

Snowball Earth: the story of the global catastrophe that spawned life as we know it

GABRIELLE WALKER

Crown Publishers, N.Y (2003), 269 sider

ISBN 0-609-60973-4

Pris på nettet: 11-25 USD

'Snowball Earth' er navnet på teorien, at hele jorden fra nordpolen til sydpolen frøs til is i prækambrisk tid. Der er mange evidenser til støtte for antagelsen, og tilhængerne mener nu, at nedfrysningen af jorden og den efterfølgende optøning ikke kun skete een gang, men adskillige gange. Den store nedisning af jorden som startede omkring 750 millioner år siden og varede ca. 160 millioner år har særlig interesse. Dette var en spektakulær klimatisk begivenhed i jordens historie, som blev efterfulgt af en eksplosiv udvikling af komplekse og meget diverse livsformer. Igennem jordens lange historie var livsformerne for det meste encellede, og et af de store mysterier er hvorfor og hvordan den store ændring i diversitet og udvikling af komplekse livsformer netop skete før kambrisk tid.

Forløbet af en 'Snowball Earth' cyklus

En vigtig forudsætning for 'Snowball Earth' hypotesen er den palæogeografiske konfiguration af kontinenter i sen prækambrisk tid. Hvis kontinenterne lå på høje breddegrader – ligesom idag – ville en nedkøling medføre at jordens overflade blev dækket med sne og is. Dette bremser forvitningsprocesserne og forbruget af atmosfærens kuldioxid, som jo er en vigtig drivhusgas, hvilket bremser nedkølingen og kun polerne vil blive dækket af is. Hvis kontinenterne imidlertid er samlet tæt på eller ved ækvator vil opboblingen af sne og is på de høje breddegrader ikke stoppe brugen af atmosfærens kuldioxid og nedkølingen forsætter indtil isdækket når ækvator. Denne fryseprocess bliver også hjulpet af at sneen og isen effektivt reflekterer solstrålerne. En efterfølgende optøning blev i lang tid betragtet som værende umulig, men denne process bliver nu forklaret af 'Snowball Earth' teorien.

I sen Prækambrium var alle kontinenter samlet og

dannede superkontinentet Rodinia. Rodinia eksisterede fra 1.200 millioner år til omkring 600 millioner år og var ifølge 'Snowball Earth' hypotesen placeret ved troperne mellem 60° S og 30° N. Med andre ord: hverken syd- eller nordpolen var dækket af et kontinent, men var et åbent ocean.

Den cykliske nedisning startede med at nedbør og kemisk forvitring af silikate bjergarter (der på det tidspunkt var udækkede, da landplanter endnu ikke fandtes) fjernede atmosfærens kuldioxid, hvorved 'drivhuseffekten' blev formindsket og temperaturen faldt. Isdækkerne voksede på alle kontinenter og i havene. Reflektion af sollyset blev forstærket og jorden blev hurtigt nedkølet til en gennemsnitstemperatur på minus 50 grader. Den nydannede havis kunne blive op til ca. 1 km tyk ved ækvator.

De fleste (planktoniske) organismer døde og nedbrydningen af døde organismer forbrugte ilt i oceanerne, hvorved oceanerne blev iltfattige. Under isen steg koncentrationen af opløst jern i havvandet. Da mængden af organisk liv faldt, faldt mængden af kulstof-13 i forhold til kulstof-12 i oceanerne, idet organismer fortrinvis forbruger kulstof-12.

Da jorden endelig blev helt frosset til standsede forvitringen og fjernelsen af kuldioxid fra atmosfæren ophørte helt.

Imidlertid var vulkaner dog stadig aktive som følge af pladetektonisk aktivitet og tilføjede kuldioxid til atmosfæren. Den efterfølgende optøning kunne starte, idet forbruget af kuldioxid til forvitring af bjergarterne ikke fandt sted, hvorved atmosfærens indhold af kuldioxid steg. Kuldioxidniveauet blev opbygget gennem mere end 100 millioner år og opnåede værdier op til mere end 350 gange nutidens kuldioxid indhold. Dette medførte en voldsom temperaturstigning hvorved det globale isdække begyndte at smelte – først ved ækvator, senere i polegnene.

