

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1980

keringer - trekanten - i det lille område.

Righoldigheden på serpentinit (et vandholdigt, magnesiumrigt silikatmineral) i denne bjergart er bemærkelsesværdig og når ofte op over halvdelen af bjergartens rumfang. Dette grønne mineral frembyder også en variation med hensyn til farve, kornstørrelse og foldning, som giver bjergarten hele dens smukke, levende udseende. Farven varierer fra helt lys pastelgrøn til grønsort.

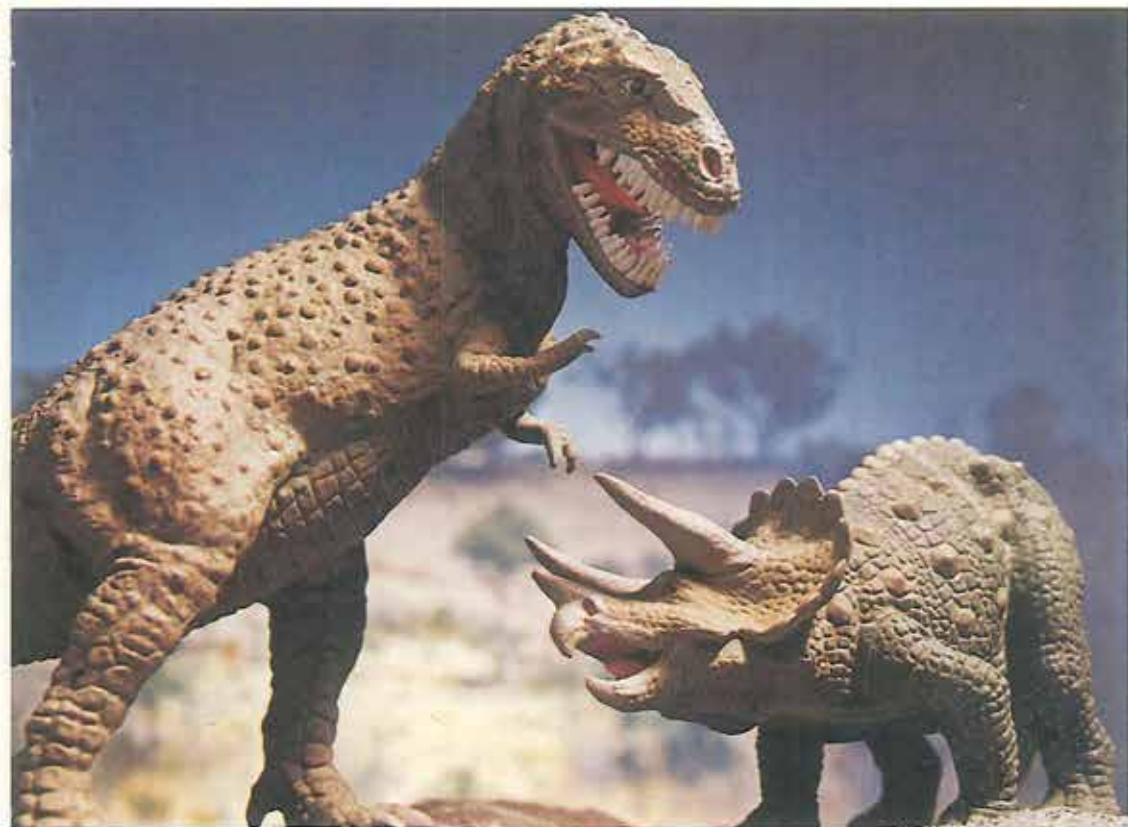
Ser man på prøver af bjergarten i mikroskop, finder man, at serpentinmineralet først og fremmest er opstået ved omdannelse af silikatmineralet diopsid.

Det starter med at dannes langs spalteflader i diopsiden. Derefter opstår et rudsystem, hvor serpentinen er orienteret på en måde inden i ruderne og på en anden langs rudernes grænser. Endelig kan man undertiden se, hvordan serpentin vokser radiært ud som mos fra de gamle korn.

Årsagerne til omdannelserne er ikke klarlagt i detaljer, men man kan gætte på de grovere træk. Som nævnt er der i kalkstenen lag, som antyder en vulkansk aktivitet i kalkens dannelsesmiljø. Det er også tænkeligt, at en vis magnesiumberigelse skete i havvandet, og at dette grundstof delvis blev optaget af kalken. Ved den senere kraftige opvarmning reagerede kalken og de indlejrede vulkanske produkter delvis med dannelse af forskellige silikatminerale domineret af kalcium og magnesium (bl.a. diopsiden). Den senere serpentinomdannelse antyder, at temperaturen har været dalende. Dog har serpentinmineralet tildels allerede været på stedet inden deformationen hørte op. Andre steder kan det ses, at mineralet har vokset uden nogen sammenhæng med deformationsstrukturerne. Det gør, at serpentinomdannelsen kan ses som en afsluttende begivenhed, men i nær tilknytning til den forudgående kraftige omdannelse.

Man kan finde Kolmårdsmarmor i mange bygninger. Fra 1600-1800 tallet har den ofte været anvendt i mere eksklusive sammenhæng. Marmoren ses eksempelvis i Stockholms slot, Kungliga operan, Nationalmuseum og Uppsala Universitets hovedbygning. I den første halvdel af 1900-tallet blev Kolmårdsmarmoren i stigende grad benyttet til mere dagligdags formål. Den øgede produktion skyldtes tekniske fremskridt, og bjergarten nåede helt frem til almindeligt lejlighedsbyggeri. Fra 1960 stagnerede produktionen, og i øjeblikket står virksomheden næsten stille. Marmoren kommer bedst til sin ret i indendørsarbejder. Hvor den har været anvendt udendørs, f.eks. ved Drottningholms slot, har den ofte fået større forvitringsskader.

Mange steder ude i verden kan man også finde denne bjergart, for eksempel Grand Opera i Paris og Coliseum Theatre i London. Den forekom tilmed også engang på den tyske kejserlige dampjagt "Hohenzollern".



EN KAMP PÅ LIV ELLER DØD I KRIDTTIDEN FOR GODT 100 MILLIONER ÅR SIDEN - *TRICERATOPS* (8 m lang) ANGRIBES AF *TYRANNOSAURUS* (13 m lang). EN SJÆLDEN ELLER DAGLIGDAGS BEGIVENHED? NYERE UNDERSØGELSER ANTyder, AT ROVDINOSAURERNE KAN HAVE VÆRET VARMBLODEDE OG DERFOR HAFT STORT KØDFORBRUG FOR AT HOLDE LEGEMSTEMPERATUREN OPPE. KOLMÅRDSMARMOR, EN KENDT BYGNINGSSTEN, OMTALES SAMMEN MED DEN GEOLOGISKE BAGGRUND FOR OMDANNELSEN AF KALKSTEN TIL MARMOR. OG VI SER PÅ VULKANUDBRUD SAMT DEN FORTIDIGE VULKANISME I SVERIGE.

POPULÆRE GEOLOGISKE AKTIVITETER - EN INDBYDELSE

Som noget nyt indbyder geologer ved Københavns Universitet til aktiviteter af mange slags. Ligesom ved "Åbent Hus" i efteråret 1979 kan man her besøge geologiens værksteder - et ad gangen. Et detaljeret program kan fås på Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, København K.

Lørdag d. 8. marts	kl. 13.15	Bjergarter i mikroskop
Lørdag d. 22. marts	kl. 13.15	Geologi tolket fra luftbilleder
Lørdag d. 12. april	kl. 13.15	Kubiske krystaller
Lørdag d. 26. april	kl. 10.00	Vandretur: Bygningssten og geologi i København. Mødested oplyses ved tilmeldning.
Lørdag d. 10. maj	kl. 13.15	Palæontologisk beskrivelse af forsteninger (fugle).
Lørdag d. 31. maj	kl. 10.00	Ekskursion til sjællandske grusgrave og/eller kystklinter. Mødested oplyses ved tilmelding.
Lørdag d. 14. juni	kl. 13.15	Bestemmelse af mineraler med blæserør og simpel kemi.
Lørdag d. 28. juni	kl. 13.15	Hvordan studerer man geologi? (geologistudiet ved Københavns Universitet).

Vi mødes indenfor indgangen til Geologisk Museum bortset fra 26. april og 31. maj. Deltagerantallet er begrænset. Tilmelding kan finde sted hos undertegnede tidligst 2 uger før mødedagen på tlf. 01-13 50 01.

Niels Hald

Harry Micheelsen

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 01-11 22 32.

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

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 38 kr. i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

Alle Henvendelser vedrørende adresseforandring og fejl ved bladets levering bedes rettet til postvæsenet.

© 1980 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

vulkansk materiale indgår. Disse dannelser er i nogen grad omkrystalliseret til åregnejser og indeholder forskelligartede "pletter" med mineralerne cordierit vekslende med andalusit, undertiden også sillimanit.

Disse aluminiumrige mineraler er almindelige i områdets gnejser. De er ikke af speciel samlerinteresse, og det kræver en god del træning at kunne bestemme dem. Mineralerne har først og fremmest betydning ved at kunne bruges som et groft termometer for de omdannelsesprocesser, der har påvirket området. Det kan derved slås fast, at de rådende temperaturer under den førnævnte foldning og noget senere har været meget høje. Formentlig har den skete omdannelse også indebåret en delvis opsmeltning af den ældre bjerggrund.

Hovedsagelig i det vulkanske miljø forekommer gråsorte amfibolitiske bjergarter i form af lag eller skærende gange. Flertallet af disse bjergarter er oprindelig i forbindelse med vulkansk aktivitet som smeltetmasse trængt ind i eller gennem overfladelagene. Ved de senere omdannelser fik vulkanitterne et nyt mineralindhold og domineres nu af hornblende (som tilhører mineralgruppen amfiboler) og plagioklas (en slags feldspat). Lignende bjergarter rige på hornblende er også skabt gennem omdannelse af kalkrige overfladebjergarter - disse har dog en begrænset udbredelse og en noget anderledes karakter. Sammen med amfibolitterne finder man mange steder mindre forekomster af jernmalme. Ved Koppårbo i den østlige udkant af kortet har også været en mindre kobbergrube i amfibolitten. De omtalte pletstrukturer kan blandt andet ses ved restauranten og abehuset i dyreparken.

