

MONTMORILLONITT FRA FORTUN I SOGN

Montmorillonite from Fortun in Sogn, West Norway

AV

IVAN TH. ROSENQVIST

A b s t r a c t. A highly plastic montmorillonitic breccia rock from Fortun in Sogn is investigated by means of X-ray and chemical methods. The X-ray diagrams shows, a remarkably, strong 001 reflex and assymetric hk-bands. The montmorillonite is considered dioctahedric. The ion-exchange capacity is found to be 128 m.eq./100 grams. Probably, the rock originated through hydro-thermal alterations from anorthositic inclusions below the upper Jotun thrust plane.

Fra A/S Årdal og Sunndal Verk, Fortun Kraftverk, mottok Norges geotekniske institutt i november 1956 en kasse med bergartsprøver fra driftstunnelen mellom Rya og Nausanosi i Fortun, med anmodning om å undersøke hvilken bergart det dreiet seg om. Etter den foreløpige laboratorieundersøkelse reiste forfatteren en tur bort for å besiktige forekomstene.

Prøvene besto av en hvit til lys grå, såpelignende bløt bergart med en del glinsende svovelkiskrystaller. Det var opplyst at bergarten var påtruffet som en halv til en meter brede ganger på tvers av tunnelretningen og at det for øvrig fantes ganger fra 5 til 10 cm tykkelse over en strekning av 5 meter.

Ved laboratorieundersøkelsene viste det seg at bergarten lot seg dispergere i vann til en fin leirlignende oppslemming og at man ved sedimentasjon på denne måten fikk frem et rent, hvitt pulver.

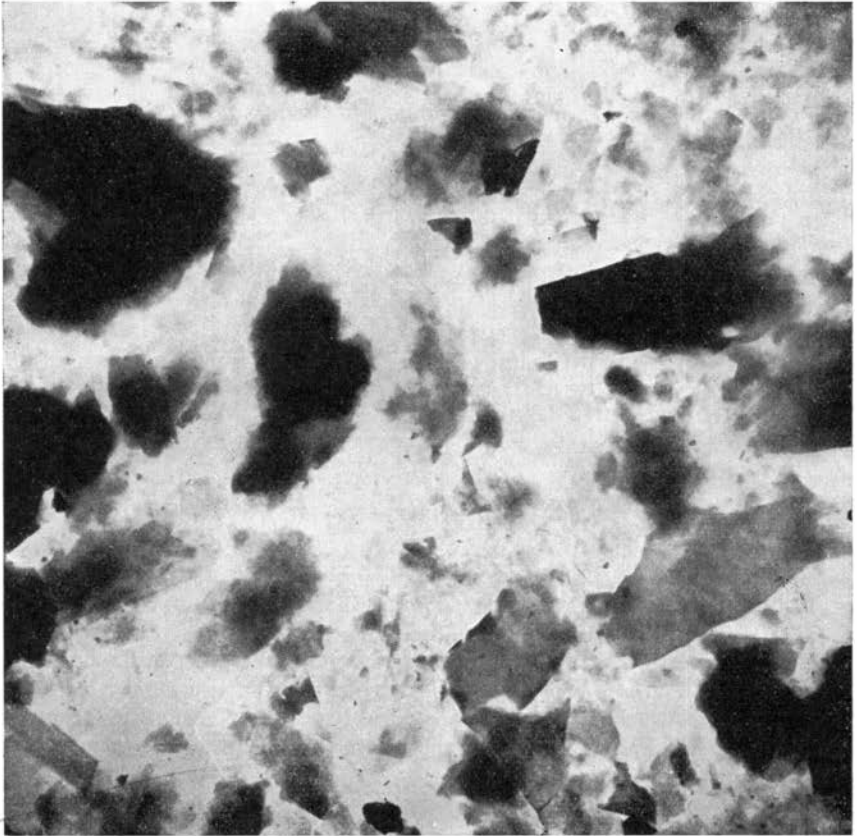


Fig. 1. Elektronmikroskopisk bilde av dispersert bergart fra tunnelen Rya—Nausanosi. 6000 x.

Preparatet er fremkommet uten mekanisk knusing, og viser i det vesentlige uhyre tynne, plateformige mineraler med uregelmessig ytre begrensning. *Electron-micrograph of dispersed rock from tunnel Rya-Nausanosi. 6000 x. The specimen was prepared without mechanical crushing and shows the extremely thin, platy minerals with irregular outlines.*

Mikroskopisk undersøkelse.

