

Mikä tappoi

SEPPO VUOKKO

Dinosaurusten kuolema päätti elämän mesotsooisen maailmankauden ja sen viimeisen osan, liitukauden. Siirryttiin elämän uuteen aikaan, kenotsooiseen maailmankauteen, joka johti nisäkkäiden voimakkaaseen erilaistumiseen ja lopulta ihmisen syntyyn. Olisiko sitä voinut tapahtua, jos dinosaurukset olisivat saaneet elää?

dinosaurukset?

Aluksi dinosaurusten tuhoa pidettiin totaalisenä: kaikki dinosaurukset kuolivat liitukauden lopussa. Kun linnut todettiin dinosaurusten jälkeläisiksi, kuva sukupuutoistakin muuttui: suuret lajit tuhoutuivat, mutta pienet höyhenpeitteiset lajit, siis linnut, selvisivät. Se toi uuden näkökulman tuhon syiden etsintään. Suku-

puuttoon ei johtanutkaan jokin dinosauruksille tyypillinen ominaisuus, vaan tuho liittyi suureen kokoon.

Aina modernin geologian alkuun yksinkertaisin selitys löytyi Raamatusta: ne olivat eläimiä, jotka eivät mahtuneet Nooan arkkiin. Kun 1800-luvun geologit osoittivat, että jäänteet ovat miljoonien vuosien ikäisiä, tarvittiin parempi selitys.

Jatkuu seuraavilla sivuilla ►

Ja selitysmalleja on riittänyt aina dinojen itsensä tuhoavasta "tyhmyydestä" liitukaudella kehittyneitten kukkakasvien myrkkyyhin. Viimeaikaisten tutkimusten perusteella näyttää jo jokseenkin varmalta, että tuhon aiheutti joko Chicxulubin huikean suuri meteoriitti tai Intian pitkään jatkuneet tulivuorenpurkaukset.

Itse asiassa on helppo kuvitella katastrofi, joka hävittäisi dinosaurukset. Paljon vaikeampi on kuvitella tapahtuma, joka hävittäisi dinosaurukset, mutta jättäisi suuren osan muusta lajistosta jäljelle. Tässä esitetään yksinkertainen teoria, joka selittäisi molemmat. Esittelin sen jo alustavasti Suomen Luonto -lehdessä (Vuokko 2010). Onko se tosi, sen tulevat tutkimukset näyttämään.

Olen tarkastellut sukupuuttoja nimenomaan ekologina, ja silloin äkillinen, globaali ja kaiken tuhoava katastrofi on mahdoton luonnon nykytilanteen perusteella. Jos tuho olisi ollut niin täydellinen, kuin hurjimmat Chicxulub-skenaariot (esim. Schulte et al. 2010a ja sitä vielä räväkämmin siteeraava Nummila 2010) esittävät, emme olisi täällä koko kysymystä pohtimassa. Nummila (2010) sanoo suorastaan, että vuosikymmeniä kestänyt väittely on nyt ohi.

Se ei ole; Schulten työryhmä sai jo kesäkuussa kolme useiden tutkijoiden allekirjoittamaa vastinetta (Archibald et al. 2010, Courtillot ja Fluteau 2010, Keller et al. 2010), joissa kiistettiin Schulten työryhmän yksioikoinen tulkinta sukupuutoista. Työryhmä puolusti omaa kantaansa samassa numerossa (Schulte et al. 2010b). Näissä kirjoituksissa on hyvät viitteet keskeiseen fakta-aineistoon.

Tulta ja tulikiveä!

Liitukauden ja tertiäärikauden rajakohta on Länsi-Euroopan ja Yhdysvaltojen kivissä jyrkkä ja vailla fossiileja. Geologi Walter Alvarez

löysi rajakerroksesta poikkeuksellisen runsaasti iridiumia, joka on maapallolla hyvin harvainen alkuaine. Hänen isänsä, fysiikan nobelisti Luiz Alvarez, esitti heti, että syynä iridiumipitoiseen kerrokseen ja samalla dinosaurusten tuhoon on suunnattoman suuri meteoriitti.

Kraatteri löytyi vasta pitkällisen etsinnän tuloksena. Noin 65,5 miljoonaa vuotta sitten syöksyi avaruudesta läpimitaltaan 12–14 kilometrin asteroidi kohti maata ja osui matalaan mereen siinä, missä nyt on Meksikon lahti ja Yukatanin niemimaa. Isku synnytti halkaisijaltaan 180-kilometrisen kraatterin. Maastossa se ei enää erotu, sillä se on sittemmin peittynyt nuorempiin kerrostumiin.

