

# HALKIERIA

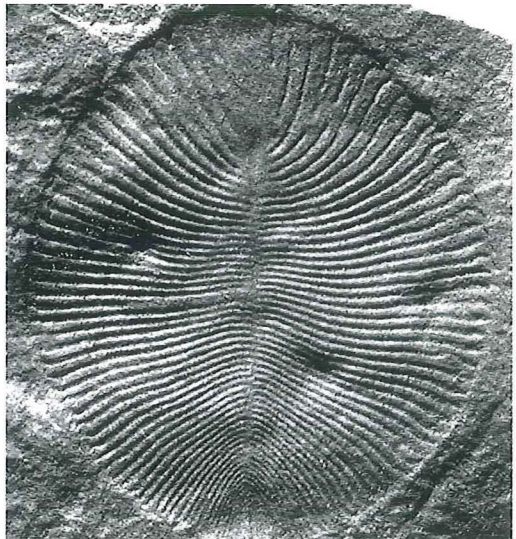
## - ET FOSSIL FRA NEDRE KAMBRIUM

Jakob Vinther

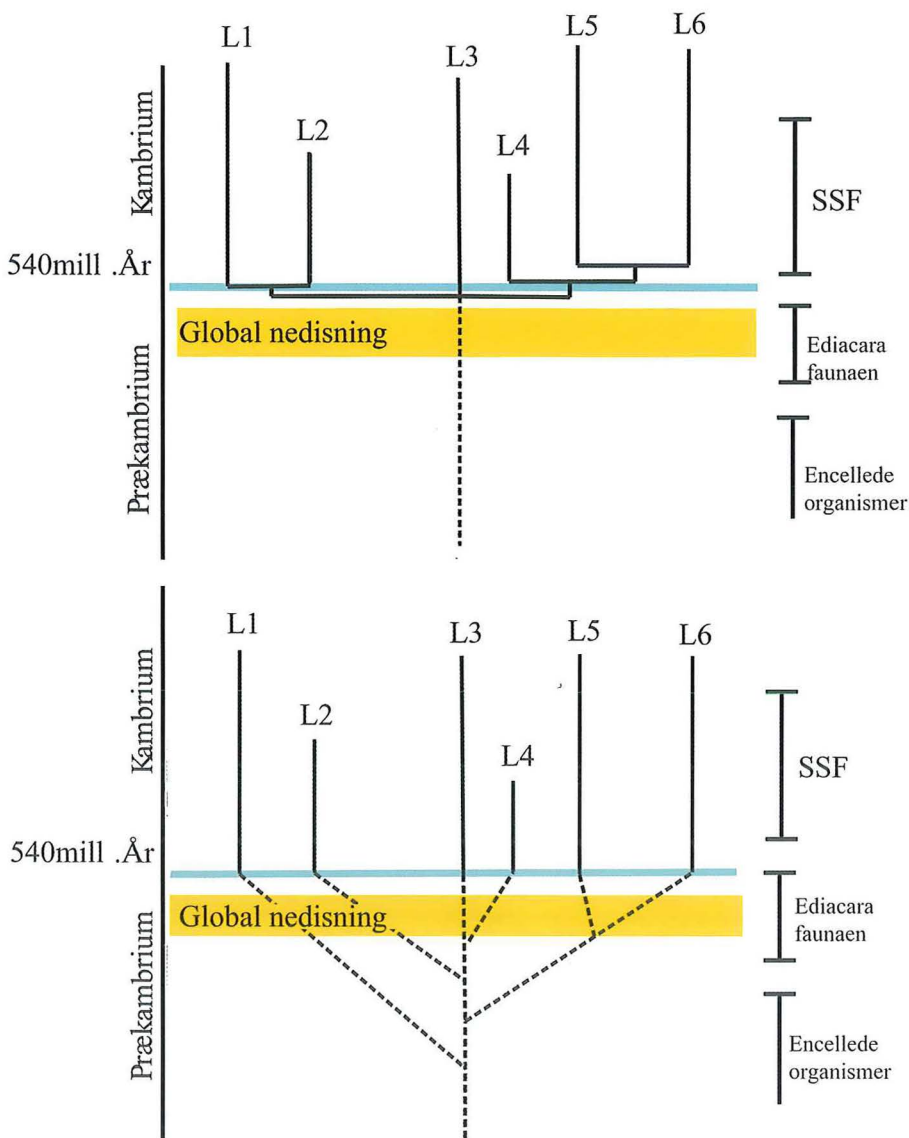
Ved overgangen fra Prækambrium til Kambrium for ca. 540 millioner år siden ses en markant ændring af dyreverdenen. I den geologiske lagfølge ser man livets udvikling i form af fossiler, og omkring grænsen Prækambrium - Kambrium opstår en rigdom af flercellet liv, hvor der før kun levede encellede organismer. Dette kaldes 'den kambriske eksplosion' på grund af den tilsyneladende kraftige udvikling indenfor et relativt kort tidsrum. Næsten alle rækker af de dyregrupper, vi ser i dag, ser ud til at opstå helt tilbage ved 'den kambriske eksplosion'.