Den kraftige foldning har medført, at en del lag nu er vendt på hovedet i forhold til den oprindelige orientering. Man ser for eksempel, at de samme bjergarter (sedimenter) i vest findes underst i strukturen og i øst øverst. Den almindelige tolkning er, at de i vest indtager den oprindelige position, mens de mod øst er vendt på hovedet. Helt entydige beviser for denne tolkning har man dog ikke fundet.

En stor del af det med lilla angivne område består af en temmelig ren, hvid krystallinsk kalksten. I underordnet mængde indgår mineraler som kvarts, diopsid og flogopit. Diopsid er et varierende grønfarvet kalcium-magnesium silikat (kalcium og magnesium kommer fra kalkstenen). Rent hvide korn af dette mineral forekommer dog både i kalksten og i selve marmorhorisonten. På grund af hårdheden har diopsiden voldt besvær ved udsavning af marmorpladerne. Små brune skæl, som ses her og der i marmoren, består af det magnesiumrige glimmermineral flogopit. I kalkstenen forekommer også tynde lag af feldspatrige finkornede bjergarter, som formodes at have været vulkansk aske. Sandsynligvis var der vulkanudbrud samtidig med kalkaflejringen.

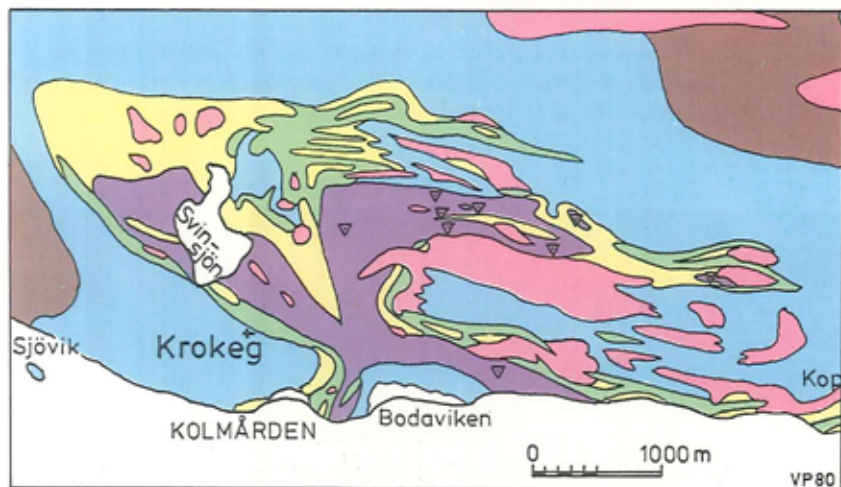
Men det er frem for alt den smukt grønfarvede, serpentinholdige kalksten, som man forbinder med begrebet Kolmårdsmarmor. Den optræder i bænke på indtil flere meters tykkelse i den hvide kalksten. Disse er ikke specielt markeret på kortet, men deres udbredelse fremgår til en vis grad af de talrige stenbrudsmar-

Kolmårdsarmor

av Anders Wikström

Kalkstenen i Kolmårdsområdet nordöst för Norrköping i Östergötland har länge været udnyttet. En døbefont fra 1100-tallet i Östre Eneby kirke nær Norrköping er formodentlig fremstillet af bjergarten fra dette område. Ligeledes omtaler Olaus Magnus i *De Nordiske Folks Historie* (*Historia de Gentibus Septentrionalis*) fra 1555 anvendelsen af marmoren som bygningssten.

Kortet viser udbredelsen af det vigtigste kalkstensområde, beliggende mellem byen Krokeg og Kolmårdens dyrepark. Bjergarterne er her kraftigt foldede og deformerede. Det mønster man ser på kortet kan måske sammenlignes med et antal gentagne, hesteskoformede figurer med åbningen vendt mod øst. Den sammenskrumpning af bjergarterne, som vi nu kan se virkningerne af, fandt sted på betydelig dybde i jordskorpen og skete for mellem 1800 og 1900 millioner år siden.



Figur 1. Undergrundskort over en del af Kolmårdsområdet. Gul farve angiver vulkanske bjergarter og lyseblå farve viser sedimentære bjergarter. Kalksten er vist med lilla og amfibolit med grønt. Brun farve betegner ældre deformerede graniter mens rød farve er yngre graniter og pegmatitter.

Som det også fremgår af kortet, karakteriseres kalkstenens omgivelser af en rigdom af forskellige bjergarter. Indramningen udgøres dels af ældre graniter, som har deltaget i hovedfoldefasen, dels af yngre, som mere passivt har tilpasset sig til strukturerne. I kalkens umiddelbare nærhed forekommer dels bjergarter af vulkansk oprindelse, dels sedimentære dannelser, i hvilke en del

anmeldelse



Professor Arne Noe-Nygaard har tilbragt et langt professionelt liv med vulkaner og vulkanske bjergarter, og har nu skrevet en bog om vulkaner - en værdig afløser til Ussing's mere end 70 år gamle bog om vulkaner og jordskælv. Forfatteren har nok sigtet på ungdommen; men bogen må have umiddelbar interesse for alle, som holder af geologi.

Vulkaner er flere ting - dels markante landskabsformer og dels de bjergarter, som skaber selve vulkanbygningen. Bjergarterne er udtryksformer for den kemiske sammensætning af den oprindelige smeltetmasse - magmaet, og denne sammensætning indvirker i høj grad på udbrudsformerne og de resulterende vulkanbygninger. Det er derfor naturligt at bringe et kapitel om magmaet og de mineraler, der ved størkning danner de vulkanske bjergarter. Forskellige magmatyper omtales med hensyn til kemi, mineraler, temperatur og flydeegenskaber. Dermed er forudsætningerne givet for en gennemgang af de vulkanske udbrudsprodukter: gasser, aske, bomber og lava - og her som overalt i bogen tages egnede eksempler frem fra alle egnene af Jorden. Endelig beskrives de forskellige vulkantyper samt havbundens vulkanisme. Se iøvrigt Lundegårdh's artikel i dette nummer.

Det sidste egentlige kapitel på godt 50 sider rummer beretninger om berygtede udbrud i nyeste tid - eksempler: Island 1783, Kilauea på Hawaii 1789, Surtsey 1960'erne, Somma-Vesuv 1079, Krakatoa 1883 og Mt. Pelee 1902. Det må friste enhver læser at begynde med at smuglæse dette kapitel, hvor de enkelte udbrud er journalistisk dækket fra minut til minut, fra dag til dag.

Sammenfattende vil anmelderen fremhæve, at det er dejligt at se en gennemillustreret bog, der er "født" i Danmark, og som ikke bare er en oversat staffage udenom farvebilleder med stor international spredning. Her ses i stedet hidtil upublicerede farvefotos, hvoraf mange er taget af forfatteren.

Det må være fremgået, at anmelderen er glad for bogen. Jeg savner et par udvalgte litteraturhenvisninger (gerne udenlandske) efter de enkelte kapitler. Endelig kunne man have ønsket sig en omtale af de vulkanske manifestationer gennem Danmarks geologiske udviklingshistorie. De mange dybe borer i den danske undergrund har afsløret vulkanisme til forskellig tid; men i bogen er kun de ældre Tertiære vulkanske askelag i Limfjordsområdet strejft.

For den lærer som vil overveje at bruge bogen til undervisning skal anføres, at den har et lixtal på 51.

Valdemar Poulsen

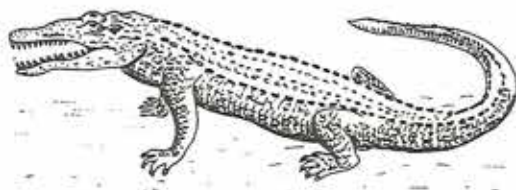
Arne Noe-Nygaard: *Vulkaner*. 168 sider. Gyldendal. Pris 110 kr.

Varmblodede Dinosaurer ?

af Niels Bonde

Et af de hedest debatterede spørgsmål i 1970erne blandt palæontologer og andre med interesse for fortidens dyreliv har været de populære dinosaurers (kæmpeøgler) livsførelse: deres fysiologi, økologi, opførsel, samt totale dominans på landjorden i størstedelen af Jordens Middelalder (Mesozoikum).

Dinosaurer hører til i en naturlig slægtskabsgruppe kaldet Archosauria; denne gruppe omfatter også krokodiller, flyveøgler, fuglene og nogle primitive former, som betegnes Thecodontia. Nogle af disse primitive former regnes i almindelighed for at være stamformer (forfædre) for resten af archosaurerne. Se figur 1.



Figur 1. Thecodont fra Nordamerika - "Trias-tidens svar på krokodillerne". Bemærk næseåbningerne som sad langt tilbage på et par forhøjninger lige foran øjnene.

Flere grupper af dinosaurer samt krokodillerne og visse krokodille-lignende thecodonter bredte sig eksplosivt efter midten af Trias-tiden og også de første flyveøgler kom til. Samtidig var der en drastisk nedgang i antallet af pattedyrenes umiddelbare forfædre, Therapsida, som ellers havde domineret landfaunaerne i Perm og tidlig Trias-tid.

Dette kunne tyde på, at archosaurerne, især dinosaurerne, havde held til at udkonkurrere therapsiderne, hvoraf visse levede i ferskvand på flodhestemaner, og næsten helt erstattede dem på landjorden. De sidste therapsider er små former, og de egentlige pattedyr, som alligevel udvikledes i resten af Jordens Middelalder, nemlig Jura- og Kridt-tiden, er kun fåtallige muse- til rottestore dyr. De er meget sjældne fossilfund, så det meste af Mesozoikum er totalt domineret af landjorden af dinosaurer. Hvad kan forklaringen være ?

