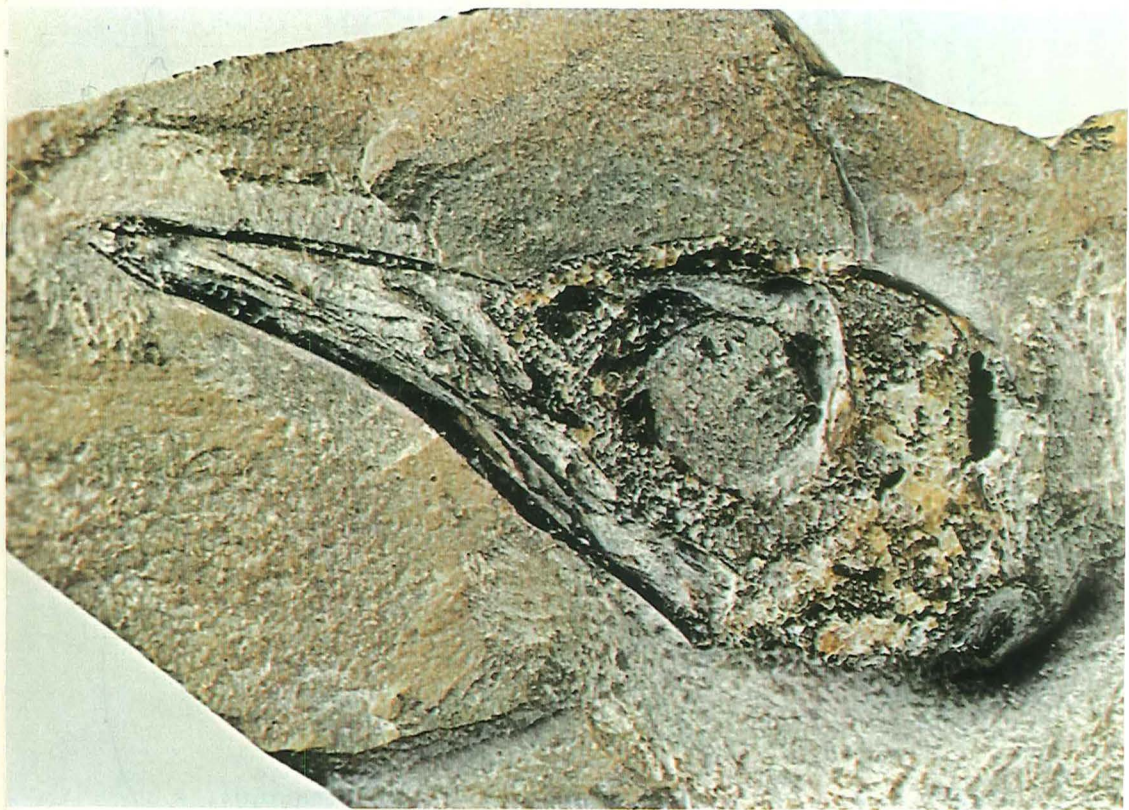


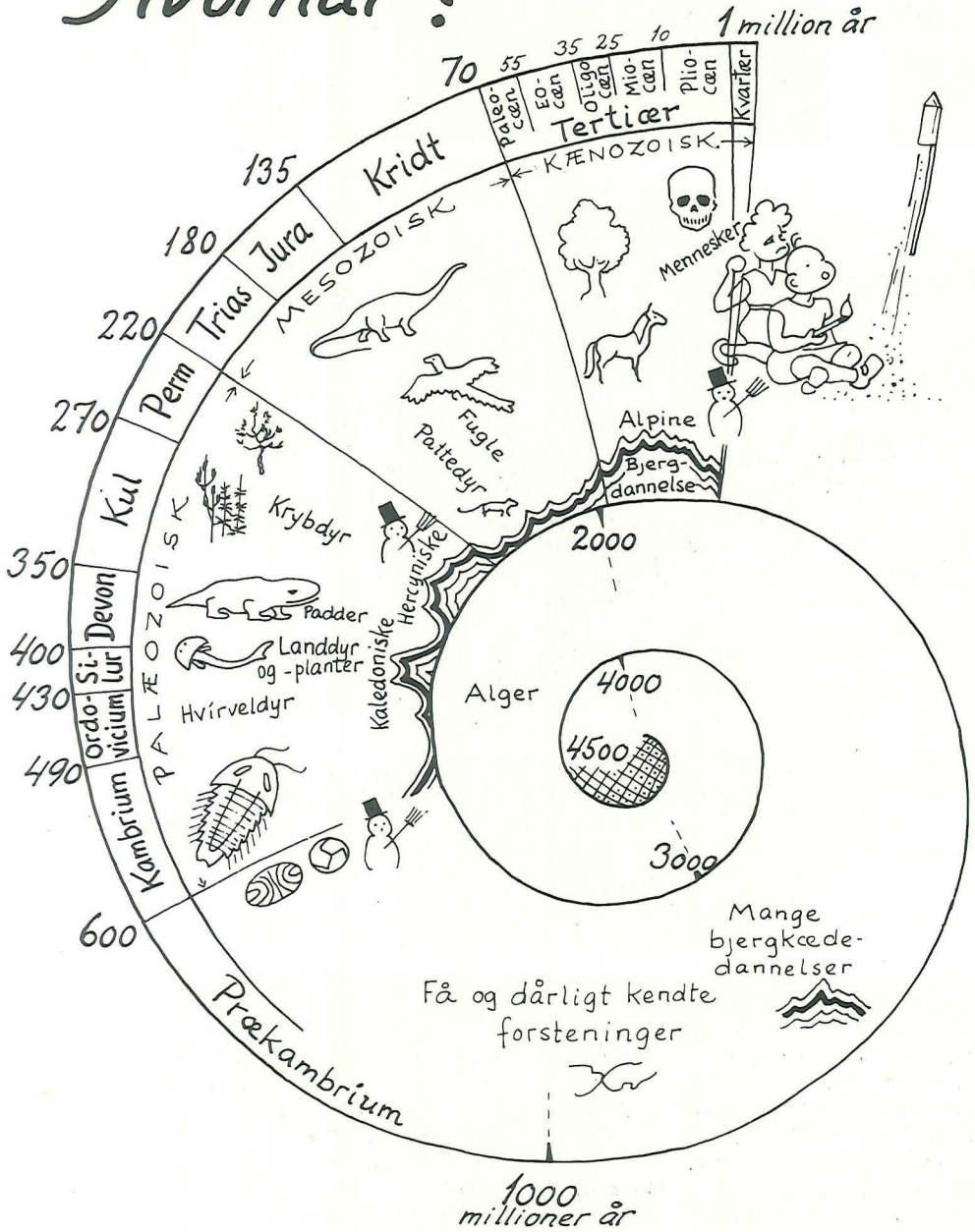
VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1972



NÅR MAN TALER OM FORSTENINGER, ER DER EN ENKELT GRUPPE - NEMLIG FUGLENE, SOM NÆSTEN ALTID BLIVER STEDMODERLIGT BEHANDLET. MEN FORSTENEDE FUGLE FINDES AF OG TIL - OGSÅ I DANMARK, DET FREMGÅR AF EN ARTIKEL I DETTE NUMMER. HEROVER SES DET FLÆKKEDE HOVEDE AF EN GODT 50 MILLIONER ÅR GAMMEL DANSK FUGL. DET SES, AT KRANIETS HULRUM SENERE ER DELVIS UDFYLDT AF MINERALET KALKSPAT. BLANDT ANDET KARRIERER I SKILLEVÆGGEN MELLE M ØJENHULERNE VISER, AT DEN ÆLDRE TERTIÆRTIDS FUGL FRA LIMFJORDEN HØRER TIL VANDHØNSEFAMILIEN - I KRANIEBYGNINGEN ER DER STOR OVERENSSTEMMELSE MED DEN NULEVENDE GRØNBENEDE RØRHØNE.

Hvornår?



FORTIDSFUGLE; OGSÅ I DANMARK

af Ella Hoch

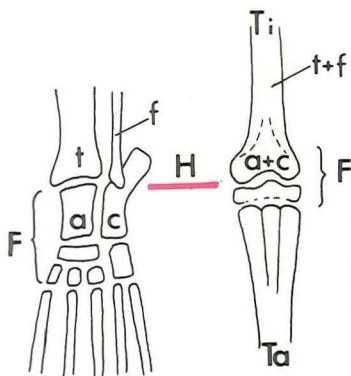
En fugl er et dyr med næb, fjer, to skællede fødder og forlemmer, der er uegnede til gang. Hvor langt tilbage i den geologiske historie kan man spore den slags væsner?

For at kunne besvare det, må man vende sig til palæontologiens arbejdsmateriale, som først og fremmest er organismernes hårde dele. For de højere stående dyrs vedkommende er det knogler, tænder, hudforbeninger og lignende. Kun sjældent finder man "livsyttringer" som for eksempel fodaftryk bevaret, og endnu sjældnere rester af dyrenes bløddele. Som palæontolog må man derfor skaffe sig et nøje kendskab til skelettets udseende hos de nulevende dyreformer, hvis forhistorie man vil prøve at opklare.

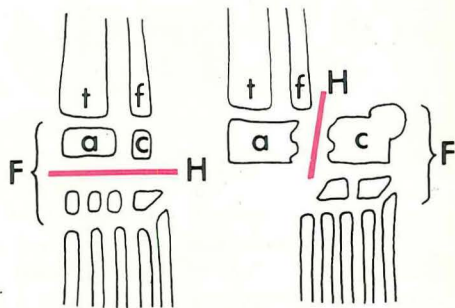
Fuglene har i deres skelet en række karakteristiske træk, blandt andet er organisationen af deres hælled anderledes end for eksempel pattedyrenes. Ser vi på mennesket, finder vi, at hælledet ligger mellem skinneben-lægbens nedre ende og den enhed, der udgøres af fodrodsknoglerne. Det er skematisk illustreret på figur 1. Hos fuglene derimod ligger hælledet mellem de to rækker fodrodsknogler, idet den øverste række er vokset sammen med skinneben-lægben. Ydermere er lægbenets nedre ende sammensmeltet med skinnebenet. Hele dette kompleks udgør hos den voksne fugl en enkelt knogle, tibiotarsus (figur 1).

Man ved, at fuglenes forfædre skal søges blandt krybdyrene, nærmere betegnet indenfor gruppen Archosauria, hvortil blandt andet kæmpeøglerne hører. De ældste archosaurier er fra slutningen af Perm- og Trias-tid. Blandt disse overvejende små former, som man kalder thecodonter ("de med tænder fastsiddende i kæben"), havde nogle et hælled af samme type som fuglenes. Andre derimod havde hælled mellem de to fodrodsknogler rulleben og hælben, som det ses af figur 2. De førstnævnte udgør den gruppe, hvorfra fuglene udvikledes, de sidstnævnte har som nutidige efterkommere krokodillerne. Fuglene og krokodillerne er i dag de sidste repræsentanter for archosaur-gruppen og er, trods deres forskellighed, nærmere beslægtede med hinanden end med nogen anden dyreform.