Fordampningen af vand (en anden drivhusgas) og udledning af metan fra de nyåbnede oceaner forøgede opvarmingen og havtemperaturerne nåede op på ca. 50 grader. Havvandet blev også oxideret, og det opløste jern blev iltet og stærkt jern-holdige sedi-

menter blev aflejret. Dannelsen af de sen-proterozoiske bandede jernaflejringer (BIF) er blevet henført til denne process. Erosion og det høje kuldioxidindhold i atmosfæren førte endvidere til dannelsen af massive karbonataflejringer. Livet blev genetableret og begyndte at fjerne især kulstof-12 fra oceanerne og karbonataflejringer blev beriget med kulstof-13.

En ny cyklus ville herefter begynde idet de udækkede bjergarter ville begynde at forvitre og derved bruge kuldioxid fra atmosfæren. Denne klimatiske cyklus blev først standset da de tektoniske bevægelser havde flyttet landmasserne væk fra ækvator.

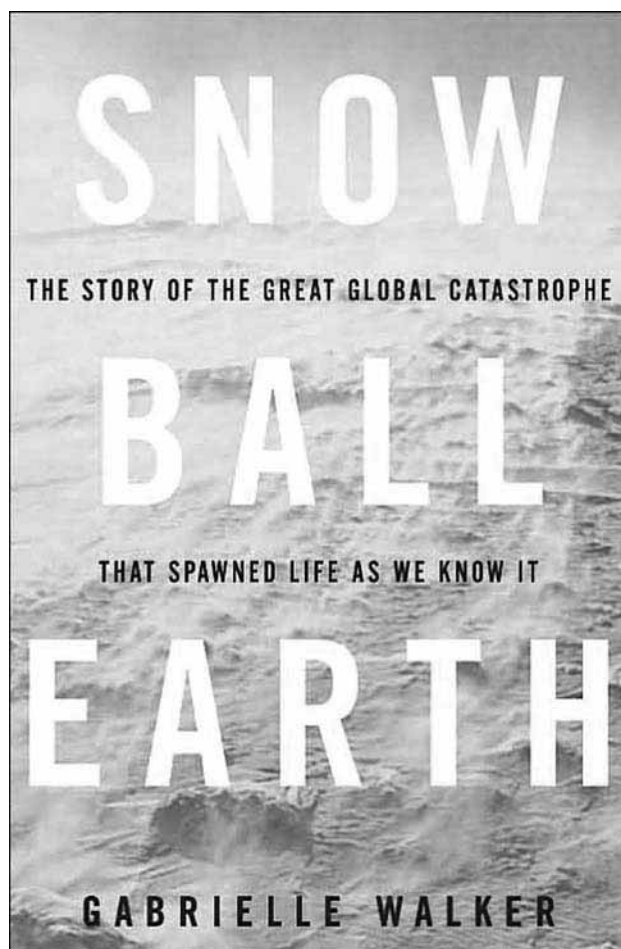
Bogen om 'Snowball Earth'

Inden for geologien er emnet i dag aktuelt og en bog om 'Snowball Earth' er derfor velkommen. Gabrielle Walker er videnskabelig redaktør (Nature og New Scientist Magazine), og har besøgt de vigtigste 'Snowball Earth' lokaliteter rundt omkring i verden. Hun har interviewet hovedaktørerne igennem adskillige år, og hendes bog kan være interessant læsning for den professionelle geolog såvel som for menigmand.

Bogen beskriver historien om og udviklingen af 'Snowball Earth' hypotesen fra den startede og til trykkeåret (2003). Omkring halvdelen af teksten omhandler argumenter, der favoriserer ideen og om tanker bag hypotesen. Desuden beskriver forfatteren de involverede videnskabsmænd, deres personlighed, motiver og liv. Paul Hoffman er en kendt ekspert inden for prækambrisk geologi og er den vigtigste fortæller for teorien og optræder i bogen som hovedpersonen.

