

Fra Djibouti til Seychellerne

af Lennart Widenfalk

I foråret 1979 var jeg så heldig at følge med det amerikanske forskningskib *Researcher* en månedstid på en forskningsrejse langs Carlsbergryggen i det Indiske Ocean. Skibet tilhører National Oceanic and Atmospheric Administration som sorterer under det amerikanske handelsministerium.



Figur 1. "RESEARCHER" ved kaj i Djibouti.

Researcher, som har hjemmehavn i Miami i Florida, er ca. 100 m lang og på ca. 3000 ton. Skibet foretog i løbet af den første del af halvåret 1979 rejsen fra USA og rundt om Afrika. I marts og april ville man passere den nordlige del af det Indiske Ocean og blandt andet gå langs den store spredningszone, som går fra Rødehavet og sydover. Denne midtoceanryg er opkaldt efter det danske Carlsberg Bryggeri, som via Carlsbergfondet bekostede den første oceanografiske ekspedition til området.

Min ekspedition startede i Djibouti, som ligger i et både politisk og geologisk uroligt hjørne af Afrika. Den lille republik ligger ved Bab-el-Mandeb strædet over for Aden og grænser til Eritrea, Etiopien og Somalia. Den politiske uro mærkedes frem for alt ved, at havnen var fyldt med franske orlogsskibe, og

inde i land fandtes store styrker fremmedlegionærer. Den geologiske uro i land kunne vi ikke studere nærmere på grund af de stridigheder, som forekommer i området, men adskillige vulkan-silhuetter tegnede sig mod horisonten.

Med ombord var blandt andre, syv geofysikere, geokemikere og geologer, hvoraf en kom fra Imperial College i London, Kurt Boström og jeg selv fra Höögskolan i Luleå, de øvrige fra Miami. Vort forskningsprogram omfattede geofysiske undersøgelser - magnetiske og gravimetriske målinger - geokemiske prøver af havvand, plankton og bundsediment samt geologiske prøver og kortlægning af undergrunden. Hensigten med vort arbejde er at få bedre kendskab til spredningszoners optræden og udvikling. Ikke alene fra et alment geologisk synspunkt, men også fra økonomisk geologisk synspunkt: malm, malmdannelse og metalomsætning ved en spredningszone.



Figur 2. Et stykke basaltisk pudelava med en sprække, der er udfyldt med et lyst kiselrigt sediment.

De bjergarter som findes i en spredningszone, plejer man at sammenfatte under navnet ophioliter, et begreb som er blevet meget kendt i løbet af de sidste ti til femten år. En ophiolit-serie består dybest nede af ultrabasiske bjergarter, som oftest er kraftigt deformerede. Længere oppe kommer olivin- og pyroxen-bjergarter, og de olivinrige, duniter, er ofte chromitførende. Derefter følger gabbro, som normalt er lagordnet. Over disse dybbjergarter ligger diabaser, som er tilførselskanaler til de ovenliggende lavaer. Da disse lavaer er havbundsdannelser er de udviklet som pudelava med glasskorper omkring de hurtigt størknede puder.

Det bedste kendskab til ophioliter har man hidtil fået ved at studere spredningszoner, som af forskellige årsager er "uddøde" og presset op mod en kontinentkant. Et af de smukkeste og måske lettest tilgængelige eksempler på en ophiolit-serie findes i Troodos-massivet på Cypern. Andre velkendte eksempler findes i Grækenland og Italien, men af størst interesse for os nordboer er, at selv i Skandinavien, i Vestnorge, findes ophioliter.

Hvad kan nu få en økonomisk geolog til at interessere sig for ophioliter? Jo - malm! Som bekendt stammer ordet kobber fra navnet på øen Cypern, hvor kobber har været brudt siden Antikken, og hvor man endnu i dag kan se spor efter romernes minedrift. Kobberkis og svovlkis og undertiden ædle metaller er knyttede til spredningszoner og ophioliter, og som tidligere nævnt gælder dette også chrommalm. En bedre forståelse af disse maldannelsesprocesser er af største betydning for en fremgangsrig prospektering efter disse metaller, f.eks. i den Skandinaviske fjeldkæde.