For ca. 3,9 milliarder år siden finder man de første tegn på liv på Jorden, og op igennem Prækambrium eksisterede der encellede organismer og mikrobielle måtter, der voksede på havbunden. Umiddelbart før 'den kambriske eksplosion' fandtes der over hele Jorden en særlig fauna af primitive organismer, som kaldes Ediacara-faunaen efter en lokalitet i Australien. Denne samling af organismer, der er bevaret som aftryk i sand og muddersten, har ikke haft et hårdt skelet. Fossilerne er typisk flade, runde aftryk med et mønstre af forskellig type eller også er de udviklet som aflange, vifteformede individer. Ingen af Ediacara-dyrene har en decideret bilateral symmetri, men i stedet en slags radiær symmetri, hvilket er typisk for nutidens polyptydyr (f.eks. vandmænd og søanemoner), der betragtes som primitive i forhold til bilateralt symmetriske dyr (figur 1). Det skal dog bemærkes, at Ediacara-fossilerne slet ikke ligner nutidens polyptydyr.

Denne fauna bliver i Nedre Kambrium afløst af en fossil-fauna, der mest består af små skal-



*Figur 1. Typisk Ediacara-fossil fra Prækambrium.*



Figur 2. Diagram som viser, hvordan 'den kambriske eksplosion' kunne have taget sig ud for 540 millioner år siden. På diagrammet er der vist, hvor grænsen mellem Prækambrium og Kambrium ligger (blå streg). Der er vist et tænkt slægtskabstræ, hvor der igennem Prækambrium findes en enkelt linje af en organisme, som ved overgangen til Kambrium udvikler sig til talrige nye linjer af dyr. Det orange bånd markerer den globale nedising umiddelbart før 'den kambriske eksplosion'. De forskellige fossile faunaer, der er nævnt i teksten er markeret.

ler typisk med hvælvet eller konisk form. Populært kaldes dette fossilselskab med en engelsk betegnelse Small Shelly Fossils – SSF. Det er skaller, der er bevaret som fosfatiserede aftryk eller som stenkerner. De skaller, der primært var fosfatiske, har bevaret den originale sammensætning. Skallerne er bilateralt symmetriske og viser, at der nu fandtes mere komplekse dyr. Mange kan endda henføres til nulevende grupper af dyr, såsom brakiopoder (armfødder), mollusker (bløddyr, f.eks. snegle og muslinger), artropoder (f.eks. krebsdyr og trilobitter). Andre SSF-organismer har et mere diskutabelt slægtskab med nulevende dyrerækker. Dette er emnet for denne historie.

Længere oppe i lagserien - i den øvre del af Nedre Kambrium og i Mellem Kambrium - kendes såkaldte 'Lagerstätten', som er lokaliteter med sediment, hvori der findes særligt velbevarede fossiler. 'Lagerstätten' kendes fra hele den geologiske lagsøjle. Der er således fundet fossiler, hvor aftryk af bløddele er bevaret og fossiler, hvor skaldelene normalt er gået fra hinanden - men her er de bevaret intakt. Et berømt eksempel på en 'Lagerstätte' er den mellem kambriske Burgess skiffer fra British Columbia i Canada (VARV 1999,1). Nyere lokaliteter er Chengjiang i Kina som er endnu ældre - fra Nedre Kambrium - og Sirius Passet fra Nordgrønland, som vil blive omtalt nedenfor. Disse 'Lagerstätten' giver et uvurderligt indblik i, hvordan den forhistoriske verden så ud.

Der diskuteres livligt, hvorfor livet udvikledes så kraftigt under 'den kambriske eksplosion'. Nogle mener, at en global istid umiddelbart forinden (figur 2) kan have forårsaget den eksplosive udvikling.

Der er mange mysterier i Nedre Kambrium. Et af disse skal beskrives her. Det er en historie der går lige fra fundet af de allerførste skæl af fossilet, og om hvordan man i tidens løb har forestillet sig, at dyret har set ud, og om hvordan det har været beslægtet. Det er historien om det nedre kambriske fossil, man kalder for *Halkieria*.

## BEGYNDELSEN

Den danske palæontolog Christian Poulsen (1896-1975) var professor ved Københavns Universitet og havde været inspektør på Mineralogisk Museum (nu Dansk Naturhistorisk Museum) på Østervoldgade. Han arbejdede især med den uddøde gruppe artropoder, som kaldes trilobitter (nært beslægtet med nutidens spindlere). Han var forfatter til en række velrenommerede værker om trilobitter især fra Grønland og det nordlige Canada. I sine unge dage omkring 1935 indsamlede Christian Poulsen fossiler i de nedre kambriske aflejringer på Bornholm, som tidligere kaldtes 'de grønne skifre' (i dag henregnes de til Læså Formationen). 'De grønne skifre' er en sandet siltsten, der er utrolig rig på sporfossiler og fosforitkonkretioner. I fosforitkonkretioner fandt Christian Poulsen - formentlig efter

langt tids indsamling - en lang række fossiler. Et forholdsvist almindeligt fossil er de lange koniske skaller af såkaldte hyolitter, som er en mystisk gruppe af organismer, som eksisterede igennem Palæozoikum frem til periodens slutning ved Perm for 250 millioner år siden. Materialet henlå i mange år og først i 1967 ved sin pensionering fik Christian Poulsen materialet beskrevet.

