

Antimon-disulfidet, auripigment ligner, hvad farven angår, uranyl-mineraler, men er mere sjældent og optræder typisk sammen med andre kisminerale.

Har de nævnte uran-mineraler nogen praktisk betydning? Det har de faktisk, men om den er nyttig eller skadelig, er der delte meninger om. Det meste uran, som anvendes i kernekraftværker, kommer fra såkaldt primære uran-mineraler, men ca. 10 % udvindes af sekundære uran-mineraler.

De overfladenære, sprække-gennemsatte dele af en uranmalm er ofte kraftigt oxideret og omdannet til sekundære mineraler, især uranylfosfater og uranylsilikater. Der findes til og med store malmforekomster som udelukkende består af sekundære uran-mineraler. De er dannet af cirkulerende grundvand i kalksten nær overfladen, og består af uran-vanadin-mineraler, især carnotit. En sådan malm er fundet i Vestaustralien, og brydningen sættes meget snart i gang. Muligheden for at finde en brydbar forekomst af sekundære uran-mineraler i Sverige er dog uendelig lille.



..... OG SÅ AFSTED PÅ MINERALJAGT I KOBBERBÆLTET I ZAMBIA, HVOR KOLONITIDENS DØNNINGER ENDNU MÆRKES. HJEMME IGEN BAGER VI TEKTONISKE KAGER I KØKKENET, LÆSER OM TUNGUSKA MYSTERIET OG GAMLE AR I ØSTGRØNLAND. I DETTE NUMMER BERETTES OGSÅ OM DALAR PORFYRERNE, SOM UNDER ISTIDEN BLEV SPREDT OVER STORE OMRÅDER I DET NORDLIGSTE EUROPA.

Artiklen: "Det store bang !" i VARV 1981/4 var skrevet af *Tove Birkelund*. Peter beklager meget, at forfatterens navn var blevet dækket af tegningen under montagen !

VARVs UDSALGSTILBUD ved AFHENTNING



VARV har forlænget sine gode udsalgstilbud. På VARVs sekretariat, Øster Voldgade 10, København, kan du hos Anita Ege købe gamle VARV-årgange m.v. til spotpriser, hvis du selv bærer dem bort.

Alle VARV numre fra 1964 til 1980 (dog minus 1964, nr. 1) kan fås for 130 kr.

4 bøger, nemlig ekskursionsførere over Bornholm, Øerne, Røsnæs og temahæftet om Ghana fås for i alt 50 kr.

Og det store undergrundskort over Danmark fås for 25 kr.

Du kan også skrive eller ringe til Anita Ege og høre, hvor meget det vil koste tilsendt.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Telefon: 01-11 22 32
Kontor: Anita Ege (mandage, tirsdage og torsdage kl. 13-16)

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Erling Bondesen, Erik Stenestad, Steen Sjørring og Sven Laufeld

Renskrift: Gitte Sjørring

Repro: Scan-Lith ApS, København

Tryk: Fair-Print A/S, Roskilde

VARV udkommer 4 gange om året. Prisen er 45 kr. i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meldt til postvæsenet.

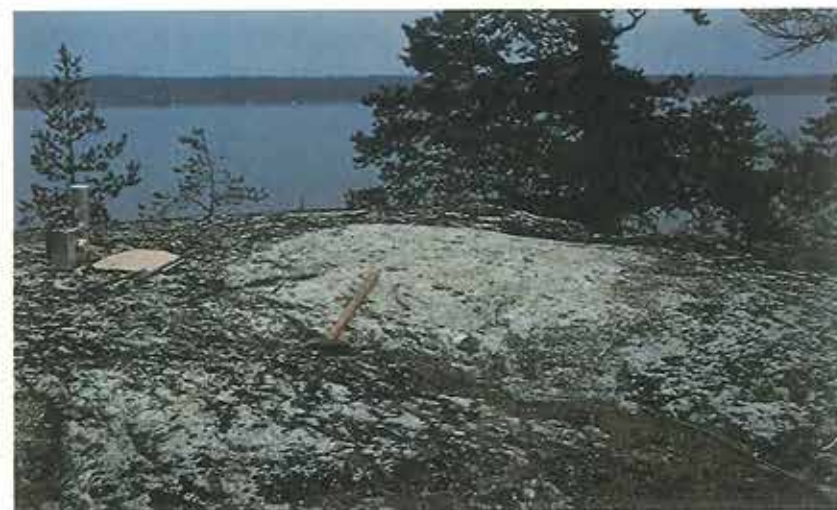
©1982 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

indeholder kobber, men de øvrige er gullige. Autunit og torbenit danner sommetider tavleformede krystaller, som kan ses med eller uden lup. Denne gruppe findes især i Sydsverige og langs de svenske kyster.

URANATERNE er oftest orange-gule, da de tit indeholder bly. De danner især overtræk på uraninit men er i øvrigt ret sjældne. Wölsendorfit, som er smukt gulrødt, er det mest almindelige uranat-mineral.

Både URANYLSULFATER og URANYLKARBONATER er sjældne i Sverige. De kan dog findes i miner, hvor udsivende uranholdigt vand er inddampet. Er vandet surt og sulfatholdigt fås sulfater, er det basisk og karbonatholdigt fås karbonatminerale. Uranylkarbonaterne viser i UV-lampens lys smukke grønne fluorescensfarver. Da Stripa jernmalmsforekomsten var i drift i 1950'erne udfældedes flere komplekse uranylkarbonater på minegangenes vægge.

Hvis man ikke har adgang til at benytte en Geiger-Müller-tæller eller et scintillometer, kan de nævnte uran-mineraler dog let forveksles med andre mere almindelige forvittringsminerale. Sekundært dannede jernsulfater tilhørende jarositgruppen har næsten samme farve og udseende som sekundære uran-mineraler. Jarositminerale dannes næsten altid ved forvitring og oxidation af svovlkis, og findes ofte på stykkerne i affaldbunkerne omkring gamle sulfidminer. Molybdæn-okker er et forvittringsprodukt af molybdænglans, antimon-okker efter antimonglans. De har begge en gullig farve, men optræder sjældent i Sverige.



Figur 4. Overtræk af lysegule sekundære uran-mineraler, uranofan og phosphuranylit, på klippeoverflade, Bergskär, nord for Skellefteå. Lav forekommer ikke, hvor uran-mineralerne optræder. Foto Runo Löfvendahl.

Man kan dog sommetider se en rødlig belægning på en del af den gule plet. Det er en rød (!) grønalge, *Trentopholia iolithus*, kaldet violstensalge på svensk. Den synes at kunne tolerere det høje uranindhold.

De sekundære uran-mineraler er ikke så almindelige i Finland, Norge og Sverige som under de varme himmelstrøg. De er ikke beskrevet fra post-kambriske aflejringer i Danmark og Sydsverige. Deres relative sjældenhed i Norden skyldes dels den begrænsede nutidige kemiske forvitring, og dels at de kvartære nedslinger har fjernet og udslettet de fleste spor af en ældre forvitringsskorpe med mulige sekundære uran-mineraler. Der kendes dog i alt ca. 20 forskellige sekundære uran-mineraler her fra Norden. Forfatteren har undersøgt deres udbredelse i Sverige. De kan, efter deres kemiske sammensætning, deles i fem grupper: silikater, fosfater, uranater, sulfater og karbonater.

URANYL-SILIKATMINERALER er normalt strågule og forekommer jævnt spredt i landet. De enkelte mineraler kan som regel ikke skelnes fra hinanden med det blotte øje. De fleste svenske sekundære uran-mineraler tilhører uranyl-silikat-gruppen. Almindeligst er uranofan, kasolit, beta-uranofan og boltwoodit. De findes på sprækkeflader, som forvitringsovertræk på primære uran-mineraler eller som gule pletter på klippeoverfladen. De er især knyttede til kiselysrige bjergarter som granit og sandsten/kvartsit.

URANYL-FOSFATERNE, autunit, hydrogen-autunit, phosphuranylit og torbenit, er betydeligt mere sjældne. Torbenit er normalt grønlig, da mineralet



Figur 3. Wölsendorfit (orange) og beta-uranofan (gult) i biotit-pegmatit fra Luleå Manak, Lapland. Foto Runo Löfvendahl.

Tunguska-mysteriet



af Oleg Borisov, APN, Moskva

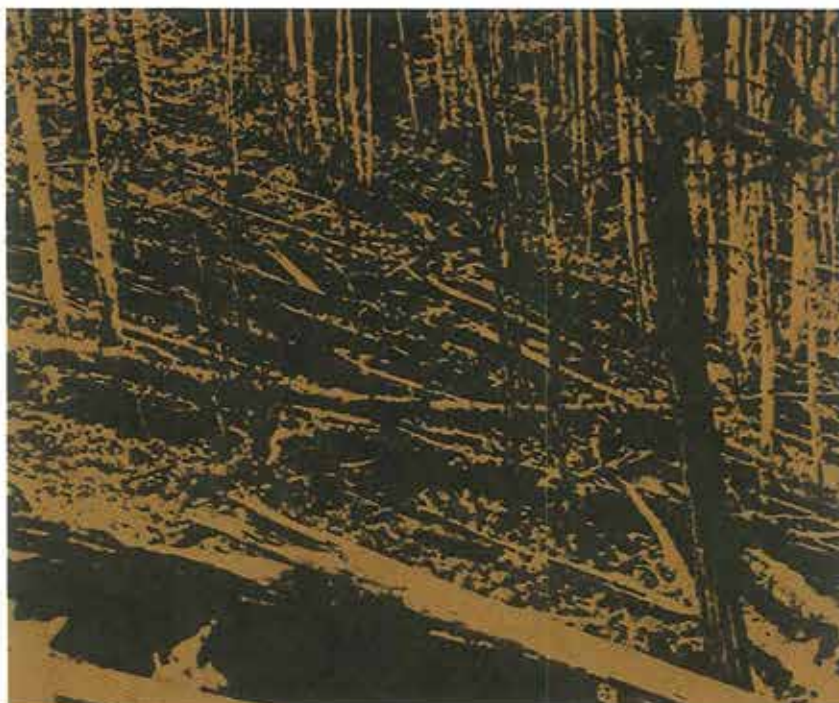
Den 30. juni 1908 blev det ikke nat i Europa og Vestsibirien. En enorm mængde kosmisk støv var trængt ind i atmosfæren og oplyste nattehimmelen. Selv på steder, hvor overgangen mellem dag og nat er meget brat, oplevede man lyse nætter. Lette, gennemsigtige og usædvanligt lyse sølvskyer, for det meste kun synlige i glimt, kunne iagttages over et flere millioner kvadratkilometer stort område. Alt sammen var det følgerne af en eksplosion, som flængede natten ved Jenisej-bifloden "Stenede Tunguska".

