

Noen norske forekomster av beryll

Olav Revheim

Veddertoppen 48A, 4642 Søgne (olavrevheim@protonmail.com)

Introduksjon

Beryll er et mineral som oftest finnes i, eller i tilknytning til granittpegmatitter. Det er et attraktivt mineral, både som råvare for berylliumproduksjon og som smykke- og edelstein. Vakkert fargede, sekskantete krystaller er også ettertraktet blant samlere. Beryll et relativt vanlig mineral til tross for at beryllium er et sjeldent grunnstoff. Mineralet er registrert fra godt over 6000 lokaliteter i databasen *mindat.org*, derav ca. 200 i Norge. Selv om dette tallet ikke er endelig, gir det allikevel en pekepinn på antall forekomster.

Denne artikkelen ser nærmere på fem norske distrikter der beryll finnes, og belyser hvorfor og hvordan beryll er dannet i disse lokalitetene. Det er en klar sammenheng mellom forekomsten av beryll ved en lokalitet og de geologiske prosessene som har påvirket lokaliteten. Denne sammenhengingen kan beskrives som følger: Beryll <-> lokal kjemi, trykk og temperatur <-> lokale bergartsdannende prosesser <-> regionale geologiske prosesser. Artikkelen adresserer ulike aspekter ved disse sammenhengene for hver av lokalitetene. For Svartisen/Glomfjord er søkelyset på de regionale geologiske prosessene. For smaragdforekomsten ved Byrud blir bakgrunnen for den grønne fargen og fargesoneringsene diskutert. For Hurum er temaet druserommene i drammensgranitten og dannelsen av akvamarinkrystallene i disse. For Tørdal diskuteres hvordan pegmatittsmelter og pegmatitter utvikles både regionalt og lokalt innenfor en pegmatitt, mens for Evje og Iveland diskuteres kort det kjemiske forholdet mellom forskjellige berylliummineraler og dannelsen av pegmatitter fra smeltede metamorfe bergarter.

Varianter

Beryll kan ha flere forskjellige farger alt etter hvilke sporelementer mineralet inneholder. Noen av de mest attraktive fargene hos beryll har gitt mineralet egne navn, og noen av variantene er mer kjent enn selve

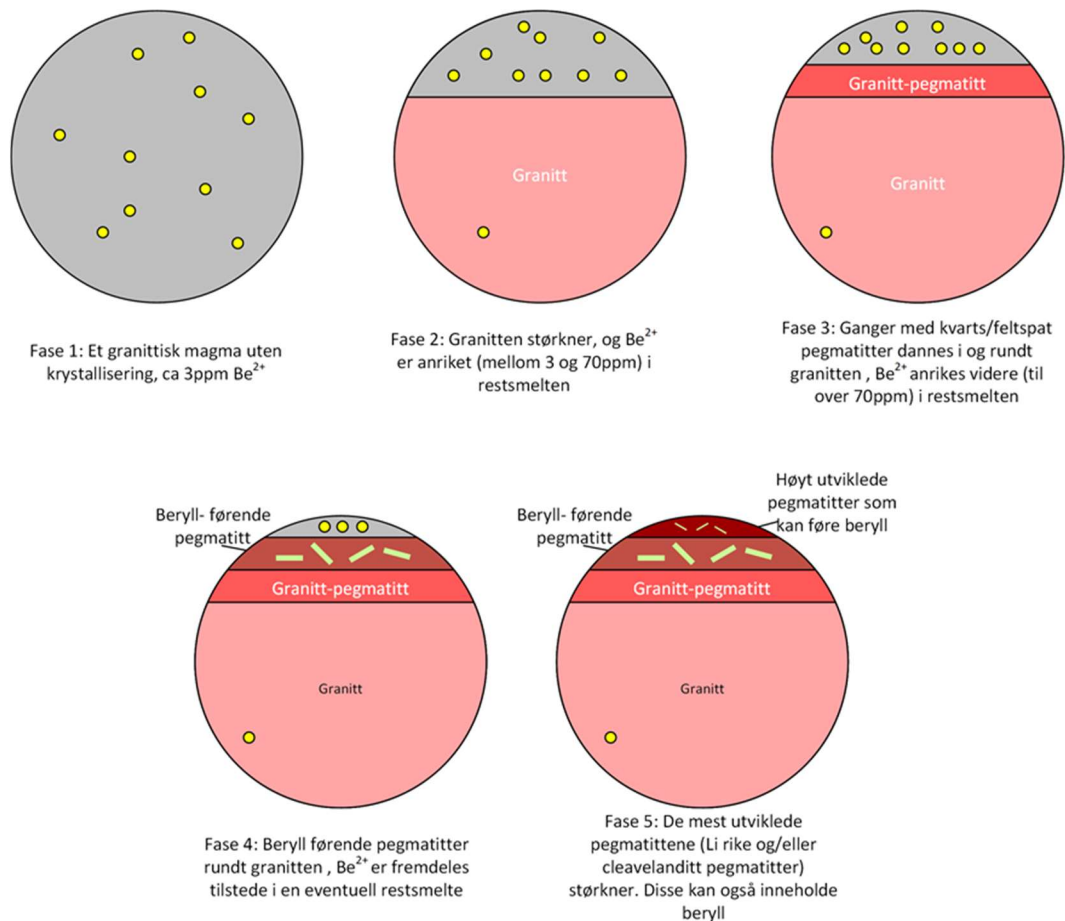
Tabell 1. Beryllvarianter og årsaken til fargevariasjonene.

Variant	Farge	Årsak til farge
Smaragd	Dyp gressgrønn	Litt Cr og/eller V erstatter Al (Fritsch & Rossman 1987)
Akvamarin	Sjøgrønn til himmelblå	Fe ²⁺ i kanaler i strukturen (Deer <i>et al.</i> 1997)
Heliodor	Gul	Litt Fe ³⁺ erstatter Al (Hu & Lu 2020)
Rød Beryll	Dyp rød	Litt Mn ³⁺ erstatter Al (Shigley <i>et al.</i> 2003)
Morganitt	Rosa	Mn ²⁺ i kanaler i strukturen, eller ørlite Mn ³⁺ erstatter Al (Deer <i>et al.</i> 1997)
Vanlig beryll	Beige, gulaktig til grønnlig	Blanding av Fe ²⁺ og Fe ³ (Hu & Lu 2020)
Goshenite	Fargeløs, svak farge	Ren beryll er naturlig fargeløs

Betingelser for krystallisering av beryll

Den kjemiske formelen for beryll er $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$. Beryll inneholder de tre vanligste grunnstoffene i jordskorpa: Aluminium (Al), silisium (Si) og oksygen(O). Disse er langt vanligere enn beryllium (Be) som er det førtisyvende vanligste grunnstoffet og utgjør kun mellom 1,9 og 3,1 ppm (parts pr. million eller 0,00019-0,00031 %) av jordskorpa og enda mindre, kun ca. 60 ppb (parts per billion, eller 0,000006 %) av mantelen. Foley *et al.* (2017) and Hu & Gao (2008) har analysert flere typer bergarter og gir tall for innholdet av sporelementer i disse, inklusive beryllium.