Yleisimmin hyväksytyn käsityksen mukaan meteoriitti aiheutti liitukauden lopun massasukupuutot. Törmäyksen synnyttämä paineaalto ja kuumuus tappoi kaiken elämän satojen kilometrien säteellä. Räjähdys sinkosi kuutiokilometreittäin sulaa kiviainesta avuruuteen, josta sitä satoi useiden päivien ajan eri puolille maapalloa. Avaruudessa vain pinnaltaan jäähtyneet kivet kuumenivat ilmakehän läpi syöksyessään uudelleen hehkuviksi ja sytyttivät metsäpaloja kaikkialla maapallolla.

Vain metsäpalojen liekit valaisivat pimeyttä, sillä törmäyksen nostama pölypilvi peitti auringon valon, joidenkin käsitysten mukaan jopa vuosiksi. Rikkipitoiset yhdisteet happamoittivat valtameren niin, että plankton kuoli. Amerikkalaisen tiedeseuran AAAS:n kokouksessa 41 asiantuntijan kansainvälinen paneeli päätyi yksimielisenä tähän selitykseen (Schulte et al. 2010).

Valtavat laavavirrat

Toinen vaihtoehto dinojen tuhon syyksi löytyy toiselta puolelta maapalloa, Intiasta. Siellä on Deccanin portaina (Deccan traps) tunnettu valtava basalttikerrostuma, joka kattaa puoli miljoonaa neliökilometriä – puolitoista ker-



Lentoliskot eli pterosaurukset eivät olleet kovin kookkaita, mutta pitkäikäisiä ja hitaasti lisääntyviä. Se teki niistä arkoja ilman saasteille.

The pterosaurs were not very large creatures. Their longevity and tendency to breed at a leisurely pace made them vulnerable to atmospheric pollution.

taa Suomen kokoisen alueen – parin kilometrin vahvuksena kerroksena. Eroosio on jo sitä suuresti kuluttanut, ja basalttilaavojen on arveltu alunperin peittäneen jopa kolme kertaa suuremman alueen. Joka tapauksessa purkaukseen laavan määrä on suunnaton: ehkä pari miljoonaa kuutiokilometriä.

Purkaukset alkoivat noin 67 miljoonaa vuotta sitten, ja jatkuivat vielä selvästi tertiäärikauden puolelle vähitellen vaimentuen 63 miljoonaa vuotta sitten. Laavaa tulvi maan pinnalle useana erillisenä pulssina, joiden välillä oli rauhallisia kausia. Rajut purkausjaksot kestivät tuhansia tai kymmeniä tuhansia vuosia, mutta kuitenkin satojen dinosaurussukupolvien ajan.

Itse laavan aiheuttamat tuhot olivat paikallisia, mutta ilmaan suitsusi suunnattomat määrät hiilidioksidia, rikkiyhdisteitä (jopa 0,5 Gt vuodessa) ja halogeeneja (klooria, fluoria, jodia ja bromia) (Courtillot ja Fluteau 2010, Self et al. 2008), jotka vaikuttivat koko maapallon ilmastoon ja ilman laatuun. Rajut purkaukset heittivät kuutiokilometreittäin tuhkaa ilmakehän yläosiin. Tuhka aiheutti loistavat auringonlaskut, mutta vähensi auringonvalon määrää ja viilensi ilmastoa. Tätä viilenemistä on yleisesti pidetty sukupuuttojen syynä.

Mikä ihmeen lajituho?

Keskustelu dinojen kuoleman aiheuttajasta käy kuumana. Sitä osoittavat myös puheenvuorojen pitkät allekirjoittajalistat (Archibald et al. 2010, Keller et al. 2010, Schulte et al. 2010a, 2010b), ikäänkuin kirjoittajien lukumäärällä ja arvovallalla yritettäisiin vakuuttaa nekin, joille esitetyt faktat eivät riitä. Kannattaa silti hiukan katsoa perusteitakin.

Liitukauden lopun katastrofi on liitetty oppikirjoissa yhdeksi maapallon suurista sukupuuttoaalloista. Kieltämättä se oli suuri,

mutta merkillisen valikoiva. Merissä se näyttää olleen tuhoisampi kuin maaekosysteemisissä.

Maapallon eläinlajeista on arvioitu tuhoutuneen liitukauden lopulla peräti 60–80 prosenttia; arvio vaihtelee hiukan eri lähteissä. Toisaalta hyönteisheimojen lukumäärässä liitukauden loppu ei näy minkäänlaisena notkahduksena (Willis ja McElwain 2002 s. 183). Todennäköisesti arvio eläinlajien tuhosta on liian suuri ja johtuu amerikkalaisten tutkimusten yliedustuksesta. Hiukan liioitellen voidaan sanoa, että maalla liitukauden lopun mullistukset tappoivat vain suurimmat (yli 20 kg?) eläimet, mutta muu luonto selvisi vähin vaurioiden (esim. Behrensmeyer et al. 1992).

