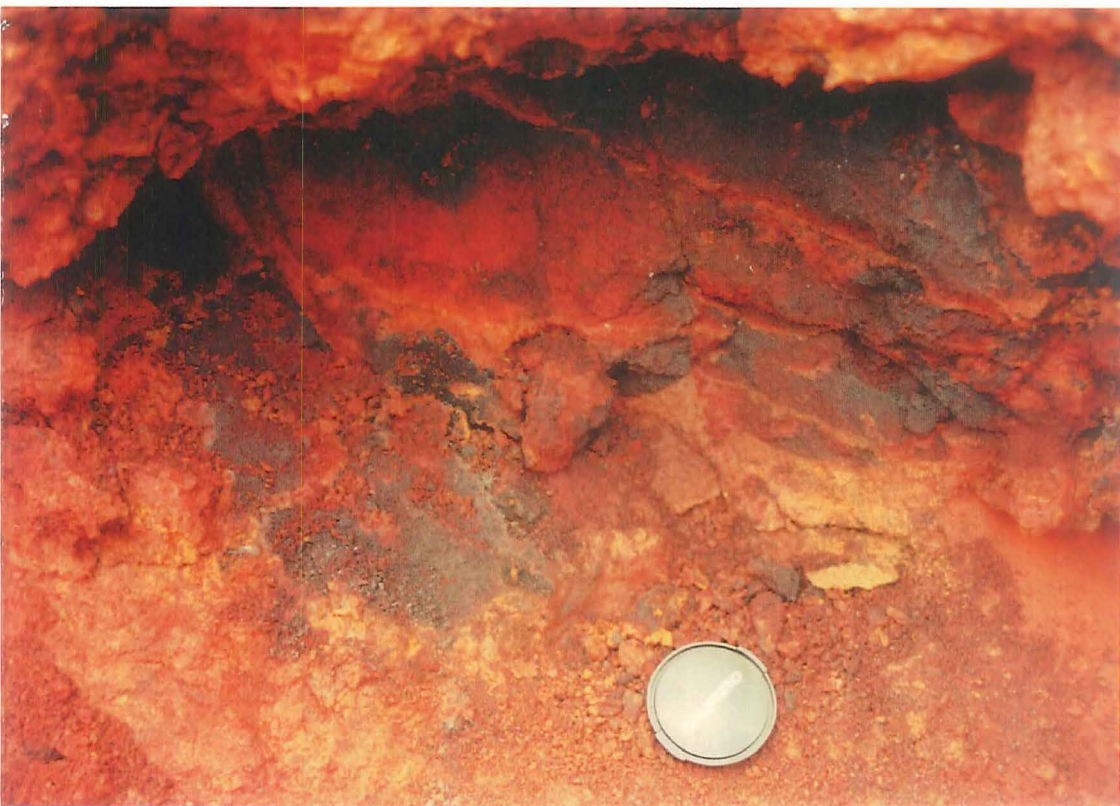


VARV

NR. 4

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

1997



BAUXIT ER VERDENS VIGTIGSTE ALUMINIUM-MALM.
VARV SKRIVER OM BAUXITDANNELSEN UDFRA EN
UNDERSØGELSE I GHANA.

LÆS OGSÅ OM DUNEDE DINOSAURER, FJEREDE FUGLE
OG DERES SLÆGTSKAB, SAMT EN ANMELDELSE AF
DINOSAURFILMEN 'THE LOST WORLD'.

Forsidebillede: Bauxit fra Awaso minen i Ghana.

Forfattere til artiklerne:

Morten Olsson: Johnstrup Allé 8, 1923 Frederiksberg C.

Niels Bonde: Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350 Kbh. K

Lars W. Andersen og Stine R. G. Andersen: Geologisk Institut, Øster Vold-
gade 10, 1350 Kbh. K

Søren Christensen: Zoologisk Institut, Universitetsparken 15, 2100 Kbh. Ø

Lars M. Olsen: Roskilde Universitetscenter, 4000 Roskilde

VARV

VARV udgives med støtte fra Kulturministeriets bevilling til almen-
kulturelle tidsskrifter.

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10,
1350-København K

Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Buchardt, Henrik Fougt, Bjørn
Hageskov, Steen Mølgaard, Mikael Pedersen og Svend Pedersen
(ansvarshavende).

Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og
Svend Pedersen.

Tekstredaktør: Svend Pedersen

Lay-out og grafik: Bjørn Hageskov

Repro og tryk: Levison+Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 120 kr i abonnement for
1998. Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro
9 06 88 80, eller 140 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5,
eller 140 NOK til VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

Adresseændringer bedes meddelt VARV!

© VARV 1997. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

Bauxit i Ghana.

Morten Olsson

Denne artikel fortæller om den mineralogiske og kemiske udvikling igennem et forvittringsprofil i en bauxitmine ved Awaso i det sydvestlige Ghana.

Bjergarten bauxit blev navngivet i 1821, da den franske kemiker P.Berthier opdagede den aluminiumholdige malm i den sydfranske by Les Baux i Provence. Bauxit består hovedsagelig af mineralet gibbsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) og i mindre grad af mineralerne goethit (FeOOH) og diaspor $\text{AlO}(\text{OH})$.

Aluminium udgør lidt over 8 vægtprocent af jordskorpen og er dermed det mest udbredte metal i den yderste del af jordkloden. Det har dog kun været kendt i forholdsvis kort tid, idet det blev opdaget i 1809, og første gang fremstillet af H.C.Ørsted i 1825.

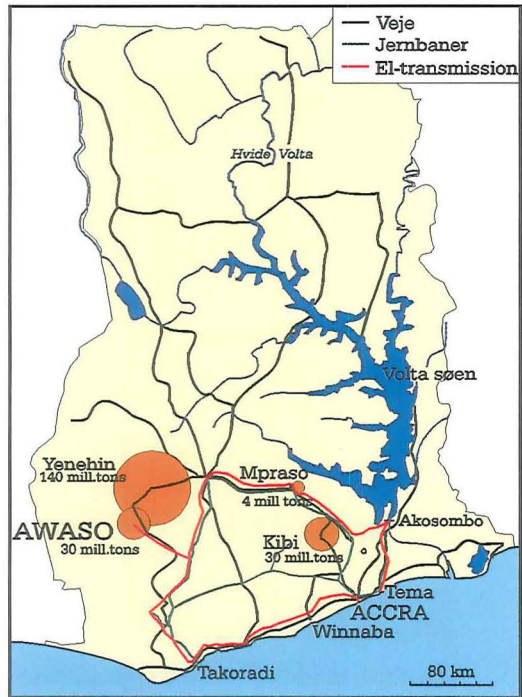
Ghana er et af de vestafrikanske lande, der er rigt på mange råstoffer og heriblandt også på bauxit. I 1914 opdagede man for første gang bauxit i Ghana, dog i ret små mængder. I 1921 blev der fundet store forekomster omkring byen Awaso i den sydvestlige del af landet. Under anden verdenskrig påbegyndtes en brydning i stor skala, da de allieredes hovedkilde i Les Baux i Frankrig blev lukket. Bauxiten i Awaso blev brudt med hakke og skovl af 5000 mand og båret i spande på hovedet ned til lastbiler, hvorfra der var godt 80 km til jernbanen og derpå 200 km til havnen (se figur 1). I 1944 lå eksporten på mellem 200.000 og 250.000 tons.

I dag kendes fire store forekomster i Ghana, men det er kun ved Awaso, bauxiten bliver brudt. Bauxiten findes her i fem plateauer, der ligger 300 - 600 meter over havet og 100 - 400 meter over det omgivende terræn. Udgangsmaterialet er en metamorfoseret lerbjergart, phyllit, fra Prækambrium. I udgangsbjergarterne findes nogle steder pyrit, der ved oxidation danner svovlsyre, og det menes, at syren medvirker til desilicifisering af mineralerne (se senere) og dermed til bauxitdannelsen. Ovenpå phylliten ligger et lag rigt på lermineralet kaolinit, derpå et op

til 20 meter tykt lag bauxit af varierende lødighed og øverst et jordbundslag på ca. 2,5 meter.

Bauxitforekomster dannet udfra metamorfe bjergarter findes ved mange andre lokaliteter, og er især dannet i visse perioder af Tertiær-tiden. Klimaet var varmere og mere fugtigt (humidt) end i nutiden. Der blev dannet meget bauxit af prækambrisk grundfjeld i Afrika, Australien, Sydamerika og Sydøstasien.

Figur 1. Kort over Ghana. Bauxitforekomsternes produktion er angivet i mill. tons.



Der skelnes mellem to typer bauxit udviklet på grundfjeld, nemlig slope-typen, der danner linseformede aflejringer på skråninger, og plateau-typen, der danner tykke kapper af bauxit ovenpå højtliggende plateauer. Bauxitaflejringerne i Ghana hører alle til sidstnævnte type, idet de er knyttet til erosion af gamle peneplaner, og optræder som 'tæpper' på de flade bakketoppe. Bauxitforekomsterne i Ghana er alle ved den tropiske forvitring bygget op fra bund til top på følgende måde (se også figur 2):

Udgangsmateriale => overgangszone => bauxit => jorddække.

