

Tugtupit – en grønlandsk smykkesten

HENNING SØRENSEN

Der har i snart mange år i Grønland været en stor interesse for at udnytte smukke eller særprægede mineraler og sten til fremstilling af smykker. Ikke få i Grønland bosiddende er ivrige mineralsamlere, og en del forarbejder selv de indsamlede mineraler til smykker, som bl.a. forhandles i de grønlandske lufthavne. Alt foregår som enkeltmandsforetagender, det er endnu ikke lykkedes at skabe en egentlig smykkeindustri.

Der er fundet forekomster med meget smukke dybrøde *rubiner* ved Qeqertarsuaat (Fiskenæsset) og i Kangerluarsuk nær Maniitsoq (Sukkertoppen), men udvindingen vil blive så vanskelig, at de grønlandske rubiner ikke for tiden vil kunne konkurrere i pris med rubiner fra Burma, Thailand, Brasilien og Tanzania (Gübelin, 1979, Petersen og Secher, 1993).

Bjergarten kimberlit, der i bl.a. Sydafrika og Sibirien har bragt *diamanter* op fra de dybder af mere end 150 km nede i Jordens kappe, hvor de dannes, forekommer flere steder i Grønland. Der er fundet nogle bittesmå diamanter i grønlandsk kimberlit, men indtil videre ikke i mængde og kvalitet, som kunne danne grundlag for en brydning (Secher med flere, 1981). Imidlertid har flere internationale mineselskaber indledt en eftersøgning af diamantførende kimberlit, idet de skønner, at de geologiske forhold i Grønlands gamle grundfjeldsområder netop svarer til forholdene i de lande, hvor diamanter nu udvindes. Ydermere har man i grønlandske kimberlitter fundet nogle af de indikatormineraler, et eksempel er en speciel type af mineralet granat, som vides at

ledsage diamanterne. Indholdet af diamanter i kimberlit er så lavt, at der skal meget omfattende undersøgelser til for at konstatere deres tilstedeværelse. Det er derfor, man benytter indikatorminerale i eftersøgningen, idet disse forekommer i så store mængder, at de let kan iagttages. Der er allerede investeret mange penge i eftersøgningen og udtrykt stor optimisme, men der er i skrivende stund ikke modtaget afgørende nyt om et grønlandsk diamanteventyr.

Den værdifulde smykkesten *smaragd*, der er en varietet af mineralet beryl, er ikke fundet i Grønland, selvom beryl i en mat, lysegrøn varietet kendes fra mange steder i Grønland.

Der er således ikke i dag i Grønland grundlag for udvinding af de meget kostbare smykkesten. Men der er gjort fund af mineraler og bjergarter, som på grund af særlige farver og farvespil kan anvendes til fremstilling af smykker. De vigtigste er tugtupit, emnet for denne artikel, grønlandit, nuumit og lapis lazuli (Petersen og Secher, 1993). Fælles for disse er, at der ikke er tale om rene mineraler, men om sammenvoksninger af flere mineraler, dvs. bjergarter.

Grønlandit er et navn, der er hæftet på en grøn kvartsit fra Isukasia i bunden af Godthåbsfjorden, hvor Jordklodens ældste kendte sedimentære bjergarter findes. Dens alder er bestemt til ca. 3800 mio. år. Kvartsit er en hærdenet sandsten. I denne kvartsit er indlejret en vekslende mængde grønne flager af det chromholdige glimmermineral fuchsit. Bjergarten giver ved polering et meget smukt grønt farvespil og anvendes slebet som cabochon, dvs. glatte hvælvede sten uden facetter, og som plader. Den er fx anvendt i Grønlands biskops insignier.

Nuumit er på lignende måde et navn givet til en bjergart, der er fundet anvendelig som smykkesten (Appel og Jensen, 1987). Den findes i området omkring Nuuk (Godthåb), hvoraf dens navn er afledt. Den består af sammenvoksninger af amphibol-mineralet anthophyllit, der her er udviklet med et kraftigt brunt farvespil. Dette kommer meget smukt frem, når bjergarten slibes og poleres i cabochonform, hvilket giver smykker, der spiller i mange farver: metalblå, grøn, gylden og rødlig.

Lapis lazuli er fundet ved Tupertalik ca. 60 km øst for Maniitsoq i en lille forekomst af magmabjergarten carbonatit. Der er tale om sammen-

Tugtupit



Fig. 1. Den lodrette lyse åre midt i billedet består i hovedsagen af mineralet albit. Tugtupit blev opdaget i denne åre, der ligger på nordkysten af Tunulliarfik fjorden på det sted, der kaldes Tugtup agtakôrfia.

voksninger af mineralerne lazurit og scapolit. Lazurit har en sart himmelblå farve, scapolit er hvid eller grå. Denne blanding giver ved polering et meget smukt mønster af blå og hvidt. Stenen er fx anvendt i Maniitsoqs borgmesterkæde.

