

Aldauði í jarðsögunni – orsakir og afleiðingar

Júlía Katrín Björke



Við vitum að allt ferli sem á sér stað á jörðinni er háð ákveðinni hringrás. Berg, loft, vatn og lífverur eru hluti af kerfi sem er allt að einhverju leiti tengt innbyrðis. Lífmassi jarðar, það er sá massi sem er bundinn í lífandi verur og plöntur, er talinn vera um 1 á móti 30.000 af heildarmassa jarðarinnar. Það er því líklegt að einhver frumefni í okkur hafi verið hluti af lífverum sem ekki eru lengur til. Af öllum þeim tegundum sem lifað hafa á jörðinni á síðustu 540 milljónum ára er talið að 95-99% þeirra séu útdauðar. Það virðast því frekar vera örlög tegunda að deyja út heldur en að vera til að eilífu.

Frá því að menn fóru fyrst að finna og rannsaka steingervinga hafa þeir ekki bara velt því fyrir sér hvernig lífverur lifðu heldur einnig hver var orsök þess að þær dóu. Í sumum setlögum var hægt að finna vísbendingar um það að heilu vistkerfin hafi þurrkast út og það á heimsvísu. En það sem vísindamenn þurfa að velta fyrir sér þegar verið er að rannsaka þessa atburði er hvort það voru náttúrulegir þættir sem áttu sér stað eða einhverjir mjög sérstakir atburðir sem orsökuðu aldauðann. En hvaða atburðir eru það sem geta valdið aldauða fjölda tegunda í svo stórum mæli? Hverjir eru helstu aldauðar sem hafa átt sér stað í jarðsögunni og hvaða afleiðingar höfðu þeir?

Hreyfing jarðskorpuflekanna

Veðurfars- og sjávarstöðubreytingar eru aðal orsök þess að lífverur hafa þurft að aðlagast sig breyttum aðstæðum ella deyja út. Oftar en ekki er hægt að tengja þessar miklu breytingar við rek jarðskorpuflekanna. Hreyfingar þeirra gerast í skorpum og því geta verið löng tímabil þar sem þeir haldast nokkurn veginn stöðugir og önnur þar sem mikið umrót er í gangi. Þegar flekarnir eru “rólegir” er lítið um jarðskjálfta og eldgos. Þetta gerir það að verkum að lítið af koltvísýringi berst út í andrúmsloftið, en þá eru gróðurhúsaáhrifin í lágmarki og hitatap jarðar eykst. Kólnandi veðurfar getur leitt af sér ísöld þar sem jökull hylur mest allt meginland og bindur vatn. Þetta gerir það að náttúrulegt lífnaðarsvæði lífvera minnkar, bæði á landi og í sjó.

Þegar jarðskorpuflekarnir fara aftur á hreyfingu hitnar lofthjúpurinn aftur vegna aukinnar eldvirkni, jöklar bráðna og sjávarborð hækkar. Þá brotna meginlönd upp og reka í sundur, úthafshryggir myndast, önnur höf lokast og meginlönd rekast saman. Þetta hefur gríðarleg áhrif á sérhæfðar lífverur í afmörkuðum vistkerfum, sérstaklega á grunnsævi. Kreppa getur auðveldlega átt sér stað í lífríkinu ef svona breytingar eiga sér stað skyndilega.

Eldgos

Eldgos eru eitt af því sem getur valdið veðurfarsbreytingum á jörðinni og eru þau afleiðingar hreyfingu jarðskorpuflekanna. Hin venjulegu eldsumbrot sem verða á gliðnunarbeltum eru þó ekki nógu öflug til að valda aldaða, heldur eru það þau sem verða á heitum reitum, en þau eru mjög sjaldgæf. Vitað er um átta slík gos sem hafa



The Siberian traps

orðið á síðustu 250 milljónum ára. Frægasta dæmið um þetta eru The Siberian og Deccan traps, en þau einkennast af gríðarlegu magni þunnfljótandi basalts.