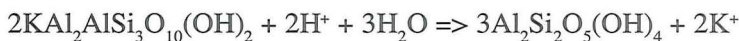
Bauxit hører til den type af forekomster, der er dannet ved ydre geologiske processer. Disse processer foregår på jordoverfladen, og for dannelsen af bauxit er der især tale om forvitring på stedet af bjergarter med regnvand som nedbrydende reagens. Generelt fortalt reagerer jordoverfladens bjergarter med ilt og regnvand, overfladevand og grundvand. Ved forvitring af de bjergartsdannende silikatminerale dannes forskellige lerminerale - smectit, vermiculit, illit og kaolinit - alt efter udgangs-

materiale og klima (d.v.s. temperatur og fugtighed) samt udvaskning. Forvitringen forløber hurtigere og mere fuldstændigt, jo varmere og fugtigere klimaet er, og slutproduktet i de humide troper er jern (Fe)- og aluminium (Al)-oxider.

Hvis glimmermineralet muskovit er en del af udgangsmaterialet kan forvitringen ske i form af hydrolyse, dvs at mineraler nedbrydes under indflydelse af brint (H⁺)- og hydroxyl (OH⁻)-ionerne fra vand. Man kan opstille følgende udvikling:



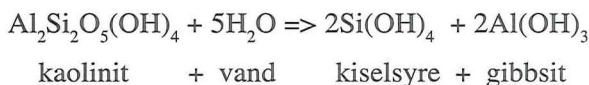
Reaktionen fra muskovit til kaolinit på formel ser således ud:



Hydrolysen bevirker en såkaldt kaolinisering, idet bjergarternes mineraler afgiver ioner som calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), kalium (K⁺) og natrium (Na⁺), som erstattes af brintioner (H⁺). På grund af de høje temperaturer sker der samtidig en såkaldt desilicifisering fra illit og smectit, idet Si også afgives, hvorved illit og smectit nedbrydes til lermineralet kaolinit, der er meget almindeligt i de røde tropejorde.

Under mere tørre (aride) tropiske og subtropiske betingelser vil hydrolysen være mindre gennemgribende, og smectit vil i mange egne være slutproduktet og resultere i sorte tropejorde.

I de humide troper og subtroper bliver jern og aluminium efterhånden relativt beriget, idet de danner så tungt opløselige oxider og hydroxider, at de tilbageholdes i selve forvittringszonen. Ved en vedvarende udvaskning vil silicium-koncentrationen sænkes, hvorefter kaolinit bliver ustabil og nedbrydes til gibbsit og kiselsyre, hvilket følgende formel illustrerer:



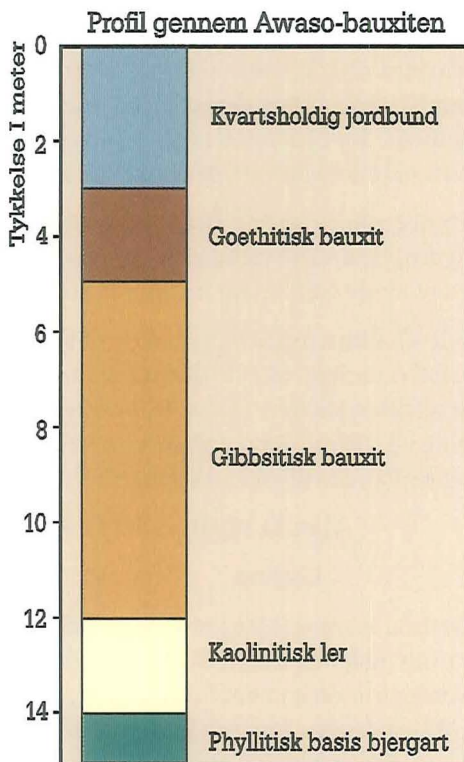
Dette er en meget langsom nedbrydning, og først når silicium-indholdet i jordvandet er tilstrækkelig lavt dannes gibbsit. Ved højere silicium-koncentrationer er kaoliniten stabil, og nedbrydes derfor ikke yderligere. Gibbsit dannes generelt hurtigere af basiske bjergarter (SiO₂ = 45-52%, f.eks. gabbroer) end af sure (SiO₂ > 66%, f.eks. graniter).

Der findes ikke en entydig definition af bauxit. Bauxit bliver dog ofte defineret som en bjergart i forvittringszonen med så meget aluminium, at det er økonomisk rentabelt at udvinde den, d.v.s. ikke mindre end 45-50% aluminiumoxid (Al_2O_3), ca. 20% jernoxid (Fe_2O_3) og ca. 3-5% silikater. Et andet krav til et materiale, for at det kan kaldes bauxit er, at den mængde Al_2O_3 (alumina), der kan fremstilles i raffineringprocessen, er 32% eller mere. Det skal her bemærkes, at der går fire til syv tons bauxit til at producere to tons alumina, og heraf kan der fremstilles ca. et ton ren aluminium.

Forfatteren har til kemiske undersøgelser udtaget og hjembragt prøver fra et forvittringsprofil fra minen i Awaso (figur 2). Prøverne er indsamlet for hver hele meter, og deres mineralogiske sammensætning er bestemt ved røntgendiffraction.

Nederst i det undersøgte profil indeholder den forvitrede phyllit noget kaolinitisk ler, som lidt højere oppe i profilet udgør det dominerende mineral. Herefter kommer den egentlige bauxit, der mellem 5 og 12 meters dybde hovedsagelig er gibbsitisk sammensat, dog med en del goethit i 9 meters dybde. Mellem 3 og 5 meters dybde er der udover gibbsit også en del goethit, hvorfor det i figuren er angivet som goethitisk bauxit. De øverste tre meter består af et jordbundslag med kaolinitisk ler og lidt goethit.

Figur 2.



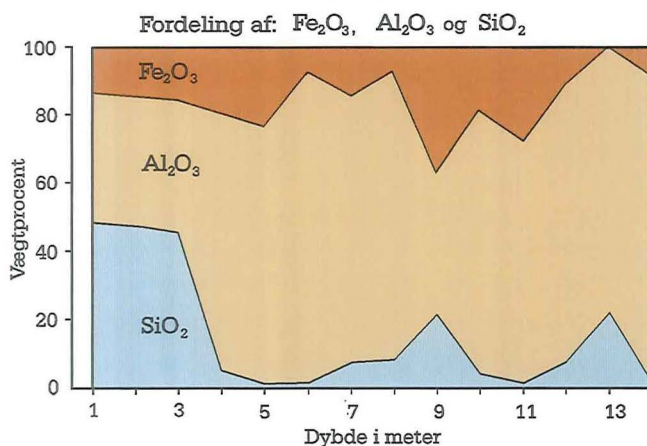


Figur 3. A) Nærbillede af bauxiten. B) Flammet bauxit. De røde og gule farver bruges som lødighedsindikatorer. Gule farver indicerer lidt jern og dermed meget aluminium. C) Nærbillede af overgangen mellem det phyllitiske udgangsmateriale og bauxiten.

Bauxitens lødighed varierer en del med dybden, hvilket kan ses i figur 3 og 4. Visuelt er det også tydeligt, idet bauxiten har forskellige flammede farver i profilet. Omtrent midt i profilet bliver dette klart mere gult med et lavere Fe-indhold og dermed et højere Al-indhold. Længere oppe er farverne mere røde på grund af et større indhold af jernoxider. I den øvre del af profilet er der også bleggrå pletfarver af varierende størrelse, hvilket peger på et større SiO_2 -indhold og dermed dårligere kvalitet af bauxiten.

Under bauxitten ligger kaoliniten som linser af varierende tykkelse og i bunden af overgangszonen (til phyliten) er der en ret skarp overgang til mørkerøde og sorte farver.

Der er udført kemiske analyser ved røntgenfluorescens af de fire dominerende grundstoffer aluminium (Al), jern (Fe), silicium (Si) og titanium (Ti) på de hjembragte prøver.



Figur 4.

Det fremgår, at indholdet af silicium falder markant fra over 40% i tre meters dybde til godt 3% allerede i fire meters dybde. Det høje indhold i toppen kan bl.a. skyldes, at fordampning fra jord og planter bevirker en opadgående bevægelse af grundvandet i den øverste zone, og dermed forbliver koncentrationen af silicium (SiO_2) så stor, at kaoliniten er stabil. Nede i bunden af profilet stiger Si-indholdet igen på grund af det kaolinitiske ler. Stigningen kan måske også skyldes, at kaoliniten ikke er

omdannet til gibbsit eller der har været en dårligere udvaskning af det gennemsvivende vand, der så har forårsaget en resiliicifisering af gibbsiten og gendannelse af kaolinit. Mønsteret er velkendt fra mange andre bauxitforekomster af lignende type.

Titanium-oxid (TiO_2) har et ensartet forløb ned igennem profilet med værdier mellem knap 1% og lige over 5%. Titanium kan beriges relativt ved fjernelse (udludning) af andre stoffer eller absolut ved nedsivning og udfældning som konkretioner i forvittringsprofilet, og en berigelse på flere hundrede procent er ikke ualmindelig. Aluminium og titanium har en ensartet geokemisk optræden, d.v.s., hvor der er meget aluminium er der ofte også meget titanium. Titanium er et vigtigt biprodukt ved udvindingen af aluminium.

Figur 4 viser, at aluminium (Al_2O_3) har et noget nær modsatrettet forløb i forhold til silicium (SiO_2). Mellem tre og fire meters dybde stiger indholdet brat fra ca. 35 til ca. 55% og forbliver på et højt niveau indtil 9 meters dybde, hvor indholdet af aluminium falder til ca. 32%, for derefter at stige igen. Dette mønster kan hænge sammen med dræningsforholdene i profilet. Under humide tropiske forhold og med jordvand, der ikke er for surt, gælder det generelt, at ved en bedre dræning bliver mere silicium udvasket og relativt mere aluminium bliver tilbage som et residualprodukt. Aluminium og silicium har således en modsatrettet geokemisk optræden.