Mange øjenvidner havde set en ildkugle slå ned i tundraen. Andre kunne berette om frygtelige brag, der mindede om torden. Vejrstationer registrerede en eksplosionsbølge, som bredte sig over hele Jorden. I en omkreds af ti kilometer fra eksplosionens centrum blev træerne brændt af. Det, der havde afstedkommet braget, efterlod imidlertid ikke noget direkte fingerpeg om sin art og herkomst, men forsvandt sporløst i den brand, det selv havde antændt.

Det skulle dog gå hele tyve år, før en videnskabelig ekspedition blev sendt til katastrofestedet, men den vendte tomhændet hjem. Der blev ikke fundet spor af noget fremmedlegeme på nedslagsstedet. Heller ikke senere forskerhold havde held med sig i deres søgen. Videnskaben stod altså i en klassisk situation, hvor manglen på bevismateriale gav spillerum for de mest forskelligartede og mest fantastiske hypoteser. To hypoteser vandt efterhånden fodfæste - nemlig, at det enten drejede sig om en komet eller en kerneeksplosion. Kun få vovede dog at fremdrage problemet på kongresser - ikke engang, når meteorit-forskere mødtes.

Selv om diskussionen af fænomenet ebbede ud, fortsattes undersøgelserne på nedslagsstedet imidlertid. Akademimedlem N.V. Vasilev var leder af de ekspeditionshold, der hver sommer sendtes fra Tomsk til området, hovedsageligt for at studere de biologiske sider af problemet. Hvilken indflydelse havde eksplosionen udøvet på plantelivet? Var der sket mutationer? Var der sket en ophobning af radioaktivt kulstof i planterne? Hvis der havde været tale om en kerneeksplosion, som flere forskere antog, måtte der være opstået en radioaktiv zone. Dette måtte igen have indvirket på træerne, hvis årringe fra årene efter nedslaget da ville indeholde unormale mængder radioaktivt kulstof. Bl.a. derfor bestod en vigtig del af forskningsarbejdet i at opspore planter, der havde overlevet katastrofen i 1908.

Mens dette arbejde stod på, havde en helt anden forskergruppe en årrække ar-



Trykbølgen, som dannedes ved eksplosionen, væltede skoven i en radius på 15-30 km. De frønnede, mosbegrøede stammer ligger som let camouflerede spor - pegende mod katastrofecentret.

bejdet i Kaukasus, hvor forskere fra Instituttet for Geokemi og Mineralfysik ved Ukraines Videnskabsakademi i Kiev smeltede den is, som gennem årtusinder havde dannet sig på toppen af Elbrus-tinden. Formålet hermed var at udvinde det kosmiske støv, som konstant tilførtes Jorden, og som koncentreredes i bjergenes evige sne og is.

De to ekspeditioner havde helt forskellige mål med deres undersøgelser, indtil de ukrainske forskere blev bedt om at bistå kollegerne fra Tomsk. I 1973 sendte Vasilev et stykke af en lærkestamme, som havde overlevet 1908-katastrofen, til undersøgelse i Kiev, så man der kunne undersøge den for eventuelt radioaktivt kulstof.

Man var på forhånd skeptisk overfor, om det skulle lykkes at finde kulstof-14 anomalier, for planter optager fortrinsvis kulstof fra luften, ikke fra jorden. Selv, hvis der efter eksplosionen skulle have været en større koncentration af C-14 i luften, behøvede den ikke at have holdt sig længe. Vinden ville hurtigt



Figur 1. Uraninit (begblende) med gul oxidationsskorpe af uranofan, fra Margnac, Frankrig. Foto Uno Samuelsson.

Figur 2. Cuprosklodowskit (gulgrønt) og malakit (grønt) fra sandstensblok, Tossåsen, Härjedalen, Sverige. Foto Uno Samuelsson.

De sekundære uran-mineraler optræder naturligt i tilknytning til primære uran-mineraliseringer og er dannet på disses bekostning ved kemisk forvitring.

Primære uran-mineraler findes i Sverige, bl.a. ved Pleutajäkk ved Arjeplog, ved Lilljuthatten i Jämtland og i Västersvik-området. De optræder også i visse pegmatiter i Sydnorge og Sverige. I Finland brød man omkring 1960 nord for Joensuu i et kortere periode en kvartsit, hvori der foruden primære også fandtes sekundære uran-mineraler.

I Skandinavien optræder de sekundære uran-mineraler almindeligvis i overfladenære sprækker og sprækkezoner, og de kan med lidt øvelse opdages alene ved hjælp af det blotte øje. De 'nøgne' klipper langs kysten og i fjeldområderne er ofte dækket af lav og lichener (og anden 'botanik'), men finder man helt nøgne stærkt gule pletter i lavbeklædningen, er der stor chance for, at man har med et sekundært uran-mineral at gøre. Uran, som er kemisk giftigt og udsender røntgenstråling, tillader normalt ikke vækst af lav ovenpå og tæt op til mineralet.

Sekundære Uranminerale

af Runo Löfvendahl

Uran er et af de sjældne grundstoffer i Jordskorpen. Det udgør i gennemsnit kun nogle få gram per ton, men alligevel kendes næsten 200 forskellige uranminerale. Det skyldes, at uran optræder i to forskellige oxidationstrin, både med valensen 4 og 6 (4-, og 6-værdigt).

Uran blev for første gang påvist af den tyske kemiker Klaproth, som fremstillede uran-oxid (uran-ilte) ud fra begblende (uraninit) fra Johangeorgstadt i Erzgebirge (nu Østtyskland). Uran i ren metallisk form blev først fremstillet af franskmændene Peligot i 1841.

Frem til 1850 kendtes kun syv uran-minerale, og i 1910 var der kun kommet 21 nye til, så langt hovedparten er af nyere dato. Det skyldes udviklingen af røntgen-analysen og senest mikrosonden. Det har gjort det muligt, at bestemme minerale, som optræder i små korn sammenblandet med andre. De unddrog sig tidligere bestemmelse ved kemiske analyser og optiske undersøgelser ved mikroskopets hjælp.

6-værdigt uran opløses ret let i vand som uranyl-ionen UO_2^{2+} , der kan forene sig med mange andre ioner. Derfor findes der mange, sammensat opbyggede minerale med 6-værdigt uran. 4-værdigt uran er derimod ret tungtopløseligt, og det danner et mindre antal minerale.

De forskellige uran-minerale kan groft set inddeles i de primære, hvor især 4-værdigt uran indgår, og de sekundære, hvor uranet er 6-værdigt. De primære uran-minerale er oftest sorte, som det almindeligste primære uran-mineral uraninit (begblende). De sekundære uran-minerale, hvor overfladevandet har virket ind under dannelsen, har derimod tit klare og lysende farver. Deres grundbestanddel er uranyl-ionen UO_2^{2+} , der når den fældes kemisk fra en vandig opløsning danner et gult bundfald af uranylhydroxid. Derfor er mange sekundære uran-minerale også gule.

Men indgår der andre stærkt farvede metalioner i et sekundært uran-mineral fås andre farver. Sekundære bly-uran-minerale er således orange-gule og kobber-uran-minerale grønne.

Er der andet end farven at gå efter, når man er på uran-mineraljagt? Ja, transportable radioaktivitetsmålere, Geiger-Müller-tællere eller scintillometre, gør det let i felten at udpege radioaktive minerale med uran og thorium. Men at bestemme alle de gule sekundære uran-minerale er straks vanskeligere. Her kan en UV-lampe hjælpe, idet især uranylkarbonater lyser op i mere eller mindre karakteristiske fluorescensfarver, når de bestråles med ultraviolet lys.



Dr. Alexie Zolotov (til venstre) indsamler jordbundsprøver fra katastrofestedet. Prøverne analyseres i laboratoriet for radioaktivt udfald. Foto: S. Bulantsev (Tass).

have kunnet sprede den. Det blev ved undersøgelsen af lærketræet da også konstateret, at indholdet af C-14 var normalt.

Året efter, i 1974 rejste nogle af de ukrainske forskere selv til Tunguska, hvor de tog prøver af muldlaget fra 1908. I mulden fandt de en del bittesmå kugler af smeltet silikat og metal. Et kilo muld indeholdt således ca. 10.000 kugler, mens der i andre muldlag var 100 per kilo. Den opfattelse var derfor nærliggende, at man her havde med resterne af et kosmisk legeme at gøre, men da eksplosionen blev ledsaget af en brand, var det mere korrekt at mene, at kuglerne repræsenterede resterne af et smeltet, øverst muldlag.

Nu overvejede man i stedet at søge efter C-14 i kuglernes silikat-bestanddele - i stedet for som først i træernes ved. Nye omhyggeligt udførte analyser viste, at jordlaget fra 1908 var beriget på kulstof-14.

Nu meldte to nye spørgsmål sig, som var vanskelige at besvare, eftersom der var gået over 70 år siden katastrofen. Stammede det fundne kulstof-14 fra selve det himmellegeme, der var eksploderet over tundraen, eller var det dannet i jordlaget under indflydelse af eksplosionen og den tilknyttede radioaktive stråling? Hvorfor var hele jordbunden ikke radioaktiv? Da der ikke kunne konstateres forhøjet radioaktivitet bortset fra i kuglerne, kunne disse ikke være blevet radioaktive på grund af stråling udefra, og derfor kunne en kerneeksplosion ikke have fundet sted. Dette var den slutning, en helt tredje forskergruppe, nemlig fysikere fra Leningrad, kom til. Men hvor kom det radioaktive C-14 så fra?

