

Denne rapport
tilhører

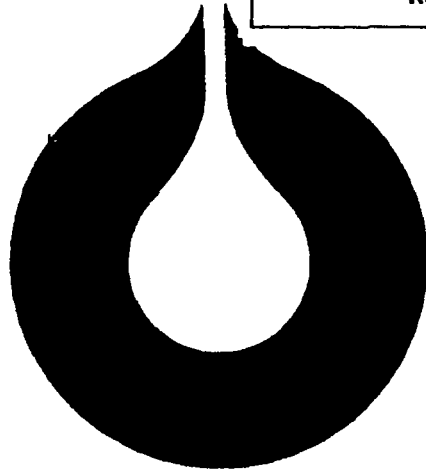
 **STATOIL**

L&U DOK. SENTER

L. NR. 12483490054

KODE Well 31/3-1 nr 12

Returneres etter bruk



statoil

Undersøkelse av "Gravel Pack" væsker
fra 31/3-1

**STATOIL
UNDERSØKELSES & PRODUKSJONS
LABORATORIUM**

by

Peter Arne Read

LAB 83.6

nov.83

Den norske stats oljeselskap a.s



Gradering

Oppdragsgiver

Roald Riise LET

Undertittel

Medarbeidere

Eimund Gilje, Vigdis Wiik Jacobsen, Torgeir Lund,
Jan Åge Greger.

Tittel

Undersøkelse av "Gravel Pack" væsker
fra 31/3-1

STATOIL
UNDERSØKELSES & PRODUKSJONS
LABORATORIUM

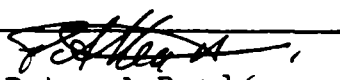
nov. 83

by
Peter Arne Read

LAB 83.60


Utarbeidet

8/11-83


Peter A. Read

Godkjent

8/11-83


D. Malthe-Sørensen

INTRODUKSJON.

Undersøkelses - brønn 31/3-1 på Troll feltet ble valgt til testing og utprøving av "gravel pack" kompletterings prosedyrer. Under testen ble det oppnådd relativt lav produksjon av hydrokarboner. Årsaken var ukjent, men lab ble bedt om å undersøke kjernematerialets oppførsel under ulike deler av teste prosedyren. Kjerne ble valgt fra dybder 1521.33m for testsone nr.1. Materialet var seal peal. Det ble også undersøkt material fra testsone 2 på dyp 1375.35m og 1380.55m. Det ble også målt rutinedata fra testintervallene.

METODER.Rutine data.

Det ble besluttet tidlig i forsøkene at egenskapene til de aktuelle testeområdene bør bestemmes. Derfor ble det målt permeabilitet på 6 pluggar tatt fra hver testsone. Prøver ble tatt fra 1519-1529m og 1374 til 1386m fra 31/3-1 kjerner. Disse resultatene er presentert i tabell I.

Tabell I.Test sone I.

Dyp	Permeabilitet (Luft)
m	md
1519	397
1521	2.7
1523	270
1525	225
1527	3.0
1529	25.7

Snitt 153.9md (arithmetisk snitt)

Test sone II.

Dyp	Permeabilitet (Luft)
m	md
1374	315
1376	452
1378	1438
1380	0.005
1382	126
1386	4652

Snitt 1163.8 (arithmetisk snitt)

SEAL PEAL PRØVER.

3 stykker seal peal prøver ble valgt ut fra testeintervallene.

Test I dyp 1521.33.

Det ble boret 2 pluggar av 1½" diameter. Kjernen var lite konsolidert, så det ble bestemt å bore pluggene uten vann. Dette fungerte tilfredstillende, men prøvene ble noe korte.

For test II ble det valgt ut 2 stykker seal peal fra henholdsvis 1375m og 1380m. Bergarten var også her dårlig konsolidert og tørr boring av pluggene ble valgt. Boringen var noe enklere og prøvene ble derfor noe lengre.

Helkjerne stykkene ble beskrevet geologisk og satt i sammenheng med resten av kjernen.

Konklusjonen på beskrivelsene finnes i Appendix I.

Appendix I inneholder også en mineralogisk analyse gjennomført ved hjelp av XRD. I tillegg beskrives også resultatene fra SEM.undersøkelser av kjernemateriale før og etter behandling med kompletteringsvæskene.

Det ble også tatt prøver for kjemiske undersøkelser.