Tugtupit et et rødt mineral, der er fundet i årer i magmabjergarter i nærheden af byen Narsaq i Sydgrønland (Jensen og Petersen, 1982). Denne geologiske lokalitet har fået navnet Ilímaussa-q-komplekset efter områdets mest markante fjeld.

Tugtupits historie

Det mineral, der nu kaldes tugtupit, blev fundet i 1957 i kystklipperne ved Tugtup agtakôrfia på nordkysten af Tunulliarfik (Skovfjorden). Det er et hvidt til blegrødt mineral, der klart skiller sig ud fra de andre lyse mineraler, især albit og analcim (de i artiklen omtalte mineraler fra

Skema 1. De i artiklen nævnte mineraler fra Ilímaussaq-komplekset

| mineralets navn | mineralets kemiske formel |
|-----------------|--|
| albit | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ |
| alkalifeldspat | $(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ |
| analcim | $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| arfvedsonit | $\text{Na}_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ |
| chkalovit | $\text{Na}_2\text{BeSi}_2\text{O}_6$ |
| eudialyt | $\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Y})\text{ZrSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{Cl})_2$ |
| lueshit | NaNbO_3 |
| monazit | CePO_4 |
| natrosilit | $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ |
| naujakasit | $\text{Na}_6(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{26} \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| nefelin | NaAlSiO_4 |
| pyrochlor | $(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$ |
| rinkit | $(\text{Ca}, \text{Ce})_4\text{Na}(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{F}_2(\text{OH}, \text{F})_2$ |
| sodalit | $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ |
| tugtupit | $\text{Na}_8\text{Al}_2\text{Be}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ |
| ussingit | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{NaOH}$ |
| villiaumit | NaF |
| virusit | $\text{Na}_3\text{Ce}(\text{PO}_4)_2$ |
| zinkblende | ZnS |
| ægirin | $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ |

Ilímaussaq-komplekset er vist i skema 1), som tilsammen danner en op til en halv meter bred åre i kystklipperne (fig. 1). Den nærmere undersøgelse viste, at dette mineral er beslægtet med det kendte mineral

Tugtupit

sodalit, men adskiller sig fra dette ved at indeholde det sjældne metal beryllium og ved at have en lavere krystalsymmetri.

Sodalit blev iøvrigt også først fundet og beskrevet i Ilímaussaq-komplekset. I årene 1806-1813 berejste den tyske mineralog Karl Ludvig Giesecke (1761-1833) store dele af Grønland for at undersøge landets mineralforekomster. Napoleonskrigene og vanskelige besejlingsforhold var årsag til, at hans planlagte kortere ophold kom til at vare seks somre og syv vintre. Han besøgte Ilímaussaq-komplekset i september 1806. De indsamlede prøver blev sendt med skib til København i 1808, men skibet blev opbragt af britiske krigsskibe og dets ladning solgt på auktion i Leith i Skotland. En del af samlingerne blev købt af mineralsamleren Robert Allan. Disse samlinger blev undersøgt af andre mineraloger, hvilket førte til opdagelsen af mineralerne sodalit (Thomson, 1812) og arfvedsonit (Brooke, 1823). Giesecke var en eventyrlig skikkelse. Han medvirkede som første slave i førsteopførelsen af Mozarts opera »Tryllefløjten« og antages iøvrigt at have bidraget til denne operas libretto. Han endte sine dage som professor i mineralogi i Dublin.

Tugtupit blev i årene efter 1957 fundet i andre forekomster spredt ud over Ilímaussaq-komplekset. I nogle af disse, blandt andet Kvanefjeld i den nordlige del af komplekset, findes varieteter af mineralet med en meget markant dybrød farve.

Mineralet blev foreløbigt beskrevet under navnet berylliumsodalit (Sørensen, 1960). På næsten nøjagtig samme tidspunkt blev det samme mineral beskrevet under navnet beryllosodalit af to russiske forskere, der havde fundet bittesmå korn af det i Lovozero-komplekset på Kola-halvøen (Semenov og Bykova, 1960). Blandt andet denne begivenhed dannede indledningen til et dansk-russisk forskningssamarbejde, der stadig er meget frugtbart. Dette ses fx af, at det samme nye mineral senere blev fundet på samme tid i Ilímaussaq- og Lovozero-komplekserne. Kontakten mellem de danske og russiske mineraloger var da så god, at man beskrev mineralet i en fælles publikation (Rønsbo m.fl., 1979) og gav mineralet det dansk-russiske navn *vitusit*, efter danskeren Vitus Bering (1681-1741), der som bekendt var i russisk tjeneste.

Den mere detaljerede undersøgelse af berylliumsodalit viste, at det adskiller sig så markant fra sodalit, at det bør have et selvstændigt navn.

Tugtupit blev valgt (Sørensen, 1963), et navn der er afledt af lokalitetsnavnet Tugtup agtakôrfia (Tugto betyder rensdyr på grønlandsk).

