leirmineraler.

Dersom vi i overensstemmelse med BUTLER antar at de montmorillonitholdige mineraler oppstår ved forvitring av kloritmineraler, så synes en slik antagelse meget naturlig, idet likheten mellom strukturen for montmorillonitmineralene og klorit mineralene er ganske stor. I kloritstrukturen har en et brusittlag som binder to og to talklignende lag sammen. Dersom dette brusittlag fjernes, oppstår straks en montmorillonitlignende struktur. Da vi fra all geokjemisk erfaring vet at nikkel erstatter magnesium isomorft, er det rimelig å regne med at nettopp kloritmineralenes brusitt er bærer av en stor del av disse mineralers nikkelinhold, og ved forvitring vil en få frigjort disse nikkelmengder. Koboltinnholdet i leirene derimot finnes antagelig vesentlig i form av hornblende, pyroksen og erts.

I disse mineraler vil kobolt inngå som erstatning for 2-verdig jern på grunn av den krystallkjemiske regel om like joneradier, pola-

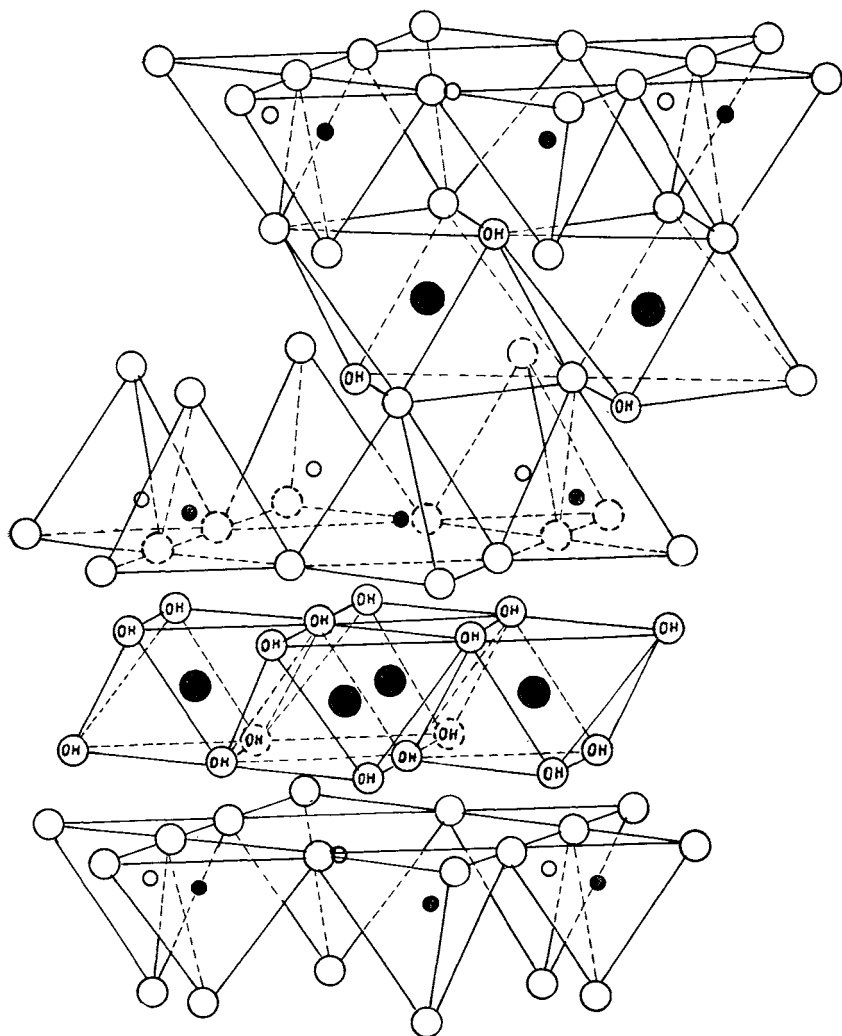
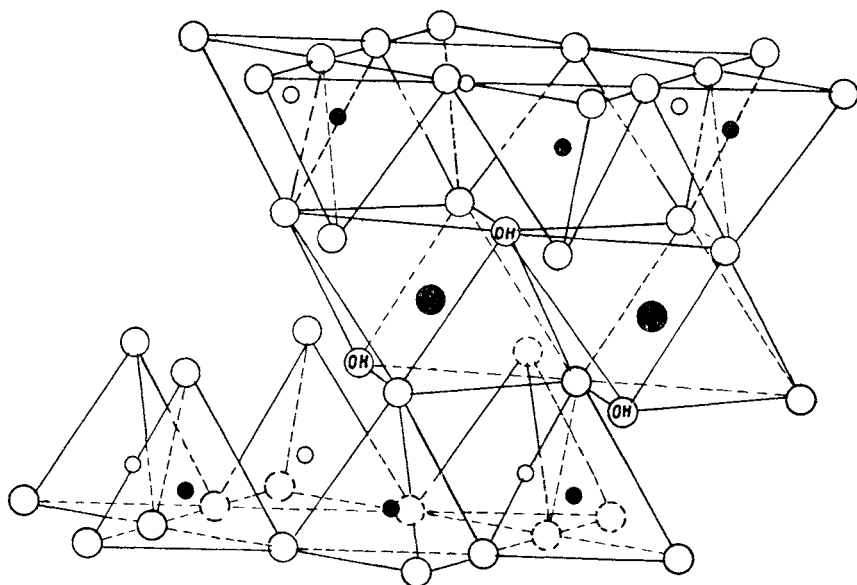
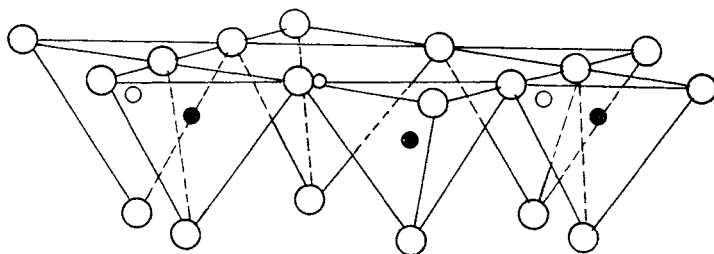


