

DINOSAURÆG FRA HIMALAYA

Jesper Milàn og Robert Feidenhans'1

For omkring 30 år siden blev der fundet en række interessante æg-lignende fossiler i Himalaya Bjergene. Fossilerne blev fundet af lokale indere på vandretur langs en gletscher i Karakoam Passet mellem Indien og Kina (Tibet). De æg-lignende fossiler blev ved en senere lejlighed foræret til en dansk turist, der besøgte området, og som siden har haft dem liggende som kuriositeter i sin stensamling, indtil nysgerrigheden for nyligt blev for stor. Han besluttede at vise dem til Geologisk Museum for at få afklaret, om der virkelig var tale om forstenede æg, eller om det bare var et af naturens luner, der havde skabt den specielle form. Det viste sig hurtigt, at der virkelig var tale om to flotte, utroligt velbevarede fossile æg.

De to æg er af forskellig størrelse, det største af dem måler 7,5 x 6,6 centimeter, men det ser ud til at det oprindeligt har været kugleformet, da bunden af ægget er let komprimeret (figur 1). Det andet æg er lidt mindre og måler 4,6 x 4,4 centimeter, og også det ser ud til at være let komprimeret og har oprindeligt været kugleformet (figur 2). Skallen på de to æg er forskellig af udformning. Overfladen på det store æg er glat og tæt besat med små gruber, mens overfladen på det mindre æg er nubret af små tuberkler.



Figur 1. Velbevaret dinosauræg fundet langs en gletscher i Himalaya. Ægget, der måler 7,5 centimeter i diameter, er komplet og er kun blevet let komprimeret under fossiliseringen. (Foto: Ole Bang Berthelsen).



Figur 2. Det mindre æg måler 4,6 centimeter i diameter og er meget velbevaret.

Desværre var det ikke muligt at få nogle præcise oplysninger om fundstedet, andet end at de var fundet liggende løst langs gletscheren, og da finderne ikke var geologer, kunne de ikke bidrage med informationer om de lokale geologiske forhold eller alderen på sedimenterne i området. Men på baggrund af æggenes størrelse, form og skalstruktur er det muligt at identificere dem som dinosauræg.

DINOSAURÆG

Dinosaurerne lagde æg ligesom de fleste andre reptiler, og ligesom hos deres nulevende efterkommere fuglene havde dinosaurernes æg en tyk hård kalkskal, i modsætning til de mere læderagtige æg som eksempelvis krokodiller og skildpadder lægger.

Alle dinosauræg er opbygget af en indre skalmembran og et ydre kalcitisk lag bestående af prismatiske sammenvoksede kalkkrystaller. Hver enkelt krystal vokser op fra den indre organiske skalmembran, og det mønster, de enkelte krystalprismer er sammenvokset i samt formen på prismerne, bruger man til at skelne forskellige typer af dinosauræg fra hinanden.

I selve skallen findes en række porer, der sørger for gasudveksling mellem ægget og omverdenen, og disse porer kan som regel ses under et mikroskop. Antallet og udformningen af porerne varierer fra ægtype til ægtype, og er også en faktor man bruger, når man bestemmer fossile æg.

Problemet med fossile æg er selvfølgelig med sikkerhed at sige, hvilke typer dinosaurer de forskellige typer æg stammer fra, da man ikke har nulevende eksemplarer at sammenligne med. Heldigvis kender man nu mange tilfælde fra andre steder i verden, hvor der er fundet velbevarede forstenede dinosaurer med æg og i nogle tilfælde med fostre i. I tilfælde hvor man har et foster bevaret i selve ægget, er det rimeligt nemt at identificere æglæggeren. Dog skal man tage i betragtning, at dyrenes proportioner og størrelse udvikler sig meget, fra de er nyudklækkede med en kropslængde på under en meter, til de er fuldvoksne individer på eksempelvis op til 25 meters længde eller mere, som mange af de store sauropoder kunne blive. Derfor er det som regel kun muligt at sammenkoble bestemte former for æg til de mere overordnede grupper af dinosaurer. Eksempelvis er æggene fra rovdinosaurer meget stærkt ellipsoformede, og æggene fra kæmpesauropoder som *Brachiosaurus* er kuglerunde. Æggene fra planteædende andenæbsøgler som *Iguanodon* er oftest cirkulære til ægformede.