Vi er indpodet med en lærdom om, at varmblodede, aktive og mere "intelligente" pattedyr er langt mere "avancerede" og succesfulde end vekselvarme ("koldblodede"), sløve og dumme krybdyr, blandt hvilke dinosaurer ofte regnes for særligt dumme med deres utroligt små hjerner i forhold til kropsvægt.



Figur 6. Lagunebunden ved Bahamas. Havgræs og små grønne alger vokser op fra det mudrede kalksediment. De små pudestrukturer i baggrunden er udgangene fra store grave gange nede i bundslammet. Forf. fot.



Figur 7. Et pletrev, som hæver sig 4 meter over lagunebunden. Rødehavet. Forf. fot.

Læsiden

Umiddelbart bag revkammen ind mod lagunen er alt stille - her er varme, lys og god vandcirkulation på grund af vand, som vasker ind over revet. Læsiden bliver dermed til et favoritmiljø, som huser en meget rig og varieret fauna og plantevækst, og her foregår mellem alle organismer en stadig magtkamp for at få plads - se figur 5.



Figur 5. Rig, blandet koralfauna på læsiden umiddelbart bag revkammen, Bahamas. Forf. fot.

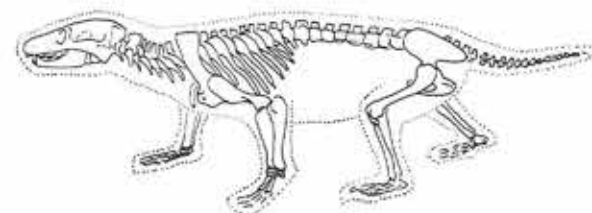
Lagunen

Længere ind mod land er vandbevægelsen aftagende, og efter stormvejr aflejres alle de ophvirvlede kalkpartikler, som altovervejende er nedbrydningsprodukter fra revbygningen (dog med et varierende tilskud af slam fra land), og skaber dermed lagunens karakteristiske udstrakte bløde bund - figur 6.

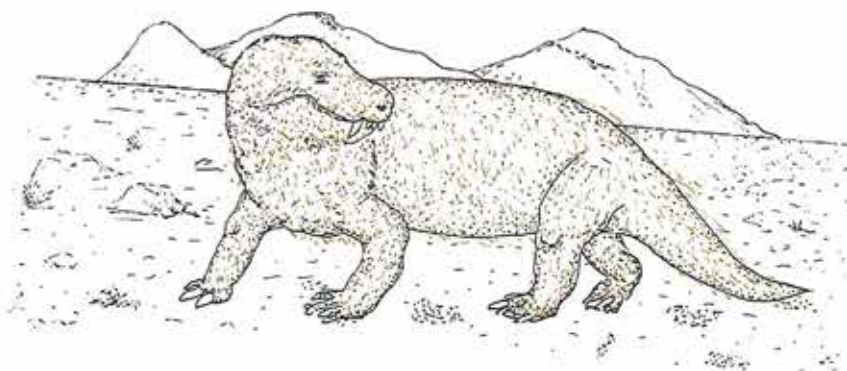
Sopølses og gravende rejer roder til stadighed bunden op, så kun få koraller kan vinde fodfæste. Havgræs kan her danne undervandsenge med en vrimmel af spraglede snegle og fisk.

Da lagunen udgør et stort areal, vil der ofte være små områder, hvor korallerne trods alt har kunnet holde ved og danne små "pletrev", der vokser op som isolerede strukturer med bæger-, kasse- eller kegleform - se figur 7. I meget brede laguner vil antallet af konkurrerende arter på de små pletrev være temmelig begrænset, da afstanden ud til det åbne ocean forhindrer en effektiv vandfornyelse og dermed tilførsel af fødestoffer og salte. Dertil kommer, at fordampning eller voldsom nedbør kan påvirke saltholdigheden, der kan svinge ud over grænser som kan tolereres af mange marine organismer. En faunaanalyse her kan derfor fortælle meget om submiljøet i lagunen.

Pattedyrenes aner, de mest avancerede therapsider, fremstilles som meget pattedyrlignende: aktive med "pattedyr-lemmestilling" (inde under kroppen, ikke ud til siden som f.eks. hos krokodiller og firben), pattedyragtigt tandskifte (hvilket nogle palæontologer mener kan være tilpasning til diegivning), benet ekstra ganeloft og specialiserede, flerspidsede eller knudrede kindtænder (letter langvarig behandling af føden i munden), stor næsehule med næsemuslinger (antyder veludviklet lugtesans og forvarmning af indåndingsluft), samt sandsynligvis med beklædning af hår (små gruber i snudens knogler viser, at der har været knurhår). Alt dette tyder på aktivitet og højt stofskifte, som holder temperaturen oppe over omgivelsernes og på et ret konstant niveau, altså varmbloedighed af den type, der kaldes endoterm (= indre varme), og som er karakteristisk for fugle og pattedyr i dag. Isolering i form af hår (fjer eller tykt fedtlag er andre muligheder) må ses som en tilpasning til at holde på varmen, hvilket især er en fordel i tempereret og koldt klima. Se figur 2 og 3.



Figur 2. Thrinaxodon, en pattedyrlignende therapsid fra Trias i Sydafrika. Placeringen af lemmerne er mere pattedyragtig end hos nutidige krybdyr, som har lemmerne stikkende ud til siden og ofte har bugen slæbende mod jorden.



Figur 3. Den avancerede therapsid Cynognathus ("den hundekæbede") fra Trias-tid. Den er nært beslægtet med nutidens pattedyr, og er her rekonstrueret med pels.

Hvordan kunne så veltilpassede (vel-adaptede) landdyr blive udkonkurreret til næsten udryddelse af tidlige dinosaurer fra Trias, hvis disse var sløve, vekselvarme dyr, hvis aktivitet var stærkt afhængig af omgivelsernes temperatur og svingede med denne?

Klimaforholdene i Trias-tiden

Lad os først se hvordan Jorden så ud i Trias-tid, da "kampen" fandt sted - hvor nødvendig og fordelagtig var egentlig varmblodethed dengang?

Det store "superkontinent" Pangæa lå som et V ret pænt symmetrisk omkring ækvator og havde relativt ensartet og høj temperatur over store områder, men med mere markant opdeling hvad nedbøren angår - således var store dele af Jorden ret tørre og ørkenagtige, så typiske rødlig, sandede aflejringer dannedes. Der fandtes ingen særlig høje bjergkæder, og klimabelter, som vi kender i dag, blandt andet eksisterede store temperaturforskelle ikke i Mesozoikum (Trias-Jura-Kridt). Se figur 4.



• Kridt = Trias
○ Jura × Perm

Figur 4. De sammenhængende verdensdele - Pangæa - ved overgangen mellem Perm og Trias, inden kontinentdrift for alvor satte ind. Kortsymbolerne viser berømte lokaliteter med krybdyrfund.

I den forudgående Perm-tid lå hele Pangæa ca. 30° sydligere, i tidlig Perm så tydeligt, at en større istids gletchere bredte sig over store dele af sydkontinentet, Gondwanaland, i dag omfattende Sydamerika, Afrika, Indien, Australien og Antarktis. Der var da højere relief på bjergene efter nyligt overståede kraftige foldninger ved sammenstødet mellem de kontinentplader, som dannede det samlede Pangæa. I det hele taget var klimaforholdene meget mere forskelligartede og med en skarpere nord-syd zonerings fra tropiske egne ved palæoækvator til det nedlavede polarområde.

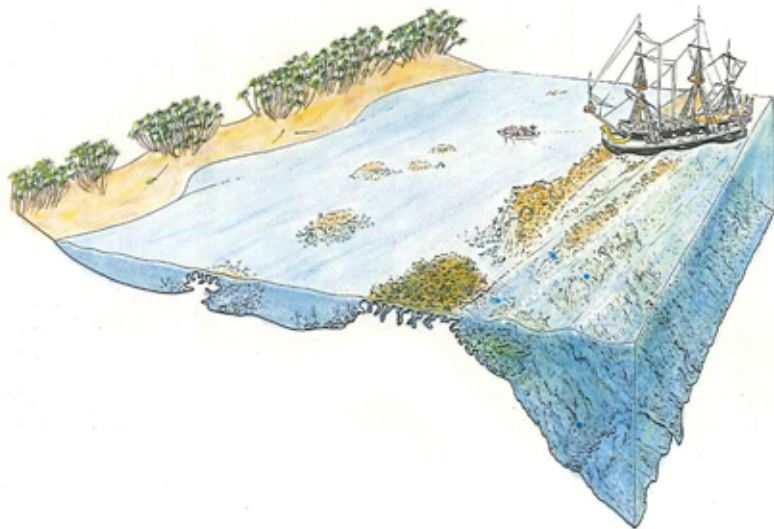
Under og lige efter sådanne forhold i Perm-tiden havde therapsiderne udviklet deres måske ikke helt fuldkomne varmeregulation, var altså blevet mere eller mindre endoterme og ret pattedyrlignende.



Figur 3. Udsnit af en revfront-skråning i 2 m dybde ved Bahama. Her ses små gule skorpedannende koraller og bøjelige koraller i form af Venusvifter (gule og blålige) og en gråsort piskesnertlignende form. Forf. fot.



Figur 4. Undervandsbillede fra selve revtoppen af barriererevet ved Andros (Bahamas). Her ved lavvande på en stille dag er vanddybden kun 30 cm! Kun en koralart trives her - "elsdyrtakkorallen". De gule eksemplarer er levende kolonier, som vokser ud fra døde kolonier (grålige). Forf. fot.