Beryll er allikevel et relativt vanlig mineral, spesielt i granitt-pegmatitter, der både kjemi og trykk/temperaturforhold (450 °C og høyere) er godt tilpasset stabilitetsområdet til beryll (Deer *et al.* 1997). I noen tilfeller kan krystallene bli svært store. Flere meter lange krystaller har blitt funnet. Deer *et al.* (1997) nevner krystaller på 5,8 m fra Black Hills USA, og en krystallgruppe med krystaller opptil 5,5 m fra Harding mine, New Mexico. Det største krystallaggregatet som er funnet er sannsynligvis en 200 tonn masse fra en pegmatitt i Brasil.



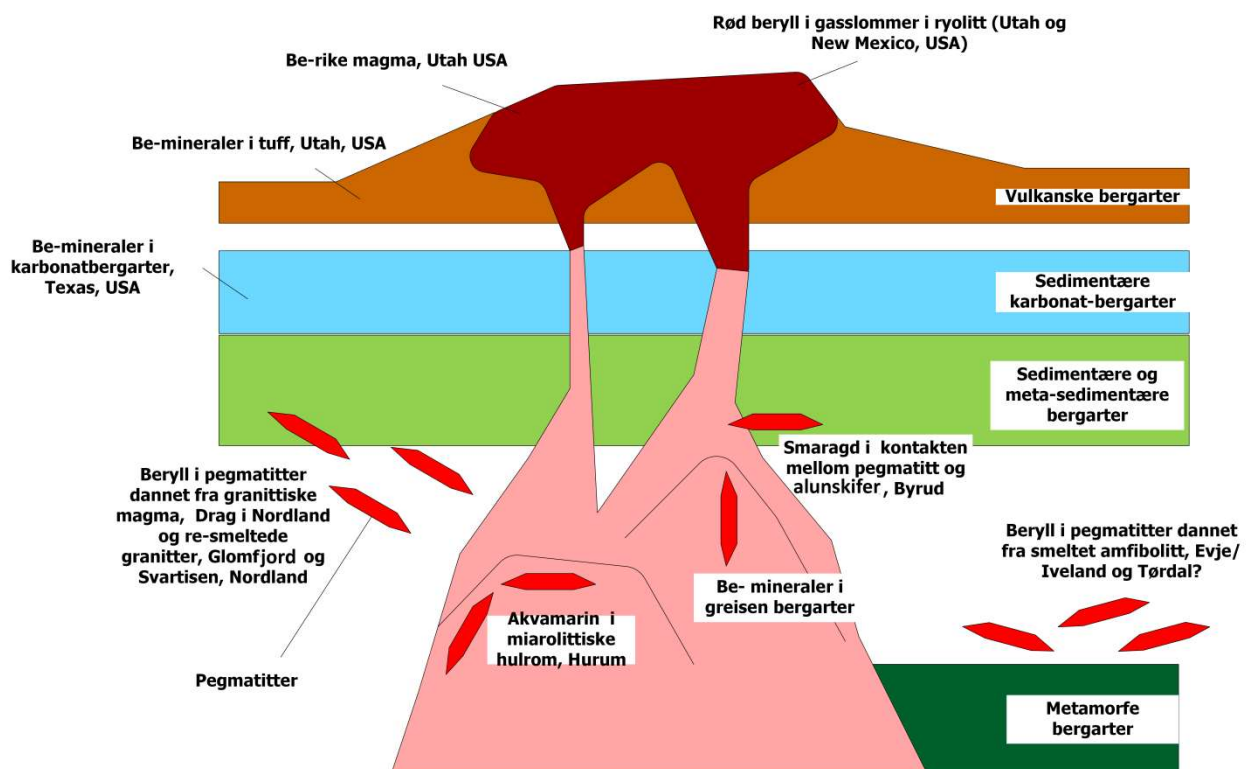
Figur 1. Anrikning av beryll. Grå farge er magma. Rosa og rød farge er henholdsvis størknet granitt og pegmatitt. Gul farge er Be²⁺-ioner i magma. Gulgrønn farge er beryllkrystaller i pegmatitt. Illustrasjonen er ikke i skala.

Beryll og andre beryllium-mineraler dannes ved at beryllium anrikes i restsmelter. Beryllium-ionet har en kombinasjon av størrelse og ladning som i liten grad kan erstatte andre grunnstoffer i vanlige mineraler. Beryllium regnes som et inkompatibelt grunnstoff. Be²⁺- ionet har en størrelse tilsvarende

Si⁴⁺- og P³⁺- ionene og er mye mindre enn ioner som har lik ladning, slik som Mg²⁺ og Fe²⁺. Det gjør at Be²⁺- ionet er for lite til å gå inn i stedet for Mg²⁺ i glimmer eller pyroksen, og har for liten ladning til å erstatte Si⁴⁺ i silikater eller P³⁺ i apatitt. Eksempler på kompatible grunnstoffer er scandium og hafnium. Begge disse er vanligere i jordskorpen enn beryllium, men de danner sjeldent egne mineraler fordi de passer godt inn som sporelementer i mineraler med Fe³⁺ (scandium) og Zr⁴⁺ (hafnium).

Man regner med at minimumsgrensen for at beryll kan begynne å krystallisere ligger på et Be-innhold på ca. 70 ppm i en smelte, noe som kan oppnås i de siste 20 % av et granittisk restmagma (Fig. 1). En oversikt over Be innhold i forskjellige pegmatitter internasjonalt er gitt av London & Evensen (2002), og de viser at det gjennomsnittlige berylliuminnholdet i en beryllførende granittpegmatitt ofte ligger mellom 200 og 1600 ppm.

Granittpegmatitter er kanskje det viktigste geologiske miljøet hvor beryll finnes. Beryll kan også som en sjeldenhet finnes i pegmatitter undermettet på silika, i noen karbonatbergarter og i metamorfe bergarter (Fig. 2). Deer *et al.* (1997), London & Evensen (2002), Grew (2002) og Barton & Young (2002) diskuterer andre typer forekomster. Selv om de alkaline pegmatittene i Langesundsfjorden fører flere berylliummineraler er beryll fraværende fordi pegmatittsmelten inneholdt for lite silika. I stedet opptrer andre berylliummineraler som leukofanitt, melifanitt, hambergitt m.fl.



Figur 2. Illustrasjon av geologiske miljøer der beryll og andre Be-mineraler kan dannes. Figuren illustrerer også bredden i forekomstmåter for norske beryller. Figuren er hentet fra Barton & Young (2002), men er forenklet og tilpasset norske forekomster.