Mellem de tidlige mesozoiske thecodonter med fuglekarakterer og den berømte øglefugl Archaeopteryx fra Juratiden kendes ingen mellemformer. Archaeopteryx har tænder som en øgle og er dermed selv en overbevisende mellemform mellem thecodonter og fugle. Archaeopteryx er fundet i fire eksemplarer, der må have levet i nærheden af den havbugt, i hvis kalkslam de blev indlejret. Øglefuglene var næppe særlig gode flyvere, de individer, hvis rester er fundet, er måske i stærk blæst ført ud over havbugten, hvor de er faldet ned på den klistrede bundoverflade, der lå blottet ved lavvande, og er blevet hængende i slammet. Et så finkornet kalksediment, som det her drejer sig om, giver de bedst mulige bevaringsmuligheder for knogler, blandt andet fordi kalkrigeligheden i omgivelserne



t skinneben (tibia)
 f lægben (fibula)
 a rolleben (astragalus)
 c hælben (calcaneus)
 H linien angiver hæl-
 leddets placering
 F fodrodsknoglerne, i
 to mere eller mindre
 tydelige rækker



A Figur 1

B

A

Figur 2

B

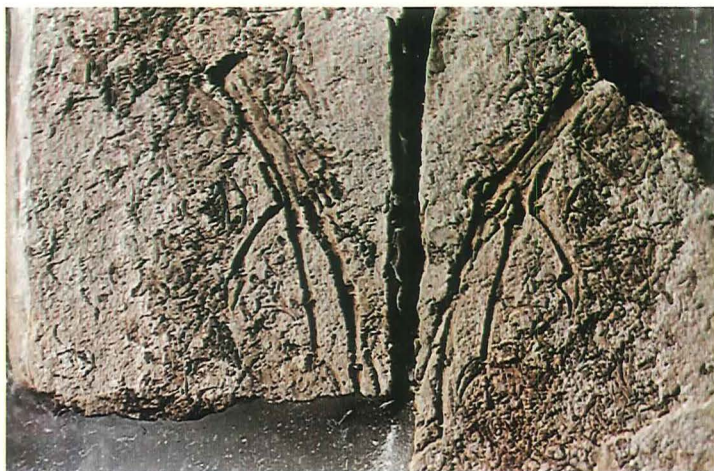
Figur 1. **A:** Del af menneskefod

B: Del af ung fuglefod. Hos unge dyr er knogler, som senere vil danne en enhed, endnu ikke helt sammensmeltede. Hos en voksen fugl udgør t + f + a + c knoglen tibiotarsus (Ti). (NB. den øvre del af lægben er fri hos fugle).
 Ta nedre fodrodsrække + mellemfoden vokser sammen til knoglen tarsometatarsus.

Figur 2. Krybdyrhælled (skematisk)

A: Af fugletype

B: Af krokodilletype



Figur 3. Aftryk af fuglefod i moler.

Knoglesubstansen (hovedsagelig kalk) er opløst. Molerstykket er brudt over netop i det plan, hvori hulrummet har sin største udstrækning. De to stykker moler med hver sin halvdel af aftrykket kaldes plade og modplade. (De mørke partikler på pladerne er organisk materiale, skæl, småknogler o.a. af fisk, måske også planterester).



Figur 4. Fugleben i cementsten.

Stenen er flækket i fossilets plan, således at partier af knoglerne er blevet tilbage på modpladen. Der ses spor af præparation omkring fossilet. Knoglernes indre hulrum er udfyldt af kalkspat, samme materiale, som har hærnet indlejringssedimentet til cementsten.

Der er fundet ialt 4 fuglefods-fossiler. Hos dem alle (jvf. figur 3) er knoglen mellem hælled og tær (tarsometatarsus) relativt kort. Dette kombineret med den lange bagtå leder tanken hen på fugle af skrigefugleordenen (Coraciiformes) som for eksempel isfugl.



Figur 5. Fugleknogler fra det plastiske ler.

Øverste række fra venstre. Del af nedre ledhoved af (tibiotarsus)(den knogle, der svarer til skinneben hos pattedyrene, jvf. figur 1) - del af nedre ende af overarmsknogle.

I midten. Del af hvirvellegeme.

Nederste række, fra venstre. Kloled. Overfladens porøsitet skyldes ikke ætning eller slid, men står i forbindelse med at der hos den levende fugl skulle strømme næring til kloens hornhylster. Hullerne er gennemgangssteder for blodårer. - Tåled. - Tåled, hvis ydre ledhoved mangler.

hindrer opløsning af knoglematerialet. Fjerenes hornstof er borte, men aftrykket af dem står klart og detaljeret tilbage.

Vor viden om Juraperiodens fugle er baseret udelukkende på fundene af Archaeopteryx. Man kan så vælge imellem at forestille sig alle periodens fugle af et tilsvarende udseende, eller at se den som en mindre fuldkommen repræsentant for sin orden. Egentlige fugle fandtes måske samtidigt med den, de var blot ikke så "heldige" at omkomme i et godt bevaringsmilieu.

I slutningen af mesozoikum synes fuglene at være "fuldt færdige". Det fossilmateriale, man har fra kridttiden, er om ikke rigeligt så dog tilstrækkeligt til at overbevise om, at de ændringer, der er sket med fuglekroppen siden da, har været udviklingsmæssigt set ubetydelige.

Der er skrevet og talt meget om Kridt-tandfuglene, hvoraf den ene form minder om nutidens lom, den anden om nutidens terne. Begge havde, mente man trods deres almindelige fugleudseende en mund med tænder og ikke et hornklædt næb. De blev fundet sammen i havsedimenter, som indeholdt talrige andre dyrrester, blandt andet små slangeøgler. Nye undersøgelser har vist, at i hvert fald den ternelignende fugl ikke har haft tandbærende kæber. Man havde fejlagtigt "udstyret" denne form med kæben af en lille slangeøggle. Om det samme er tilfældet med den lomlignende form, er uvist. Nogle hævder nu, at ingen af disse fugle havde tænder. Andre fund, heriblandt det allernyeste fra Gobi ørkenen i Mongoliet, viser, at nogle om ikke alle af kridttidens fugle havde næb som nutidens.

Ved overgangen til den kænozoiske æra, hvor de store krybdyr var uddøde, mens pattedyrene havde overtaget mange af deres økologiske ni-cher, og frøplanterne blev de dominerende vækster på landjorden, har vi en fuglefauna, der i store træk ligner nutidens.

I Danmark er det småt med fossile landdyr. De bjergarter, man træffer under morænedækket, er stort set alle havaflejringer, med et større eller mindre indhold af hvirvelløse dyr, samt af visse af de såkaldte højerestående dyr som fisk og hvaler. Bemærkelsesværdigt er det derfor, at man fra Eocænetagen i ældre Tertiærtid har to forskellige aflejringer, moleret og det plastiske ler, der tillige indeholder rester af fugle.

Moleret er, ligesom den kalk, hvori Archaeopteryx indlejredes, et finkornet sediment, men hovedmineralet er her kisel (kiselalger), ikke kalk. Derfor er knoglekalken opløst, og kun et aftryk er efterladt, som det ses af figur 3. Dog, den kalk, som det gennemsvivende vand opløste og videretransporterede, genafsattes i visse zoner af moleret. Herved dannedes det, vi kalder cementsten, og hvori knogler er velbevarede, se figur 4 og forsidebilledet.

På Mineralogisk Museum i København opbevares 18 mere eller mindre omfattende rester af fugle fra moleret og dets cementsten. Karakteristisk for dem er, at fundene udgøres af enkelte knogler eller nogle få i indbyrdes ledforbindelse, aldrig et helt eller blot nogenlunde helt skelet i

naturlig sammenhæng. Et af fossilstykkerne repræsenterer måske det meste af en fugl. Skelettets tilstand lader imidlertid formode, at fuglen har været i maven på et andet dyr, hvorfra den muligvis er gylpet op. Fra Californien kendes en molerlignende bjergart af miocæn alder, den indeholder såvel knoglefragmenter som aftryk af hele skeletter af fugle, disse udelukkende havfugle. Kunne det tænkes, at den californiske forekomst aflejlredes tæt ved en kyst, hvor fuglene havde reder og så videre, mens det danske moler er en dannelse fjernt fra land? Spørgsmålet står åbent.

Ejendommeligt er det, at de fleste af knoglerne fra moleret synes at stamme fra landfugle. Man kunne gætte på, at fuglene var omkommet under træk over havet, som mange nutidige fugle gør det. Men vi ved ikke, om fugletræk overhovedet fandt sted i Eocæntiden. "Danmarks" daværende klima, som det kan aflæses blandt andet af plantefossiler, var subtropisk. Der var ikke dengang de store temperaturforskelle mellem højere og lavere breddegrader, som i Kvartærtiden, og som nu er baggrunden for fugletrækket. Det er ikke usandsynligt, at de pågældende knogler er drevet til stedet fra land. Fugleknogler er lette, de fleste af dem er hule og tyndvæggede. De ville nemt kunne transporteres, ligesom de blade, træstumper og andet, som også findes i moleret.

Det, at knoglerne har fået lov at falde til ro på bunden og indlejres i sedimentet, fortæller, at stedets bundfauna har været temmelig sparsom, thi på en "sund" havbund ædes alt ædeligt af snegle, slange-stjerner, krabber, fisk og så videre. Molerhavbunden må have været giftig, et mørkt, iltmangelende milieu lukket af fra lyset af de overliggende vandlags flora af diatomeer (kiselalger), hvis skaller blev til moler.

Hvad angår fugleknoglerne fra det plastiske ler, kan man først og fremmest sige, at de er små. På figur 7 er vist nogle af dem. De fleste er gået i stykker, hvilket sandsynligvis er sket under tørringen og den påfølgende udslemning af leret, da det skulle undersøges. Nogle af knoglernes overflade er slidt, enten ætset i en fugle- eller fiskemave, eller slidt under vandtransport. Knoglefragmenterne er tilstrækkelig karakteristiske til, at man kan afgøre, hvor i fuglen, de har siddet. Men det er tvivlsomt, hvad der kan udledes af dem om fugletyper. De er fundet sammen med træstumper, frø og andre partikler af en vis størrelse og lethed, som gjorde, at strømme langs bunden, formodentlig i nærheden af en kyst, skyldede dem sammen, ganske som man kan se det ud for en nutidig strandbred.

Det er så langtfra nogen overvældende mængde af fuglefossiler, der her er omtalt fra de danske Eocæne lag, og dog var der rigeligt af fugle i Eocæntiden, hvilket vi ved fra andre fund, for eksempel fra det eocæne London-ler. De nævnte danske sedimentter synes at være gunstige for bevaring af de ret skøre knogler, det drejer sig om. Man kan da kun opfordre alle, der færdes der, hvor moleret eller det plastiske ler er tilgængeligt, for eksempel i kystklinter, til at lede. Nye fund vil være særdeles kærkomne.

Ella Hoch.

