

# Amazonittpegmatitter i Iveland-Evje

Ole Fridtjof Frigstad

Pegmatittene i Iveland og Evje, nord for Kristiansand, har vært et kjent mineralområde i vel 100 år. Det startet med produksjon av kvarts som slaggdanner for nikkel-kobbersmelteverket på Evje, og fortsatte med produksjon av kalifeltspat til porselensfabrikkene på kontinentet. Kvarts kom tilbake i 1954, levert til Fiskaa Verk i Kristiansand som produserte ferrosilicium.

Setesdalsbanen (1896-1962) har stått for det meste av transporten, inntil bil overtok mer og mer midt på 1950-tallet.

Pegmatittene har rikelig med aksessoriske sjeldne mineraler og området har vært mye besøkt av samlere og fagfolk. Fortsatt tas det ut stykkfeltspat til eksport, og ingen andre norske pegmatittfelter har hatt en så lang driftsperiode. De sjeldne mineralene var et viktig biprodukt fram til slutten av 1970-årene, solgt til kjemisk industri- og forskningsvirksomhet. Dette gjaldt særlig beryll, gadolinit, euxenitt, æschynitt (blomstrandin) og thortveititt.

Mange av disse granittpegmatittene er sonert bygget opp med en grensesone ytterst, deretter en veggzone rik på skriftgranitt (tint) og en grovkornet mellomsone hvor kalifeltspat- plagioklas-kvarts og glimmer danner store rene felter, hvor også krystaller av sjeldne mineraler sitter. Pegmatittene har ofte en oppdelt kjerne av ren kvarts.

Plagioklas kan danne rene masser opptil et par tonn, kalifeltspat der i mot kan danne meget store krystaller. Det fortelles om en på 10 m x 4 m som ga 250 tonn feltspat, og Barth (1947) nevner krystaller av feltspat og kvarts på 8 m lengde. Det sies også at gruvearbeider Bjarne Engestøl drev ut 1500 tonn kalifeltspat fra en og samme feltspatstolpe, men den bestod nok av flere krystaller.

Mange pegmatitter er rike på muskovitt, andre på biotitt. Muskovitt har vært et biprodukt siden ca. 1925, og særlig under siste krig ble mange sekker muskovitt levert til tyske mottakere. Gruva på Håvorstadheia var rik på dette, og hadde flak på opptil 2 m. Barth (1931) nevner også 3 m store flak av biotitt på Rossås, men det har ikke hatt annen interesse enn finnested for sjeldne mineraler.

Iveland er kjent for sine beryller, og det fortelles at i 1947 ble det sprengt ut en beryllmasse på 8 tonn fra Hovåsen pegmatitten, hvorav en "krystall" veide 3,0 tonn. Mer nøyaktig rapportert er funnet i Beinmyrgruva i 1967, hvor krystallen var 3,15 m lang, 54-42 cm bred og veide ca. 1,6 tonn. Den ble knust og solgt som kilovare.

## De sjeldne mineralene

Den som har undersøkt pegmatitt-mineralene i Iveland-Evje mest er Harald Bjørlykke, tidligere direktør ved Norges Geologiske Undersøkelse. I hans doktorarbeide fra 1935 deles pegmatittene inn i magmatiske mikroklin-kvartsganger og hydrotermal-pneumatolytiske ganger. Det dreier seg ikke om to ulike typer pegmatitter, men at noen har områder i seg av en senere nydannet mineralparagenese, her kalt cleavelandittsonen.

Bjørlykke deler pegmatittene inn i de kalsiumrike, hvor det er særlig mye plagioklas samt litt titanitt og apatitt, og i de kalsiumfattige med lite plagioklas, og hvor fosfatet danner monazitt og xenotim i stedet for apatitt. De fleste undersøkte pegmatittene i Iveland - Evje ble drevet på kalifeltspat og hører naturligvis til den kalsiumfattige typen. Disse har han inndelt videre i et system basert på de mørke sjeldne mineralene han fant i feltspatbruddene:

- I. Pegmatitter med thalenitt-gadolinit,
- II. Pegmatitter med fergusonitt,
- III. Pegmatitter med euxenitt  
(samarskitt)
- IV. Pegmatitter med columbitt.

Hver av disse ble igjen inndelt i tre etter økende innhold av Ti i forhold til Nb+Ta.

Dette store systemet var basert på at noen mineralkombinasjoner ikke ble funnet i samme pegmatitt, bl. a. gadolinit og samarskitt. Men senere er disse funnet på Beinmyr, Lauvland 5, Landsverk 1 og Rossås 5. Kombinasjonen euxenitt-samarskitt er senere funnet i Tveit 3, Solås, Landås 1, Mølland 9, Katterås 4, Lauvland 5 og Landsverk 1. Columbitt og gadolinit er begge funnet i Landås 7, og samarskitt - ilmenorutil var funnet av Barth(1931) i Tveit 3 pegmatitten. Av hans manglende mineralpar står nå bare igjen thalenitt-samarskitt og thalenitt-columbitt, og man kan ikke basere et system på at man ikke finner et så sjeldent mineral som thalenitt (nå kalt keiviitt-Y).

Bjørlykke vurderte det slik at pegmatitt-smelten ble differensiert med hensyn til REE, Nb, Ta, og Ti før den kom på plass, og derfor ble mineralinnholdet forskjellig i de enkelte pegmatittene. Alt ble basert på en magmatisk modell hvor de aksessoriske mineralene ble dannet når konsentrasjonen av elementene i smelten var passende for hvert minerals sammensetning. Hans mineralsystem er ikke lenger relevant, men tankene om en differensiasjon av pegmatittmagmaet før det kom på plass, kan sikkert være mye av grunnen til pegmatittenes forskjellige mineralinnhold. Her skal også nevnes at Larsen et al. (1997) konkluderer med at magmaet var mer differensiert i syd enn nord i Iveland-Evje.

#### **Amazonitt-cleavelanditt pegmatitter**

Det er foreløpig registrert 260 pegmatitt-brudd i Iveland-Evje, men sannsynligvis er det flere. Blant disse er det funnet 20 lokaliteter som har store partier av albittypen "cleavelanditt". Denne plagioklasen har flakformet krystallutvikling, og små hulrom mellom flakene gjør massen løs og smuldrete etter sprengning. Det er

altså en liten del av pegmatittene som har en slik cleavelandittsoner. En svakt blå og skjellformet plagioklas forekommer i enkelte andre pegmatitter, og det tyder på at det er cleavelanditt i nærheten eller begynnende utvikling til det.

Disse cleavelandittområdene er uregelmessige, ofte oppdelte partier som bare opptar en liten del (<1%) av pegmatitten. De strekker seg ofte fra sentrale deler og utover, gjerne på tvers av den opprinnelige soneringen. Tydeligvis er dette en sen dannelse der deler av den krystalliserte pegmatitten ble direkte fortrent. Det er et nytt kjemisk miljø som tar over, rikere på Na, Rb, Cs, Ta, Mn og F, men fattigere på K, Fe, Nb, Ti, Y og RE. Li er velkjent verden over i denne pegmatittfasen, men lite utbredt i Iveland-Evje. De fleste pegmatittområder i vårt land har enkelte slike soner, og dannelsen er nok mer knyttet til selve pegmatittprosessen enn en ny kjemisk påvirkning utenfra.

Cleavelandittsonen har mange mineraler som også opptrer i resten av pegmatitten, så som albitt, kvarts, muskovitt, spessartin, monazitt, zirkon og apatitt. Men utseende og kjemien er forskjellig. Noen mineraler finnes bare i cleavelandittsonen, slik som topas, tantalitt, mikrolitt, gahnitt og elbait. Paragenesen er ikke komplett noe sted, men cleavelanditt, kvarts og muskovitt er alltid tilstede, normalt også spessartin, topas, tantalitt og zirkon.