Et af de fossiler, han beskrev, var nogle ikke tidligere kendte skaller med en hul, konisk form og ribber på overfladen (figur 3). De blev opkaldt efter Mineralogisk Museums daværende fotograf Christian Halkier, som havde stået for det fotografiske arbejde af fossilerne. Christian Poulsen mente, at disse 'nye' skaller formentlig var beslægtet med de nævnte hyolitter, der er dyr som

omsluttedes af den koniske skal, som de sekrede. Han fandt to arter, som han kaldte *Halkieria obliqua* og *Halkieria symmetrica*. Det skulle senere vise sig, at dyret som havde lavet skallerne, så helt anderledes ud end forventet.

Op igennem halvfyrdserne kom en ny generation af forskere, som tog fat på 'den kambriske eksplosion', Burges skifferen og SSF-dyrene. De



A



B



C



D

Figur 3. A. Broens Odde på Bornholm, som er typelokaliteten for de Grønne Skifre.

Nederst (B, C og D) de første løse skæl af *Halkieria*, som Christian Poulsen beskrev i 1967.

B og C er skæl beskrevet som *H. obliqua*, D er et skæl beskrevet som *H. symmetrica*. I dag regnes de for samme art *Halkieria obliqua*. Skællene er af den såkaldte cultrate form.

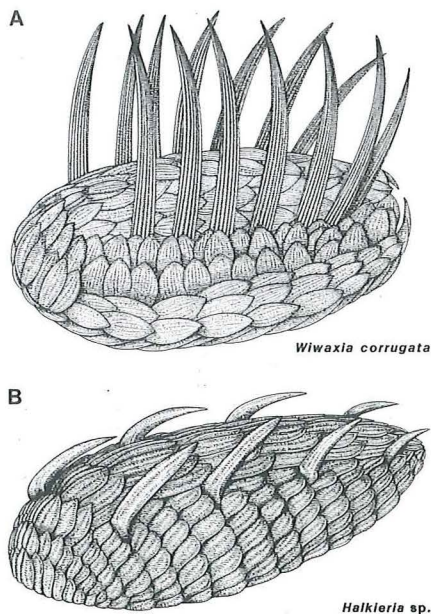
Billedet er lånt fra den originale publikation: Poulsen C. 1967, Fossils from the Lower Cambrian of Bornholm, De Kongelige Danske Videnskabers Selskab.

undersøgte de fossiler, man kendte fra Burgess skifferen og begyndte at overveje, om ikke nogle af de skaller man fandt i fosforitkonkretionerne i nedre kambriske lag kunne være en del af større organismer i stil med, hvad man finder i Burgess skifferen. Man havde sidenhen også fundet flere fossiler af *Halkieria*. Alle var hule skaller, men basis af skallen var indsnævret. Det er umiddelbart svært at forstå, at et dyr kunne bebo en sådan skal, og forskerne begyndte at overveje, om de hule skaller ikke kunne være et ud af flere skæl på en større organisme.

I Burgess Shale findes et fossil, man kalder for *Wiwaxia*, der er et ejendommeligt dyr, som har haft tætte rækker af organiske skæl på ryggen og i siderne (figur 4, øverst). Undersiden har været nøgen, og man finder ofte et tandapparat i forenden af dyret.

To forskere, Stefan Bengtson og Simon Conway Morris, den første fra Naturhistoriska Riksmuseet i Stockholm og specialist i Small Shelly Faunaer den anden fra Cambridge og berømt for arbejdet med mange af de mystiske dyr fra Burgess skifferen - bl.a. også *Wiwaxia*. De to foreslog i en artikel i 1984, at *Halkieria* var beslægtet med *Wiwaxia*, og at *Halkierias* skæl havde siddet på samme måde som skællene hos *Wiwaxia*. De lavede ydermere en rekonstruktion af *Halkieria* ud fra denne hypotese (figur 4, nederst). *Wiwaxia* har forskellige typer skæl på ryggen og på siden, og det passer med, at man også finder flere typer skæl fra *Halkieria* i samme aflejrning.

Man var nu begyndt at arbejde med at *Halkieria* som en mere kompliceret organisme.



Figur 4. Bengtson og Conway Morris' rekonstruktion af *Wiwaxia* og *Halkieria* fra 1984 før man vidste, hvordan *Halkieria* så ud.

Figur fra: Bengtson S. and Conway Morris S. 1984: A comparison of the Lower Cambrian *Halkieria* and the Middle Cambrian *Wiwaxia*. *Lethaia* 17, 307-329. Figur venligst stillet til rådighed af Lethaia, a Taylor & Francis Journal.