Forskjellige kompletteringsvæsker ble her satt i kontakt med stykker av seal peal prøvene. En kvalitativ beskrivelse av kjemiske reaksjoner kunne da gis på grunnlag av materialets oppførsel. Det viste seg at flere reaksjoner var tilstede. Appendix II gir en oversikt over disse testene og konklusjonene. Appendix II gir også en sammenstilling av mineralogi og kornstørrelse fordeling fra Troll felt brønner 31/3-1, 31/6-1, og 31/2-9. Dette viser klart at Kaolininnholdet i brønn 31/3-1 på begge dypene ligger langt over det som er tilstede i andre Troll-felt brønner.

Strømningstester.

Pluggene ble boret uten bruk av vann eller annen sirkulasjonsvæske. Pluggen fra Test I, dyp 1521.33m ble vasket med metanol og tørket. Luft permeabilitet (Klinkenberg korrigeret) ble målt. Denne var 32 md. Under vaskingen, ble permeabilitet til metanol målt til 25 md. Pluggen ble mettet med simulert formasjonsvann og permeabilitet målt etter at prøven var montert i en triaksial celle. Permeabilitet ble nå målt til 8 md. Formasjonsvann ble så fortrenget med CaCl_2 -løsning med tetthet på 1.14 g/cm^3 . En suspensjon av CaCO_3 i en hydroxy ethyl cellulose og CaCl_2 løsning ble så injisert i pluggen. Trykkfallet steg raskt og pluggens permeabilitet falt til null. En 15% HCL løsning med tilsatte tensider og inhibitorer ble så injisert for å løse opp CaCO_3 . Bak-trykk ble lagt på systemet for å sikre at CO_2 utviklingen ved denne reaksjonen ikke skulle foreligge som fri gass. Raskt ble strømmingen opprettet. Etter at syreløsningen begynte å strømme raskt, ble CaCl_2 løsning brukt til å fortrenge syren. Permeabiliteten til CaCl_2 ble målt til 6 md idet stabilitet var oppnådd.

Test II.

Den samme prosedyre, som nevnt ovenfor, ble brukt på en prøve fra test II området på dyp 1375.35m. Syrebehandlingen ga rask opprettelse av strømmingen i pluggen.

Da syren ble fortrenget med CaCl_2 løsningen ble det målt en lav permeabilitet til CaCl_2 -2md. Strømmingen i pluggen ble så snudd og permeabiliteten steg til 4 md.

Denne testen var så ødeleggende for pluggene at det ble besluttet å repetere testen for å bekrefte disse resultatene. En ny prøve ble tatt fra 1380.55m dyp. Prøven ble nå først mettet med formasjonsvann. Vasking med CaCl_2 -løsning ga ingen endring. CaCO_3 suspensjonen ga fullstendig tetting av prøven, og syrebehandling med HCL løsningen ga umiddelbar gjennomstrømning. Det ble produsert både gass og en gul farget løsning etter bak-trykk regulatoren.

Injeksjon av CaCl_2 løsningen førte til en stadig nedgang i permeabilitet som funksjon av strømning. Trykkfallet steg til 20 bar ved en rate på 2cc/min. Da strømmingen i pluggen ble snudd, sank trykkfallet til 2.5 bar fra en startverdi på 34 bar. Da stabilitet var oppnådd, målte vi permeabilitet til CaCl_2 løsningen på 11 md.

Pluggene som var syrebehandlet ble inspisert i SEM, og sammenlignet med prøver som ikke var behandlet. Disse er avbildet og beskrevet i Appendix I. Konklusjonen er at prøvene er blitt angrepet av HCl som har ført til store forandringer i kjernens sammensetning.

Tabell II

Kjerne fra dybde (m)	Gassperm (mb)	Perm. til CH ₃ OH	Perm. til formasjonsvann (md)	Perm. til CaCl ₂ (md)	Perm. til CaCl ₂ etter syre- behandling (md)	Perm. til CaCl ₂ tilbakeflow etter syrebehandling (md)
1521.33	32	25	8	340	6	4
1375.35	425		340	44	2	11
1380.55			45			

Våtsiktanalyse ble foretatt på materiale fra 1375m og 1380m. I lysmikroskopi var det tydelig at de større partiklene var sammensatt av flere mineraler.

Tabell III.

Kornstørrelse (μ)	Testintervall	
	1375m	1380m
	vekt %	
>600	0.3	29.1
300 - 600	2.1	41.7
150 - 300	20.2	12.7
75 - 150	49.2	9.7
45 - 75	14.9	3.8
<45	13.3	3.0

Den store forskjellen i kornstørrelse er iøynefallende, men resultatene fra 1575m er antatt å være mest representative for testintervallet. Tettheten til materialet fra 1575m ble målt til 2.63 gcm^{-3} . ? 1375 ?