Jernindholdet (Fe_2O_3) ses at være lavere end indholdet af aluminium ned igennem profilet. Det kan skyldes, at udgangsmaterialet oprindeligt har indeholdt små koncentrationer af jern, men det kan også skyldes de klimatiske forhold. I regntiden vil iltrykket være lavere i jorden, og Fe^{3+} -oxider er under disse betingelser ikke helt så tungtopløselige som aluminium-oxiderne og udvaskes derfor hurtigere som opløste Fe^{2+} -ioner (Fe^{2+} er letopløseligt). Det fremgår ligeledes af figur 4, at jern-indholdet stiger, når aluminium-indholdet falder, hvilket igen kan skyldes de førnævnte udvaskningsbetingelser.

Aluminium-, jern- og silicium-oxider er normalt de tre kemiske forbindelser, der er mest af i bauxit. Derfor sammenholder man tit fordelingen af de tre oxider ned igennem et forvittringsprofil, for at vurdere bauxitens

lødighed. Sammenholdt med andre forekomster af samme type fremgår det, at Awasobauxiten er af meget fin kvalitet, og efter mineledelsens udsagn er det minens styrke, fordi det er en relativt lille forekomst. Den høje kvalitet bevirker, at en stor del af bauxiten udover til fremstilling af aluminium bruges til fremstilling af over 200 forskellige produkter, f.eks. tænderør, glaslinser, tandpasta, porcelæn, brandresistent skum og slibemiddel i form af pulver som dannes ved knusning af glødet bauxit. I forbindelse med sidstnævnte skal det nævnes, at hårdheds-skalaens trin nr.9 er mineralet korund, der er Al_2O_3 . Det meget hårde og ildfaste materiale viser sig at være velegnet til brug i olieindustrien som 'pløkke' til at lave sprækker i dybtliggende bjergarter. Bauxit bliver også brugt i fremstilling af cement, hvor der ønskes en hurtig udtørring og modstandsdygtighed overfor forvitring fra f.eks. kontakt med saltvand.

Udvindningen af metallet aluminium er meget energikrævende. Metallet udvindes af aluminium-oxid i smelter med kryolit og F, der sænker smeltepunktet fra ca. 3000°C til ca. 1000°C. Tidligere stammede alt anvendt kryolit fra den nu udtømte mine ved Ivigtut i Grønland, men nu fremstilles det kunstigt. Læs mere om Ivigtut minen i det kommende VARV (1998,1).

Aluminium er et let metal med massefylden 2,7g/cm³ (mod jerns 7,9 g/cm³). Aluminium er ledende for el og varme (ca. 65% af kobbers ledningsevne). Det er det billigste af de ledende metaller og bliver hyppigt brugt til højspændingsledninger. Overfladen oxiderer meget let, og aluminium bliver ikke brugt som ledninger i husstande, da oxidlaget kan danne modstand ved samlinger og kontakter, og opvarmningen skaber risiko for brand. Aluminium er modstandsdygtigt overfor korrosion, og det bruges derfor også i gryder, konservesdåser og folie. Aluminium anvendes i det hele taget, hvor man har brug for et stærkt og let metal. f.eks i fly, biler, tog og værktøj.



Figur 5. Bauxiten er stedvis meget hård og må derfor sprænges med dynamit som her i Awaso.

Reserverne, der er den velkendte del af ressourcerne, der kan udnyttes med økonomisk fordel, var globalt i 1989 på ca. 20 milliarder tons, mod godt 6 milliarder tons i 1965 og 1 milliard tons i 1945. Ressourcerne er antagelig på ca 75 milliarder tons, og heraf brydes der årligt ca. 80 millioner tons på verdensbasis. Så der er aluminiummalm til mange års forbrug endnu. De største bauxitforekomster findes på Guinea, Australien, Jamaica og Brasilien, men der bliver brudt bauxit i mange andre lande, bla. som nævnt i Frankrig. Ghana er det attende-største bauxitproducerende land. Den totale produktion sættes til ca 300.000 tons, med en anslået reserve på ca. 30 millioner tons i Awaso.

I slutningen af anden verdenskrig blev der etableret et jernbanespor fra Awaso til den eksisterende jernbane, hvilket lettede transporten betragteligt (se kortet, figur 1). Den ene af de førnævnte fem toppe er udtømt, og i dag er man igang med nr 2. Selve bruddet er også moderniseret, og i dag bliver bauxiten brudt på næsten samme måde som i en dansk grusgrav.

Malmen graves med gravkøer, læsses på lastbiler og køres til en

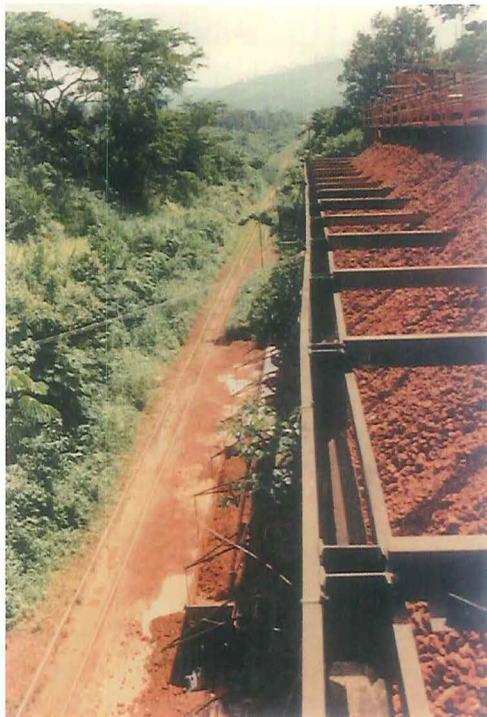
knusemaskine stående på plateauet. Her knuses malmen i tre omgange, hvorefter den på et 2,2 km langt bælte sendes ned til jernbanen. Der kører specielle godstog døgnet rundt. En transport udgøres af 30 togvogne, hver med 25 tons malm. Det er togkapaciteten, der er det begrænsende led i produktionen, hvilket bl.a. skyldes upålidelige lokomotiver. Dette til trods for, at der kun bliver arbejdet 8 timer i selve minen.

Figur 6. Inden malmen tippes ned på vognene, bliver den skyllet med kaustisk soda (NaOH) for at fjerne ler og dermed reducere indholdet af silicium.



Malmen køres de godt 240 km til havnebyen Takoradi, hvorfra ca 50% bliver sendt til en virksomhed i Skotland og resten til andre virksomheder. Politisk uro og tekniske problemer gjorde, at der fra slutningen af 70'erne til begyndelsen af 80'erne, kun blev eksporteret lidt over 50.000 tons årligt, men i 1992 var eksporten steget til knap 340.000 tons årligt. Der er indgået aftaler om, at lødigheden skal være på mindst 52% Al_2O_3 , med max 2% SiO_2 , 2% TiO_2 i gennemsnit og max 18% Fe_2O_3 . Da de midterste lag i profilet har en højere lødighed, iblander man bauxit fra de mere Si-holdige lag højere i profilet og holder derved lødigheden på 52%. Herved minimeres tillige restprodukterne fra brydningen.

Det skal afslutningsvis nævnes, at den uforarbejdede bauxit fra Awasominen bliver eksporteret til Europa. Det amerikanske firma



VALCO (Volta ALuminium COmpany) fremstiller aluminium i den ghanesiske havneby Tema. VALCO henter bauxiten fra sit eget bauxit-brud i Jamaica og forarbejder den i Ghana med meget billig strøm fra verdens største kunstige sø, Lake Volta.

Byggeriet af dæmningen ved Lake Volta blev delvis finansieret af VALCO midt i tresserne. Som led i finansieringen blev der indgået aftale om levering af strøm fra dæmningen til smeltning til særligt lave priser.

Figur 7. For foden af plateauet tippes malmen ned på et specielt godstog, der døgnet rundt kører ud til havnen i Takoradi.

VALCO-smelteværket bruger ca. 70% af den strøm, der produceres fra turbinerne i dæmningen. Det producerede aluminium sendes til fabrikker i USA, hvorfra det bliver solgt som færdige produkter til bl.a. Ghana! Dette til trods for, at der kun er ca. 300 km fra Takoradi til Tema med jernbanespor. Det er således ikke et praktisk problem, der vanskeliggør eller forhindrer opbejdningen af bauxit i Ghana. Der er desuden i de andre store bauxitforekomster forholdsvis let tilgængelige reserver på ca. 180 millioner tons. Den ghanesiske regering prøver i dag at få en bedre pris for strømmen og samtidig levere bauxit til smelteværket i Tema. Men VALCO holder fast i den oprindelige aftale, og afviser foreløbig køb af ghanesisk bauxit, hvis ikke strømmen fra dæmningen er billig nok.

DUNEDE DINO'ER

og fjerede fugle i Kinas Kridt

Niels Bonde

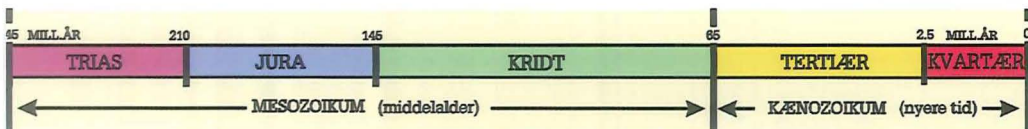
Myten er blevet til virkelighed - endelig er det sket, det mange har ventet længe på: Der er fundet en dinosaur med fjer. Det er sket i Kina - faktisk allerede for et par år siden, og så igen i august 1996. Amatører har nu fundet to små dinosaurer med fjerklædning, d.v.s. nogle små (3-4 cm) tynde lidt 'pjuskede' strukturer, hele vejen fra øverst på hovedet, langs halsen, ryggen og på halens over- og underside. Tilsyneladende strækker de sig også noget ned ad ryggens sider.