Norske forekomster av beryll

Beryll er ikke uvanlig i Norge og Oftedal (1948), Garmo & Selbekk (2017), Neumann (1985) og Selbekk (2010) gir en god oversikt. Vakre krystaller og høykvalitet slipemateriale kan finnes ved flere lokaliteter. En håndfull slike lokaliteter er beskrevet i denne artikkelen. Forekomstene er ikke bare

valgt ut fordi de har gitt noen av de største og/eller mest attraktive krystallene som er funnet her til lands, men også fordi de viser et mangfold av geologiske miljøer og beryll-varianter.

Svartisen/Glomfjord

Områdene nord og vest for Svartisen er et spennende og lite undersøkt pegmatittområde. Ihlen (2004) har identifisert rundt 600 pegmatitter og gangsystemer med mektighet over 2 m, og han fant beryll i 7 av de 39 pegmatittene han besøkte. Mange pegmatitter ligger utilgjengelig til i fjellskråninger eller i skjærgården og få av dem er undersøkt av geologer eller samlere. De største pegmatittkroppene i distriktet når bredder på 50-100 m og lengder på 400-1000 m.

Beryll forekommer i indirekte tilknytning til granittiske bergarter i Glomfjord- og Svartisen-vinduene. I Glomfjord-vinduet er bergartene granodioritt og granitt-monzonitt-gneiser. Gneisene er opprinnelig intrusive bergarter som er en del av et større belte av 1850 to 1630 millioner år (Ma) gamle granitter som strekker seg fra Sør-Sverige til Lofoten (Trans-Scandinavian Igneous Belt – TIB) (Högdal, 2004). Gneisene i Glomfjord vinduet er datert til 1694 ± 73 og 1747 ± 86 Ma. Svartisen-vinduet er dårlig kartlagt på grunn av is og vanskelig tilgjengelighet, men inneholder liknende bergarter av noenlunde samme alder. Relatert til disse granittiske bergartene ble det dannet pegmatitter, men det er ikke disse pegmatittene som fører beryll (Larsen *et al.* 2002; Ihlen 2005).

Under den kaledonske fjellkjedefoldingen ble de opprinnelige granittene foldet og komprimert i silur ca. 430-420 Ma og dekomprimert under tilbakeglidningen mot vest i devon (ca. 400-335 Ma). Under denne tilbakeglidningen og samtidige oppløftingen av bergarter ble trykket mindre, mens temperaturen fremdeles var over 650 °C. Det førte til en delvis oppsmelting av de eldre granittene, som har gitt en yngre (400-410 Ma) generasjon pegmatitter som viser en klar fraksjonering fra lite utviklede kvarts/feltspat pegmatitter via REE og beryllførende pegmatitter til svært utviklede LCT (Litium-Cesium-Tantal) pegmatitter, der Ågskaret pegmatitten er den mest kjente (ref. Fig. 1).

Denne yngre generasjonen pegmatitter har et karakteristisk innhold av turmalin (schörl -> elbaitt i de mest utviklede delene av pegmatitten) og mange fører beryll, og da spesielt akvamarin er attraktiv. Ihlen (2004) beskriver beryll fra 9 av de 38 pegmatittene han befarte, uten å skille mellom akvamarin og vanlig beryll. (T.T. Garmo, pers. komm.) har prøver fra omkring 10 forskjellige pegmatitter i området, og nevner spesielt Ågskaret (gul, rosa og hvit beryll) og blå, opptil 15 cm lange krystaller fra Meløy.

En pegmatitt i Fykanfjell, sør for Fykanvatn har i perioder vært drevet på akvamarin som mineralstoffer og slipemateriale. Holmsen (1932) skrev en kort befaringsrapport: «*Pegmatitten er fulgt i en lengde på 105 m. Mektigheten varierer fra 1 m til 10 m. Pegmatitten fører foruten kvarts og feltspat turmalin, muskovitt og beryll. Krystallene av turmalin har undertiden en lengde på 1/3m. Beryll opptrer rikelig i tommelfingerstore krystaller og derover. Jevnlig er det på flaten kun en eller et par dm fra krystall til krystall og ofte kun et par cm. Beryllen er til dels utviklet som sjøgrønn, edel beryll*». Garmo (pers. komm.) besøkte pegmatitten omkring 2005 og beskriver den som en flattliggende pegmatitt nær en liten topp det er gjort lite arbeid i de siste årene. Han nevner også en pegmatitt ved Storglomvatn og en på Meløy som begge er rike på beryll.

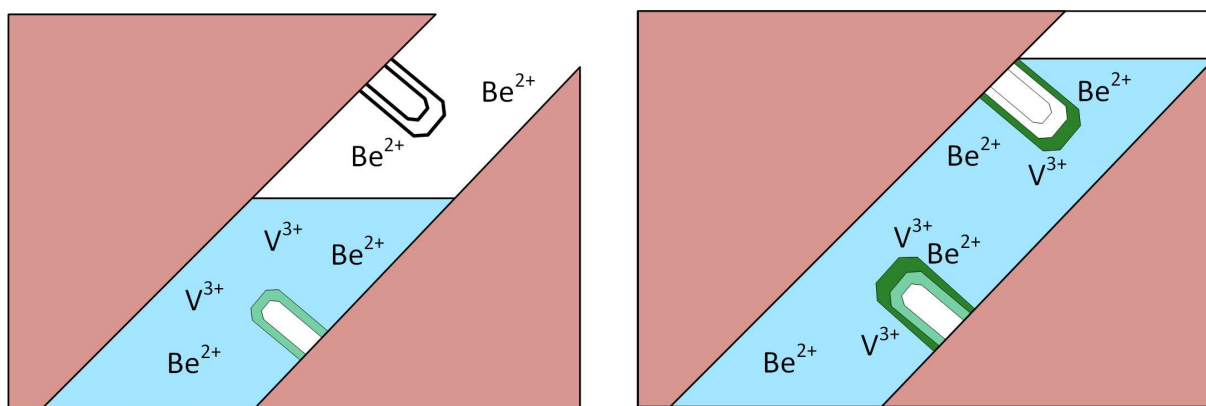
Også i Svartisen-vinduet er det funnet beryll. Marstrander (1911) beskrev tallrike pegmatittganger, men bare et par steder vest for Nedre Bogfjell fant han pegmatitter som «*viste seg som de rene mineralgange, holdende turmalin i store vakre krystaller, beryl utviklet som aquamarin, granat i smaa, men vakre krystaller samt hornblende og en stortavlet transparent kali glimmer. Gangene havde en mægtighed af ca. 2 m. Granater fandtes ogsaa i ordinære granitgange, men aldrig i selve graniten*».

Byrud, Minnesund

Smaragdforekomsten på Byrud gård ved Minnesund er en av de mest besøkte minerallokalitetene i Europa (Kvamsdal & Eldjarn 2007). I tillegg er smaragdene, historien, geologien og øvrige mineraler beskrevet av Kvamsdal & Eldjarn (2007), Nordrum & Raade (2006) og Kvamsdal *et al.* (2021) slik at de fleste mineralinteresserte har hatt og har muligheten til å gjøre seg kjent med smaragdene fra Byrud. Lokaliteten fortjener allikevel mer oppmerksomhet, ettersom Byrud er en av svært få europeiske lokaliteter som er drevet på smaragd. Forekomsten er uvanlig også i global målestokk på grunn av fargesoneringen som kan finnes i noen krystaller, og at vanadium er dominerende fargegiver (Loughrey 2013).