I ganske få tilfælde er det lykkedes med sikkerhed at koble æg sammen med en bestemt dinosaur. Fra Mongoliet kender man fossilet af en dinosaur, en *Oviraptor*, der blev begravet, mens den lå og beskyttede sin rede. Dyret lå med benene trukket op under sig, og rundt om den lå en ring af æg, som den beskyttede med sine arme, præcis den samme stilling som moderne fugle ligger i, når de ruger på deres æg. Men sådanne tilfælde er ekstremt sjældne, og som regel må man nøjes med et mere generelt bud på, hvem ægget stammer fra.

HVEM LAGDE ÆGGET?

Den cirkulære form på æggene og den ornamenterede overflade minder mest om ægget fra en sauropoddinosaur (figur 3), dog er æggene med en diameter på 7,5 henholdsvis 4,6 centimeter temmelig små i forhold til andre sauropodæg, der typisk er mellem 10 og 20 centimeter i diameter. Det var dog ikke alle sauropoderne, der udviklede sig til de kendte gigantiske former på 20-30 meters længde. I dag kender man til dværgformer fra Europa, der ikke blev længere end 6-8 meter i fuldvoksen tilstand. Disse dværgformer havde udviklet sig i isolation på de mindre øer, som Mellemeuropa bestod af i Juratiden, en udvikling meget lig den der kendes for dværg- elefanter på øerne i Middelhavet.

For at forsøge at bestemme nærmere hvilken type dinosaur det store af æggene stammer fra, blev der forsigtigt udtaget et lille stykke på ca. 5 x 5 millimeter af æggeskallen. Ud fra dette stykke blev der fremstillet et tyndslib, så det i et mikroskop var muligt at se krystalstrukturen og de enkelte krystaller, æggeskallen er opbygget



Figur 3. Den cirkulære form og overfladens struktur på det store æg minder mest om ægget fra en sauropoddinosaur. Dog er størrelsen på ægget i den lille ende, sammenlignet med andre sauropodæg, der er fundet rundt omkring i verden.

af. Desværre viste det sig, at æggeskallen var rekrystalliseret på et tidspunkt mellem fossiliseringsprocessen og nu, så de enkelte krystaller havde mistet deres form og var meget svære at erkende. Porerne i æggeskallen var også blevet udfyldt, men det var dog stadig muligt at erkende dem i mikroskopet. Disse kunne blot bruges til at konstatere, at der virkelig var tale om et æg.

NEUTRONTOMOGRAFI

Da ægget var stort set perfekt bevaret og ikke viste tegn på at være klækket, var det oplagt at undersøge, om der skulle være fosterknogler bevaret inden i det. Fosterknogler er meget sjældne at finde fossilt, da fostrenes knogler er uhyre tynde og desuden dårligt forkalkede, og de har derfor meget dårlige chancer for at blive bevaret fossilt. Dog kendes der nu flere steder i verden, hvor der er fundet forstenede knogler af dinosaurfostre i forbindelse med udgravninger af forstenede reder. I enkelte ekstremt heldige tilfælde har man fundet velbevarede dinosauræg med stort

