

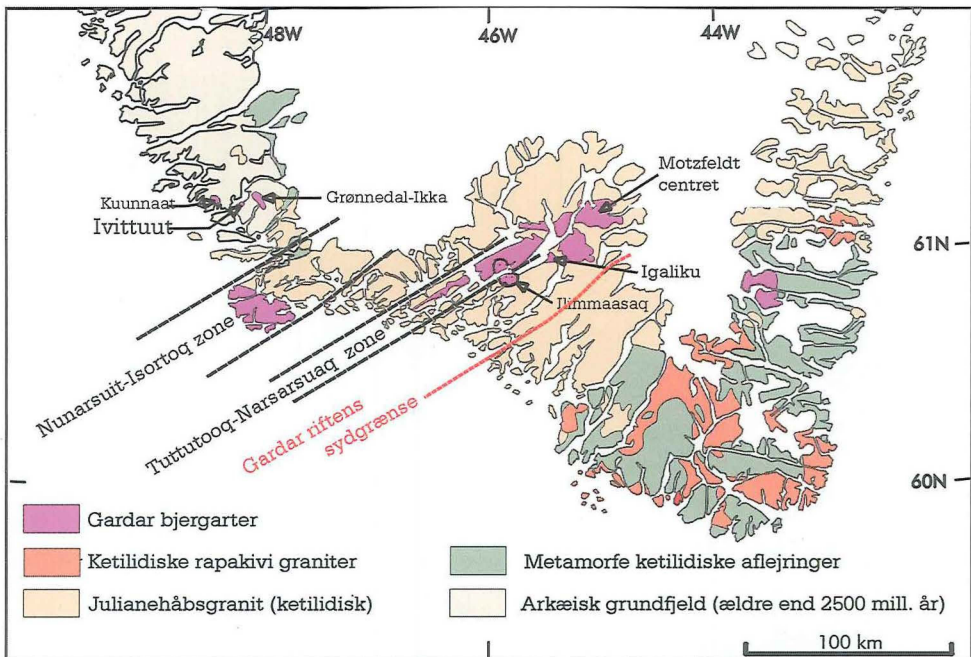
Gardar riften i Sydgrønland

Lotte Melchior Larsen

I Sydgrønland dannedes i mellem-proterozoisk tid, for ca. 1.350-1.100 millioner år siden, en riftzone i kontinentet. Riftzonen kaldes for Gardar riften, og de bjergarter, der dannedes i den, Gardar provinsen. Gardar er navnet på nordboernes bispesæde, det nuværende Igaliku.

Gardar provinsens bjergarter omfatter en serie af sandsten og lavaer og især en række magmatiske intrusioner i form af langstrakte gange samt større og mindre intrusioner af afrundet form (centralintrusioner).

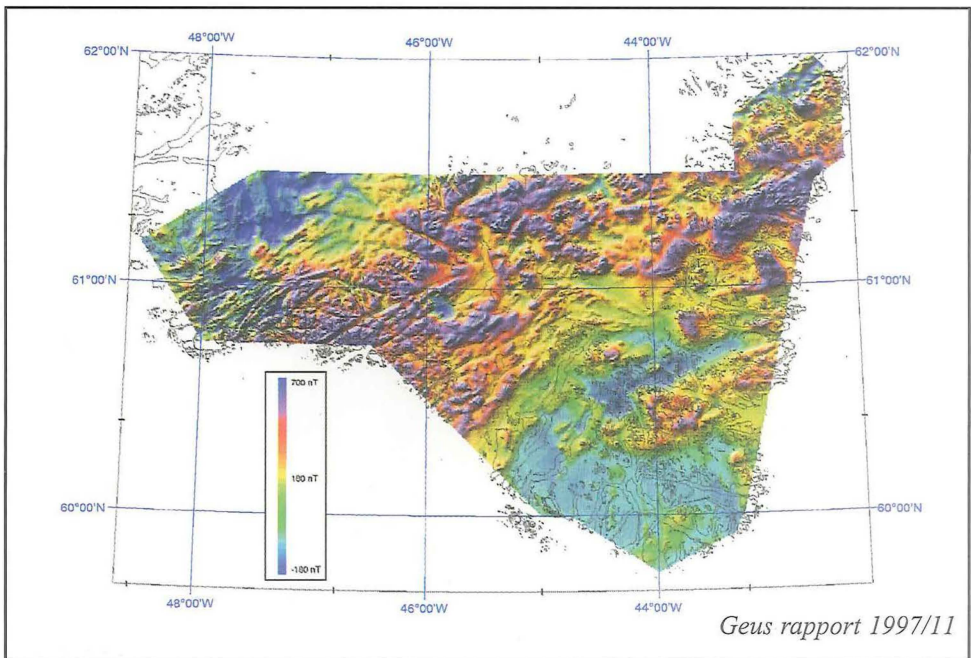
Centralintrusionerne dannedes ved krystallisation af smelter i magma-kamre i den øvre jordskorpe ca. 2-5 km under den daværende overflade. I flere tilfælde udviklede smelterne i de sidste stadier af krystallisationen