Svovelkis hadde kornstørrelse opp til ca. 1 cm³ og forekom ofte i velutviklede jernkorstvingler. Disse fantes fordelt rundt omkring i den bløte bergart. På samme tid var denne oftest rikt impregneret av

uhyre små svovelkiskrystaller. De ikke opake mineraler viste seg å bestå av flakformige mineraler av meget ringe kornstørrelse. Den optiske bestemmelse var derfor vanskelig. Det syntes dog å være et rent monomineralsk pulver som ble oppnådd ved slemming.

Brytningsindeks for aggregat synes å være lik eller litt under 1,51; dobbeltbrytning mellom 0,010 og 0,015. Sannsynligvis er brytningsindeks noe nær α ca. 1,505; β og γ ca. 1,515.

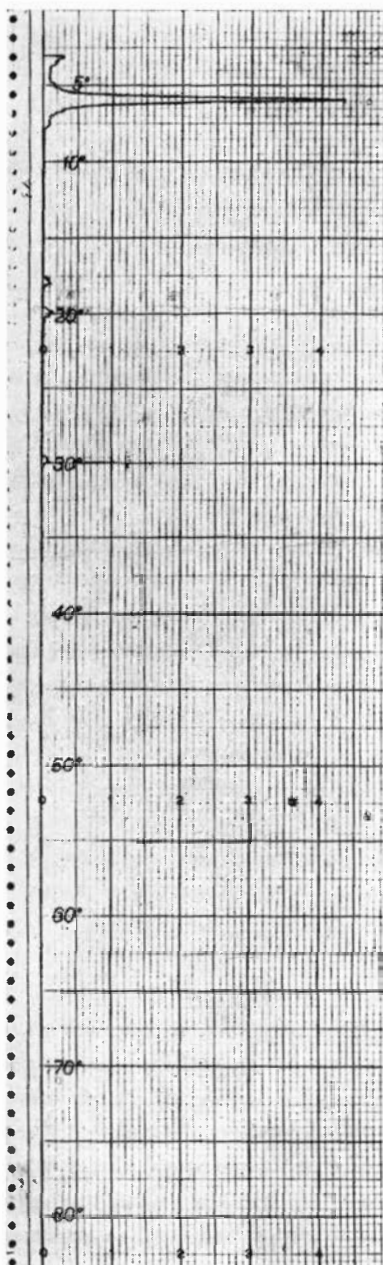
Elektronmikroskopiske undersøkelser ga til resultat at storparten av preparatet besto av uhyre tynne flak med kantlengde ofte vesentlig under 1 mikron og med flaktykkelse av størrelsesorden mellom 30 og 100 Å. (Se fig. 1).

Plastisitet.

Et knust preparat av bergarten uten slemming viste en flytegrense på 185 og en plastisitetsgrense på 55, plastisitetsindeks 130. Det dreier seg derfor om et høyplastisk leirmateriale.

Fig. 2. Røntgenregistram fra 3°–85° av utslemmet pulverpreparat fra Rya, Logaritmisk forsterkning.

X-ray diagram from 3°–85° of a mineral specimen from Rya; Logarithmic intensity registration.



