

PÅ SPOR AF SJÆLDNE METALLER I SYDGRØNLAND

II. GARDAR RIFT-SYSTEMET

Af professor *Henning Sørensen*

I en tidligere artikel i dette tidsskrift blev der gjort rede for den geologiske udforskning af egnen omkring Tunugdliarfik-fjorden i Sydgrønland gennem mere end 150 år.

Specielt blev udforskningen af den såkaldte *Ilímaussaq-intrusion* omtalt, fordi der inden for dennes grænser er gjort betydelige mineralfund, især af mineraler med indhold af metallerne uran, thorium, zirconium, niob og beryllium.

Jeg skal i denne artikel give en oversigt over Tunugdliarfik-egnens geologiske opbygning. Som omtalt i den tidligere artikel danner to videnskabelige afhandlinger grundlaget for vor nuværende viden om denne egnens geologi. De to afhandlinger er N. V. USSINGS fra 1912 og C. E. WEGMANN fra 1938. Ussing beskrev især de to intrusioner Igaliko og Ilímaussaq, mens Wegmann beskæftigede sig med den regionale geologi og med Sydgrønlands geologiske udviklingshistorie. I de seneste år har en række medarbejdere ved GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE arbejdet i denne del af Sydgrønland, hvilket har bevirket, at vi nu besidder en omfattende viden om egnens geologi og mineralogi. Den følgende oversigt er min fortolkning af det foreliggende materiale og er baseret på de foreliggende videnskabelige afhandlinger og på egne iagttagelser. Desværre er det umuligt på den givne plads at nævne alle de navne, som har bidraget til at øge vor viden om denne del af Grønland; en del af disse er dog nævnt i den første artikel.

Tunugdliarfik har fra gammel tid været en vigtig færdselsåre. Ind ad denne fjord sejlede Erik den Røde, og på dens nordkyst anlagde han sin gård. 950 år senere anlagde amerikanerne flyvepladsen Narssarssuaq på fjordens sydkyst lige over for ruinerne af Eriks gård.

De samme klippeformationer præsenterer sig i dag for passageren i en startende flyvemaskine på vej ud ad fjorddalen, som Nordboen, der i mere adstadig fart krydse sig ud gennem fjorden, havde halve eller hele dage til at betragte. På nordkysten inderst i fjorden ved Eriks gård består fjordsiden af bænket broget sandsten med