Figur 2. Skematisk oversigt visende de vigtigste zoner eller submiljøer inden for det store koralrevsmiljø. Til højre rejser revfronten sig stejlt op mod revtoppen, hvor skibet er gået på grund. Inden for revtoppen falder læsiden mere eller mindre jævnt ned mod den plane lagunebund, hvorfra spredte pletrev rejser sig - se iverigt teksten.

te alger i koraldyrenes væv. Korallernes trivsel hænger helt sammen med de symbiotiske algers trivsel, og da algernes trivsel og stofskifte igen afhænger af sollyset, bliver korallernes udbredelse ned ad frontskræningen begrænset af den dybde, hvortil sollyset kan trænge ned.

Men opefter, i brændingszonen lige uden for revet, er bølgeenergien fra ocean-dønningerne en kolossal magtfaktor, som begrænser korallernes vækstmuligheder her.

Det er derfor kun naturligt, at revfaunaen i denne zone må udvise en ganske særlig tilpasning - således er revfronten ofte domineret af velforankrede, bøjelige kolonier som Venusvifter og piskesnertformede octokoraller, der kan svaje i overensstemmelse med vandbevægelserne - figur 3.

Revtoppen

Koraller, der kan modstå kraftig turbulens og hurtigt kan vokse for at udbedre stormskader, huserer på selve revtoppen eller -kammen. Her er masser af sollys, ilt og føde på grund af en maksimal vandcirkulation og lavt vand. På den anden side begrænser det brutale miljø faunaen til et fåtal, højt specialiserede former - figur 4.

Dinosaurernes gruppe, Archosauria, hvortil også krokodiller, fugle og flyveøgler hører, var dengang måske endnu ikke opstået ved udspaltning fra sine nærmeste slægtninge (firben/slange gruppen); den tidligste archosaur kendes først fra slutningen af Perm-tiden. Se figur 5.

I den efterfølgende Trias-tid med jævnt varmt klima var der måske ikke nær så stor fordel ved før-pattedyrenes endotermi - det er jo meget energikrævende at holde en ensartet høj temperatur, og da energien fås fra føden, kunne fødemængden måske være et problem, især i plantefattige, tyndt beboede og tørre områder. Sådanne steder kan et langsomt stofskifte være en fordel, fordi det kræver mindre mad og aktivitetsniveauet kan holdes tilpas højt gennem opvarmning ved solbading.

En vekselvarm krybdyrfysiologi kan altså have været mere økonomisk, og derfor haft en bedre tilpasning end de pattedyrlignende specialiseringer på store dele af Pangæa i Trias.

At vekselvarme dinosaurer af denne grund skulle have haft mere succes end therapsiderne overbeviser dog næppe flertallet af palæobiologerne, dertil er "troen" på pattedyrfysiologiens generelle overlegenhed nok for rodfæstet. Det omstridte debatspørgsmål har i 70'erne i stedet været, om ikke også dinosaurerne var varmblodede.

Varmblodede dinosaurer ?

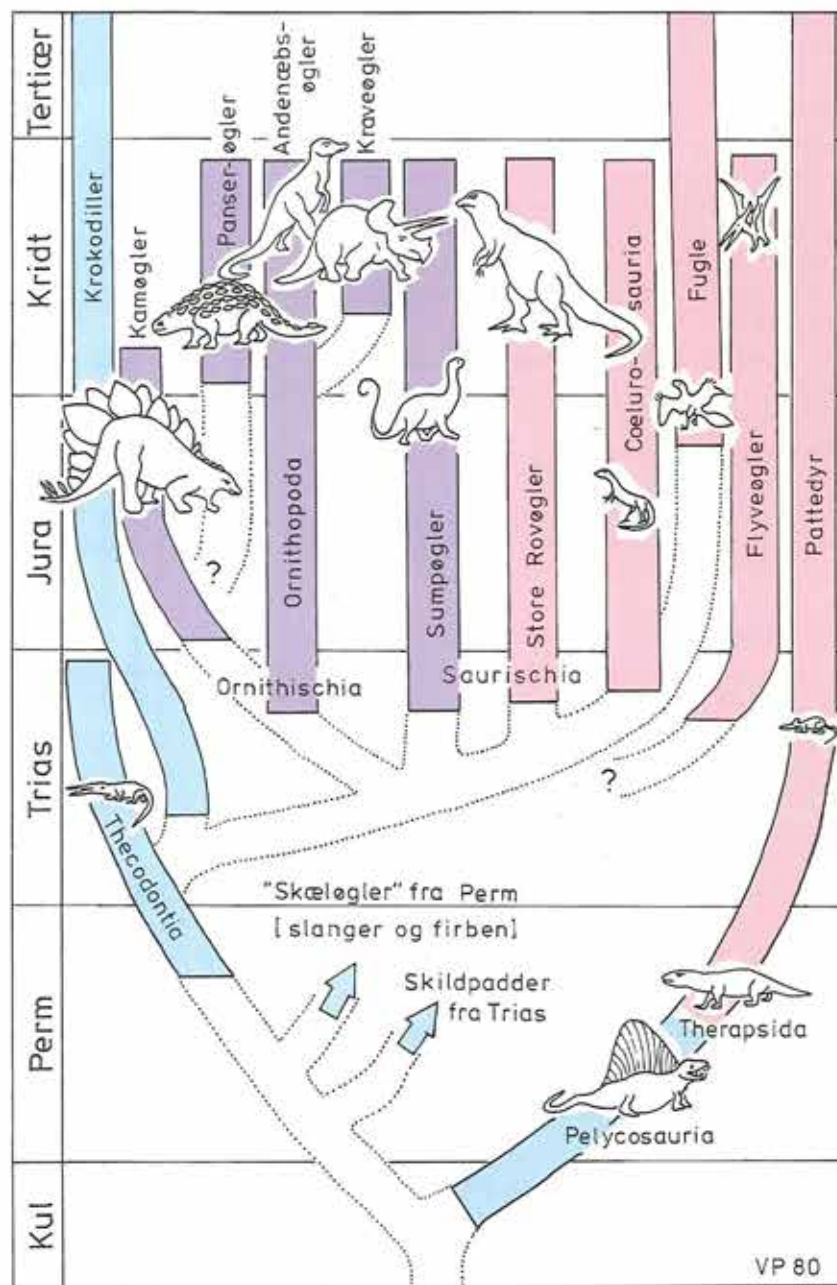
Noget sådant har visse dinosaurspecialister forsøgt at begrunde med argumenter, som tildels er ret utraditionelle, og som ikke har undgået hård kritik.

Et direkte argument har været knoglernes mikroskopiske struktur, idet knoglerne hos de fleste fugle og pattedyr (altså endotermer) er meget rigt forsynet med blodkar, mens der er meget færre kar i vekselvarme dyrs knogler (f.eks. hos nutidens padder og krybdyr, inkl. krokodiller).

Det har vist sig, at både therapsider og dinosaurer og endda visse af thecodonterne har knogler rigt forsynet med blodkar, så derfra sluttede man sig til endotermin. Det kan dog også tænkes, at rig blodkarforsyning har at gøre med hurtig vækst, snarere end at den hænger direkte sammen med temperaturen. Se figur 6.

Man har derfor også fremført nogle mere indirekte argumenter, som angår dinosaurernes ernæringsfysiologi og økologiske samspil - det vil sige forhold, som kun med usikkerhed kan lade sig eftervise på fossilt materiale ved sammenligninger med nutidens dyreverden.

Som nævnt ovenfor forbruges der megen energi for at være endoterm, hvilket medfører, at i en fauna kan en bestemt mængde varmblodede rovdyr (målt som vægt eller "bio-masse") kun opretholde livet, hvis der er en stor biomasse af byttedyr til stede. F.eks. er der i en moderne savannefauna 20-30 gange større biomasse af planteædere (gauer, zebraer, antiloper etc.) end af rovdyr (løver,



Figur 1. Massivt rev omgivet af lagdelt søliljekalksten ("Hoburgsmarmor"). Silurid, Hoburg, sydlige Gotland. Sven Laufeld foto.

Besøger specialisten for eksempel Gotland i dag, vil han vide, hvilke vidnesbyrd han skal lede efter, og hvor sådanne vidnesbyrd efter al sandsynlighed skal findes.

Studiet af fortidsrev er ikke bare et dejligt "hobbyfelt" for visse palæontologer, men har en helt afgørende økonomisk betydning. Det har været kendt i godt 20 år, at betydelige olieforekomster kan være koncentreret i revstrukturer og de tilknyttede aflejringer, og efter denne opdagelse skete en stor opblomstring i udforskningen af nutidige rev for bedre at forstå de fortidige. Til alt held er opblomstringen faldet sammen med en markant forbedring af fremandsudrustningen og undervandskameraer.

Tropiske feltstationer er skudt op mange steder, hvor geologer fra hele verden samles under palmerne eller på deres udforskningsskibe for senere at dykke ned i det indbydende blå vand, overlæsset med videnskabelige instrumenter.

Det nutidige rev

Her vil vi se på det moderne rev som grundlag for senere artiklers tolkning af nogle fortidige revmiljøer. I detaljen kan der være stor forskel fra rev til rev, men alligevel er der en fælles grundplan, og de bedst udviklede rev kan opdeles i en række zoner efter submiljøer - se figur 2.

Revfronten

Revfronten ud mod oceanet er en skråning, som kan være meget stejl. Korallerne på fronten lever som andre revbyggende koraller i symbiose med bestemte

Rev - et stykke nutidsgeologi

af Richard Bromley

Synet af koralrev afføder en kæde af forskellige tanker. I vort indre repræsenterer koralrevene alt fra de største ulykker til drømmen om den fredelige paradiso. Lumske og lige akkurat havdækkede ligger revene rundt om fristende oeanøer og tropiske havne, og har alle dage været en fare for skibene med de trætte og vindblæste søfolk. Desuden synes revene at være koncentreret i områder med et ustabil klima, og hvor årstidsbetingede foruden helt tilfældige storme eller orkaner kan destruere alt menneskeskabt - samtidig med at det naturlige revmiljø kan blive ændret drastisk på en dag.

På den anden side findes koralrev kun i de varme have, hvor de beskytter laguner, der i dag hører til de mest yndede feriesteder - med magiske navne som Hawaii, Fiji, Aldabra.

