

KUN SUOMEN KIVET MUUTTIVAT MAAILMAN GEOLOGIEN AJATTELUA

JUKKA HILDÉN

Suomen kallioperä on jo yli sadan vuoden ajan ollut maailman avainalue vaikeiden peruskallioon liittyneiden geologisten ongelmien ratkaisemisessa. Tämä johtuu siitä, että ikivanha kallioperämme on monin puolin, etenkin rannikoilla ja saaristossa, paljaana, jäätikön silottelemana ja veden kostuttamana. Toisaalta maassamme on aina ollut eteviä peruskallion tutkijoita.



Tieteellisen geologian perustivat saksalainen Abraham Gottlob Werner (1749–1817), skotti James Hutton (1726–97) ja britti Charles Lyell (1797–1875). Varsinkin kahdella ensin mainitulla oli geologisten muodostumien synnystä kovin erilaiset näkemykset. Hutton haastoi häntä yli 20 vuotta nuoremman, mutta paljon vaikutusvaltaisemman Wernerin näkemykset.

Werner esitti, että nykyisin magma- ja metamorfisiksi kiviksi kutsumamme kivet ovat syntyneet kiteytymällä muinaisten kuivuneiden alkumerien liuoksista. Kiistellyt basaltit hän selitti sedimenttisiksi eli kerrostuneiksi muodostelmiksi. Hutton puolestaan selitti, että graniittien ja basalttien kaltaiset kivet ovat syntyneet ”tulesta” eli ne ovat ennen olleet kivisulaa eli magmaa: joko syvyksissä (graniitti) tai Maan tulivuorissa (basaltti).

Lyell kirjoitti jo omana aikanaan kuuluisaksi tulleen, nykyään jo klassisen moniosaisen teoksensa *Principles of Geology*, jossa hän sovelsi käytäntöön niitä näkemyksiä ja periaatteita, mitkä tässä Werner–Hutton-kiistassa voittivat. Voittajana selvisi Wernerä 23 vuotta vanhempi Hutton.

Wernerin vuoriakatemia

Werner toimi Saksissa sijainneen maineikkaan Freiburgin kaivosakatemian opettajana. Hän tunsi mineraalit, mutta ei paljoakaan pienen Saksin ulkopuolella olevaa geologiaa ilmeisesti heikon terveytensä vuoksi. Hänen maineensa hyvänä opettajana kuitenkin kiiri halki Euroopan ja oppilaita virtasi kaikkialta vanhasta maailmasta hänen luokseen. Valmistuttuaan oppilaat veivät oppinsa kotimaahansa.

Hutton oli toista maata. Hänellä ei ollut koulua eikä koulukuntaa, mutta kentältä hän löysi suurimmat oppinsa, opettajansa ja löytönsä. Hän matkusti hevoskärryillä ympäri Skotlantia. Kerran Glenn Tiltissä hän käski ajurin pysäyttää vaunut. Hutton jalkautui tarkastelemaan kallioseinämää ja alkoi huutaa kuin hullu. Ajuri luuli hänen löytäneen kallioista kultaa. Hutton ei ollut löytänyt kultaa, mutta jotain sitäkin arvokkaampaa: graniitti oli läpäissyt vanhempaa metamorfista liusketta!

Jokainen poimuilevia, haaroittuvia ja pystysuoriakin graniitti-intruusioita vaikkapa Suomessa nähnyt geologi tajuaa, ettei graniitti ole voinut saostua liuoksista vaakuoraan meren pohjaan,

vaan sen on täytynyt olla ”elävää”, vanhempaan kiveen tunkeutunutta poimuilevaa kivisulaa, magmaa. Näin ollen graniitti ei siis voinut olla kerrostumalla syntynyt sedimentti, kuten Werner väitti.

Huttonin 25 vuoden havainnoistaan kirjoittama kirja *Theory of the Earth* on äärimmäisen vaikeaselkoinen. Tarvittiin ”kirjanoppinutta” sitä selittämään. Tällaiseksi ryhtyi John Palyfair kirjallaan *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* (1802). Hän selitti Huttonin ajatuksenjuoksua niin, että sen ymmärsivät myös tavalliset kansalaiset.

Huttonista sanotaan, ettei hän välittänyt maineesta. Siitä huolimatta hänestä puhutaan nykyään kaikkialla geologian isänä. Hän välitti löytämisestä ja sai siitä iloa. Hän oli geologian ensimmäinen tutkimusmatkailija. Eniten häntä innoitti se, että hän pystyi hankalista, jopa sekasotkuisista geologisista muodostumista tulkitsemaan sen, miten ne olivat syntyneen ja miten neptunismi – tuolloin vallitseva paradigma – oli kuin olikin väärässä. Kenttägeologi voitti näin kaupungin kamarioppineen, kuten myöhemminkin on geologiassa käynyt.