Smaragd er en sjelden beryllvariant da fargen kommer fra et lite innhold av Cr^{3+} (vanligst) og/eller V^{3+} (Groat *et al.* 2008). Dette er grunnstoffer som normalt ikke finnes i beryllium-rike bergarter, men som er konsentrert i bergarter rike på magnesium og jern (mafiske og ultramafiske bergarter, slik som peridotitt). Vanadium finnes i tillegg i noen sedimentære bergarter. I disse bergartene finnes det normalt sett ikke nok beryllium til å danne beryll.

Smaragdene fra Byrud finnes i kontakten mellom en vanadium-rik alunskifer (0,27 % V_2O_5) og en Be-rik pegmatitt. Vanadium anrikes i marine skifre rike på organisk materiale, som alunskiferen, fordi det er viktig for metabolismen for mange typer alger. Konsentrasjonen av vanadium i disse algene er ofte flere tusen ganger høyere enn i sjøvannet (Teo 1991).



Figur 3. Skjematiske fremstillinger av dannelsen av fargesonerte beryller fra Byrud. Ved et «lavt» væskeniå (til venstre) vil beryllen under væskegrensen få grønne vekstlag, mens beryllen over væskegrensen får fargeløse vekstlag. Ved endringer i væskeniået (til høyre) vil begge beryllene være under væskeniået og få grønne vekstlag. Figuren er modifisert etter Loughrey (2013).

Fargen på krystallene er svært variabel og vanlig gulgrønn beryll er ikke uvanlig. Smaragden har ofte et blålig skjær når den er krystallisert i kvarts (Fig. 4). Smaragdkrystallene er oftest ugjennomsiktige, men gjennomsiktige, ofte relativt lyse krystaller finnes også. Noen krystaller er sonerte med en fargeløs til lys kjerne og mørkegrønne soner lenger ut mot kanten av krystallene. Loughrey (2013) finner også væskeinneslutninger i smaragdene og bruker disse til å forklare hvordan de er dannet (Fig. 3). Beryllen er utfelt fra vann rikt på mineralsalter, noe som ikke er uvanlig for pegmatittmineraler. Det som er uvanlig i Byrud er at væsken koker under dannelsen av smaragdene. Det vil si vannet finnes både i væskeform og gassform. V^{3+} -ionene fordampes ikke, men blir i væskefasen, mens beryllium var til stede både i væske- og gassfasen. Dermed kunne beryll dannes både fra væske og fra gass, men kun utfellingene fra væskefasen fikk grønnfargen fra vanadium. Et varierende væskeniå forklarer soneringen. Analyser av væskeinneslutningene og sporstoffer i beryllene støtter denne

forklaringen, og undersøkelsen viser at smaragdene har krystallisert ved temperaturer mellom 160 °C og 385 °C, ved et trykk på under 1000 bar.

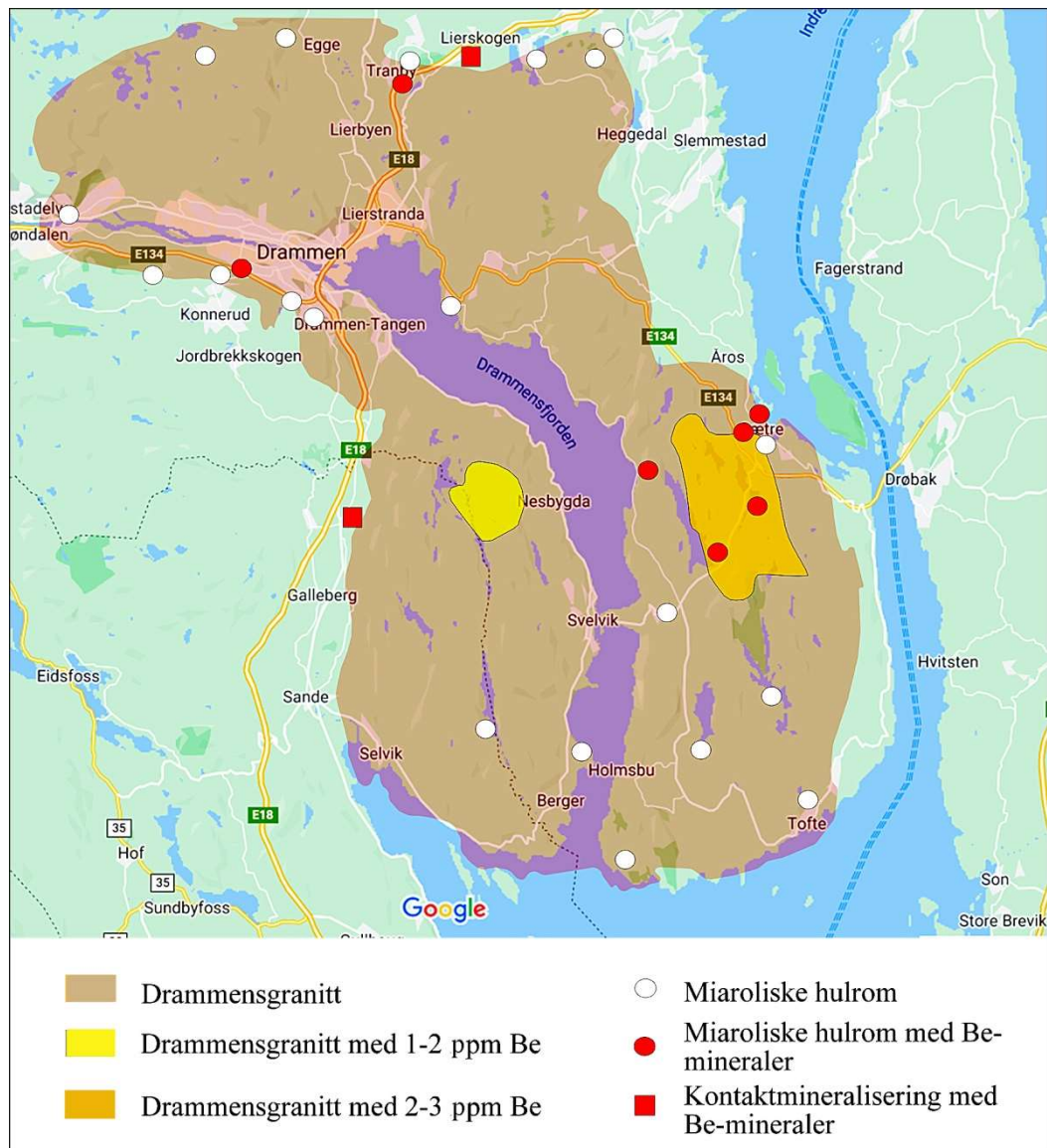


Figur 4. Smaragd fra Byrud, Minnesund. Krystallen er 3,2 mm lang. Samling og foto: OT. Ljøstad.