Kasvikunnassa ei ole havaittavissa minkäänlaista massasukupuuttoa liitukauden ja paleogeenin taitteessa, vaan kehitys jatkuu jokoseenkin tasaisena. Monet nykyiset kasvisuvut olivat kehittyneet jo liitukaudella – esimerkiksi meille tutut mähnyt, koivut ja lepät. Koppisiemeniset runsastuivat pääasiassa saniaisten ja käpypalmujen kustannuksella, mutta havupuiden osuus säilyy suunnilleen muuttumattomana pitkälle tertiäärikauteen. Koppisiemenisten puuaines on fossiiliaineistossa niukkaa havupuihin verrattuna, joten ilmeisesti metsien valtapuina olivat havupuut ja koppisiemeniset muodostivat aluskasvillisuuden (Behrensmeyer et al. 1992, Willis ja McElwain 2002). Liitukauden lopulla kuoli sukupuuttoon korkeintaan 5–10 prosenttia kasvilajeista (Willis ja McElwain 2002).

Miksi tähänastiset selitysmallit eivät voi olla oikeita?

Useat Chicxulubin meteoriitin tuhoista laaditut kuvaukset liioittelevat. Jos meteoriitti olisi synnyttänyt sellaisen koko maapalloa koskevan helvetillisen kuumuuden ja kuukausien



Chicxulubin asteroidi saattoi hyvinkin tuhota Pohjois-Amerikan triceratopsit, mutta muualla dinosaurusten olisi kyllä pitänyt selvitä asteroidin aiheuttamista muutoksista.

Although the Chicxulub asteroid may well have wiped out Triceratops in North America, dinosaurs elsewhere in the world should have survived the devastation wreaked by the impact.

pimeyden, kaikki bakteereja kummemmat maalla elävät otukset olisivat tuhoutuneet.

Kuvaa on vääristänyt se, että Pohjois-Amerikka kärsi kaikkein pahiten meteoriittituhosta. Kun suuri osa paleontologeista on amerikkalaisia, unohdetaan helposti Euraasia ja eteläinen pallonpuolisko.

Schulte et al (2010a) ovat tulkinneet artikkelinsa karttaa (s. 1216, kuva 2) siten, että Chicxulubin asteroidin vaikutukset näkyvät kaikkialla maapallolla. Kuvaa voi tulkita toisinkin: iskun vaikutukset olivat tuhoisat vain Karibian alueella ja Yhdysvaltojen eteläosissa, mutta heikot muualla!

Lukuisia lajeja kyllä kuoli, mutta suurin osa lajeista säilyi. Eivät edes lajien väliset vuo-

rovaikutussuhteet katkenneet. Hyönteiset olivat jo liitukaudella merkittäviä kasvien pölyttäjinä (Willis ja McElwain 2002). Kuinka mesipistiäiset ja muut kukista ravintoa keräävät hyönteiset olisivat selvinneet edes yhden kasvukauden kestäneen kukattoman pimeyden yli?

Yksittäiset kasvilajit voisivat säilyä hengissä maaperän siemenpankin turvin, mutta tämäkään ei salli kovin pitkää pimeyttä. Useimpien kasvien siemenet säilyttävät itävyytensä vain muutamia vuosia; saniaisten ja muiden itiökasvien itiöt ovat vielä lyhytikäisempiä.

Pelkkä siementen säilyminen ei kuitenkaan turvaa seuralaislajien elämää. Kasveilla on monia seuralaisia, jotka ovat kasveista riippu-

vaisia tai joista kasvit ovat riippuvaisia: juurisieniä, pölyttäjiä ja siementen levittäjiä, lahottajia ja kasvinsyöjiä. Näiden säilyminen edellyttää, ettei kasvin esiintymisessä ole lainkaan katkoksia. Jos kaikki männyt kuolisivat samanaikaisesti ja uusi sukupolvi syntyisi muutaman vuoden kuluttua siemenistä, lähes kaikki männyn seuralajit tuhoutuisivat!

Näin ei kuitenkaan käynyt liitukauden lopussa, vaan jossakin päin maailmaa metsäekosysteemit säilyivät toimintakykyisinä kasveineen, sienineen, hyönteisineen, lintuineen ja muine eliöineen. Pitkään kestävä saniaisten pioneerivaihe voi olla vain paikallinen, lähinnä pahinta tuhoaluetta koskeva ilmiö. Kyse ei ole siis pelkästään eläinten ravinnon saannista, vaan laajemmin lajien välisistä vuorovaikutuksista.