Lyell ja Darwin

Toinen Huttonin voittaneen teorian tulkitsija oli Charles Lyell. Hänen laaja teoksensa, jonka ensimmäinen osa ilmestyi vuonna 1830, vahvisti Huttonin ajatukset siitä, että geologiset muodostumat syntyvät yleensä rae rakeelta, kerros kerrokselta, sarja sarjalta pitkien geologisten aikojen kuluessa. Lyellin kirja vaikutti vahvasti Darwiniin. Teos oli hänen mukanaan maailmanympärimatkalla *Beagle*-aluksella.

Lyellin kirja oli vastaus Georges Cuvierin (1769–1832) katastrofismiin. Cuvier oli eläintieteilijä, jota on sanottu paitsi paleontologian myös sukupuutto-käsitteen isäksi. Kirjassaan *Essay on the Theory of the Earth* (1813) hän esitti, että aika ajoin Maapallolla on ollut paikallisia katastrofeja, jotka ovat tuhonneet valtavasti elämää ja jonka jälkeen on seurannut uusi luomisen jakso. Todisteet ajatukselleen hän löysi Pariisin altaan paksuista sedimenttikivikerroksista.

Kuten lähes aina kiistoissa, molemmat osapuolet ovat omalta osaltaan oikeassa. Myös Werner oli osaltaan oikeassa, sillä merten pohjiin todellakin

kiteytyy ja kasautuu massoittaan suolamineraaleja, savia ja avaruuspölyä. Cuvier taas oli osaltaan oikeassa katastrofismissaan.

Nykyinen yksimielinen käsitys Maapallon historiasta on se, että planeettamme kyllä kehittyi rae rakeelta, kerros kerrokselta, mutta välillä tänne iskeytyy valtava taivaankappale tai täällä purkautuu massiivinen supertulivuori, jotka joko erikseen tai yhdessä tuhoavat geologisessa hetkessä lähes kaiken. Luonto kuitenkin elpyy aina.

Aktualismi: sanoja etsimässä

Huttonin yhdeksi suureksi ansioksi on luettava myös se, että hän lanseerasi niin sanotun aktualistisen (uniformitaristisen) periaatteen, jota myöhemmin Charles Lyell ja suomalainen geologi J. J. Sederholm sovelsivat niin menestyksekkäästi käytäntöön. Aktualismiin liittyy läheisesti synn ja seurauksen laki sekä luonnonlakien pysyvyys läpi ajan ja paikan. Vaikka uniformitarianismia ei voidakaan tieteellisesti todentaa, se on edelleen lähes kaikilla tieteiden aloilla perusprinsiippinä.

Geologiassa tähän aktualismiin liittyy graduaalinen periaate. Tämä tarkoittaa sitä, että kun tarkastelemme, miten kerrostumat syntyvät nykyään, voimme päätellä, miten ne ovat syntyneet muinaisuudessa. Hutton kirjoitti kuuluisaksi tulleen lauseensa *there is no vestige of a beginning, no prospect of an end*, jonka yksi mahdollinen suomenos kuuluu: "[Geologian] alusta ei ole minkäänlaisia jälkiä, eikä lopusta minkäänlaista ennettä."

Suomen ikuisuudet: graniitti

Suomen ikivanhan maankamaran valtaosan muodostavat Maapallon vanhoina aikoina syntyneet magma- ja metamorfiset kivet sekä geologisesti katsoen aivan viime aikoina kasaantuneet irtonaiset maalajit. Maankamaramme on kuin kirja, josta on jäljellä vain pitkä, vanha kallioperän kertomus ja lyhyt nuori luku eli maaperän tarina. Alkulause löytyy Maapallon syrjäisiltä seuduilta (Suomen vanhimmalla kalliolla Pudasjärvellä on ikää 3,5 miljardia vuotta). Pitkän kallioperän kertomuksen jälkeisistä pääluvuista geologi löytää Suomesta vain yksittäisiä sanoja. Etelänaapuristamme Virosta löytyy vendi-, kambri-, ordoviikki-, siluuri-, devoni- ja kvartaarikautisia kerrostumia fossiileineen.

