

# Verdens viktigste fossillokalitet

Det er nøyaktig 100 år siden den amerikanske geologen Charles D. Walcott gjorde et svært oppsiktsvekkende fossilfunn langt inne i Rocky Mountains i Canada. Nå vet vi at Burgess Shale-faunaen representerer et komplett økosystem fra den "Den kambriske eksplosjon". Som ung student var David Bruton med da funnet på nytt ble utforsket på 1960-tallet.

---

Professor David Bruton - Naturhistorisk museum

---



Burgess Shale-faunaen ligger vanskelig tilgjengelig i 2700 meters høyde og flere timers tung gange fra sivilisasjonen. For å komme dit må du sette av tid sent på sommeren, etter at det meste av snøen har forsvunnet, og bli med på en guidet tur som tar hele dagen. Men det er verdt strevet, for her får du kunnskap om en av verdens mest kjente fossillokaliteter, samt en innføring i livet på Jorden da antall arter og individer av flercellede organismer, med og uten skjelett, økte dramatisk.

Foto: Thomas Smith, GEO ExPro

Charles Darwin (1809-1882; GEO 01, 2009), selvstudert geolog og paleontolog, kunne mye om trilobitter. Trilobittene oppstod som kjent i kambrium (GEO 02, 2009), og de utgjør en svært viktig dyregruppe i de aller eldste bergartene med godt oppbevarte fossiler av skjelettbærende, flercellede organismer. På Darwins tid var det ikke gjort funn av eldre fossiler enn dette, men den fremsynte forskeren var likevel av den oppfatning - i tråd med utviklingslæren - at det måtte finnes fossiler i enda eldre avsetninger. Ettetiden har vist at han hadde helt rett.



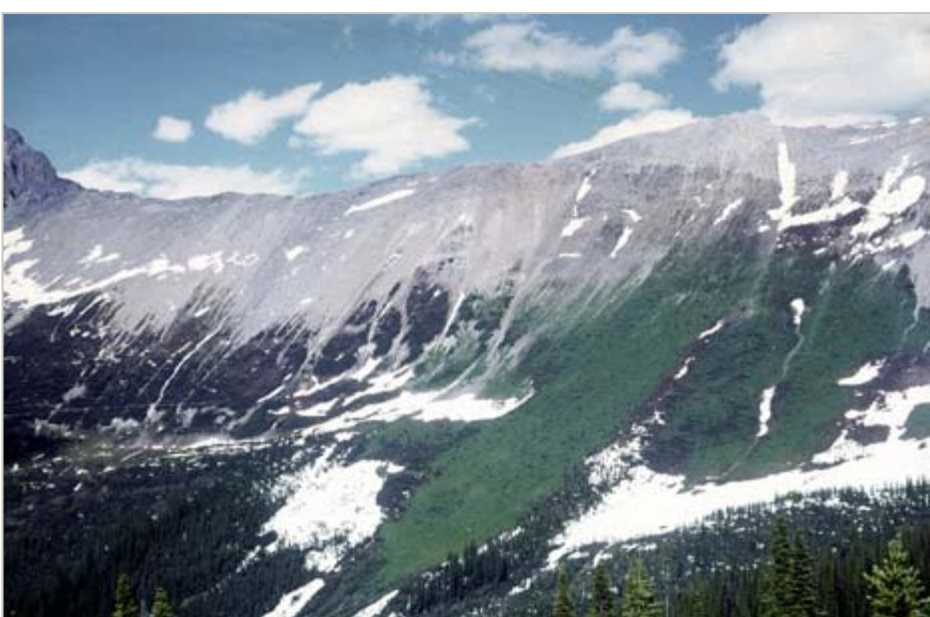
I løpet av en måned tok vi løs mer en 350 kubikkmeter stein. Her er vi halvveis til de beste lagene med fossiler.

Hadde Darwin levd i 1909, ville han også kunnet glede seg over at livet i kambrium var mye mer mangfoldig enn samtiden beskrev. Han ville sett de fleste dyrerekken vi ser i dag, men også rare former som vi fortsatt ikke vet hva er, med mange øyne og rare tentakler, samt frem til da ukjente algefossiler.

Den berømte Burgess shale-faunaen i Rocky Mountains i Canada viser oss at livet i kambrium hadde utviklet seg lenger enn noen kunne forestille seg. Senere er det oppdaget en håndfull lokaliteter andre steder i verden som til fulle bekrefter denne historien. Men det var Burgess Shale som skulle revolusjonere vår oppfatning om livets utvikling. I år er det 100 år siden lokaliteten og de gåtefulle fossilene ble funnet.