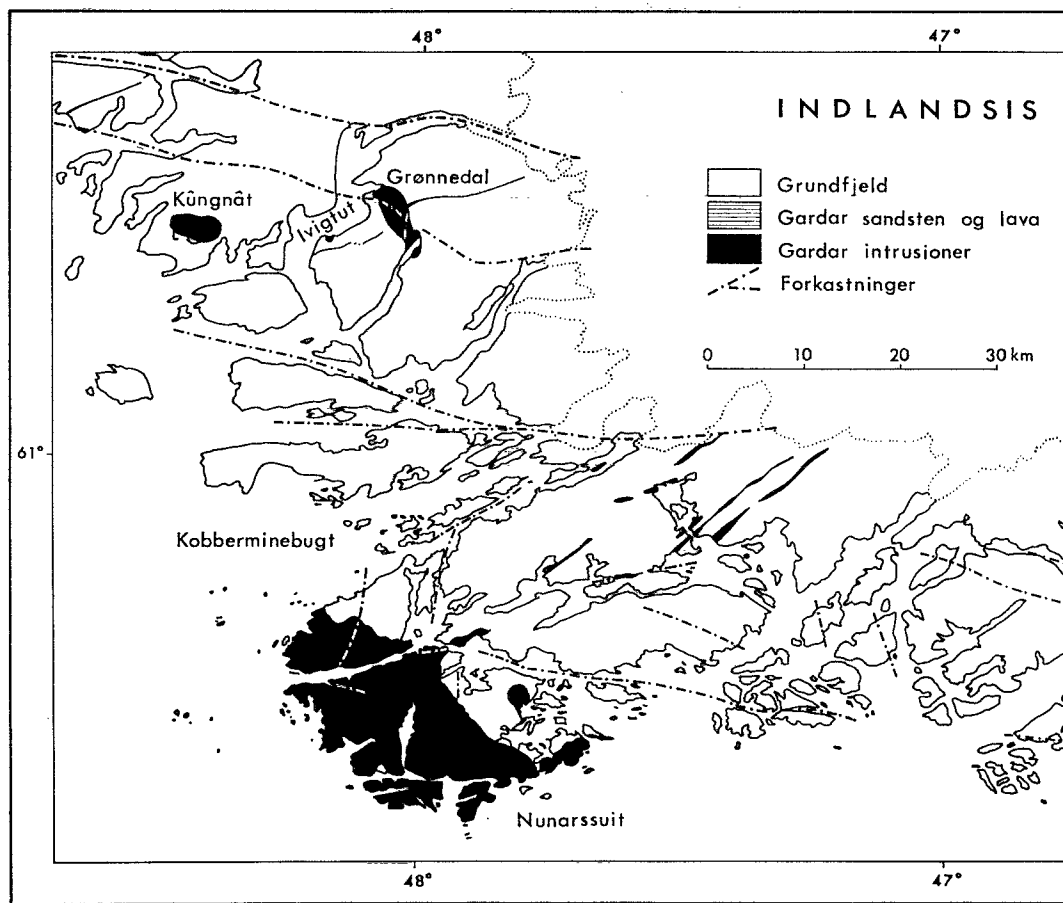
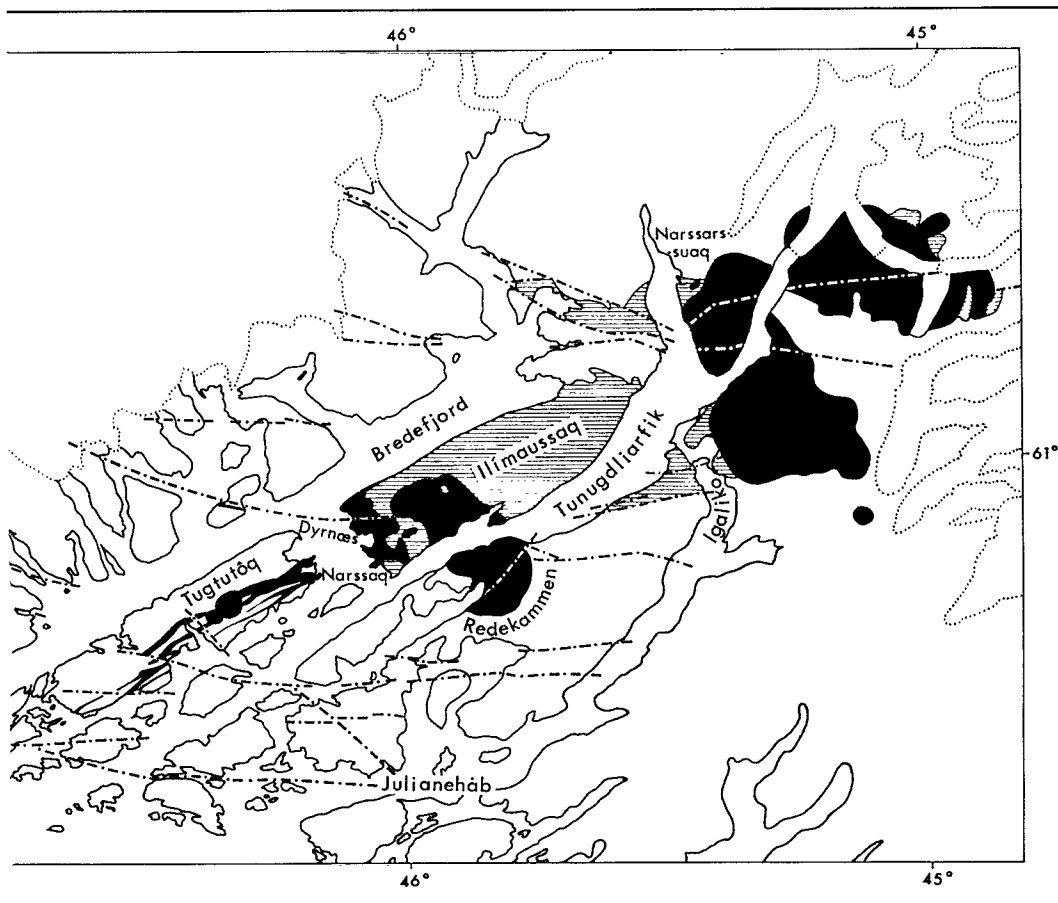


Fig. 1. Forenklet geologisk kort over Gardar-provinsen tegnet på grundlag af GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSEs geologiske kortblade og detailkort. Det ses, at intrusionerne, samt lava

indlejrede lavalag. I fjeldknuden Nunasarnaq næsten inde ved Narssaq overlejres sandstenen af mørke lavalag.

I foden af Nunasarnaq finder man *Ilímausaaq*-intrusionens østgrænse, og man kan nu på en strækning af ca. 8 km iagttage et meget smukt tværsnit gennem denne intrusion. I de højeste fjeldtoppe ses små partier af lava, ivoirigt opbygges klipperne her af *grå* og *sorte nefelinsyeniter*, og øverst oppe under lavapletterne af *granit* og *syenit*. Efter intrusionens vestgrænse, halvvejs mellem Nunasarnaq og Narssaq point, følger igen nederst sandsten og øverst lava. Lige før Narssaq point skæres disse bjergarter af rødlige graniter og syeniter, og i selve Narssaq point finder man, at sandstenen hviler på en stærkt forvitret lys granit, den såkaldte *Julianehåb-granit*, der er den dominerende bjergart i Julianehåb distrikts fjeldgrund. Udad i fjorden



og sandsten er intimt knyttet til forkastninger. Flere navne findes på kortet i den første artikel (Grønland, april 1966).

følger dernæst lave øer opbygget af Julianehåb-granit, der, ligesom sandstenen inde i fjorden, er skåret af talrige sorte striber fra mindre end 1 m til op mod 1 km tykke. Disse sorte striber er såkaldte *diabasgange*. De består af sorte bjergarter dannet ved størkning af smeltede stenmasser, som tidligere har udfyldt spalter i jordskorpen. De har muligvis fungeret som tilførselskanaler til lavastrømme på jordoverfladen. Disse gange viser, at vulkanisme har fundet sted også uden for det område, i hvilket lavalag er bevaret nu.

