

## FORELØPIG MEDDELELSE OM RESULTAT AV UNDERSØKELSER I FENSFELTET

AV

EGIL SÆTHER

Foredrag i Norsk Geol. For. 6 mars 1947.

Med 2 figurer.

Fensfeltet er et lite område av alkalibergarter ved Ulefoss i Telemark, ca. 12 km utenfor grensen av Oslofeltet. Det tilhører en gruppe av alkalibergart-felter som har en rekke andre representanter i Fennoskandia (Alnö, Särna, Almunge, Norra Kärr, Kuolajärvi, Kuusamo, alkalibergart-feltene på Kola), og ellers opptrer spredt i alle gamle kontinentalblokker.

### *Kort oversikt over bergartene.*

Fensfeltets omgivelser består av grunnfjell, som tilhører et migmatitt-område i Telemarksformasjonen. Hovedbergarten er gneis med vanlig granittisk mineralsammensetning: kvarts, kalifeltspat, oligoklas, biotitt og hornblende. Kalifeltspaten er som regel ikke synlig pertittisk, men den mengde den opptrer i i bergarten, sammenholdt med bergartens kjemiske sammensetning, tyder på at den inneholder en del albitt. Øst for Fensfeltet finnes en mørk glimmerskifer, som enkelte steder er veksel-leiret med kvartsitt.

De perifere deler av Fensfeltet er opptatt av en alkalisyenitt som Brøgger har kalt fenitt. Den består av mikropertittisk alkalifeltspat og ægirin, undertiden alkalihornblende. Strukturen er som regel en mørtel-struktur. Fenitten er forbundet med gneisen ved en jevn overgang; i denne overgangs-sone inneholder bergarten kvarts ved siden av mikropertitt og ægirin.

I de mer centrale deler av Fensfeltet finnes en serie av basiske alkalibergarter:

Urtitt, som består av nesten ren nefelin.

Ijolitt: består av nefelin og pyroksen (ægirindiopsid) i omtrent like store mengder.

Meltegitt: hovedbestanddelen er ægirindiopsid, dessuten finnes opp til 30% nefelin.

Vipetoitt: består av augitt og brun hornblende.

Accessoriske mineraler i hele denne bergart-serie er apatitt, titanitt, melanitt, koppitt ( $\text{CaNbO}_6(\text{OH})$ ) og kalkspat.

Bergarten har ofte vært utsatt for hydrotermal metamorfose. Nefelinen er da omdannet til aggregater av albitt og muskovitt. Ved mer vidtgående metamorfose angripes også pyroksen, og bergarten blir omdannet til biotitt-kalkspat-fels eller kloritt-kalkspat-fels (grønnsten).

De basiske bergartene er forbundet med fenitten ved en smal sone av slirete mellombergarter. Enkelte slirer av fenitt finnes også inne i området for de basiske bergartene. Aldersrekkefølgen er ikke entydig bestemt.

En spesiell bergart-type er damtjernitten. Den fører store biotitt-flak i en finkornet grunnmasse av pyroksen (titan-augitt), hornblende, biotitt, nefelinpseudomorfoser, kalkspat og kalifeltspat, og er beslektet med kimberlitt og alnøitt. Den opptrer i stokker og ganger, som setter gjennom de andre silikatbergartene i Fensfeltet. Den finnes også i ganger utenfor selve Fensfeltet, i en avstand av opp til 50 km (Bø i Telemark).

Likeså karakteristiske for Fensfeltet som de omtalte silikatbergarter er en gruppe av karbonatbergarter:

Søvitt, som vesentlig består av kalkspat. I mindre mengde inneholder den enten ægirindiopsid eller biotitt. Magnetitt og apatitt er ofte til stede i betydelig mengde; av koppitt finnes gjerne 0.1—0.3%.

Rauhaugitt, hvis hovedbestanddel er ankeritt ( $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2$ ), i mindre mengde biotitt eller kloritt. Den inneholder opp til 1%  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  i form av fint fordelt koppitt eller columbitt.

Rødberg: består av kalkspat og ankeritt sammen med fint fordelt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  er enkelte steder samlet i større, nesten rene masser, som har vært brutt som jernmalm i Fensgrubene.

Søvitten opptrer dels i større, sammenhengende felter sammen med slirer av mørke silikatbergarter (Tuft), dels i skarpt avgrensede ganger i fenitten (Søve-odden). Gangene har ofte fluidalstruktur. Søvitten er altså dels yngre enn disse silikatbergartene, dels av omtrent samme alder som dem. Den er alltid eldre enn damtjernitten.