Fig. 4. Diagramskisse for klorittstrukturen. Omtegnet fra Grim.

riserbarhet etc. Forutsetter en derfor at de koboltholdige mineraler forvittrer vesentlig langsommere enn de nikkelholdige, vil en kunne forklare hvorfor det finnes mer nikkel enn kobolt som adsorberte joner. Likeledes er det sannsynlig at den utpregete bladlige karakter klorittmineralene besitter gjør at disse ved leirdannelsen får stor overflate i forhold til sin masse og derfor også anrikes i finsedimentene.



Utbyttbare katjoner, nH_2O



- *surstoff* ⊕ *hydroksyl*
 ● *aluminium, jern, magnesium*
 ○ og ● *silisium eller aluminium*

Fig. 5. Diagramskisse for montmorillonit. Omtegnet fra Grim.

Dette er noe vi vel kjenner til, og ved Råstofflaboratoriets undersøkelser i årene etter 1920 var det klarlagt at kloriter forekom meget hyppig, særlig i Trøndelagsleirene og Vestlandsleirene.

Våre undersøkelser har imidlertid nå også vist at en del østlandsleirer kan ha et stort innhold av kloritmineraler. I alminnelighet har disse kloritmineraler ikke gitt opphavet til nevneverdige mengder montmorillonit. Det synes som om denne omdannelse er begrenset til de kloritmineraler som befinner seg i leirenes tørrskorper. En må derfor anta at det er de spesifikke fysikalske og kjemiske forhold som har dannet tørrskorpene, som favoriserer omdannelsen fra klorit til montmorillonit. I det siterte arbeid over tørrskorpedannelsen er det påpekt at det karakteristiske ved de norske leirers tørrskorpe ikke i det vesentlige er et lavt vanninnhold, men en høy skjærfasthet. Bare den aller øverste del av tørrskorpen har som regel vesentlig nedsatt vanninnhold, mens skjærfastheten ligger tydelig over det normale ned til et dyp som oftest varierer mellom 3 og 8 m avhengig av forskjellige geologiske forhold. I figur nr. 1 hentet fra KJØLSETHS rapport vises et normalprofil gjennom østnorske leirers øvre del. Ett karakteristisk trekk ved tørrskorpeleirene er at fargen oftest er mer brunlig enn i de dypere liggende lag. Dette skyldes åpenbart oksydasjonsfenomener og viser klart hen på nedadgående vannbevegelse. Det surstoffmettede regnvann har fått anledning til å reagere med reduserte bestanddeler, først og fremst med ferro-sulfid som gir våre vanlige leirer deres karakteristiske blålige farge, men også med andre er aktive komponenter. Ofte finner en også at planterøtter strekker seg ned til forholdsvis store dyp i tørrskorpene, samtidig som disse ofte kan være gjennomslått av et nettverk med fine sprekker. Disse sprekker behøver ikke å skyldes uttørkningsfenomener, slik man tidligere har antatt, og de skyldes heller ikke teledannelsen da de ofte finnes dypt under frostens maksimale nedtrengningsnivå. Etter all sannsynlighet er en vesentlig del av sprekken oppstått på grunn av syneresefenomener fremkalt av den økte Van der Waalske tiltrekning mellom leirmineralene etter hvert som forvitring og joneutbytning har funnet sted. (Dette punkt blir nærmere behandlet i et annet arbeid, ROSENQVIST 1955).

Da begrepet «tørrskorpe» er så velkjent i Norge, er det mange norske geologer som har fått det inntrykk at det er et generelt feno-

men for alle leirer. Dette er imidlertid ikke tilfelle. En behøver ikke gå mer enn utentor den skandinaviske halvøy før tørrskorpebegrepet er nesten ukjent. Således finnes de *ikke* ved de danske og engelske pre-kvartære leirer, heller ikke i Mellom-Europa. Våre tørrskorper er et utpreget tegn på at de norske leirer ikke har innstillet seg i fysisk og kjemisk likevekt men stadig undergår forandringer. Etter sin natur vil disse forandringer hovedsakelig finne sted i de deler av leiravsetningen der temperaturen tidevis er høyest. Hvor vidt tilstedeværelsen av kullsyre og surstoffholdig vann er nødvendig for de kjemiske forandringer som finner sted under leirenes gradvise omforming er ikke klarlagt. Det er heller ikke klarlagt hvorledes omformingen finner sted i detalj.

Etter Butler's mening omdannes feltspaten fra Oslo-området basalter og sannsynligvis også fra monzonittene til hydroglimmer, d.v.s. han antar at det er de kalkbetonte feltspater som kan gi opphavet til hydroglimmermineralet, mens han åpenbart mener at de mer utpregete alkali feltspater ikke har undergått en slik forandring. Denne oppfatning er for så vidt i overensstemmelse med den kjensgjerning at basiske plagioklaser vitrer meget lettere enn alkalifeltspattene. Ved en slik forvitring må man forutsette fullstendig nedbrytning av krystallstrukturen og en fullstendig nyoppbygning av hydroglimmermineralene. Det finnes ikke atomarrangementer i feltspatstrukturen som uten videre kan inngå i hydroglimmerstrukturen, slik en har ved forvitringen ved vanlig glimmer. For så vidt er ikke Butler's antagelse urimelig, idet jo ERIK NORIN (1953) har funnet resent nydannet hydroglimmer i bunnsedimentene i Det Thyrenske hav.

Som en konklusjon på denne artikkel kan vi sette at kvartære norske leirer undergår en stadig kjemisk forandring. Denne forandring søker å bringe leirenes mineraler i kjemisk likevekt med den omgivne væskefase. Under disse forhold omdannes tørrskorpeleirenes klorit-mineraler i retning henimot montmorillonit. Som ledd i denne forvitringsprosess frigjøres en stor del av silikatmineralenes nikkeltjener, og disse adsorberes igjen til leirmineralenes overflate. Det vil være avhengig av denne opprinnelige leires klorittinnhold hvor vidt tørrskorpene skal få nevneverdige mengder montmorillonit. Omvandlingen er sannsynligvis sterkt temperaturavhengig.