#### **Den metasomatiske randsonen**

Kalifeltspat mangler i denne paragenesen, men på steder hvor sonen krysser mye kalifeltspat har den rikelig med kaliglimmeren muskovitt. Nærliggende kalifeltspat er også mer eller mindre grønnfarget til amazonitt, og denne smykkesteinen finnes i Iveland-Evje kun knyttet til dette miljøet. En rekke analyser av amazonitt og vanlig kalifeltspat som ligger inntil sonen, viser forhøyet innhold av elementene Rb, Cs, Pb, og Tl, (Taylor & Heier 1958a,b, Heier & Taylor 1959, Taylor et al. 1960, Frigstad 1968).

Det finnes derfor en randsone omkring cleavelandittmassen som har fått en kjemisk endring i sine sporelementer. Denne metasomatiske randsonen kan være på flere meter, og er bare synlig der det er amazonitt. Trolig følger den et sprekkemønster omkring cleavelandittsonen. Mikroklin i nærheten kan også være grå og tett besatt av mikroskopiske mørkebrune korn av et uidentifisert Fe-Mn mineral langs tvillinggrensene. Jeg har ikke sett denne feltspatten i andre sammenhenger.

Også beryll endrer farge fra grønn til gul i nærheten av cleavelandittsonen, innenfor noen desimeters avstand. Noen kjemisk forandring er ikke påvist. Det skal nevnes at gul beryll forekommer også i pegmatitter som ikke har cleavelandittsone. Samarskitt er et sjeldent mineral i Iveland-Evje, bare kjent i 16 forekomster. Når dette mineral finnes innenfor den metasomatiske randsonen, er en del Nb byttet ut med Ta, og yttrotantalitt er dannet. Det er også tydelig å se en forandring hos granat som får en lysere spessartinrik rand nær sonegrensen. De primære mineralene kan altså helt erstattes av nye, endre sin sammensetning eller få en sonert nydannelse omkring seg under det vi kan kalle cleavelandittfasen.

Til pegmatitt å være er cleavelandittsonen finkornet, og de store krystallene som topas kan ha, er unormalt. Den har heller ikke bestemte mineralsammenvokninger for eksempel feltspat-kvarts, muskovitt-kvarts osv. som ellers er vanlig. Sonen har alltid cleavelanditt ytterst mot de primære mineralene. Mot mikroklin (amazonitt) er kontakten skarp med tvillingkrystaller av cleavelanditt som vifter inn i tilsynelatende uberørt kalifeltspat, hvor heller ikke perthittene er mobilisert. Stjerner av små cleavelandittflak sees også ofte i kontaktområdet, tydeligvis dannet langs sprekker i mikroklinen.

En sukkerkornet hvit albitt, med kornstørrelse 0,2 mm, finnes flere steder inn mot mikroklin og som årer i denne. Også mikroklinen langs disse kan være finkornet og danne bruddstykker i albitten. Mye tyder på at dette er dannet i

forbindelse med oppknusning langs grensen av cleavelandittsonen. I Liheia har den sukkerkornete albitten også finkornet (0,1 mm) granat og gule beryllkrystaller av mm-tykkelse.

Langs grensen av cleavelandittsonen i Birkeland 4, finnes også mikroklin med perthitter av sjakkbrett-liknende tvillingmønster. Perthittene har fortrent mer og mer av kalifeltspatten, og sammen med rekrystallisert cleavelanditt danner de dm-store partier av sjakkbrettalbit med 99,5 % Ab. Meg bekjent er ikke renere albitt tidligere beskrevet i litteraturen, men flere av de omtalte kontaktforholdene er kjent fra andre norske cleavelandittlokaliteter.

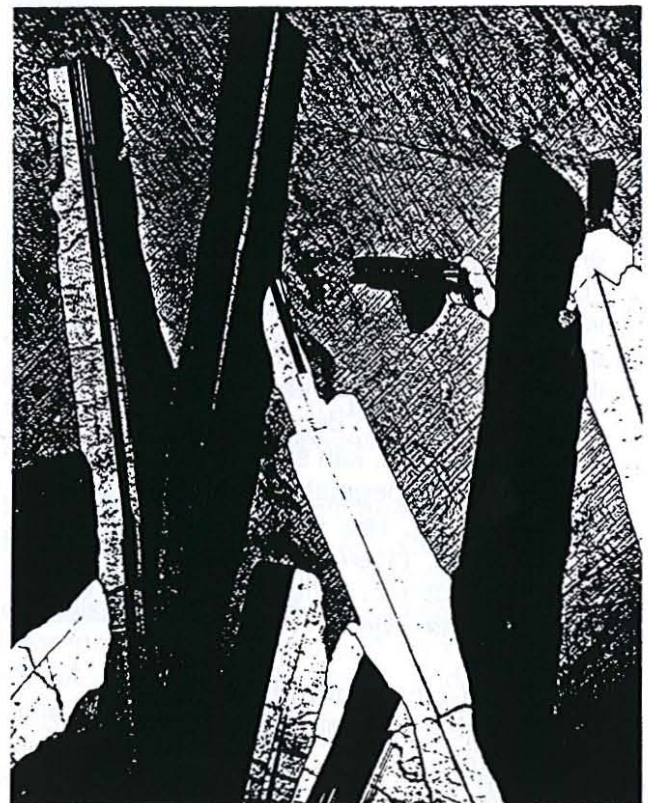


Fig. 1. Tvillingkrystaller av albitt (cleavelanditt) dannet innover i mikroklin (amazonitt) fra Birkeland 4, Iveland.

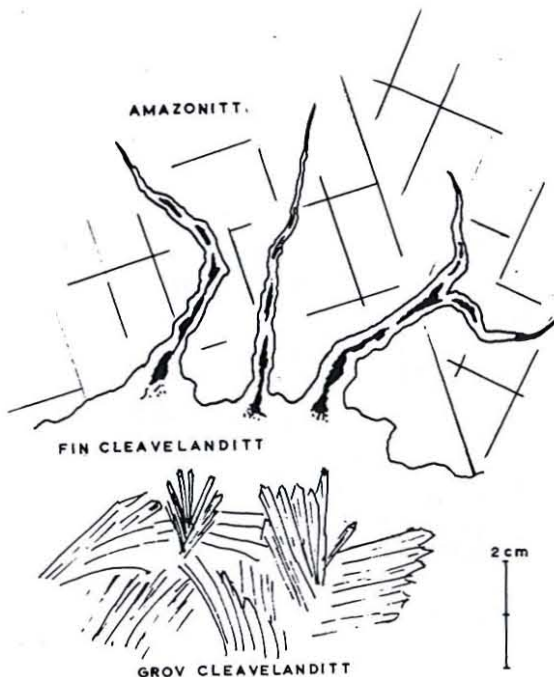


Fig. 2. Grov- og en senere finbladet cleavelanditt dannet i kontakt med mikroklin fra Solås, Iveland. Årer med kvartskjerner.

Overgangen fra cleavelanditt til primær plagioklas er gradvis i sin sammensetning. Knippene av cleavelanditt blir mindre utover, og går over i en skjellet type før den blir massiv ytterst. Denne skjellede svakt blålige typen er funnet i enkelte pegmatitter uten synlig cleavelandittsone, men som kanskje hadde en prosess på gang?

To pegmatitter har kalifeltspat krystallisert ved lav temperatur direkte i triklin tilstand mikroklin. Den ene som mursteinsrød små korn på hulrom i amazonitt (Landsverk 1) og den andre som klare krystaller med en tynn hematittsone like under overflaten Birkeland 4. Disse er ekstremt kalirike med Or 95,7 (Taylor et al. 1960) på den første og 94,5 (Frigstad 1968) på den andre. De tilhører en paragenese senere enn cleavelanditten.