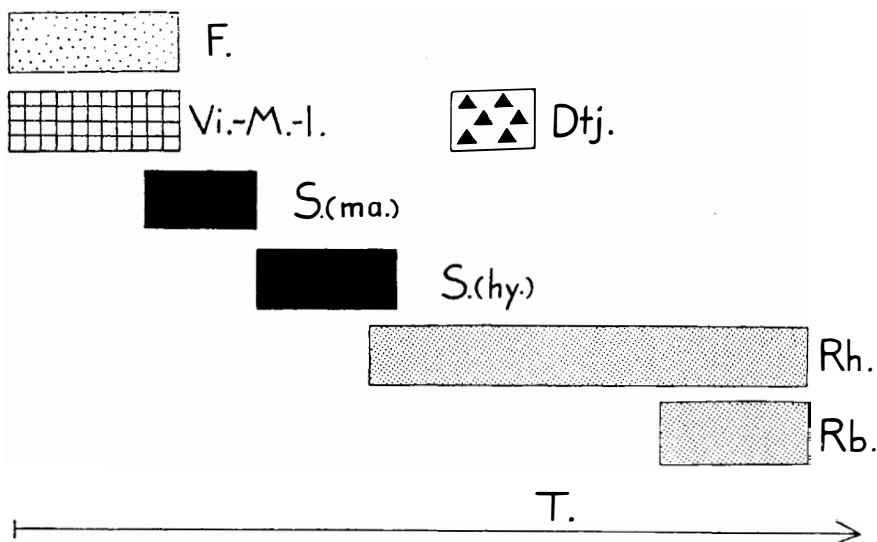


Fig. 1. Alders-skjema for Fensfeltets bergarter. F.=Fenitt. — Vi. M. I.=Vipetoitt-melteigitt-ijolitt-serien. — Dtj.=Damtjernitt. — S. (ma)=Magmatisk søvitt. — S. (hy)=Hydrotermal søvitt. — Rh.=Rauhaugitt. — Rb.=Rødberg. — T.=Tidsakse.

Rauhaugitten opptrer i store, sammenhengende masser i den østlige del av Fensfeltet, og finnes også i ganger som gjennomsetter fenitt og søvitt. Den er dels eldre enn damtjernitten (finnes som bruddstykker i denne ved Søve), dels yngre, og dannet ved karbonatisering av damtjernitt (overgangs-stadier er iaktatt ved Vipeto, Rauhaug og Fen).

Rødberget opptrer i sammenhengende masser i den østlige del av Fensfeltet. Det er i sin helhet yngre enn damtjernitten, og kan på flere steder sees å være dannet ved metasomatose av denne (Vipeto, Fen, Grube-åsen).

De eneste dannelser i Fensfeltet som er yngre enn rødberget og jernertsene, er årer av grovkrystallinsk kalkspat, og noen sprekkefyllinger av kloritt („lattenganger“) i grubedistriktet ved Fen.

Diabasganger fra Oslofeltet setter gjennom hele Fensfeltet.

Aldersfordelingen av bergartene i Fensfeltet er vist skjematisk i fig. 1.

*Bergartenes genesis.*

Fenitten er, som allerede påvist av Brøgger, dannet av gneis ved alkali-metasomatose. Følgende stadier i omdannelsen kan iakttas:

1. Biotitten i gneisen omdannes til aggregater av ægirin ved reaksjon med Na-joner i poreløsningen. Samtidig eller umiddelbart etter omdannes gneisens homogene alkalifeltspat til mikropertitt. Dette er sannsynligvis, i hvert fall i begynnelsen, bare en avblanding av feltspaten under virkningen av varmen fra det magmaet som har bevirket omdannelsen.

2. Kvartsen og plagioklasen forsvinner, og erstattes av mikropertitt av ensartet sammensetning. Temperaturen må her være blitt så høy at homogen kali-natron-feltspat er stabil, og dannes ved reaksjon mellom gneisens mineraler og poreløsningen, som stadig får stofftilførsel fra et basisk alkalimagma. Ved avkjølingen avblandes feltspaten til mikropertitt.

3. Ved særlig vidtgående omkrystallisasjon får man den såkalte pulaskittiske fenitt, som har helt eruptiv struktur (tavleformet feltspat, ægirin i idiomorfe krystaller).

Stoff-omsetningen i gneisen under fenittiseringen er framstilt i den første kolonne i tabell 1.