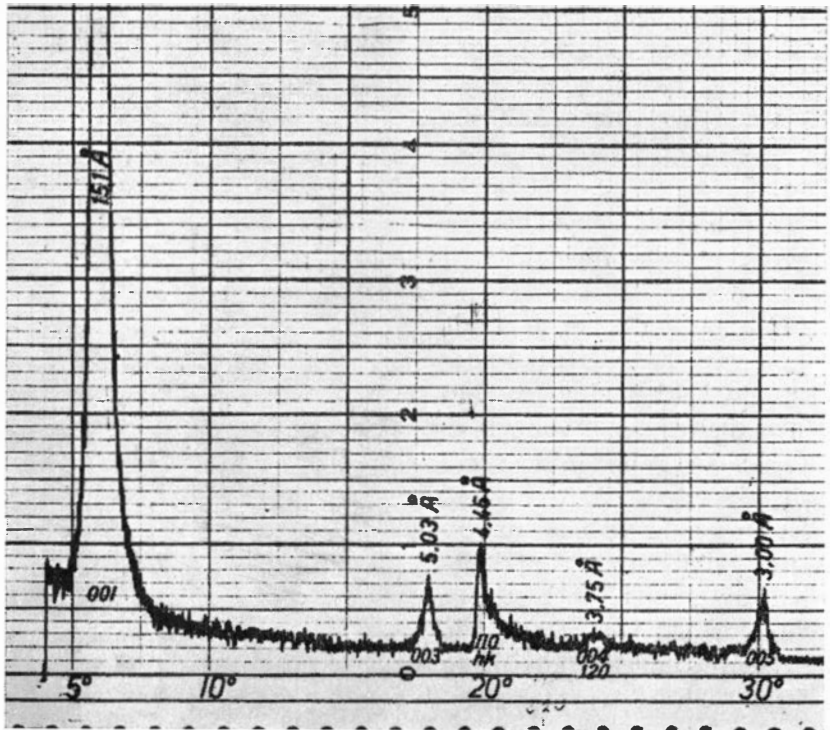


Fig. 3. Røntgenregistrer fra $3,5^{\circ}$ – $32,5^{\circ}$, lineær forstørrelse. Man ser her de utpregete asymmetriske hk-reflekser.

X-ray diagram from $3,5^{\circ}$ – $32,5^{\circ}$; linear intensity registration. Notice the asymmetric hk-reflexes.

Røntgenundersøkelse.

Røntgenundersøkelser av det utslemmede materiale ga et meget eiendommelig resultat, idet det naturlige mineral så å si bare hadde en refleks. I alt ble tatt opp 3 røntgendiagrammer av forskjellige prøver av det naturlige mineral ved hjelp av Philips Recording Spectrometer; 2 av disse med lineær forstørrelse og 1 med logaritmisk forstørrelse. Dessuten ble tatt opp et diagram med glyserolbehandlet substans. Diagrammene viste tydelig forskjell på de interferensmaksima som svarte til basisrefleks og de som svarer til hk-refleks, idet disse siste hadde en utpreget asymmetri. (Se fig. 2–3). Resultatet av utmålingen

av de 4 filmer sees av nedenstående oppsetning, der indisering fra montmorillonitt er anvendt og ytterligere angitt D-verdier og linjenes intensitet.

NATURLIG MINERAL.

Ind.	Opptak 1 Lineær registrering		Opptak 2 Lineær registrering		Opptak 3 Logaritmisk registrering	
	D	Int.	D	Int.	D	Int.
001	15,1 Å	10 000	15,0 Å	10 000	15,1 Å	10 000
003	5,03 -	500	4,98 -	300	4,98 -	500
110	4,46 -	880	4,48 -	350	4,51 -	775
004 } 120 }	3,75 -	150	—	—	3,74 -	200
005	3,00 -	550	2,99 -	225	2,99 -	625
130 } 006 }	2,53 -	200	—	—	2,56 -	400
240 } 008 }	1,7 -	100	—	—	—	—
0010 } 330 } 060 }	1,50 -	250	1,50 -	60	—	—
0012 } 260 }	1,29 -	100	—	—	—	—

Når det gjelder interferenslinjenes beliggenhet, viser røtgendata betydelig likhet med «beidelitt». Derimot er intensitetsforholdene mellom de enkelte linjer ved mineralet fra Fortun helt ekstreme. Som eksempel sees de tre røtgendata for beidelitt som er publisert av American Petroleum Institute, 1951.

¹ Vermikulitt?

Ind.	Opptak 4 Glyserolbehandl. Logaritmisk registrering	
	D	Int.
001	18,0 Å	10 000
001 ¹	15,0 -	170
002	8,9 -	550
003	5,94 -	325
110	4,50 -	1 000
005	3,56 -	650
130	2,58 -	325
240	1,70 -	500
0012	1,50 -	425

RØNTGENDATA FOR BEIDELITT.