## David Bruton

Professor David Bruton fikk i forbindelse med 70-årsdagen den 3. juli i år pen omtale av to kolleger på [forskning.no](http://forskning.no).



Forfatterens første inntrykk av fossillokaliteten Burgess Shale ble foreviget i 1967 da han kom hit for å gjøre feltarbeid. Legg merke til at stedet for utgravningene ligger midt i den bratte fjellsiden. Det er årsaken til at det aller første funnet av fossiler herfra ble gjort i en løsblokk langt nede i fjellsiden. Foto: David Bruton

## Verdensarv

Burgess Shale ble i 1981 tatt med på UNESCOs Verdensarvliste. I dag er den en del av Canadian Rocky Mountain Parks World Heritage Site.

## Det sensasjonelle funnet

I 1889 ble jernbanestrekningen fra østkysten til vestkysten i Canada fullført. Canadian Pacific Railway (CPR) gjorde det mulig for reisende å glede seg over spektakulære landskap og fantastisk geologi.

Ved århundreskiftet bygde CPR et turisthotell ved den naturskjønne Emerald Lake inne i den canadiske delen av Rocky Mountains vest for "the Continental Divide", sørøst i British Columbia. Det var hit Harry Whittington, hans hustru Dorothy og jeg ankom i juli 1967. Fra innsjøens bredder kunne vi se den bratte ryggen mellom Wapta Mountain og Mount Field, og Whittington pekte ut et mørkt område i rundt 2700 meters høyde. Dette var Burgess-bruddet som han og en liten gruppe året før hadde forsøkt å blottlegge. Det var første gangen at noen forskere hadde fattet interesse for den helt spesielle fossillokaliteten, etter at den ble forlatt av den høyt anerkjente amerikanske paleontologen og administratoren Charles Doolittle Walcott i 1920-årene.

Charles D. Walcott (1850-1927) gjorde en fremragende karriere bl.a. som direktør for U.S. Geological Survey og som sekretær ("direktør") for Smithsonian Institution i Washington D.C. Han var spesielt interessert i kambrium og gjorde flere banebrytende oppdagelser. Med utgangspunkt i trilobittfunn på sørsiden av jernbanelinjen som går gjennom den lille landsbyen Field, og som var påvist allerede på 1880-tallet under utbyggingen, reiste han sammen med familien til området for å kartlegge den kambriske geologien og beskrive trilobittene. I Field er det i dag et lite museum over Burgess Shale-faunaen, og her er også

inngangsporten til alle som vil besøke fossillokaliteten.

Walcott tok imidlertid avstikkere også på nordsiden av jernbanelinjen, og den 31. august 1909 fant han og kona en skiferblokk i bunnen av en fjellskrent mellom de to fjellene Mt. Wapta og Mt. Burgess. Blokken inneholdt det de kalte en kniplingskrabbe, et lite, merkelig leddyr han senere ga det vitenskaplige navnet *Marrella* etter John Marr, professor i geologi ved Cambridge University.

Året etter ble den ca. 520 millioner år gamle skiferen funnet i fast fjell høyere oppe i skrenten (1). Med god hjelp av assistenter gravde Walcott i årene 1912, 1913 og 1917 ut over 60 000 fossiler. Noen av disse hadde harde skall (ytre skjeletter), slik som de typiske kambriske trilobittene og vingesneglene. Men mange av fossilene hadde han aldri sett før. Dette var organismer uten harde skall.

Walcotts første forskningsartikler fra Burgess-faunaen omhandlet disse merkelige dyrene, og de fleste var ukjente for vitenskapen. De var derfor intet mindre enn en sensasjon i forskermiljøet. Mange paleontologer var likevel skeptiske. Walcott sendte derfor ut små samlinger av utvalgte fossiler til de mest kjente paleontologene innen feltet. Professor Waldemar C. Brøgger (1851-1940) ved Universitetet i Oslo var en av dem som fikk en slik pakke, og fossilene er nå oppbevart på Naturhistorisk museum i Oslo.