The Siberian traps er líklega mesta eldgos sem hefur átt sér stað á jörðinni. Það gerðist í enda Perm fyrir 250 milljónum ára og er talið að það hafi staðið í um eina milljón ára. Núna er svæðið um tvær milljónir ferkílómetra sem er stærra heldur en Evrópa. Samkvæmt nákvæmstu aldursgreiningum sem völ er á í dag stenst það að gosið hafi átt sér stað á sama tíma og aldaðinn á Perm. Áhrifin af þessu eldgosi eru talin hafa verið tvíþætt. Í fyrsta lagi að þegar mikið magn af SO_2 og ösku þeytast út í andrúmsloftið geta agnirnar haldist þar í allt að þúsund ár. Þar blokka þær fyrir geisla sólar og valda kólnun sem stendur yfir í tiltölulega stuttan tíma. Talið er að gosið í Síberíu hafi valdið því að hiti lækkaði um 0,5 gráður á jörðinni og átti stóran, ef ekki allan, þátt í jökluninni sem fylgdi í kjölfarið. En hún stóð ekki lengi þar sem magn CO_2 hækkaði einnig verulega vegna eldgossins og olli því að geislar sólar komust í gegn um lofthjúpin, en hitinn komst ekki aftur frá jörðinni. Þessar svokölluðu gróðurhúsalofttegundir geta haldist í lofthjúpunum mun lengur en SO_2 , svo áhrifanna getur gætt í milljónir ára.

Deccan Traps á Indlandi eru ummerki eftir svipaða eldvirkni og í Síberíu, en þau urðu á tímabilinu sem kennt er við K-T aldaðann.

Stærð svæðisins er um 500.000 km² og meðalþykktin er um einn kílómetri.



The Deccan traps: traps kemur af sænska orðinu trapper sem vísar til veðrunarforms þess.

Orsök þess að þar byrjaði að gjósa var að Indlandsflekinn færðist yfir heitan reit sem er nú staðsettur undir Pion de la Fournaise á eyjunni Reunion. Basaltið virðist ekki hafa myndast í samfelldu gosi því það eru jarðlög á milli hraunlaganna. Talið er að það hafi myndast í nokkrum gosum á hálftrar milljón ára tímabili. Vegna þess hve gosið tók langan tíma, þá sýna útreikningar að árlegt magn útstreymis á SO₂ hafi ekki verið nóg til að valda verulegum breytingum á lofthjúpunum. Til samanburðar hafa vísindamenn skoðað árs útstreymi SO₂ í Lakagosinu 1783-84 og virðist það hafa verið mun meira en í Deccan. Það er því líklegt að þessi atburður hafi ekki getað valdið aldauða einn og sér, en frekar ýtt undir áhrifin frá loftsteininum sem á að hafa fallið á þessum tímamarki. Annað svipað eldgos, nema undir yfirborði sjávar, gæti hafa haft áhrif á sjávarlífverur fyrir 122

milljónum ára. Þetta er svæðið On tong-Java Plateau í vestur Kyrrahafi.

Lofsteinar

Lofsteinar hafa fallið til jarðar frá því að hún fyrst myndaðist. Sumir telja að líf hafi jafnvel þurft að kvikna nokkrum sinnum, því það getur hafa dáið út þegar fornir loftsteinar hittu jörðina. Þá var lítill sem enginn lofthjúpur til staðar til að minnka afleiðingarnar árekstursins. Um 100 gígar hafa fundist eftir loftsteina á jörðinni sem hafa fallið á nýlífsöld, en þegar litið er á alla jarðsöguna eru þeir trúlega mun fleiri. Gígarnir geta hafað veðrast í tímanna rás, eyðilagst þegar flekarnir hreyfðust og grafist undir hrauni frá eldgosum. Afleiðingar þess ef loftsteinn sem væri 10 km í þvermál myndi falla til jarðar yrðu hnattrænar. Fyrst mundi höggbylgja fara sem eldur um sinu í kringum jörðina og valda gífurlegri eyðileggingu og nánast drepa allt sem á vegi hennar yrði. Ryk mundi þyrlast upp í lofthjúpin og skyggja fyrir geisla sólar, jafnvel í mörg ár. Fimbulkuldi mundi fylgja í kjölfar þess og margar lífverur deyja út. Vísbendingar liggja fyrir um að þetta hafi að minnsta kosti gerst einu sinni á jarðsögunni, þegar risaeðlurnar dóu út.