Graniittien – kansalliskiviemme, joita Suomen

kallioperästä on yli puolet – synnystä on meillä ja maailmalla aikanaan väännetty vuosikymmenien kiistoja. Toiset geologit sanoivat – huttonilaisittain – että graniitit ovat syntyneet kivisulasta, kun taas toiset esittivät, että ne olivat syntyneet graniittisten kuumien vesiliuosten, niin sanottujen viimeisten ”mehujen”, kiteytyessä kivien muros- ja vyöhykkeisiin tai rakeiden väleihin. Tämä on esimerkki uudemmasta juupas-eipäs-väittelystä, jossa molemmat osapuolet osoittautuivat olevan osaltaan oikeassa.

Mineralogian ja geologian uranuurtaja

”Suomen mineralogian isä” oli Nils Nordenskiöld (ks. Kristiina Kalleisen artikkeli edellä), joka nimettiin Suomeen perustetun vuorilaitoksen ylitendentiksi vuodesta 1824 alkaen. Ennen häntä ja hänen aikanaan Suomen mineraaleja kyllä tutkittiin, mutta sekava kallioperä suorastaan pelotti muita geologeja. Nordenskiöld teki aloitteen koko Suomen laajuisista geologisista kenttätutkimuksista ja maan geologisesta kartoituksesta. Tutkimukset aloitettiin vuonna 1865. Ajateltiin aivan oikein, että malmeja ei voi löytää, jos ei tunne maan geologiaa. Lisäksi Nordenskiöld teki aloitteen Suomen Tiedeseuran perustamisesta.

1880-luvulla Suomessa oltiin myöhäsyntyisesti neptunisteja ja siis werneriläisiä. Peruskalliomme arveltiin syntyneen oloissa, minkälaisia ei Maapallolla enää esiintynyt. Aktualismia ei Suomessa juuri tunnettu.

Tuliperäinen ulkoilmamuseo Kanta-Hämeessä

1880-luvulla J. J. Sederholm lähti kartoittamaan Hämeen kallioperää. Vuonna 1890 hänen tutkimuksistaan ilmestyi geologinen kartta ja seuraavana vuonna laaja selvitys Kalvolan-Tammelan alueen kallioperästä. Tässä julkaisussaan hän osoitti aktualismin soveltuvan erinomaisesti seudun kallioperään, mikä syntynsä jälkeen on muuttunut vain niin vähän, että kivien alkuperästä kertovat rakenteet ovat säilyneet hyvin. Hämeessä osoitettiin tuolloin aktualismin toimivuus maailman vanhimmassa tuolloin tunnetussa kallioperässä eli Suomessa.

Kalvolan-Tammelan kivilajien rakenteet ovat samanlaisia, kuin mitä nykyään nähdään nuorten

tulivuorten purkausten synnyttävän. Kivien joukossa on muinaisia laavoja (entisiä basaltteja, porfyriittejä, mantelikiviä ja ryoliitteja). Lisäksi on tuhkan ja tulivuoresta ilmaan lentäneiden kappaleiden sekamelskaa (agglomeraatteja) sekä tuhkan ja hiekan sekoitusta (tuffiitteja). Kaikki ovat metamorfoituneita, mutta vain niin vähän, että kivien alkuperä on geologille luettavissa kallioista kuin avoin kirja.

Kalvolan-Tammelan alue on kivien ulkoilmamuseo kahdessakin merkityksessä: 1) näyttelyesineillä on ikää kunnioitettavat 1 900 miljoonaa vuotta, 2) alueella osoitettiin ensimmäistä kertaa maailmassa, että tietynlaiset peruskallion kivet ovat entistä laavaa, tuhkaa, hiekkaa ja savea.

Kalvolan-Tammelan seudun kallioperää tutki ruotsalainen geologi Daniel Tilas jo 1730-luvulla. Hän oli selvillä lohcareiden siirtymisestä ja ehkä juuri tämän ansiosta löysi alueelta malmia, mikä johti kaivostoimintaan.

Tampereen klassiset kalliot

Sederholm lähti 1890-luvulla tutkimaan myös Tampereen pohjoispuolisia, metamorfoosissa hyvin säilyneitä kallioita. Vuonna 1913 ilmestyneessä karttalehtiselostuksessaan hän kirjoittaa:

Suuri mielenkiinto, jota nämä liuskeet herättävät ja joka on tehnyt ne tunnetuksi laajalti maamme rajojen ulkopuolella, johtuu siitä, että ne niin harvinaisen selvästi antavat todistuksen siitä tavasta, jolla ne alkuaan ovat muodostuneet – nämä vuorilajit [s.o. kivilajit] alkuaan ovat olleet hiekkaa, savea, vierinkiviä, vulkaanista tuhkaa ja vulkaanista purkaussmassaa [s.o. laavaa]. (Suom. B. Aarnio)