I jordlagene er der intet radioaktivt kulstof, men i kosmiske legemer dannes det konstant. I meteoriter spaltes radioaktivt kulstof i gennemsnit 50 gange i sekundet pr. kg materiale. Det kan også ske hurtigere, alt afhængigt af, hvor dybt den kosmiske stråling trænger ind i meteoriten. Geokemikerne fra Kiev havde konstateret spaltningsprocesser i silikatkomponenterne i kuglerne. Betød det, at mulden indeholdt kosmisk materiale?



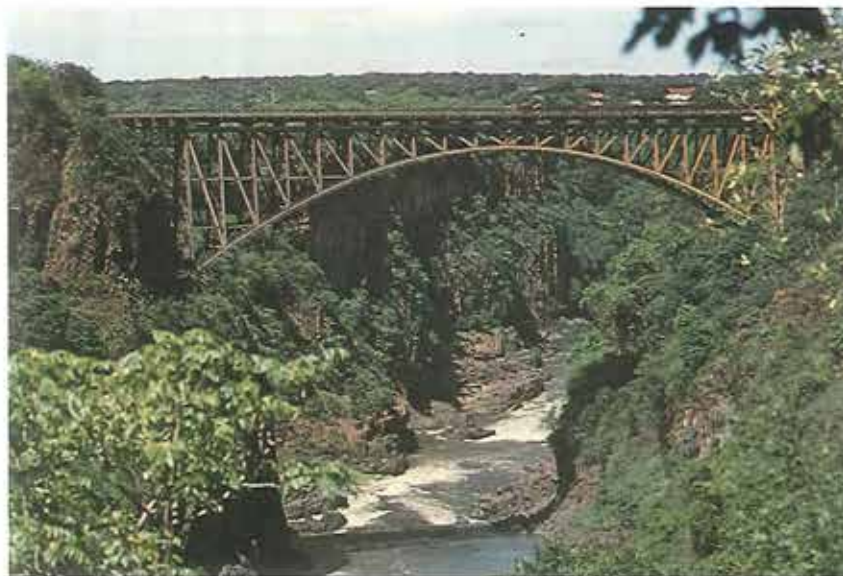
Denne hytte blev for 50 år siden bygget af den første forsker, Leonid Kulik, der studerede Tunguska fænomenet og den benyttes endnu af ekspeditioner til Tunguska. Foto S. Bulantsev (Tass).



Figur 5. Zambias landdistrikter har mærket meget lidt til industrialiseringen af Kobberbæltet. Her bæres hirse hjem til ølbrygning.

School of Mines på University of Zambia (hvor forfatteren har arbejdet som lecturer i geologi, udsendt som u-landsfrivillig af Mellemfolkeligt Samvirke) blev oprettet i 1973. Her uddannes mineingeniører, metallurger og geologer på 4-årige uddannelser. Det har været relativt let at skaffe penge til opførelsen af universitetet fra udlandet, men driftsmidlerne må skaffes lokalt og opsluges hurtigt af lønninger og administration, så der næsten intet er tilovers til almindelig drift - en typisk problematik i mange u-lande, og nu også i i-lande. Men University of Zambia har også andre problemer. De udenlandske undervisere rejser, inden de når at få forståelse for afrikansk tankegang og handlemåde. Mange studenter læser snarere for at opnå en bedre social position end for at udøve et erhverv. De har gået i kostskoler med passiv udenadslæren og hvor fysisk arbejde blev betragtet som nedværdigende eller en straf.

Department of Geology's geologiske feltarbejde blev vanskeliggjort i årene forud for Zimbabwes uafhængighed i 1980 på grund af guerillaaktiviteter, især omkring hovedstaden Lusaka. Befolkningen var derfor mistænksum overfor fremmede, især hvide med kort og rygsæk. Oven i alt dette kom pengemangel, bogmangel, udslidte køretøjer og lange afstande ad hullede veje (Forsiden). De første årgange fra School of Mines har dog vist sig at kunne leve op til kravene - men der er alligevel stadig lang vej igen, før Zambia får zambiansk kontrol over sin udvikling og sine store ressourcer.



Figur 4. Jernbanebroen over Zambesifloden ved grænsen mellem Zambia og Zimbabwe.

aktiekurserne i top, købte den zambianske stat 51 % af aktiekapitalen i kobberminerne. På trods af total afhængighed af hvide teknikere, og af sydafrikanske reservedele til minernes produktionsapparat, samt et meget sårbart jernbanenet til Afrikas kyster gennem urolige områder (Angola, Mozambique, Rhodesia) håbede Zambia sammen med andre fattige kobberproducerende lande, bl.a. Chile og Zaire, at kunne kontrollere kobbermarkedet (i stil med OPEC-aftalen mellem olielandene), og der foreligger faktisk stadig en indbyrdes formel aftale herom. En helt ny jernbane blev bygget ved kinesisk hjælp fra Kobberbæltet til Dar es Salaam ved Tanzanias kyst for at mindske afhængigheden af ruten gennem Rhodesia.

Men Allende-styret i Chile blev som bekendt kortlivet og USA fik igen kontrol over Chiles kobber, kobberpriserne faldt, og der har været konstante problemer med transporten af Zambias kobber gennem nabolandene og udskibningen fra Dar es Salaam. I de senere år har minerne i lange perioder kørt med underskud, samtidig med at de beslaglægger landets bedst uddannede arbejdskraft og dermed blokerer udvikling inden for andre erhverv.

School of Mines

Et vigtigt mål for Zambia i kampen for at få reel kontrol over sin mineindustri er erstatning af den store gruppe udenlandske teknikere med zambianere.

Det blev besluttet at udvinde mere materiale til måling. Fem ton muld blev behandlet, og heraf udvaskedes halvanden kilo silikatpartikler. Siden skiltes silikatpartiklerne i lette og svære bestanddele. De tunge blev sorteret efter mineralkomponenter.

Da separationsresten på kun 1.3 g undersøgtes i mikroskop, blev forskerne meget overraskede. De så partikler, der ikke tidligere kendtes fra Jorden. På dette stadium blev en mineralog, Viktor Kvasnitse, inddraget. Han undersøgte partiklerne røntgen- og mikroanalyser, og det konstateredes, at der var tale om grafit-diamant forbindelser. Foruden de kendte kubiske diamanter forekom diamanter med en heksagonal struktur, såkaldt lonsdalit eller impact-diamant. Impact-diamant opstår, når meteoriter støder sammen eller slår ned på Jorden.

Nu kunne rumkemikerne fra Kiev - med et vist forbehold - drage den slutning, at man havde fundet rester fra et himmellegeme, som eksploderede over den sibiriske tundra den 30. juni 1908.

Impact-diamanterne var udviklet som relativt sprøde korn af sort farve med en uregelmæssig overflade - ligesom de grafit-indlejrede diamanter, som dannes i verdensrummet.

Når store meteoriter falder ned på Jorden opstår der også forbindelser af diamant og grafit ved nedslaget, og der dannes kratere i jordoverfladen. Men eksplosionen ved Tunguska må være sket i luften inden nedslaget, for der er ikke fundet noget krater på det sted, hvorover eksplosionen indtraf. Fire kilometer fra eksplosionsstedet i 1908 findes et meget stort krater med et tværsnit på hele atten kilometer, men geologerne mener, at dette krater stammer fra en forlængst udslukt vulkan.

Hvis geologernes antagelse er korrekt, kan de silikatpartikler, som blev fundet i muldlaget fra 1908, ikke stamme fra et meteorit-nedslag, men derimod fra "et himmellegeme". De må altså være tilført fra verdensrummet.

Var "himmellegemet" en komet? Vi ved, at kometkerner hovedsageligt består af frosne gasser og is, samt af nikkelholdigt jernstøv og silikater, og måske også diamanter.

Den nyeste forklaring på Tunguska mysteriet er derfor den, at en komet med 4000 tons kosmisk materiale er eksploderet i en højde af ca. 5 km over Jorden. Kometens fart må have været mellem 30-40 km/sek. Da den eksploderede i luften, dannedes der ikke noget krater, men skoven under eksplosionsstedet blev ødelagt i et stort område, tildels af brand.

Sammen med kometen, sikkert som dens hale, nåede en mængde kosmisk støv ind i Jordens atmosfære. Støvet oplyste nattehimmel og forårsagede lyse nætter, solskyer og andre atmosfæriske fænomener.

Dalarnes Porfyrer



af Sven Hjelmqvist

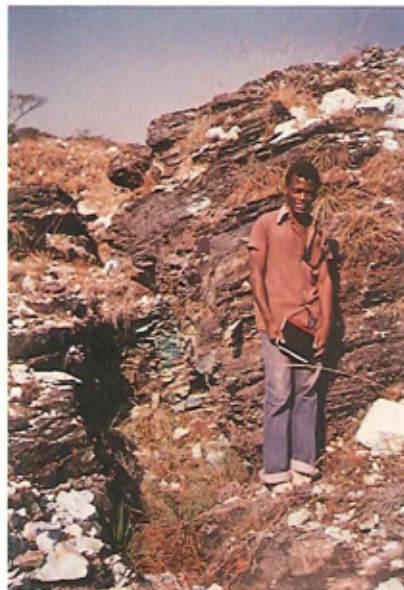
Dalarna er det nordligste og største landskab i Mellem Sverige. Her udspillede sig for ca. 1600-1700 millioner år siden en livlig vulkansk virksomhed og askeskyer bredte sig ud over store områder. Herved dannedes de såkaldte Dalar porfyrer.

Dalar porfyrerne træffes især i et område omkring Älvdalen, nordvest for Siljan søen. I et ydre bælte uden om dette område findes spredte forekomster af porfyrer og sammen med disse optræder sedimente, kvartsiter, skifre og tykke konglomeratlag.