Slock Jock Mine, Idaho		Beidell, Colorado		Hector, California	
d(Å)	I	f(Å)	I	d(Å)	I
15,1	VS	15,2	M	15,8	S
5,03	S	5,05	W	—	—
4,45	VS	4,51	VS	4,57	VS
—	—	—	—	—	—
—	—	3,36	W	—	—
3,02	VS	3,03	W	3,23	W
2,60	} VS	2,60	} VS	2,08	S
2,49		2,54		2,65	M
2,38	W	2,38	W	2,48	
2,240	} VW	2,240	} VW	2,285	VW
2,164		2,140		—	
2,090	VW	—			
1,890	VW	—			
1,694	} M	1,700	} M	1,748	} M
1,654		1,640		1,689	
1,488	VS	1,500	VS	1,527	VS
		1,302		1,320	} S
1,284	M	1,285	W	1,301	
1,245	M	1,245	W	1,267	VVW
—	VW	—		—	—
0,970	VW	—		0,990	W
0,862	VW	—		0,878	W

På tross av uoverensstemmelsene i intensitet synes det rimelig å karakterisere materialet fra Fortun som et meget rent diokdahedrisk montmorillonittmineral.

Kjemiske undersøkelser.

Kjemisk analyse av utslemmet materiale utført ved Sentralinstituttet for Industriell Forskning ga følgende resultat, som vist øverst på neste side.

Mineralets spesifikke vekt ble funnet å være 2,62. Dets hygroskopisitet over 4-prosentig natriumkloridoppløsning ble funnet til 16,25%. Preparatet inneholdt 0,091 % svovel og analysen representerer derfor et så å si pyrittfritt preparat.

SiO ₂	53,48
Al ₂ O ₃	20,13
Fe ₂ O ₃	0,88
MgO	3,91
CaO	3,64
Na ₂ O	0,10
K ₂ O	0,03
H ₂ O ⁺	10,85
H ₂ O ⁻	6,93
	<hr/>
	99,95

Ved beregning av formelen er det tatt hensyn til pyrittinnholdet, idet innholdet av Fe₂O₃ er satt til 0,8. For beregning av analysen er det gått ut fra at man har med en diokdahedrisk struktur å gjøre. Analysen gir på basis av ..O₁₀ (OH)₂ følgende resultat:

Oktahedriske lag.

Mg	0,42	} 2,01 – 0,39 valenser (OH) ₂	} – 0,55 valenser.
Al	1,55		
Fe ^{III}	0,04		

Tetraederiske lag.

Si	3,84	} 4,0 – 0,16 valenser
Al	0,16	

Utbyttbart.

Ca	0,26	} tilsvarende 0,53 valenser
Na	0,01	

1,6 H₂O ved 105°.

Til sammenligning kan anføres de to beidelittanalyser som angis av U. Hoffmann og medarbeidere (1955). («Clays and Clay Minerals». — National Academy of Science — National Research Council, Washington 1956):

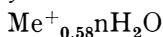
BEIDELITT I.

Oktahederiske lag.

Mg	0,19	} 2,02 - 0,13 valenser (OH) ₂	} — 0,58 valenser
Al	1,82		
Fe ^{III}	0,01		

Tetraederiske lag.

Si	3,55	} 4,0 — 0,45 valenser O ₁₀	} — 0,58 valenser
Al	0,45		

Utbyttbart.

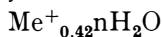
BEIDELITT II.

Oktahederiske lag.

Mg	0,27	} 2,05 - 0,15 valenser (OH) ₂	} — 0,43 valenser
Al	1,76		
Fe ^{III}	0,01		

Tetraederiske lag.

Si	3,56	} 4,0 — 0,28 valenser O _{9,92}	} — 0,43 valenser
Al	0,44		

Utbyttbart.**DTA og vannavgivning.**

Differentialtermisk analyse av utslippet finstoff ga et diagram som sees av fig. 4. DTA-diagrammet er karakterisert ved sin utpregede dublett ved lav temperatur med to sterke minima mellom 160 og 225°, og de to minima ved 700 og 840°, fulgt av en eksoterm reaksjon. Ifølge P. E. Kerr, og medarbeidere skyldes disse effekter følgende forhold:

Den endoterme effekt ved lav temperatur med den utpregede dublett er karakteristisk for kalsium-montmorillonittene i motsetning