Den lille dinosaur, der er ca. 80 cm lang, ligner meget *Compsognathus* fra den lithografiske kalksten fra Øvre Jura i Europa. Et komplet eksemplar fra Frankrig og ét - ligeledes komplet - fra den berømte sydtyske lithografiske Solnhofen-skifer, der også rummer alle de klassiske 7 eksemplarer af 'øglefugle', *Archaeopteryx*. *Compsognathus* og de kinesiske fund er blandt de mindste dinosaurer - hvis de da er voksne - og har meget små forlemmer med kun et par fingre, måske tre. Det kunne måske endda tænkes, at de 'dunede' dinosaurer ville vokse op og få mere strukturerede fjer! [Tidsperioderne Trias, Jura, Kridt ..., se nederst på siden]

Et lille farvefoto af de jordiske levninger blev i oktober sidste år vist frem af kinesiske og canadiske palæontologer på American Museum of Natural History i New York. Fotografiet viser en lille dinosaur, kun 80 cm lang, med en lav mørk bræmme af ganske korte strukturer fra hoved til halepids. [Dinosauren beskrives i tidsskriftet 'Nature', december 1997]

Hvorfor fjer

En af de vigtigste følger af den lille kinesiske dinosaur med 'fjer' er, at den gamle strid om grunden til fjers oprindelse nu kan løses. Fjer er



opstået som en forbedret isolering af først og fremmest små varmblodede former, og de havde oprindeligt intet med flyvning at gøre, for *Compsognathus* og den nye dinosaur, kaldet *Sinosauropteryx*, har særligt korte og reducerede arme og fingre, men isoleringen - 'dunene' - viser, at de efter alt at dømme var varmblodede. Det samme gælder sandsynligvis også de mere avancerede fugleslæggtninge blandt rovdinosaurer - det var kun de største, som ikke havde brug for en isolerende fjerdragt, f.eks. *Tyrannosaurus*.

Flyvning er en senere og sekundær tilpasning. De første, som gik på vingerne, var former med lange kraftige arme og stærke hænder, såsom *Archaeopteryx*.



Sinosauropteryx
Den 'dunede' dinosaur *Sinosauropteryx* på omslaget af Phil. Curries nye 'Encyclopedia of Dinosaurs'.

'Øglefuglen' som stamform

Artiklens forfatter var i fjor sammen med to danske dinosaur-eksperter på besøg på Humboldt Universitetets naturhistoriske museum i Berlin for at se på verdens vel mest berømte fossil: den mest komplette *Archaeopteryx* ('Berlin-eksemplaret'). Vi skulle studere *Archaeopteryx*



Foto: P. Makovicky.

'Berlin-eksemplaret' af Archaeopteryx. Bevaring af hornskederne på kløerne af nogle Archaeopteryx er et mærkeligt fænomen.

hvirvelsøjle og foretage en meget præcis opmåling af hvirvlerne, fordi den ene af eksperterne (Peter Makovicky) under sit studium i København havde studset over, at hvirvelmålene i litteraturen for to af *Archaeopteryx*-fossilerne stemte meget dårligt overens. *Archaeopteryx*

er i øvrigt beskrevet som uden huller til luftsække i hvirvler, lemmeknogler o.s.v. selvom sidstnævnte er ganske tyndvæggede og lette.

Til vores kolossale overraskelse stod det hurtigt klart, at 120 års studier havde overset tydelige huller til pneumatisering (d.v.s. hulrum til luftsække) i nogle af halshvirvlerne - et meget vigtigt træk i diskussionerne om fugles oprindelse, da disse har sådanne huller. De præcise og reviderede mål af hvirvlerne er et af aspekterne i en anden historie, der kan vise noget om et typisk - men oftest overset - problem i forbindelse med sådanne primitive og fuldstændigt forfader-/stammolignende fossiler som arten *Archaeopteryx lithographica*: at navnet muligvis dækker over en slægtskabsmæssigt blandet gruppe. Det viser sig, at slægten *Archaeopteryx* sandsynligvis omfatter hele tre forskellige og samtidige arter, hvoraf jo højst én kan have været den 'rigtige' forfader til alle senere fugle. Det blev først fastslået for få år siden ved beskrivelsen af det sidstfundne og syvende skelet, *Archaeopteryx bavarica*, at denne havde afvigende proportioner og bl.a. et meget kraftigere udviklet brystben, hvorfor den måtte være en anden art.

Andre har i 1980'erne foreslået, at den mindste *Archaeopteryx* ('Eichstätt-eksemplaret') burde have sit eget artsnavn på grund af tændernes krumning og proportionerne. Endog et slægtsnavn *Jurapteryx* blev foreslået. Det har dog ikke været muligt at overbevise palæontologerne, så de 6 foregående fund (og ofte alle 7) regnes stort set altid som én art, *Archaeopteryx lithographica*.

Forskellene i halshvirvlernes præcise målforhold hos de to eksemplarer i Eichstätt og Berlin viser imidlertid, at de to er forskellige, så at der nok er mindst 3 slags *Archaeopteryx*, hvorved dette slægtsnavn nu betegner en blandet gruppe af 3 arter med uafklaret slægtskabsforhold både indbyrdes og i forhold til resten af fuglene. Kun *Archaeopteryx lithographica* (i Berlin og London samt andre af de ældre fund) har fuldstændige primitive træk, som gør det muligt, at denne art stadig kan være alle senere fugles stamform. De to andre arter synes at have et par særegne specialiseringer, hvorfor de næppe er stamformer.

Fjer og kroge

I forbindelse med undersøgelsen blev Berlin-samlingens isolerede fjer fra Solnhofen skiferen, tilskrevet *Archaeopteryx*, også mikroskoperet.

Fjeren blev fundet lige før det første skelet - 'London-eksemplaret' -, som nu findes på Natural History Museum. Det er den eneste fjer med noget materiale bevaret, sortagtigt, måske forkullet, mens alle fjer ved skeletterne kun er mere eller mindre fine aftryk.



Berlin fjeren i næsten naturlig størrelse (t.v.). T.h. ses spidsen kraftigt forstørret i et foto fra Naturkunde Museum, Berlin.



Både på skeletterne fra London og Berlin har forfatteren set aftrykkene blive utydelige, når forstørrelsen bliver for kraftig. Det virker dog, som om man enkelte steder på den isolerede fjer kan ane de små kroge, der hæfter fjerens bistråler sammen. Tilsvarende kan også skelnes på nogle fjer i cementsten fra vort tidligt tertiære moler (ca. 55 mill. år). Her er fjer ikke så sjældne endda - og mere eller mindre komplette skeletter (VARV 1983,4 og 1986,3) er fundet; indtil nu 2-3 stk.

Alderen af den dunede dinosaur

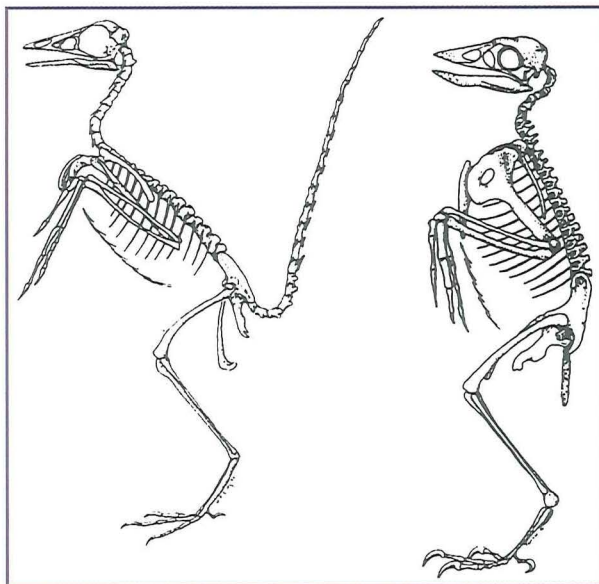
Flere fund af dinosaurer med 'fjer' er gjort i lerede sø-aflejringer fra tidlig Kridt. Aflejringerne indeholder også primitive 'rigtige' fugle, der ofte er bevarede med ægte fjer. De dunede dinosaurer blev først udgravet her i 1990'erne og beskrevet under navnet *Confuciusornis* (Kungfutses fugl). De er på et meget vigtigt punkt mere avancerede end *Archaeopteryx* i anatomen: De har næb, mens øglefuglen har tænder i munden. De har også en kortere hale.

Alderen af disse lag med *Confuciusornis* er imidlertid omstridt, for kinesiske palæontologer hævder, at de er fra Sen Jura og dermed lige så gamle som *Archaeopteryx*. Det diskuteres hedt og længe. De fleste vestlige palæontologer mener, at argumenterne er dårligt underbyggede, og at tidlig Kridt-tid er mere sandsynligt (se stamtræet på side 122).

Syv eksemplarer af øglefuglen *Archaeopteryx* er bevaret med helt fuglelignende fjer på vingerne og den lange hale. De levede i den seneste Jura-tid, de er altså 145-150 millioner år gamle, mens de nye kinesiske fund nok er 10-20 millioner år yngre.

Yixian Formationen i NØ Kina med den 'dunede' dinosaur og *Confuciusornis* indeholder vulkanske bjergarter som andesiter og basalter samt 4 horisonter af ferskvandssedimenter med den såkaldte Jehol fauna. Den ældste horisont i ferskvandsaflejringerne indeholder de nævnte fossiler, men også den lille planteædende dinosaur *Psittacosaurus* ('papegøje-øgle', der er krave-/næsehorns-øglernes stamform), nedennævnte fugle og mange små primitive benfisk *Lycoptera* (de tidligste repræsentanter for gruppen af 'knogletunger', osteoglossomorfer - se VARV 1995,4) og muligvis rigtige blomsterplanter.