Hurumlandet

Akvamarinkrystallene fra Hurum er funnet i druserom i drammensgranitten, som i likhet med bergartene fra smaragdforekomsten ved Byrud er en del av Oslofeltet. Bergartene i Oslofeltet representerer en riftdannelse som begynte sent i karbontid og fortsatte i 65 millioner år. Larsen *et al.* (2008) deler riftdannelsen inn i 6 faser, og drammensgranitten tilhører fase 4 som er karakterisert ved flere store vulkaner i en moden riftdannelsesprosess.

Drammensgranitten er det største granittkomplekset (650 km²) i Oslofeltet, men det er bare en liten del av granitten som har akvamarindruser. Man skiller mellom 8 forskjellige typer granitt i drammensgranitten, noe som indikerer at drammensgranitten er størknet fra flere generasjoner magma. Hver av disse har litt ulik kjemisk sammensetning (Trønnes & Brandon 1992; Walder 1992; Jahren & Hurum 1998). Basert på analyser av sporelementinnholdet i feltspat finner Walder (1992) at de siste granittsmeltene er iblandet opp til 10 % kambro-siluriske sedimentære bergarter. Jacobsen & Raade (1972) viser at beryllium-innholdet i granitten er lavt, men at det i et område på Hurumlandet ligger mellom 2 og 3 ppm Be. De fleste, men ikke alle forekomstene med berylliummineraler, ligger i tilknytning til dette området (Fig. 5).



Figur 5. Oversiktskart over drammensgranitten. Områder der granitten har et høyere innhold av beryllium er markert. Det samme er områder med berylliummineralisering. Kartet viser tydelig sammenhengen mellom beryllforekomster og granitt rik på beryllium. Data fra Jacobsen og Raade (1972) og Google Maps.

Akvamarin fra drammensgranitten finnes ikke primært i pegmatitter, men i druserom i granitten. Druserommene oppsto fra de siste flytende fasene av granitten som var rik på væske (mineralrikt vann) og gass. Fluid er en fellesbetegnelse som dekker både væske, gass og det midt imellom. Når granitten størknet, ble bobler av fluiden frigjort fra den størknende smelten. Druserommene ble dannet ved at mineralene i granitten, hovedsakelig kvarts og feltspat, størknet rundt fluidboblene. Ved synkende temperatur og trykk ble mineraler krystallisert ut av fluidene som var anriket på inkompatible grunnstoffer. Akvamarin og andre beryllium-mineraler var blant disse mineralene. Walder (1992) har analysert fluid-inneslutninger i forskjellige mineraler både fra de miarolittiske druserommene og fra gangmineraliseringer og han diskuterer mineraliseringen basert på disse resultatene.

Akvamarin er det vanligste berylliummineralet i druserommene, og som vist i Fig. 5 er tettheten av forekomster størst på Hurumlandet der granitten inneholder mest beryllium, og da kanskje spesielt i draget mellom Grimsrudbukta og Sætre (Jahren & Hurum 1998).



*Figur 6. Akvamarin fra Sætre, Hurum in Norway.
Lengde 4 cm. Samling og foto: Øivind Thoresen.*

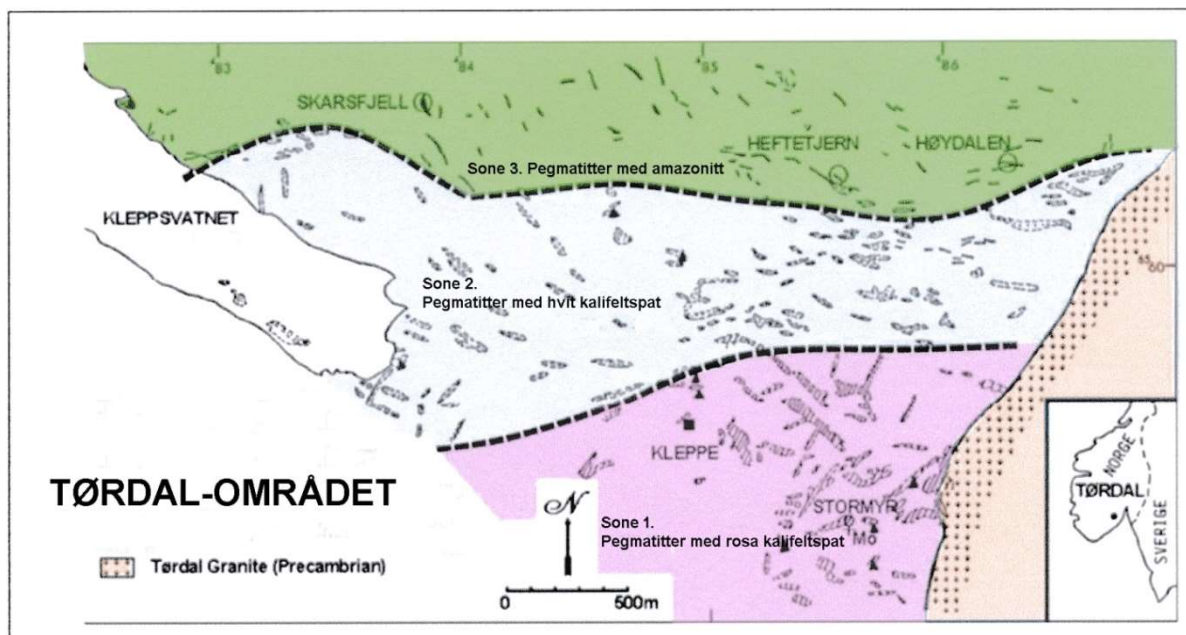
Akvamarinene fra Hurum er unike i norsk sammenheng; ikke bare opptrer de i druserom, men de er ofte gjennomsiktige og krystallene kan bli opptil 4-5 cm lange. Fargen er oftest lys blå (Fig. 6). Krystallene finnes oftest enkeltvis og kan være etset på overflaten. De er ofte dobbelterminerte. Matriksstuffer med akvamarin sammen med feltspat og kvarts er sjeldne.

I tillegg til akvamarin er også andre berylliummineraler funnet her. Fenakitt opptrer i krystaller opptil 2-3 cm store. Bavenitt og helvin er også funnet ved et fåtall lokaliteter. Fenakitt er dannet senere og ved en lavere temperatur enn beryll. Jacobsen & Raade (1972) understreker at dette viser en videre anrikning av beryllium også etter at beryll er krystallisert.

Tørdal pegmatittdistrikt

Tørdal pegmatittdistrikt består av flere hundre pegmatitter (Fig. 7). De er dannet i forbindelse med den Svekonorvegiske fjellkjedefoldingen som skjedde for mellom 900 og 1100 millioner år siden, samtidig

med store deler av grunnfjellet i de sørligste delene av Norge, inklusive pegmatittdistriktene fra Hidra til Østfold.