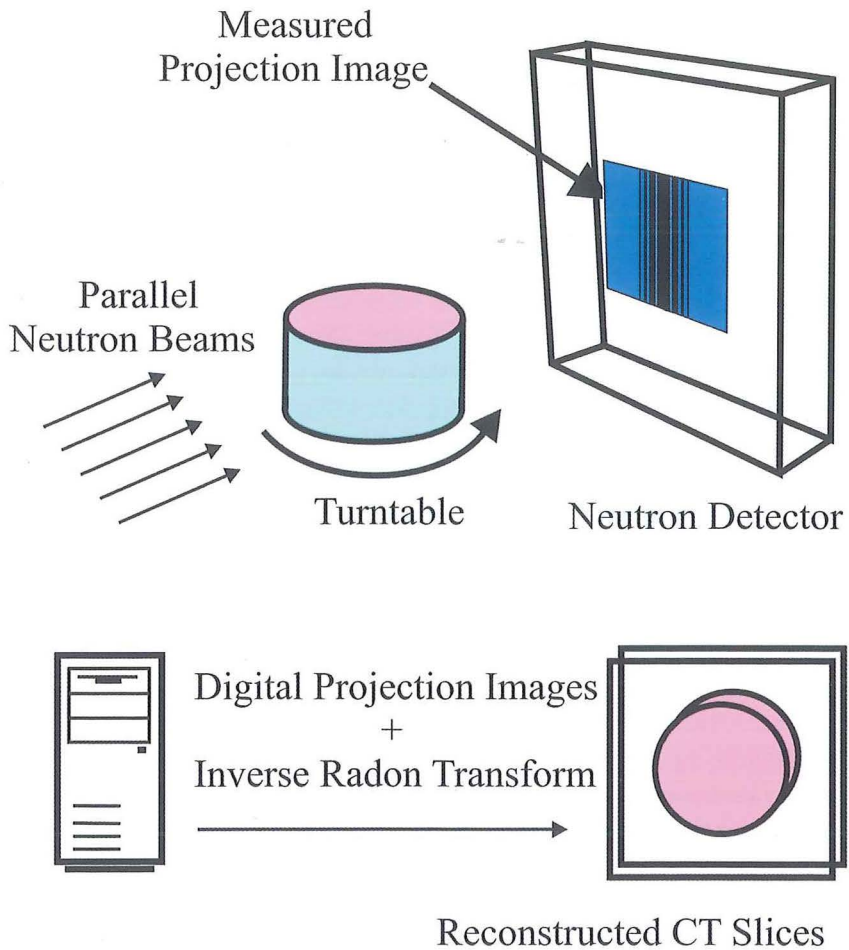
set komplette fostre indeni. Dog skal det siges, at fordi et fossilt æg ser komplet ud, er der absolut ingen garanti for, at der er rester af fostre indeni. For det første kan ægget være blevet begravet og fossiliseret på et så tidligt stadie, efter ægget er blevet lagt, at fostrene ikke har nået at udvikle sig tilstrækkeligt inden i ægget, til at noget har kunnet bevares. Der kan også være tale om døde eller ubefrugtede æg, hvor der aldrig har været udviklet et foster.

Den simpleste måde at undersøge om et forstenet æg indeholder fosterknogler er at skære det igennem og polere fladerne, så vil man kunne se de fine knogler i den matrix, der har fyldt ægget. Dog er dette en destruktiv metode, der ikke kunne komme på tale at benytte til et så smukt og velbevaret æg som dette.

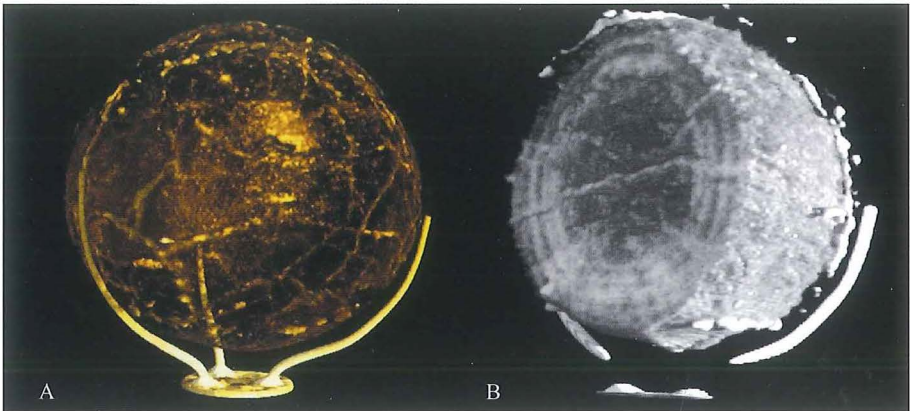
Derfor blev det først forsøgt at benytte røntgenradiografi med forskellige intensiteter til at fotografere ægget, i håb om at noget ville kunne ses på billederne. Røntgenstråling har den egenskab, at den vekselvirker svagt med stof, og derfor kan trænge ind gennem et fossil, såfremt fossilet ikke er for tykt. 7,5 centimeter er forholdsvist meget for standard røntgenkilder, idet høj gennemtrængning kræver høj røntgenenergi. Røntgenbillederne viste dog ikke strukturer inden i ægget, der bare fremstod som en tåget masse på billederne. I stedet besluttede vi at forsøge at bruge neutroner, der på mange måder minder om og bruges som røntgenstråler, men som har en ganske anden kontrastmekanisme. Kontrasten mellem forskellige dele af fossilet fremkommer ved små forskelle i absorptionen af røntgenstrålen, som afhænger af tætheden af stoffet, og af hvilke grundstoffer der er til stede – jo højere atomnummer for grundstoffet jo højere absorption. Bruges neutroner er absorptionen meget mere tilfældigt fordelt mellem grundstofferne i det periodiske system, og man kunne derfor håbe på at se et andet resultat end med røntgenstråling. Ydermere har neutroner en meget højere gennemtrængning og ville også kunne bruges ved noget større fossiler end dette æg. Desværre er neutroner vanskeligt tilgængelige, idet de typisk produceres i en reaktor, som for eksempel Forskningscenter Risø's nu hedengangne DR3 reaktor, der ellers ville have været optimal til den type målinger. Men via et samarbejde med en forskningsgruppe ledet af Franz Pfeiffer ved Paul Scherrer Institutet (PSI) i Schweiz lykkedes det os at få adgang til den helt nye forskningsreaktor FRMII opført ved Garsching i Tyskland.