Liitukauden lopun sukupuutoilla oli useita eri syitä kuten toteavat Schulten ja kumppaneiden tutkimusta kritisoineet tutkijat (mm. Archibald et al. 2010, Keller et al. 2010). Ammoniittien ei ole tarvinnut kuolla samasta syystä kuin dinosaurusten! Merien selkärangattomien tuhon synnä voi hyvinkin olla Chicxulubin meteoriitin aiheuttamat meriveden kemialliset muutokset (happamoituminen tms), mutta yhtä lailla valtamerten kemialla ovat voineet kohtalokkaalla tavalla muuttaa Deccanin purkausten suunnattomat rikki- ja halogeenipäästöt (Self et al. 2008).

Täystuho Texasissa

Rauhallisesta kehityksestä on kaksi poikkeusta. Ensimmäinen sopii hyvin Chicxulubin asteroidin aiheuttamaksi, toinen huonommin.

Pohjois-Amerikan eteläosissa on luonnon kehityksessä selvä katkos, täystuho. Iridiumpitoisen kerroksen yläpuolella on ohut kerros, jossa on melkein pelkästään saniaisten itiöitä, mutta korkeampien kasvien jäänneet puuttuvat (mm. Nichols ja Johnson 2009). Sitä seu-

raa selvästi liitukautisesta poikkeava uusi koppisiemenisten vallitsema kasvipeite (Nichols ja Johnson 2009, Willis ja McElwain 2002).

Tuhoalueen ensimmäiset eliöt ovat sellaisia, jotka pystyvät leviämään kauas ilmakehän virtausten matkassa: saniaisia, sammalia, leviä, alkueläimiä, hämähäkkejä (jotka liitävät seitinsä varassa), hyönteisiä ja lintuja. Siemenkasvit ja maaselkärangaiset levittäytyvät hitaammin ja saapuminen meren yli edellyttää harvinaisia poikkeustilanteita ja onnenpotkua.

Kuitenkin jo Pohjois-Dakotassa kasvipeite palautui nopeasti ennalleen, ja Etelä-Kanadassa kasvillisuuden kehitys näyttää jatkuneen suuremmista häiriöistä liitukaudesta paleoseeniin (Nichols ja Johnson 2009).

Toinen – ja kannaltani vaikeasti selitettävä – poikkeus on Uusi Seelanti, josta on löydetty selvä iridiumpitoinen kerros ja siihen liittyvä kasvipeitteen tuhoa ja sen jälkeistä sukkessiota kuvaava sienten ja saniaisten itiöitä sisältävä kerros (Nichols ja Johnson 2009 ss. 207–213). Vastaavasti nämä Uuden Seelannin rajakerrostumat ovat olleet vahvin peruste Chicxulubin asteroidituhon globaalisuudelle. Nykyisen Uuden Seelannin omaleimainen lajisto osoittaa, ettei tuho siellä ole voinut olla totaalinen.

Rajakerros hukassa!

Mualla eteläisellä pallonpuoliskolla liitukauden vaihtuminen paleoseeniksi näkyy kasvipeitteen vähittäisen yksipuolistumisena, ei suinkaan äkillisenä hyppäyksenomaisena muutoksena. Syynä lienee ollut ilmaston viilenneminen.

Itä-Aasian manterelta tutkijat eivät ole edes löytäneet yksiselitteistä liitu- ja tertiäärikauden rajakohtaa, vaan kehitys näyttää jatkuneen keskeytyksittä (Nichols ja Johnson 2009 ss. 168–194); tosin katsauksen laatijat kiistävät

toisten tutkijoiden näkemykset jatkuvuudesta juuri sillä perusteella, ettei eksaktia K/T-rajaa ole löytynyt! Ehkeivät edes kaikki dinosaurukset menehtyneet liitukauden lopussa. Itä-Aasiassa muutamien dinosaurusten jäänteet on ajoitettu tertiäärikautisiksi (Nichols ja Johnson 2009 ss. 170–172), mutta ajoitukset ovat selvän rajakohdan puutteen vuoksi kiistanalaisia.