Figur 7. Kart over Tørdal-distriktet med pegmatittene avmerket. Pegmatittene i Tørdal-distriktet viser en tydelig kjemisk utvikling der sjeldne og inkompatible grunnstoffer anrikes fra sone 1 mot sone 2 til sone 3. Pegmatittene i sone 3 inneholder derfor flere sjeldne mineraler enn de andre pegmatittene. Man har lenge trodd at pegmatittene i dette området hadde blitt dannet fra samme smelten som Tørdalgranitten. Nyere data, om enn noe motstridende, tyder på at dette sannsynligvis ikke er tilfellet. Figuren er modifisert fra Wilhelmsen (2020).

Pegmatittbruddene i Høydalen er kanskje de best kjente forekomstene, men også flere andre pegmatitter i nærheten fører beryll. Den første mineralogiske beskrivelsen fra Høydalen ble gitt av Oftedal (1940, 1942). Han beskrev beryll som et vanlig forekommende mineral i cleavelanditt-fasen i pegmatittene: «Krystallene kan være meget store, opp til flere desimeter i tverrmål. I det indre er de oppsprukket til en grynet masse. Kjemisk faller de vesentlig i to slag: De gule og de svakt blågrønne, som er forholdsvis rike på Rb (ca. 0,1 %) og Fe (over 1 %) og holder litt Sc, og de fargeløse (hvite) til svakt rødlig, som er forholdsvis rike på Li (ca. 0,5 %) og Cs (over 0,1 %) og holder litt Pb (ca. 0,01 %)). De «svakt rødlig» beryllene beskrevet av Oftedal samsvarer med den rosa varianten morganitt, som i Norge kun finnes i Tørdal-distriktet og i en pegmatitt i Sandessjøen. Morganitt fra Høydalen finnes oftest som blekrosa kornete masser.

Beryllene i Høydalen er oftest oppsprukket og beryll av smykkestenkvalitet er nesten fraværende. Segalstad og Raade (2003) mener at det har sammenheng med at de senest krystalliserte delene av pegmatitten krystalliserte ved høyt trykk (4-5 kbar), og at væskeinneslutninger i mineralene «eksploberte» når trykket sank mot atmosfærisk trykk ved jordskorpas overflate.

Endringer i sporelementsammensetningen speiler den kjemiske utviklingen av pegmatittsmelten etter hvert som mineraler krystalliserer ut. Flere av pegmatittene i Tørdal-distriktet, deriblant pegmatittene i Høydalen, består av en tidlig amazonitt-dominert fase og en senere cleavelanditt-kvarts dominert fase. Amazonitten danner først skriftgranitt, ofte også med en sone med større masser av krystallinsk amazonitt. Den senere cleavelanditt opptrer i mange pegmatitter kun som tynne ganger langs

sprekkesoner i amazonitten, men også som en egen kjernesone med større cleavelanditt/kvarts masser. Beryll finnes helst i cleavelanditt-fasen. De tidligst krystalliserte beryllene er gulgrønne og er farget av jern. Beryllene som krystalliserer senere er rikere på lithium og cesium, noe som er typisk for svært utviklete pegmatittsmelter (LCT-pegmatitter).

Morganitt finnes i Høydalen i den LCT-anrikete fasen. Den rosa fargen kommer fra et lite manganinnhold. Det er ikke uvanlig i cleavelanditt-pegmatitter at jernet blir «brukt opp» og at mangan erstatter jern. Overgangen fra almandin -> spessartin og columbitt-(Fe) -> tantalitt-(Mn) er andre eksempler på mineraler som blir mer manganrike i de mest utviklete pegmatittene.

Tabell 2 viser sammenhengen mellom utvikling av pegmatittsmelten og fargen på beryll fra Tørdal-distriktet. Det er et tydelig høyere innhold av Li og Cs i morganitt fra Høydalen enn for gul og grønn beryll; noe som viser at morganitten er krystallisert fra en mer utviklet pegmatitt. Data fra Heftejern viser at også denne pegmatitten er en svært utviklet pegmatitt; noe som gir seg utslag i en svært rik mineralisering med flere sjeldne mineraler. Som vist i Tabell 2 gir et innhold av jern (Fe) grønn og gul beryll, mens mangan (Mn) gir rosa farge. Data viser et relativt høyt jerninnhold i de grønne og gule beryllene, men svært lite jern i morganitt. Ettersom manganinnholdet er relativt jevnt i alle analysene viser det at det er fraværet av jern i den mest utviklede delen av Høydalen pegmatittene som tillater at den rosa fargen fra mangan blir dominerende.

Tabell 2. Sporelement-analyser (angitt i ppm) av beryll fra Tørdal-distriktet (Wilhelmsen 2020).

	Heftejern	Skardsfjell	Svåheii	Øvre Høydalen	Øvre Høydalen	Øvre Høydalen	Nedre Høydalen	Nedre Høydalen	Nedre Høydalen
	Grønn beryll	Grønn beryll	Grønn beryll	Grønn beryll	Gul beryll	Morganitt	Gul beryll	Morganitt	Morganitt
Li	1034	418	192	754	1028	2232	516	2065	1996
Cs	2307	275	262	205	317	1327	359	1850	1469
Mn	198	86	35	65	61	75	83	99	78
Fe	3205	5272	5832	2131	1557	<26	6138	<26	<26

Evje-Iveland pegmatittdistrikt

Evje-Iveland pegmatittdistrikt er, som Tørdal, et pegmatittdistrikt som ble dannet under den Svekonorvegiske fjellkjedefoldingen. Flere hundre pegmatitter har vært prospektert eller drevet på feltspat, kvarts, glimmer, beryll, thortveititt, gadolinit m. fl. Nå er det kun et fåtall brudd som blir drevet på feltspat, og tidvis blir det sprengt etter mineraler til samlerformål i noen brudd. De aller største beryllene som er funnet i Norge kommer fra Evje og Iveland. I boka om gruvedrift i Iveland (Øina 2007) beskrives flere store funn. Vinteren 1947-48 ble det tatt ut 13 tonn beryll fra Hovåsen fordelt på 5 krystaller. Den største var 3,5 m lang og 1,1 m bred. Deler av krystallene var gjennomsluktige, men alt ble solgt som kilovare. Kun en akvamarin på ca. 10 karat ble slipt. Også i Beinmyr ble det funnet mange og store krystaller. Den største var 3,15 m lang og mellom 42 og 45 cm bred. Vekten var på 1,65 tonn.

Det er litt usikkert hvor mange av bruddene som fører beryll, men det er listet 57 beryll-lokaliteter i *Mindat.org*. Andre lokaliteter som har vært rike på beryll er Steli, Bratteklev og flere brudd i Knipane (særlig Kongsbergbruddet),

Dannelsen av disse pegmatittene har vært debattert i nær hundre år, og det er først de siste 5-10 årene at det er klar enighet om at pegmatittene ikke er dannet fra en granittisk restsmelte, men gjennom delvis smelting og re-krystallisering av metamorfe bergarter (anatekse). I motsetning til Tørdal, viser pegmatittene i Evje-Iveland distriktet ingen tegn på en sonert fraksjonering av pegmatittene da de

forskjellige typene opptrer tilsynelatende uten noe mønster. I tillegg utfordrer de det tradisjonelle skillet mellom NYF (Niob-Yttrium-Fluor) og LCT (Litium-Cesium-Tantal) type pegmatitter. Müller *et al.* (2017) bruker betegnelsene NY og NYC om pegmatittene her.