#### Albittypen cleavelanditt

Denne har <2 mm tykke og opptil 5 cm brede plateformete krystaller utviklet etter (010). Disse danner vifteformede krystallaggregater på kryss og tvers gjennom hele cleavelandittsonen. Et stort antall av krystallene er bøyd. Krystallene

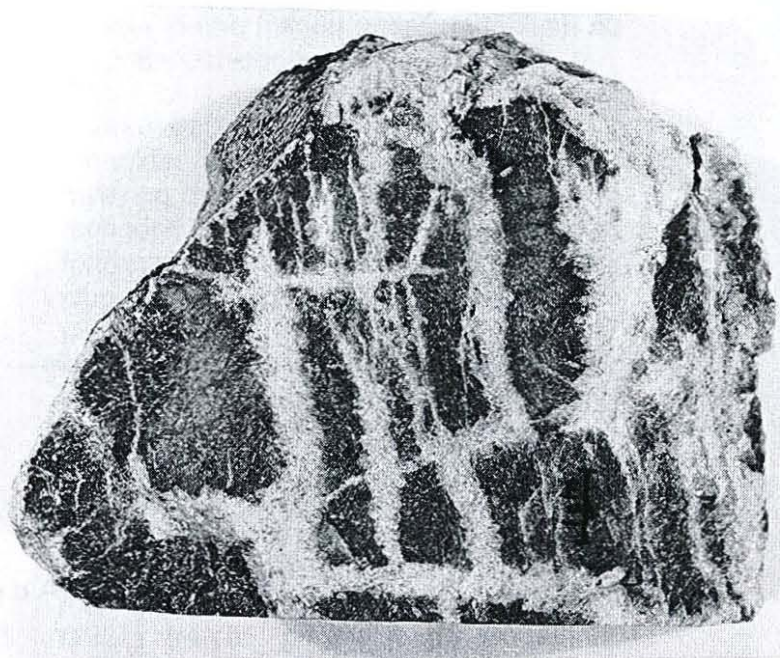


Fig. 3. Typisk mønster på grensen mellom cleavelandittsone og grå mikroklin fra Birkeland 4, Iveland.

er tvillinger etter albittloven, og mer sjeldent etter carlsbadloven. 16 analyser av cleavelanditt gir et gjennomsnitt på 97,5% Ab, 1,5% Or og 1,0% An, altså meget rene albitter. Fig. 4 viser at cleavelanditt har en mer konstant sammensetning enn plagioklas fra de samme forekomstene. Det er ofte små hulrom mellom cleavelandittflakene hvor sekundære mineraler som hematitt, goethitt, epidot, kloritt eller gul finkornet muskovitt sitter.

#### Kvarts

Finnes som små uregelmessige spredte partier, og er forskjellig fra pegmatitten omkring hvor den danner større og mer subhedrale masser. Normalt fyller denne grå kvartsen rommene mellom cleavelandittflakene.

#### Amazonitt

Dette er kun en variant av mikroklin som har tydelig grønnfarge, og den må ikke forveksles med feltspat farget av jern i nærheten av pyritt, eller av mikroklin med mikroperthitter som gir perlemoraktig grønnskjær. Denne grønne mikroklinen finnes i den umiddelbare nærhet av

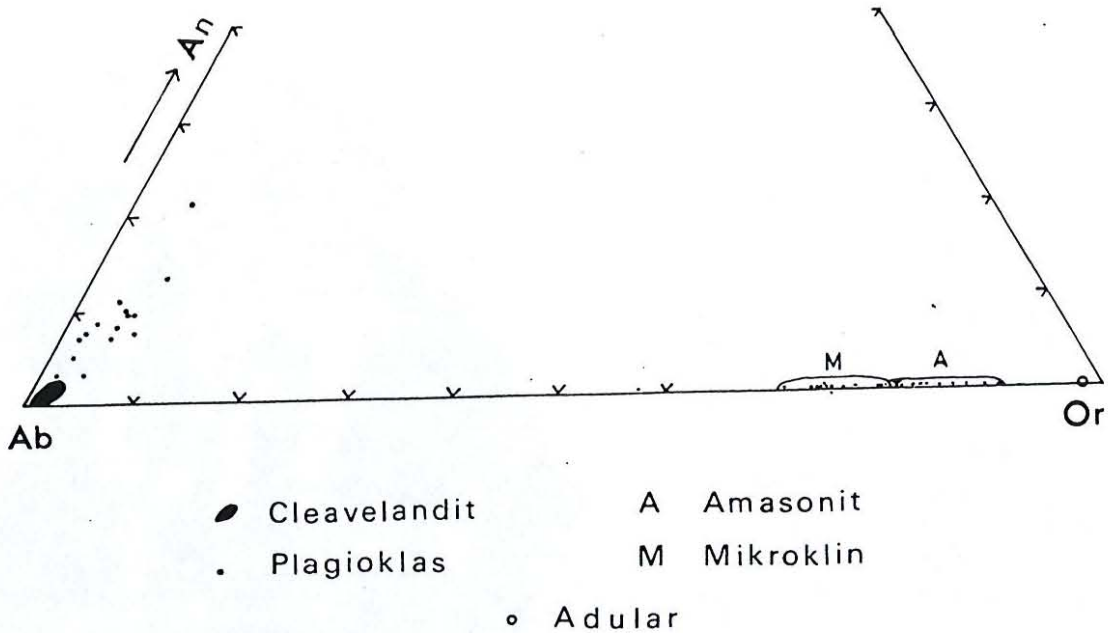
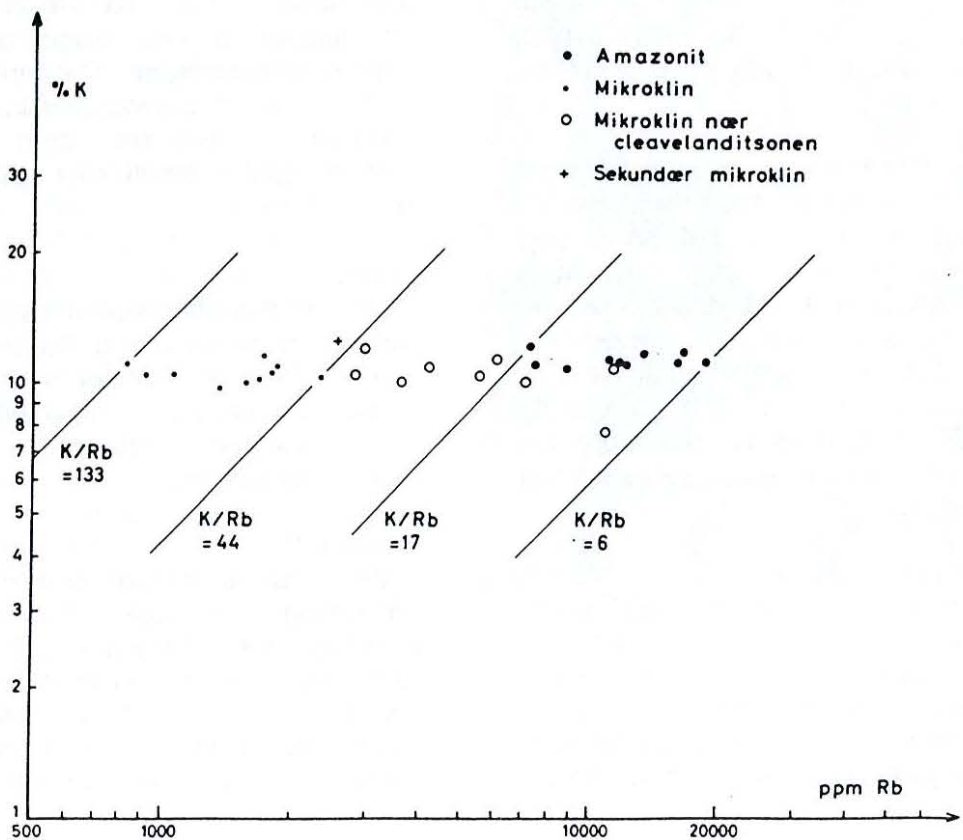


