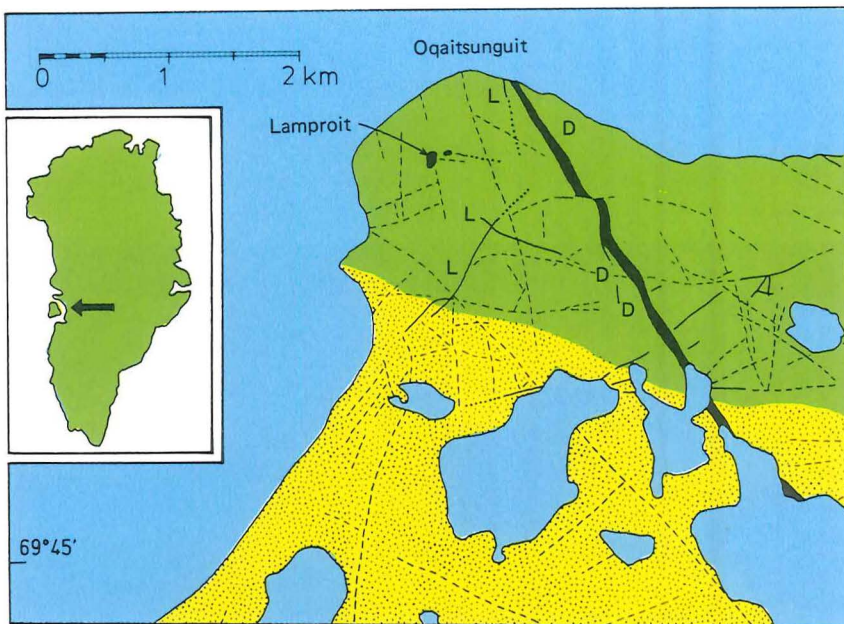


# Naturlige superellipsoider

af Lilian Skjærnaa

I 1989 deltog artiklens forfatter i Grønlands Geologiske Undersøgelses kortlægningsprojekt i Disko Bugt-området ca. 60 km nord for Ilulissat/Jakobshavn i Vestgrønland. Den 22. juli havde jeg sammen med min assistent Lis Friberg brugt det meste af dagen til at kortlægge geologien på forbjergtet Oqaitsunguit. Dette forbjerg består af en magmatisk bjergart, som er 2800 millioner år gammel og som tidligere blev kaldt Atâ granit.



Figur 1. Kortet viser beliggenheden af lamprofyrforekomsten på forbjergtet Oqaitsunguit. Grøn farve er udeformeret Atâ granit mens den gule farve er deformerede graniter og gnejsler. Linier markeret med 'L' er lamprofyrgange, og linier markeret med 'D' er doleritgange.

Bjergarten, der er magmatisk lagdelt, indeholder mange mindre årer og smågange af pegmatit og aplit, men ellers er den ret ensartet. Den er dog stedvis også gennemsat af yngre doleritgange og nogle ultramafiske gange.

Det var aftalt, at projektets helikopter skulle komme og hente os på et aftalt sted og flyve os tilbage til lejren, men der var lige tid til en tur op over en bjergknold for at konstatere - troede vi - at også denne knold bestod af den sædvanlige granitiske bjergart. Stor var overraskelsen derfor, da knolden viste sig at indeholde en højst usædvanlig bjergart, der med sin bronzebrune farve og glimtende overflade allerede på afstand skilte sig ud fra omgivelserne.