På den sydlige og østlige bred af Tunugdliarfik ser man inderst mellem Narssarsuaq og Igaliko et stort parti af nefelinsyenit, Igaliko-intrusionen, der skærer Julianehåb-granit og partier af overlejrende sandsten. Lige over for Nunasarnaq møder man Ilímaussaq-intrusionens sydlige del, som her grænser op til Julianehåb-granit

og sandsten. Efter ca. 8 km passeres Ilímaussaq-intrusionens vestgrænse mod Julianehåb-granit og et lille sandstensområde.

Sejler man fra Tunugdliarfik ind i de tilstødende sunde og fjorde ser man, at sandstenen og lavalagene stort set er begrænset til halvøen mellem Tunugdliarfik og den nordfor-liggende Bredefjord. De eneste undtagelser er de ovennævnte små sandstenspartier syd og øst for Tunugdliarfik.

Geologen kan ud fra de nævnte iagttagelser slutte følgende om denne egn's geologiske udvikling: Den ældste bjergart er *Julianehåb-graniten*, der blev dannet i slutningen af en ældgammel bjergkædefoldning. Den har oprindeligt været beliggende mange km nede i jordskorpen, men kom i løbet af årmillioner frem i jordoverfladen som følge af jordskorpebevægelser kombineret med de overlejlrede bjergarters nedbrydning ved forvitningsprocesser. Da graniten kom frem til jordoverfladen blev den selv udsat for forvitring og oven på det forvitrede overfladelag aflejredes dernæst flade lag af sandsten, sandsynligvis hovedsagelig på tørt land. Sandstenen repræsenterer således ældgammelt flyvesand. Mens denne *sandsten* aflejredes, begyndte jordskorpen på stedet at røre på sig. Partier af jordoverfladen nedsænkedes og sandstenslaget nåede tykkelser på op mod 1500 m. I forbindelse med disse *jordskorpebevægelser* begyndte *vulkanske processer* at foregå. Smeltede stenmasser strømmede ind mellem sandstenslagene og ud på jordoverfladen som *lavalag*. Vulkanismen tiltog i intensitet, og der dannedes tykke lag af lava, hvoraf en tykkelse af ca. 1500 m endnu er bevaret. Sandstenen og lavaen har utvivlsomt strakt sig langt uden for Narssaq-Ilímaussaq-halvøen, hvortil de nu er begrænset, men er fjernet fra de omliggende områder af forvitningsprocesser og floders og gletscheres borttransport af det løsnede materiale. Når en op til 3000 m tyk serie af sandsten og lava kun er bevaret i et lille område skyldes det, at egnens fjeldgrund er gennemsat af sprækkezoner, langs hvilke store *forskydninger* er foregået. Ved Igaliko er sandstenens nedre grænse f. eks. nedsænket mindst 800 m i forhold til den sydfor-liggende Julianehåb-granit. Sandstenen i kontakt med den centrale del af Ilímaussaq-intrusionen er sandsynligvis nedsænket mindst 3000 m.

På de geologiske kort ses, at sandstenen og lavaen nu kun findes i et bælte, der er begrænset af ca. *øst-vest rettede bevægelseszoner*; en nordlig, der peger ind mod Igaliko-intrusionen, og en sydlig, der tilsyneladende skæres af Ilímaussaq-intrusionen, men som skærer sandsten og lava samt en syenit ved Dyrnæs. Et sådant område, der er nedforkastet mellem brudzoner, betegnes af geologerne som *en gravsænkning* eller *riftdal*. Andre riftsystemer findes i Oslofjorden, i Rhindalen og i de østafrikanske „Rift valleys“. På disse steder er kraftige jordskorpebevægelser ledsaget af vulkanisme, som har dannet helt specielle bjergartsselskaber.



Fig. 2. Nordkysten af Tunugdliarfik vest for Nunasarnaq.

Foto: John Hansen

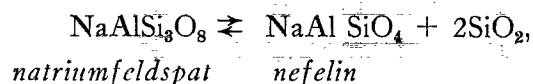
Den lyst farvede klippeside opbygges af Ilimaussaq-intrusionens nefelinsyeniter. Toppene af syenit, granit og lava. Sidstnævnte findes dels i den flade fjeldtop i billedets midte, dels i fjeldene yderst til højre (hvor lavalagene hælder ind mod nefelinsyeniten), dels i fjeldene i billedets venstre baggrund.

De afrikanske riftdale er af ung alder og er derfor stadig sæde for vulkanisme. I Rhindalen, der er den næst yngste af de nævnte riftdale, kan man endnu spore vulkanske træk i bjergområdet Kaiserstuhl ved Freiburg.

I Oslo-riftdalen, der er ca. 300 millioner år gammel, er vulkanbjergene fjernet af senere tiders nedbrydende processer; de geologiske strukturer viser dog tydeligt, at

bjergarterne i den nuværende overflade engang er dannet under vulkaner. I Sydgrønland er alle spor af vulkanbjerge forsvundet, men de vulkanske processer foregik for 1000–1400 millioner år siden, så der har været rigelig tid for de nedbrydende kræfter sol, vind, vand og is til at skære nogle km af fjeldgrunden. De fire nævnte eksempler på riftdale repræsenterer da fire forskellige snit gennem et riftsystem. Det øverste snit, selve jordoverfladen, findes i Afrika, det dybeste i Sydgrønland, hvor de bjergarter, som nu findes i fjordvæggene, er dannet måske 3 km nede i jordskorpen.