De oprindelige vulkancentre kendetegnes nu af vulkanske breccier og agglomerater dannet ved den eksplosive virksomhed. Der forekommer flere 'sure' porfyrer, der kemisk har ryolitisk til alkali-ryolitisk og undertiden næsten trakytisk eller alkali-trakytisk sammensætning. Vigtigst er: porfyrer med flydestrukturer, strøkornerige porfyrer med store feldspatstrøkorner, og Bredvad porfyr. De mere basiske vulkaniter, som har latitisk til kvarts-latitisk sammensætning, omfatter Venjan porfyr og rød og grå porfyr. En porfyr, der ikke er 'sur' nok til at føre kvarts som strøkorner eller i grundmassen, kaldes en porfyr. En sikker lagfølge for hele Dalarnes vulkanit- og sedimentområde er vanskelig at opstille. Porfyrerne i det ydre bælte i øst og syd er ældst. De indeholder tit i modsætning til porfyrerne i det centrale område strøkorner af kvarts, men den kvartsfrie Venjan porfyr optræder også sammen med de ældre porfyrer.

En lokal stratigrafi er opstillet for Älvdalsområdet. Det ældre grundfjeld overlejres her af klastiske sedimente, derpå følger rød porfyr, så igen sedimente efterfulgt af grå porfyr, og derover porfyr med flydestrukturer, strøkornerig porfyr og som yngste led Bredvad porfyr. Undtagelser fra denne regel kan dog forekomme. Da Dalar porfyrerne danner underlaget for den jotniske Dalar sandsten, betegnes de ofte som subjotniske dannelser.

VENJAN PORFYRITEN optræder i det ydre bælte sydvest for Siljan i to felter, der adskilles af et yngre granitmassiv. Porfyreren er her i frisk, uforvitret tilstand lysegrå, ret grovkornet med talrige 1-4 mm store, grågrønne eller gråhvide strøkorner af feldspat plagioklas. Undertiden forekommer også enkelte lyserøde strøkorner af alkali-feldspat og 1-3 mm store tavleformede biotitkorn og prismeformede hornblendekorn. Den friske porfyr gennemses af sprækker, som omgives af en smal teglrod zone. En noget 'grovere' udgave af Venjan porfyr (med større strøkorner) forekommer i det sydligste felt som gangdannelser og gennemses af den mere finkornede porfyr.



Figur 2. Grøft efter præ-europæisk brydning af kobbermalm. Den grønne farve af forvitret kobber ses tydeligt. Kansanshi.



Figur 3. Lavmetamorfe kobberførende siltsten. Kobbersilikatet chrysokolla farver bjergarten lysegrøn. Kansanshi.

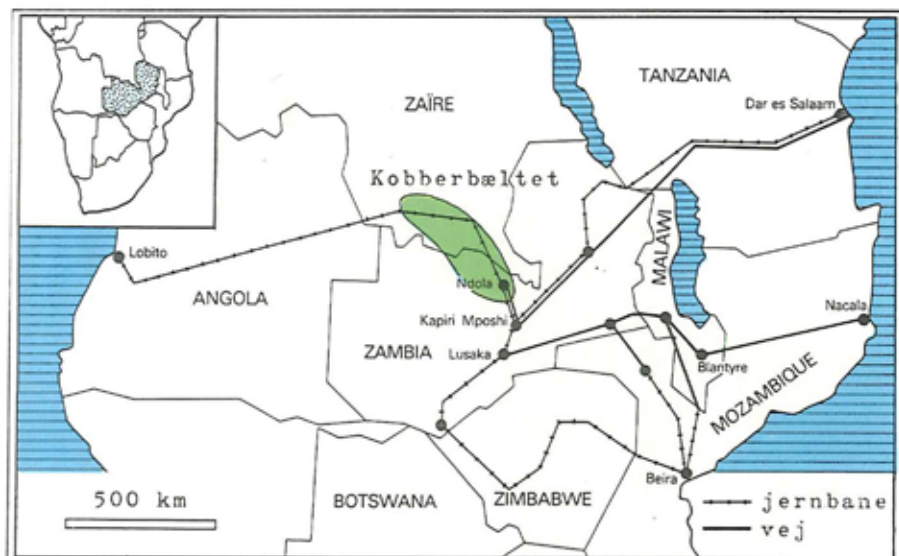
Ensidig afhængighed af kobber

Lige siden de første store miner blev åbnet, har udnyttelsen presset Zambia ind i en meget ensidig udvikling til gavn for de selskaber, som investerede i mineindustrien. Adskillige store minebyer er vokset frem, og i dag bor 42 % af Zambias indbyggere i byer, langt de fleste i Kobberbæltet, og landets indbyggere bor i langt højere grad i byer end det ellers er tilfældet i det sorte Afrika. Over 95 % af eksport og valutaindtjening stammer fra kobber og kobolt.

Til gengæld er Zambias store landdistrikter blevet meget forsømt og hører til Afrikas mindst udviklede (Figur 5). Svedjebrug er stadig udbredt, og landet kan langtfra brødføde sig selv, på trods af at jorden mange steder er frugtbar.

Tiden efter selvstændigheden

Efter sin formelle selvstændighed i 1964 har Zambia på forskellige måder forsøgt dels at få politisk og økonomisk kontrol over sin mineindustri, dels at frigøre sig fra den store afhængighed af kobberet, men uden større held. I 1973, under Vietnamkrigen hvor efterspørgslen efter kobber var stor, priserne gode og



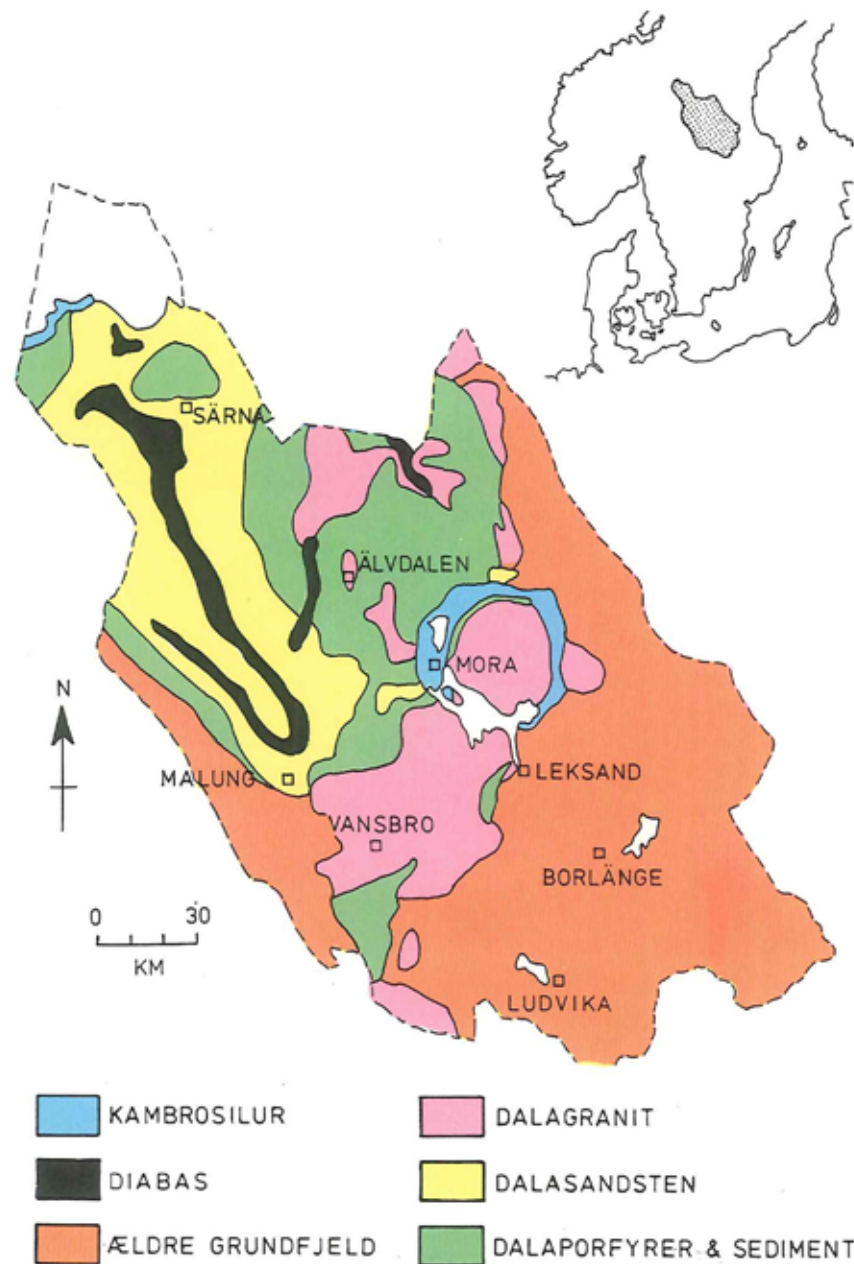
Figur 1. Zambia og kobberbæltets beliggenhed i det sydlige Afrika.

ge del, ja hele det nuværende Zambia, blev underlagt et privat engelsk selskab, British South Africa Company, under navnet Northern Rhodesia - opkaldt efter selskabets direktør Cecil Rhodes. Herefter var det fra 1924 til 1964 en engelsk koloni. Den nordlige del af Kobberbæltet, Shabaprovinsen i Zaire (tidligere Katanga i Belgisk Congo) er stadig i hænderne på fransk-belgiske interesser.

En jernbane blev bygget fra Sydrhodesia - med den berømte bro over Zambesi-floden (Figur 4) ved Victoria Falls i 1904 - som skabte forbindelse fra Sydafrikas havne til Kobberbæltet. Det nuværende Zambia har siden 1930'erne været stærkt afhængigt af én råvare, kobberet.

Den oprindelige struktur i mineindustrien skinner stadig igennem en "zambianiseret" overflade: engelske, sydafrikanske, hollandske (og efterhånden også indiske) mineingeniører, geologer, metallurger, borefolk - og billig lokal arbejdskraft til alt det grove arbejde.