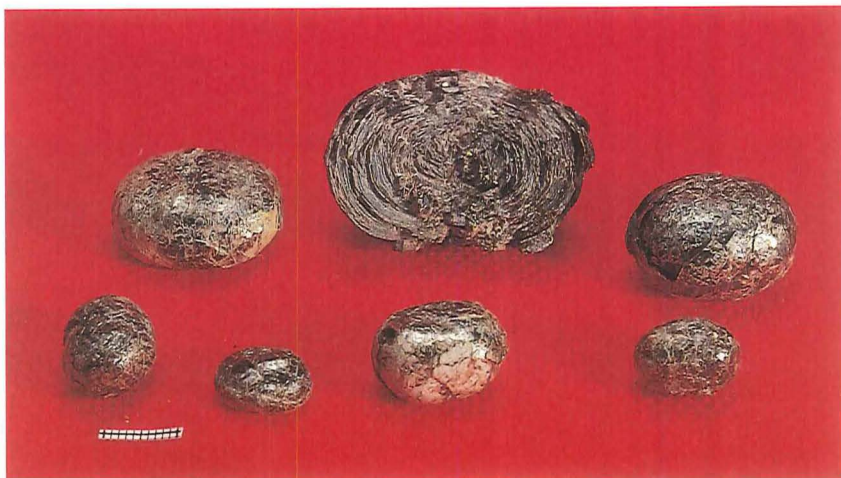
Ved nærmere eftersyn viste forekomsten sig at være endog særdeles exceptionel. Selve bjergarten bestod overvejende af phlogopit - et glimmermineral - som gav den bronzebrune farve og glimtende spalteflader. Phlogopitten lå som uorienterede, op til 0,5 cm lange korn, der mere eller mindre fuldstændt havde den flade, sekskantede form, som er normal for glimmermineraller. Hvad der dog overraskede mest var, at der spredt i bjergarten sad 0,5–6 cm lange korn, ligeledes af phlogopit. Disse havde ikke den sædvanlige pladeform, man var derimod ellipsoide- eller nærmere superellipsoideformede. Hverken vi eller nogle af de andre ekspeditionsdeltagere havde nogen sinde set eller hørt om phlogopit med en sådan form.

Nogle steder sad flere superellipsoider sammen i en klump, men de fleste sad enkeltvis med en indbyrdes afstand fra nogle få cm til dm. Mange var blevet frigjort ved forvitring og lå skyllet sammen i smålavninger, hvor de mest af alt lignede chokoladeæg i en skål. Nogle var også skåret over i forbindelse med forvitringen, så man kunne se, at de var koncentrisk opbyggede.



Figur 2. Lamproit med tætliggende phlogopit superellipsoider. Øverst til højre ses en del af en xenolit.





*Figur 3. Et udvalg af superellipsoider. Bemærk den koncentriske opbygning, som ses i den halve ellipsoide bagest i midten.*

Den eftermiddag, da forekomsten blev opdaget, var der kun tid til en overfladisk undersøgelse. Det blev konstateret, at phlogopitbjergarten findes i to adskilte områder med en indbyrdes afstand på ca. 20 m. Det største område er ca.



*Figur 4. Lamproit-lokaliteten set fra helikopter. Det lille vandhul er omtrent 10 meter bredt og ligger i kanten af den mørke lamproit, som grænser op mod lysere granodiorit i begge sider af billedet.*

75 x 50 m og det mindste ca. 10 x 15 m. Grænserne mod den omgivende bjergart er stejle, og mange stumper af denne sidesten findes som xenoliter i phlogopitbjergarten, hvor de er blevet kraftigt omdannet ved en kemisk og termisk påvirkning fra denne.



*Figur 5. Sidestensfragment (en xenolit) med strålet kalium-magnesium-arfvedsonit.*

Som nævnt er phlogopitbjergarten bronzebrun, men mod randen bliver den mere blågrøn. Dette er tydeligvis en følge af, at det magma, som ved sin krystallisation dannede forekomsten, ved randen er blevet blandet med opsmeltet sidesten. Det var således fra start af klart, at der var tale om to intrusive legemer, eller måske om en enkelt forgrenet lodret intrusion, en såkaldt stok.

Der blev kun mulighed for endnu et kort besøg på lokaliteten senere på sommeren, hvor der blev tegnet en kortskitse og indsamlet flere prøver. Det var i øvrigt en besværlig affære, da bjergarten er så blød og smuldrende, at det næsten er umuligt at slå et ordentligt stykke af med hammeren.