Fig. 4. Sammensetningen av primær plagioklas, cleavelanditt, mikroklin og amazonitt fra Iveland-Evje.

cleavelandittsonen, men ikke alltid helt i kontakten. Det er vanlig primær mikroklin som er blitt grønnfarget, og de enkelte forekomstene har sin egen fargetone imellom gulgrønt og blågrønt. I hver forekomst er det gradvis overgang fra grønn amazonitt til normal brunlig

mikroklin. Det er grunnmassen av kalifeltspat som er grønnfarget, perthittlamellene av albitt er lyse, og det optiske mikroklingitteret ble ikke endret da feltspatten fikk sin grønnfarge. Dette må ha skjedd i forbindelse med dannelse av cleavelandittsonen.

Fig.5. Forholdet K/Rb for forskjellige typer kalifeltspat fra Iveland-Evje.



Analyser av 19 primære mikrokliner og 10 amazonitter ( Fig. 4) viser at amazonittene hadde et tydelig høyere innhold av kalifeltspat. For 8 pegmatitter var forskjellen gjennomsnittlig 11,4% Or, men i to pegmatitter var amazonitten mindre kalifeltspatholdig. Taylor et al. (1960) fant ingen slik systematisk forskjell i Landsverk 1 pegmatitten i Evje, så dette forholdet er ulikt fra sted til sted.

### Rubidium-cesiumanrikning

Tilsvarende prøver ble analysert på Rb og amazonittene hadde fra 7400 til 18750 ppm mens de nærliggende mikroklinene hadde fra 2800 til 11300 ppm, altså en klar overlapping. For de primære mikrokliner var Rb mengden lavere (825- til 2300 ppm). Fig. 6 viser tydelig at anrikningen av Rb i amazonitt og nærliggende mikroklin ikke er bundet av den nevnte K-anrikningen, men er ca 10 ganger større. Det er velkjent at amazonitt har høyt Rb-innhold men litteraturen har meget få analyser på nivå med prøven fra Skripeland 1, Iveland (1,87% Rb).

Analyser av Cs i de samme feltspattene viste tilsvarende anrikning som for Rb. Amazonittene hadde gjennomsnittverdi på 1480 ppm mens de nærliggende mikroklinene hadde et gjennomsnitt på 740 ppm Cs. Forskjellen er ikke så klar som disse tall viser, fordi spredningen er stor. Men mikroklin godt utenfor cleavelandittsonen hadde langt lavere verdier (<10 ppm Cs).

Amazonitten fra Landås 1 hadde høyeste målte verdi på 3150 ppm Cs, og dette er blant de høyeste verdiene i litteraturen. Disse Rb- og Cs-analysene bidrar ikke til å forklare hvorfor amazonittene er grønne. Det siste jeg har funnet er fargesentra i forbindelse  $Pb^{++}$  substituert for  $2K^+$ . Oppvarmingsforsøk viste at fargen på amazonitt fra Iveland og Evje forsvant ved 330°C.

Disse høye verdiene av Rb og Cs viser at det er en halo rundt cleavelandittsonen hvor kalifeltspatten er metasomatisk påvirket. I dette området, og bare her er noe av feltspatten grønn, og derfor må fargeendringen være knyttet til et eller

annet i denne haloen under dannelsen av cleavelandittsonen.

### Muskovitt

Innholdet av denne glimmeren varierer mye, og dette ser ut til å være knyttet til mengden av muskovitt eller mikroklin i den fortrengte pegmatitt. Der sonen dannes fra plagioklasrik pegmatitt er den nesten fri for glimmer. Det dreier seg om små flak av fiolett eller grønn muskovitt. Analyser viser liten kjemisk forskjell på disse, og den fiolette fargen er antakelig styrt av dominans av  $Mn^{3+}$  over  $Mn^{2+}$  der  $Fe^{3+}$  er lavt (Heinrich & Levinson 1953).

Jeg har ikke funnet lepidolitt i Iveland-Evje, men mineralet er rapportert av Schetelig (1922) fra en pegmatitt på Birkeland. Trolig ble den ikke analysert på et så tidlig tidspunkt, og han sier ikke noe om fargen. Den fiolette, som det er mye av i forekomsten, likner på lepidolitt, men Oftedal (1941) har bare funnet <0,1%  $Li_2O$  i den, og minst 4%  $Li_2O$  må til for å være lepidolitt. Barth (1947) omtaler også den fiolette glimmeren på Birkeland som manganholdig muskovitt, men nevner en fiolett lepidolitt omkring granat fra Frikstad. Nærmere lokalitet er ikke gitt, men den kom antakelig fra Frikstad 2 (Kjørka), og dessverre er ikke Li-innholdet nevnt.

Oftedal (1941) analyserte en lys brun glimmer i cleavelanditt fra Frikstad, Iveland, innsamlet av O. Andersen i 1909. Han fant 3%  $Li_2O$  samt Fe og Mn og identifiserte den til zinnwalditt. I Bjørlykkes materiale fra Iveland fant Oftedal (1941) 1,5%  $Li_2O$  i lys brun glimmer fra flere cleavelandittforekomster. Neumann (1985) omtaler et funn av Larsen & Åsheim fra Birkeland 3 (Tunnelen) med lys gulgrønn lepidolitt med 4,89%  $Li_2O$ , så det er ingen tvil lengre om at også Iveland har en viss Li-anrikning i cleavelandittfasen, men den er meget beskjeden i forhold til f.eks Tørrdal.

### Spessartin

Den er tilstede i nesten alle cleavelandittsonene som orange uregelmessige korn på 1-2 cm, alltid sterkt oppsprukket av sprengningen. Den opptrer innimellom alle de andre mineralene, men

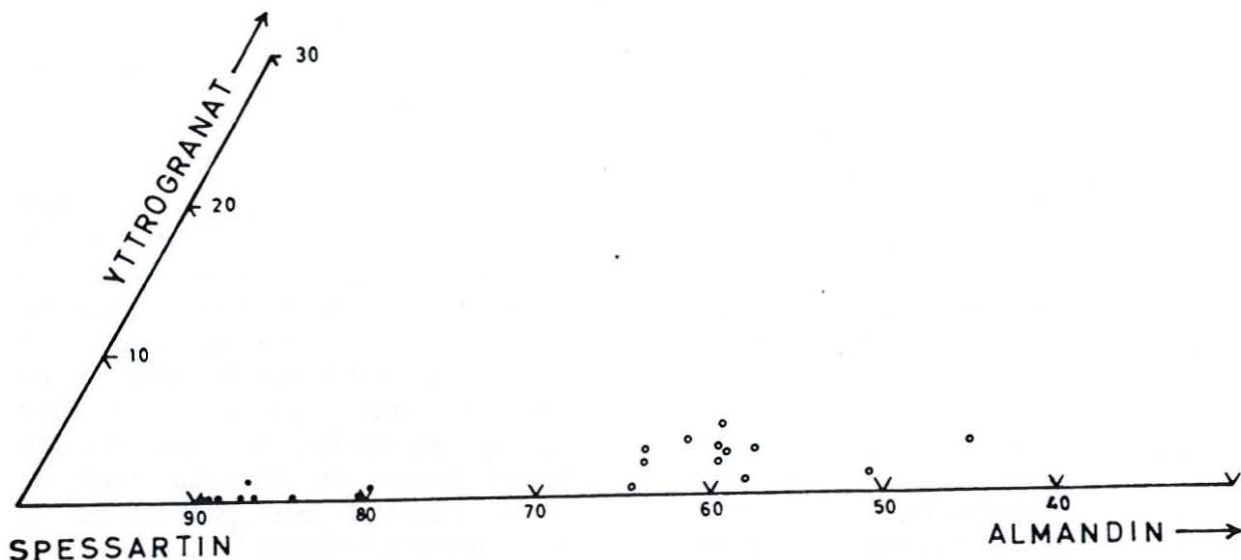


Fig. 6. Sammensetningen av granater fra pegmatittene i Iveland-Evje.