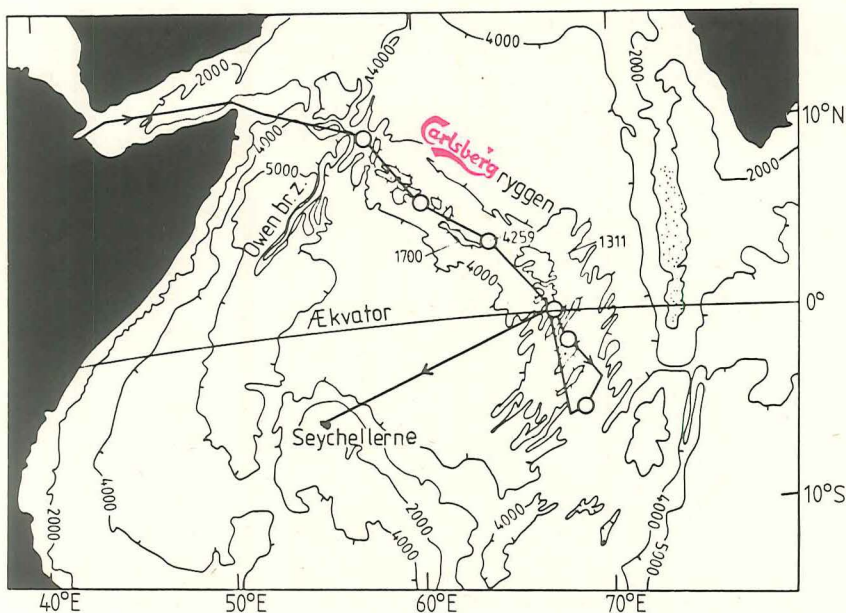
Kobbermalmsdannelsen i en spredningszone sker oftest i tilslutning til kraftige sprækker, fracture zones, som skærer tværs over den store ryg. I disse sprækkezoner kan varme opløsninger cirkulere i længere perioder og "få tid" til at danne malm. I den centrale sprækkedal forhindrer vulkanisme og bevægelser opståen af større malmkoncentrationer. De maldannende opløsninger kommer fra havvandet som trænger ned i basaltbjergarterne som en slags grundvand. Under spredningsryggen findes varmt magma, som varmer vandet og får det til at cirkulere opåder. I passende sprækker afsættes metallerne som sulfidmineraliseringer nær og på havbunden.

Chromitmalmene dannes på store dybder i magmalegernerne. Efterhånden som chromiten udkrystalliseres, synker de tunge krystaller til bunds i magmakammeret. Denne type maldannelse er svært at studere ved undersøgelser foretaget fra et skib, og hensigten med vort arbejde på Researcher var først og fremmest at studere de overfladenære dannelser: varme kilder og sulfidmaldannelse, samt andre processer, f.eks. afsætning af jern- og manganrige sedimenter - endnu en maldannelsesproces.

Carlsberg ryggen ligner den Midtatlantiske ryg ved at begge har en markant og dyb midterdal, hvorimod den Østpacifiske ryg mangler en sådan. Havbunds-spredningen over Carlsberg ryggen er i gennemsnit 2-3 cm/år sammenlignet med Atlantens 1 cm om året og den Østpacifiske ryg 4-10 cm om året.

Rejsen

Fredag 16. marts afgang Researcher fra Djibouti. Til trods for at vi befandt os i en tør del af verden, så regnede det. Rejsens første del gik gennem Bugten ved Aden og rundt om Afrikas Horn, og efter et par døgn passeredes Owen-sprækkezonen, som kan siges at udgøre Carlsberg ryggens nordlige ende. Dagene anvendtes til at gennemgå og kontrollere udrustningen: bundskraberne til stenkrabning, stødlod til bundprøver, planktonnet, udrustning til mikropræparering, mikroskop, vandflasker, fotoudstyr osv.



Figur 3. Kort over den nordlige del af det Indiske Ocean med indtegnet sejl-rute. Havdybden er angivet i meter.

Fra tidligere undersøgelser kendes Carlsberg ryggen's beliggenhed og form relativt godt. Fem passende strukturer var udvalgt i forvejen til nærmere undersøgelser. Ekspeditionens program i almindelighed omfattede nogle dages rejse mellem undersøgelsesstederne og derefter et par døgns intensivt arbejde på hver undersøgelsesstation.

Døgnet blev inddelt i otte firetimers vagter, og alle fik en dagvagt og en nattevagt, og desuden så meget arbejde man orkede og nåede. Mellem hver station blev der dog tid til at hvile og sove og solbade på "metal-stranden" - broens tag.

