

JORDENS TIDLIGSTE HISTORIE

en beretning fra Grønland

Minik Rosing

Den tyske filosof og matematiker G. W. Leibniz og Isac Newton nærrede en dyb afsky for hinanden. Newton mente, at Leibniz, som publicerede principperne for differentialregning i 1684, havde stjålet ideen fra ham, og Leibniz følte, at Newton brugte sine forbindelser og indflydelse til at forfølge ham. Desuden havde de en grundlæggende forskellig holdning til Jordens udvikling. Leibniz mente, at Jorden var et deterministisk system. At Jorden var at sammenligne med et urværk, der i al evighed ville opføre sig forudsigeligt ifølge de fysiske love, når det først var sat i gang. Denne opfattelse af verden var anstødelig for Newton og de fleste af deres samtidige. Man mente, at Gud ikke kunne reduceres til en passiv tilskuer til en Verden, hvis gang ikke stod til at ændre.

Mennesket har til alle tider været optaget af spørgsmålet om, hvordan Verden blev til, og om vi kan forudsige Jordens udvikling i fremtiden ud fra en viden om dens historie. I dag har vi indset, at selv om Jorden er et deterministisk system, er det for kaotisk et system til, at vi kan forudsige fremtiden, eller 'regne baglæns' og forstå Jordens tidlige historie ud fra vor viden om den moderne Jord og om fysik og kemi. Der er ingen vej udenom – Jordens historie kan kun forstås gennem studier af de bjergarter, som er dannet ved geologiske processer gennem tiden.

Jorden er varmere end det omgivende rum og må derfor afgive varme. Lord Kelvin mente i midten af 1800-tallet, at den højere temperatur skyldtes, at Jorden engang havde været en del af Solen. Han kunne regne ud, hvor lang tid passiv afkøling til den nuværende temperatur måtte have taget, og kom frem til, at Jorden måtte være ca. 100 millioner år gammel. Han havde imidlertid ikke taget højde for den varme, som produceres ved krystallisation af Jordens flydende jernkerne og ved radioaktivt henfald, og kom derved til at undervurdere Jordens alder ganske alvorligt. Hans erkendelse af, at varme strømmer fra Jordens indre til Universet er imidlertid korrekt, og er nøglen til en forståelse af Jordens dynamik. Denne varmestrøm sætter materialet i Jordens indre i bevægelse, den driver de pladetektoniske bevægelser, og den har forårsaget en kemisk opsplitning af Jordens oprindeligt homogene materiale i et virvar af forskellige bjergarter.

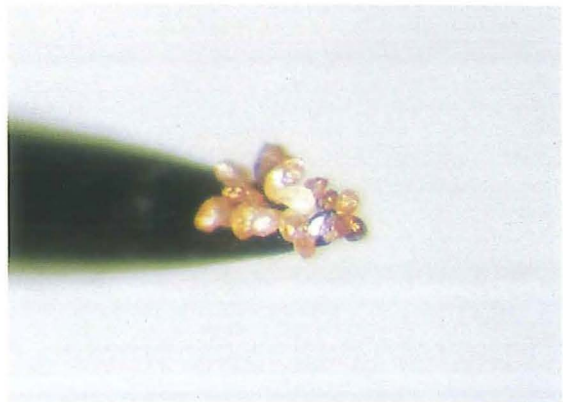
Varmestrømmen fra Jordens indre er aftaget jævnt gennem hele dens historie. Dels fordi en store kapital af varme fra den oprindelige sammenklumpning af

mindre himmellegemer den gang Jorden blev dannet er forbrugt, og dels fordi indholdet af radioaktive stoffer aftager med tiden. På grund af den højere varmestrøm var Jordens dynamik derfor langt mere hektisk i de tidligste tider, og derfor er ingen bjergarter bevaret fra den første halve milliard år af Jordens historie. Det ældste materiale vi har bevaret på Jorden er nogle bittesmå krystaller af det meget resistente mineral zirkon fundet i nogle 2,7 milliarder år gamle sandsten fra Australien. Zirkoner dannes normalt kun i kontinenternes bjergarter, og mange mener, at de gamle zirkoner beviser, at der var kontinenter på Jorden for 4,3 milliarder år siden, selv om de bjergarter zirkonerne oprindeligt blev dannet i for længst er nedbrudt og forsvundet.