på Birkeland 4 er den hyppig sammen med fluoritt. Spessartinen er tydelig forskjellig fra den primære granaten som er mørkere rød, fastere og idiomorf. Det hender man finner rød granat med en lysere rand av spessartin ytterst. I mikroskopet sees at dette er en omdanning av den ytterste delen. Slike sonerte granater finnes en sjelden gang like utenfor cleavelandittfeltene, lengre inn er hele granaten av orange spessartin. Men det forekommer også primær rød granat som ikke er omdannet innenfor cleavelandittsonen, så den pneumatolytiske påvirkningen varierte i intensitet fra sted til sted.

23 granater i og utenfor cleavelandittsoner er analysert, og Fig. 8 viser at de innenfor har 78-89% spessartin, 10-19% almandin og 1-2% grossular. Granater godt utenfor har 41-63% spessartin, 34-51% almandin og 0,5-3,5% grossular. Spesielt for disse primære granatene er et innhold av komponenten "yttrogranat" opp til 4,6% (gjennomsnitt 2,3%). For spessartinene i cleavelandittsonene er "yttrogranat"-innholdet bare 0,4% i gjennomsnitt, altså betydelig lavere. Cleavelandittfasen er så å si fri for Y og REE.

RE er analysert for 3 granater rike på Y, og de viser også høyt innhold av sjeldne jordarter.

Birkeland 4 - (27)	3,12% $Y_2O_3$	4,19 % $REE_2O_3$
Birkeland 4 - (25)	2,10% $Y_2O_3$	2,48 % $REE_2O_3$
Frikstad 2 - (65)	0,95% $Y_2O_3$	1,18 % $REE_2O_3$

Y- og REE- holdige granater er beskrevet i litteraturen, men jeg har ikke funnet noen med så høye verdier. Substitusjons-skjemaet er etter (Jaffe 1951)  $Y^{+3} Al^{+3} - Mn^{+2} Si^{+4}$  slik at den rene "yttrogranaten" får formelen  $Y_3Al_2Al_3O_{12}$ . Sannsynligvis er det en sammenheng mellom Y-REE innholdet i granat og mengden av Y-REE mineraler i pegmatitten, men dette er ikke påvist enda.

Birkeland 4 har også en spesiell mørk spessartin, idiomorf, med et stort antall små krystallflater. Den er ikke oppknust fordi disse krystallene ble funnet i hulrom delvis fylt av leire. Sammen med disse sitter epidotnåler på kryss og tvers og albitt med hematitt. Det er albitt som er breksiert og hulrommene delvis fylt av epidot, spessartin og kvarts. I disse lommene fant man opptil 50 cm store, flate kvartskrystaller (røkkvarts) med et fint fargespill av hematitt nær overflaten. Røkkvartsen har vært slipt med godt resultat, det har også spessartinen som fikk en rødorange farge. Denne pegmatitten ble i mange år bare drevet på disse spesielle mineralene.

### **Fluoritt, cerianitt, tveititt og fluoceritt**

*Fluoritt* er funnet i bortimot halvparten av cleavelandittforekomstene, men bare i to av dem, Birkeland 3 og 4, er det vanlig og da assosiert til spessartin. Det er anhedralt når det opptrer sammen med cleavelanditt, men kan danne oktaedre eller heksaedre når det er omgitt av spessartin. Normale korn er ca. 1 cm, men aggregater på 20 cm er funnet. Fluoritt opptrer mellom cleavelandittflak, men like ofte strekker flakene seg innover i fluoritten.

Grønn fluoritt er mer vanlig enn den fiolette, som egentlig er klar men har mikroskopiske fiolette prikker. Grønn type har oftest en ytre fiolett rand mot andre mineraler antakelig på grunn av stråling. Ved oppvarming til 1000°C bleknet fluoritten fra Birkeland og fikk en svakt brunrosa farge. Det er påvist litt Y, REE og Fe i fluoritten fra Birkeland, men andelen er <0,5% .

*Cerianitt*,  $CeO_2$ , er beskrevet av Neumann & Bergstøl (1963) fra Kåbuland 3 og Birkeland 3 (Tunnelen) som omvandlingsprodukt av monazitt. Det er også funnet på monazitt fra Hiltveit, Iveland, en forekomst uten cleavelandittsone. Raade har muntlig meddelt at min tidligere beskrevne "yttrofluoritt" fra Birkeland 4 (Frigstad 1968) også passer best til å være cerianitt. Det er et tydelig finkornet, gulhvitt sekundærmineral i spessartin-fluoritt.

*Tveititt*,  $Ca_{14}Y_5F_{43}$ , er nevnt av Neumann (1985) fra Birkeland. Den skal være fra tunnelbruddet men er ikke nærmere beskrevet.

*Fluoceritt*,  $(Ce,La)F_3$ , er av Neumann & Bergstøl (1963) funnet sammen med cerianitt i prøven med cleavelanditt fra Kåbuland 3. Dette er også funnet i Birkeland 4 (røkkvartsbruddet) som et løst brungult stykke uten matriks (GM film 28099). Neumann (1985) nevner også Birkeland 3 (tunnelen) som lokalitet.

Selv om disse mineralene forekommer i cleavelandittstuffer finner jeg det vanskelig å henføre de til cleavelandittfasen slik Neumann & Bergstøl (1963) har gjort.

Monazitt er med i denne paragenesen, og alle mineralene der er velkrystalliserte, derfor må omdanningen ha skjedd på et annet tidspunkt.

### **Topas**

Krystaller på 5-10 cm finnes i nesten alle cleavelandittlokalitetene, men enkelte var meget store slik som den utstilte på Geologisk Museum (80 kg) fra Birkeland 2 (kalt topasbruddet) og en på 60kg som kom til Britisk Museum før 1906. Denne kan ha kommet fra samme forekomst. Topasene har prismatisk noe avrundet form der {120} er mest framtrædende. Fargen hvit, lys grønn, gulgrønn eller grå der et sort amorft Mn mineral sitter langs mange sprekker. Indre deler av krystallene kan ha klare partier, men topas spalter lett og de er derfor fulle av sprekker.

En optisk bestemmelse av topas fra Birkeland 4 ga 85% fluortopas og 15% hydroksyltopas.

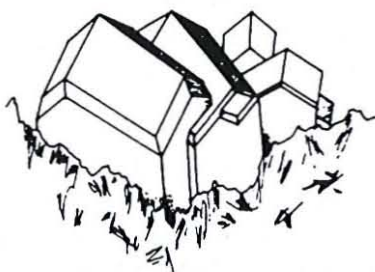
Normalt er ikke topas fortrent av cleavelandittflak, men unntak finnes. Vanligvis er topaskrystallene omdannet til fiolett muskovitt i en ytre sone ca. 1 cm tykk. Glimmerflakene står vinkelrett på topaskontakten. Det er ikke funnet andre mineraler sammen med glimberen.