Resten av Walcotts fossiler er tatt vare på ved U.S. National Museum of Natural History (Smithsonian Institution) i Washington. Men på 1960-tallet bestemte canadiske myndigheter seg for at de ville ha en egen samling som i dag finnes i Ottawa. Professor Harry Whittington (1916-) jobbet da ved det høyt respekterte Harvard University, og han ble invitert av direktøren for Geological Survey of Canada til å gjenåpne forekomsten som ligger midt inne i Yoho National Park.

Selv kom jeg til Harvard som ung Ph.D. student i 1964. Hensikten var å arbeide sammen med Whittington som hadde en stor samling med trilobitter (GEO 02, 2009). Det var også foranledningen til at jeg tre år senere ble invitert til å bli med på de nye utgravningene i Burgess Shale.

(1) Den geologiske perioden kambrium varte fra 542-488 millioner år siden. Tidlig kambrium er tiden mellom 542 og 513 millioner år siden. Se den geologiske tidsskalaen på side 9.

## Burgess Shale

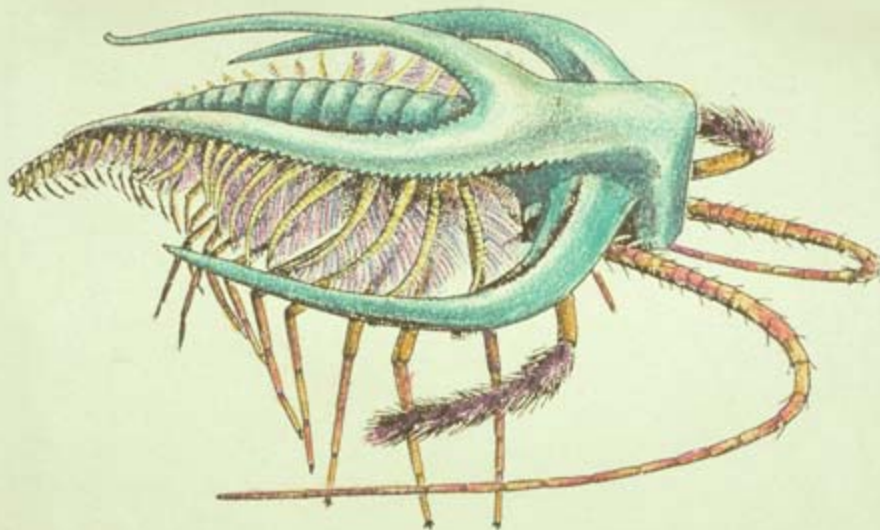
Burgess Shale er en av verdens mest kjente fossillokaliteter. Inne i et tykt lag med svart skifer finnes et uhorvelig stort antall svært godt bevarte fossiler fra tidlig kambrium. Mange av fossilene mangler skjelett, noe som var svært oppsiktsvekkende da funnet ble gjort. Fossilrikdommen vitner om en usedvanlig rask oppblomstring av det marine dyrelivet tidlig i kambrium, og den har gitt opphav til uttrykket "Den kambriske eksplosjon". Under Den kambriske eksplosjon oppstår de fleste dyregruppene vi kjenner i dag for første gang.

Alt i alt har forekomsten Burgess Shale et komplett kambrisk økosystem som viser oss hvor langt evolusjonen var kommet på denne tiden. Vår nåværende forståelse er at alle hovedgruppene av liv på Jorden utviklet seg i løpet av 15-20 millioner år i begynnelsen av kambrium.

I sin bok *Wonderful Life* skriver Stephen J. Gould at Burgess Shale-faunaen "far surpasses dinosaurs in their potential for instruction about life's history".

Burgess Shale ligger i Rocky Mountains vest i Canada innenfor Yoho National Park, ikke langt fra Banff og Calgary.





Harry Whittingtons rekonstruksjon av Marrella, et leddyr (arthropod) som ikke hører med til noen av dagens kjente dyregrupper.