ATMOSFÆRENS OG HYDROSFÆRENS DANNELSE, LIVETS OPSTÅEN OG DET AKTUALISTISKE PRINCIP

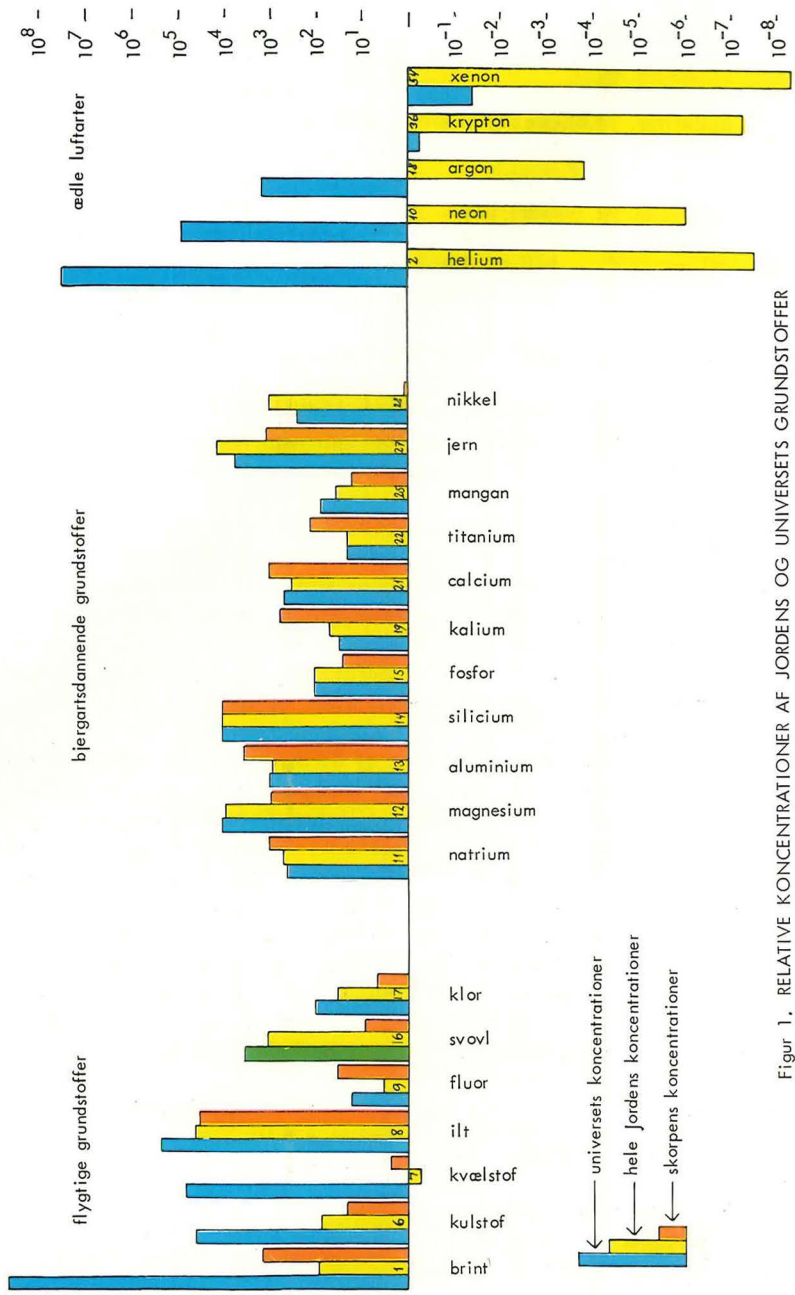
af Jan Allaart

Mere end halvdelen af kontinenternes bjergarter er opstået i den første halvdel af Jordens historie - inden for Prækambrium. I lang tid har de geologer, der arbejdede i prækambriske bjergarter haft den vane at overføre opfattelser og tolkninger fra studier i Alperne og andre unge bjergkæder, på de fænomener som man fandt i de gamle bjergarter. I den senere tid er det dog blevet mere og mere klart, at de eventuelle tidlig-prækambriske bjergdannelseszoner ikke nødvendigvis svarer helt til de alpine og forholdsvis unge foldekæder. Vi har alle en instinktiv følelse af, at udviklingen på Jorden altid har været ensartet. Vi lever for kort til at kunne se vigtige forandringer i naturens forløb. Man kan måske sige, at der i de sidste 500 millioner år virkelig har været en regelmæssig og ensartet vekslende af processer som geosynklinaldannelse, foldning - hævnning af bjergkæder som eroderedes bagefter. Men spørgsmålet er, om denne ensartede rytme kan føres helt tilbage til Jordens allerførste barndom, eller om tilstandene i begyndelsen har været helt anderledes. Med andre ord, var Jorden da den opstod helt færdiglavet som den er nu, eller har den gennemgået en udvikling fra noget helt anderledes til den Jord, som vi kender nu. Det problem vil her blive belyst med de resultater som i de sidste årtier er nået ved studiet af udviklingen af atmosfæren, hydrosfæren og af livets opståen.

Spekulativ Baggrundsinformation

Ens stillingtagen til problemet afhænger først og fremmest af ens indstilling til de store teorier som er fremme om Jordklodens opståen. For eksempel, hørte jeg som student at Stillehavet er det gamle ar, hvorfra Månen har udskilt sig fra Jorden. Man troede at Jorden dengang må have været helt flydende og haft en tynd fast skorpe, hvorunder der var et lag af en kiselsyre-rig smelte (sialsmelten). Da Månen fløj ud af Jorden, tog den godt 65% af den kiselsyre-rige smelte med og en del af den dybereliggende kappe. Efter denne katastrofe brækkedes den tilbageblivende del af sialsmelten i flere stykker og sugedes hen mod såret, og derved er kontinenterne opstået. På denne måde er en ensartet udvikling af kontinenterne sikret fra den allerførste begyndelse.

Det er nu en gammel teori - det anses for mere sandsynligt, at Jorden ikke var smeltevarm, da den dannedes ved akkumulation - ansamling af partikler. Den opfattelse er baseret på sammenligninger mellem den kemiske sammensætning af universet og af Jorden. I figur 1 kan det ses, at de bjergartsdannende grundstoffer er en lille smule beriget på Jorden



Figur 1. RELATIVE KONCENTRATIONER AF JORDENS OG UNIVERSETS GRUNDSTOFFER (atomer per 10,000 silicium-atomer) (Krauskopf 1967).

sammenlignet med koncentrationerne i universet. Derimod viser de lette grundstoffer på Jorden et lille, men tydeligt underskud. Når man sammenligner koncentrationerne af de ædle luftarter med hinanden, ser man en ekstrem opdeling. Koncentrationerne af disse grundstoffer på Jorden er langt mindre (10^7 til 10^{14} gange mindre) end koncentrationerne i "stjernerne". I øjeblikket er Jordens masse så stor at kun de to letteste grundstoffer, brint (H) og helium (He), ikke kan fastholdes af Jordens tyngdefelt. Når man ser på atomvægtene for krypton (Kr) og xenon (Xe) - henholdsvis 83 og 130 - bliver det klart at disse forskelle i koncentration ikke kan forklares som tab fra atmosfæren, efter at Jorden havde fået den masse som den nu har. Hvis Jorden er opstået ved akkumulation af en mængde små stumper (planetesimaler) kan man tænke sig, at de ædle luftarter er forsvundet i det tidlige stadium, fordi de ikke kunne fastholdes af tyngdekræfterne og fordi de ikke havde mulighed for at danne forbindelser med andre grundstoffer. På samme måde kan man tænke sig, at tabet har været størst for de allerletteste grundstoffer som neon (Ne), helium og brint, se figur 1.

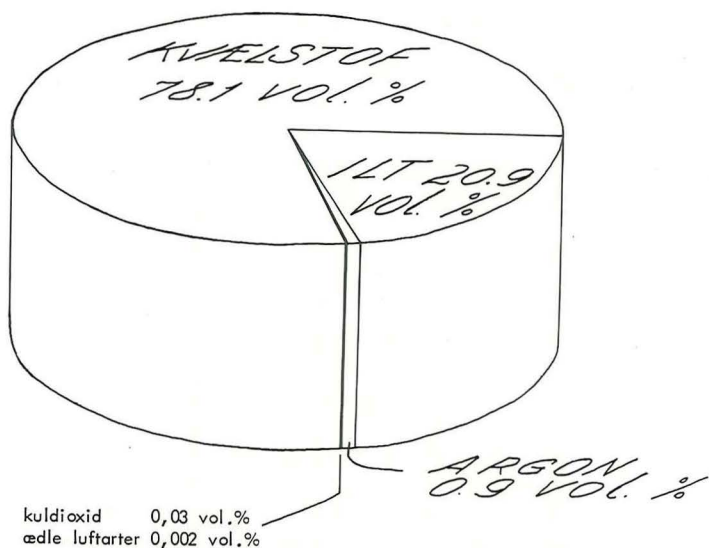
Et andet argument som peger mod en lav temperatur under Jordens opbygning af smådele er, at de ædle luftarter er gået tabt i større mængder end de mere kemisk aktive materialer som vand, kuldioxid og ammoniak. Hvis temperaturen under Jordens opbygningsproces havde været nogle hundrede grader, ville sådanne kemiske forbindelser være forsvundet lige så let som de ædle luftarter. Ved temperaturer omkring 0°C eller lavere ville disse forbindelser i hvert fald delvis være bevaret som is og som elementer i flere mineraler.

Således kunne man tænke sig, at Jorden i sin allerførste barndom har været en mere eller mindre homogen klump af materiale, hovedsagelig bestående af magnesium - jernholdige siliciummineraler (silikater) og frit jern, med massefylden 5.5 og uden atmosfære. I den sidste del af tilvækstprocessen må temperaturen inde i Jorden være steget som følge af frigjort bevægelsesenergi fra det indfaldende materiale og som følge af radioaktivitet. Det er dog ikke nødvendigt at tænke sig, at hele Jorden har været smeltet. Derefter begyndte udskillelsesprocessen som resulterede i opdelingen i kerne, kappe og skorpe. Hvor lang tid det har været ved vi ikke - muligvis den største del af jordhistorien. Men jeg håber det er blevet klart at Jorden i sine ungdomsdage har været anderledes end den er nu.

OPRINDELSEN AF HAVVANDET OG ATMOSFÆREN

Hovedbestanddelene af atmosfæren kan ses i figur 2. Ved siden af disse indeholder atmosfæren også små mængder af brint (H_2), metan (CH_4), kvælstofiler, ozon (O_3) og svølvdioxid (SO_2). Sammensætningen af havvand er gengivet i tabel 1.





Figur 2. Atmosfærens hovedbestanddele

Tabel 1. Sammensætning af normalt havvand (saltholdighed 3,5%, 8° C, vægtfylde 1,025, surhedsgrad pH 8,17)

joner af	opløst materiale (g/kg)	millimol per liter	milliækvivalenter per liter	
klor	19,360	560,70	560,70	
sulfat	2,701	28,88	57,76	
brom	0,066	0,85	0,85	
fluor	0,001	0,07	0,07	
kuldioxid kulsyre	} 0,001	0,01	---	
hydrogenkarbonat	0,116	1,90		1,90 "karbonat"
karbonat	0,012	0,20		0,40 alkalinitet"
borsyre	0,022	0,35	---	
hydrogenborat	0,055	0,08		0,08
			619,38	2,38
natrium	10,770	480,80	480,80	
magnesium	1,298	54,78	109,56	
calcium	0,408	10,46	20,92	
kalium	0,387	10,18	10,18	
strontium	0,014	0,15	0,30	
	35,161		621,76	621,76 - 619,38 = 2,38 = <u>overskud base</u>

Den totale masse af atmosfæren er omkring $5.1 \text{ gange } 10^{21}$ gram og massen af havvandet er $1.41 \text{ gange } 10^{24}$ gram.

Mængden af natrium (Na) opløst i havvandet svarer nogenlunde til den opløste mængde klor, hvad der svarer til, at det vigtigste salt skulle være natriumklorid (NaCl). Det er egentlig overraskende, fordi natrium tilføres af floderne hovedsagelig som bestanddel af karbonat og hydrogenkarbonat. Den lille mængde klor som floderne transporterer ud i oceanerne kommer for det første fra havsalt, som er transporteret af vindene ved forvitring af saltforekomster - som selv er opstået ved fordampning af havvand - og for det andet fra forvitring af vulkanske bjergarter. Mængden af klor er egentlig større end den totale mængde, som kunne produceres ved forvitring af vulkanske bjergarter igennem hele den geologiske jordhistorie. Hvorfra stammer da den oceaniske klor ?