Koralrev er opbygget af forskellige kolonidannede organismer, som udskiller et massivt kalkskelet, og når de forskellige organismers skeletter breder sig ind over hinanden, bliver resultatet en sammenhængende, meget stærk og ueftergivelig struktur af kalksten.

Organismerne vokser under de gunstige betingelser meget hurtigt, og dermed kan opbygningen af revstrukturen holde takt med den samtidige, konstante nedbrydning af kalkstenen - dels forårsaget af bølgeslaget, og dels af mange forskellige borende, gnavende og ætsende organismer. Det vil sige, at revstrukturen kan bevare sin grundform, mens nedbrydningsprodukterne samtidig leverer materiale til specielle aflejringer som det farvede koralsand, der omgiver de tropiske øer og dækker bunden af lagunerne.

Det er let at forstå, at den modstandsdygtige revstruktur må være fremragende egnet til at blive bevaret i fossil tilstand, og forstenede revstrukturer kendes reelt fra alle geologiske perioder. Går man tilbage i tiden, vil man blot finde, at det kan være andre, nu uddøde organismer, som er hovedbygherrer i strukturerne.

VARV vil i en senere artikel søge at overføre vor viden om nutidsrev til fortidens rev - men det kan ialtfald straks afsløres, at Gotland i Silurtiden for mere end 400 millioner år siden var et favoritsted for revdannelse, og her findes meget smukke blotninger af massiv revkalksten flankeret af lagdelte laguneaflejringer - se figur 1.

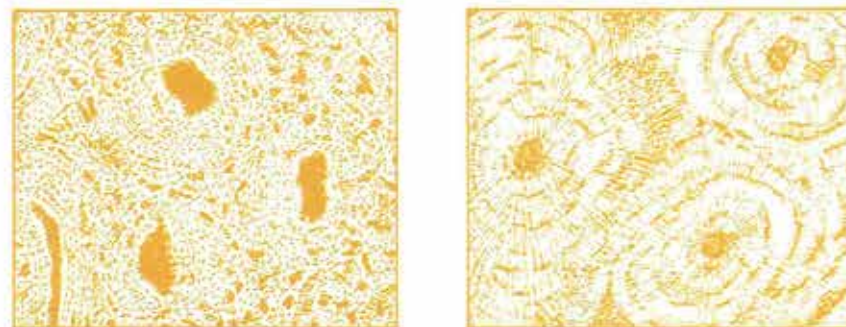
Skal man forsøge sig med detaljerede tolkninger af fortidige revmiljøer, må man selvklaart først forstå alle processer i nutidens rev. Her kan man studere samtlige organismer og deres indbyrdes relationer, og man kan følge de forskellige uorganiske processer, måle tilvækst i aflejringerne og så videre - med den viden kan man endelig gå tilbage i tiden.

Figur 5. Hovedforgreninger i krybdyrenes stamtræ. Det ses, at dinosaurer som sumpøgler, store rovøgler og coelurosaurer sandsynligvis er nærmere beslegtede med fuglene end med Ornithischia-gruppen blandt dinosaurerne. Blå farve viser en formodet vekselvarme som hos nutidige krybdyr. Rød farve angiver den stofskiftebetingede varmblodethed (endotermi) karakteristisk for fugle og pattedyr. Lilla farve viser grupper, som kan have været varmblodede gennem stofskiftet - eller har haft en høj legemstemperatur betinget af stor størrelse og varmt klima.

geparder, leoparder, hyæner). I et sådant miljø i balance udgør rovdyrenes biomasse altså kun 3-5 % af byttedyrenes biomasse - et lignende forhold synes i øvrigt afspejlet i Tertiær-tidens rige pattedyrfaunaer.

I en fauna med vekselvarme rovdyr kan deres biomasse i forhold til byttedyrenes, uanset disses temperaturforhold, være op mod 40-60 %, fordi de vekselvarme rovdyr kræver meget mindre energitilførsel. Som eksempel kan nævnes de store komodoaraner, der lever af svin og småhjørter.

Dette viser, at der er en størrelsesorden (ca. 10 ganges) forskel på forholdene mellem endoterme og vekselvarme rovdyr. Den absolutte kropsstørrelse af rovdyrene spiller ikke nogen rolle for argumentet, f.eks. kan insekter som byttedyr opretholde en biomasse af edderkopper også på omkring 40 %.



Figur 6. Stærkt forstørrede tværsnit af knogler fra dinosaurer (til venstre) og pattedyr (til højre).

Forholdet rovdyr/byttedyr i fossile faunaer

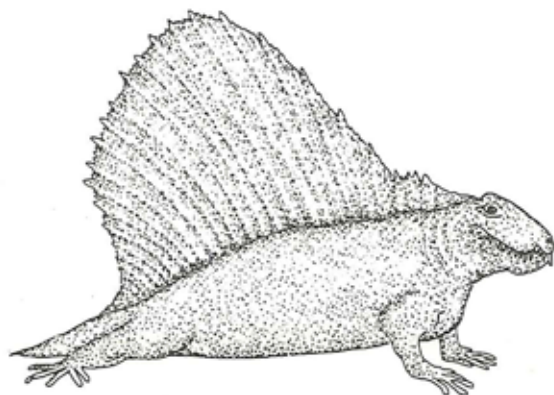
Da erfaringen viser, at store rovdyr i almindelighed lever af ret store byttedyr, og små rovdyr tager små bytter, så skulle det kunne lade sig gøre at få et indblik i den økologiske struktur i en fossil fauna, hvis man ud fra knoglefundene kan opgøre biomasseforholdet mellem store rov- og byttedyr eller mellem små rovdyr og byttedyr. Statistisk set har knogler af nogenlunde lige store dyr samme muligheder for at blive bevaret som fossiler - og senere blive fundet.

Rent praktisk opgør man antallet af fundne individer af rov- og byttedyr af passende kropsstørrelse i en fossilsamling fra et bestemt fundsted eller en bestemt geologisk formation over et lidt større område. Optællingen er dog ikke uden problemer: hvis man vil have et rimeligt statistisk materiale, må man vælge at tælle ret robuste og bestembare knogler, og for at være sikker på ikke at tælle det samme individ mere end en gang, må man i visse tilfælde nøjes med at opgøre f.eks. antallet af højre lærbensknogler fra et fundsted. Fra disse tal må palæontologen med sin anatomiske viden så give et skøn over biomasse af rov- og byttedyr.

Trods usikkerhederne er det nok meget sjældent, at tilfældige bevaringsforhold og fundomstændigheder vil resultere i et rovdyr/byttedyr forhold, som er forkert med en faktor 10 (for stort eller for lille), sammenlignet med forholdet, da dyrene levede. Med fund fra mange velundersøgte og righoldige lokaliteter igennem hele Mesozoikum bliver billedet næppe særlig utroværdigt.

En fejkilde kunne være store forskelle i gennemsnitlig livslængde for rov- og byttedyr, idet langlevende dyr giver færre lig per tidsenhed og dermed også leverer færre knogler at "fossilisere". Men der er ingen grund til at tro, at rovdyrene har været specielt langlevende - man kan tværtom formode, at visse af de langt større planteædere, som sumpøglerne (sauropoderne) må være blevet særligt gamle, måske over 100 år, for at nå så enorm størrelse.

Det viser sig, at i alle de optalte dinosaurfaunaer er rovdyr og byttedyr forholdet mindre end 5 %, rovdyrene har altså været enormt byttekrævende og derfor sandsynligvis endoterme.



Figur 7. Finneøglen Dimetrodon fra tidlig Perm-tid var 3-4 m lang og er toppen på fødepyramiden i faunaer med vekselvarm fysiologi. Måske er det store hudsejl mellem ryghvirvlernes torntappe et tidligt forsøg på temperaturregulering ved solopvarmning (homoioterm varmbloedethed).

med vulkanismen og marginale virkninger af yngre foldninger i tilgrænsende områder, bl.a. i den skandinaviske fjeldkæde, der dannedes ved overgangen mellem Silur og Devontid. Dala-Härdalsporfyrerne udgør i lighed med Smålandsporfyrerne randdannelser på et svekofennisk kontinent, som blandt andet omfattede det, der nu er Bergslagen, Mälardalen og tilgrænsende dele af Mellemssverige. I vest og sydvest grænsede denne gamle kontinentblok op til den sydvestsvenske pladeenhed, som nu væsentligst består af mere eller mindre stærkt omdannede gnejsgraniter. I nær tilknytning til den tidligere nævnte vulkanisme er Småland- og Värmlandgraniternes magma trængt op langs vestgrænsen af den svekofenniske blok og ifølge geofysiske målinger endog trængt op under Värmlands gnejser og nået frem til Norge, hvor de kaldes for tricolorgranit. Navnet skyldes granitens blå kvarts og røde og hvide feldspatkorn.



Figur 4. Lodret opsprækket Prækambrisk lavalag (Glöteporfyr), Huedstupet, Härjedalen. Foto forfatteren 1966.

Den malmførende leptitformation i den svekofenniske blok er kraftigere forstyrret og omdannet end Dala-Härdalsporfyrerne og delvis omkrystalliseret til gnejser, undertiden endogså granitiske bjergarter. Men velbevarede vulkanske bjergarter findes også - tæt, finkornet helleflint hvor både lava- og tufstruktur kan ses. Leptitvulkanismen synes at have fundet sted for ca. 2000 millioner år siden. Den har frembragt lava- og askebjergarter af stærkt varierende sammensætning, selv om rhyoliter og daciter dominerede. Interessant er, at vulkanitterne forekommer sammen med kemisk udfældede malme og sedimenter (kalksten og dolomit) af et sådant omfang og udstrækning, at malmbrydning i lang tid har kunnet foregå i mange gruber. Leptitvulkanitterne veksler med og overlejres også af mægtige sedimentlag, oprindeligt skifre og urene sandsten. Denne lagfølge fremtræder specielt godt i omegnen af Grythyttan. Vulkanudbrud er da ikke alene katastrofeoverskrifter i aviserne, men kan resultere i mineralforekomster til glæde for menneskeheden - og som kan fortælle geologerne om begivenheder og processer i dybet.