Ved syrebehandling av de enkelte fraksjonene under mikroskop var det kun fraksjonene $>600 \mu$ og $300 - 600 \mu$ som reagerte kraftig med syre. Fraksjonene $150 - 300 \mu$ hadde reaktive korn, mens det i de lette fraksjonene ikke kunne registreres reaktive komponenter.

Konklusjoner.

- 1) Prøvene som ble valgt for testing var representative for testesonene.
- 2) *Formasjonsvann* og CaCl_2 løsning resulterte begge i en nedgang i permeabilitet, sammenlignet med gass.
- 3) Formasjonene ble tettet effektivt med CaCO_3 suspensjonen.
- 4) Denne suspensjonen ble raskt fjernet med en 15% HCl løsning.
- 5) I testområde I ble bergarten lite påvirket av 15% HCl løsningen.
- 6) I testområde II ble bergarten sterkt påvirket av 15% HCl løsningen. SEM undersøkelser viser at bergartens mineral og fysiske sammensetning er forstyrret. Dette ble bekreftet med målinger av permeabiliteten til CaCl_2 løsningen. Bergartens permeabilitet ble sterkt redusert etter syrebehandling. Synlige reaksjonsprodukter ble sett i utløpet til rørene under testen.
- 7) Inflytelse av de ulike kjemiske behandlinger på gass permeabiliteten bør undersøkes.

APPENDIX I
Undersøking av testintervalla
på 31/3-1

INNLEIING

Ei rask sedimentologisk undersøking er utført i dei to testintervallområda på 31/3-1. Dette er gjort p.g.a. at den første testen (DST 1, 1519-1529 m) ga svært dårleg testresultat. I tillegg var permeabiliteten dårleg ($K_H < 40$ md, Statoil Lab) DST 2 (ikkje fullført p.t.) skal foregå over intervallet 1373-1383 m. Her var den målte permeabiliteten betydeleg betre ($K_H = 340$ md, Statoil Lab).

SEAL PEALS

For å undersøke om pluggane der permeabiliteten er målt er representative for den seal peal der dei vart tatt i frå, vart først kvar seal peal undersøkt.

Seal peal frå DST 1 er tatt på 1521.33 - .78 m. Pluggen er tatt i toppen av seal peal og ser ut til å vere representativ for litologien i seal peal. Fin sandstein vekslar med kolhaldig skifer og siltstein i mm skala, dvs. det finns ingen reine sandsteinar, tjukkare enn nokre få mm. I tillegg finns ein del reine kolfragment. Sand/skifer + siltstein forhold er ca. 1/1. Litologien ser difor ut til å kunne forklare den dårlege horisontale permabiliteten. Den vertikale permabiliteten vil venteleg vere enno dårlegare enn den horisontale p.g.a. ovannemnde forhold.

Seal peal frå DST 2 er tatt på 1375.15 - .60 m. Denne sandsteinen er relativt rein med berre spreidde kolbitar og kolhaldige skiferlag, og består av 70-80 % fin sand. Pluggen er tatt midt i seal peal og er bortsett frå ein liten flattliggende kolbit representativ for resten av seal peal.

STUDIE AV KJERNEMATERIALE

Etter å ha sett på seal peals vart kjernane undersøkte i testintervalla. Dette med omsyn på å sjå om seal peal var representativ for testintervallet og for å vurdere om testintervallet var representativt og godt vald i kjernen.

DST 1 frå 1519 - 1529 m består hovedsakleg av svært bioturbert fin sand, med enkelte grove, konglomeratiske lag og enkelte siltsteinsintervall. Mesteparten av testintervallet har finfordelt kolhaldig skifer og siltstein slik som ein observerte i seal peal. Seal peal er difor ikkje utypisk for testintervallet sjøl om det ligg midt mellom to halvmeter- tjukke grove sandsteinslag.

Intervallet under testintervallet og til botn av kjerne 15 (1609.96 m) vart også kort gjennomgått. Reservoarmessig ser dette totalt sett noko meir negativt ut enn testintervallet. Berre små intervall på mindre enn 10 m hadde god, relativt rein sand. Elles er mesteparten av intervallet dominert av siltig, ofte bioturbert sandstein. Kalksementerte lag finns i fleire nivå.

Testintervall 1 ser som konklusjon ut til å gje eit godt uttrykk for dei reservoarmessige tilhøve i dei nedre hundre meter av det kjernetatte intervall.

Testintervall nr. 2, 1373-1383 m nær toppen av reservoaret (topp reservoar 1352 m) består nedanfrå av ein oppgrovings- sekvens frå svært fin til grov sand, deretter ein oppfiningssekvens frå grov til svært fin sand igjen og til slutt får ein igjen oppgroving til middels sand som er laus. Dette mønsteret går også klårt fram av gamma loggen.