Siden fundet af denne usædvanlige bjergart og de endnu mere usædvanlige superellipsoider, er begge dele blevet underkastet mikroskopiske undersøgelser, og der er udført kemiske analyser af såvel bjergarten som af de enkelte mineraler. Endelig er der foretaget aldersbestemmelser af bjergarten. Samtidig blev der søgt efter oplysninger om tilsvarende forekomster i litteraturen og ved henvendelse til forskere, der kunne formodes at sidde inde med sådanne oplysninger. Resultatet var magert, kun et eksempel på en forekomst med tilsvarende 'phlogopit-æg' synes at være kendt, det er en forekomst i Canada, men 'æggene',

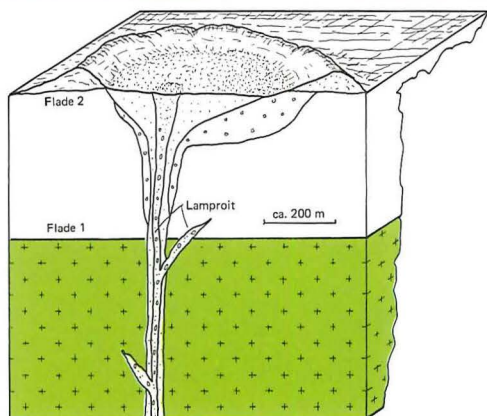


som de her kaldes, ligger i en noget anden bjergartstype. Desværre foreligger der kun en særdeles kortfattet beskrivelse derfra.

Ved et besøg i Geologisk Museums magasin i København viste det sig, at man der har opbevaret et enkelt eksemplar af en phlogopit superellipsoide, helt svarende til de, der er fundet ved Oqaitsunguit. Desværre kendes der ikke noget til dens oprindelse eller fundsted.

De indtil nu foretagne undersøgelser har vist, at phlogopitbjergarten er en såkaldt lamproit, omend en temmelig usædvanlig variant. Lamproiter forekommer som lavaer, som gange og - som på Oqaitsunguit - i mindre rørformede intrusioner, der nok ofte er de oprindelige tilførselskanaler til nu borteroderede vulkaner.

Lamproit er betegnelsen for en gruppe mafiske og ultramafiske bjergarter, der indeholder meget, ofte endda særdeles meget, kalium og magnesium. Sammen med blandt andet kimberlitterne tilhører de den såkaldte lamprofyryrklan. Lige som kimberlitterne kan lamproiterne være diamantførende, hvilket viser, at de stammer fra stor dybde i Jorden, idet diamanter kun dannes ved trykforhold som det, der findes mere end 150 km under overfladen.



Figur 8. Skematisk snit gennem en lamproitvulkan. Forekomsten på Oqaisunguit kan svare til, at området er eroderet ned til flade 1 på tegningen. Flade 2 er så den 1750 millioner år gamle erosionsoverflade. Lagserien mellem flade 1 og 2 kan have bestået af granit, lava eller sedimenter, der nu er eroderet bort. Grøn farve angiver Atâ granit.

Den lamproit, der danner matrix for superellipsoiderne ved Oqaitsunguit, består af mere end 50% phlogopit. De øvrige mineraler er feldspatten mikroklin, to forskellige amfiboler (kalium-richterit og kalium-magnesium-arfvedsonit), to pyroxener (ægirin-augit og diopsid), kalcit og endelig apatit samt små mængder titanit og rutil.