Koko maapalloa ajatellen kasvillisuuden muutokset olivat liitukauden ja paleoseenin taitteessa määrällisiä ja vähittäisiä. Kokonaisen lahkojen tai heimojen sukupuutot eivät ole yhtäkkisiä ilmiöitä, vaan vähittäisiä hiipumisia, jossa koppisiemeniset vähitellen syrjäyttivät käpypalmut (mm. Bennettiales) ja vanhakantaiset paljassiemeniset (Taxodiaceae, Araucariaceae, Ginkgoaceae) (Bell ja Hemsley 2000 ss. 309–310). Havupuut menettivät valta-asemansa vasta tertiäärikaudella (Behrensmeyer 1992, Bell ja Hemsley 2000)

Sukupuuttojen ja selviytymisten kannalta mielenkiintoiset, kaukana Yukatanista olevat alueet kuten Afrikka, Etelä-Amerikka, Euroasian sisäosat ja Etelämanner ovat Yhdysvaltoihin verrattuna perin heikosti tutkittuja, ja niissä on tehty varsin vähän tai ei ollenkaan yli K/T-rajan yltyviä kasvipaleontologisia tutkimuksia. Itse dinosaurukset kiinnostavat paljon useampaa paleontologia kuin niiden elinympäristö!



Magnoliat ja monet muut nykyisistä koppisiemenisten kasvien suvuista olivat kehittyneet jo liitukauden aikana. Havupuut menettivät kuitenkin asemansa metsien valtapuina vasta tertiäärikaudella.

Magnolias and a wide variety of other angiosperm genera had already appeared during the Cretaceous. However, conifers held on to their dominance until the Tertiary.

Huono ilma tappoi dinosaurukset

Jotta tuhon syyhyyn pääsisi käsiksi, on pohdittava, millaisia olivat kadonneet lajit. Meriekosysteemin jätän pääosin tämän pohdinnan ulkopuolelle. Siis mitä hävisi koko maapallon mittakaavassa?

Sukupuuttoon kuolivat suuret, ilmaa hengittävät eläimet – dinosaurukset, joutsenliskot, kalaliskot ja lentoliskot. Pienet dinosaurukset – linnut – selvisivät. Samoin sammakkoeläimet, käärmeet, liskot, kilpikonnat, maanilviäiset ja hyönteiset. Kokonaiset metsäekosysteemit säilyivät, jopa lajit, jotka viettävät koko elämänsä puiden latvuksissa. Juuri niiden olisi kuvitellut kuolevan ensimmäisinä helvetillisessä tulimyrskyssä.

Ajatus, että säilyneet lajit olisivat ehtineet hakeutua suojaan kaiken grillaavalta säteilyltä, on kestämaton. Periaatteessa pienet lajit pysyivät kyllä kätkeytymään maa- ja kallioperän luoliin ja onkaloihin paremmin kuin kymmenien tonnien painoiset dinosaurukset. Käytännössä polttavan kuuma säteily tappaisi pienim-