## OPDAGELSEN AF SIRIUS PASSET OG *HALKIERIA EVANGELISTA*

I løbet af 1970-erne og starten af 80-erne foretog Grønlands Geologiske

Undersøgelse en kortlægning af det nordlige Grønland, og var i 1984 i gang med kortlægning og geologisk undersøgelse af den østlige del af J. P. Koch Fjord. Her fandt man i nedre kambriske sorte skifre (Buen Formationen, figur 5) velbevarede havsvampe, hvilket ikke er særlig almindeligt. Året efter tog geologerne dertil igen og fandt flere fossiler, bl.a. velbevarede artropoder og orme. Alt dette viste, at de havde at gøre med en 'Lagerstätte' i stil med Burgess Shale. Men denne var blot endnu ældre.

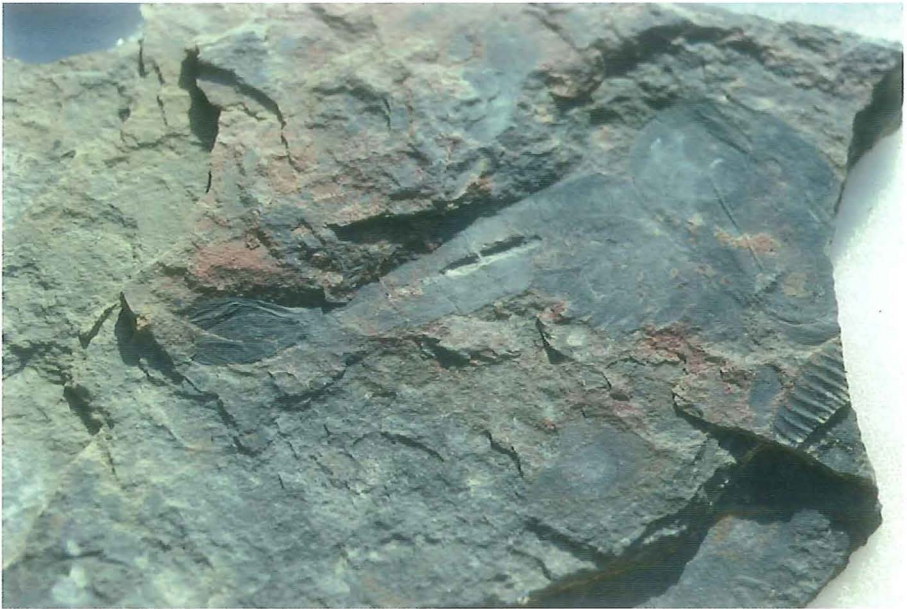
De kontaktede Simon Conway Morris i Cambridge, som naturligt nok var yderst interesseret i at kigge på det nye materiale. I 1989 blev en ekspedition sat i værk udelukkende med det formål at undersøge lokaliteten, som havde fået navnet Sirius Passet, og samle flere fossiler. Blandt deltagerne var Simon Conway Morris og en britisk palæontolog fra GGU, John S. Peel (figur 6), som har været involveret i udforskningen af Palæozoikum i hele Grønland. De fandt mængder af forskellige



*Figur 5. Pilen markerer Sirius Passet i Nordgrønland.*



*Figur 6. John S. Peel på fossiljagt i blotningerne af Buen Formationen, ved Sirius Passet, Nordgrønland. Foto: Jon Ineson.*



Figur 7. En artropod -Waptia - fra Sirius Passet. Waptia kendes også kendes fra Burgess skifferen i Canada og Chengjiang i Kina. Foto: Jon Ineson