Et historisk aspekt, som ikke er omtalt i bogen, er at Louis Agassiz i 1837 som den første foreslog at jorden frøs til og at istider forekom regelmæssigt igennem jordens historie. Herefter blev istider alment accepteret og der blev fundet mange evidenser for dem.

Forslaget om at en verdensomspændende istid (eller istider) fandt sted i Sen Proterozoikum føres i bogen tilbage til den afdøde Brian Harland fra Cambridge Universitet. Han udførte feltarbejde for mere end 60 år siden på henholdsvis Svalbard, i Grønland og i Norge. Her fandt han karakteristiske prækambriske sediment, som han tolkede som glaciære marine aflejringer. Evidensen for glaciære forhold var baseret på fund af 'dropsten', som er sten der blev transporteret ud på havet af isbjerge. Yderligere observerede han, at istidsaflejringerne var underlejret og overlejret af kalksten, hvilket meget kontroversielt tydede på, at tropiske aflejringsbetingelser var fremherskende, idet udfældningen af karbonater i vand



normalt dannes under varme betingelser. I 1963 holdt han et foredrag med titlen: 'Great Infra-Cambrian Glaciation', som imidlertid blev kraftigt kritiseret af hans modstandere. De tolkede hans glaciære aflejringer med dropsten som værende produktet af marine mudderstrømme. På dette tidspunkt var palæomagnetiske undersøgelser ikke udviklet til det niveau hvor det var muligt at bevise (eller modbevise) istidsaflejringerne ækvatoriale beliggenhed, idet senere opvarmning kunne have ødelagt den oprindelige magnetiske orientering i bjergarten og en ny retning kunne blive indført og bevaret gennem den efterfølgende nedkøling. Hans arbejde og tanker kunne således ikke understøttes og fik derfor heller ingen indflydelse, men blev glemt i en årrække.

Brian Harland blev efterfølgende støttet af Joe Kirschvink fra det Tekniske Universitet i Californien. Hans arbejde omhandlende prækambriske glaciære aflejringer fra det sydlige Australien, men denne gang fandtes et klart og utvetydigt palæomagnetisk signal som viste, at istidsaflejringerne blev aflejret tæt på ækvator. I en kort artikel fra 1992 påpegede han at der fort-

sat var vulkansk aktivitet under den globale nedisning, hvorved mængden af kuldioxid blev forøget og hobede sig op i atmosfæren. Han påpegede også at de opløste jernforbindelser i havvandet var adskilt fra atmosfæren af isdækket og blev først iltet, da det begyndte at smelte. De ekstreme klimatiske forhold satte normerne og betingelserne for opstarten af helt nye livsformer. Han døbte begivenheden 'Snowball Earth'.

Kirschvinks tanker blev fulgt op af Poul Hoffman fra Harvard Universitet. Han rejste til Nambia i det sydvestlige Afrika, hvor han arbejdede med 600–750 millioner år gamle sedimenter. Det oprindelige formål med feltarbejdet var at måle tidspunktet for kontinentale ændringer, men han blev mere og mere interesseret i de mange glaciale marine aflejringer, som findes blottet i midten af ørkenen. Aflejringerne er afgrænset af karbonatsedimenter, sandsynligvis af tropisk oprindelse, og kendes under navnet 'cap rock'. Dette medførte, at Harlands og Kirschvinks oprindelige, men nu henlagte ideer blev taget op igen. 'Cap rock'en' med dens anomale kulstof-13/kulstof-12 forhold var særlig interessant idet den ofte består af veludviklede, lyserøde karbonatkrystaller med mystiske vertikale rør.

Poul Hoffman indledte et samarbejde med Dan Schrag, som er karbonat- og palæoklimaforsker. Resultatet blev, at følgende serie af fakta og begivenheder blev fremlagt som 'Snowball Earth' teorien:

- 1) kulstof-13/kulstof-12 forholdet tyder på, at livformernes aktivitet var minimal umiddelbart før og efter globale istider;
- 2) vulkansk dannet kuldioxid lagde sig som et tæppe omkring jorden, som blev opvarmet, hvorved isen smeltede;
- 3) den opvarmede luft sugede al fugtighed til sig og ekstreme orkaner spredte lag af sur regn henover det glaciale støv som derefter blev skyllet ud i oceanerne;
- 4) de med karbonat overmættede oceaner aflejrede derpå karbonaterne dvs. 'cap rocks' henover hele jordkloden. De røde krystaller minder om krystaller, som kendes fra sure, varme kilder og de mystiske vertikale rør blev dannet af gas bobler.