Vipetoitt-melteigitt-ijolitt-urtitt-seriens bergarter er utvilsomt magmatiske. Også kalkspat-innholdet synes å være primært, omenn senmagmatisk. Damtjernitten er magmatisk, og representerer et fornyet magmaframbrudd etter størkningen av de andre bergartene.

Også en del av kalkstenen, særlig ved vest-grensen av Fensfeltet (området Holla-Kåsene) er åpenbart magmatisk. Det er forbundet med melteigitten ved overganger, og inneholder de samme mineraler som denne (ægirindiopsid og nefelinpseudomorfoser). Undertiden finnes idiomorfe kalkspat-krystaller, skjønt kalkspaten som regel er xenomorf. Enkelte pegmatittiske søvitt-varieteter består av idiomorfe kalkspat-tavler (etter basis) med en finkornet mellom-masse av kalifeltspat, pyroksen og biotitt. En slik struktur kan bare forklares ved magmatisk krystallisasjon. Den fraksjonerte krystallisasjon av de basiske silikatbergarter synes å ha frambrakt et karbonatrikt restmagma. Dette har også vært rikt på alkali, og har bevirket fenittiseringen av den omgivende gneis.

Kalkspatens smeltepunkt,  $1340^{\circ}$ , minst 1000 atmosfærers trykk, er ikke uoppnåelig under magmatiske betingelser. Dessuten vil smelte-

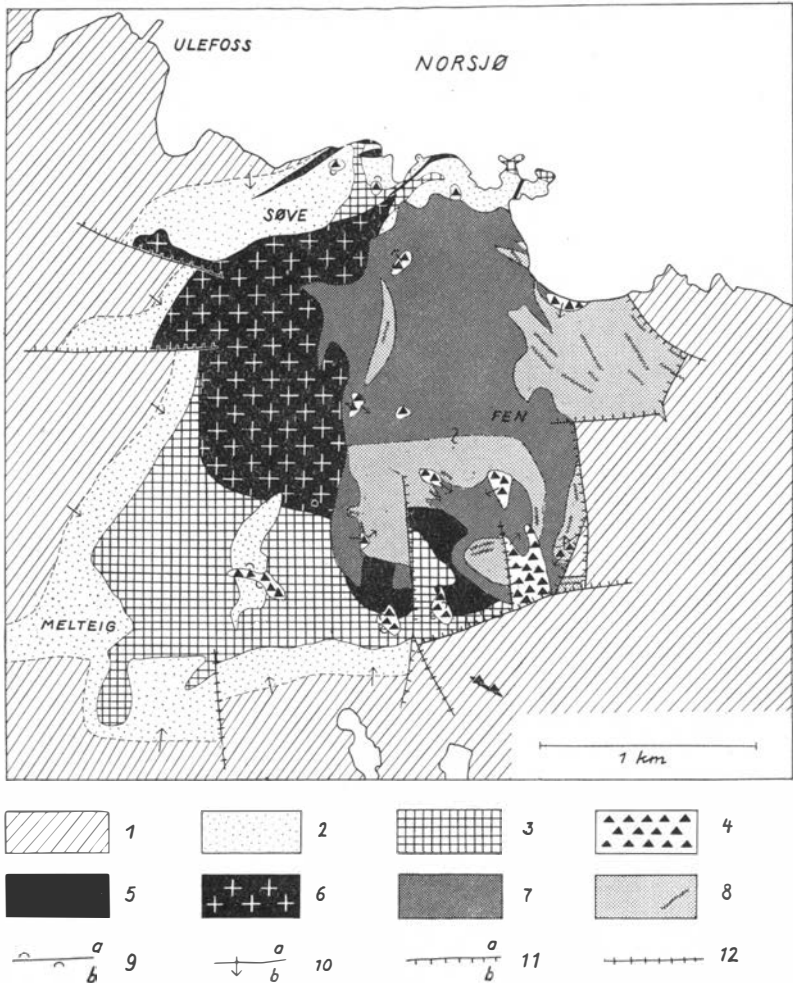


Fig. 2. Forenklet oversiktskart over Fensfeltet (løse avleiringer er tenkt fjernet). 1. Grunnfjell. — 2. Fenitt. — 3. Basiske dyppergarter (vipetoitt-melteigitt-ijolitt-serien). 4. Damtjernitt. — 5. Søvitt. — 6. Intim blanding av søvitt og basiske silikatbergarter. 7. Rauhaugitt. — 8. Rødberg med jernerts-åre. — 9. Intrusivkontakt (a eldre bergart, b yngre, intrudert bergart). — 10. Metasomatisk kontakt (bergarten b er framkommet ved omdannelse av a). — 11. Forkastning (siden b sunket i forhold til a). — 12. Forkastning med ukjent sprangretning. Den Ø—V-gående grense mellom rauhaugitt og rødberg omtrent midt i feltet er helt hypotetisk, da fjellet ikke er blottet i dette strøk.

punktet kunne senkes flere hundre grader ved tilblending av andre stoffer, her vann, alkalikarbonat og silikater.