### **Zirkon**

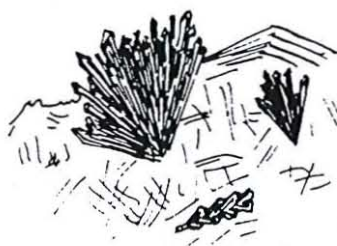
Dette mineralet forekommer både i den primære pegmatitt og cleavelandittsonen, kanskje i større mengde i den siste. Som Fig. 7 viser er de utviklet svært forskjellig, men den samme forskjellen nevner Andersen (1924) fra Tangenpegmatitten ved Kragerø. Krystallene er sjelden mer enn 5 mm lange, og har en brun til mørke brun farge.

Zirkon fra den primære paragenesen har i mange år blitt kalt alvitt og særlig etter at Goldschmidt & Thomassen (1923) fant mye Hf i disse. I lærebøkene har dette navnet ikke fått innpass, og er i dag ikke et gyldig species. Innholdet av Hf kan være betydelig, for Levinson & Borup (1959) oppgir 22-24%  $HfO_2$  i en zirkon fra Iveland, og det tilsvarer ca 30% av mineral-komponenten hafnon  $HfSiO_4$ . De primære zirkonene har et klart høyere innhold av Y, REE, U og Th enn de fra cleavelanditt-





Primær  
paragenese



Cleavelandit  
paragenese

Fig. 7. Zirkon fra pegmatittene i Iveland-Evje.

sonen, som på sin side er rikere på Mn og Ta.

### Beryll

I andre pegmatittområder har denne paragenesen normalt en rosa eller lys beryll. Men i Iveland-Evje er denne bare funnet i Håvorstadheias utsprengte cleavelandittmasse. Ellers er beryll så å si fraværende i sonen, bare med rester av primær beryll delvis fortrent av cleavelanditt. Denne er blitt gul og stedvis sees primær grønn beryll inni. Det er ikke funnet nevneverdig optisk forskjell på den gule, grønne og rosa beryllen, men Oftedal (1943) har i Tørdal funnet høyt innhold av Rb og Fe i den gule og mye Cs i rosa beryll.

### Tantalitt

Dette er et karakteristisk mineral i Iveland-Evjes cleavelandittsoner, og opptrer som noen få millimeterstore sorte, idiomorfe, krystaller som vist på Fig. 8. En normalstuff fra Birkeland 4 viste ved mineralseparasjon 0,6% tantalitt. Den finnes helst i cleavelanditt, men også i den gule kontaktberyllen. Tantalitt er ikke funnet i den primære pegmatitten, der er det de Nb-rike columbittene som opptrer. Semikvantitative analyser viser at tantalittene har en overvekt av Mn i forhold til Fe, men i de primære columbittene er det Fe som dominerer. Her er det tydelig

at Ta og Mn er anriktet i den pneumatolytiske fasen.

### Mikrolitt

Dette mineralet er nå funnet i halvparten av cleavelandittsonene, og ikke i pegmatittene ellers. De er normalt subhedrale, mm-store krystaller av oktaedrisk form. Fargen er mørk brun, men gulbrun og grønnbrune varianter finnes også. Normalt er de omdannet i overflaten og cleavelanditten omkring er rustfarget.

Mikrolitt tilhører en stor mineralgruppe med blant annet pyroklor og betafitt. Det første er dominert av Nb og er foreløpig

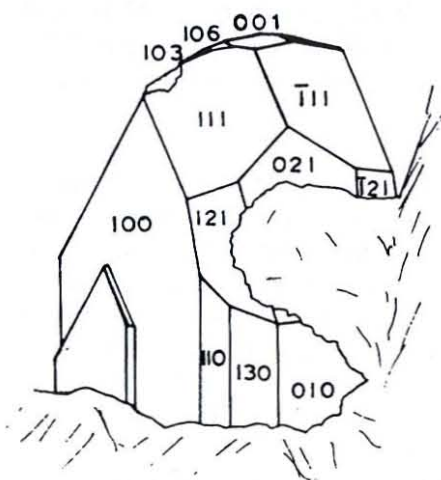


Fig. 8. Krystall av tantalitt i cleavelanditt fra Birkeland 4, Iveland.

ikke funnet i Iveland-Evje. Det andre er Ti rikt og funnet i primær pegmatitt i Landsverk 1, Evje og Ljosland 10, Iveland (Bjørlykke 1931), og fra Liheia, Evje.

### Gahnitt

Denne sinkspinellen er bare funnet i to cleavelandittsoner, Frikstad 2 og Skripeland 1 som subhedrale mørke grønne krystaller på opptil 2 cm i cleavelanditt. Beregnet cellekantlengde  $a = 8,086\text{\AA}$  (Frikstad 2) og  $a = 8,098\text{\AA}$  (Skripeland 1). Den siste var noe Feholdig.

### Monazitt

I omkring halvparten av cleavelandittsonene er det også funnet monazitt som mm-store krystaller. Disse er brungule og mer gjennomskinnelige og mindre metamiktamorf enn den primære monazitt som pegmatittene i Iveland-Evje har rikelig av. Mineralet opptrer i cleavelanditt og muskovitt, og har en frisk overflate. Disse har et tydelig mindre innhold av Th enn primære monazitter.

### Elbaitt

To lokaliteter har meget små (ca. 5 mm) blågrønne krystaller på grensen mellom cleavelanditt og gul beryll. I en tredje forekomst er materialet finkornet og paragenetisk usikkert.

### Yttrotantalitt-samarskitt

Yttrotantalitt er et av de mest sjeldne mineralene i Iveland-Evje og bare funnet på to lokaliteter. Det er svært likt det beslektede Nb mineralet samarskitt som er mer alminnelig i Iveland-Evje, derfor ble 14 prøver fra denne gruppen analysert på Nb og Ta og resultatet er vist i Fig. 9.

Bjørlykke (1935) beskrev yttrotantalitt fra Rossås 4 og Ljosland 10. Den første er analysert på nytt til samarskitt og den siste er sannsynligvis også det (Neumann 1985). Dermed er de primære mineraler av denne gruppen bare samarskitter. I nærområdet rundt cleavelandittsonen er

Fig. 9. Analyser av samarskitt-yttrotantalitt fra Iveland-Evje.

	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb/Ta	Prøve nr.	
Tveit 4	30,7	3,2	16,1		Primær paragenese.
Ljosland 3	39,2	6,3	10,3		Primær paragenese.
Thortveit 3 (?)	36,6	6,5	9,4	Museums-	Primær paragenese.
Lauvland I	35,7	7,6	7,9	materiale.	Primær paragenese.
Mölland 9			20,5	(416)	primær paragenese.
Landsverk I			9,0	(435/I)	Primær paragenese.
Katterås 4			9,7	(225/5)	Primær paragenese.
Katterås 4			8,1	(III)	Primær paragenese.
Mölland 9			4,8	(433)	Metasomatisk sone.
Rossås 5	21,5	23,2	1,5	(456)	Metasomatisk sone.
Lauvland 5			1,3	(415)	Metasomatisk sone.
Solås	32,0	40,3	1,3	(310)	Metasomatisk sone.
Solås			0,8	(257/I)	I cleavelanditsonen.
Liheia	15,5	35,0	0,7	(330)	Metasomatisk sone.

det samarskitt med et høyt innhold av Ta, og kun de som er i kontakt med eller inne i sonen er yttrotantalitt. Dette tolkes som metasomatisk Ta-påvirkning av primær samarskitt. Yttrotantalitt er på denne måten bare kjent i Solås og Liheia, den er ikke funnet i de andre cleavelandittsonene.