Princippet i målingen er vist i figur 4 og er identisk med princippet bag røntgen-tomografimålinger. En neutronstråle gennemlyser en prøve, der er anbragt på et 'drejebord' (turntable). Gennemlysningen registreres på en to-dimensional detektor, svarende til en fotografisk plade. Prøven – dvs. ægget – drejes en lille smule (for eksempel 1 grad) og der tages et nyt billede. Dette gentages 360 eller flere gange, så man har en række billeder af ægget fra mange forskellige vinkler. Ved hjælp af snedige matematiske algoritmer og computerkraft kan den tre-dimensionale struktur af ægget rekonstrueres med høj opløsning (figur 5).

Computed Tomography



Figur 4. Princippet bag neutrontomografi taget fra Paul Scherrer Instituttet (PSI's) hjemmeside. Neutronstrålen kommer ind fra venstre, gennemlyser prøven, og der optages et billedet på en to-dimensional detektor. Prøven drejes en smule og processen gentages som regel flere hundrede eller tusinde gange. Den tre-dimensionale struktur kan derefter rekonstrueres med hjælp af rekonstruktionsalgoritmer og rå computerkraft.



Figur 5. Neutrontomografi billede af dinosaurægget. A. Billedet er taget fra en tre-dimensionel model, der kan roteres frit, så man kan se de indre strukturer fra alle vinkler. B. Det er også muligt på computeren at lave forskellige to-dimensionale snit ind gennem ægget for at vise de indre dele. Desværre viste det sig, at der ikke var noget spændende inden i ægget. De strukturer der kan ses, stammer fra mineraludfældninger langs sprækkerne i ægget.

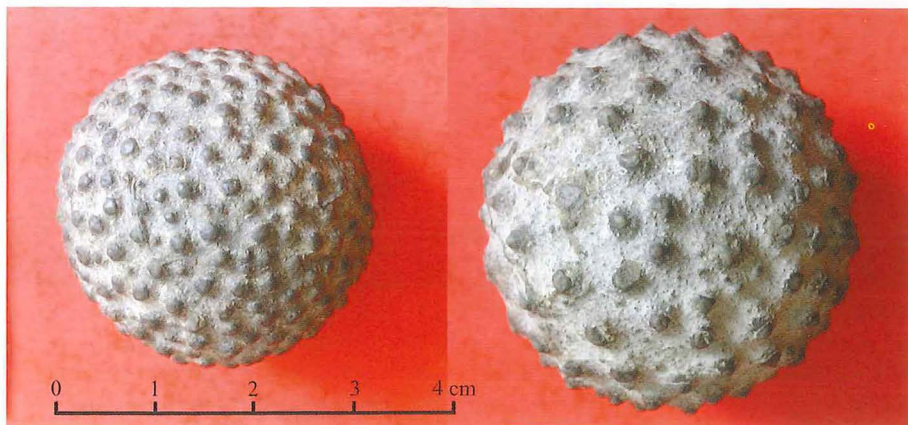
Desværre indeholdt ægget ingen interessante strukturer, men den flotte rekonstruktion med den høje opløsning bør bemærkes. Med disse moderne teknikker er den rumlige opløsning som 'tommelfingerregel' cirka 1/1.000 af prøvens størrelse, så for især små prøver kan en uhørt høj opløsning opnås. Desuden arbejdes der i øjeblikket med en ny teknik, der baserer sig på målinger af neutron- (eller røntgen-) strålens fase, som er cirka hundrede gange mere følsom for små ændringer i fossilet end målinger af intensiteten af strålen, og vil derfor potentielt kunne afsløre nye detaljer. Dette arbejde foregår også i samarbejde med PSI gruppen.