Afgösun

Þegar risaheimsálfur eins og Pangea mynduðust, urðu líka til risaheimshöf. Sjávarstraumar í slíku heimshafi hafa verið mjög frábrugðnir því sem við þekkjum í dag, en ekki er vitað nákvæmlega hvernig þeim var háttað. Líklega hefur ekki verið nógu mikil blöndun á djúpsævi svo að gríðarstór súrefnissnauð svæði geta hafa myndast. Þar hafa gös safnast fyrir í miklu magni, en ef skyndileg afgösun mundi eiga sér stað gæti það haft áhrif á lofthjúpin og drepit lífverur sem væru nærri. Þetta fyrirbæri er þekkt jafnvel á okkar dögum, því það gerðist árið 1980 í Afríku að það gaus skyndilega upp uppsafnað magn CO₂ frá vötnunum Nyos og Monoun og drap þúsundir manna. Hinsvegar telja vísindamenn að ef um væri að ræða hæga losun, mundu áhrifin vera öflug, nefnilega virka sem næring fyrir lífverurnar.

Umpólun jarðar

Ekki eru að fullu þekkt áhrif segulsviðs jarðar á lífverur. Vísbendingar eru um útdauða tegunda sem hafa átt sér stað á sama tíma og umpólun jarðar átti sér stað. Þegar slík umpólun gerist þá fylgir því tímabil þar sem segulsviðið liggur niðri og er nær óvirkt. Áður en umpólun hefst minnkar segulsviðið verulega og verður um 1/10 af upprunalegum styrk, jafnvel í 1000 til 4000 ár. Kerfið fær

svo smám saman kraftinn aftur. Þetta gerist á um 2,5 milljón ára fresti og virðist sérstaklega hafa áhrif á sjávarlífverur á grunnsævi. Dæmi um þetta eru einnar frumu lífverur sem kallast radiolaria sem James D. Hays of Lamont rannsakaði. Virtist sem það væru tímabil þar sem þessi tegund var stöðug, en svo nær útdauð í takt við umpólun á segulsviði jarðar. Ekki er vitað hvers vegna það ætti að hafa gerst. Sumar tegundir hafa stökkbreyst, dáið út eða fjölgað sér gríðarlega. Kenning hefur verið uppi um að þegar segulsviðið er í núlli er ákveðin vernd gegn skaðlegum geislum utan úr geimnum óvirk. Aftur á móti kemur að talið er að það sé aðallega lofthjúpurinn svo og ósonlagið sem vernda jörðina gegn skaðlegum geislum, en ekki segulsviðið. Það gefur því til kynna að tegundir sem lifa ekki af umpólun jarðar þurfi jafnvel á segulsviðinu að halda til að framkvæma efnahvörf sem eru þeim lífsnauðsynleg. Breyting á lögun jarðar vegna umpólunar er einnig eitthvað sem gæti haft áhrif. Flæði möttulefnis breytist í iðrum jarðar til að koma á jafnvægi miðað við nýju snúningsásana. Því geta fylgt mikil eldgos, blokkun sólargeisla, miklar loftslagsbreytingar og eitrun sjávar sem geta drepit sumar tegundir. Síðustu 2500 ár hefur segulsvið jarðar farið minnkandi sem bendir til þess að umpólun er að eiga sér stað. Hún gæti gerst á morgun, en líklega einhvern tímann innan 1500 ára.