Figur 1. Forenklet geologisk kort over Sydgrønland visende udbredelsen af de 1.350-1.100 mill. år gamle Gardar bjergarter. Sydgrønland var før dannelsen af disse involveret i den ketilidiske bjergkædedannelse for 1.855-1.730 mill. år siden. Modificeret efter GEUS, 1997.

ekstreme og meget usædvanlige berigelser af sjældne grundstoffer. Disse danner nogle steder økonomisk interessante forekomster. De bedst kendte eksempler er kryolitforekomsten ved Ivittuut (Ivigut), forekomsterne af grundstofferne uran og thorium (i mineralet steenstrupin) samt zirkonium og yttrium (i mineralet eudialyt) i Ilimmaasaq (Ilimaussaqa) komplekset, smykkestenen tugtupit sammesteds, samt forekomsten af niobium (i mineralet pyroklor) i Motzfeldt centret.

Flere intrusioner indeholder et væld af sjældne og i nogle tilfælde enestående mineraler, og det er derfor ikke så mærkeligt, at Gardar provinsens bjergarter har påkaldt sig interesse og undersøgelser helt tilbage fra før århundredeskiftet. Et eksempel på en forekomst, der er enestående på Jorden, er kryoliten ved Ivittuut, der til dato er den eneste Gardar forekomst, der har været genstand for økonomisk udnyttelse i industriel skala. Et andet eksempel er Ilimmaasaq med over 200 forskellige mineraler hvoraf flere for første gang er beskrevet fra Ilimmaasaq, og nogle kun kendes derfra.

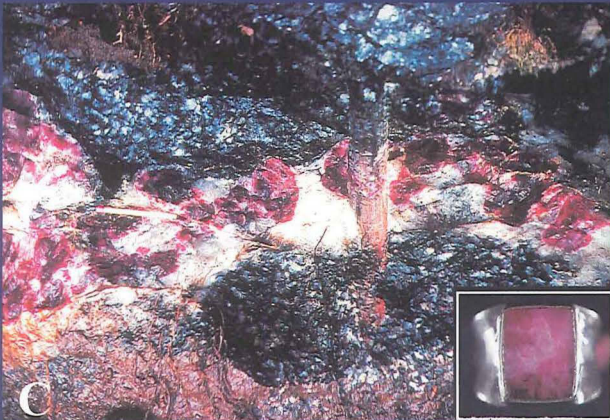


Figur 2. Aeromagnetisk kort over Sydgrønland. Skalaens nT står for nanno-Tesla, den magnetiske måleenhed. Rødlige og violette farver angiver stærkt magnetiske områder, mens blå angiver svagt magnetiske. Sammenlign med figur 1; se også tekst.

Gardar riftens anlæggelse

Gardar riftens strukturer har et ensartet sydvest-nordøst rettet forløb. Denne retning er den dag i dag den mest fremtrædende i området og følges af de fleste større fjorde (figur 1). Riften er anlagt på den eroderede overflade efter en tidligere bjergkædefoldning i området - den ketilidiske bjergkæde - formodentlig dannet ved en Andes-type kollision mellem et kontinent og et ocean dateret til 1.855-1.730 millioner år. Gardar rift-dannelsen har i høj grad benyttet sig af de eksisterende ketilidiske strukturer. Det er et velkendt geologisk fænomen, at et område, der tidligere har været udsat for sammentrykning og foldning under en kollision, senere udsættes for strækning med påfølgende riftdannelse og muligvis endda fornyet kontinentadskillelse. Genbrug af gamle strukturer langs pladegrænser spiller en stor rolle for disse fænomener.