mät otukset ennen kuin ne ehtisivät

etsiä suojaisia koloja. Sellai-

nen ei edes kuulu puiden

latvuksissa elävien

hyönteisten ja mui-

den eläinten käyt-

täytymiseen. Aja-

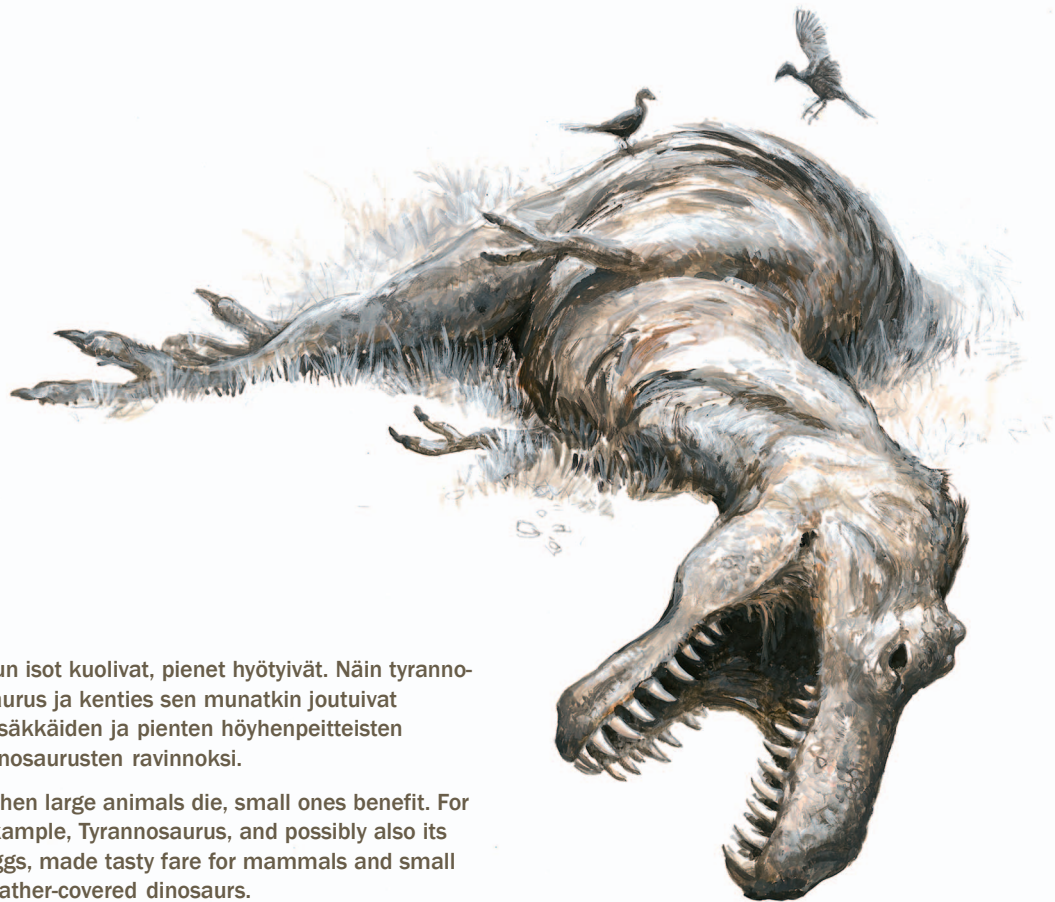
tuskin polttavaa

säteilyä luoliin

pakenevista per-

hosista on aika ab-

surdi. On etsittävä



Kun isot kuolivat, pienet hyötyivät. Näin tyrannosaurus ja kenties sen munatkin joutuivat nisäkkäiden ja pienten höyhenpeitteisten dinosaurusten ravinnoksi.

When large animals die, small ones benefit. For example, Tyrannosaurus, and possibly also its eggs, made tasty fare for mammals and small feather-covered dinosaurs.

jokin tekijä, joka tuhoaisi suuret eläimet, mutta säästäisi pienet.

Mikä on hävinneille yhteistä? Suuri koko, pitkä ikä ja ilman hengittäminen. Jo tämä luettelo yhteisistä ominaisuuksista antaa selvän vihjeen, mitä olisi voinut tapahtua.

Deccanin vuosituhansia jatkuneiden tulivuorenpurkausten vuoksi ilman laatu oli huono: siinä oli rikkipitoisia yhdisteitä, pienhiukkasia ja myrkyllisiä halogeeneja (Self et al. 2008). Voimme hyvin kuvitella liitukauden lopun olosuhteet ja niiden vaikutukset eläimiin ja kasveihin, sillä ihminen on aiheuttanut samankaltaisia muutoksia ilmaan kuin tulivuoren purkauksetkin. Siksi tiedämme niin paljon saasteiden vaikutuksista ja tätä tietoa voimme soveltaa suoraan liitukauden lajituhoon.

Liitukauden lopun ilman ei tarvinnut olla paljonkaan huonompaa kuin pahimpien te-

ollisuusalueiden ilma, jotakin sellaista kuin muutamia vuosikymmeniä sitten Nowa Huttassa tai Ruhrin alueella, tai paikoin Kiinassa nykyään.

Pitkäikäisillä eläimillä ilman epäpuhtauksien vaikutus korostuu. Vuosien mittaan tulee keuhkosityöpiä, kivipölykeuhkoa, keuhkoinfektioita, ongelmia, jotka vain pahenevat eläimen ikääntyessä. Vuosituhansia jatkunut altistus rikkidioksille ja muille vulkaanista alkuperää oleville ilman epäpuhtauksille selittää hyvin sen, että suuret, ilmaa hengittävät eläinlajit kuolevat sukupuuttoon, mutta pienet lajit selviävät.

Keuhkovaivat eivät tapa hetkessä suuria eläimiä sukupuuttoon, mutta lisääntymistulos heikkenee. Yhä harvemmat dinosaurukset elävät niin pitkään, että ehtivät lisääntymään – ja lopulta laji kuolee sukupuuttoon.

Ja juuri näin näyttää käyneen liitukauden loppulla. Sekä dinosaurusten yksilömäärät että lajimäärät näyttävät vähenevän liitukauden loppua kohden jo parin miljoonan vuoden ajan. Loppu oli siis hidas hiipuminen, eikä yhr'äkinen katastrofi. Se sopii hyvin Intian laavapurkausten aikatauluihin. Paljon todempi kuva liitukauden lopusta on siis verta ja limaa yskivä dinosaurius kuin liekkien loimussa paahutuva jättiläinen.

Meteoriitti iski keskelle tulivuoren kaasuisia ja pölyistä kärsivää maapalloa. Ehkä tuhannen kilometrin säteellä se tuhosi kaiken. Iskun nostattama pöly ja rikki-pitoiset kaasut nousivat ilmakehän yläosiin ja levisivät kautta maapallon, ja pimensivät auringon valon kenties viikoiksi. Chicxulubin kaasut pahensivat jo ennestäänkin huonoa tilannetta, ja sinetöivät lajituhon.