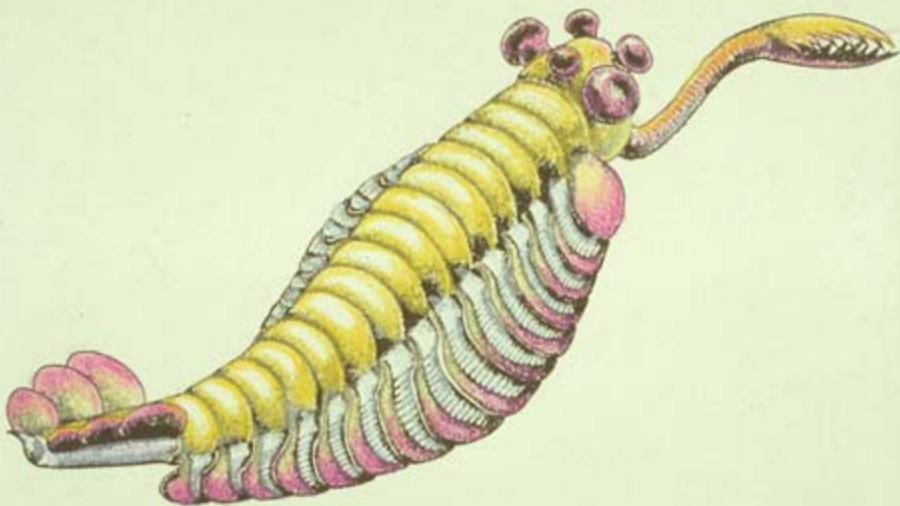
## Dagligliv mellom fjelltoppene

Den 8. juli 1967 begynte vi den lange turen fra landsbyen Field opp gjennom skogen til Burgess-passet. Hester bar alt utstyret vårt for hele feltperioden. Fra toppen av passet kunne vi se Emeraldbreen i nord og Mount Burgess i vest, akkurat slik som fjellet var avbildet på de kanadiske 10-dollar sedlene. Foran oss, mellom spredte snøflekker fra vinteren, lå en rekke telt, og her skulle 17 mennesker leve sammen de neste ukene. I alt var vi tre geologer med koner, fire barn, en kokk, en sprengningsbas, fire studenter som feltassistenter og meg.

Vi var de siste som ankom og ble møtt av sprengningsbasen Elmer. Han hadde teltet sitt ved siden av mitt, og det viste seg raskt at han både snorket og snakket høyt i søvne. Ma Nelson var kokka vår, Terry, Mike, Cliff og Bob var feltassistenter, mens geologene Jim Aitken og Bill Fritz fra Geological Survey of Canada var leirsjefene, og begge de sistnevnte hadde med familiene sine. Måltidene ble servert i et stort kjøkkentelt og kokt på propan. Alle spiste godt, og nye forsyninger ble levert med hest hver fredag. Vannet vårt kom fra en bekk med smeltevann. Men med rekordvarme i den tiden vi var der, ble bekken bare mindre og mindre i løpet av feltsesongen.

Hver morgen startet med en bratt tur opp til forekomsten. Noen ganger gikk vi rett opp, men som oftest gikk vi langs det vi kalte "old CD trail" som gikk på skrå oppover fjellsiden, og en sti som Dorothy Whittington skrev et dikt om. Fjellsiden var dekket av "yellow avalanche lilies" og de sterke røde "Indian paintbrushes". Det var jordekorn over alt som dukket ned i hullene sine mens vi passerte. De ble etter hvert veldig tamme og kom for å hilse på når vi tok lunsj. Walcott skrev i sin dagbok om et jordekorn som han møtte hver feltsesong, han kalte henne "Granny". Vi fikk også en fast gjest som vi dermed kalte Granny II.

Det tok oss mange dager og mye svette å rense hele den gamle utgravningen med spader og hakker. Til slutt kom vi til fast fjell og fant det laget som Walcott i sin tid hadde kalt Phyllopod-laget.



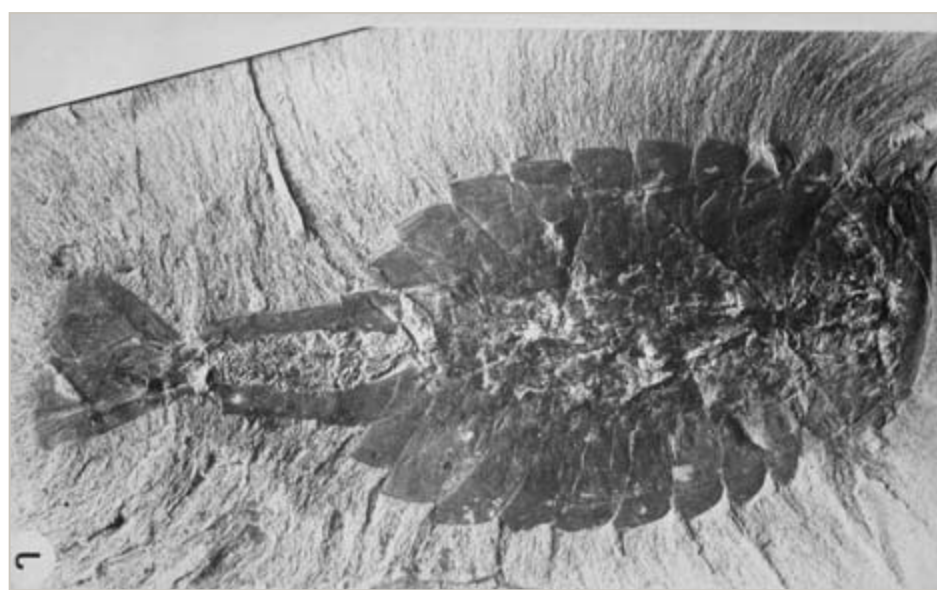
Denne rekonstruksjon av *Opabinia* ble møtt med latter da H.B. Whittington viste det frem. Legg merke til støvsuger munn og fem øyene på stilk.