Den Internationale Mineralogiske Union har nedsat en *Commission on New Minerals and Mineral Names*, der er sammensat af internationalt anerkendte mineraloger. Dens opgave er at påse, at forslag om nye mineraler og mineralnavne er baseret på tilstrækkelige data vedrørende kemisk sammensætning, krystallografi, krystalstruktur, osv., og navnlig at undersøge, om det pågældende mineral ikke allerede er beskrevet, men under et andet navn. Kommissionen godkendte i 1965, at tugtupit er et nyt, selvstændigt mineral, ligesom navnet blev godkendt.

Før denne kommission blev nedsat, kunne hvem som helst navngive nye mineraler med det resultat, at nogle af disse senere viste sig at være tidligere beskrevne mineraler under et andet navn. I så fald er det det først givne navn, som gælder. Der er også mange eksempler på, at der er beskrevet nye mineraler på et ikke holdbart grundlag, hvorfor disse mineralnavne senere er blevet forkastet. Det indebærer iøvrigt, at et sådant forkastet mineralnavn ikke senere kan gives til et nyt mineral. Et eksempel er det senere omtalte »erikit« fra Ilímaussaq-komplekset (Bøggild, 1903), som nu vides at være en blanding af flere mineraler.

Navnet tugtupit blev valgt med henblik på, at mineralet på grund af den smukke røde farve kunne tænkes anvendt som smykkesten. Det var derfor vigtigt at finde et markant navn, der henviste til, at det er et grønlandsk mineral. Denne tanke viste sig at være rigtig, idet kongelig hofjuvelerer Ove Dragsted i midten af 1960'erne henvendte sig til mig og spurgte, om der i Grønland fandtes mineraler, som kunne danne grundlag for en lokal smykkeproduktion. Jeg gav ham prøver af bl.a. mineralerne tugtupit og det nedenfor nævnte ussingit, der begge findes i Ilímaussaq-komplekset. Tugtupit viste sig meget velegnet til polering i bl.a. cabochonform. Den dybrøde farve og de indblandede hvide, sorte, grønne og gule mineraler gav smykker et meget karakteristisk farvespil, som ikke kendes i andre smykkesten. Dragsted præsenterede tugtupit som en ny grønlandsk smykkesten på en international gemmologisk konference i Barcelona i 1966 (Dragsted, 1970).

Tugtupit



Fig. 2. Et udsnit af den rigeste forekomst af tugtupit, som hidtil er fundet. De mørkerøde krystaller af tugtupit er indlejret i en åre af albit og analcim. Tændstikken angiver størrelsen af krystallerne. Forekomsten lå i den vestlige del af Kvanefjeldsplateauet, men er nu helt bortsprængt, cf. fig.3.



Fig. 3. Den på fig. 2 viste tugtupitforekomst lå i krateret til højre for personen. Fotografiet er taget i 1979. Siden da er der sket en betydelig større ødelæggelse af området.

Da det stod klart, at tugtupit ville kunne danne grundlag for en lokal smykkeindustri, blev der i samarbejde med hofjuvelerer Dragsted truffet foranstaltninger til at skabe grundlaget for en sådan. Geologerne indsamlede prøver af mineralet, som blev deponeret på Geologisk Museum i København. Tanken var at opbevare en passende prøvemængde, der kunne anvendes til at sætte produktionen i gang, når en organisation, der kunne forestå en lokal smykkeproduktion, var blevet etableret. De bedste forekomster af tugtupit (fig. 2) blev iøvrigt dækket til med jord og mos, når geologerne forlod området, med henblik på at sikre dem for den nye industri. Lokale mineraljægere fik imidlertid nys om sagen, inden rammerne for en smykkeproduktion var blevet skabt. De bedste forekomster blev plyndret under anvendelse af bl.a. dynamit. Det gik så voldsomt til, at store mængder tugtupit blev pulveriseret og dermed tabt for senere anvendelse. Den rigeste forekomst på Kvanefjeldet er nu et dybt krater (fig. 3). Det kan i dag konstateres, at det ikke er lykkedes at etablere en virksomhed, som med tiden kunne inddrage også andre mineraler i en smykkeproduktion. Men en række enkeltpersoner har indsamlet store mængder af tugtupit og andre mineraler, som anvendes til fremstilling af mere eller mindre vellykkede smykker. Dette er imidlertid ikke i overensstemmelse med Mineloven for Grønland, som kun giver de lokale indbyggere i Grønland ret til at indsamle mineraler til eget brug, hvilket der jo helt klart ikke er tale om her. Men det er en sag, det er meget vanskeligt at rette op på.

Tugtupit er nu iøvrigt fundet i en tredje forekomst, nemlig Mont Saint-Hilaire nær Montreal i Canada, hvor det findes som sjældne røde korn i bjergarter af samme type som i Ilímaussaq- og Lovozero-komplekserne (Horváth og Gault, 1990).