De vulkanske bjergarters aldre er absolut dateret til henholdsvis 125 og 135 millioner år. De sedimentære bjergarter nedenunder kan i andre områder vises - ved hjælp af ammonitter - at være Øvre Jura, dog ikke allersene i Jura. Jiufatong Formationen, der ligger ovenpå Yixian Formationen, indeholder også fugle, nedennævnte *Cathayornis*, samt *Lycoptera*. Den overliggende, kulførende formation kan følges til NØ Sibirien, hvor den er samtidig med lag ca. midt i Nedre Kridt. Disse 'facts' kom frem i diskussioner på et møde i Arizona i oktober 1996.



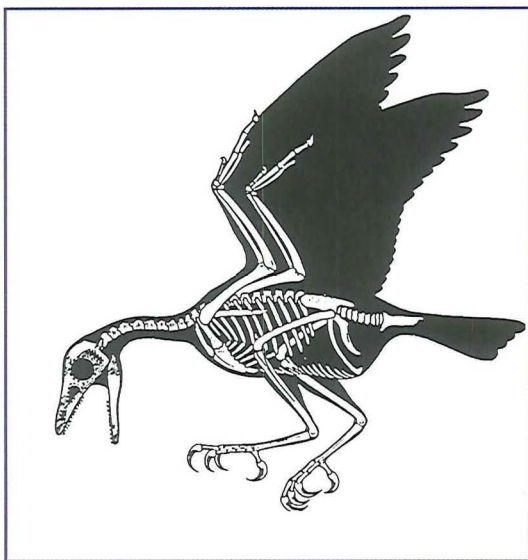
Confuciusornis (t.h.) med tandløst næb og afkortet hale. *Archaeopteryx* (t.v.) har i modsætning en lang 'krybdyrhale' og tænder i munden. Højden af *Confuciusornis* er 26 cm. .

Konklusionen er, at vulkanitternes alder er klart tidlig Kridt, for grænsen mod Jura er ca. 145 millioner år. *Psittacosaurus* kendes fra Mongoliet kun fra mellemste og øvre dele af Nedre Kridt, så at den også skulle forekomme i sen Jura og spænde over 40-50 millioner år er helt usandsynligt. Blomsterplanterne viser også hen til Kridt, idet ingen er identificeret fra jurassiske lag andre steder.

Flere fjerede fugle

Den kinesiske palæontolog professor Chen, der er specialist i de meget vanskelige korreleringer af gamle kinesiske ferskvandsbassiner, viste ved mødet i Arizona dias af endnu flere ubeskrevne fugle fra ovenævnte lag, komplette og pragtfuldt bevarede med alle fjer. I disse lag ser man for første gang kroppens og benenes fjerklædning hos tidlige fugle; af øglefuglen *Archaeopteryx* har vi blot vinge- og halefjer bevaret. Der blev fremvist eksemplarer af *Confuciusornis*, som er langt mere komplette

end de først fundne og beskrevne, og som har korte svingfjer og et fint kranium, der bekræfter, at den havde næb og ikke tænder: Der er fundet ca. 200 eksemplarer!



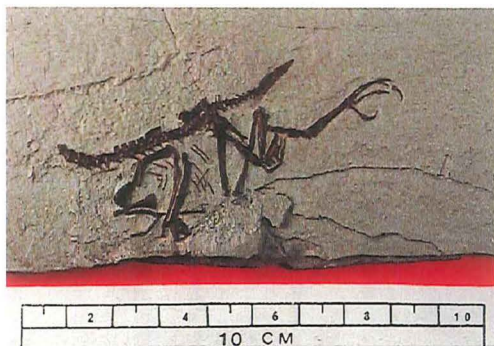
Sinornis (Kina-fuglen) fra tidlig Kridt. Den har tænder og bugribben som Archaeopteryx, men kort hale med pygostyl (sammen-smeltede hvirvler). Sinornis er den ældste kendte 'modsatte' fugl-se stamtræ.

En mere primitiv og lidt ældre form er Protarchaeopteryx med lang hale.

Rekonstruktion med fjerdragt.

En plade med to små komplette fjerklædte fugle viser, at disse havde tre frie fingre på vingen, som hos øglefuglen, men ingen tænder. Halen er meget kortere end øglefuglens, men det ene eksemplar havde to kraftige, næsten parallelle fjer stikkende langt bagud, som var det en paradisfugl. Måske er det hannen. En anden nyfundet form har også en ret avanceret afkortet hale, men primitiv mund med tænder samt tre frie fingre.

Fra søaflejringer i den overliggende formation har professor Chen demonstreret den nyligt beskrevne *Cathayornis*, d.v.s. Kina-fugl. Alle disse pragtfulde fossiler kan, når de er grundigt beskrevet, vise os mere om de tidlige fugles udvikling, end vi har kunnet lære de sidste 100 år. Professor Chens dias med nærbilleder af halsen af den lille nyfundne dinosaur viser klart, at der er 'pjuskede fjer' langs dyrets nakke og på hovedet.



Iberomesornis (spansk mellem-fugl) er meget primitiv med langt pygostyl og fjer. Fra Nedre Kridt-lag. Hovedet mangler. Afstøbning fra Dr. A. Busscalioni. Foto: O.B. Berthelsen.

Fuglenes nære slægtinge: Raptorer

Den lille fjerklædte dinosaur er et fint, ekstra vidnesbyrd om fuglenes afstamning fra små rov-dinosaurer. En bekræftelse på det, vi har lært gennem de sidste 10 års analyser af skeletternes anatomi.

Fuglenes nærmeste slægtinge er 'raptorer', kendt fra filmen 'Jurassic Park' (VARV 1993,3), som f.eks. *Deinonychus* (kæmpekloegle) og *Velociraptor* (hurtig røver). Lidt fjernere slægtinge er Trodonter. Alle disse rovdinosaurer havde på anden tå en kæmpestor seglformet klo, som kunne hæves under løb. Til gengæld kunne klørne svinge mere end 180 grader nedad ved angreb og flænsning af bytte. I år er endog blevet beskrevet en endnu nærmere slægting til fuglene, en løbe-dinosaur kaldet *Unenlagia* (betyder 'halv-fugl' på indiansk) fra Kridt i Sydamerika.

Trodonter var nok de kvikkeste af Kridt-tidens dyr, de havde store hjernebatterier med luftfyldte knogler forsynet med et kanalsystem helt som fuglenes. Vor tids fugle synes ikke at have spor efter kæmpekloen og den forstørrede anden tå, måske med undtagelse af seriamaan, *Cariama cristata*, en steppelevende, slangefalkagtig fugl fra Sydamerika.

Kæmpekloen er heller ikke genfundet hos de ganske mange primitive fugle fra Kridt, som er afdækket i de sidste 10 år. Det var derfor lidt af en sensation, da der sidste år blev præsenteret yderst velbevarede skeletrester af det første fund af en fugl med en stor raptor-klo fra Kridt

på Madagascar. Kraniet mangler, men bækken og mellemfod er så primitive, at de kun kan sammenlignes med øglefugle.

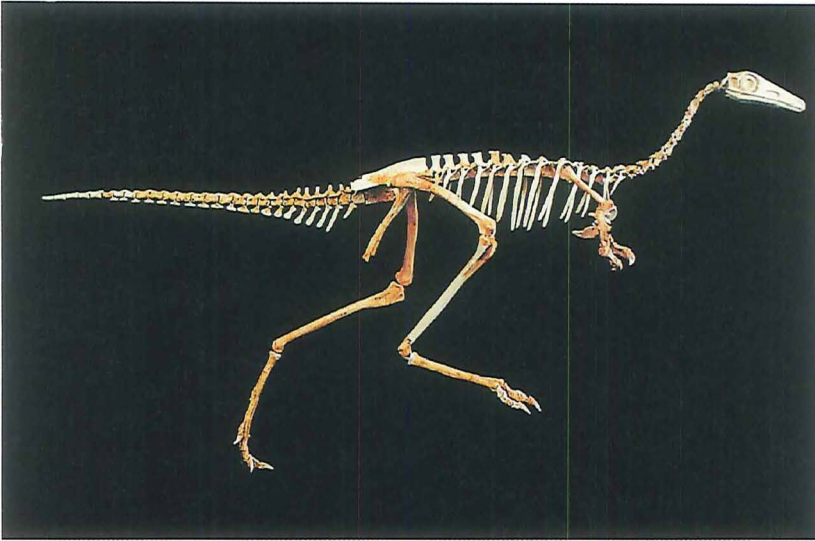
Hvordan ved vi i det hele taget, at der her er tale om en fugl? Jo, skulderbæltet ligner, armen er lang og slank, og bag på albuebenet er der små mærker, hvor der sandsynligvis har været fæstnet svingfjer.

En miskendt 'æggetyv'

I slægtskabet omkring 'raptorerne' indgår også den 2-3 meter lange *Oviraptor*, 'æggerøveren' (se VARV 1997,3), som dog ikke har raptorklo. Denne 'stakkels' næbbede og tandløse dinosaur er altid - siden det første fund i Mongoliet i 1920'erne - blevet beskyldt for æggetyveri. Da *Oviraptor* blev fundet lige ved en rede med æg fra, hvad man troede var aflejringsens almindeligste dinosaur (den lille kraveøgle *Protoceratops*), fik den artsnavnet *philoceratops* - den, der elsker kraveøgler. Nu har 1990'ernes ekspeditioner til Mongoliet afsløret flere *Oviraptor* ovenpå rederne med de ovale æg, og nogle af dem ligger ganske simpelt i rugestilling og beskytter æggene. Det endelige 'bevis' - også på at *Oviraptor* må have været varmblodede og derfor nok fjerede: i nogle æg er bevaret *Oviraptor*-fostre. Så det var altså trofaste forældre, som nægtede at forlade deres rede i sandstorm!