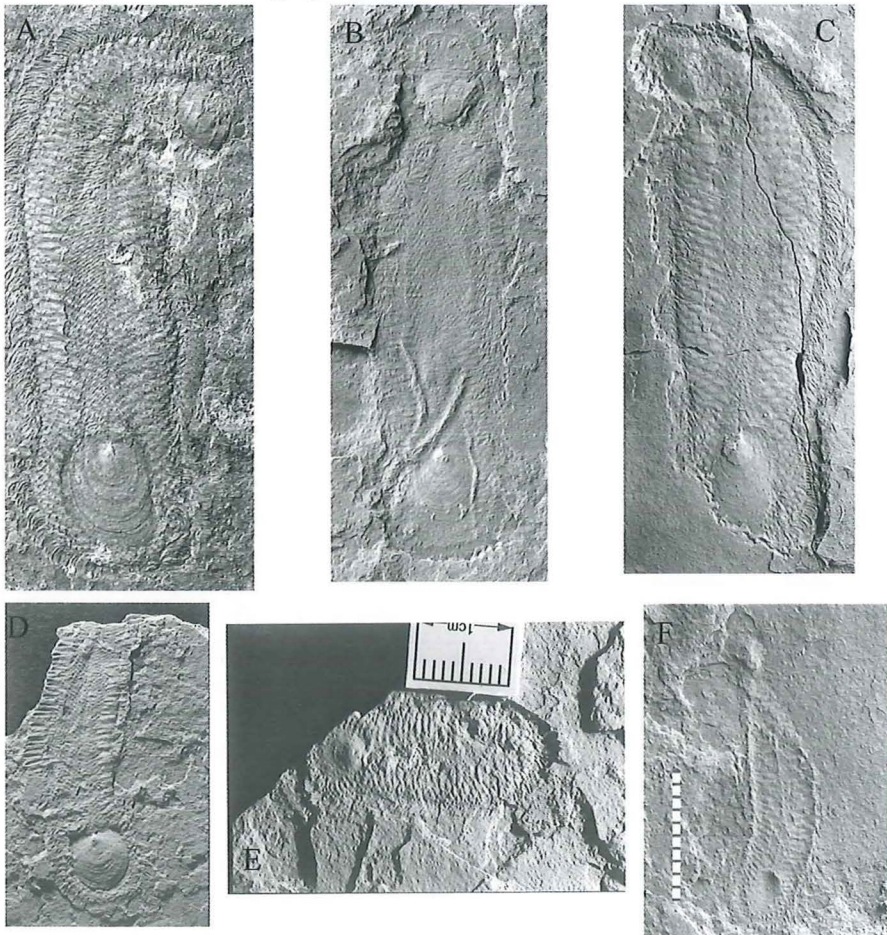
artropoder (figur 7), som minder om de man finder i Burgess skifferen. De fandt bl.a. også de ældst kendte børsteorme. Det fossile, der vakte størst opstandelse var et fossile de fandt allerede den første dag, et fladtrykt ormelignende fossile med rækker af skæl og to større plader på kroppen. Conway Morris var ikke i tvivl, han havde set disse skæl før, men som løse skæl. Det var et helt eksemplar af *Halkieria* de stod med. Et flot eksemplar, som derfor også blev gjort til holotype (figur 8, A og forsidebilledet). *Halkieria* var som Conway Morris og Bengtson regnede med et dyr med rækker af skæl på ryggen og i siderne. Det kom som en overraskelse, at den også har to større plader på ryggen, én foran og én bagpå. Det viste sig endvidere, at de havde byttet om på skælzonerne i deres første rekonstruktion (figur 4). En sidste overraskelse var, at *Halkieria* har endnu en zone af skæl langs hele randen og som støder ned til den nøgne underside. Disse skæl er tynde, krumme og pigformede.

Trods dårligt vejr indsamlede ekspeditionsdeltagerne ikke mindre end 21 eksemplarer af halkieriider, og året efter i 1990 kom en foreløbig beskrivelse af fossilerne i fagtidsskriftet Nature, med holotypen (museumsnummer MGUH 19728) som forsidebillede. To senere ekspeditioner i 1991 og 1994 resulterede i, at der er ikke mindre end 68 eksemplarer af halkieriider fra Sirius Passet.

## Beskrivelse af *Halkieria evangelista*

Fossilerne blev beskrevet i en stor artikel af Simon Conway Morris og John Peel i 1995 og fik navnet *Halkieria evangelista*. Navnet skyldes, at det for palæontologerne var som en åbenbaring til den nedre kambriske verden.

Fossilerne varierer i størrelse fra 1,5 centimeter til ca. 8 centimeter, så der er en væsentlig forskel i størrelse på dem. Alle fossilerne viser dog, at man har at gøre med en organisme, der har en nøgen underside og en rygside dækket af to skaller og tre zoner af taglagte skæl.