De vulkanske bjergarter i riftdalene er i kemisk henseende karakteriseret af at have usædvanligt store indhold af alkalimetallerne natrium og kalium. Bjergarterne betegnes under ét som *alkaline bjergarter*. Yderligere er bjergarterne ofte undermættet med hensyn til kiselsyre, hvilket vil sige, at der ikke er nok kiselsyre til at binde den store mængde alkalimetaller i de mest udbredte mineraler: *feldspater*. I stedet dannes så kiselsyrefattige mineraler som f. eks. *nefelin*. De kemiske sammenhænge vil fremgå af følgende kemiske ligning:



hvilket udtrykker, at der skal tilføres kiselsyre (repræsenteret af SiO_2) til nefelin for at danne feldspat, eller sagt med andre ord, at nefelin dannes ved at fjerne SiO_2 fra feldspat.

I overensstemmelse med dette er Ilímaussaq- og Igaliko-intrusionernes bjergarter rige på nefelin.

Alkaline bjergarter findes iøvrigt kun i områder præget af brudbevægelse.

De jordskorpebevægelser, der er årsag til brudzonernes dannelse, er af en helt anden art end de bevægelser, som endnu tidligere prægede sandstenens underlag af Julianehåb-granit. Denne granit blev til i slutningen af en periode med kraftig sammenpresning og foldning af jordskorpens bjergarter.

Brudzonerne fra Ivigtut i vest til Igaliko i øst findes da i et område, hvis bjergarter blev dannet under en bjergkædefoldning. De er dog blevet til så lang tid efter foldningens ophør, at dybe graniter var kommet helt frem til jordoverfladen, hvor de forvitrede og overlejreredes af sandsten. Brudzonerne er anlagt i et såkaldt konsolideret parti af jordskorpen, til dels under kraftig udvidelse af dette parti, idet diabasangene, der udfylder oprindeligt smalle sprækkezoner, har bevirket udvidelser på op til 50 % af den af Julianehåb-granit opbyggede fjeldgrund. Perioden med brudzonedannelse har dog ikke hele tiden været karakteriseret af udvidelse af jordskor-

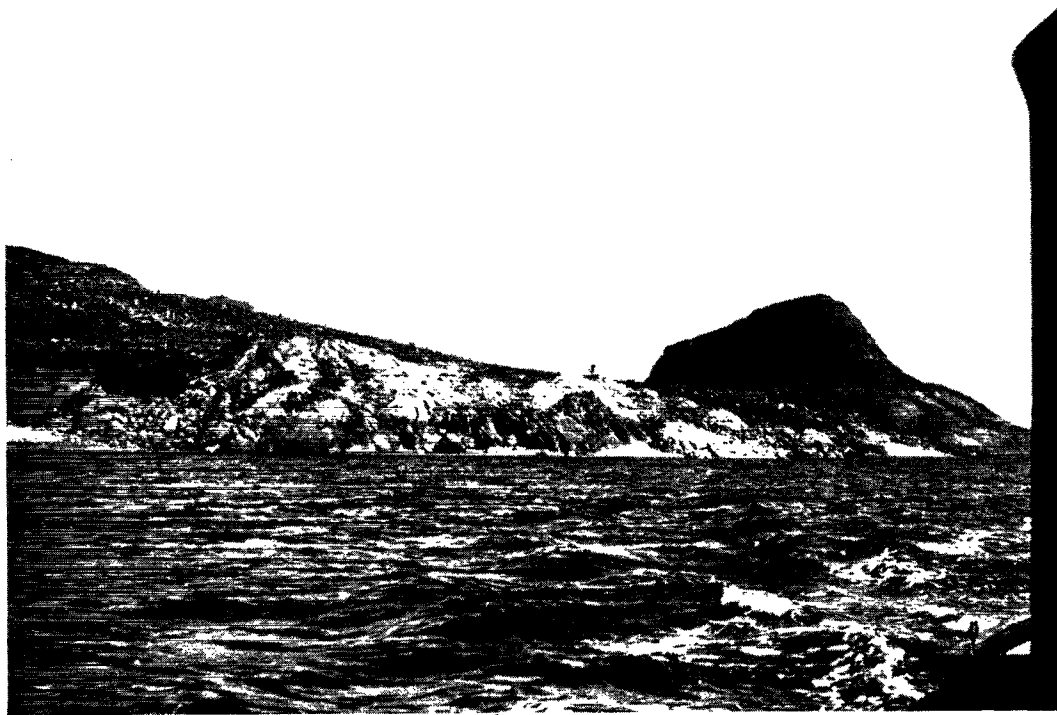


Fig. 3. *Pynten Igdlúnguaq på Tunugdliarfiks nordkyst består af lys og mørk nefelinsyenit. I baggrunden Nunasarnaq med nefelinsyenit i foden og lava i den markante fjeldknude*

Foto: H. Sørensen

pen; en nærmere analyse af brudzonerne viser, at der periodevis har været kraftig sammenpresning, som er udløst i horizontal bevægelse langs bevægelseszonerne.