Snjóboltajörðin

Kenningin um snjóboltajörðina snýst um það þegar fyrsta ísöldin gekk í garð fyrir 2,5 milljörðum ára (á fornlífsöld). Þá var súrefni að myndast í lofthjúpunum sökum ljóstillífunar. Það á að hafa binst metani, en magn þess á þá að hafa fallið snögglega í andrúmsloftinu. Það á að hafa haft gríðarlega kólnun í för með sér og myndað svokallaða snjóboltajörð, en það er jörð sem er að öllu hulin ís, bæði meginlönd og höf. Kólnunin á svo að hafa haft þau áhrif að ljóstillífandi verur í sjó dóu næstum út. Frá þessum tíma er hægt að finna járnæðar sem eru ekki oxaðar. Það gefur til kynna að þær hafi myndast við súrefnissnauðar aðstæður, en það var einmitt tilfellið þegar jörðin var öll ísilögð. Steingervingafræðingurinn W. Brian Harland uppgötvaði að það er hægt að sjá merki um aðra forna snjóboltajörð í öllum heimsálfum. Þá var Rodinia rísaheimsálfa við miðbaug. Ekki er vitað hvað það var sem orsakaði hana, en það getur verið að hitastig hafi lækkað á jörðinni og jöklun hafist. Þá hafi ísmyndunin haldist stöðug vegna þess að öll meginlöndin voru saman við miðbauginn og þau endurköstuðu (albedo var mjög hátt) meira af geislum sólar, en CO₂ hafi samt aukist vegna eldvirkni. CO₂ hefur þá ekki getað haft áhrif á jökulinn fyrr en magnið var orðið allt að 350 sinnum meira en það er í andrúmsloftinu í dag.

Utan úr geimnum

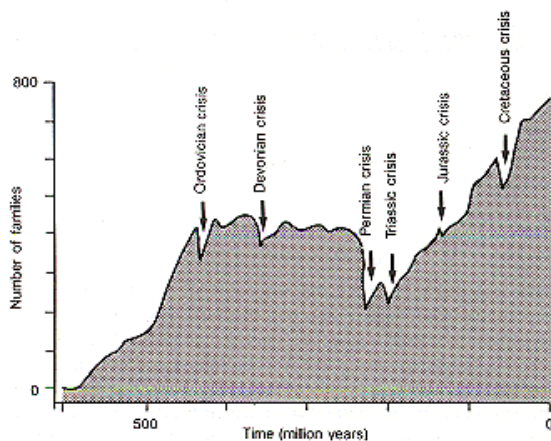
Kenningar hafa lengi verið vinsælar um óútskýrða hluti utan úr geimnum sem þurrka út lífið á jörðinni. Skaðleg geimgeislun gæti hafa átt sér stað áður en ósonlagið var fullmyndað. Þó að engar vísbendingar hafi fundist, og ekki sé líklegt að þær finnist, er samt ekki hægt að útiloka þetta. Gríðarlega athygli hafa sumar af þessum kenningum fengið svosem kenningin um óþekktar halastjörnur eða plánetur sem valda kerfisbundnu loftsteinaregni á jörðinni. Nemesis the Death Star er halastjarna sem á að vera á sporbaug í vetrarbrautinni í kringum sólu sem fer framhjá jörðinni á 28 milljón ára fresti. Hún á að hafa valdið aldaudum þegar lofsteinar af völdum hennar dundu á jörðinni. Þessi kenning fékk mikla athygli fyrst þegar hún var sett fram en þeim fer hratt fækkandi sem aðhyllast hana. Engar vísbendingar hafa verið fundnar sem sanna tilvist þessarar stjörnu, en hún er sögð vera á hinum enda sporbaugsins núna og þessvegna sé ekki hægt að sjá hana. Annað sem vísindamenn sem eru á móti þessari kenningu hafa bent á er að halastjörnur valda ekki loftsteinaregni. Samt hafa verið skrifaðar að minnsta kosti fimm bækur um þetta mál. Planet X er önnur svipuð kenning um plánetu sem á að vera við hlið Neptúnus og einnig valda lofsteinaregni á jörðinni.

Þessi pláneti hefur heldur ekki fundist, jafnvel ekki með geimsjónaukanum IRAS. Loftsteinarnir eiga að koma frá loftsteinabelti sem kallast Oort belti.

Aldauðar í jarðsögunni

Þróunarblossar eru notaðir til að skilgreina mörkin milli einstakra jarðsögutímabila, en slíkir blossar eiga sér einkum stað eftir aldaða. Líföldinni er skipt niður í 12 tímabil sem markast af slíkum atburðum.