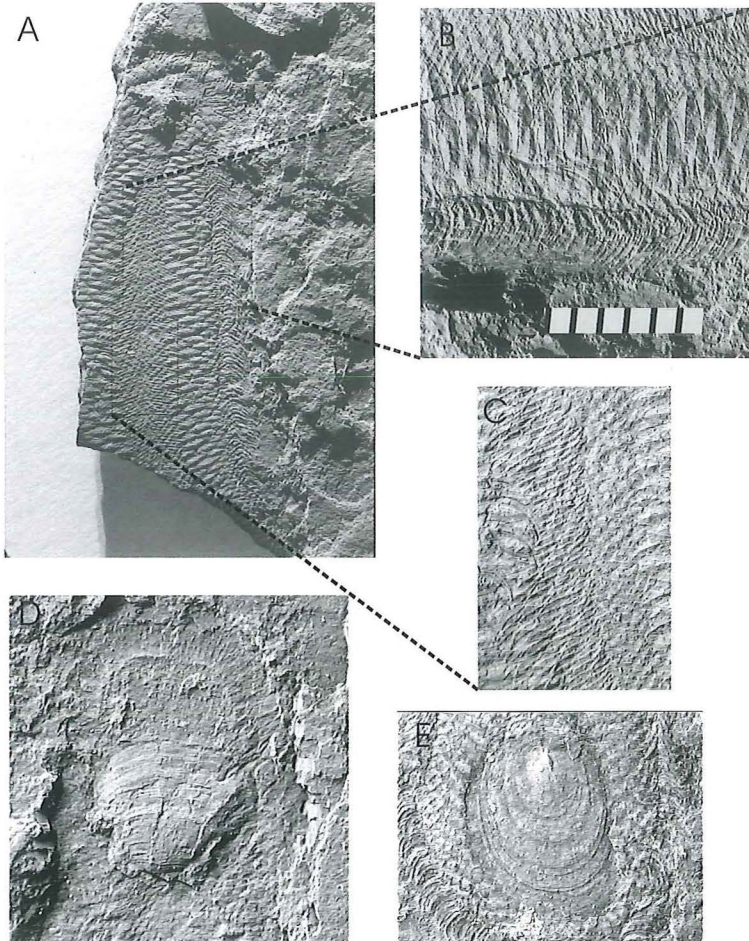


Figur 8. Nogle af de mest imponerende eksemplarer af *Halkieria* fra Sirius Passet. A. Holotypen MGUH19728, længde ca. 6 centimeter; B. MGUH19729, længde ca. 7 centimeter; C. MGUH19730, længde ca. 5 centimeter; D. SMX24926, eksemplar opbevaret i Cambridge; E. lille ubeskrevet eksemplar fra Cambridge (4578), længde ca. 2,3 centimeter; de små konkektioner midt på dyret er diagenetisk omdannet tarmindhold; F. MGUH19732 et lille eksemplar, længde ca. 2,4 centimeter.



De to store skaller sidder i hver sin ende, én foran og én bagved. Den forreste er næsten trekantet i omrids og den bagerste er tilnærmelsesvis oval. På dem begge ses tydelige vækstlinjer, som indikerer at skallen har vokset ved tilførsel af skalmateriale langs periferien (figur 9 D og E).

Imellem de to skaller findes to bånd af skæl langs midtlinjen. Skællene er ca. en millimeter store, ornamenteret med ribber og ligger i et krydsmønster - i skrå rækker - som løber bagud fra siden ned mod midtlinjen. Disse kaldes for palmate skæl.



Figur 9. Detaljer på Halkieria. A. billede af hele eksemplaret SMX 24911, længde ca. 5,5 centimeter - et eksemplar med særdeles velbevaret skælkledning. B. udsnit af SMX24911 (A) hvor de tre skælzoner ses, øverst; de palmate skæl, imellem; de store cultrate skæl og nederst de siculate skæl. C. detalje af midtregionen hvor de mærkelige ribber ses. D, nærbillede af forreste skal på MGUH 19729, E. Nærbillede af bagerste skal på holotypen MGUH19728.

Udenom de palmate skæl og rundt om de to store skaller er der en anden zone af skæl, som kaldes de cultrate. Disse skæl er større og ligeledes ornamenteret med ribber liggende i et krydsmønster (figur 9 B).

Visse steder kan skællene ses at være hule, ligesom der har været et slags kanalsystem i skalvæggen. Ved basis er skællet forsynet med en indsnævret åbning fra hulrummet og ud. Det må antages, at skællet her var forankret til kroppen af *Halkieria*. Langs hele randen af dyret sidder en sidste zone af skæl. Disse er tynde og krumme og mere pigformede end de andre og kaldes siculate skæl ( figur 9 B).

Alle fossilerne har besynderlige parallelle og tætsiddende ribber. De er presset mod resten af fossilet og ligger i den palmate og cultrate zone (figur 9 C). Ribbernes funktion er stadig uklar, men det kan være en slags fortykninger i huden, som har styrket skelettet.

Fossilerne er bevaret som aftryk, så det er ikke muligt at se hvad skællene og skallerne har bestået af. I andre aflejringer, hvor man finder løse skæl er de erstattet af fosfat. Der er ofte bevaret originale mikrostrukturer, der viser, at de har bestået af aragonit, en variant af calciumcarbonat, som er et almindeligt biomineral især hos mollusker.

### *HALKIERIAS* SLÆGTSKAB

I den originale beskrivelse af *Halkieria evangelista* undersøgte Conway Morris og Peel *Halkierias* mulige slægtskaber med nutidens dyregrupper. De nåede frem til, at *Halkieria* kunne være en stamform til brakiopoder. Argumentationen går på, at *Halkieria* har to skaller, hvor den ene overfladisk kunne ligne en brakiopodskal. Hos visse brakiopoder (*Crania*) ser man, at de som larver er fritlevende og kravler rundt. Derefter sker der det, at de folder om på 'maven' og danner en skal i for- og bagenden og udvikler sig til sit voksne - stillesiddende - stadie. Conway Morris og John Peels hypotese var, at *Halkieria* i tidens løb simpelthen gradvist blev kortere og til sidst foldede på maven og blev fuldstændig indesluttet i de to skaller.

Hypotesen er underbygget af en række argumenter, som bl.a. involverer *Wiwaxia* fra Burgess skifferen, som har ligheder med annelider (børsteorme) og *Halkieria*. Der er også biologer, der på det sidste har argumenteret for at annelider og brakiopoder skulle være nærmere beslægtet end tidligere antaget (figur 10 A).