Figur 3. Søjleopsprækket basalt, Juskushall i Skåne. Foto H. Wikman 1978.

Relativt unge, men af karakter omstridte vulkaner findes i søen Mien ved grænsen mellem Småland og Blekinge samt i Dellenøerne i Hälsingland. Bjergarten er her mere sur (mere kiselhydrerig) rhyolit i Mien til "halvsur" andesit i Dellen. Ingen af vulkanerne fremtræder længere i landskabet, men karakteristisk er, at begge ligger i søer, og at i det mindste begge Dellenøerne er dannet ved indstyrtninger. Sådanne chocklameller i kvartsen (SiO_2) og forekomst af højtryksmineralet coesit af samme sammensætning som kvarts tyder for Miens vedkommende på, at vulkanen i virkeligheden er et astroblem, det vil sige dannet ved at en stor meteorit er styrtet ned og har trykpåvirket bjerggrunden. I Dellenområdet er forholdene mere komplicerede. Her findes to kraterror og rigeligt med lava, som er blottet ved Syltvirken på Norrbonäset og på den lille ø Reveln i Södra Dellen. Men lavaens kemiske sammensætning er stort set identisk med den granodioritiske bjerggrund. Lavaen kan folgelig være opstået ved opsmeltning af sidestenen i forbindelse med et meteornedslag.

Af ældre vulkanske dannelser i Sverige kan først og fremmest nævnes de såkaldte subjotniske vulkaniter, til hvilke Dala-Härdalsporfyrener hører, og som i form af ledeblokke i danske istidsaflejringer kan fortælle om isens vandringsveje. Desuden kan nævnes den malmførende leptitformation. (Mange andre findes også - f.eks. Kirunaporfyrener og -grønstenene, Skellefteåfeltets vulkaniter, Åmåls- og Smålandsporfyrener).

Dala-Härdalsporfyrener er radiometrisk dateret til ca. 1650 millioner år. Trods hærkning og afglasning viser de forbavsende godt bevarede primære finstrukturer. De har heller ikke været udsat for forstyrrelser i større udstrækning end hvad der har været forårsaget af indstyrtninger af magmakamre i forbindelse

Tilsvarende optællinger på faunaer i Perm-Trias med therapsider som dominerende rovdyr giver 10-15 % rovdyr. Blandt deres forløbere i tidlig Perm-tid, nemlig i faunaer domineret af pelycosaure, med f.eks. *Dimetrodon* ("finneøgle") som største rovdyr, findes 40-50 % rovdyr i forhold til planteædere, altså tal typiske for vekselvarme rovdyr. Byttedyrenes temperaturforhold kan som nævnt ikke belyses på denne måde. Se figur 7.

Det kunne altså se ud som om pattedyrenes nærmeste forfædre, therapsiderne var mindre effektive endotermer end dinosaurerne. Dette angiver nogle palæobiologer som grunden til dinosaurernes dominans i Mesozoikum fra sen Trias-tid.

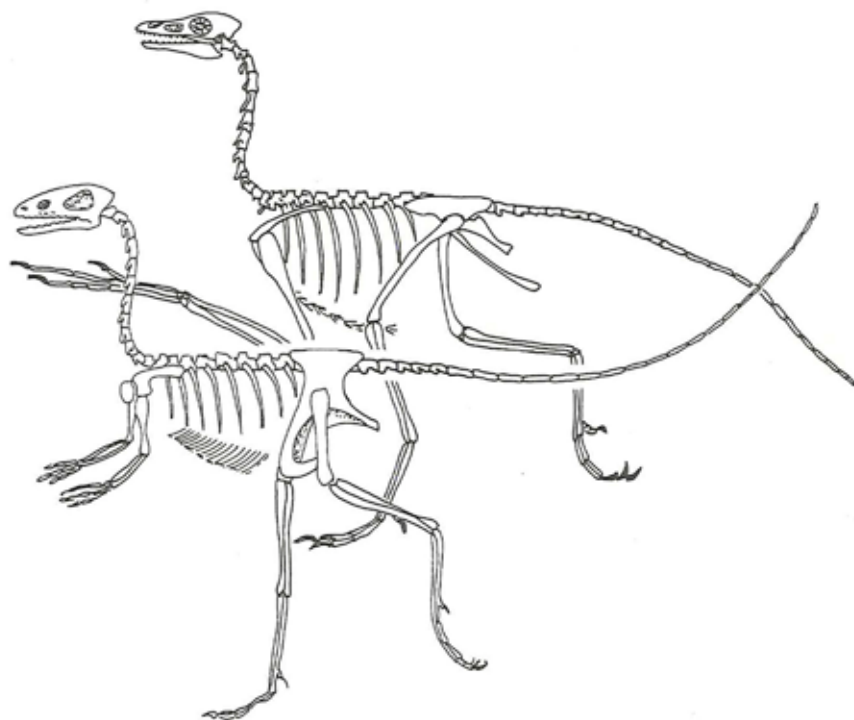
Dette utraditionelle billede af dinosaurer som højaktive, varmblodede dyr, mere konkurrencedygtige end therapside pattedyr, har naturligt nok vakt modstand, bl.a. på grund af de omtalte usikkerhedsfaktorer, og den igangværende debat har til tider været ret hed og personlig.

Fuglenes oprindelse

I diskussionen har også været anvendt ideer om fuglenes afstamning og dermed deres systematiske placering i forhold til dinosaurer. Der er ikke megen tvivl om, at dinosaurers nærmeste nulevende slægtninge er fuglene. Der er nogen uenighed om, præcis hvilken dinosaur-gruppe, der er allernærmest beslægtet med fuglene (altså er disses "søstergruppe"), men de fleste argumenter synes at pege på små rovdinosaurer, som kaldes Coelurosauria. De havde ret lang hals og lang hale, og de gik oprejst på bagbenene, som var meget fuglelignende, og de havde forlemmer, hvis skelet med reduceret fingerantal ser ud næsten fuldstændigt som hos øglefuglen *Archaeopteryx*, og om denne ved man, at den havde fjer, også langs med den lange hale, og veludviklede vinger (aftryk af fjerbeklædningen er kendt. Nogle hævder, at hvis fjeraftryk ikke var fundet, ville *Archaeopteryx* være blevet betragtet som en lille coelurosaur. Se figur 8 og 9.

Coelurosauria er altså nok hvad man traditionelt ville betragte som en slags stamgruppe for fuglene. Alle kendte coelurosaurer har dog lidt for specielle træk til at kunne være fuglenes direkte forfædre, så i en mere præcis sprogbrug kalder vi coelurosaurer og fugle for "søstergrupper", fordi vi regner dem for hinandens allernærmeste slægtninge, de har haft en fælles forfaderart, som ikke var stamform for nogen anden gruppe.

Ligesom fuglene kan coelurosaurer derfor have været varmblodede, eventuelt kan visse også have haft fjer eller fjerlignende skæl, der jo normalt ikke vil blive bevaret som fossil. Disse to karakteristika, endotermeri og fjer, kan tænkes at være udviklet hos fugles og coelurosaurers fælles forfædre før opsplitningen i de to grupper. De lidt fjernere slægtninge, som er de store rovdinosaurer, med *Tyrannosaurus* som den største, kan vi ved en tilsvarende følgeslutning også forestille os som endotermer. Se figur 10.

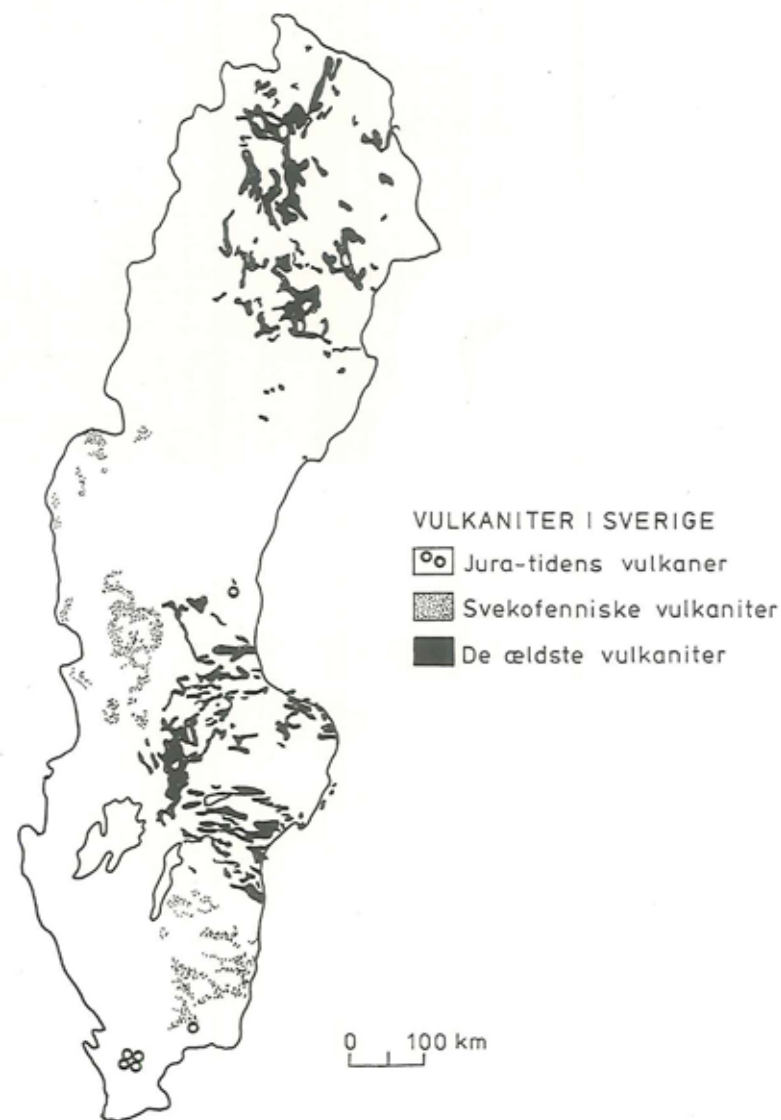


Figur 8. Den første fugl *Archaeopteryx* (øverst) må være udviklet fra en *coelurosaur* som den 30 cm lange *Compsognathus* (nederst). Der er små forskelle i bækkenet, og *Archaeopteryx* havde længere "forben" (vinger).