Tugtupit

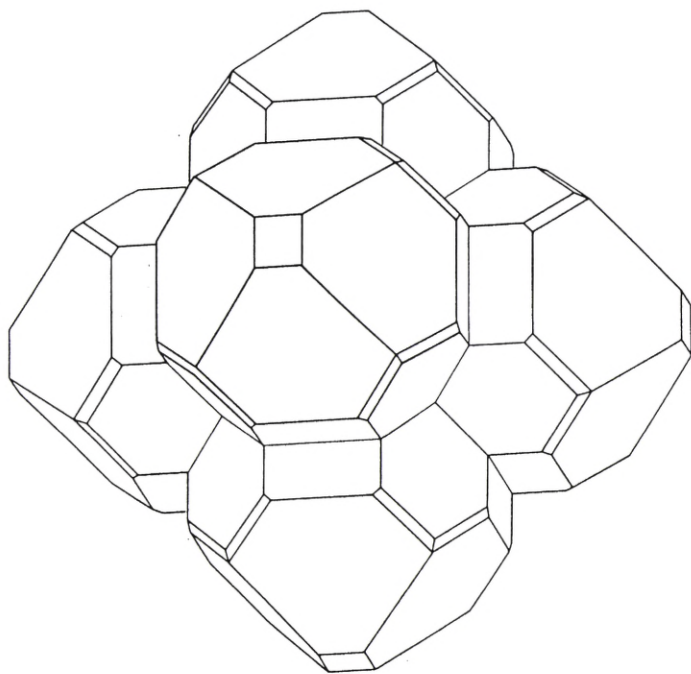


Fig. 4. Tre tetragonale krystaller er vokset ind i hinanden i form af en trillingdannelse. Derved får sammenvoksningen en tilnærmet ydre kubisk symmetri.

Tugtupits mineralogi

Tugtupit er et hvidt til rødt, sjældnere lyseblåt mineral med glasglans. Det findes som sammenvoksninger med andre mineraler og kun undtagelsesvis som veludviklede små krystaller. Mineralets hårdhed er ca. 6, massefylden $2,33 \text{ g/cm}^3$ (Sørensen m.fl., 1971).

Krystalstrukturen er som allerede nævnt meget nært beslægtet med strukturen af før nævnte mineral sodalit (Danø, 1966). Sodalit krystalliserer kubisk, dvs. med tre på hinanden vinkelrette firtals-symmetriakser, mens tugtupit krystalliserer tetragonalt med kun én firtals-symmetriakse. Slægtskabet viser sig bl.a. ved, at tugtupits krystaller har en ydre tilnærmet kubisk symmetri; man siger, at de er pseudokubiske. Det skyldes tvillingdannelse, dvs. at krystalindivider med forskellig krystallografisk orientering er vokset sammen, således at de er indbyrdes symmetriske (fig. 4). Derved får krystallerne den nævnte tilnærmede

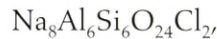
Henning Sørensen

Skema 2. De i artiklen nævnte grundstoffer og deres bogstavtegn

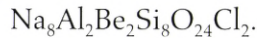
| grundstof | betegnelse | grundstof | betegnelse |
|------------------|------------------|--------------|------------|
| aluminium | Al | kalium | K |
| beryllium | Be | lithium | Li |
| calcium | Ca | mangan | Mn |
| cerium | Ce | natrium | Na |
| chlor | Cl | oxygen (ilt) | O |
| fluor | F | fosfor | P |
| jern | Fe | silicium | Si |
| hydrogen (brint) | H | zirconium | Zr |
| vand | H ₂ O | | |

ydre kubiske symmetri, selvom de enkelte dele af sammenvoksningen har en lavere krystalsymmetri.

Sodalit har den kemiske formel:



mens tugtupit har formelen:



Det ses heraf, at 2 AlAl i sodalit er erstattet af 2 BeSi i tugtupit. Be og Si er fordelt på en ordnet måde i krystalstrukturen, hvilket forklarer tugtupits lavere krystalsymmetri i forhold til sodalit (grundstofbetegnelserne er forklaret i skema 2).

Tugtupit findes ofte som rande omkring et andet berylliummineral, *chkalovit*, men kan også være sammenvokset med korn af gul sodalit. Det findes iøvrigt sammen med og har indeslutninger af de hvide mineraler albit, analcim og lueshit, de gule eller brune mineraler zinkblende og pyrochlor, det sorte mineral arfvedsonit og det grønne mineral ægirin. Dette giver det farvespil, der er et kendetegn for smykkestenen tugtupit.

Tugtupit

De svagt farvede varieteter bliver mere blege i farven, når de opbevares i mørke, men de genvinder farven, når de igen udsættes for sollys eller for røntgenstråling. De kraftigt farvede varieteter kan blive blegere med tiden, men genvinder farven efter kort tids bestråling med langbølget ultraviolet stråling.

Tugtupit viser meget smuk fluorescens ved bestråling med ultraviolet stråling, abrikosfarve til lys cyclamenrød ved langbølget, laksefarvet til mørk cyclamenrød ved kortbølget ultraviolet stråling (Newsome, 1974).

Povarennyhk m.fl. (1971) mener, at tugtupits farve skyldes, at svovl-ioner erstatter chlor-ioner i krystalstrukturen, men der synes også at være andre farvecentre i strukturen.

Hvorfor er tugtupit et sjældent mineral?