Når skibet nærmede sig en station, indledtes undersøgelserne med, at man krydsede frem og tilbage et par gange tværs over ryggen. Hver passage kunne tage mellem fire til fem timer. Det var altid lige spændende at stå foran ekkoloddet og se ryggen skyde op til 1500-2000 m dybde, for derefter at se selve dalen dykke ned til 3500-4000 m. Undertiden kunne man se havbunden sænke sig 3000 m i løbet af en times tid - med en fart af tolv knob. Efter at have passeret midtersprækken rejser forkastningsskrænterne sig hurtigt igen, og man får atter toppe på 1000 til 2000 m dybde. På spredningszonens flanker falder bunden ganske langsomt mod dybhavssletterne på 4000-5000 m dybde. En normal arbejdsdag bestod ofte af mange timers venten foran ekkoloddet til den bedste

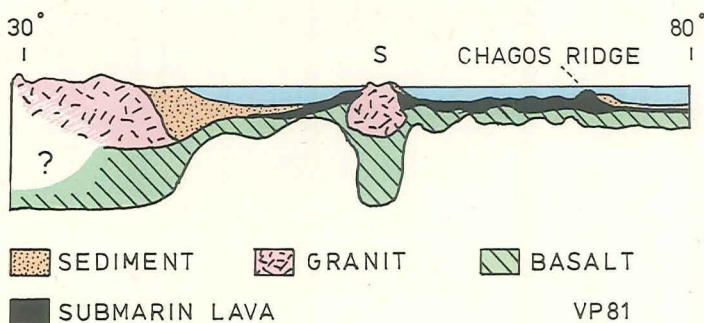
plads for skrabning og prøvetagning var udvalgt. Da skrabning af stenprøver indebar meget arbejde på dækket med wirer, spil og tunge bundskrabere, måtte dette arbejde ske i dagslys. Aftener og nætter gik med optagning af vandprøver, plankton og sedimentprøver. Det gjaldt om at udnytte tiden til søs maksimalt.

For at udnytte skibet bedst muligt krævedes også en øjeblikkelig og omfattende bearbejdning af prøverne på stedet. Dette skete for hurtigt at kunne tage beslutning om yderligere prøvetagning eller om et nyt sted skulle findes.

HavbundsfotoGRAFERING

En vigtig del af moderne havbunds forskning er fotoGRAFERING, fra geologisk synspunkt først og fremmest for at opdage kilder - eventuelt med malmdannelse, mangan-noduler og forskellige andre strukturer. Ombord fandtes avanceret udrustning til stereofotoGRAFERING af bunden, og på vor første station sattes den raskt ud og sænkedes ned mod bunden. I nærheden af kameraerne fandtes også en lyd giver - pinger - monteret, så at man kunne følge den på ekkoloddet. Da udstyret nærmede sig bunden og fotoGRAFERINGEN skulle begynde forsvandt det pludselig. Ekkoloddet viste intet ! Da vi langt om længe havde fået halet 4000 m wire ind, kunne vi se, at hele udrustningen var borte (\$ 100 000). Men der fandtes ingen spor efter defekte eller afbrækkede bolte eller wirer, end ikke de ringeste mærker på den nederste sjækkel. Det virkede som om kong Neptun selv havde været ude med skiftenøglen og i ro og mag løsnet boltene.

Dette tab illustrerer et ikke ukendt fænomen inden for havforskningen: udrustning går tabt. Muligheden for at få den igen er udelukket, reserveudrustning må altid være parat.



Figur 4. Forenklet VNV-ØSØ profil fra Østafrika over Seychellerne (S), visende jordskorpens opbygning.

Stenskrabning

De bundskrabere, som anvendes til stenskrabning, bestod af en stålramme, en meter bred og en halv meter høj og dyb. Bag denne var en pose af kæder, hvor stenmaterialet samledes. Det hele vejede ca. 300 kg. Denne type viste sig så anvendelig ved vore skrabningen i det Indiske Ocean, at samme type blev anvendt af Ymer-80 ved ekspeditionen til Ishavet.