En stor del av søvitten i den centrale del av Fensfeltet er imidlertid dannet ved hydrotermal metasomatose av basiske silikatbergarter. Processen begynner med at pyroksenene omdannes til biotitt-aggregater med bibehold av det ytre omriss, gjerne ut fra fine sprekker som er fylt med kalkspat. Senere omkrystalliserer biotitten til større flak, samtidig som kalkspaten gjennomtrenger hele bergarten. Denne er nå blitt til en biotitt-kalkspat-fels. Ved videregående metasomatose fortrenses også biotitten av kalkspat, og bergarten blir en ren kalksten.

Søvitt-gangene med flytestruktur er antagelig dannet ved at den hydrotermal-metasomatiske søvitt (som den stemmer overens med i mineralsammensetning) er presset inn i sprekker i sidestenen i plastisk tilstand. Kataklastisk struktur er iaktatt, men er som regel utvisket ved omkrystallasjon.

Rauhaugitten er dannet ved hydrotermal metasomatose. De ofte meget rene ankeritt-bergarter som opptrer i slirer sammen med søvitt i den centrale del av Fensfeltet (Tuftene), er dannet dels av søvitt, dels direkte av basiske silikatbergarter. Temperaturen er åpenbart nå blitt en annen (lavere) enn under søvittens dannelse, hvorved ankeritt er blitt mer stabil enn kalkspat.

Andre steder har utgangsmaterialet for dannelsen av rauhaugitt i stor utstrekning vært damtjernitt. Karbonatiseringen av damtjernitten kan følges skritt for skritt på flere steder (Vipeto, Rauhaug, Fen). Den stoffomsetning som kreves for å overføre damtjernitt til rauhaugitt, er angitt i 2. kolonne i tab. 1. Stoff-tilførselen er CaO og CO<sub>2</sub>, mens SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> og alkali er fjernet. Den betydelige mengde Mg og Fe som finnes i damtjernitten, går inn i den nydannede ankeritt. Omdannelsen synes å skyldes alkalisk reagerende karbonatløsninger.

Rauhaugitt-dannelsen er foregått gjennom et lengre tidsrom både før og etter damtjernittens erupsjon.

Også rødberget er dannet metasomatisk, for en stor del med damtjernitt som utgangsmateriale. Overgangs-stadier ved omdannelsen er iaktatt på flere steder. Stoffomsetningen, som er angitt i den siste kolonne i tab. 1, består i en stor tilførsel av Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, og forøvrig de samme forandringer som ved omdannelsen til rauhaugitt. Rødbergdannelsen kan være bevirket av de samme agenser som rauhaugitt-dannelsen (alkalisk reagerende karbonatløsninger). Forskjellen består

	Gneis — fenitt	Damtjernitt — rauhaugitt	Damtjernitt — rødberg
SiO <sub>3</sub> .....	÷ 8 %	÷ 30 %	÷ 30 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	+ 2	÷ 10	÷ 10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....		÷ 2	+ 30
CaO .....	+ 2	+ 10	+ 15
Na <sub>2</sub> O .....	+ 2	÷ 1	÷ 1
K <sub>2</sub> O .....	+ 2	÷ 3	÷ 3
CO <sub>2</sub> .....	+ 2	+ 30	+ 20

Tabell 1. Oversikt over stoffomsetning ved de viktigste metasomatiske prosesser i Fensfeltet. Stoffmengdene er regnet i vekts% av den opprinnelige bergart.

bare i jernets reaksjoner. Ved rauhaugitt-dannelsen utfelles ikke jern; tilstedeværende Fe<sup>III</sup> reduseres til Fe<sup>II</sup>. Ved rødberg-dannelsen skjer det utfelning av Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Spørsmålet er nå i hvilken form jernet har foreligget i oppløsning, og hvilke fysiske faktorer det er som har regulert dets utfelning, og dermed bestemt hvorvidt rauhaugitt eller rødberg skulle dannes. Det er to muligheter:

1. Jernet har vært oppløst som Fe<sup>II</sup> (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Når CO<sub>2</sub> undviker ved trykkavlastning, utfelles FeCO<sub>3</sub>, som ved den herskende temperatur straks spaltes i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> og CO.