Da hadde Elmer allerede utvidet bruddet nordover. Han og Terry jobbet godt sammen. De boret med bensindrevne bormaskiner og sprengte løs blokker med små dynamittladninger. I løpet av en måned tok vi løs mer enn 350 kubikkmeter stein. Materialet ble splittet opp med hammer og meisel for å finne de fossilene vi lette etter. Noen ganger fant vi store blokker med hele flater dekket av skall fra krepsdyret *Canadaspis*, andre flater var fulle av de såkalte penismerkene *Ottoia*, mens andre var fulle av *Marrella*. Fossilene ble markert med hvilke lag de kom fra, pakket inn og båret ned til leiren hver kveld.

***"David Bruton's 1981 monograph on this genus [*Sidenya*] is, in my opinion, the most technically elegant and attractive publication of the entire series by Whittington and his associates.***

**Stephen J. Gould, *Wonderful Life*, 1989.**

Selv ble jeg veldig fascinert av *Sidneyia* som er det største leddyret i Burgess Shale-faunaen. Fossillet er oppkalt etter Walcotts eldste sønn som var den som fant det aller første eksemplaret. Det andre dyret som interesserte meg spesielt var det strømlinjeformede leddyret *Leanchoilia*. De lange, komplekse, leddete "følehornene" strakte seg forover fra et stort hodeskjold. Begge disse to artene fikk jeg lov til å beskrive i to monografier publisert av Royal Society of London.



Sidneyia med åpen magesekk som var full av skallrester. Skallene kunne identifiseres. Foto: David Bruton

## Kunsten å fotografere

Flere måneder etter at vi reiste hjem fra Canada kom endelig materialet vi hadde samlet til Cambridge, England, hvor Whittington nå hadde blitt Woodwardian Professor. Vi hadde over 100 forskjellige dyr i samlingene. I begynnelsen var det bare Whittington, hans assistent Chris Hughes i Cambridge og jeg i Oslo som var involvert i forskningen.

Vi startet med studier av de originale samlingene til Walcott i Washington over flere somre. Utrolig nok var samlingene til Walcott nesten ikke studert av andre i de 40 årene som var gått etter hans død. Hans siste beskrivelse ble publisert i 1927, samme året som han døde, og med unntak av noen studier på 1930-tallet (herunder også den unge nordmannen Leif Størmer) var samlingene urørt. Det var først på 1960-tallet, etter at de ble flyttet til en ny bygning i Washington, at forskere ble interessert i de helt spesielle fossilene.