Som allerede nævnt blev skrabningerne foretaget om dagen, men ofte blev det sen nat, inden skraberne kunne tages op. Mens skrabningen var igang måtte man omhyggeligt holde øje med wiren for at se om der "var bid". Undertiden kunne der gå flere timer, hvor skibet måtte gå frem med en til to knops fart før kraftige ryk kunne mærkes. Det skete mere end en gang, at bundskraberer satte sig fast på bunden, og forsøgene på at få den fri kunne tage hele natten.



Figur 5. Bundskraber med fangst af basaltblokke.

Vore første skrabninger resulterede i én sten. Det var en bid af en pude fra temmelig frisk pudelava. Puderne sprækker op i kegleformede stykker med et ydre glaslag, som ofte er dækket af et tyndt lag jern- og manganoxid. Under de følgende skrabninger fik vi betydelig mere materiale, og ofte kom bundskraberer op fyldt med flere hundrede kilo sten.

De sten, vi fik op, var næsten udelukkende stykker af frisk pudelava, den største lignede en kotelet på hundrede kilo! Enkelte steder gav dog prøver fra dybere dele af undergrunden. Det var forskellige typer gabbro og andre lignende

bjergarter med store olivin- og feldspatkrystaller. Disse bjergarter er kommet op til havbunden på grund af de forkastninger og store jordskorpebevægelser, som finder sted ved den midtoceane ryg.

Det skete endogså, at vi fik omdannede bjergarter op, og dette var af største vigtighed. Vi ville jo sammenligne friske og omdannede bjergarter for at se, hvad der var sket under omdannelsen, hvilke grundstoffer der var forsvundet og hvilke der var blevet koncentreret. I det omdannede materiale fandt vi også malmminerale: kobberkis og svovlkis. Ved at finde malmmineraliseringer lidt syd for Ækvator havde vi nået vort mål: friske bjergarter, omdannede bjergarter og malm. Vi er nu igang med at undersøge vore prøver i Luleå. Om der findes store (eller små) malmforekomster nede på bunden, kan vi ikke afgøre med vort materiale. Men selv en forekomst på flere millioner ton vil være økonomisk uinteressant, når den ligger på 3000 meters dyb.

Plankton

Vore bundskrabere kom også op med andet end sten. En gang fik vi en rigtig styg fisk, en typisk dybhavsfisk, ca. 30 cm lang og med stort hoved og gab, mens kroppen var lille og tynd. Den mest spændende fisk var dog den hvidtipede haj, som opvartede os, så snart skibet stoppede. Hajen var meget nysgerrig, og den bed og smagte på alt, som blev kastet i vandet. Vi måtte altid holde ud-kig om den angreb vore plankton-net. Skibet gik altid for fuld fart nogle sømil for at ryste hajerne af sig, inden nettene blev sat ud.



Figur 6. En dybhavsfisk fanget med bundskrabere.

Plankton-fangsten skete efter mørkets frembrud, når den store planktonmasse steg op mod overfladen. Et fænomen, som kunne iagttages godt på ekkoloddet. Årsagen til vor interesse for plankton skyldes plankton'ets meget aktive del i metalomsætningen i havene. Dødt plankton og plankton-afføring yder store bidrag til bundsedimenterne.

Bundprøver

For at tage prøver af de løse sedimenter anvendtes et traditionelt stødlod med en vægt på ca. 100 kg. Rørene var 10 cm i diameter og kun 1 m lange. Trods den ringe længde fik vi aldrig et fyldt rør. Normalt var propperne to til tre decimeter. Årsagen til dette er ganske enkelt, at havbunden ved ryggen er så nydannet, at der ikke findes større sedimentmægtigheder. Propperne bestod overvejende af lyse, kiselrige sedimenter, og dette tyder på, at vi desværre ikke fik sedimentprøver fra aktive hydrotermale områder. I disse får sedimenterne ofte en mørkebrun farve af jern- og manganudfældninger.

Hjemad

Da alle stationer var klarert med et vellykket indsamlingsresultat, og vi havde fået vor ækvatordåb, stævnedes vi mod Seychellerne, hvor vi forlod fartøjet.

Som rygten fortæller, er Seychellerne et varmt og venligt ø-rige. Geologisk er ø-gruppen interessant, fordi den danner et mini-kontinent midt ude i det Indiske Ocean. Skarpe og uregelmæssige granitklipper rejser sig næsten 1000 m over havet. Hvor den nøgne og rene granit ikke stikker frem, findes lateritjord dækket af tropiske vækster.



Figur 7. Granitklipper på Seychellernes hovedø, Mahé.