I det nordlige Canada på en lokalitet ved navn Acasta er der fundet en lille blotning af gnejs, der oprindelig størknede som den granittoide bjergart tonalit for ca. 4 milliarder år siden. Acasta gnejsen har været udsat for omfattende geologisk hærgen, og man kan stort set kun konstatere, at tonalit var til stede på Jorden på den tid.

Det ældste rigtige sammenhængende bjergartskompleks der er bevaret rummer bjergarter dannet for omkring 3,8 milliarder år siden og betegnes samlet som Itsaq gnejskomplekset. Dele af komplekset findes i Labrador, mens de største og bedst bevarede dele findes omkring Nuuk i Vestgrønland. Her findes bjergarter, som oprindeligt er aflejret på Jordens overflade, enten som lava eller som sediment, og her findes plutoniske bjergarter dannet ved størkning af smelter dybt i Jordens skorpe.

Sådanne komplekser giver mulighed for at studere miljøet på Jordens overflade, og de giver os et indtryk af, hvordan et kontinent var opbygget på den tid. Alle bjergarter i det gamle kompleks har været påvirket af tektoniske processer ved talrige geologiske begivenheder gennem tiden. Det er derfor ikke muligt umiddelbart at afgøre hvilke af bjergarternes strukturelle eller geo-kemiske parametre, som skyldes processer i Jordens tidligste historie, og hvilke der skyldes senere overprægninger. En tolkning af Jordens tidligste miljøer må derfor begynde med en udredning af alle de senere påvirkninger, bjergarterne har været udsat for.



3800 millioner år gamle zirkon-krystaller på spidsen af en knappenål.



Gnejser fra ltsaq gnejskomplekset. Gnejserne er dannet ved størkning af smelter i perioden mellem ca. 3800 og 3650 millioner år siden.



Omdannet vandholdig metabasalt, som har undergået en delvis opsmeltning. Lommer af lyse granitisk smelter er udskilt fra basalten. Miki Fjord, Østgrønland.

Itsaq gnejskomplekset er domineret af tonalit (se side 63) og granit. Tonalit kan dannes ved delvis opsmeltning af amfibolit, som dannes når havbundens basalt reagerer med havvandet og danner vandholdige mineraler. Medens den friske basalt begynder at smelte ved omkring 1.100 °C, begynder den vandholdige amfibolit at smelte allerede ved omkring 600 °C.

Amfibolitens letsmeltelege bestanddele danner en vandholdig smelte som er rig på de grundstoffer som danner mineralerne kvarts og feldspat. De tidligste kontinenter blev således dannet ved delvis smeltning af havbundsbasalt, enten ved at oceanbund blev ført ned i Jorden ved pladetektoniske processer, eller simpelthen under vedvarende vulkanisme, hvor nytålført basalt opvarmede basalt som allerede havde reageret med havvand.

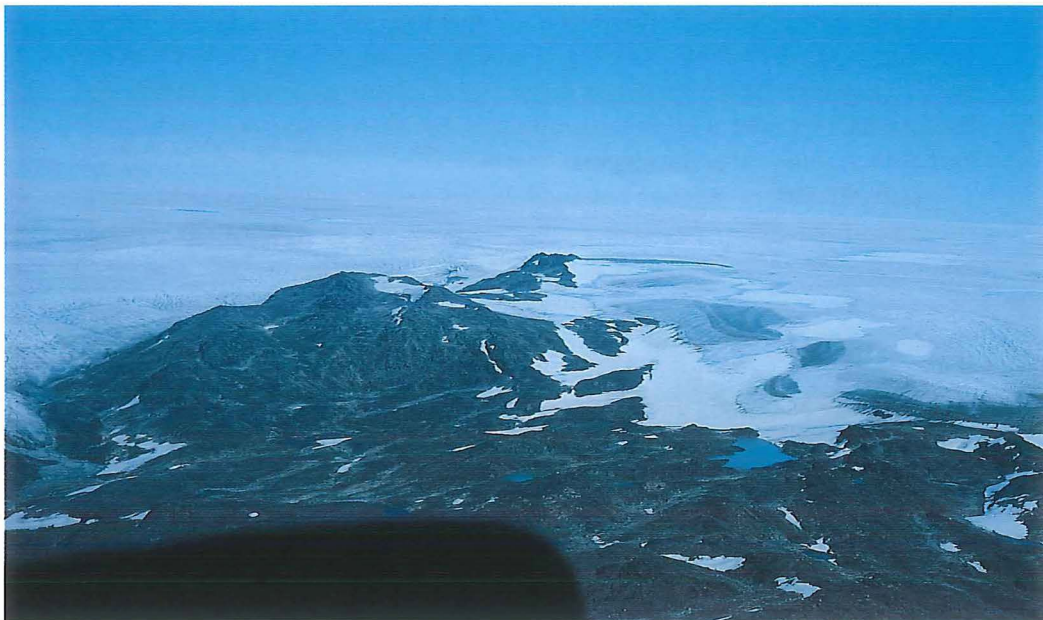
Den nydannede tonalit var let sammenlignet med basalt, og blev koncentreret i skorpens øverste lag. I takt med at de tidligste kontinenter blev tykkere, smeltede bunden af tonalitskorpen delvis og dannede granitsmelte som igen trængte op i de øvre dele af den tidlige tonalitskorpe. Kontinenterne opstod således ved gentagne episoder af delvis opsmeltning af skorpens dybere dele, og dannelse af mere og mere kvarts- og feldspatrige bjergarter. Disse kvartsofeldspatiske bjergarter er så lette, at de ikke lader sig føre tilbage i Jorden ved pladetektoniske bevægelser, og derfor voksede kontinenterne gradvis gennem tiden.

