

...
esitumallisesta
aitotumallinen,
aitotumallisesta monisoluinen

...
kädellisestä savannilla
kävelevä ihminen, ihmisestä
maanviljelijä, maanviljelijästä
insinööri.

Fermin paradoksi s. 13-15

"Avaruusmiesten
pitää olla kilttejä,
eikä saa heittää
ketään ulos
avaruuteen."

Johanneksen
kirje s. 7

©Esko Heikkilä



Sisältö

| | |
|--------------------------------|----|
| Pääkirjoitus ja kokousraportti | 2 |
| Taistelu painovoimaa vastaan | 4 |
| Negatiivinen sähköpurje | 5 |
| Tapahtumahorisontti | 6 |
| Piloted Mars Landers | 8 |
| Fermin paradoksi | 13 |
| Julbudskap från månen | 16 |
| Kirjoittajaesittely: Ray Rinta | 20 |
| Silvo Sokaan rakettilento | 21 |
| Sarjakuva: Opas Avaruuteen | 23 |

SATSin
jäseneksi voit liittyä
täyttämällä jäsentietolomakkeen
osoitteessa:

<http://www.sats-saff.fi>

ja maksamalla jäsenmaksun seuran tilille
218518-129232. Jäsenyys astuu voimaan
kun jäsenmaksu on saapunut
seuran tilille.

SATS on keskeinen ja avoin avaruusalan yhteistyöfoorumi, joka edistää avaruusasioita Suomessa.

Suomen avaruustutkimusseura ry – Sällskapet för astronautisk forskning i Finland rf on 1959 perustettu yhdistys, jonka tarkoituksena on harjoittaa avaruusalan kokeilu-, harrastus-, tutkimus- ja tiedotustoimintaa sekä toimia avaruustutkimuksesta kiinnostuneiden henkilöiden yhdyssiteenä. Seura on Suomen äänivaltainen edustaja Kansainvälisessä astronautiikkaliitossa (IAF; International Astronautical Federation). Suomen avaruustutkimusseura julkaisee Avaruusluotain-lehteä ja ylläpitää kirjastoa, josta voi lainata alan kirjallisuutta, kuva- ja videomateriaalia. Seura järjestää avaruusaiheisia näyttelyitä ja tapahtumia sekä ylläpitää aihepiiriin liittyvää harrastustoimintaa.

Työ- ja kerhotila on osoitteessa Kauppalantie 6-8, 00320 HELSINKI (puh/vastaaja 09-5874433).

Vuoden 2009 jäsenmaksut (sisältää Avaruusluotain-lehden):

Varsinaiset jäsenet 17 €,

Juniorijäsenet (alle 15 v.) 6 €,

Nuoriso-/ opiskelijajäsenet 8 €,

Järjestö-/Yritysjäsenet 170 €

Päätoimittaja: Sini Merikallio, Ilmatieteen laitos / ILM, PL 503, 00101 HELSINKI, sini.merikallio@fmi.fi

Fax: (09) 19294603

ISSN: 0356-021X – Ilmestymistaajuus: neljä kertaa

vuodessa – **Vuosikerran tilaushinta: 22 €**

Ilmoitushinnat: mustavalkosivu 300 € (puolikas 200 €), väri-

sivu 600 € (puolikas 350 €), takakansi 700 € (puolikas 400 €)

Julkaisija: Suomen avaruustutkimusseura – Sällskapet för astronautisk forskning i Finland – Finnish Astronautical Society,

<http://www.sats-saff.fi/>. Pankki: Nordea 218518-129232

Vuoden 2009 aineistopäivät: 15.1, 15.4, 15.7 ja 15.10

Nimellä tai nimimerkillä kirjoitetuissa artikkeleissa esitetyt

mielipiteet ovat kirjoittajien henkilökohtaisia käsityksiä, eivätkä

välttämättä vastaa seuran tai lehden virallista kantaa.



Edellisen numeron filosofikolumni kirvoitti ajatuksia: Fermin paradoksi

Pekka Janhunen

Jatkopohdintoja edellisessä numerossa olleeseen Saara Reimanin filosofia-artikkeliin Fermin paradoksista, eli miksi Maan ulkopuolinen maailmankaikkeus vaikuttaa elottomalta, vaikka Maa ja aurinkokunta muuten tuntuvat olevan melko tavallinen paikka.