Sekvensen er middels bioturbert og inneheld finfordelte kolfragment og kolhaldige skiferlag, men sandsteinen er langt "reinare" enn den ein finn i det første testintervallet.

Testintervallet ser ut til å vere representativt for dei øvste 50 m av reservoaret.

XRD resultat / SEM resultat

Det er kjøyrt XRD på ein prøve frå kvar av testintervalla.

	DST 1	DST 2
	1375.13m	1521.33m
	i %	i %
QZ	27	20
GLIMMER	13	14
PLAG	11	--
MIKROKLIN	11	7
KAOLIN	27	46
KALSITT	5	--
DOLOMITT	3	--
PYRITT	3	13

Resultata var overraskande i det dei ved sitt høge kaolininnhald/låge kvartsinnhald avvik ein god del frå det ein har funne i 31/2 området. Muleg har ein vore uheldig ved val av prøve, eit kaolininnhald på nær 50 % verkar svært høgt.

Tynnslipstudier kombinert med fleire XRD analyser vil etterkvart gje eit meir dekkande svar på mineralogien i reservoaret.

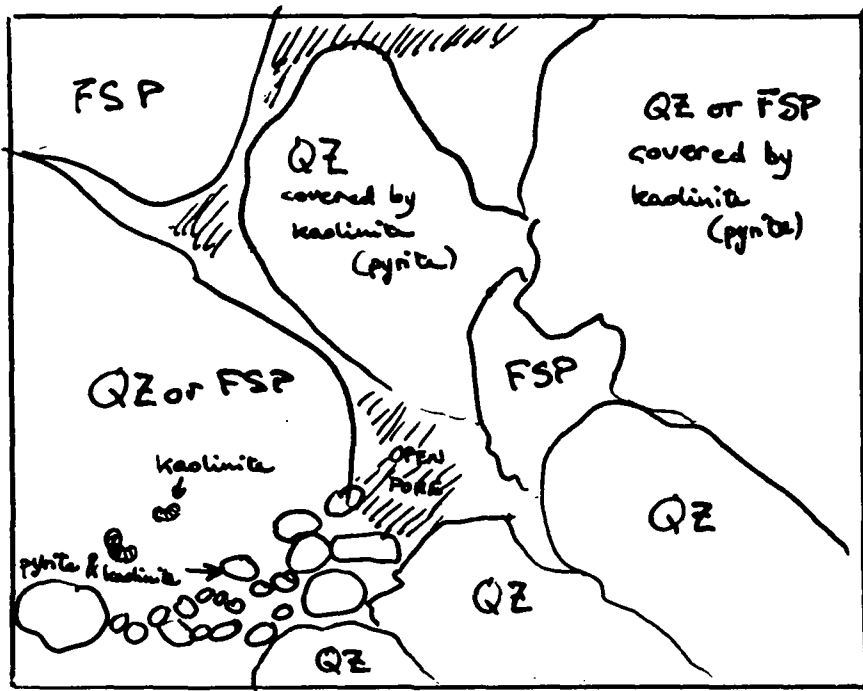
Prøver frå kvart testintervall vart også undersøkt ved hjelp av SEM (Scanning electron microscopy).

Prøven frå det øvste testintervallet (1380.55 m) var ein dårleg sortert, grov sandstein. Denne var ved syrebehandling blitt fullstendig uidentifiserbar og med få synlege porer (se fig 1-4). I den ubehandla prøven såg ein tydlege porer, av og til var desse kaolinfyllte - heilt eller delvis. Prøven hadde forutan kvarts ein del feltspat og glimmer. Forutan authigen kaolin hadde prøven nydanna pyritt, og ein del feldspat- og kvarts- overvekst.

Prøven frå DST 1 (1521.33 m dvs. undersøkt seal peal) er tatt i det same området der kaolininnhaldet er 46 %. Det er heilt klårt at SEM-prøven ikkje inneheld 46 % kaolin, sjøl om ein har rikleg med kaolin tilstade. Ein del av denne kaolinen er mogleg detrial - dårleg krystallform kan tyde på dette.

Prøven består av finkorna sand. Denne sanden viser seg ved SEM å innehalde både glimmer og feltspat. Diagenetiske mineral består av framboidal pyritt, kaolin i form av "booklets" eller som klumper og kloritt som ofte er "coating" på andre mineral. Både kvartsovervekst og feltspatovervekst opptrer. Også denne prøven vart øydelagt ved syrebehandling.

Som konklusjon er det i allefall tydleg at syrebehandling har forverra ein reservoarparameter som permabilitet. Kva som har skjedd er vanskeleg å svare på.