Så selvom man står og har fået fingrene i, hvad der umiddelbart ligner det perfekte fossile æg, og har højteknologisk udstyr til rådighed, så er det altså absolut ingen garanti for, at man kan bestemme noget som helst med sikkerhed, andet end at det er et fossilt æg, og at det mest sandsynligt stammer fra en sauropoddinosaur.

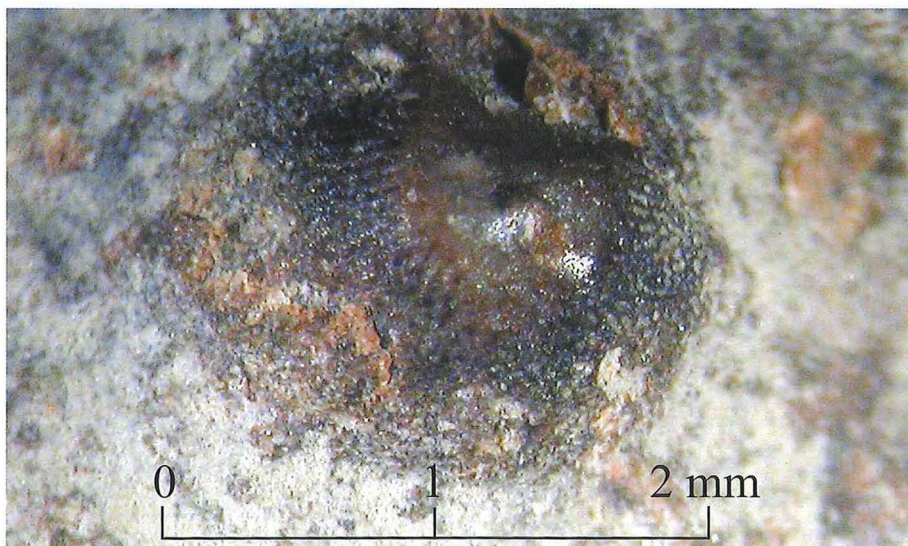
MYSTISKE 'NØDDER'

I det samme område som dinosauræggene blev fundet i, blev der også fundet to besynderlige fossiler, som det ikke umiddelbart har været muligt at identificere. Fossilerne er kugleformede og let sammentrykte (figur 6). De er henholdsvis 3,1 og 3,4 centimeter i diameter og deres overflade er tæt besat af små ornamenterede tuberkler, der i struktur minder lidt om hæftningsstedet for piggene hos et søpindsvin (figur 7). Den regulære cirkulære form uden nogen form for symmetrimønstre minder imidlertid ikke om noget, der er kendt fra søpindsvin eller nogen anden gruppe af pighuder. Det har også været foreslået, at der er tale om en form for nød eller kerne,

men igen er det et problem, at der ikke er noget vedhæftningssted for stilken eller en todeling af fossilet. Så hvis nogle af VARV's læsere har et bud på, hvad disse to mærkelige 'nødder' er, vil vi være meget taknemmelige.



Figur 6. De to mystiske 'nødder'. Fossilerne er kugleformede, let fladtrykte og besat med små ornamenterede tuberkler. Tuberklerne på den store af 'nødderne' er betydeligt større end på den lille, men ornamenteringen af dem er ens.



Figur 7. Nærbillede af en af tuberklerne fra den store af 'nødderne', bemærk den fine ornamentering på siderne. Den glatte spids på tuberklen kan være et resultat af slid, da nogle af tuberklerne også synes at have rester af ornamentering ude på spidsen.