Gardar riften forsvinder ud i Labradorhavet i vest og sydvest og ind under Indlandsisen i øst. På Grønlands østkyst på den anden side af Indlandsisen er retningen sydvest-nordøst ikke fremtrædende. Der eksisterer gang-intrusioner, som antages at være af Gardar alder, og en



helt ny datering af en stor intrusion på østkysten har overraskende vist, at denne faktisk er en Gardar intrusion (figur 1). Riftzonens struktur under Indlandsisen og øst herfor er i virkeligheden kun dårligt kendt. Nye aeromagnetiske kort (baseret på magnetiske undersøgelser fra fly) viser, at den udtalte sydvest-nordøst retning ikke fortsætter ind under Indlandsisen, men synes at opløses i en vifteform af øst-vest og sydøst-nordvest gående retninger (figur 2). Denne overordnede struktur må være af ketilidisk alder, og vi ved meget lidt om, hvorledes Gardar riftdannelsen har udnyttet den.

Gardar riftens udvikling

I det område, hvor vi kender Gardar riften, er den ca. 200 km lang og op til 100 km bred. Den består af flere parallelle sydvest-nordøst gående zoner, som må være adskilt af store forkastninger, der blot i mange tilfælde er skjult under de store fjorde (figur 1). Centralt i riften findes den ca. 20 km brede Tuttutooq (gammel stavning: Tugtutôq) -Narsarsuaq zone. Denne zone er stærkt nedforkastet i forhold til omgivelserne, og der er herved bevaret en 3.600 m tyk serie af sandsten og lavaer, Eriksfjord Formationen, som man formoder tidligere dækkede større områder også i nabozonerne.

Sandstenene i bunden af Eriksfjord Formationen fortæller om den tidligste udvikling af Gardar riften, før vulkanismen startede. Der var ingen store højdeforskelle, og fra et svagt hævet kildeområde i nordvest førtes sand af brede strømme som på de sydislandske 'sandur' ud i et fladt riftbassin. Som tegn på stadig indsynkning i riften udvikledes med tiden et rift-parallelt flodsystem med nordøst-gående strømretning. Riften synes på dette tidspunkt at have været en 'half-graben' med en sydøstlig, kippet blok adskilt af en enkelt stor forkastning fra området uden for riften mod nordvest. Herefter startede vulkanismen og en kraftigere tektonisk aktivitet.

Figur 3. A) Bjergarten naujait med det røde zirkonium- og yttriumholdige mineral eudialyt fra Ilimmaasaq (Ilimaussaq) intrusionen. B) Det uran- og thoriumholdige mineral steenstrupin (Ilimmaasaq intrusionen). C) En åre med det rødlige mineral tugtupit, der som ses anvendt som smykkesten og indfattet i en ring. D) Niobium mineralet pyroklor (gult).



Figur 4. Sandsten tilhørende Eriksfjord Formationen. Foto: P. Nyegaard.

Gardar riften udviklede sig i tre perioder, og man skelner mellem tidlig (1.350-1.260 millioner år), mellem (1.250-1.200 millioner år) og sen (1.185-1.120 millioner år) Gardar.

I tidlig Gardar tid dannedes foruden Eriksfjord Formationen også Grønnedal-Ikka (Íka) intrusionen helt inde på det ellers stabile gamle forland i nordvest, samt to af centrene i det store Igaliku nefelinsyenit-kompleks i øst.