Nogle mineraler, som fx kvarts, feldspat og glimmer, findes overalt på Jorden, mens et mineral som tugtupit kun er fundet på de omtalte tre steder og dér oven i købet som et meget sjældent mineral: Ilímaussaq-, Lovozero- og Mont Saint-Hilaire-komplekserne i henholdsvis Grønland, Rusland og Canada. Nogle mineraler, som det nedennævnte naujakasit, er endda kun fundet et eneste sted: Ilímaussaq-komplekset.

Årsagerne hertil må dels søges i den kemiske sammensætning af det geologiske miljø, mineralerne findes i, dels i en kombination af særlige forhold, dengang bjergarterne blev dannet.

Tugtupit og de andre mineraler, der omtales i denne artikel, findes i en type af bjergarter, som den danske geolog N.V. Ussing i 1912 beskrev under navnet *agpaitiske bjergarter*. Navnet er afledt af en lokalitet inden for Ilímaussaq-komplekset, som på Ussings tid blev stavet Agpat; i moderne grønlandsk er stavemåden Appat, men den geologiske betegnelse agpaitisk får ikke sin stavemåde ændret, da den nu er et internationalt anerkendt begreb. Agpat/Appat er det grønlandske navn for fuglearten lomvi.

Ussing foretog i 1900 en geologisk undersøgelse af et stort område i Sydgrønland og kortlagde fx som den første Ilímaussaq-komplekset (Ussing, 1912). Fra slutningen af maj til slutningen af august berejste Ussing et stort område med robåde eller konebåde som transportmiddel.

Han har beskrevet feltsæsonen i et tillæg til publikationen. Det var en beundringsværdig præstation, fysisk som intellektuelt. Ikke blot lykkedes det ham at fremstille et geologisk kort over det geologisk set meget komplicerede Ilímaussaq-kompleks, men også at give en tolkning af kompleksets dannelsesforhold. Såvel kort som tolkning har overlevet den meget mere storstilede geologiske indsats i området, som har fundet sted siden 1950erne, og er stadig en inspirationskilde for alle, der foretager mineralogiske og geologiske undersøgelser i dette område.

Ussing forklarede Ilímaussaq-komplekset som en magmatisk dannelses, dvs. fremkommet ved, at smeltemasser, i geologien betegnet *magmaer*, fra dybet var trængt højt op i jordskorpen, hvor de langsomt størknede under dannelse af Ilímaussaqs bjergarter. Han konstaterede, at disse bjergarter var rigere på alkalimetallerne natrium og kalium end alle andre da kendte bjergarter, lige bortset fra bjergarter, som var beskrevet fra Kola-halvøen af den finske geolog Wilhelm Ramsay i bl.a. det, der nu kaldes Lovozero-komplekset (Ramsay, 1899). Der er tale om nefelinsyenitiske bjergarter. Ussing definerede agpaitiske bjergarter som nefelinsyenitter, hvis kemiske analyse viser, at forholdet

$na + k/al$ er større end eller lig med 1,2,

hvor na , k og al angiver »det relative antal af atomer af natrium, kalium og aluminium« (Ussing, 1912, p. 341). Dette forhold skal forstås på den måde, at natrium, kalium og aluminium er hovedbestanddelene af den mest udbredte mineralgruppe, feldspatterne, som fx alkalifeldspat med den kemiske formel $(Na,K)AlSi_3O_8$, hvor forholdet mellem (Na,K) og Al er 1:1. Feldspatter er hovedminerallerne i Ilímaussaq-kompleksets bjergarter. Når det nævnte forhold er højere end 1, er der altså tale om et overskud af natrium og kalium i forhold til feldspats sammensætning. Sådanne bjergarter med overskud af alkalimetallerne natrium og kalium kalder man i dag for peralkaline.

Senere undersøgelser har vist, at Ussings definition ikke er fuldt dækkende. De agpaitiske bjergarter er ud over at være peralkaline også karakteriseret af at indeholde en række meget sjældne mineraler, som alle er rige på natrium, men derudover også rige på sjældne grundstoffer som lithium, beryllium, zirconium, de sjældne jordarters metaller, og

Tugtupit



Fig. 5. Nordkysten af Tunulliarfikfjorden viser Ilímaussaq-intrusionens østkontakt mod en serie af basaltlavaer. Disse hælder ind mod intrusionen. Toppen af de øverste fjelde består også af basalt, der er rester af det tag af basalt, som dækkede intrusionen, dengang den blev dannet for ca. 1,2 milliard år siden.

mange flere, samt flygtige grundstoffer som chlor og fluor. Der er peralkaline bjergarter mange steder på Jorden, som ikke indeholder sådanne mineraler. Den moderne definition af agpaitiske bjergarter er derfor: Det er peralkaline nefelinsyenitiske bjergarter, der er rige på mineraler med store indhold af natrium, lithium, beryllium, fluor, chlor osv. (LeMaitre, 1989).