Der er også fundet uoverensstemmelser for andre bestanddele af hydrosfæren og atmosfæren. Mængden af kuldioxid i karbonatsedimenter er flere hundrede gange større end den mængde kuldioxid, som hydrosfæren og atmosfæren nu indeholder. Den synes også at være meget større end mængden af kuldioxid, som kunne frigøres ved forvitring af vulkanske bjergarter. Lignende bemærkninger kan gøres om andre såkaldte flygtige stoffer som bor, brom, kvælstof, svovl og også om vand (H_2O) selv: Tabel 2.

Tabel 2. Regnskab for de flygtige stoffer, som i øjeblikket findes nær Jordens overflade, i enheder af 10^{20} gram. (Efter Rubey)

	vand	alt kulstof som kuldioxid	klor	kvælstof	svovl	brint, brom o.s.v.
I nuværende atmosfære, hydrosfære og biosfære	14 600	1,5	276	39	13	1,7
Begravet i gamle aflejringer	2 100	920	30	4,0	15	15
Total	16 700	921,5	306	43	28	16,7
Stammende fra forvitring af krystalline bjergarter	130	11	5	0,6	6	3,5
"Overskydende" flygtige stoffer som ikke stammer fra forvitring	16 600	910	300	42	22	13

Rubey har med megen omhu undersøgt mulige kilder til overskuddet af flygtige stoffer. Han konkluderer, at der kun er to muligheder. 1) De stammer helt eller delvis fra et oprindeligt ocean og en oprindelig atmosfære. 2) De er kommet ud til overfladen som vulkanske luftarter fra Jordens indre i løbet af Jordens historie. "Uratmofære" - hypotesen er u-sandsynlig på grund af følgende forhold. Hvis alle "overskydende flygtige stoffer" inklusive vand oprindeligt havde været til stede i atmosfæren, ville det oprindelige ocean have været ekstremt surt (pH mindre end 1). I et

sådan miljø ville kuldioxid og klorbrinte reagere med de blottede bjergarter ved jordoverfladen og derved producere enorme mængder af karbonat-sedimenter, salte af forskellig slags samt kiseltsyre. Sådanne dannelser er ikke fundet i de tidligste prækambriske bjergarter. Undersøgelser af forholdet mellem kalksten og andre sedimenttyper peger ikke mod store variationer gennem Jordens historie.

Den anden hypotese, at de "overskydende flygtige stoffer" mere eller mindre kontinuerligt er blevet tilført overfladen fra Jordens indre er meget mere sandsynlig. Således frigøres de pågældende stoffer netop fra nutidens vulkaner.

Læg mærke til at disse luftarter er sure. Mængden af syre er langsomt men sikkert vokset gennem Jordens historie, og hele tiden har syrerne reageret med silicium-mineralerne i jordskorpen og bragt metaljoner og silicium i opløsning. De fleste metaljoner er igen forsvundet fra luft/hav systemet og befinder sig nu andre steder. Det kommer vi tilbage til senere.

Der er endnu et helt andet argument (fremsat af Verhoogen med flere i 1970), som støtter ideen om, at atmosfærens luftarter kommer fra Jordens indre. Som man kan se i figur 2, er koncentrationen af argon meget større end koncentrationen af de andre ædle luftarter, og den består for det meste af isotopen Ar-40. Det tyder klart på, at det meste af luftens argon er dannet ved radioaktiv nedbrydning af kalium-40. Men der er alligevel mere argon i atmosfæren end der kunne dannes i skorpen gennem hele jordhistorien, og derfor er det højst sandsynligt, at også kappen har mistet noget af sin radioaktivt dannede argon til atmosfæren.

ATMOSFÆRENS ILT - OG LIVETS OPRINDELSE

Fri ilt er en vigtig bestanddel af vor atmosfære, men iltten i de vulkanske luftarter er bundet som vand, kuldioxid, kuloxid eller svovldioxid. Hvor er så den frie ilt kommet fra? En smule fremkommer i den øverste atmosfære som følge af lysets spaltning af vanddamp og herved forsvinder samtidig brint ud i verdensrummet.

Det meste ilt synes derimod at være et biprodukt af fotosyntesen - den komplicerede proces hvorved planter bruger atmosfærisk kuldioxid, vand og synlig solstråling til at opbygge de organiske forbindelser som de består af. På en forenklet måde kan vi forestille os reaktionen som

Kuldioxid + vand + solenergi = "plantestof" + fri ilt.

Herved fremkommer altså fri ilt!

Nu er der endnu et aspekt i atmosfære problemet - nemlig livets opståen. Siden 1920 er dette emne mere og mere kommet i forgrunden - og særlig den opfattelse, at livet her på jorden er opstået på naturlig måde af uorganiske materialer. Resultaterne af de biologiske undersøgelser i de sidste 4 årtier skal jeg prøve at resumere så kort som muligt. I den nuværende atmosfære er det umuligt at skabe organiske molekyler kunstigt



eller udenfor livsprocesser i allerede bestående livsformer. Dertil kommer, at hvis nogle atomer ved et usædvanligt forløb af omstændigheder skulle have sluttet sig sammen til et organisk molekyle, så ville det dog straks være gået til grunde som følge af en uorganisk iltning eller ved en organisk forrådnelsesproces. Umuligheden af dannelse af organiske molekyler udenfor de bestående livsprocesser hænger ubrydelig sammen med, at atmosfæren er en ilt-atmosfære. Derimod vil dannelse af organiske molekyler ad naturlig vej være mulig i en atmosfære uden eller med meget lidt ilt.

Den fri ilds indflydelse på livet i vor nuværende atmosfære har to aspekter: 1) Som lige nævnt, iltning af ubeskyttet organisk materiale, 2) Absorption, nederst i atmosfæren og i ozonlaget i 20 - 30 km højde, af den kortbølgede ultraviolette stråling, som er dødelig for alt nuværende liv.

I denne kortbølgede solstrålings egenskaber ligger der tilsyneladende en selvmodsigelse. På den ene side er den ved sit høje energiindhold dødelig for det nuværende liv. På den anden side giver det samme høje energiindhold mulighed for direkte dannelse af molekyler, som består af atomer af kulstof, brint, kvælstof, ilt, svovl og andre ved forbrug af energimængder fra strålingen. Disse molekyler kan kun forme byggesten for de nuværende organiske molekyler. Det er en uorganisk fotosyntese, som er helt forskellig fra den nuværende planteverdens organiske fotosyntese, som bruger lysenergi fra den synlige del af solens spektrum.

Ur-oceanerne, der ligesom nu, hovedsagelig bestod af vand, kunne derfor ved siden af mineralsalte, også indeholde en mængde sådanne byggesten for organiske molekyler. I litteraturen er det billede populariseret under betegnelsen "den tynde suppe".

Af disse molekyl-byggesten skulle der i løbet af lang tid, via mange vedvarende processer have dannet sig komponenter med livslignende egenskaber og senere højere former for liv. Skemaet, figur 3, viser hvordan livets udvikling kunne have gået til.

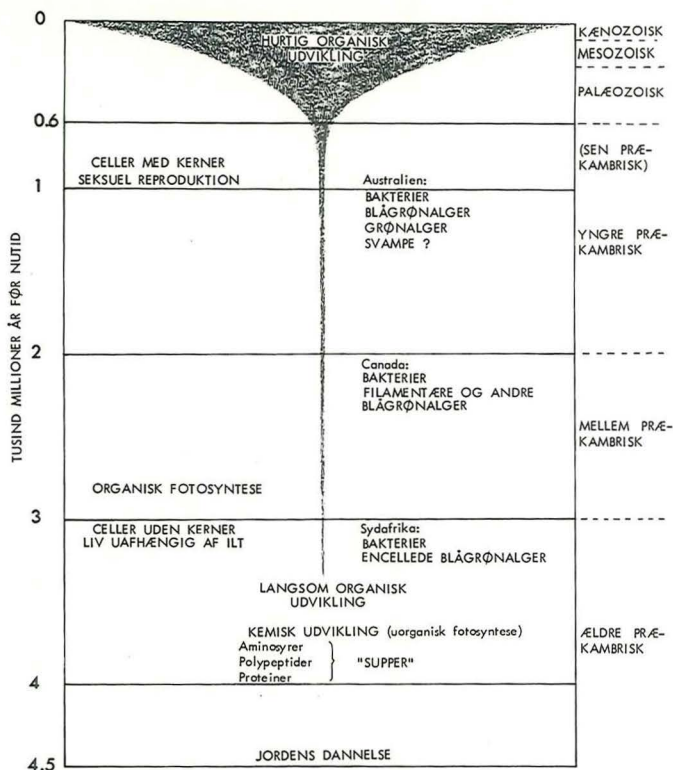
Det har virkelig været muligt at producere sådanne molekyler kunstigt. Den første forsker, som kunne lave ret små molekyler var Miller, men senere har biokemikere i Rusland og i Amerika været i stand til at producere meget større molekyler, som er næsten identiske med æggehvide-stoffer.

Ifølge denne tankegang var stofsiftet i de tidligste livsformer anærobt (ikke ilt krævende). På en eller anden måde er der fra disse opstået organismer med et ilt-producerende stofsifte, som ligger på et tydeligt højere energi-niveau. Det havde som biresultat, at fri ilt langsomt men sikkert dannedes i atmosfæren på bekostning af kuldioxiden i atmosfærehydrosfæresystemet, og det var samtidig forudsætningen for udviklingen af de højere livsformer i den sidste del af Jordens historie.



Figur 3. Den organiske udvikling vist som perioder af biologisk udvikling. Den voksende mængde af arter er udtrykt i det mørke areal.

Efter Barghoorn 1971



HVORDAN HAR ATMOSFÆRENS SAMMENSÆTNING ÆNDRET SIG ?

Figur 4 viser, hvordan professor Rutten tænker sig at atmosfærens sammensætning har ændret sig som følge af livets udvikling.

NNA betyder Nutidigt Niveau i Atmosfæren.

0.001 NNA, Urey niveau, markerer øverste grænse for produktion af ilt ved dissociation af vand som følge af ultraviolet solstråling højt oppe i atmosfæren.

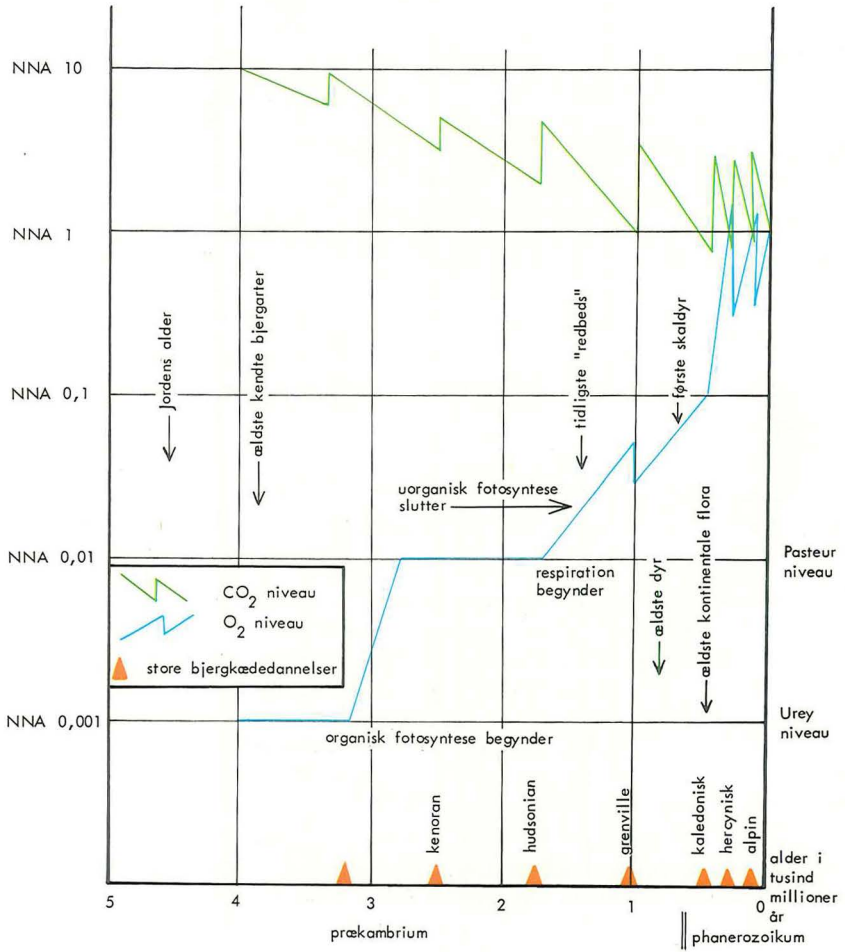
For lidt mere end 3000 millioner år siden begyndte de første blågrønner at producere ilt ved en ny-erhvervet proces, organisk fotosyntese. Derefter begyndte atmosfærens iltindhold at vokse.