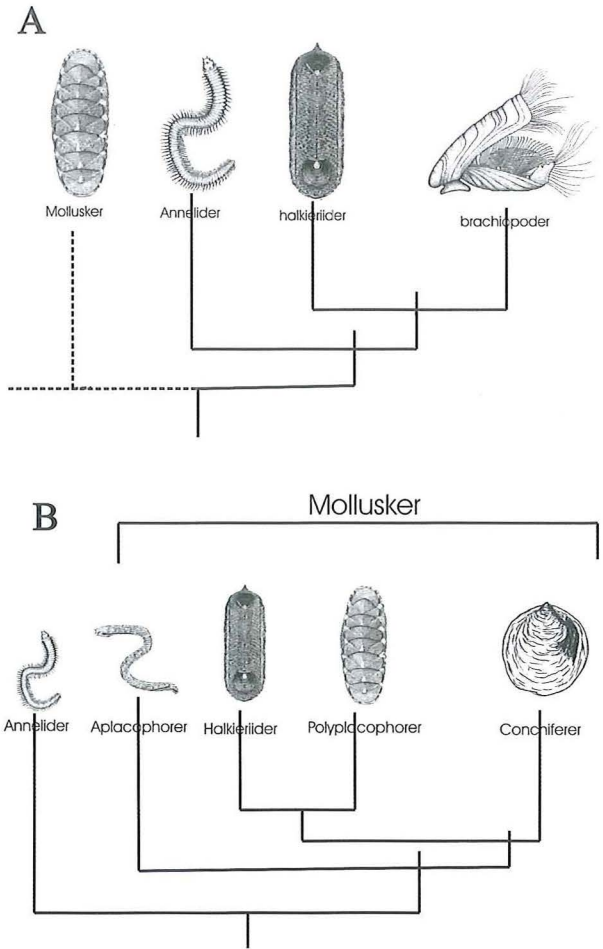
Der kan dog også foreslås en anden model for *Halkierias* slægtskab. Sammenligner man *Halkieria* med skallus, ser man en række ligheder (figur 10 B).

Skallus er mollusker), der kryber rundt på en muskuløs fod ligesom deres slægtninge sneglene. På ryggsiden har de 8 skaller, og omkring disse er der et bånd af skæl. Skælbåndet er inddelt i zoner med forskellig form som hos *Halkieria*.

Figur 10. Simplificerede slægtskabs-træer; som viser de to teorier om Halkerias slægtskab med nulevende organismer.

A. Conway Morris og Peels slægtskabstræ, hvor Halkieria er nærmest beslægtet med brakiopoder og annelider er næstmest beslægtet. Mollusker er placeret med usikker stiplede linje som værende fjernest beslægtet i de tre grupper.

B. Et alternativt slægtskabstræ, hvor Halkieria er nærmest beslægtet med skallus indenfor rækken mollusker; som er beslægtet med gruppen conchiferer, som inkluderer snegle, muslinger, blæksprutter, søtænder og den primitive gruppe monoplacophorer. Yderst hos molluskerne er placeret aplacophorerne, som er ormeligende bløddyr; traditionelt anset for primitive mollusker. Molluskernes søstergruppe skal være anneliderne.



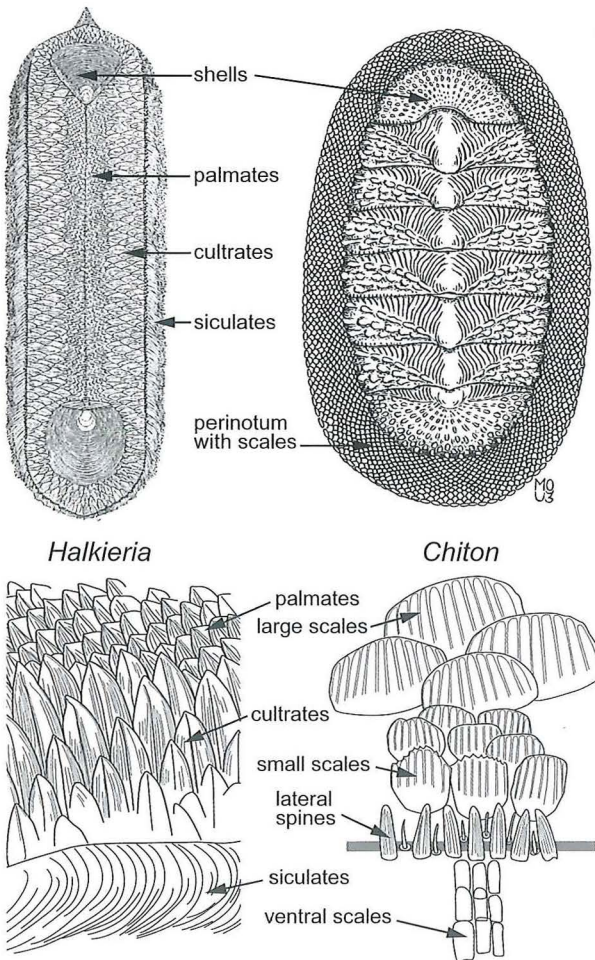
Skallus vokser ved at størrelsen af deres skaller øges ved marginær vækst, som hos mange andre dyr, og som skallerne på *Halkieria* har gjort. Ved at tælle skællene på små og store eksemplarer hos *Halkieria* kan man sige noget om, hvordan de voksede. Problemet er, at ikke alle skæl er bevaret på en måde, så de er til at tælle, men de store cultrate skæl er dog oftest velbevaret, især langs med siden af fossilet. Ved at tælle antallet af skælækker imellem de to skaller og antallet af skæl i en række fandt man, at det er konstant, men at skællene er større hos store dyr end hos små dyr. Morfologien af et skæl viser, at de ikke kan vokse ved marginær vækst som skallerne. Derfor må *Halkieria* have vokset ved, at den har udskiftet sine skæl med større skæl under væksten, svarende til hvad man faktisk finder også hos skallus.