2. Jernet har foreligget som treverdig, bundet sammen med CO<sub>2</sub> i en kompleks anjon. Når CO<sub>2</sub> undviker, utfelles Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> direkte.

Hvilken av disse muligheter som har vært realisert, kan foreløpig ikke avgjøres. I begge tilfeller er imidlertid den sterke utfelning av Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> betinget av trykkavlastning og undviken av CO<sub>2</sub>. Dette stemmer med rødbergets felt-opptreden. Det viser seg nemlig at alle rødberg-felter, store og små, inneholder minst en åre av ren jernmalm. Disse malmårer blir å oppfatte som sprekker som har ledet kullsyren ut i atmosfæren, med en derav følgende sterk utfelning av Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i selve sprekken, og svakere i deres omgivelser.

#### *Magmaprovinsens genesis.*

Av det foregående framgår at den primære prosess ved Fensfeltets dannelse er dannelsen av et basisk, karbonatrikt magma, som ved størkning utskiller et særlig karbonatrikt restmagma, og senere karbonatførende, alkaliske hydrotermal-løsninger.

Et magma av denne type kan tenkes å utvikle seg fra et vanlig basaltisk magma i et magmabasseng med usedvanlig stor vertikal utstrekning. Flyktige stoffer (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, F, fluorider av P, Ti, Zr, Nb) som finnes i ethvert primært magma, vil her anrikes i de øverste

deler av bassenget, hvor magmaet altså blir ekstraordinært gassrikt. Forskjellen i  $\text{CO}_2$ -innholdet i de øvre og nedre deler av magmabassenget vil frambringe en nedadrettet gradient i  $\text{H}^+$ -jonekonsentrasjonen. Vannstoffjonene vil søke å diffundere nedover for å utjevne denne gradient; herved oppstår et oppadrettet elektrisk felt, som søker å trekke anjoner nedover og katjoner oppover. De sterkt basiske joner:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ , som er lett bevegelige, vil anrikes øverst sammen med kullsyren. Populært kan man si at kullsyren trekker til seg basene.

Det magma som ved disse prosesser vil dannes i den øvre del av bassenget, er nettopp av den type der, som påvist i det foregående, må ha dannet bergartene i Fensfeltet. En annen følge av gassanrikningen øverst i magma-kammeret er at magmaet her blir overhettet (på grunn av at gassabsorpsjon i en væske er en eksoterm prosess), mens magmaet dypere nede blir avkjølet, og kanskje kan begynne å krystallisere. Det overheteede, gassrike magma øverst i kammeret vil ha en stor evne til å diffundere inn i sidestenen og framkalle metasomatose (fenittisering).

Etter hvert blir også magmaet øverst i kammeret så avkjølet at det begynner å krystallisere. Det som først krystalliserer ut, er basiske silikater. Kullsyren anrikes i restsmelten, og dens partialtrykk blir til slutt så stort at kalkspat krystalliserer ut ved fortsatt avkjøling.

Ved enda sterkere avkjøling går restmagmaet over til en hydrotermal løsning av karbonater av alkali, Ca, Mg, Fe. Denne reagerer med de allerede utkrystalliserte mineraler, og ved metasomatose dannes bergarter bestående av kalkspat og senere, ved enda lavere temperatur, av ankeritt.

„Taket“ over magmabassenget begynner nå å slå sprekker. Kullsyren får raskt avløp gjennom sprekken, med den følge at de hydrotermale løsninger ikke lenger kan holde jern oppløst. Jernoksyd felles ut i sprekken og i de tilstøtende bergarter.

Den fundamentale prosess i den her skisserte hypotese er dannelsen av et usedvanlig dypt magmabasseng. Et slikt kan bare tenkes å kunne dannes i anorogene strøk med tykk, stabil jordskorpe, og hypotesen forklarer derfor det forhold at alkalibergarter av Fensfelttypen bare finnes i anorogene strøk. Den forklarer også at de er assosiert med bergarter av kimberlitt-alnøitt-damtjernitt-rekken, som vanlig antas å skrive seg fra stort dyp, at de ledsages av karbonatbergarter, og at de har anrikt P, Zr, Nb og Ba. Den vil kunne prøves nærmere ved geokjemiske studier av Fensfeltet og andre alkalibergart-felter.