0.01 NNA, Pasteur niveau. Pasteur opdagede at mange nuværende mikrober skifter deres stofskeft fra fermentation (gæring) til åndedræt, når 0.01 NNA overskrides og omvendt. Disse kaldes fakultative aerobere, fordi de ånder i den nuværende atmosfære og gærer under anaerobiske omstændigheder. Rutten tror, at sådanne mikrober for 1800-3000 millioner år siden har haft en regulerende indflydelse på iltniveauet. Hvis iltindholdet var under 0.01 NNA gærede de. Hvis iltmængden kom over 0.01 NNA skiftede mikroberne til åndedræt og det bevirkede, at iltniveauet gik ned igen. Til sidst var mængden af fotosyntetiserende mikrober tiltaget så meget, at Pasteur niveauet blev endeligt overskredet.

modificeret efter Ruttén (1967)

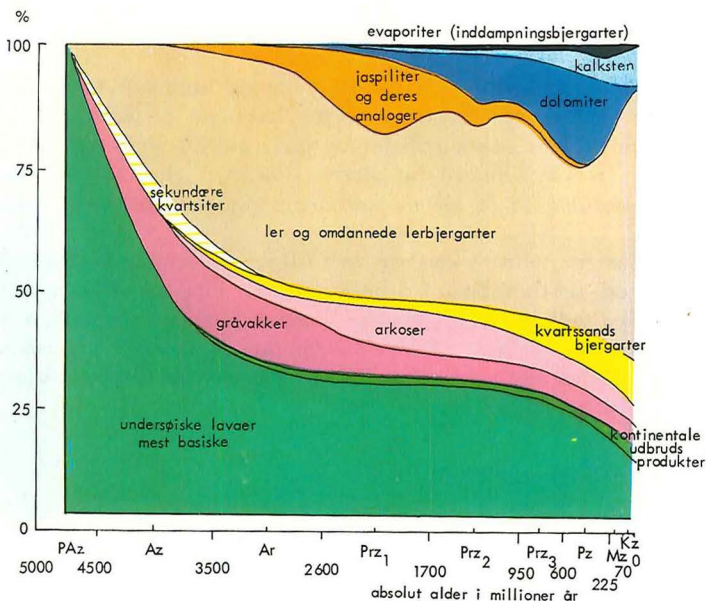
præ-aktualistisk atmosfære

aktualistisk atmosfære



præ-aktualistisk atmosfære

aktualistisk atmosfære



Figur 5. Skitse af udviklingen i sedimenternes kemiske sammensætning

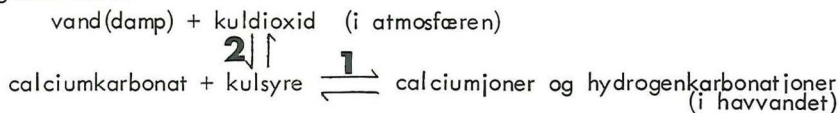
I denne periode dannedes svovlkis-uran-holdige konglomerater og de fleste kvarts-båndede jernmalme verden over.

Perioden efter 1800 millioner år karakteriseres af forekomster af "red beds" - røde jernglans-holdige bjergarter som dannes under iltende omstændigheder. "Red beds" er dog nu også fundet i Labrador geosynklinalen og i Guyana, og disse forekomster er mere end 2000 millioner år gamle.

Diagrammet har mange hypotetiske elementer og nogle fejl, men i det mindste lyder det sandsynligt, at iltmængden i atmosfæren steg, mens mængden af kuldioxid gik ned.

KONSEKVENSERNE I DET KEMISKE LUFT-HAV-SEDIMENT SYSTEM

Et af de vigtigste kemiske stødpudsesystemer, som regulerer surhedsgraden og kuldioxidtrykket i havet kan i simplificeret form angives på følgende måde:



Hvis kuldioxid tages ud af atmosfæren forskydes ligevægt 2 opad, og det har som følge, at ligevægt 1 forskydes mod venstre og CaCO_3 udfældes - eller, at havvandet bliver overmættet med CaCO_3 . Under disse

omstændigheder er skaldyrene i stand til at bruge karbonat til skaller eller skeletter. Er der en sammenhæng mellem forbruget af kuldioxid til fotosyntese i jordhistoriens sidste halvdel og den relativt store mængde karbonatsedimenter, som er dannet i det samme tidsrum? Har det meste af calcium og magnesium fra de senere karbonatbjergarter oprindeligt været opløst i havet?

Ovennævnte tendens kommer frem i figur 5, som er baseret på geologiske kort og publikationer fra hele verden. Figuren viser hyppigheden af de forskellige sedimenttyper gennem Jordens historie. Endvidere ses den tendens i figuren, at den anden hovedgruppe af kemiske sedimentter, de kvartsbåndede jernmalme, dannedes i store mængder før karbonatbjergarterne kom til fuld udvikling.

KVARTSBÅNDET JERNMALM

Der er to hovedgrupper af sedimentære jernmalme: 1) Kvartsbåndede jernmalme, som er mest hyppige fra Prækambrium, dannet mellem 3200 og 1700 millioner år før nu. De forekommer i store mængder på alle kontinenter. 2) Minette-typen af malme med oolitisk struktur, som er mest hyppige efter Prækambrium. Oprindelsen af hver af grupperne er en stor gåde. Forvitringen omdanner alt kemisk divalent jern til det mere stabile trivalente jern, men dette er så godt som uopløseligt i det meste overfladevand. Den eneste måde at transportere jern i opløsning i hydrosfæren på, er som divalent jern - det er umuligt i den nuværende iltrige atmosfære - eller man er nødt til på en eller anden måde at forandre sammensætningen af det normalt neutrale eller svagt basiske overfladevand til mere surt vand, hvori trivalent jern er opløseligt.

De kvartsbåndede jernmalme kan i de forskellige områder følges over mange hundrede og sommetider tusinder kilometre, og de er tilsyneladende dannet i lavvandede have. Sedimenterne er aflejret i tynde bånd, som ofte er mindre end en millimeter tykke. De danner en monoton vekslen mellem jernrige og siliciumrige lag. De sidste er nu en flintlignende bjergart - ekstremt finkornet kvarts, som er opstået ved rekrystallisation af kolloidal silicium. Inden i finder man fossiler af mikroskopiske planter som tilsyneladende trivedes i havene på denne tid. Disse organismer er de ældste kendte former for liv. Det er typisk at i disse sedimentter træder nedbrydningsmateriale i baggrunden. På kortet i figur 6 kan man se, at de kvartsbåndede jernmalme har været meget almindelige på Jorden. Kortet viser kun de vigtigste forekomster, der er mange flere mindre vigtige. Efter 1700 millioner år før nu har omstændighederne forandret sig således, at de ikke mere kunne dannes med så stor udbredelse.

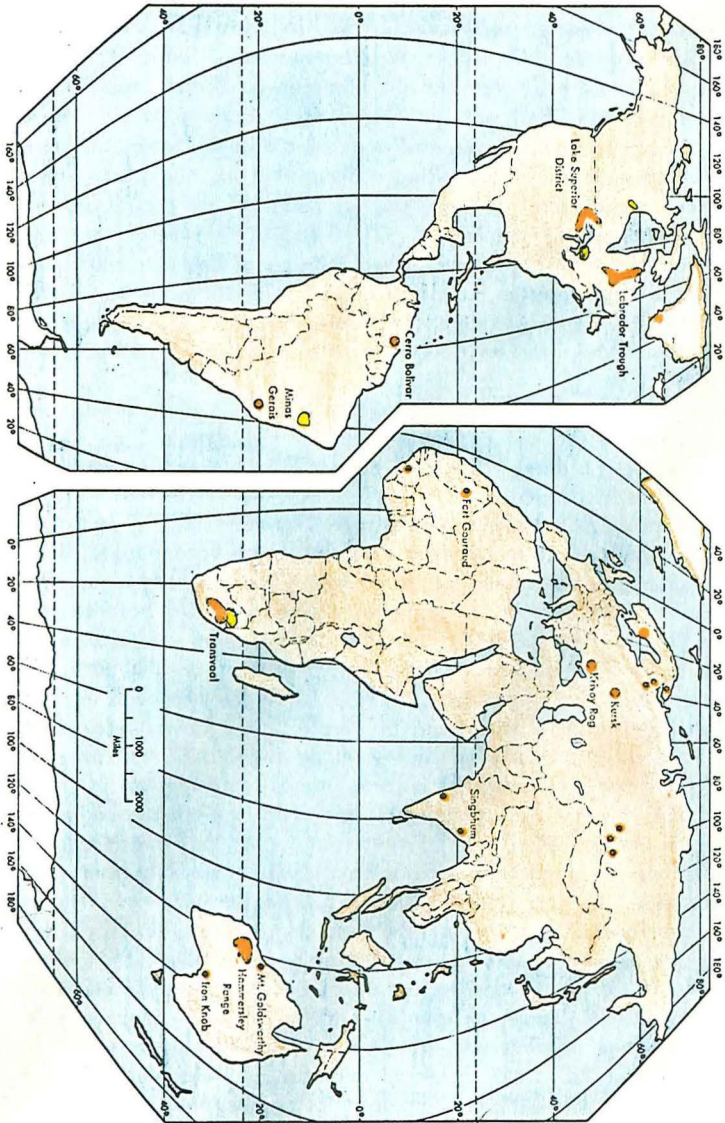
Alle forsøg på at forklare oprindelsen af kvartsbåndede jernmalme går ud fra, at oprindelsesområdet for de kemisk udfældede stoffer ikke ligger langt væk. Der har været to hovedgrupper af forklaringer: 1) Man

antager, at der har været lange perioder med erosion og dyb forvitring af nærliggende landmasser samt stor havdækning med lavt vand. Efter langvarig erosion var der kun lidt nedbrudt materiale tilbage og derfor fik de langsomt akkumulerende kemiske udfældnings-produkter, som stammede fra det dybt forvitrede kontinent, lejlighed til at bundfælde sig i de lavvandede havbassiner. Modstanderne af denne teori peger altid på, at det lejlighedsvis optrædende nedbrydningsmateriale altid indeholder visse friske, uforvitrede mineraler og også på, at rester af de stærkt forvitrede tilførsels-områder aldrig er fundet. 2) I nogle tilfælde er der en tydelig sammenhæng mellem vulkanisme og udfældning af jern og silicium, og det synes klart at elementerne i disse tilfælde er af vulkansk oprindelse. I de fleste tilfælde er sammenhængen dog ikke så udpræget, og det lader ikke til, at den vulkanske forklaring kan have almindelig gyldighed som hovedforklaring.