Den mærkelige dinosaur-lignende *Mononykus* (én negl/klo) fra de samme Øvre Kridt aflejringer er derimod nok en rigtig fugl (ca. 1 meter høj og hurtigløbende). Altså den tids ørkenløber ('road-runner'), men uden vinger og med en fantastisk speciel arm og en hånd med bare én kæmpestor finger med klo. Måske var den til at grave med efter insekter, larver, småpattedyr og firben, den kan måske (også) have været brugt i parringsleg eller -kampe. De kendes kun fra Sen Kridt og er beslægtet med former fra Sydamerika, som kaldes Alvarezsaurider.

Fugleslægtninge, der er lidt fjernere end 'raptorer', er de såkaldte strudseøgler fra Kridt-tiden (se VARV 1997,3). Slanke, langhalsede former uden tænder og med høje løbeben uden raptor-klo. Det var nok den tids hurtigste løbere, de kunne fare afsted med over 50 kilometer i timen. Den tidligste og mest primitive er fra Nedre Kridt aflejringer i Spanien, hvori der også er fundet flere flotte tidlige fugle og fjer. Den er kun



Mononykus, den groteske løbefugl fra sen Kridt-tid.

en meter lang og med ganske små tænder. Ellers er formerne et par meter høje og fire-fem meter lange. Måske omfatter gruppen også giganter, som dog kun er kendt fra fund af to meter lange arme med store gribekløer (se artiklen om Experimentariets udstilling i VARV 1997,3).

Sidegrenen på stamtræet nedenunder strudseøgler fører til de kæmpestore tyrannosaurider, der kendes fra midt i Kridt.

Slægtninge i Jura

Endnu længere nede på træet findes jurassiske slægtninge som *Compsognathus*, der er lige så gamle som øglefuglene. Da den lille 'fjerklædte', kinesiske dinosaur er en nær slægtning til *Compsognathus*, har det mærkelige konsekvenser.

Hvis *Compsognathus* - eller compsi'er som de blev kaldt i 'Jurassic Park' - bogen - faktisk havde 'fjer', så er det mest simpelt at antage, at deres fælles stamform med fugle allerede havde skællene omdannet til noget fjerlignende, i hvert fald på hals, ryg og hale.

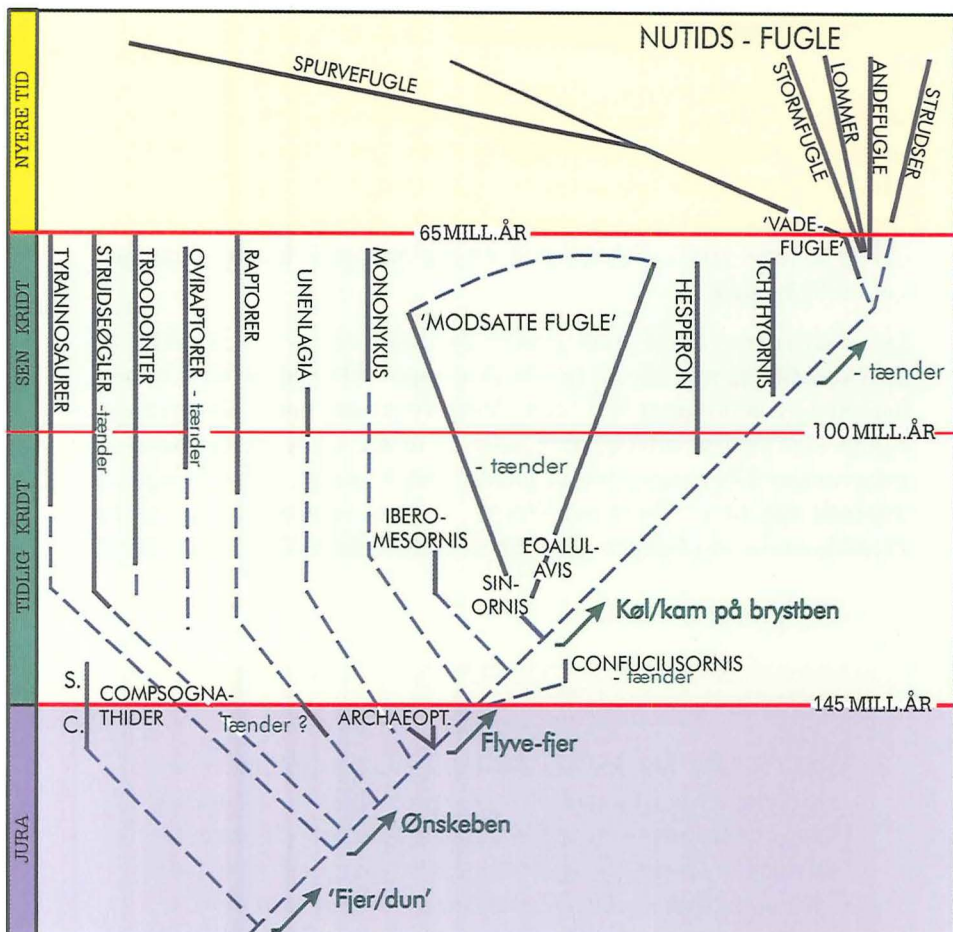
Derfor må vi også vente, at endnu nærmere fugleslægtinge som 'raptorer', *Oviraptor* og strudseøgler havde 'fjer'. Det vil ikke komme som en overraskelse, mange har forventet det. Men at *Tyrannosaurus rex* også skulle have været delvis fjerklædt virker ret bizart - faktisk er der nu kendt et aftryk af dyrets hud, og det viser små skæl og ingen fjer, i al fald på halen.

De aflejringer, hvori man finder *Tyrannosaurus rex*, er dog så grovkornede og sandede, at fjeraftryk næppe vil kunne bevares. Måske har baby-tyrannosaurer haft 'dun'. Vi ved det ikke; der er aldrig fundet rigtigt små unger, selvom vi kender få meter lange eksemplarer af slægtingen *Albertosaurus* fra Canada. Lidt ærgerligt, at Spielberg ikke dristede sig til i 'The Lost World' at give raptorerne og måske *Tyrannosaurus rex* babyen 'fjer' på (se anmeldelsen på de næste sider).

En læresætning, tidligere 'naturlov'

Hvis 'fjerene' hos den lille dinosaur ved nøjere studium viser sig at være 'dun-lignende', og dyrene faktisk er voksne, så kan vi slutte endnu en ting: nemlig, at den fælles forfader til de dunede dinoer og fuglene også må antages at have haft 'dun'som voksen. Denne slutning er i overensstemmelse med den forkætrede 'biogenetiske lov' opstillet af Hæckel (Darwins tyske forkæmper fra 1860-erne) som udsiger: at nogle af de voksne træk (dunene) hos fuglenes forfædre kun bliver bibeholdt som træk hos efterkommernes (fuglenes) unger. Sagt med andre ord afspejler de nuværende fugles opvækst fra dun-unger til voksne fjerprydede fugle udviklingshistoriens forløb:

Voksne, 'dunede' dinosaurer blev til fjerede fugle.



Fuglenes afstamning fra rov-dinosaurer (theropoder) er 'bevist' ved systematisk analyse af deres karaktertræk så overbevisende, som den slags kan gøres. Det betyder selvfølgelig, at dinosaurerne ikke alle er uddøde, nogle sidder på dit foderbræt idag. Sandsynligvis var det ganske få linier, slætninge til 3-4 grupper af nutidens fugle, som overlevede Kridt-Tertiær grænsen, for Kridt-tidens dominerende fuglegruppe, de 'modsatte fugle', Enantornithiner, gjorde ikke. De har nogle træk ved fødder og skulderbælte, som er udviklet 'omvendt' af nutidens fugle. 'USA-tandfuglene' *Hesperornis* (lom-lignende dykker uden vinger) samt *Ichthyornis* (en flyver) er beslægtet med nutidens fugle, *Aves* (eller *Neornithes*). *Eoalulavus* har ældste kendte 'tommel'-vinger (styre-fjer på tomten). S. = *Sinosauropteryx*, C. = *Compsognathus*

THE LOST WORLD

Jurassic Park

Lars W. Andersen, Stine R. G. Andersen,
Søren Christensen, Lars M. Olsen

*'Uuh, aah, that's how it always starts, but later there is **running and screaming**'* Dr. Ian Malcolm, 1997.

For fire år siden gik filmen 'Jurassic Park' (Varv 1993,3) sin sejrsgang verden over. Den gang var det muligheden for at se dinosaurer i 'levende live' der lokkede millioner af mennesker i biografen.

Denne artikel anmelder efterfølgeren 'Lost World' (Den forsvundne Verden) ud fra en palæontologisk synsvinkel.