Som før nævnt genfinder man skælzoner hos begge dyr, men udseendet af skællene hos skallus varierer meget, og der er en fjerde skælzone på kanten af undersiden, som ikke er genfundet hos *Halkieria*. Hos nogle skallus udvikles skæl ikke. Mange skallus med veludviklede skæl udviser et mønster, hvor der er to øvre zoner tættest på skallerne med en tyk flad morfologi og også ofte med aflange ribber. De ligger ligeledes i et krydsmønster. Endvidere er der en zone langs randen med mere pigformede skæl - ligesom hos *Halkieria* (figur 11).

Skallus er som de fleste andre mollusker aragonitskallede. Det har som før nævnt været hævdet, at *Halkieria* ligeledes har været aragonitskallet. En sidste indikation der er værd at nævne, er *Halkierias* overordnede udseende - den nøgne underside som passer med, at der kunne have været en fod til at krybe på.

Faktisk er den eneste umiddelbare forskel på *Halkieria* og skallus, at *Halkieria* har to skaller, hvorimod skallus altid har 8 skaller (figur 11).

Der er mange træk, der viser, at *Halkieria* ikke er beslægtet med brakiopoder. Brakiopoder er enten fosfat- eller calcit-skallede - begge mineraler der oftest vil være bevaret fossilt. Brakiopoder har en tentakelkroner, en såkaldt lophophore, som bruges til at filtrere partik-



Figur 11. Rekonstruktion af *Halkieria* sammen med en tegning af en skallus. Der er ligeledes angivet et udsnit af skælleklædningen hos *Halkieria* og hos en skallus. Læg mærke til at de tre øverste skæl zoner også ligner hinanden i form. Figur lånt fra Vinther og Nielsen, 2004, *The Early Cambrian Halkieria is a mollusc*, *Zoologica Scripta*, in Press.

ler ud af vandet. Sådan en lophopore har også to andre grupper af dyr; bryozoer og en mindre gruppe kaldet phoronider. Brakiopoder er nært beslægtet med disse. Hvis *Halkieria* er beslægtet med brakiopoder, skulle den også have denne tentakelkrone.

Der er ikke noget der taler for, at f.eks. phoronider kunne være beslægtet med halkieriider. Det er ovenfor omtalt, at visse brakiopoder krøb rundt i larvestadiet, foldede om på maven og herefter omdannedes til sit voksne - stillesiddende - stadie. Det kunne umiddelbart godt passe med *Halkieria*, som har den nøgne underside og de to skaller og derfor godt kunne tænkes at gøre dette.

Phoronider er rørlevende og folder om på ryggen under deres larvestadie. Det er ikke sandsynligt, at *Halkieria* kunne gøre dette, når man ser, at den er dækket af skæl og skaller på ryggen. Dette ville komplicere en sådan omdannelse.

Sammenfattende kan det siges at *Halkieria* har en krop som en skallus - der er en mollusk - som kryber rundt på en muskuløse fod på sin underside og indtager føde ved at skrabe materiale fra hårde overflader med sin raspetunge. *Halkieria* har formentlig levet nogenlunde på samme måde for ca. 530 millioner år siden i de kambriske have, som en af de tidligst udviklede mollusker. Senere udvikledes disse sig til nutidens skallus, snegle, muslinger og blæksprutter.

## ORDFORKLARING

**Bilateral symmetri:** Når en organisme er organiseret, så man kan spejle den i sit midtplan, f.eks. os selv. Sammenlign med radiær symmetri.

**Biominerale:** Et mineral som organismer er i stand til selv at producere. Eksempler på biomineraler er calcit, aragonit og apatit, som ses hos mange forskellige dyr, encellede organismer og planter.

**Fosfatiske aflejringer:** Aflejring hvori fosfatholdige mineraler er udfældet eller aflejret.

**Holotype:** Det fossil, som danner grundlag for artens beskrivelse.

**Morfologi:** Videnskabeligt ord for en genstands form.

**Radiær symmetri:** Når en genstand kan drejes om sit midtpunkt og gentage sin form. F.eks. en almindelig blomst set oppefra. Sammenlign med bilateral symmetri.

**Søstergruppe:** Den gruppe, der er nærmest beslægtet med en anden gruppe af dyr.