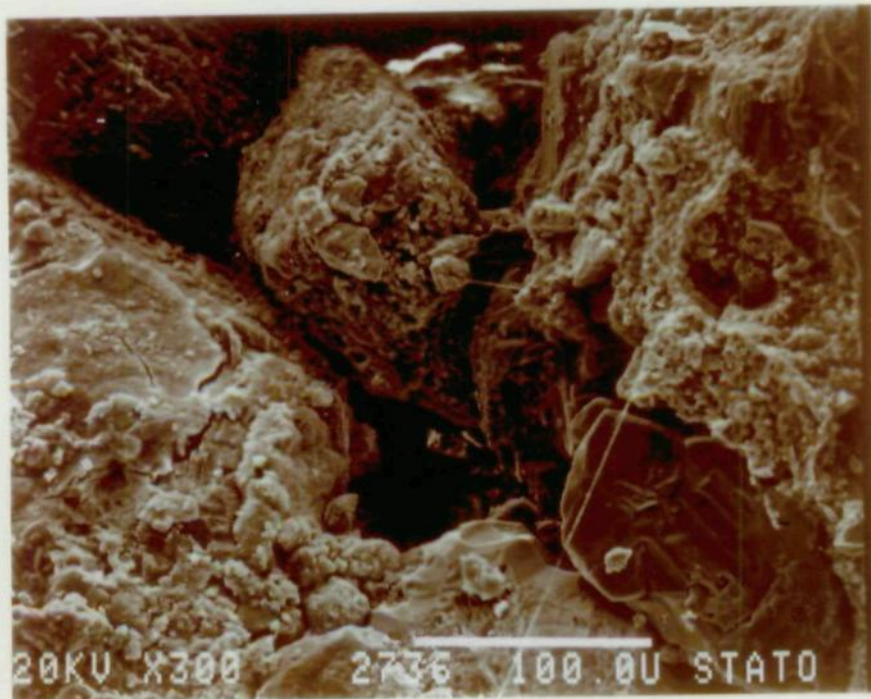


Fig. 1. SEM-bilde av ubehandlet bergart.

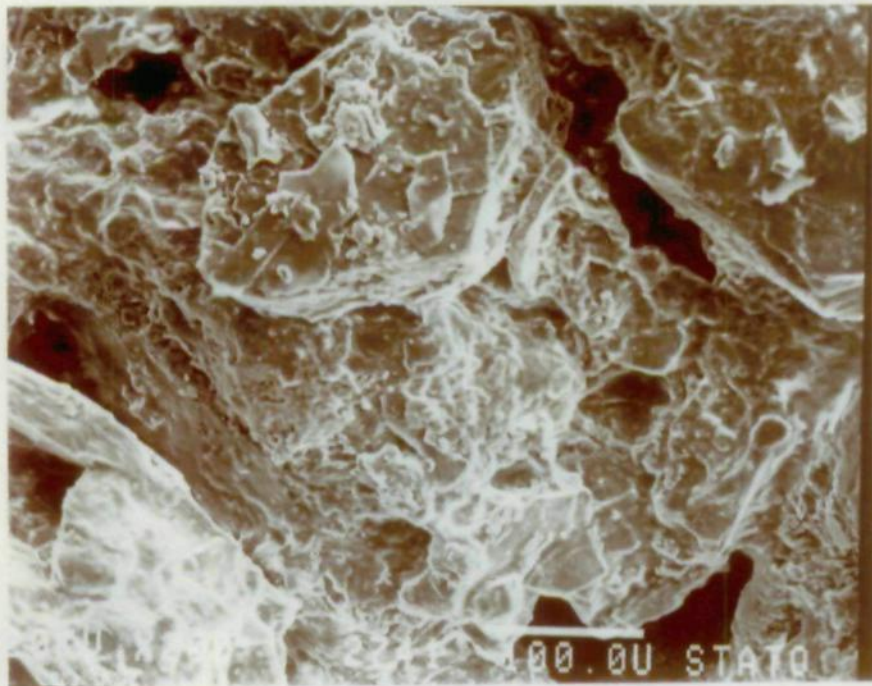


Fig. 2. SEM-bilde av syrebehandlet bergart.