Handlingen i 'Lost World' er henlagt til Isla Sorna ud for Costa Ricas kyst. Det var på denne ø, at dinosaurerne i 'Jurassic Park' blev gensplejset, æggene blev klækket, og hvor dinosaurerne voksede op, før de blev overført til nabøen Isla Nublar, hvor den oprindelige Jurassic Park lå. Efter katastrofen, der afsluttede filmen 'Jurassic Park', blev hele forskningscentret på Isla Sorna ødelagt af en orkan, og stedet blev evakueret. Dinosaurerne blev efterladt, men levede videre uden menneskelig indblanding. Der blev siden sendt to ekspeditioner til øen. Den ene for at lave en videnskabelig dokumentation om dinosaurerne, og den anden for at indfange dyrene til en dinosaur-zoo i San Diego i Californien. Selvfølgelig gik det galt, for mennesker og dinosaurer kan nu engang ikke fungere sammen, især ikke når dinosaurerne er tillagt moderne dyreadfærd i form af yngelpleje og territorial adfærd.

Procompsognathus (elegant kæbe)

De første dinosaurer, man møder i filmen, er de små rovøgler *Procompsognathus*. Da *Procompsognathus* er dårligt kendt er de konstrueret på baggrund af to komplette fund af *Compsognathus* fra Europa. Længden har været op til 1,5 meter, og dyrene har haft en

formodet vægt på 10 kg. De har formentlig jaget store insekter, firben, muselignende pattedyr og spist ådsler. I filmen har man valgt at lade dem jage i flok, hvorved de kan nedlægge byttedyr betydeligt større end dem selv. Dette er en meget almindelig adfærd hos rovdyr.

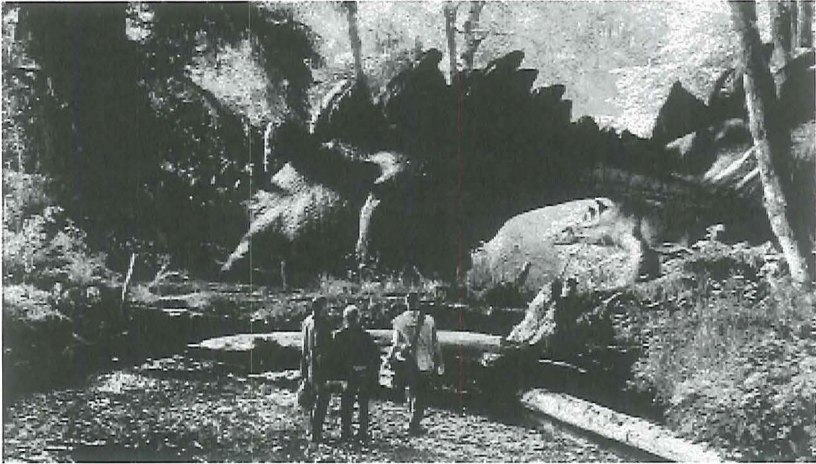
I filmen er der én person, som er direkte ond imod dem. De beslutter sig for at tage hævn og jager ham gennem en flodseng. Scenen slutter med, at han falder og bliver ædt i løbet af meget kort tid. En meget mærkelig aggressiv adfærd, som er det første af flere eksempler, hvor dinosaurerne er blevet tillagt menneskelig adfærd.



Figur 1. *Compsognathus angriber*. UIP foto.

Stegosaurus (kamøgle)

Den første behagelige oplevelse, man får med dinosaurerne, er mødet med en stegosaurfamilie, som består af to fuldvoksne individer, en halv voksen og en lille unge. De dukker frem fra skoven og vandrer majestætisk med løftede, langsomt svajende haler. De er utroligt godt lavet.



Figur 2. Stegosaurfamilien. Bemærk rygpladernes placering. UIP foto

Der har været diskussion om, hvorvidt rygpladerne skal sidde i én eller to rækker (i filmen sidder pladerne i to rækker). I 1891 tolkede O. C. Marsh pladerne til at sidde i én række. Pladerne fra nakken ned til hoftebenet er dog så store, at de ikke kan sidde i lige linie, men 'hælder' ud til begge sider. Efterfølgende palæontologer har ignoreret Marshs teori og har ment, at de skulle sidde i to rækker. Senere undersøgelser har imidlertid vist, at Marshs teori nok er den, der har det bedste videnskabelige grundlag.

Der er tre modeller for pladernes funktion: I den første kan de have været brugt til at tiltrække hunner og afskrække rivaliserende hanner. I 'Lost World' har både hanner og hunner, ja sågar ungen, rygplader, så denne funktion er ikke valgt i filmen.

Den anden model går ud på, at rygpladerne blev brugt som solfangere og blev varmet op af Solen. Ifølge denne model var dyrene vekselvarme og ville være sløve om morgenen efter en kold nat. I filmen ser man dem dampe ud af munden, når de trækker vejret. Filmene har så valgt, at de skal være ensvarme.

Den sidste model for rygpladernes funktion er, at de skulle afskrække

eller forvirre rovdinosaurer. Det er denne model, filmen følger.

Tilbage til scenen i filmen. Da de ellers fredelige planteædere føler deres unge truet, svinger de kraftigt med deres piggede haler. Filmens stegosaurer har fire halepigge, som sidder parvis. Piggene sidder i en skrå vinkel, så de kommer til at ligge vandret, når dyret svinger med sin hale. Dermed bliver halen et meget effektivt forsvarsvåben. Hvis - normalt fredelige - elefanter føler deres afkom truet, er deres forsvarsreaktion angreb, så stegosaurernes adfærd er altså meget naturlig.

Stegosaurus var en 9 meter lang planteæder, som kunne veje op til 2 tons.

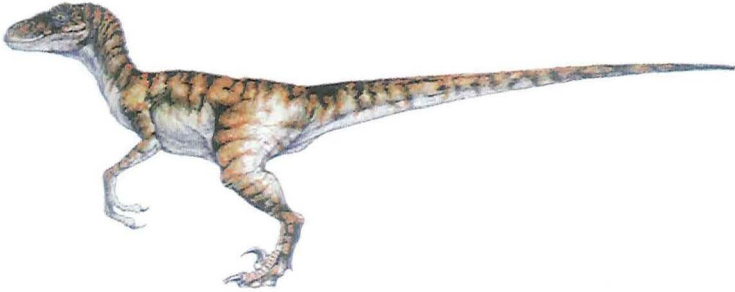
Velociraptor (hurtig røver)

Ingen 'Jurassic Park 2' uden velociraptorer ('raptorer'), så selvfølgelig er disse - i filmen - yderst intelligente rovdinosaurer da også med, men denne gang i et meget større antal. Det største mandefald i filmen sker da også på grund af 'raptorerne', der nedlægger alt og alle, de møder på deres vej. Det er helt fantastisk at se deres angreb på en ekspedition, der krydser et område med højt græs. 'Raptorernes' adfærd ude i det høje græs er meget normal. Her har vi nogle rovdyr, som maden bevæger sig lige ind i favnen på, så derfor er det klart, at 'raptorerne' reagerer som de gør. Der opstår et problem med deres adfærd i nogle gamle bygninger, hvor heltene søger tilflugt. Her ændrer 'raptorerne' karakter, og det virker som om de er besatte af at fange heltene. Hvis dyrene ikke er vant til at komme i de gamle bygninger, der dermed ikke er en del af 'raptorernes' territorium, så vil normal adfærd være at udvise forsigtighed og mistænksomhed. Men f.eks. springer de ufortrødent fra tagryg til tagryg.

Man har valgt at lade 'raptorerne' være natjægere. Om de oprindelige 'raptorer' har været nataktive ved vi ikke, men man mener, at de både har jaget i flok og enkeltvis, afhængigt af byttets størrelse.

Filmens '*Velociraptor*' er lavet på baggrund af et fund af dens nære slægtning *Deinonychus*, som var 3 m lang og vejede 60 kg. Den havde en stor klo på 2. tå, som den kunne dreje i en fejende bue, så den virkede som en dolk.

Desværre for 'raptorerne' i filmen har de fået 'brækket' halerne. Man ser nemlig halerne piske op fra noget højt græs. Theropoders (rovdinosaurers) haler er generelt stive, idet de bruges som vægtstang i forhold til forkroppen under bevægelse. De ville derfor heller ikke være i stand til at rulle rundt, som i en scene, hvor to 'raptorer' slås indbyrdes.



Figur 3. Velociraptor: Man ved, at deres haler var stive, da de bagerste halehvirvler var låst sammen med forbenede sener. Random House inc.

Tyrannosaurus rex (tyranøgle)

Filmens prægtigste dinosaur er selvfølgelig *Tyrannosaurus rex*. Denne gang kan man ikke nøjes med én. Vi får en hel familie. Hvis man har set 'Jurassic Park', kan man måske huske, hvor mange problemer man havde netop med én *Tyrannosaurus rex*, så når man har to fuldvoksne individer med en lille unge, ja så er der ingen grænser for hvilke problemer der opstår.

Tyrannosaurus rex er med sine 12 m og 6-7 tons det største rovdyr, der nogen sinde har levet på landjorden. Modellerne i filmen er virkelig godt lavet. Halen holdes højt løftet, så den virker som en vægtstang, når dyret går, og når foden løftes, samles tærne på samme måde som hos fugle, alt sammen meget fine detaljer.

Man er i forskerkredse uenige om, hvorvidt *Tyrannosaurus rex* kunne løbe eller ej. At løbe defineres ved at man har en luftbåren fase, dvs. at

med mellemrum rører ingen af benene jorden. Nyeste beregninger viser, at dens ankler ikke har kunnet tåle det stød, der kommer efter den luftbårne fase. I beregningerne går man ud fra en vægt på ca. 6 tons, svarende til afrikanske elefanttyre, der heller ikke kan løbe. Ud fra længden af *Tyrannosaurus rex*' ben kan man beregne, at de kunne gå omkring 39 km/t, omregnet til 100 meter på 9,23 sekunder. Så faktisk behøver den ikke at løbe for at kunne fange sit bytte.