Pegmatittene som fører beryll har ofte columbitt-(Fe) og monazitt-Ce som aksessoriske mineraler. Steli og Brattekleiv er eksempler på dette. Spesielt fra Brattekleiv er det kjent flotte kombinasjonsstoffer med beryll sammen med ett av disse mineralene. De første lokalitetene der thortveititt ble identifisert, Unneland, Knipane og Eftevann, var fra beryllførende pegmatitter (Schetelig 1922).

Krystallene er oftest velutviklet, men vanligvis ugjennomsiktige. Ettersom krystallene sitter i en matriks av enten kvarts eller feltspat er det vanskelig å få dem ut hele, slik at mineralstoffer med terminerte krystaller er mindre vanlig enn ønskelig fra en mineralsamlers ståsted. Det hender også at den ene enden av krystallen ikke har terminering, men er omvandlet til en blanding av muskovitt og andre mineraler. Det lokale begrepet om at «rota er råten» er beskrivende.

Beryll fra Evje og Iveland er typisk lys gulgrønn av farge, men kan være vakkert gule (heliodor) eller blå (akvamarin). Heliodor er vanligere enn akvamarin (Fig. 8).

I noen tilfeller er deler av krystallene enten i den ene termineringen eller deler av krystallene gjennomsiktig og av edelsteinskvalitet. Beryllen er gjennomgående mer edel når den sitter i kvarts enn i feltspat. Ivar Gautestad har fasettslipt flere steiner, noen også over 10 karat, av både heliodor og akvamarin. Begge variantene kan vise god farge, respektive dyp gullgul eller dyp himmelblå. Gautestad har også slipt flere sett med briljantslipte steiner som viser fargegraderingene i beryllene fra Evje-Iveland. Hvert sett viser fargegraderinger fra fargeløs via lys gul og dyp gul til gulgrønn, grønn, grønnblå, lys blå og tilbake mot fargeløs.

Også andre beryllium-mineraler er funnet i Evje-Iveland. Store gadolinitkrystaller fra sjeldne jordartsrike pegmatitter er velkjent, men også krysoberyll, euklas, bertranditt, og bavenitt er beskrevet herfra. Det viser både forskjeller i kjemi mellom pegmatittene (gadolinit og beryll), men også internt innen den enkelte pegmatitten, der krysoberyll finnes i feltspat i Nateland-pegmatitten, og fin gul beryll er funnet i pegmatittens kvartskjerne. Opptreden av sent dannet bertranditt og bavenitt i omvandlede beryllkrystaller viser en aktiv fluidfase sent i dannelsen av pegmatitten.



Figur 8. Beryll (heliodor) fra Håland, Iveland. Foto: Iveland kommunes mineralutstilling, Åkle, Iveland.

Oppsummering og konklusjoner

Denne artikkelen beskriver noen av de mange beryllforekomstene i Norge. Imidlertid er flere viktige forekomstområder ikke tatt med. Blant disse er Drag i Tysfjord (Nordland), Kristiansand (Agder), en geologisk spennende smaragdforekomst på Langøy, Kragerø (Telemark). Artikkelen viser allikevel noe av kvaliteten og bredden av beryll fra norske forekomster, samt mangfoldet av geologiske og kjemiske prosesser som styrer dannelsen av beryll. Det synes naturlig å konkludere med at

1. Det finnes flere beryll-lokaliteter i Norge som har produsert beryllkrystaller av høy samlingskvalitet.
2. Forekomstene som er beskrevet i denne artikkelen viser at de fleste variantene av beryll også kan finnes i Norge, mange også i en kvalitet som gjør dem egnet til fasettsliping
3. Norsk beryll viser et mangfold i dannelseshistorikk og sporelementkjemi som gjør dem interessante også fra et profesjonelt perspektiv, og det er mye pågående forskning på norske pegmatitter.
4. Mange av distriktene som er omhandlet i denne artikkelen har et stort potensial for nye funn, da kanskje spesielt i Glomfjord-Svartisen området.

Man kan konkludere med at en god teoretisk forståelse av geologiske prosesser og kjemi vil kunne hjelpe i feltarbeid, både for å finne nye forekomster av krystaller, eller som et ledd i vitenskapelige studier.

Takk

En stor takk rettes til Torgeir Garmo for velvillig støtte og deling av informasjon, samt Ronald Werner, Ole T. Ljøstad og Øivind Thoresen for tillatelse til å bruke fotografier.

Referanser

- Barton, M.D. & Young, S. (2002): Non-pegmatitic deposits of beryllium: mineralogy, geology, phase equilibria and origin. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**, 591-691.
- Černý, P. (2002): Mineralogy of beryllium in granitic pegmatites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**, 405-444.
- Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J. (Eds.) (1997): *Beryl in Rock-Forming Minerals: Disilicates and Ring Silicates. Volume 1B, Second edition*. The Geological Society, London.
- Foley, N.K., Jaskula, B.W., Piatak, N.M. & Schulte, R.F. (2017): Beryllium. *Critical Mineral Resources of the United States - Economic and Environmental Geology and Prospects for Future. Chapter E. USGS Professional Paper 1802*.
- Fritsch, E. & Rossman, G. R. (1987): An update on color in gems. Part 1: Introduction and colors caused by dispersed metal ions. *Gems & Gemology* **23**, 126-139.
- Garmo, T.T. & Selbekk, R.S. (2017): *Norsk mineralbok*. Fossheim Steinsenter AS, Lom. 351 s.
- Grew E.S. (2002): Beryllium, Mineralogy, Petrology and Geochemistry. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**. 692 s.
- Groat, L.A., Giuliani, G., Marshall, D.D. & Turner, D. (2008): Emerald deposits and occurrences: A review. *Ore Geology Reviews* **34**, 87-112.