Toinen maailmankuulu geologimme Pentti Eskola kirjoitti Tampereen liuskeista:

Kun matkan päästä katselee [konglomeraattiliusketta], niin luulee näkevänsä jonkun harjun sorakuopan seinän eikä kalliota. Sen mukulat erottautuvat selvästi toisistaan ja niiden välisestä massasta. Ne ovat muodoltaan pyörityneitä, kuten jokisomeron mukulat ja kerroksittain lajittuneita, niin että niiden koko vaihtelee eri kerroksissa... Ja sitten ovat mukulat kiinni väliaineissaan, niin että kivi kokonaisuudessaan on yhtä lujaa kuin mikä tahansa kivilaji.

Tampereen seudulla on runsaasti myös hyvin säilyneiden savien, hiekkojen, laavojen ja tuhkien muinaisia kerrostumia, mitkä ovat tänään kovaa kalliota.

Arvoitukselliset hiilisäkit

Sederholm löysi Tampereen savisyntyisistä fylliiteistä niin sanottuja hiilisäkkejä, joita hän lopulta

epäili fossiileiksi. Sederholm kirjoitti:

On jotenkin vaikea löytää hyväksyttävää selitystä näille omituisille muodostuksille, edellyttäen, että ne ovat syntyneet epäorgaanisella tavalla... Kun minä vuosikausia asiaa punnitnuani en voi tulla muuhun tulokseen kuin että tässä ollaan tekemisessä arkeisten fossiilien kanssa, niin tahdon näille säkkimäisille muodostuksille ehdottaa nimeksi *Corycium enigmaticum* [arvoituksellinen pieni säkki]. Jos tämä selitys on oikea, niin ovat ne epäilemättä kaikkein vanhimpia fossiileja, mitä tähän asti milloinkaan on tavattu.

Sederholm aloitti pudotuspelin. Ensitöikseen hän etsi kaikkia muita selityksiä, kuin sitä, mikä oli ilmeinen ja epäilemättä kiinnostavin. Kun mitään muuta järkevää selitystä ei löytynyt, oli syytä olettaa alkuperäisen oletuksen olleen oikea. Muodot olivat fossiileja.

Sederholm oli selvillä siitä, että asian varmistamiseksi tarvittiin vielä tutkimuksia ja näyttöjä. Menetelmien ja tekniikkojen kehittyessä pystyttiin 1940- ja 1950-luvulla osoittamaan isotooppikoostumuksen perusteella, että hiilisäkkien hiili oli todella eloperäistä. 1960-luvun alussa todettiin hiilisäkkien kuoren sisältävän myös eloperäistä fosforia. Saman vuosikymmenen lopulla kuoresta löydettiin ensimmäiset mikrofossiilit.

Nykyinen käsitys on, että fossiilin säkkimäinen muoto ei ollut fossiilin alkuperäinen muoto, kuten Sederholm oletti. Hiili oli peräisin yksisoluisista sinibakteereista, joita eli tuohon aikaan mattoina merten pohjilla. Mannerlaattojen törmäyksissä syntyi suuria mullistuksia ja korkeuseroja. Näin syntyneet savipallukat lähtivät vyörymään alas jyrkkää mannerrinnettä keräten ympärilleen mikrobimaton bakteereja. Nykyään maailmalta on löytynyt paljon *Coryciumia* vanhempia fossiileja. *Coryciumit*-fossiilit ovat kuitenkin edelleen Suomen vanhimpia fossiileja yhdessä Meri-Lapin stromatoliittien kanssa. Niillä molemmilla on ikää noin kaksi miljardia vuotta.

Riemuvoitto Tampereella

1800-luvun lopulla Tampereen liuskealueelle järjestettiin Pietarin suureen geologikonferenssiin kuulunut retki, johon osallistui 500 ulkomaista vierasta, joista 118 oli geologeja. Mukana olivat myös Tampereen seudun merkittävimmät vaikuttajat. Kyseessä oli siis aikansa sensaatiotapahtuma. Tästä suurimmasta Suomessa koskaan järjestetystä geologisesta retkestä kirjoitettiin:

Tampere ja Sederholm tulivat maailmalla hetkessä tunnetuiksi. Sederholmin löytämät fossiilit Tampereelta edustivat pitkään maailman vanhimpia merkkejä ellolisesta luonnosta. Kallioperäkarta, Sederholmin todisteet aktualismin toimivuudesta ja onnistunut ekskursio muuttivat geologisen tutkimuksen suuntaa koko maapallolla.