Stærstu aldaða sem hafa átt sér stað í jarðsögunni eru taldir vera fimm talsins, frá því að lífsprengringinn varð á Kambríum. Hinar fimm miklu eiga það allar sameiginlegt að meira en 75% allra lífvera sem lifðu á þessum tímabilum dóu út og að það voru einstakir atburðir sem gerðust sem áttu sök á því.



Í enda Ordóvisíum fyrir 440 til 450 milljónum ára átti sér stað næst mesti aldaði á sjávarlífverum í sögu jarðar. Þar á meðal voru trílóbítar, sem voru fyrstu

steingervingarnir sem fundust með augu, kónódontar og graptólítar, um 85% allra lífvera sem þá lifðu dóu út. Orsökina hefur verið snögg kólnun í umhverfinu þegar Gondwanaland færðist yfir Suðurlínun. Jöklar byrjuðu að myndast og innan skamms voru nær öll meginlöndin hulin ís. Þá minnkaði sjávarýfirborð verulega þegar svo mikið magn vatns bast í jökla og eittraðar lofttegundir streymdu frá undirdjúpunum.

Í lok Devon urðu hamfarir sem höfðu þær afleiðingar að 80% lífvera dóu út. Vankjálkar náðu sér aldrei á strik aftur og trílóbítar, kónódontar og rifbyggjandi lífverur urðu fyrir miklum skakkaföllum. Ástæða þessa hamfara er vísindamönnum enn að nokkru hulin en vísbendingar eru um að nokkrir loftsteinar hafi fallið á þessum tíma. Einnig fór veðurfar kólnandi og súrefnissnautt haf á að hafa skolið á ströndunum.

Fyrir 299 til 251 milljónum ára síðan varð lífríkið fyrir mesta áfalli í jarðsögunni þegar 95% allra lífvera sem þá voru uppi dóu út. Þetta var í lok Perm og lengi var það talin aðal orsökina að Pangea var að myndast tiltölulega snögglega. Núna eru þó aldursgreiningar orðnar mun nákvæmari svo þetta getur í raun ekki staðist. Pangea var nær mynduð á þessum tíma en það var hinsvegar gríðarleg minnkun á grunnsævi sem hafði slæm áhrif á lífverurnar. Einnig átti sér stað gríðarlegt eldgos sem er lýst hér að ofan í Síberíu sem orsakaði fyrst kólnun á lofthjúpnunum og svo hlýnun. Einnig brutust út

gífurlegir skógareldar í kjölfar eldgossins. Þetta og minnkun grunnsævis niður í allt að 15% orsakaði kreppuna sem að lokum varð lífverunum ofviða. Trílóbítarnir hurfu alveg og markar þessi atburður skilin milli fornlífsaldar og miðlífsaldar.

Aldauðinn sem er mesta ráðgátan er án efa sá sem varð í lok Trías. Það eina sem vísindamenn eru í raun vissir um er að 80% lífvera dóu út, þar á meðal kónódontrar alveg. Talið er að breytingar á loftslagi og sjávarstöðu og jafnvel mikil eldvirkni hafi verið megin orsök, en ekkert er samt fullsannað í þeim efnum.

Síðast en ekki síst er það aldauiinn fyrir um það bil 66 milljónum ára. Sá er kenndur er við mörkin milli Krít og Tertíer, eða K-T aldauiinn. Risaeðlurnar dóu út í þessum fræga atburði þar sem lofsteinn, sem var 10 km í þvermál, rakst á jörðina í Mexíkóflóa. Svokallað tektít finnst í kringum gíginn, en það eru leifar þess þegar lofsteinninn hrapaði. Hefur hann skolið af svo miklu afli að bergið í jarðskorpunni hefur þyrlast upp í loftið, bráðnað og orðið að gleri. Þetta finnst meðal annars á Haítí og hefur verið aldursgreint 64,5 milljón ára. Rykið sem þyrlaðist upp á að hafa minnkað hitann á jörðinni um allt að 4°C. Það hefur verið mjög ríkt af frumefninu iridium sem finnst í setlögum frá þessum tíma um allan heim. Þúsund sinnum meira magn af iridiumi er í loftsteinum en jarðskorpunni, en frumefnið finnst frekar í möttli jarðar. Rökin gegn því