Også andre af Zambias ressourcer styres udefra. Zambias eneste kulmine i den sydlige del af landet drives ved hjælp af et tysk konsulentfirma, og næsten al prospektering, også efter uran, foretages af udenlandske firmaer. Kun landets smaragdforekomster lige syd for Kobberbæltet (i pegmatitter i Prækambriske glimmerskifre) er helt på zambianske hænder. Desværre findes smaragderne spredt i et stort, tæt bevokset område, og illegal brydning og eksport tegner sig skønmæssigt for 99 % af produktionen.



RØD PORFYRIT, også kaldet Grønklitt porfyrit, danner et større sammenhængende område nord for Siljan og optræder desuden i flere mindre isolerede felter. Den kendetegnes af en brunrød eller gråbrun grundmasse, og den er rig på små, oftest 1-3 mm store, gullig-grønne til grågrønne plagioklas-strøkorn. Mere sjældent findes strøkorn af lyserød alkali-feldspat, og desuden forekommer mørkegrønne kornansamlinger af amfibol, klorit og epidot, eller endog pyroxen.

PORFYRER MED FLYDESTRUKTURER har et ret varieret udseende. De er udbredte i et større område nord for Siljan, men optræder i øvrigt i alle porfyrfelterne i Dalarne og har derfor fået forskellige lokalnavne. Disse porfyre er ikke ægte porfyre, men ignimbriter. Det vil sige, de er ikke dannet ved størkning af en strøkornsholdig lava, men de er opstået ved at en meget varm, gasrig sky af aske med stor hastighed har bredt sig ud over terrænet. Flydestrukturene kan ses i felten som fine røde striber eller udtrukne grovere linser i bjergarterne, men kommer endnu tydeligere frem, når de undersøges under mikroskopet. Så ses foruden slirerne også sfærolitiske og perlitiske strukturer, og knapt så hyppigt, bitte små, oprindelige, glasbrudstykker.

De ignimbritiske porfyres farve varierer fra rød eller brun over i det grå eller lilla og næsten sorte farver forekommer. Strøkornene optræder i begrænset antal. De udgøres af lyserød alkali-feldspat og grågrøn plagioklas.

Den ignimbritiske Blyberg porfyre er mørk gråbrun eller lillabrun, og indeholder karakteristisk ganske mange 1-3 mm store lyserøde eller grønligt hvide feldspat-strøkorn og udtrukne, smalle lyserøde linser af kvarts med bittesmå feldspatkrystaller ved randen. Sort Rännäs porfyre er brungrå til brunsort med røde striber eller bånd og lyserøde eller gråhvide feldspat-strøkorn, 1-5 mm store. Klittberg porfyre er brunsort med tynde røde striber og 1-7 mm store lyserøde og grågrønne strøkorn af feldspat. Orrklitt porfyre er sort, fattig på strøkorn, der kun optræder som meget små, hvide og lyserøde, korn. Den 'sorte Orlok porfyre' er brunlilla til brunsort med talrige 2-5 mm store røde feldspat strøkorn og færre grågrønne. Såvald-Dysberg porfyren er lillabrun med røde flammer og gråhvide og rødlig feldspat-strøkorn, der bliver 1-3 mm eller mere.

Den strøkornsrige porfyre med store feldspat-strøkorn optræder på flere lokaliteter inden for porfyrområdet i Dalarne. Den har en grovere, ofte granofyrisk grundmasse, og viser tilknytning til Dalarnes granit- og syenitmasser. Den grove Heden porfyre træffes i det smalle porfyrbælte sydvest om Dalar sandstenens udbredelsesområde.

Bredvad porfyren, som har sin største udbredelse i, og udgør hele den vestlige halvdel af det centrale porfyrområde nordvest for Siljan, er påfaldende ensartet og ret strøkornsfattig. Farven er lyserød eller gråligt rød med 2-5 mm store strøkorn af lys teglrod eller grå- til gullig-grøn feldspat, og gulgrønne pletter af epidot ses ofte. Set under mikroskopet er strukturen enskornet og homogen, men kan vise overgange til slirede typer.

Kobber i Zambia



af Adam Garde

Den orange farve, som indgår i Zambias flag, symboliserer kobber. Et af verdens største kobberfelter, Kobberbæltet, strækker sig langs grænsen mellem Zambia og Zaire i det sydlige Afrika (Figur 1), og kobberet har her været brudt af afrikanerne i 1500 år (Figur 2). I dag er Zambia en vigtig kobberleverandør til i-landene, men - som artiklens forfatter selv har erfaret - plaget af politiske og økonomiske problemer. Et af de mere dramatiske var guerillaaktiviteten op til nabolandet Zimbabwes selvstændighed i 1980.

Kobberbæltet

Kobberbæltet er en godt 300 km lang og op til 150 km bred zone af lavmetamorf, sen-Prækambriske, foldede metasedimenter, der strækker sig i NV-SØ retning langs grænsen mellem Zambia og Zaire. Her ligger adskillige miner og åbne brud, som hører til Afrikas største (desværre er fotografering strengt forbudt). Malmen, der indeholder over 2 % Cu og ofte væsentligt mere, varierer fra sulfidmalm (chalkopyrit, bornit, chalkosit, carrolit) i dybden til oxid- og karbonatmalm (cuprit, azurit, malakit) i oxidationszonen. Kobber i silikatminerale er også lokalt meget vigtig (chrysokolla, Cu-glimmer m.v.). Kobbermalmen (Figur 3) består af op til 20 m tykke imprægnationer i æoliske arkoser, marine lerskifre og evaporitiske dolomit-anhydrit bjergarter, som tilsammen repræsenterer flere havudbredelser og tørlægninger. Malmen menes dannet ved et samspil 1) udludning ved saltrige opløsninger fra tykke klastiske sedimentlag stammende fra det omkringliggende grundfjeld, hvor kobberet sandsynligvis har været til stede i store mængder men i små koncentrationer, 2) lokal transport gennem grovkornede, gennemtrængelige sedimenter, og 3) genudfældning på passende steder i lagserien ved reduktion hvor organisk materiale var til stede. Disse processer må have fundet sted under den tidlige diagenese kort efter at sedimentserierne blev aflejret, og før de blev trykket sammen, altså mens cirkulation af grundvand kunne ske uhindret.

Kolonialisering og kobbereksport

Europæiske mineraljægere "fandt" Kobberbæltet omkring år 1880. Dets sydli-

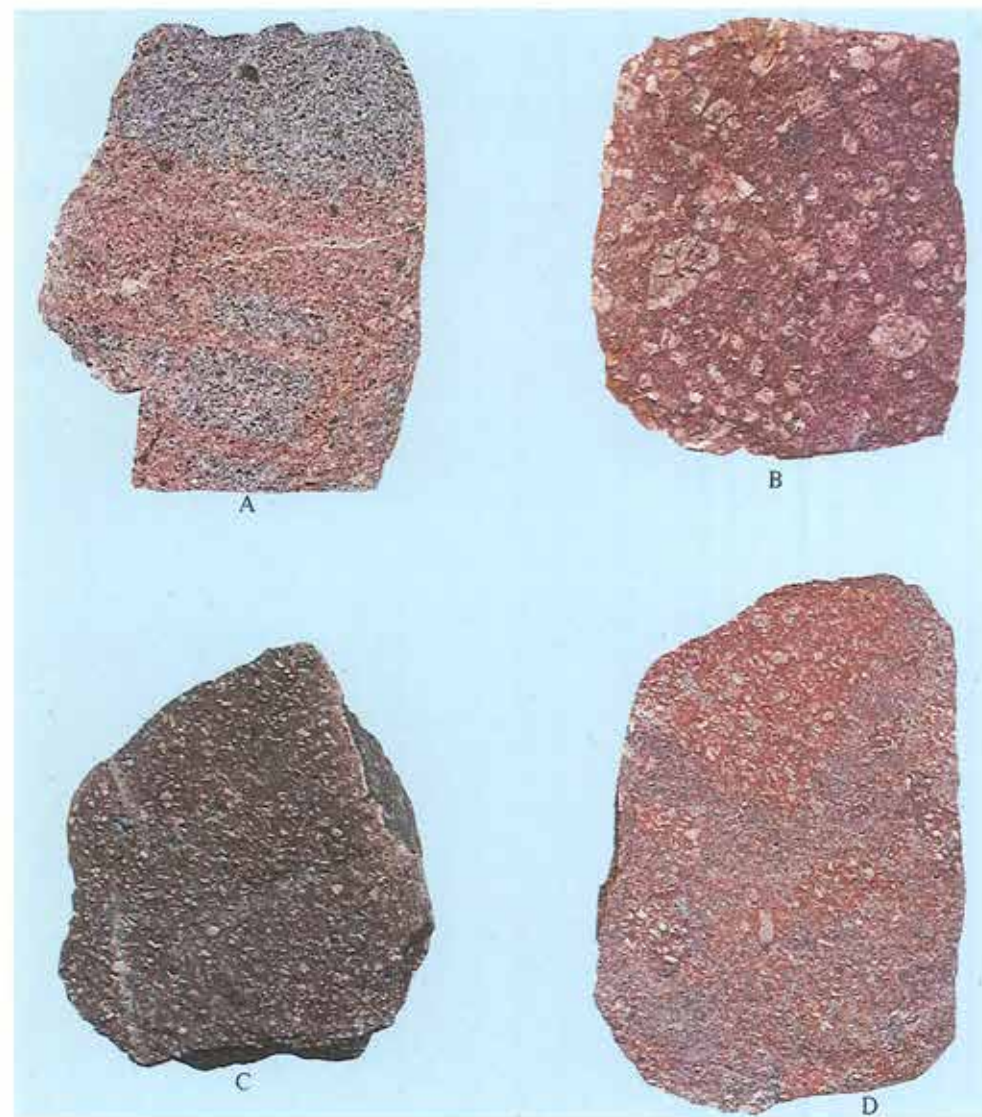


Figur 4. Vue over Kangerdlugssuaq-domen set fra fly i ca. 3000 m højde over indre del af Kangerdlugssuaq, som er fyldt med isbjerge kælvet fra gletscheren i bunden af fjorden (til venstre for billedranden). De op til 2800 m høje fjelde nordøst for fjorden består af gnejs, der er fremeroderet i domens centrale del. I baggrunden skimtes ovenliggende plateaubasalter i de næsten 4000 m høje Watkins Bjerge. Foto C.K. Brooks.