SEPPO VUOKKO
KUVAT: TOM BJÖRKLUND

Summary

TRANSLATED BY LEIGH PLESTER

What killed off the dinosaurs?

The late Cretaceous – early Palaeocene period and its associated dinosaur extinction has been the subject of great interest and, at times, of heated debate. Two massive geological phenomena occurred at that time, the Deccan Plateau's enormous volcanic eruptions in India, and the asteroid that struck the Yucatan region. Despite numerous other causes of the demise of the dinosaurs having been postulated, the most likely reasons for their extinction are

correlated with one or other of these two major events.

I have approached the extinctions from the ecologist's viewpoint, so that the scenario of sudden total global devastation is an impossibility based on the present situation. Had the destruction been as massive as the Chicxulub (Yucatan) scenarios suggest, we would not be discussing the matter here at all.

Darkness extending over several months or years would have destroyed the ecosystems. However, the forest ecosystems with their birds, insects, mycorrhizas, pollinators and seed dispersers in fact thrived all over the globe. The fern pioneer stage which lasted for centuries may have been merely a local phenomenon applying only to the region bearing the brunt of the calamity.

Even in text books the catastrophe at the end of the Cretaceous has been regarded as one of the world's greatest waves of extinction ever. Despite its irrefutable magnitude, it was oddly selective, however. The event appears to have been more destructive in the oceans than on land.

It has been estimated that the catastrophe at the end of the Cretaceous eliminated as much as 60–80 % of the world's animal species. The actual figure varies according to the source. By contrast, no fall-off is discernible in the number of insect families at the end of the Cretaceous. Thus, the figures quoted are evidently excessively high and are based on the global generalisation of studies carried out in the most severely affected region.

No mass extinctions can be observed within the plant kingdom during the late Cretaceous – early Palaeocene period, when evolution continued at a fairly even pace. There were some exceptions, however. The southern states of North America show a clear break in continuity marked by a prolonged period of pteridophyte domination known as a 'fern

peak'. Palaeobotanists have also highlighted a similar tendency in New Zealand. The fern peak was succeeded by a flora dominated by angiosperms which differed sharply from that of the Cretaceous. At most, the end of the Cretaceous saw the extinction of 5–10 % of plant species.

Seed preservation alone does not ensure the survival of associate species. Plants have many associate species, such as mycorrhizal fungi, pollinators and seed dispersers, decomposers and herbivores, which are either dependent on the plants, or the latter are dependent on them. For the survival of these it is essential for there to be no interruption in the existence of colonies of the plant.

Even during the Cretaceous, insects constituted important pollinators of plants. How would honey bees and other insects collecting food from flowers have survived over even a single dark growing period without flowers? With a modicum of exaggeration one may say that the upheavals of the late Cretaceous killed off only the largest (over 20 kg?) animals, while other forms of life were only slightly 'dented'. Extinction occurred among dinosaurs, plesiosaurs, ichthyosaurs and pterosaurs. The small dinosaurs – birds – survived, as did the amphibians, snakes, lizards, tortoises, terrestrial molluscs and insects.

Those that succumbed shared the characteristics of large size, longevity, and the habit of breathing air. These common features provide a clear clue as to what actually could have happened.

Resulting from the Deccan volcanic eruptions which were repeated over several millen-

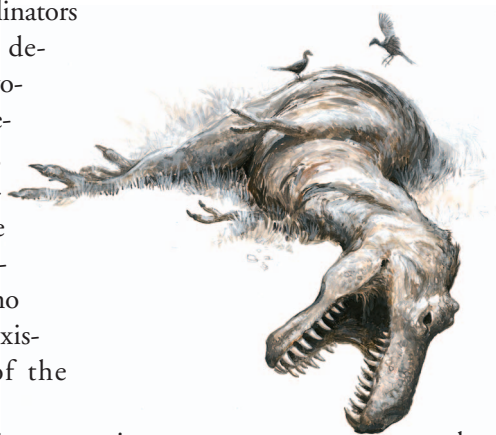
nia air quality was poor: the atmosphere contained both sulphurous compounds and particulate impurities, in addition to toxic fluorine and other halogens.

Air quality at the close of the Cretaceous did not need to be much poorer than the worst air polluted by modern industry. We can thus easily appreciate the impact of bad air quality on animals and plants at the end of the Cretaceous.

The effect of air impurities on animals with a longer life span is multiplied. Over the years, lung cancer, silicosis from rock dust, and lung infections creep in which only worsen as time wears on. Pulmonary problems do not drive large animals to extinction over a short time period, but the beasts' fecundity is considerably weakened. Shrinking numbers of dinosaurs live long enough to reproduce – and in the end the species dies out entirely.