Retkellä mukana ollut Julius Ailio kuvaa hämentyneenä arvostettujen geologien touhuja retkellä. Kunkin kohteen esittelyn jälkeen seurue kuulemma hyökkäsi ”kuten käskystä kallion kimppuun. Oli se kiihkeätä kalketta ja sinkoilivat siinä sirpaleet, ennen kuin lohkesi mieluinen kappale kouraan”.

Kirjallisuutta

- Lehtinen, Martti, Nurmi, Pekka ja Rämö, Tapani (toim.) 1998. *Suomen kallioperä. 3000 vuosimiljoonaa*. Suomen Geologinen Seura.
- Sederholm, J. J. 1907. Om granit och gneiss, deras uppkomst, uppträdande och utbredning inom urberget i Fennoskandia. Summary: On granite and gneiss, their origin, relations and occurrence in the Pre-Cambrian complex of Fenno-Scandia. Volyymi: 23, Julkaisusarja: *Geological Survey of Finland, Bulletin – Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*.
- Sederholm, J. J. 1923. On migmatites and associated pre-Cambrian rocks of southwestern Finland. Part 1. The Pelling region. Volyymi: 58, Julkaisusarja: *Geological Survey of Finland, Bulletin – Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*.
- Sederholm, J. J. 1926. On migmatites and associated pre-Cambrian rocks of southwestern Finland. II. The region around the Barö-sundsfjärd W. of Helsingfors and neighbouring areas. Volyymi: 77, Julkaisusarja: *Geological Survey of Finland, Bulletin – Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*.
- Sederholm, J. J. 1934. On migmatites and associated pre-Cambrian rocks of southwestern Finland. Part III. The Åland Islands. Volyymi: 107, Julkaisusarja: *Geological Survey of Finland, Bulletin – Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*.
- Tanskanen, Heikki 1986. The development of geological sciences in Finland. Volyymi: 336, Julkaisusarja: *Geological Survey of Finland, Bulletin – Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*.
- Wikipedia-artikkelit henkilöistä Abraham Gottlob Werner, James Hutton, Charles Lyell, Georges Cuvier ja Charles Darwin.

Kirjoittaja on geologi.

TSV:N KORDELININ TIEDEPALKINTO EUROOPPALAISEN FILOSOFIAN SEURALLE

Ensimmäistä kertaa jaettu TSV:n Kordelinin tiedepalkinto annettiin Eurooppalaisen filosofian seuralle aktiivisesta tieteen ja tieteellisen seuratoiminnan edistämisestä. Alfred Kordelinin säätiön Tieteellisten seurain valtuuskunnan 100-vuotisrahastosta jaettavalla palkinnolla halutaan antaa tunnustusta tieteellisille seuroille. Palkinto jaetaan jatkossa vuosittain. Palkintotoimikuntaan kuuluu edustajia Tieteellisten seurain valtuuskunnasta sekä Alfred Kordelinin säätiöstä.

TSV:n Kordelinin tiedepalkinto on suunnattu tieteellisille seuroille tai seura-aktiiveille, jotka ovat osoittaneet erityistä ansiokkuutta tiedetahtumien järjestämisessä, avoimen julkaisemisen edistämisessä, tiedeviestinnässä tai tieteellisten seurojen toiminnan näkyväksi tekemisessä. Eurooppalaisen filosofian seura on toiminut esimerkiksi kaikilla näillä osa-alueilla.

Eurooppalaisen filosofian seura on avoimen julkaisemisen pioneereja Suomessa. Kaikki seuran julkaiseman *niin & näin* -lehden vertaisarvioitut artikkelit julkaistaan avoimesti verkossa yhtä aikaa uuden numeron ilmestymisen kanssa. Koko lehti julkaistaan verkossa kahden vuoden embargolla. Myös seuran julkaisemassa *niin & näin* -kirjasarjassa on julkaistu teoksia, jotka ovat avoimesti saatavilla. Seuran ylläpitämä filosofia.fi-portaali perustuu kokonaan avoimeen julkaisemiseen.

Eurooppalaisen filosofian seura ja sen aktiivijäsenet ovat osallistuneet yhteiskunnalliseen keskusteluun mediassa, järjestäneet tietokirjoittamisen kurssuja sekä esiintyneet ja luennoineet monissa tiede- ja kulttuuritapahtumissa. Lisäksi seura järjestää säännöllisesti laajalle yleisölle suunnattuja tiedetapahtumia ja huolehtii tiedekasvatuksesta.



aiino

FREDA 33, HELSINKI

MA-PE 10.30 - 18.00

LA 11.00 - 16.00

PUH. 09 611 611

WWW.AINO.NET