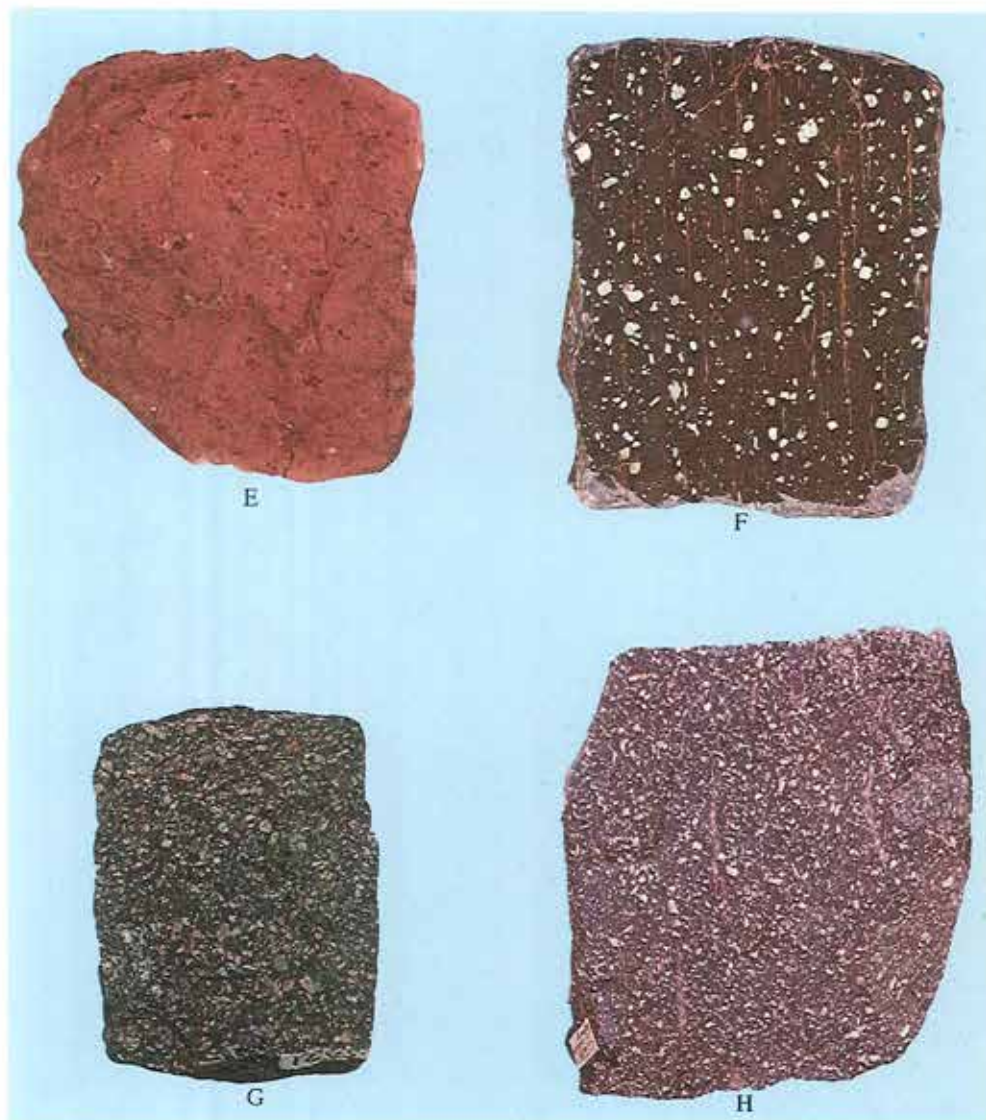
gram (figur 3) ses afkølingsforløbet for intrusioner, der størknede på højere niveauer og længere fra domets centrum. Her har omgivelserne været koldere, og afkølingen er løbet hurtigere til ende.

Disse tolkninger bygger på, at de forskellige intrusioner alle har haft normale eller jævne afkølingsforløb. Hvis en intrusion udsættes for genopvarmning og kommer tæt på et dateret minerals lukningstemperatur, vil en fissionsspors-datering af mineralet vise en blandingsalder, da de fissionsspor, der tælles, dels består af ikke helede spor fra før genopvarmningen - og dels af spor, der er dannet i tidsrummet efter genopvarmningen. Normalt kan disse to typer spor ikke skilles. Kun ved at datere tilstrækkelig mange mineraler med forskellige lukningstemperaturer, kan man få punkter nok til at tegne helt sikre afkølingskurver.

De fortsatte undersøgelser ved hjælp af fissionsspor-metoden forventes derfor at kunne give et mere detaljeret billede af de vertikale jordskorpebevægelser, som i Østgrønland ledsagede dannelsen af den tertiære kontinentalrand.



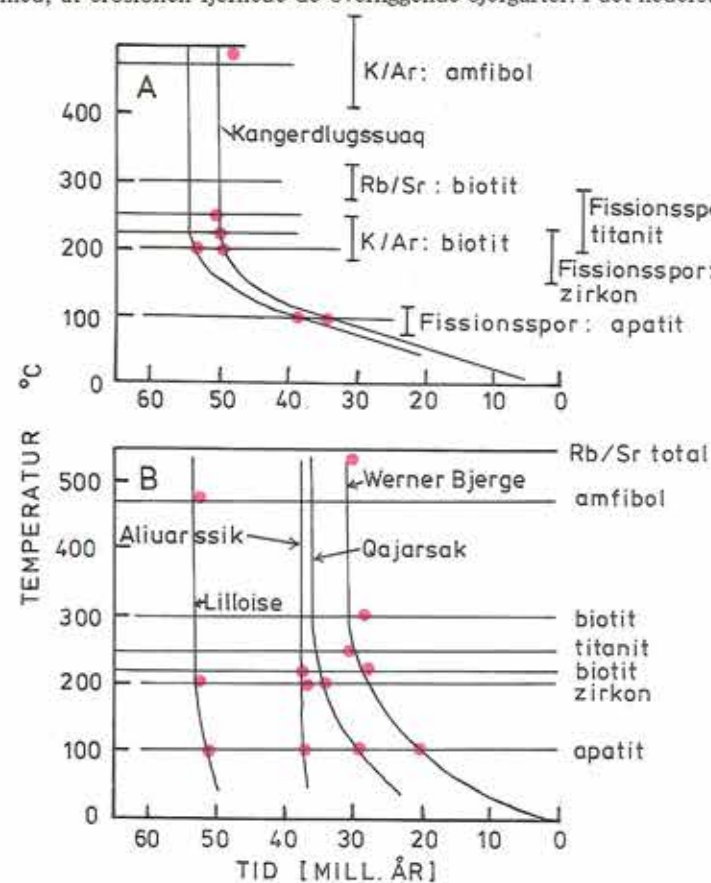
- A: Venjan porfyr med sekundær rødfarvning, Kättbosjön SØ for Venjan.
- B: Heden porfyr, Heden V for Limesforsen.
- C: Rød porfyr (Grønklitt porfyr), Hornberga N for Orsa. Fot. S.Stridsberg.
- D: Porfyrtagglomerat, Fyriberg N for Våmhus.



E: Klittberg porfyr, Klittberget NØ for Älvdalen.
 F: Blyberg porfyr, Blyberget SØ for Älvdalen.
 G: Sort Orrlok porfyr, Orrloken N for Älvdalen, Fot. S.Stridsberg.
 H: Bredvad porfyr, Vasselbodarna SV for Älvdalen.

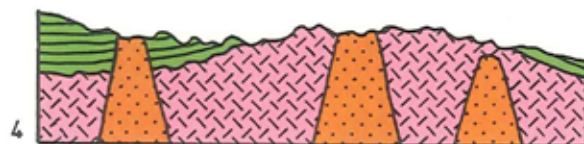
mulighed for at beregne hævningshastigheden, når temperaturfordelingen i jordskorpen er kendt eller antages kendt. Det er i Østgrønland gjort ved hjælp af zirkon- og apatit-dateringer, og for den centrale del af Kangerdlugssuaq-domen fandtes hævnningen gennemsnitligt at have været 100-200 m per million år forudsat en temperaturstigning med dybden (den geotermale gradient) på ca. 30°C per kilometer (se figur 3).

I det øverste diagram i figur 3 ses afkølingen af de intrusioner, der ligger centralt indenfor domet, at have forløbet langsomt fra ca. 200°C og nedefter. Det skyldes, at disse intrusioner dannedes på stort dyb, og først blev kølet helt ned i takt med, at erosionen fjernede de overliggende bjergarter. I det nederste dia-



Figur 3. Diagrammer visende afkølingsforløbet for de daterede tertiære intrusioner. Øverst (A) intrusioner fra domens centrale del, nederst (B) fra domens ydre del. Efter Brooks og Gleadow (1979). Tid i millioner år.

35 MILL. ÅR - NU



ca. 50 MILL. ÅR



ca. 50 MILL. ÅR

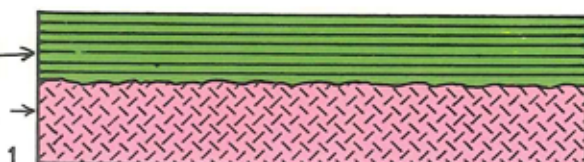
INTRUSION



ca. 55 MILL. ÅR

7 KM LAVA

GRUNDFJELD



Figur 2. Skematiske profiler gennem Kangerdlugssuaq-området.

den antage omgivelsernes temperatur. Dette sker hurtigst nær jordoverfladen, hvor temperaturforskellen mellem magma og omgivelser er størst, og langsomere når magmakammeret befinder sig nede i jordskorpen, hvor temperaturen i øvrigt kan være højere end visse mineralers (apatit) lukningstemperatur.