- Holmsen, G. (1932): Rana. Beskrivelse til det geologiske generalkart. *Norges Geologiske Undersøkelse Rapport* **136**. 116 s.
- Hu, Y. & Lu, R. (2020): Color characteristics of blue to yellow beryl from multiple origins. *Gems & Gemology* **5**, 54-65.
- Hu, Z. & Gao, S. (2008): Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update. *Chemical Geology* **253**, 205-221.
- Hysingjord, J. (1969): Fykanfjell beryllforekomst, Glomfjord, Nordland. *Norges Geologiske Undersøkelse, Bergarkivet* **BA 6131**. 1 s.
- Högdahl, K., Andersson, U.B. & Eklund, O. (Eds.) (2004): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper* **37**. 125 s.
- Ihlen, P.M. (2005): Undersøkelse av Li-pegmatitter i Nord-Helgeland. *Norges Geologiske Undersøkelse Rapport* **2004.061**. 52 s
- Jacobsen, S. & Raade, G. (1972): Geochemical anomalies in the Drammen granite. *Nytt fra Oslofeltgruppen* **4**, 30-35.
- Jahren, J.S. & Hurum, J.H. (1998): Hurums geologiske historie og mineralfunn, *Årbok for Hurum* **1998**, 85-95.
- Karampelas, S., Al-Shaybani, B., Mohamed, F., Sangsawong, S. & Al-Alawi, A. (2019): Emeralds from the most important occurrences: chemical and spectroscopic data. *Minerals* **9**, 29 s.
- Kvamsdal, L.O., Friis, H. & Müller, A. (2021): Byrud gruver; mer enn smaragder. *Norsk Mineralsymposium 2021*, 21-36.
- Kristiansen, R. (1999): Beryllium-mineraler i Norge. *Norsk Bergverksmuseum Skrift* **15**, 34-46.
- Kvamsdal L. & Eldjarn K. (2007): Mineralene i smaragdgruvene ved Byrud gård, Minnesund, Norge. *Stein* **33 (4)**, 4-20.
- Larsen, B.T., Olaussen, S., Sundvoll, B. & Heeremans, M. (2008): The Permo-Carboniferous Oslo Rift through six stages and 65 million years. *Episodes* **31**, 52-58.
- Larsen, Ø., Skår, Ø. & Pedersen, R.B. (2002): U-Pb zircon and titanite geochronological constraints on the late/post-Caledonian evolution of the Scandinavian Caledonides in north-central Norway. *Norwegian Journal of Geology* **82**, 1-13.
- London, D. & Evensen, J.M. (2002): Beryllium in silicic magmas and the origin of beryl-bearing pegmatites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**, 445-486.
- Loughrey, L.E. (2013): *Boiling as a mechanism for colour zonations observed at the Byrud emerald deposit, Eidsvoll, Norway*. Doctoral dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada. 131 s.
- Marstrander, R. (1911): Svartisen, dens geologi, *Norges Geologiske Undersøkelse Rapport* **59**. 34 s.
- Müller, A. (2010): Potential of rare earth element and Zr-, Be-, U-, Th-, (W-) mineralisations in central and northern Nordland. *Norges Geologiske Undersøkelse Report* **2010.037**. 85 s.
- Müller, A., Romer, R.L. & Pedersen, R.-B. (2017): The Sveconorwegian pegmatite province – Thousands of pegmatites without parental magma, *The Canadian Mineralogist* **55**, 283-315.

- Neumann, H. (1985): Norges mineraler. *Norges Geologiske Undersøkelse Skrifter* **68**. 278 s.
- Nordrum, F.S. & Raade, G. (2006): The emerald deposit at Byrud, Eidsvoll, South Norway. *Norsk Bergverksmuseum Skrift* **30**, 9-16.
- Oftedal, I. (1948): Oversikt over Norges mineraler. *Norges Geologiske Undersøkelse Rapport* **170**. 46 s.
- Oftedal, I. (1942): Lepidolit-og tinnsteinførende pegmatitt i Tørdal, Telemark. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **22**, 1-14.
- Olson, D.W. (2016): Gemstones, *USGS Mining Engineering*. 25 s.
- Peretyazhko, I.S. (2010): Genesis of mineralized cavities (miaroles) in granitic pegmatites and granites. *Petrology* **18**, 183-208.
- Raade, G. (1968): Bavenite from druses in the biotite granite in the Oslo Region, Contributions to the mineralogy of Norway, No. 39. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **48**, 259-260.
- Rondeau, B., Fritsch, E., Peucat, J. J., Nordrum, F.S., & Groat, L. (2008): Characterization of emeralds from a historical deposit: Byrud (Eidsvoll), Norway. *Gems and Gemology* **44**, 108-122.
- Rosing-Schow, N. (2020): The Sveconorwegian pegmatite province: Identifying the parameters controlling the abundance and genesis of the pegmatites. *PhD Thesis Summary*. Natural History Museum, University of Oslo. 38 s.
- Schetelig, J. (1922): Thortveitit - Ein scandiumsilikat, $(Sc,Y)_2Si_2O_7$. I Brøgger, W.C, Vogt, T. & Schetelig, J.: Die Mineralien der südnorwegischen Granitpegmatitgänge. II. Silikate der seltenen Erde. *Videnskapsselskapets Skrifter. I.Mat-Naturv. Klasse. 11*, 51-87 + plates X-XIII.
- Segalstad, T.V. & Raade, G. (2003): Scandium mineralizations in southern Norway – geological background for the field trip. *Norsk Geologisk Forening Abstracts and Proceedings* **2**, 57-86.
- Selbekk, R.S. (2010): *Norges mineraler*. Tapir akademisk forlag, Trondheim. 552 s.
- Shigley, J.E., Thompson, T.J., & Keith, J.D. (2003): Red beryl from Utah: a review and update. *Gems & Gemology* **39**, 302-313.
- Steffensen, G., Müller, A., Munnik, F., Friis, H., Erambert, M., Kristoffersen, M. & Rosing-Schow, N. (2020): Unusual scandium enrichments of the Tørdal pegmatites, south Norway. Part I: Garnet as Sc exploration pathfinder. *Ore Geology Reviews* **Article 103729**. 17 s.
- Teo, W.S. (1991): *Elemental geochemistry of shales in Pennsylvanian cyclothems, midcontinent North America*. Doctoral dissertation, Texas Tech University. 179 s.
- Trønnes, R.G. & Brandon, A.D. (1992): Mildly peraluminous high-silica granites in a continental rift: the Drammen and Finnemarca batholiths, Oslo Rift, Norway. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **109**, 275-294.
- Walder, I.F., Norman, D.I., & Segalstad, T.V. (1991): Fluid inclusion gas analysis of hydrothermal vein molybdenum deposits associated with the Drammen granite in the Permian Oslo Rift, Norway. *Journal of Geochemical Exploration* **42**, 195-203.
- Wilhelmsen, M.N. (2020): *The scandium content of beryllium-bearing minerals and micas from Tørdal pegmatites and its genetic and economic implications*. Master thesis, University of Oslo. 146 s.

- Walder, I.F., Norman, D.I. & Segalstad T.V. (1991): Fluid inclusion gas analysis of hydrothermal vein molybdenum deposits associated with the Drammen granite in the Permian Oslo Rift, Norway. *Journal of Geochemical Exploration* **42**, 195-203.
- Walder I.F. (1992): *Geology and geochemistry of molybdenum mineralization of the Drammen granite, Permian Oslo rift, Norway*. PhD thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, New Mexico, USA.. 259 s.
- Werner, R. (1993): Bazzitt fra pegmatitt nær Tørdal. *Stein* **20**, 184-187.
- Øina, S. (ed.) (2007): *Iveland V. Gruvedrift*. Iveland bygdesogenemnd. 382 s.