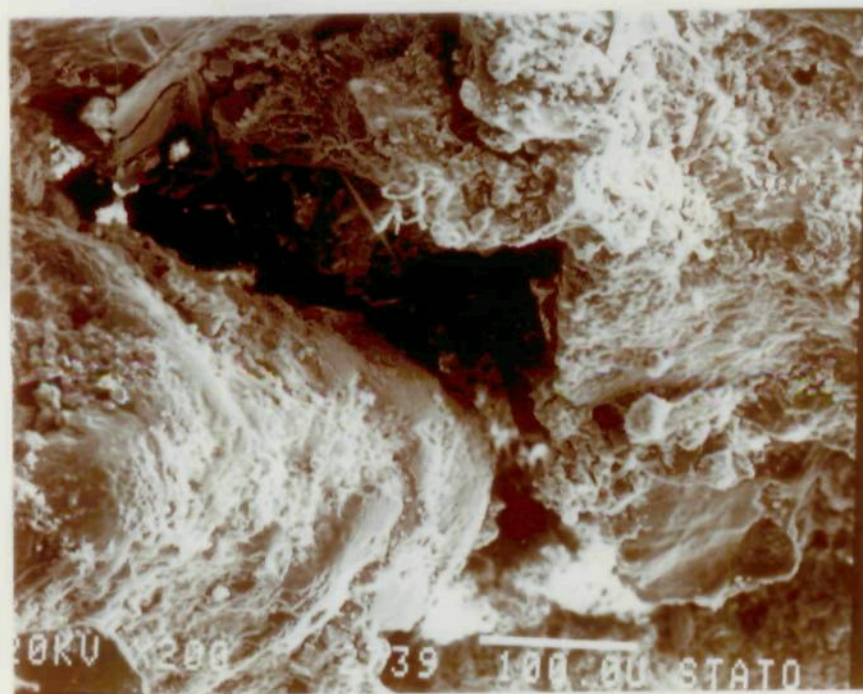


Fig. 3. SEM-bilde av ubehandlet bergart.

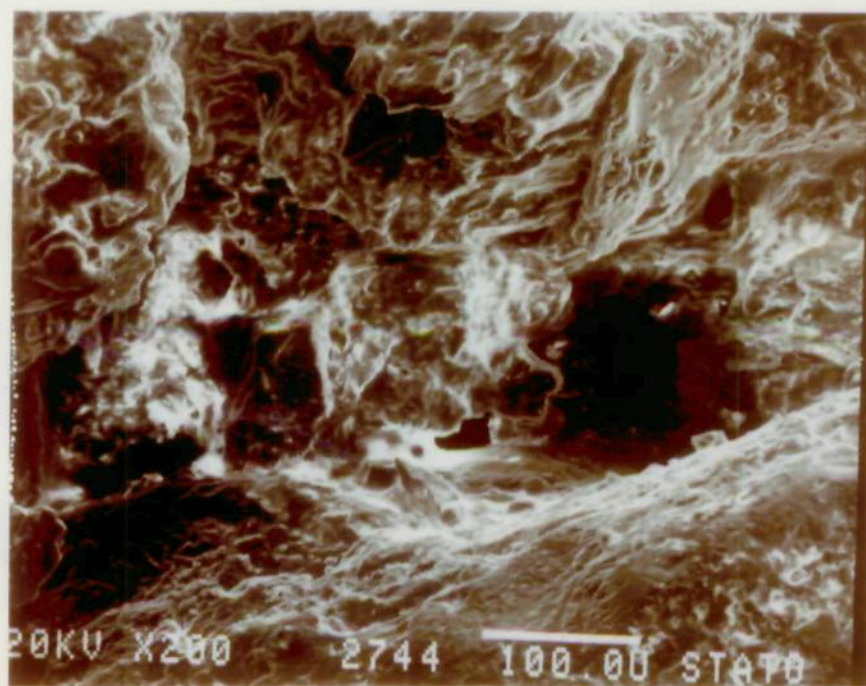


Fig. 4. SEM-bilde av syrebehandlet bergart.

Anbefalinger.

Disse forsøkene bør betraktes som innledende undersøkelser. Lab anbefaler at en videre studie utføres. Studiene vil ta sikte på :

- 1) Å finne ut hvilke kjemikalier er skadelige for bergarten under kompletterings operasjonen.
- 2) Avsløre hvilke deler av bergarten er påvirket og på hvilken måte.
- 3) Skaffe bakgrunn for å planlegge forundersøkelser for kommende kompletteringsoperasjoner på TROLL.

Appendix II.Materiale fra testsone 1, 1521.33m.

I kontakt med vann, CaCl_2 - brine og basiske løsninger ble det observert en relativt liten væskeinntrengning samtidig som finkornet materiale skilte seg ut og dannet en relativt stabil suspensjon (settetid 10-min.). Suspensjonen ble undersøkt i lysmikroskopi og spesielt glimmer skilte seg lett ut som en del av de utvaskede partiklene. Størrelsen ble estimert til $< 100 \mu$. Mesteparten av kjernebitene forble som en hel bit. I kontakt med 15% HCl bruste det opp : utvikling av H_2 og CO_2 -gasser. Løsningen ble blågrønn (Fe^{2+}) og gikk over til gul (Fe^{3+}) ved henstand. Kjernebiten forble stabil, men dekomponerte i relativt små deler ved henstand.