SUMMARY

It has been generally assumed that the clay minerals in the quaternary eastern Norwegian clays are mainly belonging to the hydrous-mica group. The sporadic existence of montmorillonite in the young Scandinavian clays is assumed to be inherited from pre-glacial sediments. By examination of the upper crusts of eastern Norwegian clays, by means of D.D.A. and X-ray technique, minor amounts of montmorillonite are found.

It is calculated that the montmorillonite has originated from chloritic minerals by means of specific weathering processes. It is further found that the amount of adsorbed nickel ions in the upper crust should not be neglected, whereas the lower-lying clays have much less adsorbed nickel. As average values in a certain profile 48 g of adsorbed nickel per ton clay is found in the uppermost $3\frac{1}{2}$ m and 24 g below this depth, the adsorbed cobalt content is very low all through the profile. In the upper crust the amount of exchangeable magnesium was found to be 150 g per ton clay, whereas in the underlying clay the average amount was 540 g per ton. It is concluded that the quaternary eastern Norwegian clays are under-going continuous chemical alterations. These processes are mainly active in the upper crust. The amount of montmorillonite formed will depend upon the intensity of the weathering and the chlorite content in the primary clay. In most cases this content is low.

LITTERATURHENVISNINGER

- BUTLER, J. R. The geochemistry and mineralogy of rock weathering. (2) The Nordmarka area, Oslo. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Volume 6, p. 268—281.
- COLLINI, B. (1950). Om våra kvartära lerors mineralogiska sammansättning. Geologiska föreningen i Stockholm. *Förhandlingar*, vol. 72, no. 2, pp. 192—206.
- DAHL, EILIF. Weathered Gneisses at the Island of Runde, Sunnmøre, West Norway and their Geological Interpretation. *Nytt Mag. f. Botanikk*. 1954.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1928). Om dannelsen av lateritt som forvittringsprodukt av norsk labradorsten. *Festskrift til H. Sørli*, pp. 21—24. Oslo, A. W. Brøgger.
- *Geochemistry*, Oxford 1954.

- GRIM, R. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill, London 1953.
- KJØLSETH, OLE. Tørrskorpeleirens fysikalske egenskaper. Laboratorieundersøkelser. N.G.I. rapport 26. 10. 1954. F 36—0 98.
- MOUM, J. og ROSENQVIST, I. TH. Kjemisk bergartsforvitring belyst ved en del leirprofiler. *Norsk Geologisk Tidsskrift*. 1955.
- NORIN, E. (1953). Occurrence of authigenous illitic mica in sediments of the Central Tyrrhenian Sea. *Bulletin of the geological institute of Uppsala*, vol. 43, pp. 279—284.
- ROSENQVIST, I. TH. (1942). Om norske leirers petrografi. *Meddelelser fra vegdirektøren*, no. 2, pp. 24—30.
- (1949). En ny metode til bestemmelse av innbyrdes mengdeforhold mellom visse finkornige mineraler. *Norsk geologisk tidsskrift*, vol. 28, pp. 21—26.
- Adsorberte katjoner i et leirprofil ved Oslo. *Geologiska föreningens förhandlingar*, bind 76, 1954, s. 335.
- Investigations in the Clay-Electrolyte-Water System. *Norges geotekniske institutt*. Publ. nr. 9, 1955.
- ROVE, O. N. (1926). Undersøkelse over norske lerer. VI. Petrografiske undersøkelser. Oslo. Statens råstoffkomite. Publikasjon, no. 23, pp. 1—68.
- SELMER-OLSEN, R. (1953). About the plastic properties of the Norwegian quarternary clays. *International conference on soil mechanics and foundation engineering*, 3. Zürich, *Proceedings*, vol. 1, pp. 51—54.
- (1954). Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet. *Norges geologiske undersøkelse*, no. 186.
- SOVERI, U. (1951). Differential thermal analysis of some quarternary clays of fennoscandia. *Annales acadimiæ scientiarum fennicæ*, Series A, III, no. 23.

Manuskript mottatt 23. februar, 1955.

Trykt, november 1955.