Kort sagt, den første forklaring er uden videre dårlig, mens den anden er bedre - og det er sandsynligt, at vulkanisme i de fleste tilfælde har ydet sit bidrag. Men som hovedforklaring er den vulkanske teori dog ikke tilfredsstillende.

Der er en meget bedre forklaring. Når man tager i betragtning, at disse kvartsbandede jernmalme er så almindelige verden over, kan lokale årsager aldrig give løsningen på problemet. Flere europæiske geokemikere har peget på, at da havet dannedes skulle det have haft en meget stor surhedsgrad, fordi de vulkanske luftarter i hydrosfæren var så sure. Da forvitringen af jordskorpen kom i gang frigjordes metaljoner af calcium, magnesium, natrium, men også jern. Netop fordi der ikke var ilt i atmosfæren må betingelserne for opløsning af divalent jern have været meget gunstige. Sandsynligvis har jernet igennem de første 1000 millioner år været en vigtig komponent blandt de opløste grundstoffer i havet.

Indtil nu har forsvarerne for den iltfattige-atmosfære-teori understreget, at mangel på ilt var betingelsen for at kvartsbandede jernmalme kunne dannes, men de fik altid vanskeligheder fordi bjergarterne for en stor del består af jernoxider. Nogle russere har efter min mening givet den rigtige forklaring. De foreslår, at den primære årsag til de kvartsbandede jernmalms dannelse var det voksende iltindhold i atmosfæren. Det bevirkede, at det divalente jern oxideredes og udfældedes. Hvor skete denne proces først? Langs de gamle kontinenter, hvor organismernes i lavvandede bassiner producerede det meste ilt. Her ser man igen hvor stor livets indflydelse kan have været på processerne i det kemiske atmosfære/hav/sediment system - sådan kan det i princippet være gået til. Der er desværre ikke plads til at give flere detaljer. Det eneste jeg ikke kan lide er den store mængde svovl i havet og sedimenterne. Dette grundstof må oprindeligt have været i opløsning som svovlbrinte. Ifølge Wedepohl har ovenstående hypotese kun gyldighed, hvis der var et betydeligt overskud af jern i forhold til svovlbrinte i det daværende hav, fordi svovlkis er så godt som uopløseligt.

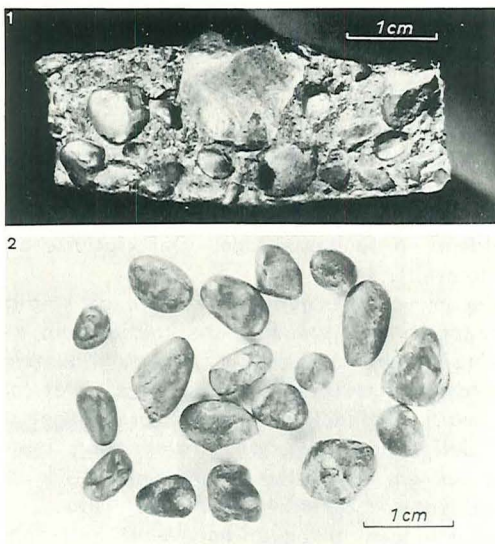


Figur 6.

De vigtigste lokaliteter for mellem-prækambriske kvartsbåndede jernmalme (røde) og for uran-guld-svovlkis-konglomerater (gule). (Skinner 1969).

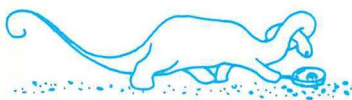
SVOVLKIS-URANINIT-GULD_KONGLOMERATERNE OG RED BEDS

I Witwatersrand området i Sydafrika, Jakobine området i Brasilien og i to områder i Canada, figur 6, findes nogle konglomerater, hvis rullesten kun består af en bjergartstype. Konglomerater, som indeholder guld, uraninit og svovlkis er meget udbredte. Disse danner lag i meget tykke sediment-serier, som alle har omtrent den samme alder - 2800 - 2000 millioner år. I øjeblikket er de geologer, som arbejder i disse områder, i almindelighed enige om, at guldet, uraniniten og i hvert fald en del af svovlkisen er af sedimentær oprindelse. Til illustration af sedimentær svovlkis kan man se figur 7.



Figur 7. Sedimentær svovlkis, Sydafrika: 1. Små rullesten i kvartsitisk mellemmasse. 2. Tilsvarende isolerede småsten, der lokalt kaldes dyrehagl.

De sedimentologiske undersøgelser i det sidste tiår tyder på, at konglomeraterne er flodgrus, som er aflejret i fri luft på kystflader eller skrånende flodsletter. Mange steder har der været megen omlejring, så sandkorn, de tunge mineraler og rullesten må have været i kontakt med atmosfæren i længere tid. Under disse omstændigheder kunne hverken de sedimentære svovlkiskorn eller uraniniten være blevet bevaret i en stærk iltende atmosfære, og det lyder derfor sandsynligt, at atmosfæren dengang havde et meget lavere iltindhold end nu. Det vigtige er, at disse dannelser ikke forekommer et enkelt obskurt sted, men mange forskellige steder verden over.



Red beds bestående af lyserødt jernglansførende sand og røde jernglansførende lersten er indtil nu altid brugt til at markere tidspunktet, hvor atmosfæren rigtig begyndte at være udpræget oxiderende. Som allerede nævnt ved beskrivelsen af Ruttens diagram, figur 4, er der to forekomster af red beds, som har den samme alder som svovlkiis-uraninit konglomeraterne. Jeg tror ikke at disse bjergartstyper principielt udelukker hinanden. Når iltindholdet i atmosfæren er lavt så bliver den ved med at være oxiderende, men reaktionshastigheden for oxidationsprocessen går ned. Svovlkiisforekomsterne kan derfor forklares på den måde, at de ikke har været tilstrækkelig lang tid i kontakt med den svagt oxiderende atmosfære. Derimod må man antage, at de omtalte red beds under dannelsen har været i kontakt med den svagt oxiderende atmosfære i så lang tid, at der kunne produceres jernglans.

SLUTBEMÆRKNINGER

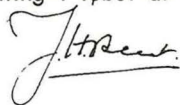
1) Angående vort hovedproblem kan vi konkludere, at det er højst sandsynligt, at Jorden i begyndelsen har set helt anderledes ud end i øjeblikket. Det synes klart, at livets udvikling har spillet en stor rolle ved at forandre forholdene på dens overflade. Det vigtigste aspekt er produktionen af atmosfærens ilt.

2) Atmosfæren var i begyndelsen rigere på kuldioxid. Derfor må det have været meget varmere som følge af kuldioxidens evne til at opsuge infrarød stråling - drivhus-virkning. Da kontinenterne dengang var meget mindre kan temperatursvingninger også have været forholdsvis svage. Overfladevandet må i almindelighed have været meget surere og forvittringsforholdene tydeligt anderledes end i øjeblikket, også fordi mængden af bakterier, som har en meget stor fremmede indflydelse på forvittringsprocesser, på kontinenterne oprindelig har været lille.

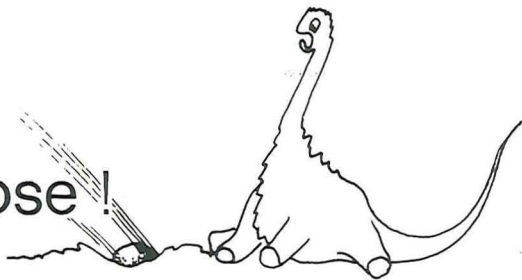
3) Sammensætningen af havet har været helt anderledes end nu. Så vidt jeg kan se, har havet i fortiden været en meget mere koncentreret opløsning end nu. Det har indeholdt store mængder kalcium, magnesium, jern og også relativt meget silicium. Peger det mod en oprindelig jordskorppe af basaltisk sammensætning?

4) De kvarts-båndede jernmalme er ikke opstået, fordi der var så lidt ilt i atmosfæren, men fordi den begyndende iltproduktion ikke tillod divalent jern at forblive i opløsning i oceanerne.

Udviklingen af atmosfæren og hydrosfæren kan ikke skilles fra kontinenternes udvikling. Dette aspekt er imidlertid så omfattende, at det i sig selv kunne kræve en lang række artikler. Det skal her blot påpeges, at der er gode muligheder for at udforske geokemiske udviklingsmønstre i aflejringer fra lange tidsrum. For eksempel viser undersøgelser af sedimenterne på russiske og amerikanske kontinentale platforme et kalium-natrium forhold, der stiger med aftagende alder. Dette mønster peger sandsynligvis mod en forandring af kontinenternes sammensætning i løbet af Jordens historie.



Meteornedslag! Chokmetamorfose!



af Vagn Jensen

I Varv nr 3, 1971 har Tommy Jørgart givet en redegørelse for den fysiske baggrund for Månens kratere ud fra det synspunkt, at de er dannet ved Månens kollisioner med mindre himmellegemer - meteoriter.

Allerede i slutningen af sidste århundrede var der geologer, der mente, at visse strukturer - også kaldet astroblemer (græsk = stjernesår) - her på Jorden var dannet ved meteorit-nedslag, for eksempel det berømte krater i Arizona - Meteor Crater = Barringer Crater = Canyon Diablo Crater. Arizonakrateret blev dog først betragtet som en ekstraordinær undtagelse, og G.K.Gilbert, manden der først tolkede det som dannet ved et nedslag, skiftede senere standpunkt og antog det for et vulkansk krater.

Indianerbefolkningen i området, Hopi-indianerne, havde i deres religion en beretning om, at en gud der på stedet var nedsteget til Jorden i form af en ildkugle. Antagelsen af denne overlevering, som en øjenvidnetolkning af et meteoritnedslag, er mulig, da krateret kun er cirka 25000 år gammelt.

Op gennem vort århundrede har der med jævne mellemrum været fremsat teorier om, at en lang række strukturer her på Jorden måtte være dannet ved nedslag. Men synspunktet blev først nogenlunde bredt accepteret i 1950'erne og senere - især efter tilvejebringelsen af de første måneprøver.

Snart meldte spørgsmålet sig: Er Jorden lige så arret efter nedslag som Månen er det? Meget tyder på, at det forholder sig således, men sagen kompliceres ved, at vi har vand og atmosfære og disse er ansvarlige for erosion og sedimentation. Det betyder, at et gammelt astroblem for det meste vil være udvisket og dækket af yngre dannelser og dermed kun i få tilfælde vil være direkte synligt.

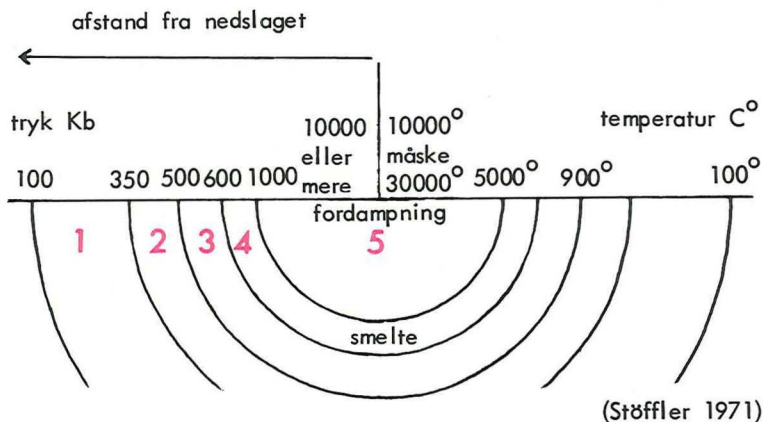
I Varv nr 3, 1971 så vi, hvilke hastigheder der gælder for legemer, der kolliderer med Månen. De tilsvarende ydergrænser her på jorden er 11 km per sekund som laveste og 73 km per sekund som højeste hastighed. De nævnte tal gælder kun meteoriter af en vis størrelse, idet de mindre bremses kraftigt op i atmosfæren og eventuelt brænder helt op. Derimod er atmosfærens bremsende virkning på de større meteoriter næsten lig nul.