Jo fjernere slægtninge til fuglene vi diskuterer blandt dinosaur-gruppen, jo rimeligere er det at antage, at de pågældende grupper ikke var varmblodede, for vi ved, at inden for archosaurerne har fuglenes nærmeste nulevende slægtninge, krokodillerne, bevaret det oprindelige primitive træk, at være vekselvarme.

Planteæderne og dermed byttedyrene blandt dinosaurerne fordeles på to grupper, som er noget fjernere beslægtet med fuglene end rovøglerne er. Den ene gruppe er sauropoderne med de kolossale sumpøgler som *Brontosaurus*, *Diplodocus* og *Brachiosaurus*, af hvilke nyligt fundne slægtninge kan have vejiet op mod 100 ton (=15-20 store hanelefanter)! Se figur 11.

Den anden gruppe af byttedyr er Ornithischia (= dem med fugleagtigt bækken), med så forskellige former som kamøgler (*Stegosaurus*), panserøgler (*Ankylosaurus*) og næsehorns- eller kraveøgler (*Triceratops*, *Protoceratops*) samt den store gruppe Ornithopoda (betyder "fuglefødder", selv om baglemmerne ikke



Figur 2. Kort over vulkanske bjergarter i Sveriges bjerggrund.

langt alvorligere konsekvenser end dybhavsryggenes vulkanisme, hvor overvejende gasrige og letflydende basaltlavaer dannes, og udbruddene følgelig oftest foregår ret stilfærdigt.

Bedst kendt blandt vulkanudbruddene med tilknytning til kontinenterne er de ødelæggende udbrud fra Vesuv år 79 e.Kr., Krakatoa i 1883 og Mt. Pelee i 1902. Disse udbrud og mange, mange andre har dels været forårsaget af uregelmæssig tilførsel af magma, høje gasindhold i smelterne, og kemiske sammensætninger, som har vanskeliggjort eller umuliggjort stilfærdig vulkanisme. Således skete Vesuvs udbrud år 79 e.Kr. efter århundreders ro. Bebyggelsen var kommet nærmere og nærmere, og den næringsrige forvittrings jord havde skabt forudsætningerne for et udbytterigt landbrug. Udbruddet blev eksplosivt: enorme mængder af frigjort gas krævedes til at sprænge toppen af den oprindelige vulkan. Udbrudsproduktet bestod derfor af gasarter blandet med itusprængte bjergarter, som aflejedes i form af tykke askelag iblandet store sten og grus (vulkanske bobler og lapilli). De nærmeste byer, Herculaneum og Pompeji, begravdes helt i aske og er først udgravet i vor tid.

Krakatoa's udbrud 1883 foregik på samme eksplosive måde. Vulkanen, som er beliggende i Sunda Strædet, havde været udsukt i to hundrede år, men den 20. maj rejste der sig en askesøjle fra hovedkrateret til 11 km højde. Senere opstod yderligere 11 kratere, men det var ikke tilstrækkeligt til at aflaste trykket. Den 26. og 27. august skete katastrofen. En serie eksplosioner sprængte mere end halvdelen af vulkanen bort, og på stedet trængte havet ind, havbunden her ligger nu 300 m nede. Blokke så store som menneskehoveder blev slynget helt op til 20 km bort fra stedet, og braget hørtes 4000 km borte. En 30 m høj havbølge kostede mere end 36.000 mennesker livet på de nærliggende store øer Sumatra og Java.

Mt. Pelee på øen Martinique i Vestindien havde været i ro siden 1851, da den i april 1902 begyndte at udspy aske og gas. Hurtigt fulgte en meget træt flydende lava, som dannede en stor prop i krateret. Proppen voksede i vejret på grund af trykket fra den frigjorte gas fra den underliggende lava. Snart opstod der sprækker på vulkanens sider, og den 8. maj skete en eksplosion, som med en hastighed af 130-150 m i sekundet drev en glødende askesky ned over byen St. Pierre. Alt på jorden: bygninger, planter, mennesker og dyr brændte op og blev ødelagt. Kun to fanger, der sad dybt nede i et underjordisk fængsel, overlevede. Lavaproppen i krateret nåede tilsidst en totalhøjde på 850 m, hvorefter 360 m stak ovenud af krateret. (Udbruddets forløb blev observeret fra flere skibe i havnen).

I Sverige findes vulkaner med en alder af mindst 100 millioner år. De yngste og bedst bevarede findes i Skåne i et antal af omkring 50 mellem Ringsjön og Hässleholm midt i Skåne. Bjergarten er basalt, oftest i form af søjlebasalt. I Ynglingarum har basalt søjlerne været brudt til smeltning og fremstilling af stenuld (Rockwool). Se figur 2 og 3.

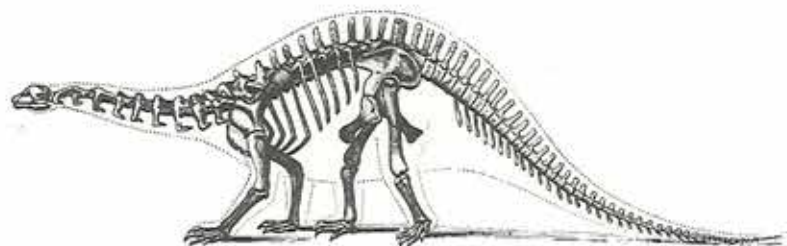


Figur 9. Det nyeste eksemplar af Archaeopteryx blev fundet for godt 25 år siden, men er først beskrevet i 1970'erne.

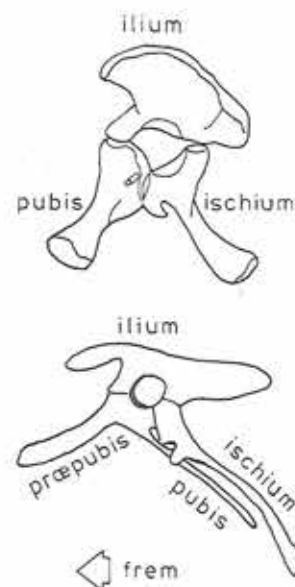


Figur 10. Kridttidssceneri omkring uhyret Tyrannosaurus. Sandbar Cemetery, Dinosaur National Monument, Utah.

ligner fuglenes nær så meget, som rovgøglernes gør). Blandt de sidste er ande-
næbsøglerne (med *Hadrosaurus* og *Trachodon*) en meget succesrig gruppe med
mange arter, som nok har levet i større flokke, især i og tæt ved vand, idet der
er fundet aftryk af svømmehud mellem fingrene og tærne (i et sådant miljø
vil de iøvrigt have særligt nemt ved at fossilisere). Både panser-, krave og ande-
næbsøgler udspaltedes ikke førend i Kridt-tiden, og grupperne blomstrede hur-
tigt op, sandsynligvis tilpasset en nys opstået fødekilde, blomsterplanterne, som
bredte sig hastigt i den periode. Se figur 10, og 12-15.



Figur 11. Sumpøglen *Brontosaurus* ("Tordenøglen") fra yngre Jura-tid i det vestlige USA var 20 m lang og har vejet omkring 30 tons. Den er identisk med VARVs mascot "Peter", som er gengivet i figur 5.



Figur 12. Bækkenstrukturer hos rovgøglere og sumpøgler (øverst) og ande- og næbsøgler, kraveøgler, panserøgler og kamøgler (nederst). Det nederste bækken minder med det bagudrettede skamben om fuglenes, som dog kun har et antydet præpubis-frem-spring. Krybdyrene kan deles i to grupper: *Saurischia* (med øglebækken) og *Ornithischia* (med fuglebækken). Ilium = hofteben, ischium = sædeben, pubis = skamben.



Figur 1. Letflydende lavastrom på Etna, Sicilien. Foto Th. Lundqvist 1961.

Når oceanbunden udvides ved tillægelse af størket lava langs midtryggene, vil oceanpladens rande nogle steder blive skudt ned under de tilstødende kontinenter. Det sker langs skrå brudzoner, de såkaldte subduktionszoner, således at de dybest nedskudte dele af oceanbunden går til grunde og smelter.

I dybhavsgravene over subduktionszonerne aflejres erosionsmateriale fra de omgivende kontinenter. Disse sedimenter skydes sammen og foldes og omdannes efterhånden til krystallinske bjergarter. En del hæves og danner bjergkæder, andre dele presses nedefter, omdannes og smeltes igen. Smelterne fra foldekomplekserne og oceanbundens rande blandes til magmaer, trænger derefter ikke alene op i bjergkæderne og danner intrusivbjergarter, de når også frem til overfladen af kontinentsoklen eller selve fastlandet, hvor der opstår en omfattende vulkansk aktivitet. Da kontinentsoklen helt eller delvis er havdækket, aflejres her også erosionsmateriale og kemisk udfældede sedimenter sammen med de vulkanske udbrudsprodukter. Særlig forskellige lagserier opstår på denne måde. I Sverige anses den såkaldte leptitformation i den mellemsvenske provins, Bergslagen, og de tilgrænsende områder at repræsentere en sådan blandet vulkansk sedimentær lagserie.