N. V. USSING gjorde i sin afhandling fra 1912 rede for sammenhængen mellem jordskorpebevægelse og vulkanisme. C. E. WEGMANN kaldte i 1938 denne vulkanske periode for *Gardar-perioden* efter det gamle nordbobispesæde Gardar. Den ældre bjergkædefoldning kaldte han den *ketilidiske foldning* efter nordboernes Ketilsfjord.

Det geologiske udtryk for *smeltede stenmasser* er det græske ord *magma*, der betyder dej.

Magmaer er i løbet af Gardar-perioden trængt frem og er størknet under tre forskellige former; som *lava* på jordoverfladen, som *gange*, d.v.s. som udfyldning af sprækker, og som *større bjergartslegemer*. Gangene og de store legemer kaldes *intrusioner*, idet de er dannet ved at magma er trængt ind (intruderet) i jordskorpens kolde bjergarter, hvor magmaet størknede på grund af den kraftige afkøling, og som vi senere skal se, også på grund af afgivelse af luftarter.

Lavastrømmene og gangene er forskudt langs brudzonerne, bl. a. ved nedforkastning i riftdalen, hvilket viser, at bevægelsen er foregået efter dannelsen af i hvert fald lavastrømmene. Derimod skærer de fleste af intrusionerne brudzonerne uden at forstyrres af disse. De er altså dannet efter hovedbevægelsens ophør, men skæres af mindre udtalte bevægelseszoner. Af dette kan udledes følgende historie:

Magma er i Gardar-perioden strømmet frem og har dannet gange og lavastrømme i forbindelse med jordskorpebevægelser. Senere intruderedes jordskorpens Julianehåb-granit, sandstenen, lavaen og de skærende gange af store intrusioner, såsom *Igaliko* og *Ilímaussaq*. Begge disse intrusioner trængte helt op i lavalagene hvilket viser, at de må være størknet få km under den daværende jordoverflade. Som tidligere nævnt er rester af Ilímaussaq-intrusionens tag af lavabjergarter endnu bevaret i de højeste fjeldtoppe.

De bjergarter, der er dannet ved størkning af magma i løbet af Gardar-perioden, grupperes af geologerne i *Gardar-bjergartsprovinzen*. Disse bjergarter falder i 3 hovedgrupper:

1. *Basaltlava*, *diabas* og *gabbro*, der er tre udgaver af samme oprindelige magma. Basalt er dannet som lava, diabas som gange og gabbro som dybereliggende leger. Ved overfladen afkøles magmaet hurtigst, hvorfor basalt er en finkornet bjergart, mens afkølingen er langsomst i dybet, hvor den grovkornede gabbro dannes. Diabasgangene indtager en mellemstilling med hensyn til kornstørrelse.

Basalt, diabas og gabbro består hovedsagelig af *natrium-calcium-feldspat* (*plagioklas*) og *pyroxen* (*augit*). Disse bjergarter har stor udbredelse jorden over og kendes fra alle jordperioder. I unge riftdale er de temmelig rige på natrium og ofte fattige på kiseltsyre, således at *nefelin* dannes. Det er på grund af Gardar-basaltens høje alder og deraf følgende kraftige omdannelse ikke muligt at se, om de også har indeholdt nefelin.

2. *Syenit* og *nefelinsyenit*, der har stor udbredelse i brudzoner jorden over. Kendte eksempler er larvikit (syenit) og lardalit (nefelinsyenit) fra Oslo-området. I Oslo findes også en lavabjergart, som i kemisk sammensætning svarer til larvikiten; det er rhombeporfyr, der nu som løse blokke findes i Danmarks istidsdannelser, hvilket beviser, at nogle af istidens isstrømme har passeret Oslo på vej sydover mod Danmark.

Syenit består hovedsagelig af *kaliumfeldspat*; *nefelinsyenit* af *kaliumfeldspat* og *nefelin*, samt i almindelighed en ringe mængde *farvede mineraler*. Ilímaussaq's nefelinsyeniter er rige på farvede mineraler.

I Gardar-intrusionerne Igaliko og Grønnedal er nefelinsyeniterne af samme type, som man finder i brudzoner fra andre egne af jorden; derimod er Ilímaussaq's nefelinsyeniter

linsyeniter af en meget sjælden type, som kun kendes få steder på jorden, først og fremmest på Kolahalvøen i USSR. Disse vil blive behandlet i en følgende artikel.

I Gardar-intrusionerne Kûngnât og Nunarssuit findes syeniter af larvikitisk type, men ikke nefelinsyenit.

3. *Graniter* findes i mange af Gardar-intrusionerne, nemlig Kûngnât, Ivigtut, Nunarssuit og Ilímaussaq. De er med undtagelse af Ivigtut-graniten associeret med syenit. Granit består af *feldspat*, *kvarts* og lidt *farvede mineraler*.

Hvordan er de smeltede stenmasser, som er ophav til Gardar-provinsens bjergarter, opstået, hvordan er de trængt opad og hvilken relation er der mellem de forskellige bjergartstyper?