Den moderne opfattelse af de agpaitiske bjergarters dannelse er, at de er opstået ved størkning af magmaer rige på de netop omtalte grundstoffer i et lukket system, hvor de flygtige og sjældne grundstoffer ikke har kunnet undvige under magmaets størkning, men er holdt tilbage i de mineraler, der er karakteristiske for denne bjergartstype. De vigtigste af disse er det røde mineral eudialyt og det brune mineral rinkit (se skema 1). I Ilímaussaq-komplekset kan man let forestille sig, at dette har været

tilfældet, idet de agpaitiske bjergarter dér var dækket af et tæt »tag« af basaltiske lavaer (fig. 5).

Et heldigt fund på vulkanøen Tenerifa har givet uvurderlige oplysninger om den kemiske sammensætning af de magmaer, som agpaitiske bjergarter udvikles fra. Et brudstykke af en nefelinsyenit fundet i vulkanske udbrudsprodukter er tolket som materiale, der er blevet slynget ud fra et dybereliggende magmakammer, inden det var helt størknet. Det indeholder partier af vulkansk glas, der er dannet ved den hurtige størkning af den resterende smelte under vulkanudbruddet, og som derfor har denne smeltes oprindelige kemiske sammensætning. Nefelinsyenitten indeholder agpaitiske mineraler, glasset har ekstremt høje indhold af bl.a. natrium, fluor, chlor og zirconium. Der er fx op til 16 % Na₂O, det højeste indhold i nogen kendt bjergart (Wolff og Toney, 1993). Indholdet er så højt, at Ussings forhold,

$$\text{na} + \text{k/al} \text{ er større end } 2,$$

det højeste målt i nogen bjergart.

Dette støtter den tidligere fremførte tolkning af Ilímaussaq-komplekset, som dannet ved størkning af magmaer med ekstremt høje indhold af natrium og sjældne og flygtige grundstoffer i et magmakammer, hvis tag var så stærkt, at disse grundstoffer blev tilbageholdt i smelten (Larsen og Sørensen, 1987). I hovedstørkningsfasen dannedes mineraler som sodalit og eudialyt sammen med feldspat, nefelin, ægirin og arfvedsonit, for at nævne de vigtigste mineraler.

Forholdene under størkningen af Ilímaussaqs bjergarter var mere ekstreme end de forhold, der rådede under dannelsen af Lovozero- og Mont Saint-Hilaire-komplekserne. Det ses fx af, at mineralet naujakasit, der er et vigtigt bjergartsdannende mineral i nogle af Ilímaussaqs bjergarterne, ikke kendes fra andre forekomster.

Naujakasit har den kemiske sammensætning:



dvs. de almindelige bjergartsdannende grundstoffer natrium, jern, mangan, aluminium, silicium og oxygen, samt vand. Mineralet ses at

Tugtupit

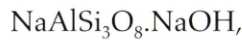
erstatte hovedmineralet nefelin, NaAlSiO_4 , i nogle af bjergarterne, dvs. at magmaet i løbet af størkningsprocessen fik så høje indhold af natrium, jern, silicium og vand, at nefelin ikke længere var stabilt. I stedet dannedes mineralet naujakasit, der kunne optage de høje indhold af de nævnte grundstoffer. Det at naujakasit ikke findes i forekomsterne af agpaitiske bjergarter på Kola-halvøen og i Canada viser, at de magmaer, der var årsag til dannelsen af Ilímaussaqs bjergarter, havde en ekstrem kemisk sammensætning.

Indholdet af natrium, beryllium, fluor osv. i smelterne var imidlertid så højt, at de bjergartsdannende mineraler ikke kunne rumme det. I løbet af størkningsprocessen udskiltes derfor en fluid fase, som ikke kunne slippe væk, fordi størkningen foregik i et lukket rum. Det skal her indskydes, at det sædvanlige tilfælde er, at de flygtige faser afgives til omgivelserne fra størknende magmaer under dannelse af mineraliseringer med flussspat og mineraler med fx kobber, zink og bly. I Ilímaussaq, Lovozero og Mont Saint-Hilaire blev disse fluide faser derimod tilbageholdt i magmakammeret. De havde så store indhold af fx natrium og fluor, at mineralet *villiaumit*, NaF , blev udfældet i store mængder i sene faser af størkningsprocessen. Villiaumit er opløseligt i vand og findes derfor kun i boreprøver og mineskakter, i Ilímaussaq fra dybder, der ligger mere end 50 m under den nuværende overflade.

Også det vandopløselige mineral *natrosilit*, $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, blev udfældet i de sene stadier af størkningen. Det er fundet i miner i Lovozero, hvor der foregår brydning af mineraler med det sjældne metal niob, idet natrosilit skal indsamles umiddelbart efter at der er foretaget sprængninger, da det ellers går i opløsning og forsvinder. I Ilímaussaq er det endnu ikke lykkedes at indsamle dette mineral, men vi ved fra vandanalyser, at det har været der (Sørensen, 1982).