I Itsaq gnejskomplekset kan man gennem nøjagtige dateringer følge opbygningen af et tidligt kontinent. De ældste dele af komplekset er opbygget af tynde lag af tonalit dannet i perioden for mellem 3,85 og 3,70 milliarder år siden. Ved at studere forholdet mellem isotoper af grundstofferne bly, neodmium og strontium kan man konstatere, at tonalitten er dannet ved smeltning af basalt.

For omkring 3,65 milliarder år siden var det tidlige kontinent tykt nok til at bunden begyndte at smelte. Nydannet granit trængte op i de ældre tonalitter. Man finder således i dag, at Itsaq gnejsernes ældste dele overvejende er tonalitter, medens de yngre dele består af granit.

Isotoperne af bly, neodmium og strontium viser at granitten blev dannet ved smeltning af tonalit som var ca. 100-200 millioner år gammel da smeltningen fandt sted. Granitten blev altså dannet ved smeltning af bjergarter som var identiske med de ældste dele af komplekset.

Itsaq gnejskomplekset rummer imidlertid bjergarter som kan bringe os en smule længere tilbage i tiden. Indlejret i de gamle tonalitter findes lag af endnu ældre oceanbund. Det største og bedst bevarede fragment af denne tidlige jordskorpe findes ved Isua ved randen af Indlandsisen ca. 150 kilometer nordøst for Nuuk. Her findes et 30 kilometer langt og op til 4 kilometer bredt bælte af suprakrustaler – bjergarter som oprindelig er aflejret på Jordens overflade.



Isuaområdet set fra helikopter.



Pudelava dannet ved undersøisk vulkanudbrud for ca. 3800 millioner år siden. De lyse pletter er blærerum udfyldt med kvarts og feldspat.

Bjergarter som dannes ved aflejring på Jordens overflade spejler det miljø de blev dannet i. Forekomsten af suprakrustaler giver derfor mulighed for at studere overflademiljøet på Jorden for ca. 3,8 milliarder år siden.

Størstedelen af bjergarterne i Isua suprakrustalbæltet er oprindeligt aflejret som pudelava på oceanbunden. Disse lavaer er ikke meget forskellige fra dem man kan finde på oceanbunden i dag. Selv om lavaerne er stærkt påvirkede af metamorfose og deformation, kan man få et indtryk af sammensætningen af Jordens kappe på det tidspunkt, hvor lavaerne blev dannet.

Isotoper af grundstofferne neodymium og hafnium medbringer en slags kontoudtog over beholdningen af forskellige grundstoffer i kappen på det tidspunkt, hvor basaltsmelte ekstraheres fra kappen og danner lavaer på overfladen. Man kender den oprindelige sammensætning af kappen ved Jordens fødsel, fordi den svarer til sammensætningen af stenmeteoritter, som er det materiale Jorden er opbygget af.