Man må antage, at det hele er begyndt dybt nede i jorden, måske 100 km under den daværende jordoverflade. Kraftige jordskorpebevægelser var årsag til, at Sydgrønlands ketilitisk foldede bjerggrund, hovedsagelig opbygget af Julianehåb-granit, slog dybe revner, der nåede helt ned i de foldede bjergarters underlag, hvor temperaturen de 100 km nede måske var 1000–1200° C. Før revnedannelsen var dette ikke nok til at smelte underlagets bjergarter, idet det rådende høje tryk (der hæver bjergarternes smeltetemperaturer) har umuliggjort smeltning. Men revnedannelsen har sandsynligvis nedsat trykket så meget, at en delvis opsmeltning af underlagets bjergarter har kunnet finde sted. Resultatet af denne proces var, at basaltisk magma blev dannet. Da den smeltede bjergart var lettere end den faste og yderligere var rig på flygtige stoffer, bevægede den sig opad gennem sprækkezonerne. Noget nåede helt op til overfladen og dannede lava, andet udfyldte og udvidede sprækkerne og dannede diabasgange, atter andet blev opfanget i dybet, måske i store sprækkezoner, der af en eller anden grund var lukket opadtil. 1 km mægtige gabbrogange på Tugtutôq vest for Narssaq repræsenterer måske de størknede øvre dele af sådanne magmareservoarer. Disse gange peger iøvrigt lige ind på Ilímaussaq-intrusionen. Nogle af gangene har randzoner af gabbro og centralzoner af syenit eller nefelinsyenit.

Associationen af gabbro og syenit i kæmpegangene kan forklares på følgende måde: I et langt, smalt, meget dybt magmareservoir er der først dannet gabbro langs de kolde vægge. Dette tyder på, at magmaet oprindeligt var af basalt/gabbro-sammensætning. Den centrale del af magmareservoaret holdt sig flydende så længe, at de udfældede mineraler kunne synke til bunds eller flyde til vejrs.

Disse bevægelser af mineralkorn bevirkede, at smeltens øverste del efterhånden skiftede sammensætning, dels på grund af den nævnte fjernelse af de først udfældede mineralkorn, dels på grund af at magmaets indhold af flygtige stoffer efterhånden steg op til magmaets øverste del. Da disse gasser havde et stort indhold ikke blot af

vanddamp, chlor og sjældne grundstoffer, men også af natrium, fik magmaets øverste del syenitisk eller nefelinsyenitisk sammensætning. Disse i kemisk henseende stærkt ændrede smelter kunne så trænge ind i de først størknede bjergarter, hvorved dannelsen af de sammensatte gabbro-syenitgange på Tugtutôq kan forklares. Graniterne kunne da tænkes dannet ved at det gasrige øverste magma i magmareservoiret reagerede med nabofjeldets Julianehåb-granit og sandsten (som begge er meget kiselsyrerige), således at magmaet blev kiselsyrerigt nok til at udfælde kvarts.

At der er foregået bundfældning og sammenklumpning af tidligt udfældede mineralkorn kan iagttages mange steder omkring Tunugdliarfik, f. eks. i Narssaq. Byen Narssaq er bygget på gabbro, der er en østlig fortsættelse af Tugtutôqs kæmpegange. Denne gabbro er rig på hvide klumper af calcium-rig feldspat, der kan være udfældet tidligt fra et gabbromagma. Store klumper af augit og malin er fundet i gabbroen nord for Narssaq i kysten af Panernaq.

Ifølge de nævnte iagttagelser kan man altså tænke sig, at der her, som så mange andre gange i jordens historie, er dannet et gabbro/basalt-magma dybt nede i jorden. Syenit, nefelinsyenit og granit er dannet ud fra dette primære magma.

Vi så ovenfor at den afledede syenit og nefelinsyenit i visse tilfælde, som på Tugtutôq, findes centralt i kæmpemæssige gabbrogange. For at forklare dannelsen af store legemer af nefelinsyenit, såsom Ilímaussaq og Igaliko-intrusionerne, må man dog forestille sig, at det afledede magma har bevæget sig væk fra oprindelsesstedet, og at det er trængt ind i Julianehåb-granit, sandsten og lava. Magmaet må derfor have været meget mobilt, sandsynligvis på grund af et stort indhold af flygtige forbindelser, som gjorde magmaet tyndtflydende, samtidig med at de sænkede størkningstemperaturen, så magmaets levetid blev forlænget.

Det afledede magma kan, som allerede Ussing påviste det, være trængt frem på følgende måde: Fjeldgrundens Julianehåb-granit, sandsten og lava er blevet stærkt ophedet af magmaet og er blevet påvirket af dettes indhold af flygtige stoffer. Resultatet var, at fjeldgrunden omkring magmaet slog revner, så store blokke løsnedes og sank ned i det tyndtflydende magma; der er for eksempel i Ilímaussaq-intrusionen fundet sandstensblokke, som må være sunket mindst 900 m ned i magmaet. Da blokkene sank ned indtog magmaet deres plads og trængte sig således skridt for skridt opad i fjeldgrunden. Varmepåvirkningen af magmaets tag og eksplosiv frigivelse af flygtige forbindelser fra magmaet kan desuden have slået store ringformede sprækker rundt om det parti af fjeldgrunden, der overlejlrede magmaet. Dette parti kunne da synke ned i magmaet som én stor blok langs de dannede „ringforkastninger“, samtidig med at magma pressedes op gennem disse sprækker. At indsynkning af fjeldgrundens bjergarter har fundet sted ses meget tydeligt i Ilímaussaq-intrusionen, idet