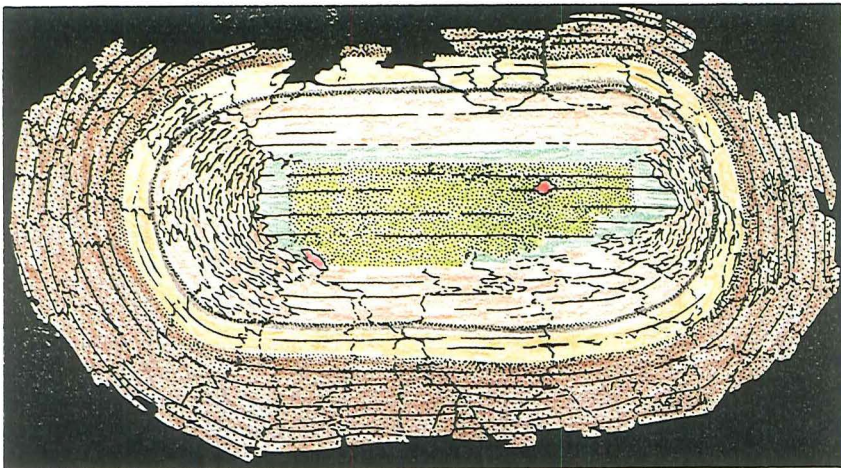
Det store indhold af phlogopit er usædvanligt. 'Normale' lamproiter indeholder kun op til 25%. Endnu mere usædvanligt er det, at bjergarten indeholder mikroklin. Det er langt mere almindeligt, at lamproiter indeholder feldspatoiden leucit, og i de få tilfælde, hvor der er feldspat til stede, er det normalt sanidin.

Også kornstørrelsen gør Oqaitsunguit lamproiten usædvanlig. De fleste lamproiter er finkornede, men som allerede nævnt er kornstørrelsen af phlogopiten op til 0,5 cm, foruden de endnu større superellipsoider. Mikroklin og amfibol danner helt op til 2 cm store korn, der omslutter de øvrige mineraler, og derfor må de være dannet sent i krystallisationsforløbet.

Kemisk adskiller Oqaitsunguit lamproiten sig fra andre lamproiter især ved at indeholde relativt lidt siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) og titaniumdioxid ( $\text{TiO}_2$ ), nemlig henholdsvis 39% og 1,3%. Dette kan sammenholdes med et gennemsnit for 846 lamproiter fra hele verden på  $\text{SiO}_2 = 51\%$  og  $\text{TiO}_2 = 4,1\%$ . Især det lave  $\text{TiO}_2$ -indhold er overraskende, blandt andet fordi der findes titanit i bjergarten. Det skyldes, at såvel phlogopiten som amfibolerne er usædvanligt titanfattige af lamproitminerale at være.

Oqaitsunguit lamproiten er også relativ fattig på grundstofferne jern, natrium og vanadium, men er til gengæld forholdsvis rig på magnesium, nikkel, strontium og krom.

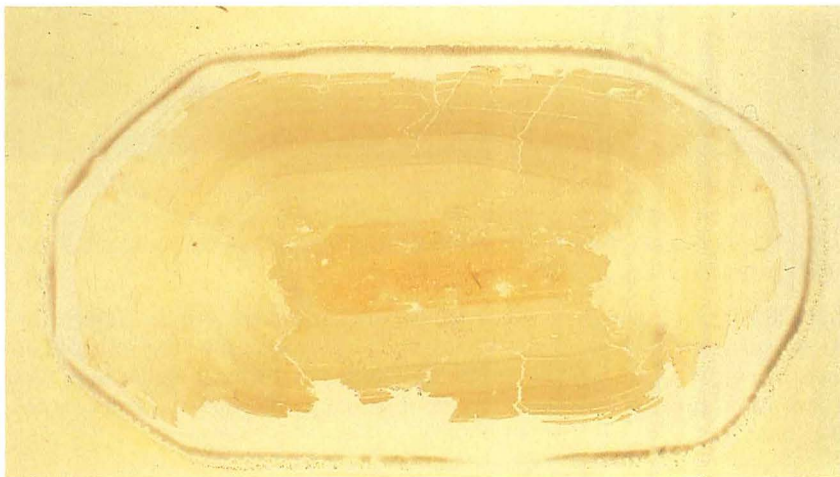
Endelig er der Oqaitsunguit lamproiten meget gammel. Kalium-argon aldersbestemmelser på phlogopit (dels fra matrix og dels fra en superellipsoide) gav begge en alder på ca. 1750 millioner år, hvilket gør Oqaitsunguit lamproiten til den ældste daterede lamproit, mens den hidtil ældste 'kun' er ca. 1300 millioner år gammel.