Samarskitt og columbitt finnes ofte sammenvokst, og i stoffen fra Solås var yttrotantalitt nesten omgitt av columbitt. Nb/Ta forholdet var 1,3 i columbitt og 0,8 i yttrotantalitt, hvilket viser at columbitten vanskeligere lar seg påvirke. Det kan tenkes også andre mørke Y-Nb mineraler har ligget i nærheten av en cleavelandittsone og blitt metasomatisk omdannet, for eksempel fergusonitt til formanitt? Lauvland 5 har i alle fall en fergusonitt med langt større celle enn vanlig.

### Vismutmineraler

Bismutinitt (vismutglans) er funnet i følgende pegmatitter i Iveland-Evje: Tveit 3, Rossås 5, Hiltveit, Ljosland 14, Birkeland 2, Eptevann 4, Liheia Høgetveit og Landsverk 2 tilhørende den primære paragenese. I tre av disse forekomstene opptrer også gult bismutitt  $\text{Bi}_2\text{CO}_3\text{O}_2$  mellom cleavelandittflak, som utvilsomt er omdannet bismutinitt (vismutglans).

I Birkeland 2 og Liheia opptrer grått, finkornet bismitt  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  med rester av gedigent vismut aller innerst. Dette sitter innimellom cleavelandittflak og er delvis omgitt av gult bismutitt. Gedigent vismut finnes også i Rossås 5 og Birkeland 4 imellom cleavelandittflak. Ingen av disse mineralene er direkte knyttet til cleavelandittfasen, men er dannet senere utfra primært bismutinitt (vismutglans). Gedigent vismut har et smeltepunkt på  $271^\circ\text{C}$  (synkende med økende trykk) og denne lave temperaturen plasserer disse omvandlingene etter cleavelandittfasen.

Cleavelandittsonene i Iveland-Evje har mange likhetstrekk med tilsvarende soner i pegmatitter ellers i landet eller i utlandet. Det er et spesielt geokjemisk miljø rikt på Na, Rb, Cs, Ta, Mn, F og fattigere på K, Fe, Nb, Ti, Y og REE enn pegmatittene ellers, og en spesiell mineralogi som gjør

disse pegmatittene særlig interessante. Cleavelandittsonene er tolket som dannet ved fortrenkning av den pegmatittmasse som var der før. En dampfase dannet under siste del av pegmatittkrystalliseringen kan ha vært så kjemisk forskjellig at den var istand til å løse opp og avsett nye mineraler. Det er et åpent system der noe ble tilført og noe ble fraktet bort. Kanskje dette er en dampfase som normalt dannes, siden den er så vanlig verden over, men som vanligvis unnviker? Eller kanskje plutselige trykkreduksjoner får denne fase til å dannes? Det er lettere å stille spørsmål enn å svare, men trykkforandringer er i alle fall oftere nevnt nå enn før.

### Appendiks

Det har vært savnet en liste over hvilke mineraler som med sikkerhet er kjent fra Iveland-Evje. Her er en foreløpig liste med referanse til litteratur som nevner mineralet først. Det er også referert til røntgenarkivet ved Mineralogisk Geologisk Museum, UiO slik: (GM film).

Det er valgt ikke å ta med mineralvariant-er. Skrivemåten etter forslag fra Norsk Språkråd.

Takker Gunnar Raade og Kjell Gunnufsen for hjelp med å ajourføre listen.

albitt (plagioklas, Scheerer 1845)  
allanitt-(Ce) (orthitt, Scheerer 1845)  
almandin (granat, Andersen 1931)  
analcim fra Knipan, Iveland. (GM film 29825)  
anatas på omvandlet titanitt fra Ljosland, Iveland. (GM film 19993)  
ankylitt-(Ce) (Neumann 1985)  
arsenopyritt fra Håvorstad, Iveland. (GM film 1539)  
bastnäsitt-(Ce) (Neumann & Bergstøl 1963)  
bavenitt (Frigstad 1968)  
bertranditt (Vogt 1911)  
beryll (Brøgger 1906)  
betafitt (Bjørlykke 1931)  
biotitt (Scheerer 1845)  
bismitt (Frigstad 1968)  
bismutinitt (Schetelig 1922)  
bismutitt (Frigstad 1968)  
carnotitt (Neumann 1985)  
cerianitt (Neumann & Bergstøl 1963)

chabazitt fra Iveland. (GM film 15145)  
 chalcopryitt (Scheerer 1845)  
 chalcositt (Bjørlykke 1935)  
 churchitt (Bjørlykke 1966)  
 coffinitt fra Eretveit, Iveland. (GM film 11467)  
 daviditt-(Ce) (Neumann 1959)  
 epidot (Andersen 1931)  
 elbaitt (Frigstad 1968)  
 euxenitt-(Y) (euxenitt, Brøgger 1906)  
 euklas (Strand 1953)  
 fenakitt (Vogt 1911)  
 fergusonitt-(Y) (fergusonitt, Schei 1905)  
 ferrocolumbitt (columbitt, Brøgger 1906)  
 fluorapatitt (apatitt, Scheerer 1845)  
 fluoceritt -(Ce) (Neumann & Bergstøl 1963)  
 fluoritt (Andersen 1931)  
 fourmarieritt (Åmli 1969)  
 gadolinitt-(Y) (gadolinitt, Scheerer 1845)  
 gahnitt (Frigstad 1968)  
 galenitt (Andersen 1931)  
 gips fra Høgetveit, Evje. (GM film 20466)  
 goethitt fra Mølland 9, Iveland. (GM film 16707)  
 hematitt (Scheerer 1845)  
 ilmenitt (Andersen 1931)  
 ilmenorutil (Brøgger 1906)  
 keiviitt-(Y) (thalenitt, Schetelig 1931)  
 klinozoisitt fra Frikstad 2 (Kjørka), Iveland. (GM film 17742)  
 kalsitt (Barth 1931)  
 klinoklor (kloritt, Schei 1905)  
 krysoberyll (Schetelig 1913)  
 kvarts (Scheerer 1845)  
 laumontitt (Schei 1905)  
 lepidolitt (Schetelig 1922)  
 magnetitt (Scheerer 1845)  
 malakitt fra Knipan 1, Iveland. (GM film 17553)  
 manganotantalitt (tantallitt, Bjørlykke 1935)  
 mikroklin (Scheerer 1845)  
 mikrolitt (Bjørlykke 1935)  
 millaritt fra Brattekleiv, Evje. (GM film 22834, 28747)  
 molybdenitt (Barth 1931)  
 monazitt-(Ce) (monazitt, Brøgger 1906)  
 montmorillonitt (Frigstad 1968)  
 muskovitt (Scheerer 1845)  
 oligoklas (plagioklas, Scheerer 1845)  
 opal (Frigstad 1968)  
 polykras-(Y) (polykras(?), Scheerer 1845)  
 prehnitt (Neumann 1985)  
 pumpellyitt-(Fe<sup>2+</sup>) (Neumann 1985)  
 pyritt (Barth 1931)  
 pyrofanitt (Neumann 1985)  
 pyrrhotitt (magnetkis, Scheerer 1845)  
 rhabdofan-(Ce) fra Skripeland 1 og Birkeland 4, Iveland. (GM film 17587)  
 rozenitt (Neumann 1985)  
 rowlanditt-(Y) ? (Neumann 1960)  
 rutil (Frigstad 1968)  
 samarskitt-(Y) (samarskitt, Brøgger 1906)  
 schoepitt (Neumann 1985)  
 schörl (turmalin, Barth 1931)  
 schröckingeritt (Neumann 1985)  
 sfaleritt fra Landsverk, Evje. (GM film 22474)  
 sideritt fra Thortveittgruva, Kåbuland. (GM film 29167)  
 spessartin (granat, Andersen 1931)  
 stilbitt (Frigstad 1968)  
 stilpnomelan (Frigstad 1968)  
 tapiolitt (Neumann 1985)  
 tengeritt (Schetelig 1931)  
 thorianitt fra Høgetveit, Evje. (GM film 19792)  
 thorogummitt (Åmli 1969)  
 thortveittitt (Schetelig 1911)  
 thoritt (Brøgger 1906)  
 titanitt (sphen, Scheerer 1845)  
 tombarthitt-(Y) (Neumann & Nilssen 1968)  
 topas (Brøgger 1906)  
 triplitt (Bjørlykke 1937c)  
 törnebohmitt-(Ce) (Neumann & Bergstøl 1963)  
 tveittitt-(Y) (Neumann 1985)  
 uraninitt (Schei 1905)  
 uranofan (Åmli 1969)  
 vandendriesscheitt (Åmli 1969)  
 vismut (Bjørlykke 1937b)  
 xenotim-(Y) (xenotim Brøgger 1906)  
 yttrialitt-(Y) (Neumann 1959)  
 yttrotantalitt-(Y) (Bjørlykke 1935)  
 zinnwalditt (Oftedal 1941)  
 zirkon (alvitt, Brøgger 1906)  
 zoisitt (Neumann, 1985)  
 æschynitt-(Y) (blomstrandin, Brøgger 1906)