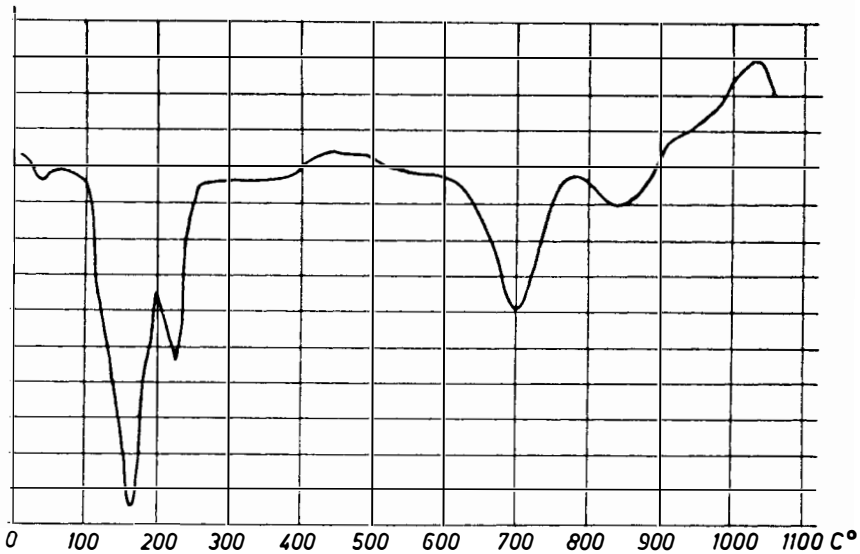


Fig. 4. Differentialanalysediagram av uslemmet finstoff fra Rya.

DTA-diagram of the finest fraction from Rya.

til natrium-montmorillonittene, som oftest har et eneste skarpt minimum.

Den endoterme effekt ved ca. 700° tilskrives tap av hydroksyl •g er i det vesentlige en funksjon av kation-hydroksylbindingen. Den er videre en funksjon av krystallinitetsgraden; i dette tilfelle ligger

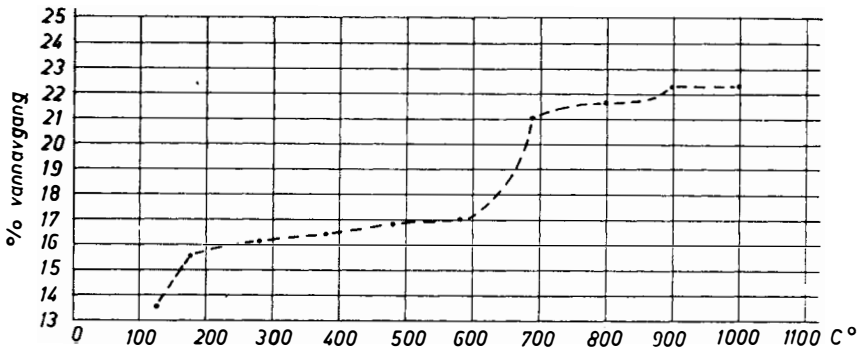


Fig. 5. Vannavgivningskurve for bergarten.

Water given off by heating.

denne endoterme effekt relativt høyt sammenlignet med andre montmorillonittmineraler.

Den neste effekt ved ca. 900° skyldes nedbrytningen av montmorillonittgitteret og er influert av substitusjoner såvel i oktahederlagene som i tetrahederlagene.

Den eksoterme effekt ved høy temperatur tilskrives dannelsen av spinell og er følgelig i det vesentlige avhengig av den kjemiske sammensetning av oktahederlagene.

Vannavgivningen sees av fig. 5. Den stemmer godt med det man kan vente for et montmorillonittmineral.

Ionebytningskapasitet.

Ionebytningsforsøk med ammoniumklorid viste at 120 m.ekv. kalsium kunne ekstraheres av 100 gram materiale; omregnet på materiale tørket ved 105° tilsvarer dette 128 m.ekv./100 gram. Dette utgjør ikke riktig all den kalsium som er funnet i analysen og som ved den oppsatte formel er forutsatt å befinne seg i utbyttbare posisjoner.

Som det fremgår av analysen, er her funnet 3,64 % regnet på lufttørket materiale, dvs. 3,9 % på materiale tørket ved 105° eller temmelig nøyaktig 140 m. ekv./100 gram for leire. Hvorvidt utbytning med ammoniumklorid har vært ufullstendig eller hvorvidt en del av kalsium foreligger i ikke utbyttbare posisjoner eller i form av andre Ca-holdige mineraler, har det ikke vært mulig å avgjøre. Man kan imidlertid med sikkerhet gå ut fra at det ikke finnes nevneverdige mengder med kalsitt eller plagioklas i preparatet.

Geologisk diskusjon.