Når en større meteorit rammer jordoverfladen sker der karakteristiske omdannelser - chokmetamorfose eller "stødomdannelse" - i de ramte bjergarter. Påvirkningerne kan i mange tilfælde iagttages over hundreder af kvadratkilometer, og det er forklaringen på, at vi faktisk har mulighed for at lokalisere et gammelt nedslag, selvom senere processer har tilsløret alle overfladetræk.

I skemaet herunder findes en kort oversigt over de træk, der adskiller chokmetamorfose fra den normale metamorfose - bjergarters mineralomdannelse under bjergkædefoldninger ved ændringer i tryk og temperatur.

	Almindelig metamorfose (statisk kompression)	Chokmetamorfose (dynamisk kompression)
Placering	Større partier af Jordens skorpe i dybder mellem cirka 7 og 35 km. Strukturer af varierende form.	Overfladen af Jorden (eller andre himmellegemer). Kan eventuelt gå gennem jordskorpen. Cirkulære strukturer.
Energikilde	Varme og potentiel energi fra de dybereliggende dele af jordskorpen.	Bevægelses- og varmeenergi medbragt fra rummet.
Tryk	Mindre end 10 Kb (1 Kb = 987 atmosfærens tryk)	Mellem 100 og 100.000 Kb.
Temperatur	Normalt mindre end 1000° C.	10.000° C, måske 30.000° C eller mere.
Kompressionstid	Fra 100.000 til 1 milliard år.	1 sekund eller mindre
Trykudvikling	Ekstrem lav	Ekstrem høj, cirka 100 Kb/nanosekunder.
Kemiske forhold	Reaktioner mellem sameksisterende mineraler. Normalt tilnærmet (evt. opnået) kemisk ligevægt mellem de forskellige mineraler i en bjergart.	Ingen reaktioner mellem sameksisterende mineraler undtagen ved høje tryk og temperaturer inden for mineralernes smelteområder. Ligevægt opnås ikke.
Deformationskræfternes orientering	Kompressionen har en foretrukket orientering, der både makro- og mikroskopisk giver sig udslag i bjergartens struktur (eks. stribet eller båndet gnejs).	Foretrukket kompressionsretning kun i makroskala.

Medens alle geologer stort set er enige om gradsoodelingerne af den almindelige metamorfose, forholder sagen sig lidt anderledes med hensyn til chokmetamorfose. Der er for tiden stor aktivitet i gang for at få klarlagt de grundlæggende processer og her har de nu hjembragte måneprøver bidraget meget til vor viden. Et forslag opererer med en gradsoodeling i 5 trin, se figuren:



Inden de fem trin gennemgås, må der siges et par ord om nogle af de almindelige mineraler. To "næsten undgåelige" mineraler i jordiske overflade-bjergarter er kvarts og feldspat. Især har man interesseret sig for kvarts, idet kvartsens SiO_2 kan fremtræde som et par højtryks-mineralformer, nemlig stishovit og coesit. Gennem laboratorieundersøgelser har man et godt kendskab til dannelsesbetingelserne for disse former af SiO_2 . Stishovit fremkommer ved trykpåvirkninger i området 120 - 450 Kb og coesit i området 300 - 500 Kb. De to mineraltyper forekommer kun i små mængder som en del af de enkelte kvartskorn. Desuden er coesit langt det almindeligste, idet stishovit er uholdbar. En anden grund til dominansen af coesit er, at stishovit udkrystalliserer fra en højtryksfase under selve chokbølgen, hvorimod coesit først dannes bagved chokbølgen og formentlig ud fra en stishovitlignende type.

I chokmetamorfosens trin 1 vil man principielt kunne finde stishovit, men ikke coesit. Da stishovit er uholdbar, kan den mangle, men så er der andre karakteristiske træk, nemlig deformationer i krystalbygningen hos kvarts og feldspat.

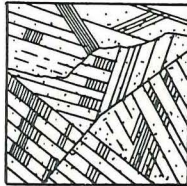
Ved chokbølgens passage vil et krystalgitter i større eller mindre grad blive destrueret - krystallen bliver omdannet til en glastilstand uden at der har været tale om smeltning og uden at der sker ødelæggelse af krystallens ydre form, og man taler da om diaplektisk glas.

Der sker følgende: I et kvartsgitter er Si (silicium) og O (ilt) arrangeret i et bestemt rumligt mønster i forhold til hinanden. Ved chokbølgens påvirkning ødelægges dette mønster og ødelæggelsernes omfang stiger med chokbølgens energi. Resultatet bliver, at vi får ikke-krystallinske partier med ringere tæthed end det oprindelige gitter, og den ikke-krystallinske (amorfe) tilstand er i denne forbindelse det samme som en glastilstand.

Disse amorfe eller ikke-krystallinske partier kan fremtræde i to former, 1) som spredte områder i et kvartskorn og man siger, at det indeholder "diaplektisk" glas; 2) de kan følge bestemte krystallografiske retninger i kvartsen, så den giver indtryk af at være sammensat af flere systemer af lameller, der kaldes choklameller.

Choklamellerne må ikke forveksles med deformationslameller, der blot er "glidninger" i et krystalgitter og dermed følger krystalstrukturen. Sådanne findes også i forbindelse med chokmetamorfose, men er ikke særlig karakteristiske, da de ofte kan forekomme under en almindelig metamorfose.

Karakteristisk for choklameller er deres ringe indbyrdes afstand, nemlig fra brøkdele af en μ ($m\mu$) til få μ . De forekommer normalt i både kvarts og feldspat.



Skematisk tegning af choklameller i kvarts.

Figurens kantlængde cirka 70μ

Chokmetamorfosens trin 2 kendetegnes ved, at kvarts og feldspat er totalt omdannet til diaplektisk glas. Stishovit kan stadig forekomme, men man vil nu under alle omstændigheder finde coesit indlejret i den glas, som stadig har kvartskrystallernes ydre form.

I trin 3 er temperaturen så høj, at feldspaterne smelter. I stedet får vi blærede og slirede partier af feldspatglas alt mens vi stadig har morfologisk velbevarede, coesitførende diaplektiske kvartskorn. Stishovit forekommer ikke mere.

I det trin har vi samtidig tilstedeværelsen af både diaplektisk glas og almindelig glas. Principielt er der ingen forskel mellem de to typer, idet de begge opfylder betingelserne for glastilstanden. Der er nemlig tale om en mellemtilstand mellem det tætpakkede, geometrisk ordnede arrangement i en krystal og den løst pakkede, uordnede tilstand i en luftart (gas). En glas er at betragte som en underafkølet væske, og at det er hårdt er kun et udtryk for at det er meget sejtflydende (højviskøst).

Til nu er kun omtalt kvarts og feldspat. Også i glimmermineraler, hornblender, pyroxener og så videre sker der chokmetamorfe ændringer. Nedbrydningen af disse mineralers gitre er mere glidende, idet der samtidig kan ske iltningsfænomener. Slutresultatet er normalt, at vi ved smeltningen får en glas med samme kemiske sammensætning som det oprindelige mineral, og med indeslutninger af et malmmineral.

I trin 4 er temperaturen så høj, at vi får en øjeblikkelig opsmeltning af den ramte bjergart som helhed. Herved dannes efter afkøling en glas bestående af alle de komponenter, bjergarten måtte indeholde, men samtidig vil der være et vist indhold af brudstykker fra de omliggende bjergarter. Disse bjergartsglasser kan findes i tykkelser op til flere hundrede meter og dække mange kvadratkilometer.

Den lige smeltede bjergartsmasse er uhyre bevægelig. Den trænger derfor ind i de mange revner og sprækker, der dannes i området ved selve nedslaget. Her finder man derfor et netværk af små gange bestående af glas og bjergartsbrudstykker.

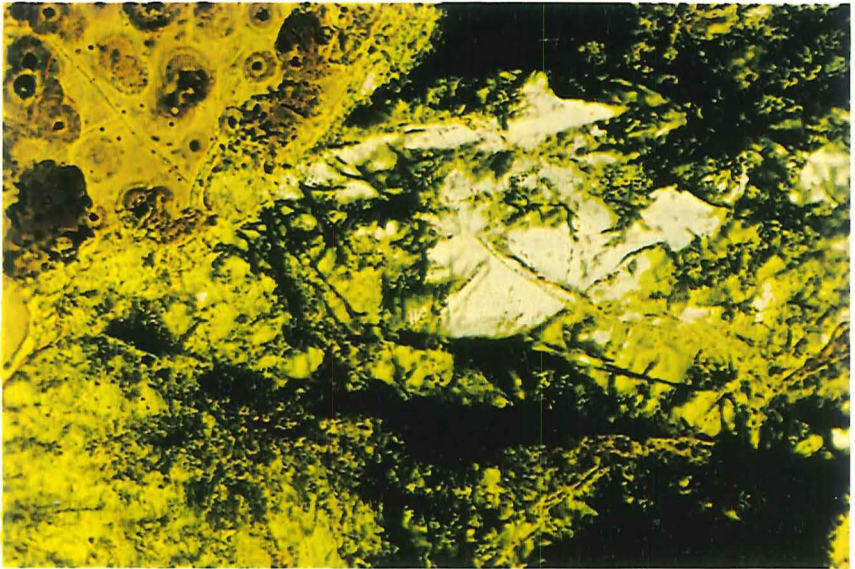
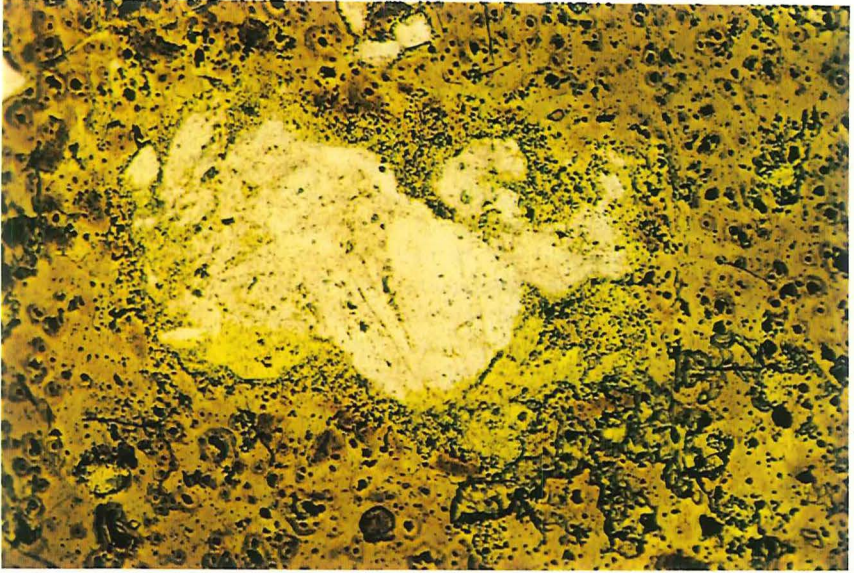
En enorm energiom sætning finder sted i selve nedslagsområdet, trin 5. Både meteoritlegemet og den ramte bjergart fordampes øjeblikkeligt. Undertiden finder man kondensationspartikler fra dampene, og derved har man i nogle tilfælde fået oplysninger om meteoritens sammensætning.