Brøgger (1906) nevner Scheerer (1845) som første beskrivelse fra disse pegmatittene, men i Scheerers reisebeskrivelse er det ikke tydelig nevnt hvor i nedre Setesdal han har sett de nevnte mineraler.

## Litteratur

- Andersen, O. 1924: Statsgeologenes innberetninger for 1923. *Norges geologiske Undersøkelse* 122, 9-26.
- Andersen, O. 1931: Feltspat II. *Norges Geologiske Undersøkelse* 128b, 1-109.
- Barth, T. F. W. 1931: Feltspat III. Forekomster i Iveland og Vegusdal i Aust-Agder og herreder i Vest-Agder. *Norges Geologiske Undersøkelse* 128b, 111-151.
- Barth, T. F. W. 1947: The nickeliferous Iveland-Evje amphibolite, and its relation. *Norges Geologiske Undersøkelse* 168a, 1-71.
- Bjørlykke, H. 1931: Ein Betafitmineral von Tangen bei Kragerø. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 12, 73-88.
- Bjørlykke, H. 1933: Norwegische Mikrolithminerale. Ein Vorkommen von Mikrolith in Iveland, Setesdal, s. Norwegen. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 14, 145-161.
- Bjørlykke, H. 1935: The mineral paragenesis and classification of the granite pegmatites of Iveland, Setesdal, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 14, 211-311.
- Bjørlykke, H. 1937b: Scheteligite, a new mineral. Preliminary note. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 17, 47-49.
- Bjørlykke, H. 1937c: The granite pegmatites of southern Norway. *American Mineralogist* 22, 241-267.
- Bjørlykke, H. 1966b: Årsrapport for Geologisk avdeling. *Norges Geologiske Undersøkelse* 242, 182.
- Brøgger, W. C. 1906: Die Mineralien der südnorwegischen Granitpegmatitgänge. I. *Videnskaps-Selskabets Skrifter*, I. No. 6, 1-159.
- Frigstad, O. F. 1968: En undersøkelse av cleavelandittsonerte pegmatittganger i Iveland-Evje, nedre Setesdal. *Upublisert hovedfagsoppgave i geologi, Univ. i Oslo*. 1-191.
- Goldschmidt, V. M. & Thomassen, L. 1923: Das Vorkommen des Elements. No.72 (Hafnium) in Malakon und Alvit. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 7, 61-68.
- Heier, K. S. & Taylor, S. R. 1959: Distribution of Li, Na, K, Rb, Cs, Pb, and Tl in southern Norwegian pre-Cambrian alkali feldspars. *Geochimica Cosmochimica Acta* 15, 284-304.
- Heinrich, E. W. & Levinson, A. A. 1953: Studies in the mica group, mineralogy of the rose muscovites. *American Mineralogist*, 38, 25-49.
- Jaffe, H. W. 1951: The role of yttrium and other minor elements in the garnet group. *American Mineralogist* 36, 133-155.
- Levinson, A. A. & Borup, R. A. 1959: High hafnium zirkon from Norway. *Bull. Geol. Soc. Am.* 70, 1638.
- Neumann, H. 1959: Contributions to the mineralogy of Norway. No. 1. An introduction. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 39, 231-236.
- Neumann, H. 1960: Mineral occurrences in Southern Norway. Int. Geol. Congr. XXI Session, Norway, guidebook o. *Norges Geologiske Undersøkelse* 212o, 1-18.
- Neumann, H. 1985: The minerals of Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Skrifter* 68, 1-178.
- Neumann, H. & Bergstøl, S. 1963: Contributions to the mineralogy of Norway. No.17. Cerianite from cleavelandite pegmatite dykes in Iveland. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 43, 247-255.
- Neumann, H. & Nilssen, B. 1968: Tombarthite, a new mineral from Høgetveit, Evje, South Norway. *Lithos* 1, 113-123.
- Nilssen, B. 1971: Yttrialite from Ivedal, Iveland, South Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 51, 1-8.
- Oftedal, I. 1941: Enrichment of lithium in Norwegian cleavelandite-quartz-pegmatites. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 20, 193-198.
- Oftedal, I. 1943: Lepidolit- og tinnsteinsførende pegmatitt i Tørdal, Telemark. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 22, 1-14.
- Larsen, R. B., Polve, M., Juve, G. & Poitrasson, F. 1997: Composition of volatiles and structural admixtures in quartz in granite pegmatites, Setesdalen, South Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* 433, 38-39.

- Scheerer, Th. 1845: Geognostisk – mineralogiske skizzer, samlede paa en reise i sommeren 1844. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* 4, 126-164.
- Schei, P. 1905: Notes on Norwegian Minerals, 1-6. *Nyt magasin for Naturvidenskaberne* 43, 137-145.
- Schetelig, J. 1911: Ueber Thortveitit, ein neues Mineral. (Vorläufige Mitteilung). *Centralblatt für Mineralogie* 1911, 721-726.
- Schetelig, J. 1913: Mineralogische Studien I. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 2, 3-37.
- Schetelig, J. 1922: Thortveitit, Gadolinit, Kainosit und Orthit. *Det norske Videnskapsakademi. Skrifter I*, 1922, 1, 49-138.
- Schetelig, J. 1922: Thortveitite, a silicate of scandium. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 6, 233-244.
- Schetelig, J. 1931: Remarks on thalenite from some new occurrences in Southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 12, 507-519.
- Strand, T. 1953: Euclase from Iveland, occurring as an alteration of beryl. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 31, 1-5.
- Taylor, S. R., Heier, K. S. 1958a: Alkali elements in potash feldspars from the pre-Cambrian of Southern Norway. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 13, 293-302
- Taylor, S. R. 1958b: Rubidium depletion in feldspars. *Nature* 182, 202-203.
- Taylor, S. R., Heier, K. S. & Sverdrup, T. L. 1960: Contributions to the mineralogy of Norway. No.5. Trace element variations in three generations of feldspars from the Landsverk I pegmatite, Evje, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 40, 133-156.
- Vogt, Th. 1911b: Bertrandit von Iveland im südlichen Norwegen. *Zeitschr. Krist.* 50, 6-13.
- Åmli, R. 1969: Secondary uranium and thorium minerals from the Einerkilen granite pegmatite in Evje, Southern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse* 258, 124-130.