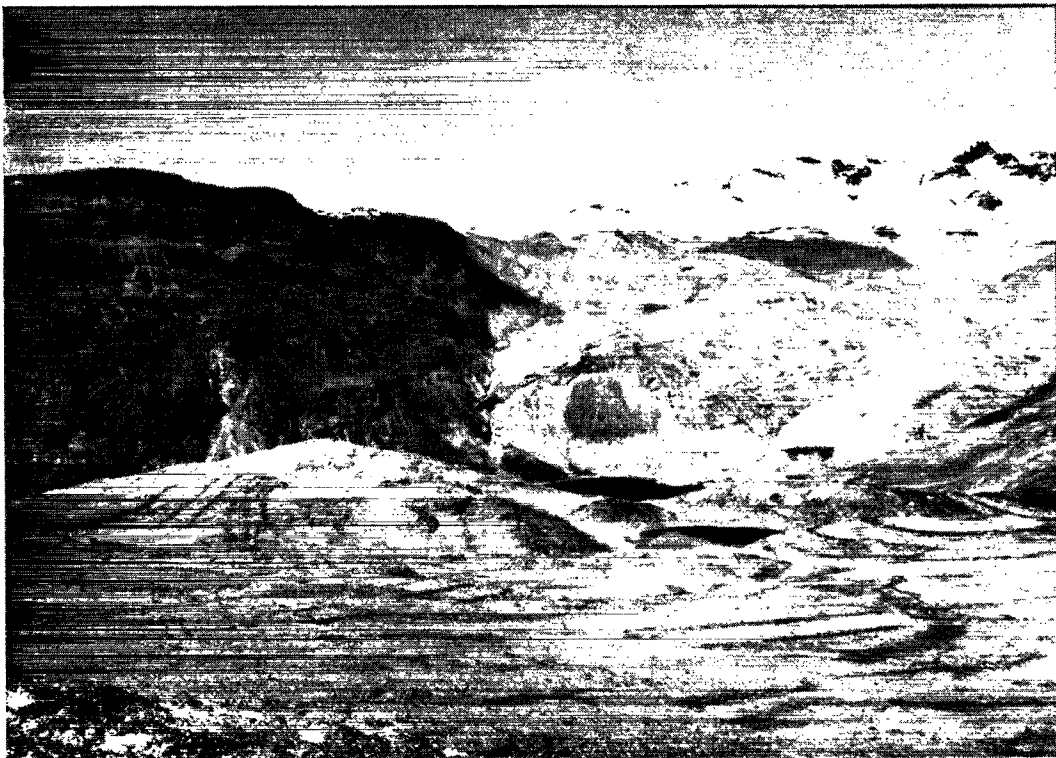


Foto: F. L. Jacobsen

Fig. 4. Grænse mellem nefelinsyenit og sandsten + lava løber langs elven i billedets midte. Lagene af sandsten og lava er mørke og hælder ind mod nefelinsyeniten. Bemærk at nefelinsyeniten skærer lagdelingen. Bunden af Kangerdluarssuk.

de omkringliggende lag af sandsten og lava, der oprindeligt må have ligget vandret, nu på alle sider hælder ind mod intrusionens bjergarter.

Det blev nævnt ovenfor, at magmaets indhold af flygtige stoffer, de såkaldte *magmatiske gasser*, spiller en vigtig rolle ved magmaets opadstigning, idet de gør magmaet tyndtflydende og forlænger størkningsperioden. Et gasrigt magma vil størkne så langsomt, at mineralkornene når at vokse sig store inden temperaturen er blevet for lav til at holde magmaet flydende. Syeniterne og nefelinsyeniterne er derfor grovkornede. Afgives gasserne derimod hurtigt, vil bjergarten størkne hastigt; lavabjergarterne er derfor finkornede.

Selv om gasserne spiller en stor rolle under magmaets størkning, indgår de dog almindeligvis kun i ringe mængde i de udfældede mineraler. De oprindelige gasser vil derfor, efterhånden som størkningen skrider frem, findes opløst i mindre og mindre rumfang af magma, hvilket bevirker, at magmaets tryk stiger. Gasserne kan



Fig. 5. Panorama fra Narssaq yderst til venstre til Ilímaussaq-fjeld yderst til højre. Ved bunden af Panernaq-bugten ses husene i Dyrnæs. Fjeldene bag Dyrnæs er opbygget af syenit, der strækker sig til billedets midte, hvor den grænser til lava, hvis lagdeling tydeligt ses. Til højre grænser lava op til

da langsomt presses ud gennem fine revner og sprækker i magmaets nabobjergarter, hvor de efterhånden udfælder deres indhold af opløste metaller. Malmforekomster er derfor hyppige i områder med legemer af magmabjergarter, som f. eks. det vestlige USA, Andesbjergene og Centraleuropa. I Sydgrønland kendes sprækkefyldninger med bly-, zink- og kobberminerale omkring Ivigtut og kobberudskillelser nær Nunarssuit i Kobberminebugten og i lavabjergarterne omkring Ilímaussaq. De kendte forekomster er dog alle små; dannedes der store forekomster, har de sikkert ligget i de bjergarter oven over intrusionerne, som forvittringsprocesserne forlængst har fjernet.