Den største og vigtigste ændring i forhold til 'Jurassic Park' er, at *Tyrannosaurus rex* er blevet forsynet med lugtesans. I 'Jurassic Park' kunne heltene narre den ved at stå stille, idet dyret med sine 'frø'-sanser kun kunne opfatte bevægelser og ikke havde lugtesans. Med 'frø'-sanser refereres til, at frøer kun spiser dyr, som bevæger sig - for at undgå fordærvet kød -, hvorfor de ikke reagerer på stillestående dyr. Man mente tidligere, at *Tyrannosaurus rex* havde synssanser baseret på samme princip. Afstøbninger af hulrum i kraniet peger imidlertid på, at lugte-, syns- og hørecentre var veludviklede. I filmen påstås det, at den har haft verdens næstbedste lugtesans efter den nulevende kalkungrib, som efter sigende kan lugte et ådsel på 15 kilometers afstand. *Tyrannosaurus rex*' rekord er formentligt en gestus til filmens videnskabelige rådgiver Jack Horner, der som den eneste mener, at den var ådselsæder.

Alt er dog ikke vellykket med hensyn til *Tyrannosaurus rex*. Der er specielt én scene, hvor man hører dyret komme, længe før man ser det. Et er, at lyden af skridtene er alt for høj, svarende til at dyret decideret tramper i jorden af al kraft under gang. Den ville advare alt bytte, længe før den ankom. Et andet er dens gangtempo. Hvis man tager tid på tempoet, før den når frem, så tager det mellem 4 og 8 sekunder fra dyret løfter foden, til den sætter den ned igen. Dette er helt urealistisk, også selvom den sniger sig afsted. Det betyder nemlig, at en fuldvoksen *Tyrannosaurus rex* står og balancerer 8 sekunder på sin ene fod, før den sætter den anden ned igen.

Der er også alvorlige problemer, når det drejer sig om *Tyrannosaurus rex*' adfærd. I filmen bliver ungen såret, og heltene prøver at hjælpe den i deres autocamper. Forældrene finder dog frem til dem og får ungen tilbage. Men det er ikke nok. De går helt amok på autocamperen. Forklaringen på dette er, at ved at flytte ungen ud af disse dinosaurers

sædvanlige territorium, har man flyttet territoriets grænse, så autocamperen nu betragtes som en trussel inde i det udvidede territorium. Dette forklarer dog ikke, hvorfor ungens forældre vender tilbage til autocamperen for at tage den sidste hævn. Det er ikke normal dyreadfærd. Det eneste dyr, som er født hævngherrigt, er mennesket, så hvorfor tillægge dinosaurerne så menneskelige træk?



Figur. 4. *Pachycephalosaurus* indfanges. UIP foto

Jagtscenen

I filmen er der en storslået jagtscene på en slette, hvor en storsildtjæger med sine medhjælpere skal indfange dinosaurer. Den første dinosaur, som de indfanger, er *Pachycephalosaurus* (skallesmækker), en 5 meter lang planteæder, der har en 25 cm tyk kranieskal. Man har kun fundet kraniet af *Pachycephalosaurus*, men *Stegoceras*, en mindre 'tykhovede', er fundet mere komplet. Man har skønnet *Pachycephalosaurus*' størrelse ud fra størrelsesforskelle i kranierne på *Stegoceras* og *Pachycephalosaurus*.

På grundlag af *Pachycephalosaurus*' kranieform forestiller man sig, at dyrene har banket hovederne sammen i parringssæsonen. Dog er der

nogle, der mener, at dette ikke har kunnet lade sig gøre, idet kraniet er buet på sådan en måde, at det ville flække ved et kraftigt stød.

En anden dinosaur, der fanges under jagten, er andenæbsøglen *Parasaurolophus*, en 15 meter lang og 5-6 tons tung planteæder. Disse dyr har formentligt vandret på alle fire, men i faresituationer har de løbet på bagbenene. Det ser man også i filmen. Indfangningsteknikken virker meget besynderlig. Skal der indfanges dyr til en zoologisk have, vil man nok ikke, som i filmen, rive benene væk under dyrene, så de risikerer at brække noget i faldet. Der er fundet både hanner og hunner af *Parasaurolophus*. Begge køns næse-gange ender i lange, hule benkamme på hovedet. Disse har formentligt været brugt til at forstærke lyde med, både i parrings sæsonen og ved fare. I filmen brøler de med munden, hvilket ikke er helt gennemtænkt.



Figur 5. Hovedet af *Parasaurolophus*
Random House inc.

På sletten er der nogle store *Mamenchisaurus*, som er nogle ekstremt langhalsede og -halede sauropoder, op til 25 meter lange og omkring 27 tons tunge. Sauropoder er en fællesbetegnelse for de største dinosaurer. Der er en sekvens, hvor en motorcykel kører imellem benene på en *Mamenchisaurus*. Dette ville være det rene vanvid, idet det er umuligt at køre under bugen på dyret på grund af pladsmangel.

Tyrannosaurus rex maler byen blodrød

Tyrannosaurus rex hannen og ungen føres til San Diego, hvor de skal udstilles i en slags 'Jurassic Park Zoo'. Ungen flyves dertil, mens hannen ankommer med skib, hvor han er lukket nede i lastrummet. Da skibet

anløber havn, slipper *Tyrannosaurus rex* hannen løs, idet den skal ud og finde sin unge.

Dyrets adfærd i byen er interessant. Her har vi verdens største landlevende rovdyr, der for første gang kommer til storbyen. Den udviser ingen frygt, men opfører sig som om den altid har levet der. Den jager mennesker, biler, ja selv busser, som om det var hverdagskost. Det er ingen tilfældighed, at man finder paralleller mellem 'Lost World' og de gamle Godzilla- og King Kongfilm, idet Spielberg lod sig inspirere af dem.

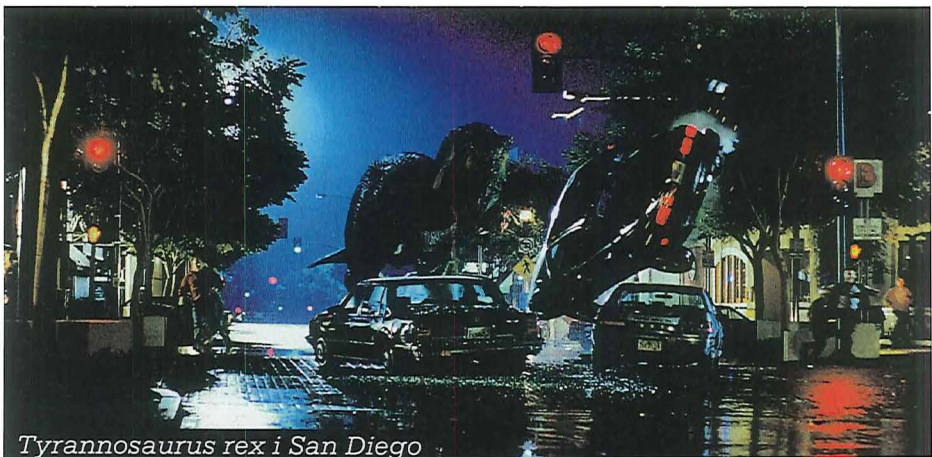
Om man synes om scenen eller ej, så må man sige, at den er utroligt godt lavet. Special effects-folkene har udført et flot arbejde, selvom man nok har valgt natscener for at gøre animationerne lettere. I fuldt dagslys kan alle detaljer jo ses.

Til det mere realistiske hører, at *Tyrannosaurus rex* hannen til sidst giver sin unge en såret skurk for at øve drabsteknik, som når en hunkat giver sine killinger mus at lege med.

Filmens afslutning

I filmen er det meningen at Isla Sorna skal opretholdes som et reservat. Denne ide er helt absurd af forskellige grunde. På øen ser man f.eks. nogle pteranodoner, som var havgående flyveøgler, med en levevis som de nuværende albatrosser. Da de fouragerer fra havet, er det tvivlsomt, om de vil nøjes med at holde sig til Isla Sorna.

Hos visse arter, f.eks. *Tyrannosaurus rex*, er der for få individer til at kunne opretholde artens bestånd, fordi genpuljen er for lille; indavl vil være konsekvensen.



Antallet af rovdyr på øen er også et problem. Jagttrykket vil blive alt for stort, idet der er for mange rovdyr i forhold til byttedyr på øen. Men som det siges i filmen: *'Life always finds a way'*.

Bogen

Michael Crichtons bog og Steven Spielbergs film har primært titlen og dinosaurerne tilfælles. Som i 'Jurassic Park' er der også her flere dinosaurer med i bogen, end der er i filmen. Desuden er historien i bogen blevet så forenklet og fordrejet med nye personer, at den ikke er til at kende i filmen.

Desværre går en masse tabt i filmen. Bogen er også meget filosofisk, men har selvfølgelig også en længere tid at virke over i forhold til filmen. Film har typisk kun to timer at gøre godt med, og det gør naturligvis, at meget fra bogen ikke er medtaget. Personkaraktererne fra bog til film er meget forskellige. Alt i alt er bog og film så forskellige, at en sammenligning er nytteløs. Men de kan læses/ses og nydes uafhængigt af hinanden.

En anden bog

'The making of the Lost World: Jurassic Park' (Ballantine books, New York) er en anden bog med nær tilknytning til filmen. Den flotte bog lader os bl.a. kigge ind bag kulisserne til 'Jurassic Park'. Eksempler på figurer herfra ses i fig. 1, 3 og 5.

Figur 2, 4, og 6 er stillet til rådighed af Universal Studios.