I lysmikroskop observert vi samme reaksjon med syre på spesielle korn, samtidig som fine partikler løste seg fra matrix. Syreinntrengningen var relativt langsom.

Materiale fra testsone 2, 1375m.

a) I kontakt med vann, CaCl_2 -brine og basiske løsninger ble det ved batchforsøk gjort samme kvalitative observasjoner som for materiale fra testsone 1, med en forskjell. Kjernebiten dekomponerte i små biter (korn) ved henstand. Reaksjonen med syre var mye kraftigere enn for materialet fra testsone 1., og det skjedde en rask dekomponering av kjernebiten til kornstørrelsenivå.

I lysmikroskop observert vi en kraftig reaksjon med HCl, samtidig som væsken raskt ble absorbert. Fine partikler løsnet lett fra overflaten. Enkelte steder dannet det seg relativt store kratere som ble fylt av løsnede finpartikler ved absorpsjon av væsken.

XRD - ANALYSER.

	Geo-lab		IDF for Norsk Hydro			IDF for Shell
	31/3-1		31/6-1			31/2-9
	1375m	1521m	1370m	1371m	1374m	1595m
Quarz	27	20	38	44	19	63
Glimmer	13	14	3	1	5	3
Felspat	22	7	14	8	14	14
Kaolin	27	46	5	4	13	2
Kalsitt	5					1
Dolomitt	3					
Pyritt (Hematitt)	3	13	10	25	10	2
	100%	100%	70%	82%	61%	85%

Kornstørrelse.

Kornstørrelse (μm)	31/3-1		Kornstørrelse (μm)	31/6-1			31/2-9
	1375m	1380m		1370m	1371m	1374m	1595m
			>1676	0.05	0.03	0.07	0.2
>600	0.3	29.1	1003-1676	0.28	9.2	0.14	4.0
300-600	2.1	41.7	500-1003	19.9	46.7	3.3	34.9
150-300	20.2	12.7	152- 500	42.4	28.2	39.3	55.7
75-150	49.2	9.7	<152	37.4	15.9	57.2	5.2
45- 75	14.9	3.8					
<45	13.3	3.0					
<150	77.4	16.5					

Appendix III.

Vannprøve brønn 31/2-11

DST 1, 17.3.83, 1681 - 85 m.

Ion	Prøve 15 kons (mg/l)	Prøve 16 kons (mg/l)	Syntetisk vann kons (mg/l)
Na	14200	18100	14000
K	200	465	200
Mg	480	470	500
Ca	2000	1945	2000
Ba	215		
Cl	29450	29590	30000
SO ₄	<5	<5	0
HCO ₃	220	220	200
CO ₃	0	0	0
pH	7.66	7.66	
Tetthet 20°C (g/cm ³)	1.034	1.034	
Resistivitet 20°C (m)	0.168	0.168	
Kin.viskositet (mm ² /s)	1.083		1.075



Fig. 3. SEM-bilde av ubehandlet bergart.

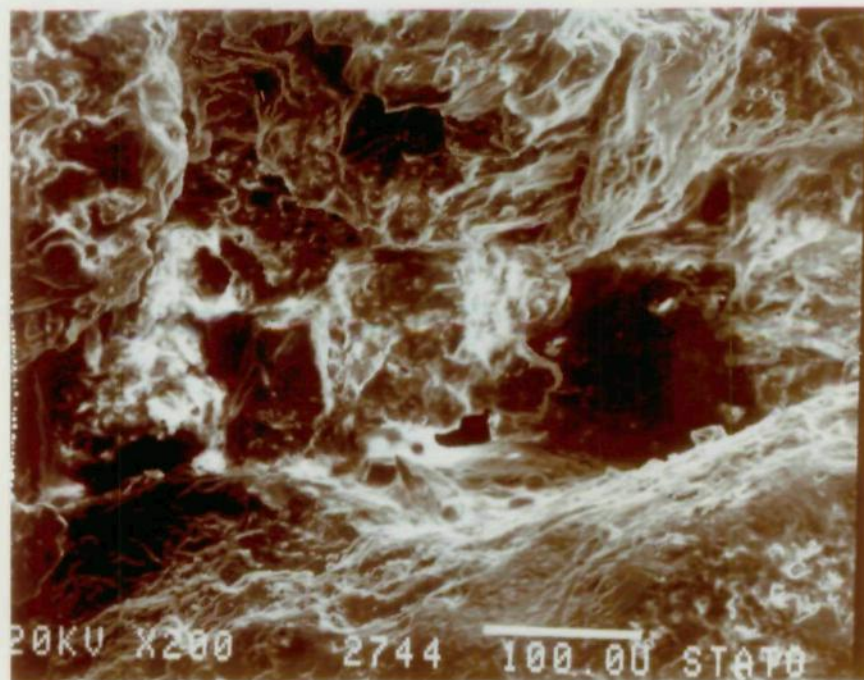


Fig. 4. SEM-bilde av syrebehandlet bergart.