Er magmaets nabobjergarter imidlertid så kompakte, at gasserne forhindres i at sive væk, kan der ske en af to ting:

1. Trykket i magmaet kan efterhånden blive så stort, at de overliggende bjergarter sprænges i stykker. Sker dette, dannes en vulkan på jordoverfladen.

2. Gasserne forbliver i magmaet og bevirker, at der udfældes mineraler, som kan optage dem, således at trykstigningen modvirkes, og der dannes i disse tilfælde mineraler, der indeholder ikke blot flygtige stoffer, såsom vand, chlor og fluor, men også de sjældnere metaller, som følges med de flygtige stoffer. Der dannes følgelig særprægede bjergarter med sjældne mineraler rige på sjældne grundstoffer; sydgrønlandske eksempler finder man i Ilímaussaq og i kryolitminen i Ivigtut.

Som nævnt ovenfor kan man i Østafrika studere de vulkanske processer i en rift-zones overflade. Man finder vidtstrakte lavamarker og vulkanbjerger, som hovedsagelig opbygges af alkalirige basalter, nefelinholdige lavaer m. m. Desuden finder man et særligt vulkansk produkt nemlig kalksten, som er dannet ved størkning af



Ilímaussaq's nefelinsyeniter, der opbygger de lave mørke fjelde (med vandløbet) i billedets højre side. Kvanefjeld findes længst til højre i disse fjelde. Endnu længere til højre grænser nefelinsyeniterne til lava i Ilímaussaq-fjeldets fod. Det mørke fjeld alleryderst til højre er opbygget af lava.

Foto: Povel Povelsen

smeltet calciumcarbonat, CaCO_3 , og andre carbonatminerale, specielt magnesium-, jern- og natriumcarbonater. At kalk skulle kunne trænge op til jordoverfladen i smeltet tilstand synes i første øjeblik helt utroligt; det er jo velkendt, at kalks hovedmineral kalkspat (CaCO_3) sønderdeles ved opvarmning til calciumoxid (CaO) og kuldioxid (CO_2) uden at smeltning forekommer. Laboratorieforsøg har dog vist, at kalkspat kan smeltes ved temperaturer på nogle hundrede grader, når forsøget foregår under stort vanddamptryk. Det samme må kunne ske i naturen. Mens sådanne kalkbjergarter, der betegnes som *carbonatiter*, har stor udbredelse i Afrikas riftdale, mangler de næsten ganske i Gardar-rift dalen i Sydgrønland. Der er kun fundet små forekomster ved Qagssiarssuq og Grønnedal. Man kan heraf slutte, at carbonatiter hører hjemme helt oppe ved jordoverfladen samt at de, ligesom Gardar-provinsens syenit og nefelinsyenit, må være afledet fra basalt/gabbro-magma. Der må da være udskilt carbonatsmelter rige på calcium, magnesium og jern i den øverste del af et basalt/gabbro-magma-reservoir. Dette ændrer smeltens sammensætning, så nefelinsyenit kan krystallisere, hvorved endnu en mekanisme er til rådighed for tolkningen af Gardar-bjergarternes dannelseshistorie.

Carbonatiter er rige på mineraler med niob og sjældne jordarter. Disse grundstoffer er også til stede i stor mængde i f. eks. Ilímaussaq-intrusionen, hvilket yderligere styrker, at der er et slægtskab mellem dybets bjergarter i Ilímaussaq og jordoverfladens i Østafrika.

Geologer og geofysikere over hele jorden er i øjeblikket optaget af et stort internationalt forskningsprojekt: „*The Upper Mantle Project*“, hvilket oversat til dansk betyder et forskningsprojekt, som går ud på at tilvejebringe ny viden om det lag af

jordkloden, der ligger neden under jordskorpen, og som betegnes jordens kappe. Et vigtigt punkt i dette projekt er udforskningen af de store riftzoner, som forventes at kunne give vigtige oplysninger om bevægelserne i jordklodens øverste lag. Vi har derfor opstillet udforskningen af det dybe snit gennem Sydgrønlands riftzone som et dansk bidrag til det store internationale samarbejde om udforskningen af de dele af vor klode, hvor bjergkædedannelse, vulkanisme, malmdannelse, riftdannelse og kontinentbevægelse fødes.

ABSTRACT

The geological evolution of the Pre-cambrian Gardar rift-zone in South Greenland is briefly described. The rift was formed 1500–1000 million years ago and was the site of extensive volcanic activity. A thickness of about 1500 m of volcanic rocks is now preserved in the rift-zone. Basalts predominate; it has not been possible to demonstrate the presence of alkalibasalts, possibly because of later alteration of the lavas in connection with the emplacement of a number of intrusions. These are Igaliko (syenite and nepheline syenite), Ilímaussaq (syenite, nepheline syenite, paralkaline (agpaitic) nepheline syenite and alkaligranite), Grønnedal-Ika (nepheline syenite and carbonatite), Kúgnât (gabbro, syenite and alkaligranite), Nunarssuit (gabbro, syenite, granite and alkaligranite), Ivigtut (granite and cryolite), and Tugtutôq (gabbro, syenite, nepheline syenite and alkaligranite).

The magmatic evolution is briefly discussed.

The study of the Gardar rift-zone is a Danish contribution to the »Upper Mantle Project«.