Store mængder af smeltet materiale bliver slynget bort fra nedslagsstedet. Ved passagen gennem atmosfæren kan de smeltede masser blive formet aerodynamisk - få dråbeform - som tilfældet er ved vulkanske bomber.

En del af de såkaldte tektiter (tektiter er små, sorte til grønne glaslegemer, afrundet i forskellig grad og med varierende kemisk sammensætning. Er under lokale navne blandt andet kendt fra Indonesien, Indokina, Phillippinerne, Australien, Texas, Tjekkoslavakiet) stammer muligvis fra udslynget materiale i forbindelse med et nedslag. Moldaviterne i Tjekkoslavakiet sættes således i forbindelse med nedslaget ved det nuværende Ries Kessel i Sydtykland, idet sammensætning og radiometrisk alder viser overensstemmelse. Det samme gælder ballistiske betragtninger over deres baner, eftersom man i tilfældet Ries Kessel kender indfaldsvinkel og retning for meteoriten.

Man kender her på Jorden godt hundrede strukturer, hvis oprindelse på en eller anden måde har været diskuteret. Diskussionen drejer sig normalt om, hvorvidt de er dannet ved vulkanske eksplosioner eller meteoritnedslag. Cirka 60 af disse strukturer har man indtil nu kunnet identificere som sikre resultater af nedslag. Størrelsen varierer fra cirka 100 meter og op til et par hundrede kilometer i diameter.

Den nærmeste er nok Mien søen i Skåne (cirka 6 km i diameter). Den er formentlig af tertiær-kvartær alder. En anden er den tidligere omtalte Ries Kessel (kæmpekedlen) i Sydtykland, der dannedes i tertiærtiden, nærmere bestemt i miocæntiden for 14,8 millioner år siden. Diameteren er

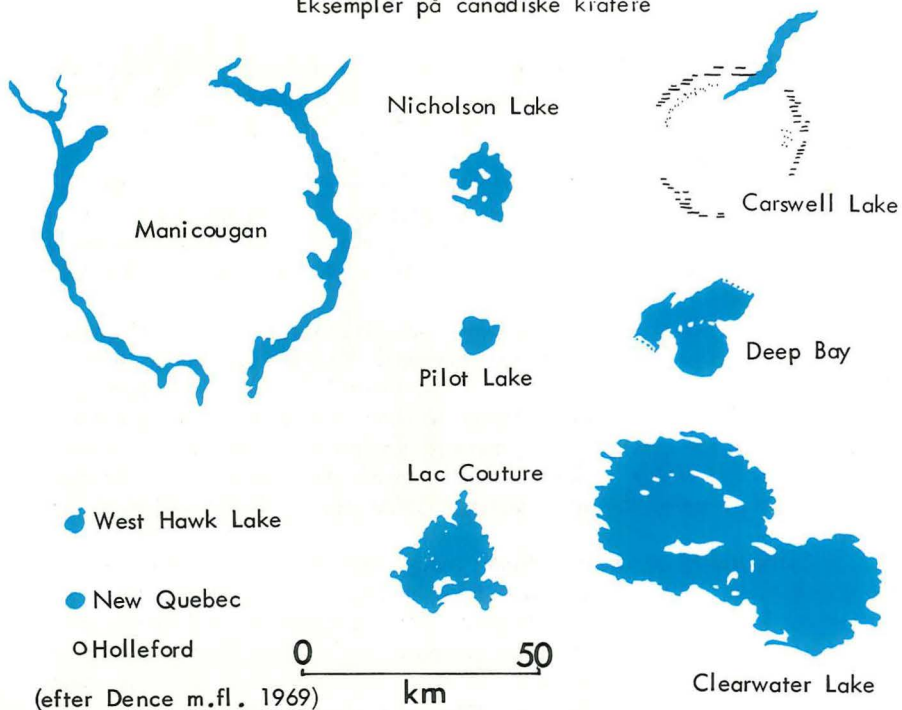


Øverst. Lysebrun bjergartsglas med brudstykker af den ramte bjergart (forstørrelse cirka 195 gange).

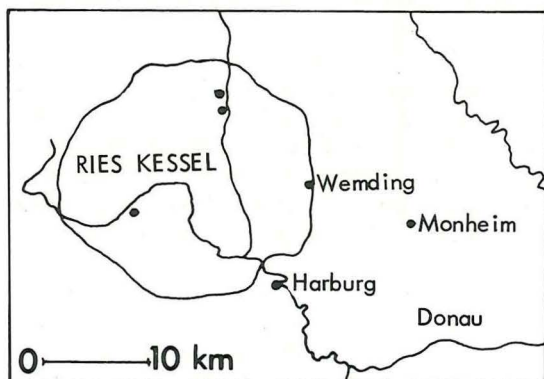
Nederst. Kvartskorn med choklameller. Kun de mest fremtrædende lameller er synlige ved denne forstørrelse (cirka 1025 x). Øverst til venstre ses bjergartsglas.

Fra Tåteråt nedslaget, Grønland, foto Vagn Jensen.

Eksempler på canadiske kratere



Kort over Ries Kessel, Tyskland
(H.Schmidt-Kaier, 1969)



Området omkring Mien
søen, Sverige



i dag 23 kilometer, hvilket vil sige, at den fremtræder tydeligt på et almindeligt kort. Ries Kessel udmærker sig ved ikke at være en sø, hvilket er langt det almindeligste for gamle nedslag. Derfor er Ries Kessel nok det til nu bedst undersøgte nedslag i det hele taget.

Kigger man på et verdenskort over sikre nedslag, bemærker man det forholdsvis store antal i Canada. Det skyldes nok i første omgang, at Canada geologisk set er godt undersøgt, men også at der her findes udstrakte forekomster af prækambriske bjergarter, der ikke for tiden er dækket af yngre aflejringer.

Det kan være svært at genkende selv kraftigt chokmetamorfoserede bjergarter, hvis nedslaget er meget gammelt. Foruden erosionens nedbrydende kræfter vil et område før eller siden blive involveret i en eller anden geologisk proces, der kan omforme de ramte bjergarter. Ved en sådan omformning kan for eksempel en glasmasse fra trin 4 til forveksling komme til at ligne omformede vulkanske udbrudsprodukter, men i nogle heldige tilfælde kan glasserne stadig findes og hjælpe os, og derfor endnu et par ord om glas.

Selve glastilstanden er normalt meget ustabil. Det skyldes især, at en glas næsten altid vil indeholde noget vand. Dette er medvirkende til at glasset krystalliserer (devitrificerer), altså går mod en ordnet tilstand. Denne krystallisationsproces foregår geologisk set relativt hurtigt og resultatet bliver, at det kan være særdeles vanskeligt at se, om der i det hele taget på et tidligere tidspunkt har været tale om en glas.

Hvis den ramte bjergart i forvejen har været udsat for den kraftigste almindelige metamorfe påvirkning, vil den bogstavelig talt ikke indeholde vand. Den glas, der dannes i trin 4 ved et nedslag i en sådan bjergart, vil derfor også være uden vand. I så fald er glastilstanden uhyre stabil overfor senere påvirkninger, og kan derfor bruges til identifikation af et gammelt nedslagssted. Et sådant tilfælde kendes fra Grønland, i nærheden af Agto, hvor man har en glasalder på godt 3 milliarder år. Tænk her på måneglasserne, der også er "tørre".

Med vort nuværende kendskab til Jordens (og Månens) geologi kan man begynde at gøre sig visse betragtninger over faldhyppigheden for store meteoriter. Vi kan stort set regne med et nedslag for hver titusinde år. Det yngste canadiske krater har netop denne alder. Vi må så blot håbe, det næste nedslag ikke bliver alt for voldsomt, thi det vil få mere eller mindre ubehagelige følger for os alle, uanset hvor det falder. Hvis ikke selve chok'et ødelægger store områder, skal de efterfølgende flodbølger nok sørge for det.

I den forbindelse kan man erindre om vulkanøen Krakatau's eksplosion i 1883. De resulterende flodbølger herfra kunne registreres over hele kloden, ligesom lufttryk-forstyrrelser gav udslag på barometre overalt. Et meteoritnedslag kan sagtens ventes at repræsentere en energi, der er nogle millioner gange større end energien i Krakatau's eksplosion.

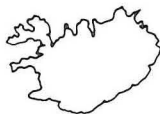
Vagn Jensen

ANMELDELSE

Hjálmar R. Bárðarson: Is og Ild.

Hassings forlag.

171 sider (format 23 x 25 cm). Pris -172,50 kr., indb.



Modsætningerne i den islandske natur er et godt emne for fotografier, og her foreligger nu et pragtfuldt billedværk, som deler sig nogenlunde ligeligt mellem jøklerne og den ret aktuelle vulkanisme. Den ledsagende tekst flyder let og kan forstås af alle - den er krydret med oplysende citater fra Landnámabók og anden ældre litteratur. Uventet, men berettiget er havisen og drivisen taget med. Hele bogen igennem berøres de i-gangværende forskningsopgaver, desværre lidt kortfattet. I tilknytning til "Ilden" - vulkanismen - omtales også varme kilder, geysere og mudderpotter.

Der er talrige helsidesillustrationer, heraf mange i farver. Billedkvaliteten er fremragende og teksten er sat med en meget smuk type. Teksten giver mange facts (lavatemperaturer, jøkelbevægelseshastigheder og så videre), men den professionelle geolog og glaciolog kunne ønske en større uddybning af teksten en del steder. Oversættelsen fra islandsk er vellykket, dog benyttes betegnelsen "randmoræne" for det, vi benævner "midt-moræne". Anmelderen savner en nærmere redegørelse for Islands geologisk vigtige position som den eneste tilgængelige del af den højaktuelle midt-atlantiske ryg.

Bogens værdi ligger i det strålende billedmateriale, som alle kan glæde sig over, og bogen vil være velegnet i skoleundervisningen. Den høje pris vil desværre sikkert skræmme mange bort.

V.P.

Fluorescens. - Fru Kitty Jørgensen, Furesøvej 16, 3520 Farum, 01-950230, ønsker kontakt med andre amatører, der sysler med fluorescerende mineraler.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervold-gade 5-7, 1350 København K. (Tlf. Mi 5001).

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Erling Bondesen.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 15.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880. (Moms inkluderet).

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.



VIDSTE DE DET OM VARV ?

At VARV foreløbig har udgivet 2 ekskursionsførere: "Geologi på Bornholm" (64 sider, 14 kr frit tilsendt) og "Geologi på Øerne 1", Stevns-Fakse-Møn (96 sider, 20 kr frit tilsendt) - og at ekskursionsførerne takket være farvebilleder, kort, tegninger af forsteninger og lokalitetsbeskrivelser er lige velegnede for flerdages ture - som for en søndagsudflugt.

At tidsskriftet VARV udkom allerede i 1964 - og at samtlige årgange kan fås endnu ved at indsende 15 kr per ønsket årgang på giro 68880 (anfør de ønskede årgange på talonen).

At VARV for at læserne kan holde styr på numrene har lavet en kasette i sort kunstlæder med ægte guldtryk på ryggen. Kassetten, som koster 7,25 kr frit tilsendt, kan rumme 6 årgange. Det kan man godt være bekendt at have stående i sin reol.

At VARV har fremstillet foreløbig 8 glansfulde postkort med fremragende farvefotos af mineraler fra Mineralogisk Museums samlinger: De 8 postkort koster 8 kr frit tilsendt.

At det er let at udnytte VARV-tilbudene. De kan blot indsende beløbet på giro 68880, Varv, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K - og angive på talonen, hvad De ønsker.