Når en intrusion nede i jordskorpen er afkølet til omgivelsernes temperatur, standser afkølingen medmindre både intrusionen og dens omgivelser hæves. Afkølingen løber da til ende, når erosionen blottilgør intrusionen i overfladen.

Fissionsspor-metodens fordel er, at den kan fortælle, hvor længe siden det er, at et bestemt mineral afkøledes under sin lukningstemperatur. Da forskellige mineraler har forskellige lukningstemperaturer, er der i det nævnte eksempel

Dalar porfyreerne tiltrak sig tidligt istidsgeologernes opmærksomhed, fordi porfyreerne også optræder som løsblokke i istidsaflejringerne i landene omkring den sydlige Østersø, bl.a. i Danmark. Det var også især takket være den danske geolog V. Milthers' indsats, at Dalar porfyreerne blev gjort 'nyttige' som ledeblokke og kom til at spille en vigtig rolle i udredningen af nedsligningsforløbet. Som ledeblok fra Dalarne er Bredvad porfyr og Grønklitt porfyr mest almindelige og lettest at genkende. Disse to porfyreer er også de mest udbredte som faststående i Dalarne. Andre karakteristiske Dalar blokke er Heden porfyr og Venjan porfyr. De ignimbritiske porfyreer viser også som løsblok stor variation, og der foretages i mange tilfælde mikroskopiske undersøgelser for at bestemme deres oprindelsessted.

Men Dalar porfyreerne har ikke blot været nyttiggjort som ledeblokke. Allerede i begyndelsen af 1700-tallet kastede det svenske Bergskollegium sine øjne på porfyreerne i Älvdalsområdet og et særligt selskab dannedes til deres udnyttelse.

Adskillige mindre stenbrud oprettedes i ignimbrit-porfyr ved Rännäsarna og Klittberget nordøst for Älvdalen, og større brud kom snart til i Blyberget, hvor brydning har holdt sig frem til vore dage. Til fremstilling af slebne og polerede sten benyttedes mest løse blokke, som var fri for sprækker og lettere at forarbejde.

Ved Älvdalens Porfyrværk fremstilledes i midten og sidste halvdel af 1800-tallet, hvor porfyrslibningen havde sin egentlige storhedstid, pragtfulde vaser og urner, som nu kan beundres på mange museer og slotte rundt om i Europa. Porfyrværket ejedes af kongen, Karl den XIV Johan, som brugte dets produkter som gaver til fremmede monarker. I nyere tid er fremstillet mindre gaveemner, som askebægere, brevpressere, knivskafter, lampefodder og manchetknapper.



Tektonik i Køkkenet



af Asger Berthelsen

Der er ingen grund til at rynke på næsen, få synklinaler i panden, eller folde hænderne med opadvendt blikke. Dette er ikke tektonik efter koge- eller lærebogen. Det er et minikursus i gør-det-selv tektonik, hvor du frit efter egen smag kan vælge krydderierne.

Materialerne er ikke dyre at indkøbe, og bare du disponerer over et køkken med en bage- eller stegeovn og diverse skæredskaber, kommer det ikke til at vælte dit husholdningsbudget.

Ordet tektonik er af græsk oprindelse (tektos: tømmer), og det hentyder til en rumlig konstruktion og hvordan den er blevet til. Med andre ord, hvorledes geologiske strukturer er opbygget og blevet dannet.

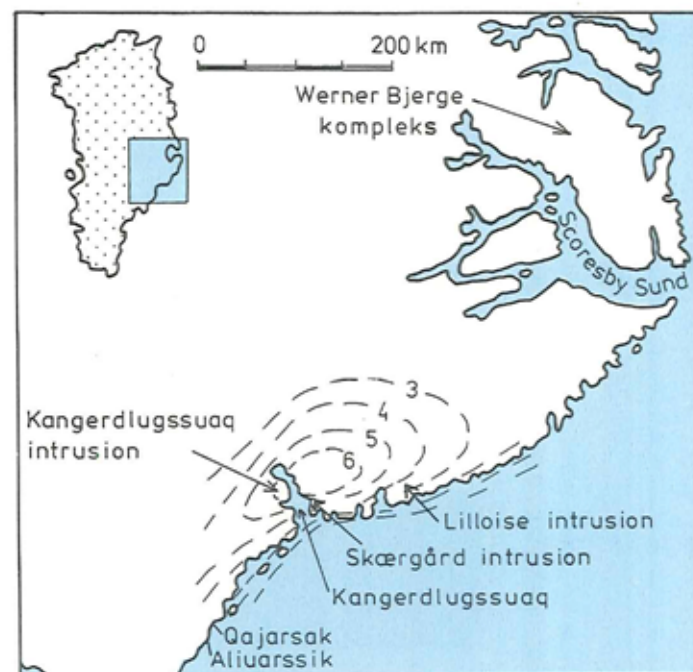
Det, at oprindelig vandret-liggende lag mange steder viser forstyrret lagstilling, har altid fascineret tektonikerne. De har grublet over, hvorledes de forstyrrede lags geometri er bag ved eller under det synlige profil, hvorledes bevægelserne har udspillet sig, og hvilke kræfter, der udløste dem.

I slutningen af 1700-tallet trivedes et frugtbart geologisk forskermiljø i Edinburgh omkring James Hutton (den moderne geologis fader) James Playfair og Sir James Hall. Under sine vandringer i naturen, var Hall blevet fascineret af at se hvorledes vandret-lejrede sedimentter kunne følges over i lag, der rejste sig op i folder, og han fik lyst til at efterprøve, hvorledes dette kunne være sket. Han bredte linned og klæde, lag for lag, ud på et bord - og tog en dør som "tilfældigvis var af hængslerne" og lagde den ovenpå med et par tunge lodder allerøverst. Så var forsøgsopstillingen klar.

Hall behøvede blot ved hver ende af tøjstabelen at presse et brædt ind mellem bordpladen og døren, fatte en hammer og drive det ene brædt ind med det andet - og "lagene" blev tvunget til at bøje op og ned og de antog foldeformer. Han havde vist at foldning kan opstå ved sammenskydning.

Nu er det langt fra sikkert, at familiens øvrige medlemmer bliver henrykte, hvis du forsøger at gentage Sir James Halls klassiske forsøg, og det vil nok også fylde for meget i køkkenet eller hobbyrummet, hvis du bygger dig en foldemaskine i stil med den, den amerikanske geolog Bailey Willis anvendte under sine forsøg i 1890'erne. Den var ca. tre meter lang, fig. 1.

Der er heldigvis mere enkle og instruktive metoder. Kun hvis du er meget "kræsen" og forlanger, at dine eksperimenter skal være "skala-tro", bliver det for



Figur 1. Kortskitse over Kangerdlugssuaq-området, Østgrønland, med navnene på de tertiære intrusioner, hvorfra fissionsspor-dateringer er foretaget. Der er også vist højdekurver (i km) for Kangerdlugssuaq-domens topflade.

fjernede erosionen 6-7 kilometer, så plateaubasalt-seriens underlag lokalt blottedes (fig. 2.3).

Selv om denne udvikling udspandt sig i Tertiærtiden, og store mængder blev fjernet af erosionen, kan Kangerdlugssuaq-domens oprindelige form endnu rekonstrueres. De stiplede linier i figur 1 viser den anslåede højde i kilometer af domens topflade.

Når udviklingen har kunnet udredes som vist i profilerne i figur 2 skyldes det ikke mindst de fissionsspor-dateringer, som dr. C.K. Brooks og A.J.W. Gleadow har udført på prøver fra de tertiære intrusioner i området. Flere dateringsmetoder (K/Ar, Rb/Sr og fissionsspor-metoderne) har været benyttet til at bestemme intrusionernes størkningsalder (bjergartsalder) og ældste afkølingshistorie (mineralalder), medens fissionsspor-dateringer på apatit har afrundet billedet ved at berette om intrusionens seneste afkølingshistorie (fig. 3).

Et magma, som trænger op til et bestemt niveau i jordens skorpe vil efterhånden

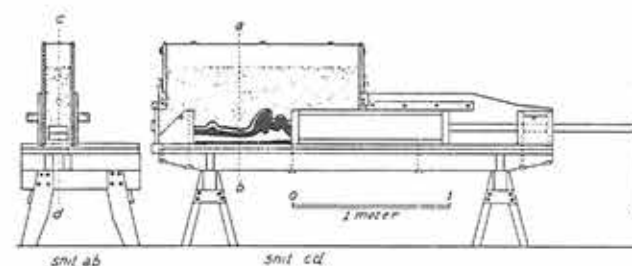


af Kirsten Hansen

På fotografiet oven over ses de korte linieformede ar eller fissionsspør som dannes i krystaller, når uran 238 ved fission spaltes i tunge partikler, der stødes fra hinanden. Sporene er kun 5-20 tusindedele millimeter lange, men ætsets spalteflader eller polerede flader, kan sporene gøres synlige under et almindeligt mikroskop (ved f.eks. 500 gange forstørrelse).