Figur 7. Tegning af en gennemskåret superellipsoide (samme som i fig. 8 og 9). Det centrale korn er vist med grønne farver, skal-kornet med gulbrune og orange farver. De forskellige farvenuancer viser den zonare opbygning af kornene. Små inklusioner af calcit er vist med rødt. Tegning: René Madsen.

### Superellipsoiderne

Hver superellipsoide består i hovedsagen af kun to phlogopitkorn. I midten af superellipsoiden ligger et større eller mindre centralt korn, som er normalt udviklet med den for glimmerminerale typiske pladeformede krystalform. Dette centrale korn omslutes af en skal eller kappe af phlogopit, der også udgøres af kun et korn med en højst usædvanlig kurvet krystalform. At skallen kun består af et korn, ses af, at spalteridser og zonaritet kan følges kontinuert hele vejen rundt i kornet, når det ses i mikroskop. Der, hvor krumningerne er størst, er kornet dog opdelt i subkorn, det vil sige områder med op til  $10^{\circ}$  forskel i orienteringen i krystalgitteret mellem to naboer. Omkring enderne af det centrale korn er krumningen størst, og der er subkornene små og langstrakte parallelt med grænsen til det centrale korn. Længere ude har grænserne mellem de mindre korn et radierende sik-sak-forløb. Inden for hvert subkorn kan krystalgitteret bøje op til  $5^{\circ}$ .

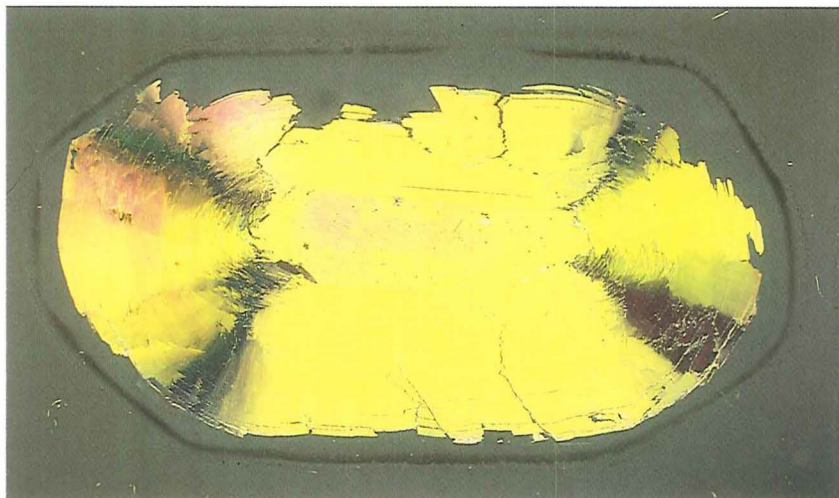


*Figur 8. Tyndslib af superellipsoide (samme som i figur 9) set i plant lys. Her ses den zonare opbygning af såvel de centrale korn som skal-kornet. Zonariteten giver sig til kende ved farveforskelle, der skyldes små kemiske variationer imellem zonerne.*

Den ydre form af superellipsoiderne varierer og er styret af formen og størrelsen af det centrale korn og af tykkelsen af skal-kornet, men det er stadigvæk et uopklaret mysterium, hvordan og hvorfor phlogopit superellipsoiderne i Oqait-sunguit er dannet. Deres fuldendte form og deres ringe indhold af indeslutninger af andre mineraler viser, at de er dannet tidligt i magmaets størkningsforløb. Kun i enkelte tilfælde er deres form blevet delvis beskadiget, ved at andre korn har presset sig ind i dem under den fortsatte krystallisation. Sandsynligvis er de centrale korn dannet som strøkorn i smelten, og formentlig som følge af gas-



strømninger sat i roterende bevægelse, hvorved deres fortsatte vækst er sket ved koncentrisk krystallisation af de ydre skaller.