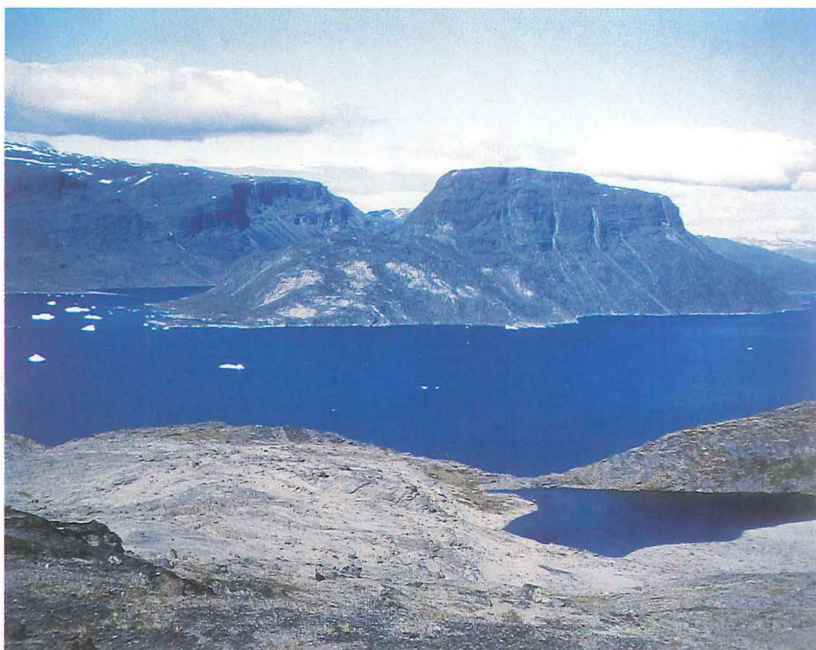
Mellem Gardar var en tid, hvor der især blev dannet gange, men også Kuunnaat (Kûngnât) syeniten og Ivittuut graniten dannedes, begge på det stabile forland i nordvest.

Sen Gardar var perioden med langt den største magmatiske og tektoniske aktivitet, og først i denne periode slog sydvest-nordøst retningen kraftigt igennem. Store regionale sydvest-nordøst gående basaltiske gangsværme intruderedes både i Tuttutooq-Narsarsuaq zonen og i den nordvestligere Nunarsuit-Isortoq zone, hvilket viser, at kontinentet var under kraftig strækning og udtynding. Desuden intruderedes bl. a. nogle af de største centre i Igaliku-komplekset, Ilimmaasaq syenit-nefelinsyenit komplekset

og den store Nunarsuit granit-syenit-gabbro intrusion. Den centrale Tuttutooq-Narsarsuaq zone blev på dette tidspunkt endeligt nedforkastet.

Man har prøvet at finde en systematik i dannelsen af de magmatiske Gardar bjergarter med hensyn til sted, tid og sammensætning, men en sådan synes ikke at være til stede. I alle tre Gardar perioder blev der dannet smelter overalt fra vest til øst, og deres sammensætning varierede over det totale spektrum. Dog er aktiviteten på det stabile forland i nordvest begrænset til tidlig og mellem Gardar.

Gardar riftens sydgrænse er ikke velbestemt. Der er ikke kortlagt nogen stor forkastning, og mængden af gangintrusioner falder gradvist mod sydøst. Den mest præcise angivelse af riftens afgrænsning fås ved hjælp af geokemiske kort over fordelingen af karakteristiske Gardar grundstoffer som f.eks. niobium, yttrium og uran. Kortene viser en ret veldefineret sydvest-nordøst forløbende grænse mellem højere koncentrationer af disse grundstoffer i de Gardar-påvirkede områder og lavere berigelse i de upåvirkede områder sydøst herfor (se figur 1).

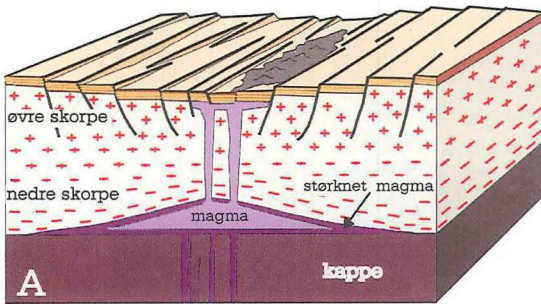


Figur 5. I baggrunden ses Eriksfjord Formationens lagdelte sandsten og lavaer, mens der i forgunden ses en magmatisk bjergart tilhørende Ilimmaasaq intrusionen. Intrusionen er trængt ind i Eriksfjord Formationen. Grænsen for intrusionen ses lidt over midten af billedet. Foto: H. Sørensen.