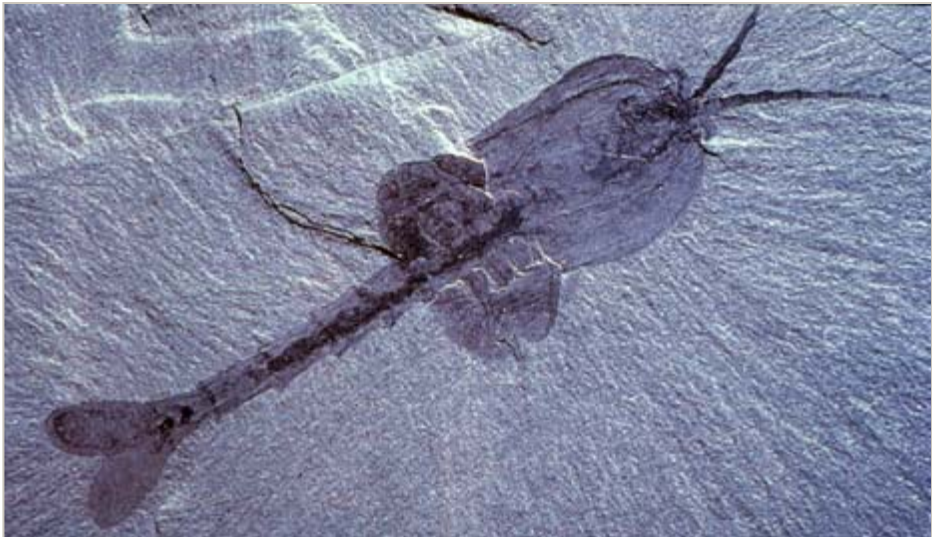
Innleiringsprosessen av fossilene er et studium i seg selv. Vår forskergruppe brukte lang tid på å "dissekere" fossilene lag for lag. Vi brukte små bormaskiner og nåler for å fjerne skifer, men også for å se lagvis gjennom fossilene. Alt ble selvsagt gjort under mikroskop og tegnet etter hvert som strukturene ble frigjort.

Whittington var den første som oppdaget at mange av eksemplarene lå i forskjellige vinkler på lagningen, og dette tydet på at avsetningene var rasmasser. Mange av organismene som er bevart har fortsatt tarmen full av sedimenter eller rester av det siste måltidet. Disse observasjonene tyder også på en rask død.

Selv om fossilene var helt flattrukte, kunne fine detaljer som bein med små tynne pigger og sansehår, gjeller og andre utvekster observeres på undersiden av mange av leddyrene. Samtidig med innleiringen, eller like etter, startet nemlig kjemiske reaksjoner i sedimentet som bidro til at fossilene har blitt bevart i usedvanlig stor detalj. Bløtvevet er nå bevart som mikrotynne leirfilmer som, når skiferen splittes, gir to nesten identiske deler av fossillet som må studeres sammen. Walcott oppdaget hvordan leirfilmene reflekterte lyset, og han utviklet en metode for å fotografere eksemplarene i best mulig belysning. Han brukte blant annet sollys fra det åpne kontorvinduet sitt.

Vi videreutviklet måter å fotografere eksemplarene på med bruk av ultrafiolett- og hvitt lys, og dette ga detaljer som vi aldri hadde sett før. Men den virkelig store hemmeligheten bak fotografiene våre var et kamera med en makrolinse som Whittington hadde fått tak i spesielt for jobben.

Mange av de ansatte ved U.S. National Museum i Washington hadde merkelige arbeidstider som fra fem om morgenen til to på ettermiddagen. Harry Whittington fulgte denne tradisjonen, mens Chris Hughes og jeg ventet til rushtrafikken var over og kom derfor sent på jobb fra vårt leide hus i Alexandria. Så vi snek oss forbi Harrys kontor så sent som ved halvti-tiden om morgenen. Vi preparerte fram fossiler, fotograferte dem og tegnet dem med spesiell vekt på lagene i fossilene. Bein, gjeller, innvoller og skall lå med bare noen mikrometer forskjell i høyde, noe som kunne fortelle oss enda mer om dyrenes anatomi. Tegningene tok dagevis, men var verdt det. Hver dag møttes vi til lunsj i FBI-bygningen rett overfor museet for å sammenligne notater.



Krepsdyret *Waptia* med følehorn på plass.

Forskningen vår krevde mye, og som forsker ved Paleontologisk museum i Oslo hadde jeg krevende undervisningsoppgaver, så det var ikke før jeg var så heldig å få et års forskningsfri ved Cambridge i 1976, at jeg hadde tid til å diskutere arbeidet vårt i detalj med ham. To flinke studenter hadde også startet å jobbe på faunaen, Derek Briggs som arbeidet med leddyrr akkurat som meg, og Simon Conway Morris som arbeidet med alle de forskjellige markene i faunaen. Begge har siden utvidet studiene og er nå internasjonale eksperter på Burgess Shale-faunaen. Sammen med Whittington har de to fått bred plass i boken om Burgess Shale-faunaen som er skrevet av Stephen J. Gould.