Figur 9. Tyndslib af superellipsoide (samme som i figur 8) set i polarisationsmikroskop med krydsede nicoller. Her ses subkornene som områder med lidt forskellig indbyrdes farver. De vifteformede udsukkede områder viser bøjningen i krystalgitteret.

Det bliver spændende at se, om andre tilsvarende superellipsoider dukker op i de kommende år. I så fald vil det nok ske i ubeboede egne eller i forbindelse med minedrift eller lignende. Superellipsoiderne er alt for iøjnefaldende til at kunne være forblevet upåagtede, hvis de forekom på steder, hvor mange mennesker færdedes.

### Efterskrift

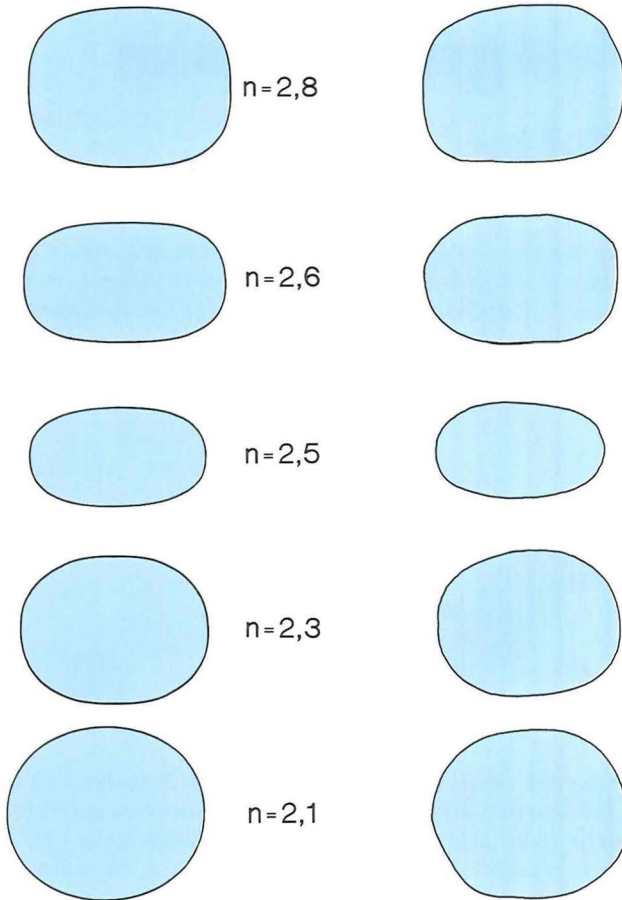
Superellipser er navngivet af Piet Hein og er kurver, hvis form ligger mellem ellipsens og rektanglets. De hører til den familie af kurver, der kaldes Lamé's kurver, og hvis generelle formel er:

$$\left| \frac{x}{a} \right|^n + \left| \frac{y}{b} \right|^n = 1,$$

hvor a og b er længderne på de to halvaksler. Når  $n = 2$  er formen en ellipse, og når  $n = \infty$ , er det et rektangel. Superellipserne har  $n > 2$ .

Piet Heins superæg er en omdrejningsellipsoide, som er fremkommet ved rotation omkring storaksen (den længste akse) af en superellipsoide med  $n = 2,5$ .





Phlogopit-superellipsoiderne er ikke omdrejningsellipsoider, men har tre hovedakser med forskellig længde. Figuren viser til højre nogle snit gennem fire phlogopit-superellipsoider fra lamproiten på Qoaitsunguit. I venstre række vises konstruerede superellipses med samme akselængder og med  $n$ -værdier, der svarer bedst muligt til de målte i phlogopit-ellipsoiderne. Det ses, at  $n$ -værdierne varierer fra 2,1 til 2,8. De to målte superellipsoider øverst til højre er snit gennem samme phlogopit-superellipsoide parallelt med henholdsvis største og mellemste akse og parallelt med største og mindste akse. De resterende tre målte ellipsoider viser snit parallelt med største og mellemste akse på forskellige superellipsoider. Rentegning: René Madsen.