að lofsteinn hafi fallið eru þau að iridiumlagið hafi komið frá hinu gríðarmikla eldgosi í Deccan á Indlandi, en það er einmitt af völdum möttulstróks sem getur hafa innihaldið nóg iridium til að það hafi sest í jarðlögin á þeim tíma. K-T set hefur fundist víða sem ber merki þess að gríðarlegar flóðbylgjur hafi skolið á ströndunum á þessum tíma. Einu lífverurnar sem lifðu af aldauiann voru á stærð við rottur og þróuðust spendýrin út frá þeim. Talið er líklegt að samspil eldgossins á Indlandi og loftsteinsins séu orsakir aldauians á K-T.

Niðurlag

Þegar það komu fyrst vísbendingar um að aldauiar hefðu átt sér stað, voru ýmsir ekki alls kostar ánægðir með þær uppgötvanir. Á endurreisnartímabilinu stóð kirkjan upp á móti þeim vísindamönnum sem héldu þessu fram og sögðu þá villutrúarmenn. Seinna komu þó upp kenningar sem kirkjan samþykkti, en þær voru um að nokkur syndaflóð hefðu átt sér stað. Í dag er það orðin almenn viðurkenning að aldauiarnir voru raunverulegir og að þeir hafi skipt verulegu máli í því hvernig lífið almennt þróaðist á jörðinni. Samt eru vísindamenn ekki ennþá að fullu sammála um það hvernig þeir áttu sér stað, en kenningarnar eru enn í stöðugri þróun er fleiri vísbendingar finnast. Erfitt er samt oft að meta, til dæmis út frá

setlögum, hvernig þróun átti sér stað því setmyndun eins sentímetra tekur um 1000-10.000 ár að myndast. Það getur ýmislegt gerst á svo löngum tíma, setið hreinlega skolast í burtu og þá eru mikilvægar upplýsingar kannski horfnar að eilífu. Annað mikilvægt atriði sem fræðimenn hins vegar geta verið sammála um, er að þegar litið er á stærstu aldaudana í jarðsögunni er ekki hægt að benda á einn hlut sem hefur orsakað kreppurnar, heldur nokkra tilviljunarkennda atburði sem hafa verkað saman. En eitt er víst, að lífið á jörðinni væri ekki líkt því og það er í dag ef ekki hefði komið til hinna fimm miklu aldauda. En hvort það er gott eða slæmt er kannski álitamál, og jafnvel efni í aðra ritgerð.

Heimildaskrá

Bækur og rit:

Chang R., 2005: *Chemistry, eight edition*. McGraw-Hill Book Company. USA

Clarkson E. N. K., 2004: *Invertebrate Palaeontology and Evolution*. Blackwell Science. Bretland

Francis P., Oppenheimer C., 2004: *Volcanoes*. Oxford university press. Bretland

Gregory K. J., Walling D. E., 1981: *Man and environmental processes*. Butterworths. Bretland

McBirney A.R., 1993: *Igneous Petrology, second edition*. Jones and Barlett. USA

Plummer, McGary, Carlson, 2005: *Physical Geology*. McGraw-Hill Book Company. USA

Press F., Siever R., 1978: *Earth*. W. H. Freeman and Company. USA

Stanley S. M., 2005: *Earth System History*. W.H. Freeman. USA

Strahler A. N., 1987: *Science and earth history, the evolution/creation controversy*. Prometheus Books Buffalo, N.Y.

Sullivan W., 1974: *Continents in motion, the new earth debate*. McGraw-Hill Book Company. USA

Lifandi Vísindi nr.13/2005

Ólafur Ingólfsson, Fyrirlestrar Jarðsögu 1, haustönn 2005.

Vefsíður (skoðaðar september til nóvember 2005)

<http://www.ucmp.berkeley.edu>

<http://hannover.park.org/Canada/Museum>

<http://palaeo.gly.bris.ac.uk/Palaeofiles/Permian/SiberianTraps.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Snowball_Earth

<http://www.mantleplumes.org/Deccan.html>

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/anextdiversity.gif>

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4285878.stm>