Angående montmorillonittmineralets opprinnelse, så tyder den geologiske opptrøden på at det dreier seg om en hydrotermal dannelse. Ved befaring av forekomsten viste det seg at montmorillonitten forekom som en utpreget breksiebergart tilnærmet parallell skifriheten i Valdressparagmitta ca. 100 m under hovedskyveplanet for Øvre

Jotundekket. Montmorillonittbergarten inneholdt et stort antall uregelmessig fordelte bruddstykker av den forskifrede sparagmittbergarten. Til dels var også disse sparagmittbruddstykker omvandlet til en leirlignende masse, men de hadde beholdt sin skifrige karakter og stikker ved sin grå farve sterkt av fra den ofte kritthvite montmorillonittbergart.

Da de hydrotermale prosesser som har virket til å danne montmorillonittbergarten i Fortun åpenbart også har angrepet Valdres-sparagmitten, men med et annet mineralogisk resultat, virker det naturlig å tenke seg at montmorillonitten er oppstått ved hydrotermal omvandling av labradorsteinsbreksie. I forbindelse med Øvre Jotundekket finnes tallrike anortosittforekomster og ifølge muntlig meddelelse fra bergingeniør B. Diedrichson, finnes i Jotunheimområdet ofte kritthvite, inneklemt mylonitiserte anortosittbruddstykker i nærheten av hovedskyvplanet. Det er ikke urimelig å anta at slike bergarter kan ha gitt opphav til montmorillonitten ved Fortun. I sin geologiske oppreden skiller denne montmorillonittforekomst seg vesentlig fra de pre- eller interglasiale beidelittholdige forvitningsgrus Barth har beskrevet fra Sørlandet, og også fra den montmorillonittholdige breksie ved Viksnes kobbergrube på Karmøy. Selv om man her finner betydelige likhetspunkter, så har dog Fortunmontmorillonitten en ganske annen renhetsgrad enn hva tidligere har vært beskrevet i Norges.

Økonomisk verdi.

Angående økonomisk utnyttbarhet av montmorillonitten, så synes det ikke som om den forekomst man nu har påtruffet har tilstrekkelig størrelse til å kunne drives med noe utbytte. Ifall det skulle påtreffes større forekomster av samme type i dette området, synes imidlertid den høye renhet å kunne gjøre det mulig å utnytte bergarten industrielt. Norge må i dag innføre all den montmorillonitt som brukes til regenerering av brukte smøreoljer og til rensing av spiselig fett og olje. I en avsperringsperiode, slik vi hadde under siste krig, er montmorillonitt en utpreget mangelvare.

SUMMARY.

By the tunnel works for Fortun Hydro-Electric Power Station in Sogn, a peculiarly soft rock was met with. Microscopic investigations showed flaky minerals of a very small size. The plasticity of the crushed rock was high, PI 130. X-ray investigations showed great similarity to dioctahederic montmorillonite, a remarkably strong 001 reflex and asymmetric hk-bands. Chemical analyses proved it to be mainly a magnesium aluminium silicate. The ionexchange capacity was high, 128 m eq./100 grams. The rock contains altered pieces of Valdres sparagmite. Most possibly the montmorillonite represents hydrothermally altered mylonitized anorthosite, below the main thrust plane of the upper Jotun Nap.

The economical value of the occurrence seems doubtful.

LITTERATURLISTE.

- BARTH, TOM F. W.: Norske mineral av beidelittgruppen. Norsk geologisk tidsskrift, Bind 19, p. 300-310, 1939.
- ISACHSEN, F. og ROSENQVIST, I. TH.: Forvittringsleire og blekejord på Karmøy. Norsk geologisk tidsskrift, Bind 27, p. 175-186, 1949.
- HOFFMANN, ULRICH, ARMIN WEISS, G. KOCH and A. STOLZ: Intracrystalline swelling, cation exchange, and anion exchange of minerals of the montmorillonite group and of kaolinite. National Academy of Science — National Research Council, Publication 456, p. 273-288, Washington, 1956.
- KERR, P. F., HAMILTON, P. K., and COWOKERS: Analytical Data on Reference Clay Minerals. American Petroleum Institute, Project 49, Preliminary Report No. 7, New York, 1950.
- , and COWOKERS: Differential Thermal Analyses of Reference Clay Mineral Specimens. American Petroleum Institute, Project 49, Preliminary Report No. 3, New York, 1949.

Manuskript mottatt 9. mai 1957.

Trykt desember 1957.