Det ovennævnte formodede mineral *erikit* fortæller også, at der har været et stadium med natriumrige mineraler i Ilímaussaq- og Lovozero-bjergarternes størkningsforløb. Det blev af Bøggild (1903) og Gerasimovskij (1937) beskrevet som et omdannet ukendt mineral, men blev senere vist at være en blanding af mineralet monazit og flere vandholdige natrium-aluminium-silicatmineraler (Danø og Sørensen, 1958). Det er nu af en ung russer, Igor Pekov, som er en af deltagerne i et

dansk-fransk-russisk mineralogisk projekt, vist at være et omdannelsesprodukt af det natriumrige mineral *vitusit*, $\text{Na}_3\text{Ce}(\text{PO}_4)_2$. Vitusit er en bestanddel af nogle af bjergarterne i Ilímaussaq og Lovozero. »Erikite« findes i nogle varieteter af disse bjergarter; dets tilstedeværelse viser, at der i løbet af størkningen er sket et tab af bl.a. natrium, hvorved vitusit er blevet omdannet til erikite. Dette tab er formentlig årsagen til dannelsen af de mineralårer i Ilímaussaq og de to andre nævnte komplekser, hvor mineralet tugtupit findes. Det er årer, der findes i de tidligst størknede bjergarter af komplekserne, og som er opstået ved udfyldning af sprækker i disse. Disse sprækker er dannet ved at netop størknede, meget varme magmabjergarter skrumper, efterhånden som de afkøles; skrumpningen udløser sprækkedannelsen. De ovennævnte natriumrige fluider, der frigøres fra de endnu ikke helt størknede magmaer, afkøles hurtigt, når de kommer ud i sprækkerne og udfælder deres indhold af natrium og andre opløste stoffer i bl.a. mineralet tugtupit. Et andet mineral fra det sene stadium er *ussingit*,



der i forhold til det almindelige feldspatmineral *albit*, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, ses at have et overskud af natrium som udtryk for fluidernes store indhold af dette grundstof.

Den kemiske sammensætning af tugtupit kan skrives:



hvilket angiver, at det er dannet i et miljø, der var karakteriseret af store indhold af natrium og chlor. Dette gælder også for dannelsen af det langt mere udbredte mineral *sodalit*, der fx udgør mere end 50% af nogle af bjergarterne i den øverste del af Ilímaussaq-komplekset, men som iøvrigt kendes fra mange forekomster Jorden over. At tugtupit er et sjældent mineral, skyldes derfor ikke blot dannelsen i et miljø rigt på natrium og chlor, men desuden tilstedeværelsen af et højt indhold af det meget sjældne grundstof beryllium, et grundstof der netop findes meget af i agpaitiske bjergarter.

Tugtupit er dannet sent i årernes historie, hvilket bl.a. ses af, at

Tugtupit

kornene af tugtupit ofte har indeslutninger af og findes som rande omkring korn af et andet berylliummineral *chkalovit*, $\text{Na}_2\text{BeSi}_2\text{O}_6$. Chkalovit er dannet sammen med ussingit i et tidligt natriumrigt stadium, mens tugtupit er samtidigt med albit og analcim i et senere, mindre natriumrigt stadium.

Mineralet tugtupit er således ikke blot en særpræget og populær smykkesten, men det fortæller flere historier: hvordan en ny smykkesten opdages, hvorledes menneskets griskhed har stillet sig i vejen for en samfundsmæssig udnyttelse af denne nye smykkesten, men ikke mindst, det bidrager også til at udrede og fortælle en spændende geologisk historie.

Efterskrift

Under et besøg i Narsaq i sommeren 1996 kunne jeg iagttage, at tugtupit stadig er genstand for stor interesse, så stor, at der ligefrem nu knyttes et »gammelt« sagn til mineralets oprindelse: »Pigen Tutto (Tugto) gik ud i fjeldet for at føde i ensomhed. Dér, hvor blodet faldt, opstod tugtupit«. Dette er interessant i betragtning af, at mineralet var ukendt for almenheden indtil midt i 1960erne. Betydningen af tugtupit ses også af, at nogle udenlandske turistbøger om Narsaq kun nævner, at det er dér, man finder tugtupit. Man kan som besøgende i Narsaq ikke bevæge sig mange skridt, før man får tilbudt et stykke tugtupit, oftest til en ublu pris, og mange af byens borgere fremstiller smykker af mineralet. Dygtige lokale mineraljægere har været i stand til løbende at finde nye forekomster, således at der synes at være en ganske stor mængde af mineralet i omløb. Hele smykkefremstillingen præsteres af enkeltmandsforetagender. Den del af produktionen, der afsættes gennem forretninger, m.m., giver skattepenge til det grønlandske samfund, men det må antages, at en stor del af omsætningen unddrages beskatning. Det fik mig til igen at tænke på initiativet, der i 1960erne forsøgte at skabe en egentlig lokal smykkeindustri, men som blev overhalet af det private initiativ. Jeg håber, at det i lignende fremtidige tilfælde vil lykkes at regulere produktionen til glæde for det grønlandske samfund.