It is just this sort of thing which appears to have occurred at the close of the Cretaceous. Both the number of dinosaur individuals and the number of species appear to have become reduced towards the end of the Cretaceous over a period of perhaps a million years. Thus, the end was a slow whittling down of numbers rather than sudden carnage. This correlates well with the advent of the Deccan eruptions in India. In short, a far more realistic scene at the close of the Cretaceous would be a dinosaur coughing up blood and sputum, rather than a giant beast being kebabbed over hot flames.

The Chicxulub meteorite hit an Earth suffering from the gases and dust spewed out



by a volcano. Possibly it destroyed everything within a thousand kilometre radius. The dust and sulphurous gases resulting from the impact billowed up to the higher levels of the atmosphere, there to spread throughout the world, and they blotted out the sun for perhaps many weeks. The gas clouds set up by Chicxulub served to exacerbate an already calamitous situation and put the seal on the fate of numerous species.

Viitteet

Kirjoitus on yleiskatsaus, jossa useassa kohdin on tyydytty yhteenvetoteoksissa esitettyihin faktoihin. Tietoa ei siis aina ole tarkistettu alkuperäisjulkaisuista.

- Archibald, J. D., Clemens, W. A., Padian, K., Rowe, T., MacLeod, N., Barrett, P. M., Gale, A., Holroyd, P., Sues, H.-D., Arens, N. C., Horner, J. R., Wilson, G. P., Goodwin, M. B., Brochu, C. A., Lofgren, D. L., Hurlbert, S. H., Hartman, J. H., Eberth, D. A., Wignall, P. B., Currie, P. J., Weil, A., Guntupalli, V. R. P., Dingus, L., Courtillot, V., Milner, A., Bajpai, S., Ward, D. J. ja Sahni, A. 2010. Cretaceous Extinctions: Multiple causes. *Science* 328:973
- Behrensmeyer, A. K., Damuth, J. D., DiMichele, W. A., Potts, R., Sues, H.-D. ja Wing, S. L. 1992. Terrestrial Ecosystems through Time. *Evolutionary Paleocology of Terrestrial Plants and Animals*. The University of Chicago Press, 568 s.
- Bell, P. R. ja Hemsley, A. R. 2000. *Green plants. Their Origin and Diversity*. Second Edition. Cambridge University Press, 349 s.
- Courtillot, V. ja Fluteau 2010. Cretaceous Extinctions: The Volcanic Hypothesis *Science* 328:973–974
- Keller, G., Adatte, T., Pardo, A., Bajpai, S., Khosla, A. ja Samant, B. 2010. Cretaceous Extinctions: Evidence Overlooked. *Science* 328:974–975
- Nichols, D. ja Johnson K. 2009. *Plants and the K–T Boundary*. Cambridge University Press, 280 s.
- Nummila, S. 2010. Vuosikymmeniä kestänyt väittely on ohi. Asteroidi tuhosi dinosaurukset. *Tähdet ja Avaruus* 3/2010: 14–19.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Brown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Clayes, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., Koeberl, C., Kring, D. A., MacLeod, K. G., Matsui, T., Melosh, J., Montanari, A., Morgan, J. V., Neal, C. R., Nichols, D. J., Norris, R. D., Pierazzo, E., Ravizza, G., Rebolledo-Vieyra, M., Reimold, W. U., Robin, E., Salge, T., Speijer, R. P., Sweet, A. R., Urrutia-Fucugauchi, J., Vajda, V., Whalen, M. T. ja Willumsen, P. S. 2010a. The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous–Paleogene Boundary. *Science* 327: 1214–1218.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Brown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Clayes, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., Koeberl, C., Kring, D. A., MacLeod, K. G., Matsui, T., Melosh, J., Montanari, A., Morgan, J. V., Neal, C. R., Norris, R. D., Pierazzo, E., Ravizza, G., Rebolledo-Vieyra, M., Reimold, W. U., Robin, E., Salge, T., Speijer, R. P., Sweet, A. R., Urrutia-Fucugauchi, J., Vajda, V., Whalen, M. T. ja Willumsen, P. S. 2010b. Response. *Science* 328:975–976
- Self, S., Blake, S., Sharma, K., Widdowson, M ja Sephton, S. 2008. Sulfur and Chlorine in Late Cretaceous Deccan Magmas and Eruptive Gas Release. *Science* 319: 1654–1657.
- Willis, K. J. ja McElwain, J. C. 2002. *The evolution of plants*. Oxford University Press, 378 s.
- Vuokko, S. 2010. Kuolivatko dinosaurukset ilmansaasteisiin? *Suomen Luonto* 5/2010: 54–57.