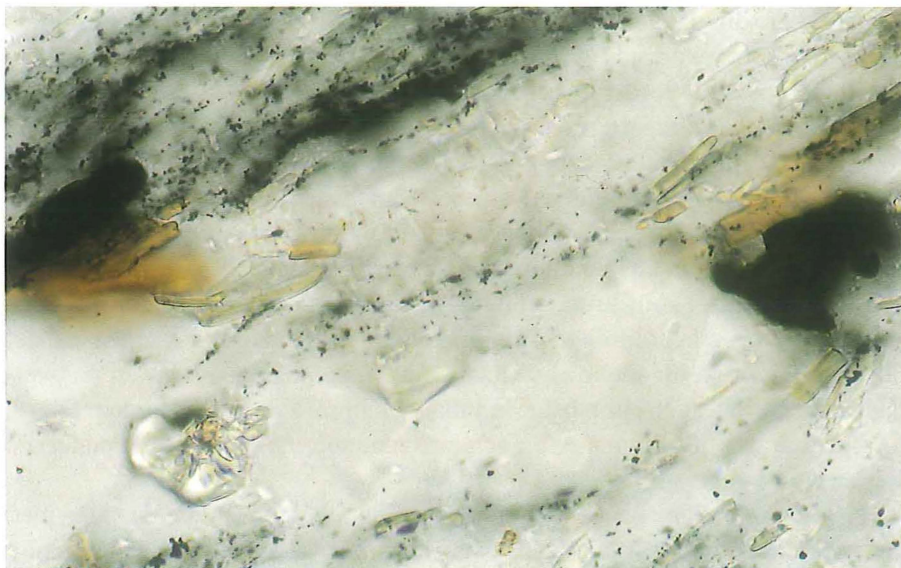
Ved at sammenligne kappens sammensætning for 3,8 milliarder år siden med den oprindelige sammensætning kan man konstatere at der allerede havde været 'trukket på kontoen' i mere end 200 millioner år – altså at skorpemateriale havde været isoleret fra kappen i hvert fald så længe. Man kan også konstatere, at der ikke fandtes stabile kontinenter tidligere end for ca. 4,100 milliarder år siden, fordi isotoperne viser at kappe og skorpe var under konstant opblanding og homogenisering under den voldsomme varmeproduktion i Jordens indre.

Isua suprakrustalerne rummer også lag af sediment, som er aflejret i perioder med sparsom vulkanisme. De mest udbredte sediment er bandede jernmalme. De er dannet som kemiske udfældninger fra havvandet. Bandede jernmalme kendes kun fra Prækambrium. Man mener, et deres dannelse er betinget af tilstedeværelsen af en iltfattig atmosfære.

Endvidere findes sjældne og tynde lag af skifer, som oprindeligt er aflejret gennem meget lang tid ved



Velbevarede sedimentlag fra Isua. De mørke lag er aflejret langsomt og over lang tid som fint ler på oceanbunden, mens de lyse lag er afsat af mudderstrømme fra undersøiske vulkaner.



Kulpartikler fra de mørke lag i Isua havbundssedimenterne. De 0,02-0,05 mm store korn af grafit er dannet ud fra organisk materiale opbygget af plankton. De repræsenterer dermed de ældste spor af liv på Jorden.

bundfældning af ler i oceanet. De fine lerlag er med mellemrum afbrudt af aflejringer dannet af mudderstrømme, som er hvirvlet ned af undersøiske vulkaner, eller af fine vulkanske askelag, som er drysset til bunds.

Skiferlagene er farvet sorte af fint fordelt støv af kulstof, som er aflejret sammen med leret. Kulstoffet har et markant lavt forhold mellem isotoperne kulstof-13 og kulstof-12 i forhold til Jordens gennemsnitsværdi. Dette kan kun skyldes at kulstoffet stammer fra levende organismer. Alt tyder på, at kulstofpartiklerne er rester af plankton – muligvis blå-grønalger – som har levet i de øverste meter af havet og udnyttet solens energi til fotosyntese.

Ved at studere Isuas sedimenter kan vi konstatere, at livet allerede havde indtaget oceanerne på Isua-tid, og at levende organismer sandsynligvis have overtaget kontrollen med atmosfærens sammensætning og etableret et stabilt klima på Jorden. Tilstedeværelsen af liv, som gennem omsætning af kuldioxid har stabiliseret atmosfæren meget tidligt i Jordens historie, kan være en af årsagerne til, at Jorden er bevaret som en vandrig oase, til forskel fra søsterplaneterne Mars og Venus.