Det er en god historie, men den har også sine modstandere eller skeptikere. 'The present is the key to the past' er ofte brugt i geologien og en katastrofe såsom 'Snowball Earth' er ikke et kendt verdensbillede blandt mange geologer. I bogen omtales kritikere og kritikken af teorien i to følgende kapitler. Der er mange problemer; f.eks. tyder sandfaner i istidsaflejringerne fra Australien på, at kulde og optøning fandt sted dvs. at sæsonprægede variationer forekom. Et

andet punkt er spørgsmålet hvordan liv kunne overleve en global nedisning, hvor hele kloden blev dækket med is. Med tiden er det blevet vist, at mindst to og muligvis op til fem istider forekom i tidsrummet fra 750 til 590 millioner år, og hvilken effekt havde disse istider på udviklingen af flercellede organismer?

Et kapitel 'Creation' bringer dette emne på bane. Bevarede spor efter flercellede sen-prækambriske livsformer (bløddyr eller dyr uden skelet) kendes i dag fra mange områder på jorden (f.eks. Ediacara, White Sea og Mistaken Point). De mange flercellede livsformer dukkede op på jorden før den 'kambriske eksplosion' og bliver beskrevet i dette kapitel. På Newfoundland er fossilerne præcist dateret til 575 millioner år, hvilket er 15 millioner år efter afslutningen af den globale istid og ca. 30 millioner år før den 'kambriske eksplosion' fandt sted. Er det en tilfældighed eller skabte de ekstreme klimatiske forhold betingelserne for dannelse af en stigende kompleksitet inden for livsformerne? Dannelses-tidspunktet for de flercellede organismer er dog omdiskuteret: komplekse livsformer er rapporteret som værende til stede allerede i præ-Snowball tid og 'DNA-uret' tyder på, at oprindelsen af kompliserede livsformer var tidligere end afslutningen af den verdensomspændende prækambriske istid(er).

Det afsluttende kapitel i bogen er en oversigt over de nyere spekulationer om årsagen til at en global nedisning kan finde sted. En 'favorit' er, at et sent prækambrisk superkontinent lå ved ækvator. Isen reflekterede sollyset med det resultat at flere på hinanden gentagne globale nedisninger fandt sted. Istiderne standsede samtidig med at opsprækningen af superkontinentet startede for omkring ca. 590 millioner siden.

Læseren er aldrig i tvivl om på hvilken side forfatteren står i den videnskabelige debat. I 'Acknowledgements' skriver Gabrielle Walker på den første linje: "For the past two years or so, I have been a Snowball Earth groupie". Hendes behandling af modstandere, deres evidenser og modeller eller ideer bliver – måske forståeligt nok – derfor overfladisk og mangelfuld. Alternative modeller såsom 'Slushball Earth' bliver gennemgået hurtigt og generelt bliver læseren efterladt med det indtryk, at 'Snowball Earth' er den eneste mulige og rigtige forklaring. Læseren får således ikke selv muligheden for at bestemme sig for eller imod teorien baseret på evidenser, der kommer fra alle sider i debatten om de prækambriske istider.

Gabrielle Walker behandler et for tiden 'varmt' geologisk emne. Bogen er skrevet som som fiktion og virker dermed overfladisk. Den beskriver mest de involverede videnskabsfolks personlige sider – hvad enten de er tilhængere eller modstandere af teorien – snarere end de fagligt interessante sider. Dette er nok

det mest irriterende ved bogen. Bogen spænder dog vidt og er let læselig og kan derfor sagtens læses af de fleste med interesse for emnet.

Bogen findes både i en indbundet og uindbundet udgave og kan erhverves gennem boghandlere eller på nettet.

*Svend Stouge, Geologisk Museum, Københavns Universitet, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K,
e-post: svends@snm.ku.dk*