## Suksess med film

*Sidneyia* var den gang det største leddyret i faunaen med en kropp på over tolv centimeter. Det merkelige med dyret var at det ikke hadde bein under hodet slik alle trilobittene hadde. Jeg kunne bare finne antenner og øyne. Beina den gikk med var under framkroppen, og innerst mot kroppen på hvert bein var det pigger som lignet tenner. Hos hvert beinpar møttes disse piggene, slik at de dannet kjevelignende strukturer. Disse piggene ble tydeligvis brukt til å knuse skall av muslingkreps og vingesnegler og til å transportere dem frem til munnen. Skall av disse byttedyrene fant jeg nemlig i magen som lå under hodeskjoldet. Bak hvert



gangbein hang det et gjelleblad. Gjellebladene hang ned når dyret svømte og hjalp også til med svømmebevegelsene. Både bevegelsen til beina og gjellenes form finnes fortsatt i en utviklet form i dagens dolkhaler

For meg var det en stor utfordring å forstå disse dyrene som levde for over en halv milliard år siden. Dette krevde mye sammenligning med nålevende leddyr, modellbygging og en kreativ prosess der flattrykkte todimensjonale organer skulle tolkes som tredimensjonale strukturer.

I Oslo var jeg så heldig at jeg hadde mulighet til å bruke museets tegner, Rene Jacquet, som gjorde våre blyanttegninger til tusjtegninger, og preparant Aage Jensen, som laget kompliserte tredimensjonale modeller etter tegningene. For å få *Sidneyia* til å bli enda mer levende lagde Jacquet og fotografen på museet Per Aas en animasjonsfilm av hvordan dyret kan ha gått på havbunnen i kambrium. Denne ble en stor suksess da den ble vist på en vitenskaplig kongress arrangert av Royal Society of Edinburgh i 1984.



Modellene bygget av Aage Jensen etter tegning fra forfatteren. *Leancoilia* (nederst) og *Sidneyia* (bakgrunn). I midten er rovdycet *Anomalocaris* bygget for et japansk TV program. Modeller utstilt på Geologisk museum, Oslo. Foto: Per Aas

kambrium. Tenk på hvor mye som kunne gått galt for etterkommerne av disse dyrene de neste 520 millioner årene, men våre forfedre har vært en suksess fra da til nå.

Grunnen til at du er her i dag er at alle dine forfedre har levd til de kunne formere seg. Enten de var lansettfisk, beinfisk, amfibier, reptiler eller pattedyr, så går det en ubrutt linje fra deg og bakover til de første ryggstrengdyrene i Burgess Shale.

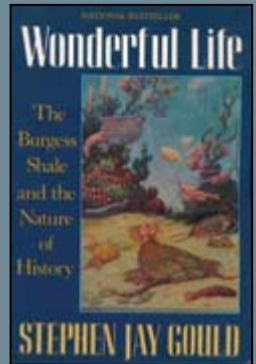
## Den kambriske eksplosjon

Burgess shale-faunaen ble berømt etter at den høyt respekterte geologen og forfatteren Stephen J. Gould utga boken "Wonderful Life" for ganske nøyaktig 20 år siden. Boken beskriver arbeidet vårt og populariserer våre detaljerte beskrivelser.

Her lanserte Gould også ideen om "Den kambriske eksplosjon". Denne helt unike hendelsen i livets utvikling ble starten for de fleste store dyregruppene vi har rundt oss i dag. De tidlig-kambriske dyrene med hardt skall, slik som trilobittene, brachiopodene og vingesneglene, finnes alle i Burgess Shale-faunaen sammen med bløtdyr, mange av dem merkelige dyr vi ikke har etterkommere av i dag. Blant slike uklassifiserbare dyr finner vi for eksempel *Opabinia*, giganten *Anomalocaris*, samt rovformen *Ottoia* som har magen full av vingesnegler og mange markliggende dyr.

Det oppsiktsvekkende funn av et ryggstrengdyr i Burgess Shale og ekte kjeveløse fisker i den påstått eldre Chengjiang-faunaen i Kina tyder på at vår egen gruppe, virveldyrene, har en evolusjonær historie dypt tilbake i

## Wonderful Life (1989)



Den avdøde biologen og geologen Stephen J. Gould (1941-2002) har skrevet en såkalt bestselger om Burgess Shale-funnet. Boken er basert på inngående studier samt samtaler med mange av de som har hatt å gjøre med fossilbeskrivelsene og faunaforståelsen. Boken anbefales til alle som synes geologi generelt og Den kambriske eksplosjon spesielt er interessant.

Gould overtok professoratet ved Harvard University etter Whittington.