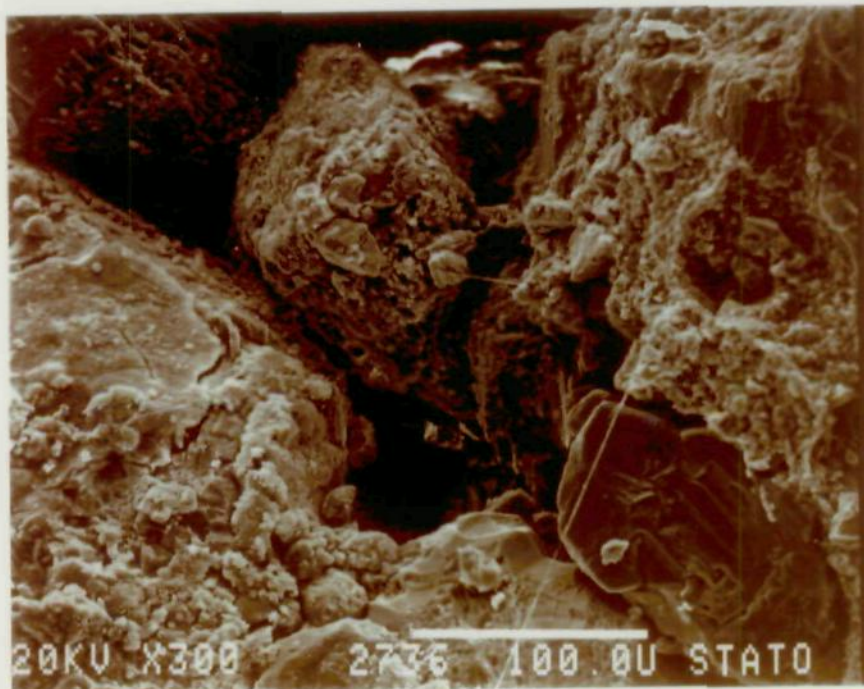


Fig. 1. SEM-bilde av ubehandlet bergart.

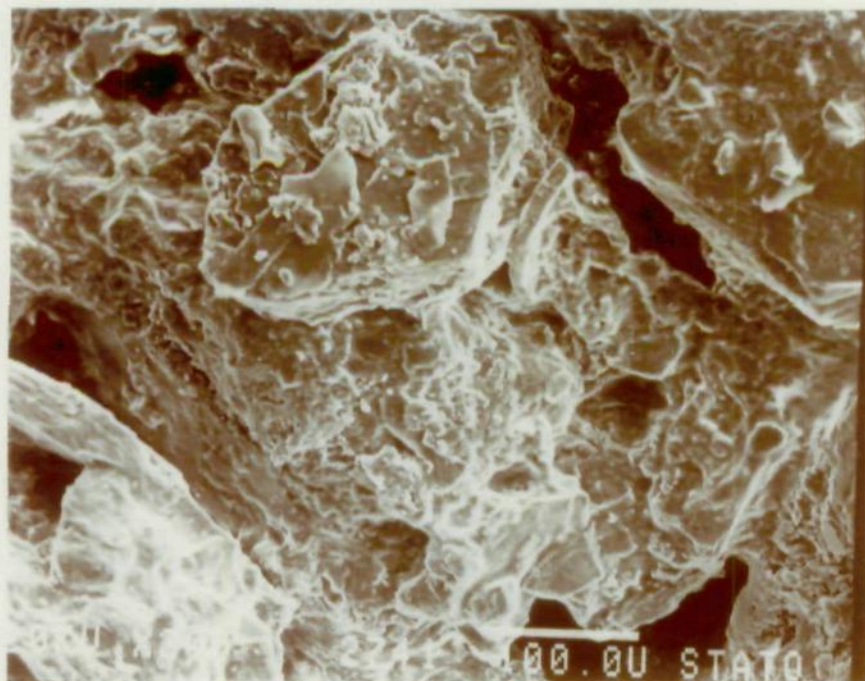


Fig. 2. SEM-bilde av syrebehandlet bergart.