Når sammenskydningen langs subduktionszonerne skrider frem og mængden af aflejringer på kontinentsoklen øges, vil de til sidst tørlægges. Men vulkanismen kan fortsætte længe. Sammensætningen af de vulkanske udbrudsprodukter i miljøet bag subduktionszonerne varierer fra basalt tappet direkte fra opsmeltet oceanbund og kappe - til rhyolit (liparit), der på grund af en mere kompleks magmatisk udvikling i smeltmasserne har fået en mere kiselhydrerig sammensætning. Det medfører, at vulkanismen bag subduktionszonerne kan få

VULKANER

af Per H. Lundegårdh

Den tyske geolog og geograf Alfred Wegener hævdede i 1910, at kontinenterne domineret af gnejs og granit flød som isbjerger i den plastiske oceanbunds-skorpe, der består af den vulkanske bjergart basalt. Dette var grundlaget for hans hypotese: at kontinenterne skulle kunne bevæge sig sidelæns.

De sidste 20 års oceanografiske, geofysiske og strukturgeologiske forskningsresultater har bekræftet mange af Wegener's ideer; men vi ved nu, at "isbjergene er strandet" og at det ikke er kontinenterne alene, men både oceanernes og kontinenternes skorpe og den øverste del af Jordens kappe der bevæger sig som store plader i forhold til den underliggende del af kappen. Pladernes undergrænse er bestemt af et "blødt" lag i kappen, hvor kappens tunge, jern- og magnesiumrige silikatmasser er så varme, at de er delvis opsmeltede. Jordens kappe, som gennem ca. 4 milliarder år har "født" kontinenternes ovenliggende skorpebjergarter og også den yngre oceanskorpe, udgør en tyk skal, der i 2900 km dybde omslutter Jordens flydende jernkerne.

Man ved nu også, at der stadigvæk "fødes" skorpe i oceanerne og at oceanerne vokser, fordi nydannet oceanskorpe skubbes bort fra de midt-oceaniske rygge, hvor basiske silikatsmelter fra kappen stiger op langs dybtgående tensions-sprækker. I form af lava vælter magmaerne (smeltedmasserne) op fra sprækkerne, størkner og danner ny oceanskorpe.

Fra magmaet frigøres også gasser som blandet med støv af størknet og itusprængt lava strømmer ud i havet. Støvet synker efterhånden til bunds og danner askelag. De her skildrede processer kaldes vulkanske.

Lavaen danner modstandskraftige bjergarter, mens asken fra gasudstrømningen danner løse aflejringer, der let skrider ud eller fjernes af havstrømme eller bølgeslag, når ryggen vokser op til havoverfladen. Kun hvor lava forstærker vulkanryggen, vil denne kunne nå over havets overflade. Askelag hærdes til tuf.

Når en vulkan endelig er stabiliseret over havets overflade, kan den vokse til betydelig højde. På Tenerife når Pico de Teide en højde af godt 3700 m over havoverfladen og repræsenterer endda kun toppen af en endnu større vulkan (VARV 1, 1970). Tænker man på, at havbunden i gennemsnit ligger i 1500-2000 m dybde, forstår man hvilke enorme mængder materiale der skal til at opbygge en oceanisk vulkan.

Men ikke alt vulkansk materiale har evnen til at skabe høje bjerge. Lavaen har ofte en sådan sammensætning, at den let flyder i tynde strømme langt bort fra udbudsstedet. Se figur 1. Det er bl.a. tilfældet på Island, hvor de vulkanske dannelser dækker store arealer, men til gengæld har skabt et relativt fladt landskab, som istidens gletschere og floderne dog har modelleret videre på.

Om disse byttedyr giver det ernæringsfysiologiske og økologiske argument ingen indicier, hvad kropstemperatur angår. Deres knoglestruktur ligner dog varmblodede dyr og i stedet for at forestille sig sumpøglerne som sløve, langsomme vandplanteædere for det meste neddykket i ferske vande (for også at få hjælp til at bære den store vægt), så regner nogle forskere dem nu for aktive landdyr, der økologisk kan betragtes som en blanding mellem elefant (vægten, søjlebenene) og giraf (lang hals, lille hovede), og som kan have ædt det øverste løvhang i træerne.



Figur 13. Kamøglen Stegosaurus, 9 m lang, fra Jura-tid. Ryggens benplader, som muligvis kunne lægges ud til siden, har været et værn mod de samtidige store rovøgler. Ole Berthelsen foto.

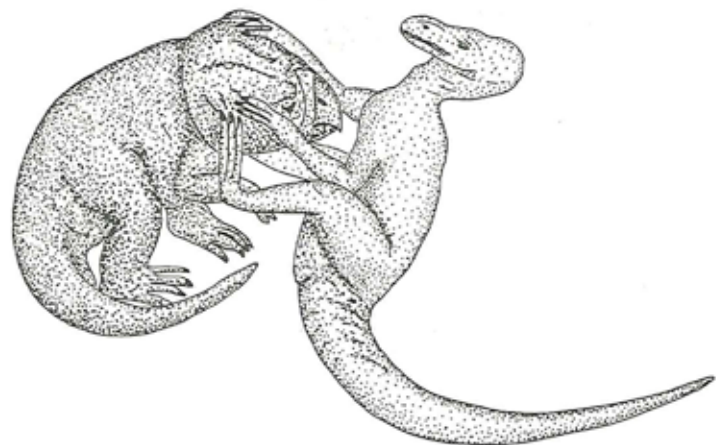
Det er nu ganske problematisk at forestille sig, at de var varmblodede som pattedyrene, for en elefant spiser sin egen vægt i grøntfoder på omkring en måned, og den bruger op til 18 timer i døgnet på fouragering og har meget store, effektive tænder til at sondermale føden med. Det har derfor været foreslået, at sauropoderne åd en mere næringsrig kost end elefanterne, f.eks. snegle og muslinger samlet med de stumpe, svage tænder fra bunden af de søer og sumpe, hvor man kan forestille sig dyrene vadende omkring. Der er en ret stor sandsynlighed for, at sauropoderne havde "mavesten", som mange fugle; man har fundet passende mængder af afrundede sten ved sauropod-skeletter nogenlunde der, hvor maven har været. Findeling og opløsning af den indtagne føde i tarmsystemet ved knusning, syrepåvirkning og/eller gæring, også mens dyrene sov, kunne måske betinge, at de blot skulle sluge føde i en mere begrænset del af deres vågne tid.

Hvis de ikke var endoterme, og som fugle og pattedyr i stand til at holde en høj ensartet kropsvarme ved hjælp af et højt stofskifte, så kan de have været homoioterme, det vil sige have haft en kropsstemperatur, der ganske vist var bestemt af omgivelserne, men som alligevel var ret konstant høj, fordi dyrene var så store og klimaet så forholdsvis varmt. Dermed ville deres fødekrav have været mindre, så det synes meget rimeligt at antage, at sauropoderne ikke var endoterme, men sandsynligvis homoioterme.



Figur 14. Panserøglen Ankylosaurus fra Kridt-tid kunne blive 5 m lang og var beklædt med et tæt dække af solide benplader.

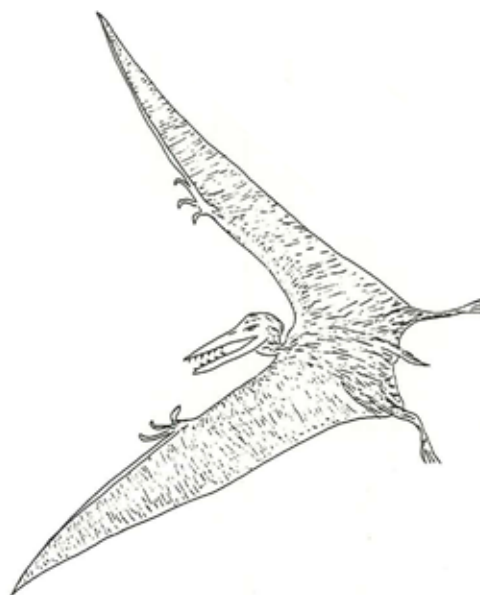
Alle dinosaurer, såvel dem der går på bagbenene, som dem der går på alle fire, har lemmer i position inde under kroppen, og dermed er denne hævet fri af jorden. Dette antyder en høj aktivitet og effektiv bevægemechanik med avance-



Figur 15. Rekonstruktion fra et enestående skeletfund fra Kridt-tiden i Mongoliet - visende en 2 m lang, forsvarsløs kraveøgle (Protoceratops) angrebet af en rovcoelurosaur (Velociraptor). En sandstorm begravede de kæmpende, hvis komplette skeletter er bevaret i dødsstilling.

ret koordination af muskelarbejde og sanser. Blandt de nulevende dyr kendes lignende lemmestilling kun hos fugle og pattedyr, altså hos endotermer.

Det er også værd at bemærke, at en anden archosaurgruppe, nemlig flyveøglerne næsten med sikkerhed må have været endoterme. Dels må dyr af den størrelse have højt stofskifte for at kunne klare energikravene til flyvning, dels har man enkelte fund med aftryk af et dække af "hårignende" skæl bevaret - altså en varmeisolation. Se figur 16.



Figur 16. Flyveøglen Pterodactylus fra Jura-tid var på størrelse med en spurv og kan have levet af flyvende insekter. Spor af flyvehud og af en hårignende beklædning er fundet, og flyveøglerne må anses for at have været varmblodede.

En simpel hypotese vil hermed være, at alle de mere avancerede archosaurer (fugle, dinosaurer, flyveøgler) var endoterme, et træk der således kun behøver at være opstået en gang i gruppen, efter at krokodillerne tidligt var spaltet fra. Alt i alt er det en ganske rimelig ide, at (i al fald nogle) dinosaurer har været varmblodede.

Krokodillerne, som holder til i tropisk/subtropiske vande, er da muligvis den eneste større archosaurgruppe, som har kunnet klare sig med den primitive fysiologi uden varmblodethed.

Til gengæld var - ud over fuglene - kun krokodillerne forskånet for den totaluddøen, som ramte de andre archosaurgrupper i Kridttidens slutning efter 140 millioner års dominans. Den gåde er man meget langt fra at have løst, selv om det aldrig har skortet på forslag.