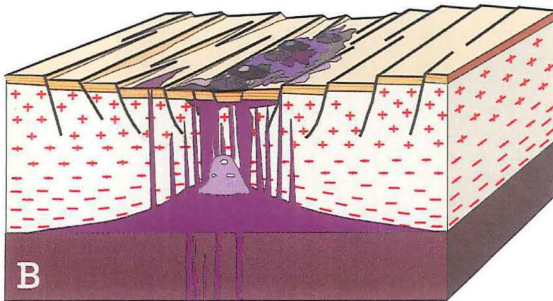
Smelternes dannelse

Når en kontinentplade udtyndes under strækning, stiger den underliggende bløde, varme kappe (asthenosfæren) op, og kommer den tilstrækkelig højt op, vil den smelte, fordi trykket bliver mindre. Det er også muligt, at den stive og relativt kolde kappe, der er en del af selve kontinentpladen (lithosfæren), smelter, især hvis den får et tilskud af stoffer som vand, klor, fluor og kuldioxid, der sænker smeltepunktet. Der er ingen tvivl om, at sådanne mekanismer ligger til grund for den magmatiske aktivitet i Gardar, men da det kan være meget svært at kende forskel på produkterne fra den asthenosfæriske og den lithosfæriske kappe, er der ingen enighed om, i hvor høj grad de to typer kappe har bidraget til smelterne. Det er desuden muligt, at smelter fra asthenosfæren er trængt op i lithosfæren og har smeltet videre på denne, hvorefter det resulterende blandingsprodukt er steget til vejrs.

Den primære basaltiske smelte er samlet i store magmakamre på grænsen mellem skorpen og lithosfære-kappen i 30-50 km's dybde (figur 6A).



Figur 6A: I forbindelse med strækning af lithosfæren er der udviklet normal-forkastninger i den øvre kontinentalskorpe samt et basaltisk magmakammer på grænsen mellem skorpen og lithosfære-kappen. Magmaet er begyndt at krystallisere, og der er dannet tidlige lavastrømme i riften.



Figur 6B: Magmaet er kraftigt krystalliseret og har udviklet syenitiske og granitiske smelter, der fra højere beliggende sekundære magmakamre har givet ophav til centralvulkaner.

Modificeret efter Upton m.fl. 1990

Her er smelterne delvist krystalliseret og har udviklet syenitiske og granitiske smelter, der derefter er blevet intruderet i sekundære magmakamre på højt niveau i skorpen, ofte i forbindelse med en overliggende centralvulkan (figur 6B).

De primære basaltiske smelter havde efter alt at dømme fra starten et usædvanlig højt indhold af en række grundstoffer som f.eks. niobium, zirkonium, klor og fluor. Da disse stoffer ikke indgår i de normale bjergartsdannende mineraler, vil de under krystallisationen koncentreres i restsmelten. Nefelinsyenitiske intrusioner som Ilimmaasaq og Motzfeldt er eksempler på sådanne ekstreme restsmelter, og kryolitforekomsten ved Ivittuut repræsenterer et sent stadium, hvor de sjældne stoffer overgik fra Ivittuut granitens silikatsmelte til en eller flere ublandbare væsker med en helt anden struktur og sammensætning. Ved vulkanudbrud vil sådanne letflydende restsmelter og gasarter slippe ud i atmosfæren. Bevaringen af dem i magmakamrene er kun sket, hvor disse var tillukkede. Man skal altså ikke forestille sig nogen stor vulkanbygning oven på hverken Ivittuut graniten eller Ilimmaasaq intrusionen, men nok nogle varme kilder.

Pladetektonisk sammenhæng

Gardar riften er ikke kun et lokalt grønlandsk fænomen, men indgår i en større pladetektonisk sammenhæng. På den anden side af Labradorhavet fortsætter sydvest-nordøst gående strukturer samt bjergarter af lignende alder og karakter som Gardar bjergarterne gennem Labrador med en mulig forlængelse gennem Quebec og Ontario til lidt yngre bjergarter i områderne omkring Lake Superior, en strækning på over 4.000 km. Parallelt med denne zone, 100-400 km sydligere, løber Grenville fronten, som er nordvest-grænsen for deformation forårsaget af Grenville orogenesisen, en kontinentkollision hvis ældste faser er dateret til 1.200-1.150 millioner år. Hvis denne kollision og dens forudgående kontinent-ocean sammenskubning havde en 'skæv' komponent, kunne det medføre en vis pladerotation med træk (strækning) i nærliggende områder til følge. De riftede områder omkring Lake Superior har desuden af flere forfattere været sat i forbindelse med starten af en 'mantle plume' omkring 1.100 millioner år. Begge forklaringer er spekulative - men de kan godt være rigtige.