Litteraturhenvisninger

- Appel, P.W.U. & Jensen, Aa. (1987) A new gem material from Greenland: iridescent orthoamphibole. *Gems & Gemmology* 23, 36.
- Brooke, H.S. (1823) A description of some new minerals. *Thomson's Annals of Philosophy* 21 (2nd series vol 5), 381.
- Bøggild, O.B. (1903) On some minerals from the nephelite-syenite at Julianehaab, Greenland (erikite and schizolite). *Meddelelser om Grønland* 26, 93-139.
- Danø, M. (1966) The crystal structure of tugtupite – a new mineral, $\text{Na}_8\text{Al}_2\text{Be}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{Cl},\text{S})_2$. *Acta Crystallographica* 20, 812-816.
- Danø, M. & Sørensen, H. (1959) An examination of some rare minerals from the nepheline syenites of south west Greenland. *Meddelelser om Grønland* 162,5, 35 sider.
- Dragsted, O. (1970) Tugtupite. *The Journal of Gemmology* 12, 10-11.
- Gerasimovsky, V.I. (1937) Erikite from the Lovozersky Tundras. *Transactions Lomonosov Institute of the Academy of Sciences of the USSR* 10, 29-36. (på russisk).
- Gübelin, E.J. (1979) Fiskenäset Rubinorkommen auf Grönland. *Lapis* 4,19.
- Horvath, L. & Gault, R.A. (1990) The Mineralogy of Mont Saint-Hilaire, Quebec. *Mineralogical Record* 21, 284-359.
- Jensen, Aa. & Petersen, O.V. (1982) Tugtupite: a gemstone from Greenland. *Gems & Gemmology* 18, 90-94.
- Larsen, L.M. & Sørensen, H. (1987) The Ilímaussaq intrusion – progressive crystallization and formation of layering in an agpaitic magma. *Journal Geological Society London, Special Publication* 30, 473-488.
- Le Maitre, R.W., redaktør (1989) *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 193 sider.
- Newsome, D. (1974) Some notes on tugtupite. *Journal of Fluorescent Mineral Society*, 1974-issue, 28-30.
- Petersen, O.V. (1978) The twin formation of tugtupite, a contribution. *Mineralogical Magazine* 42, 251-254.
- Petersen, O.V. and Secher, K. (1993) *The Minerals of Greenland*. *Mineralogical Record* 24,2, 65 sider.
- Povarennykh, A.S., Platoniv, A.N., Tarashchan, A.N. & Belichenko, V.P. (1971) The colour and luminescence of tugtupite (beryllosodalite) from Ilímaussaq, South Greenland. *Meddelelser om Grønland* 181, 14, 12 sider.
- Ramsay, W. (1899) *Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola II*. *Fennia* 15, 2, 27 sider.
- Rønso, J., Khomyakov, A.P., Semenov, E.I., Voronkov, A.A. & Garanin, V.K. (1979) Vitusite – a new phosphate of sodium and rare earths from the Lovozero alkaline massif, Kola, and the Ilímaussaq alkaline intrusion, South Greenland. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 137, 42-53.
- Secher, K., Nielsen, B.L. og Knudsen, N.Ø. (1981) *Grønlands Smykkesten*. *Tidsskriftet Grønland* 29. årg 4-5. Genoptrykt af Kongelige Grønlandske Handel i en dansk udgave med samme titel og en grønlandsk udgave med titlen Kalaallit Nunaata ujarai pinnersaatissat.

Tugtupit

- Semenov, E.I. & Bykova, A.V. (1960) Beryllsodalite. Doklady Akademii Nauk SSSR 133, 1191-1193. (på russisk).
- Sørensen, E. (1982) Water-soluble Substances in Kvanefjeld Lujavrite. Risø Report, 5 sider.
- Sørensen, H. (1960) Beryllium minerals in a pegmatite in the nepheline syenites of Ilímaussaq, South West Greenland. Report of the 21st International Geological Congress, Norden, 1960, 17, 31-35.
- Sørensen, H. (1963) Beryllium minerals in a pegmatite in the nepheline syenites of Ilímaussaq, South West Greenland. Report of the 21st International Geological Congress, Norden, 27. Contributions to Discussions, 157-159.
- Sørensen, H., Danø, M. & Petersen, O.V. (1971) On the mineralogy and paragenesis of tugtupite $\text{Na}_8\text{Al}_2\text{Be}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{Cl},\text{S})_2$ from the Ilímaussaq alkaline intrusion, South Greenland. Meddelelser om Grønland 181,13, 38 sider.
- Thomson, T. (1811) A chemical analysis of sodalite, a new mineral from Greenland. Transactions Royal Society Edinburgh 6, 387-395.
- Ussing, N.V. (1912) Geology of the Country Around Julianehaab, Greenland. Meddelelser om Grønland 38, 426 sider.
- Wolff, J.A. & Toney, J.B. (1993) Trapped liquid from a nepheline syenite: a re-evaluation of Na-, Zr-, F-rich interstitial glass in a xenolith from Tenerife, Canary Islands. Lithos, 29, 285-293.

Fig. 6. Tugtupit monteret i halskæde.