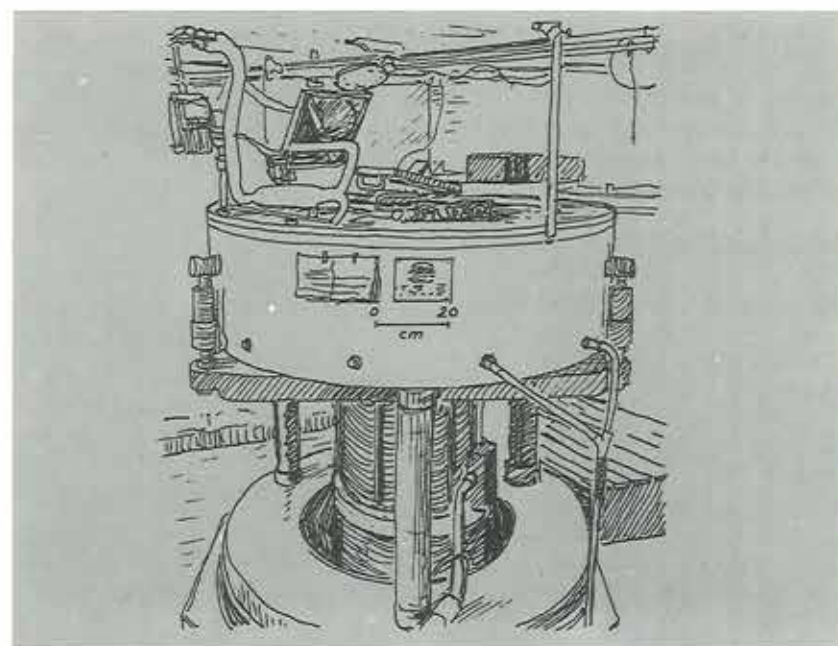
Fissionssporene bevares dog kun, hvis temperaturen ikke er for høj, idet sporene kun kan fastholdes under en vis temperatur - kaldet lukningstemperaturen. Når temperaturen synker til lukningstemperaturen, vil nydannede spor blive bevaret, og jo længere tid et mineral opholder sig under lukningstemperaturen, jo flere fissionsspør dannes der i det. I praksis sker dette dog over et temperaturinterval, hvor flere og flere spor bevares efterhånden som temperaturen falder. Lukningstemperaturen er derfor defineret som den temperatur, hvor halvdelen af sporene fastholdes i mineralet. Det er nu muligt at beregne, hvor længe et mineral har befundet sig under sin lukningstemperatur, når man har talt hvor mange fissionsspør, der findes per arealenhed i en ætset flade, dersom mineralets uranindhold kendes. I VARV 1977-3 er der gjort rede for hvorledes sådanne fissionsspør-dateringer udføres, her bringer vi et eksempel på fissionsspør-metodens anvendelse.

Eksemplet er hentet fra Kangerdlugssuaq-området i Østgrønland (fig. 1). I tertærtiden for ca. 55 millioner år siden begyndte Grønland at drive bort fra Europa. De første revne- og spaltetannelser blev ledsaget af en kraftig vulkansk aktivitet og dannelse af en ca. 7 km tyk "lagkage" af plateaubasalter (fig. 2.1). Senere trængte magmamasser frem og størknede som afgrænsede intrusioner under jordoverfladen, nogle helt nede i grundfjeldet under basalterne, andre højere oppe i basalterne (fig. 2.2). Disse begivenheder fulgtes af en kraftig hævnning i områdets centrale del, hvorved Kangerdlugssuaq-østen dannedes. Her



Figur 1. Bailey Willis' foldemaskine fra slutningen af forrige århundrede.

indviklet. Skala-tro eksperimenter udføres så deres resultater efter passende omregninger kan overføres direkte på naturlige forhold. For at dette kan gøres, selv om forsøgene udføres i formindsket størrelse, med ikke-geologiske materialer og over tidsrum der ikke er af virkelig geologisk længde, må de andre "konstanter" kunne ændres. Dette har professor Hans Ramberg i laboratoriet på Geologiska Institutionen ved Uppsala Universitet løst ved at udføre eksperimenterne i en særlig bygget centrifuge, hvor tyngdekraftens påvirkning kan øges.



Figur 2. Hans Rambergs tektoniske forsøgslaboratorium, Geologiska Institutionen, Uppsala Universitet.

Ramberg's forsøg har bl.a. vist, at lagene under en salt-diapir ofte vil være trukket højt med op inden i diapiren under saltets opstigning. Et forhold, som man ellers var helt uvidende om, fordi det i praksis er umuligt at skaffe oplysninger om strukturerne i naturlige salt-diapirers nedre del og "bund".

Du skal ikke forvente at kunne revolutionere den tektoniske forskning tilsvarende ved de mere enkle forsøg, der kan udføres i et almindeligt køkken. Men du vil kunne skaffe dig et udmærket indblik i, hvorledes forskellige geometriske former og erosionsmønstre kan udvikles.

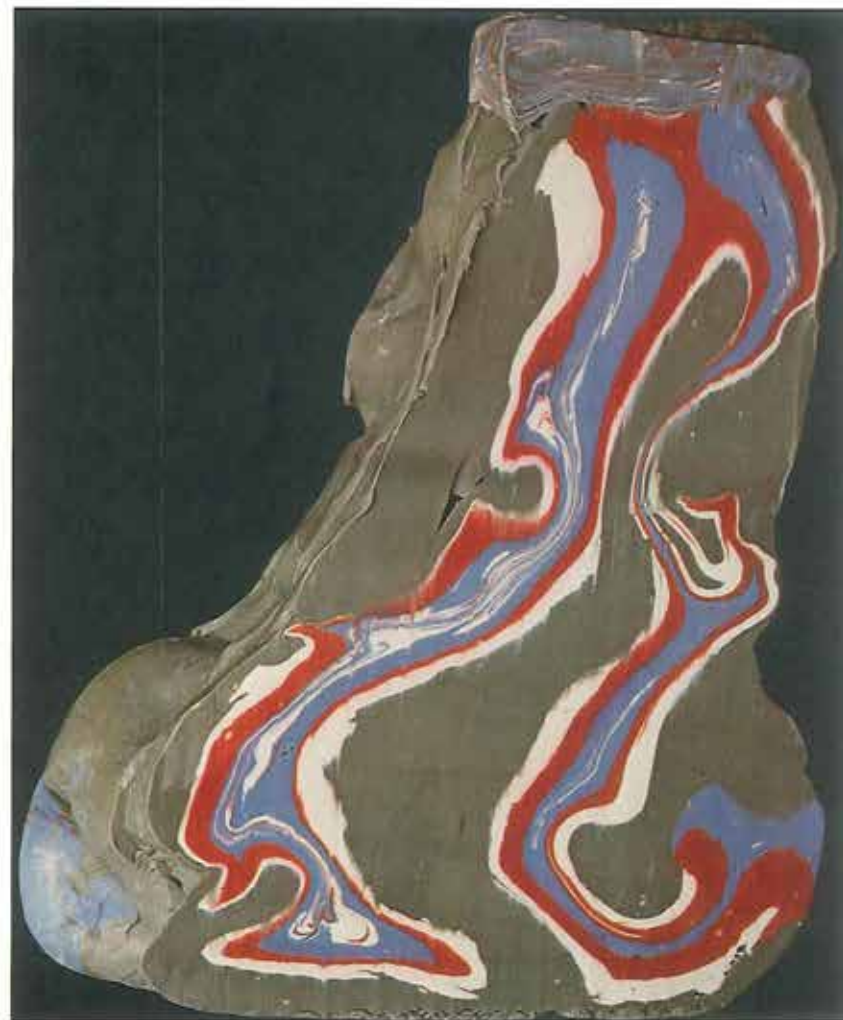
Det mest taknemmelige materiale at arbejde med er modellervoks (plasticin). Det kan købes i en større farvehandel i pladeformede pakninger eller store klodser. De små stænger, man kan købe i legetøjsbutikkerne, er for dyre, hvis man virkelig ønsker at bage tektoniske kager. Køb mest af neutral lys farve, og vælg kraftigt rødt, gult og blåt eller grønt som pyntelag i lagkagen. Før opvarmning i ovn skal modellervokset skæres ud i tynde plader, ca. en halv centimeter for pyntelagenes vedkommende. De neutrale mellemlag kan være lidt tykkere. Anbring så pladerne på indsmurt bagepapir eller almindelig pergament og læg dem i ovnen. Jeg har brugt salatolie til indfedtning, så papiret ikke senere "hænger ved". Når modellervoks-pladerne er blevet blanke og er ved at flyde ud på overfladen, bør de forsigtigt tages ud ved at du skubber dem over på skærebrættet eller en plade. Det er dog nok klogt at prøve at "bage" en lille prøve først, for at finde frem til en passende temperatur og bageetid. Bag ikke for varmt, men i længere tid. Mens pladerne er varme, skal de med en flad kniv eller palet tages af papiret og lægges sammen til en lagserie. Byg den op som en langstrakt firkant, så du kan folde den sammen bagefter, uden at den bliver for kort på den sammenfoldede led.

Kunsten er nu at forme lagkagen i hænderne på samme måde, som rigtige lagserier er blevet deformeret i naturen. Her må du prøve dig frem. Modellervokset holder sig varmt forholdsvis længe, så du har mulighed for at gennemføre selv komplicerede forsøg. De mest spændende strukturer opnår du ved at folde liggende folder, og folde dem i nye liggende folder på en anden led. Du kan også presse folderne, så de slingrer op og ned eller til siden.

En nybagt foldekage skal - ligesom andet bagværk - afkøles før den skæres. Lad den hellere stå natten over et køligt sted. Tag dig ikke af, at den ikke ser så spændende ud. Morskaben begynder først, når du skærer den op. Brug en kniv med savskær - ligesom til rundstykker, der er bløde indeni. Så får du den reneste snitflade, vel og mærke hvis du ikke saver, men blot presser kniven lige ned gennem modellen.

Du har selv foldet lagene. Du ved, hvordan modellen bør være opbygget indvendig, men du kan nu også forudsige, hvordan lagmønsteret vil blive, når du lægger et bestemt snit med kniven? Kommer der så virkelig de strukturer frem, som du forventer?

Gør-det-selv tektonik efter modellervoks-kage metoden kan ikke blot anbefales interesserede amatørgeologer. Selv erfarne, professionelle geologer kan med fordel benytte metoden til anskueliggørelse og efterprøvning af geometriske tolkninger af naturlige strukturer opnået ved andre mere eksakte metoder. Det er nu en gang lettere at tænke rumligt, når man har noget konkret, man kan overskue, at gå ud fra.



Figur 3. En skive af en tektonisk kage bagt af forfatteren. Modellen giver en princip-illustration af strukturerne indeni Mors diapiren.