Saara Reiman pohti mm. kysymystä, millä todennäköisyydellä esitumallinen (prokaryoottinen) elämä voi kehittyä ajan mittaan ihmisen tapaiseksi ajateltavaksi ja teknologiseksi elämäksi. Välissä on monta askelta: esitumallisesta aivotumallinen, aivotumallisesta monisolainen eläin, eläimestä poikasiaan hoitava nisäkkäs, nisäkkästä aivoja tarvitseva kiipeilevä kädellinen, kädellisestä savannilla kävelevä ihminen, ihmisestä maanviljelijä, maanviljelijästä insinööri.

Tarvitaan tosiaankin monta askelta ennen kuin bakteerista syntyy älykäs olento. Kuitenkin olisin valmis väittämään, että kyseessä saattaa sittenkin olla luonnollinen tapahtumasarja, jonka mikään askel ei ole erityisen epätodennäköinen.

Tarkastellaan monisoluisen elämän syntymistä yksisoluisesta. Miksi monisolainen elämä ilmaantui yhtäkkiä noin 650 miljoonaa vuotta sitten? Onko tälle kambriikauden räjähdysenä tunnetulle tapahtumalle helppoja, luonnollisia selityksiä?

Tähdet kirkastuvat vanhetessaan ja niin tekee myös Aurinko, jonka valo voimistuu noin prosentin sadassa miljoonassa vuodessa. Kirkastuminen pyrkii lämmittämään maapalloa, mutta koska ilmakehän hiilidioksidia karbonoituu tulivuorista purkautuneisiin silikaattikiiviin sitä nopeammin mitä kosteampaa

ja kuumempaa on, päivantasaa jaseudun lämpötila pyrkii pysymään vakiona. Tämä noin 30 vuotta sitten keksitty termostaattimekanismi toimii noin miljoona vuotta ja sitä pitemmissä ajanjaksoissa. Esimerkiksi 1-2 miljardia vuotta sitten aurinko oli 10-20 % nykyistä himmeämpi, päivantasaa suunnilleen yhtä lämmin kuin nykyään, mutta hiilidioksidin ja mahdollisesti metaanin aiheuttama kasvihuoneilmiö paljon nykyistä vahvempi. Napa-alueetkin olivat kasvihuoneilmiön takia jäätömiä ja ilmasto kaikkiaan nykyistä tasaisempi. Paradoksaalista kyllä, himmeämmän auringon aikana keskilämpötila oli siis nykyistä korkeampi. Ympäristö ylläpiti yksisoluisia elämää, mutta ei tsaaisuutensa takia suosinut sen eriytymistä eikä runsastumista, koska meret olivat lämpötilakerrostuneita ja siksi pintaosiltaan ravinnepöyhä. Tilanne muuttui noin miljardi vuotta sitten. Tällöin kasvihuoneilmiö oli heikentynyt riittävästi jotta napajäätiköt ja arktinen merijää saattoivat muodostua. Kylmät meret ovat ravinteikkaita, koska liki tasalämpöinen, nollasteinen vesi sekoittuu herkästi pystysuunnassa lämpötilaerojen puuttuessa. Nykyäänkin arktiset merialueet ovat runsastuottoisia, kuten kalastajat ja valaanpyytäjät tietävät. Ravinteisuuden takia planktonlevien kasvu tehostui ja ne tuottivat ilmakehään happea sitä mukaa kun levien sitomaa orgaanista hiiltä hautautui meren pohjaan. Aluksi happi sitoutui kivilajeihin, mutta kun tämä puskuri oli käytetty, lopulta noin 700 miljoonaa vuotta sitten ylijäämähappea alkoi kertyä ilmakehään. Tämän jälkeen vain noin 30 miljoonan vuoden viiveellä ensimmäiset monisoluiset eliöt ilmestyivät meriin.



Joulukalenteri - kuva: Esko Heikkilä

1101



Yksinkertainen monisolainen eliö on pelkkä soluterttu, joka hengittää diffuusion avulla ja pystyy siksi kilpailemaan yksisoluisia eliöitä vastaan vain runsashappisessa ympäristössä. Kerran synnyttyään monisoluiset eliöt pystyivät kuitenkin kehittämään mm. verenkierron, jonka avulla ne selviytyvät muuallakin. Ne oppivat myös liikkumaan ja alkoivat myllätä meren pohjassa sekoittaen pohjasedimenttiä ja nopeuttaen sen biologista hajoamista. Tämä vähensi hiilen hautautumista ja nosti ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta jonkin verran, mikä teki ilmastosta nykyisen kaltaisen. Lämmennyt ilmasto saattoi hieman vähentää ilmakehän ja varsinkin merien pintaosien happipitoisuutta, mutta tällä ei ollut enää monisoluisien eliöiden kannalta ratkaisevaa merkitystä, koska ne olivat jo oppineet selviytymään monenlaisissa oloissa yksisoluisiin eliöihin nähden monessa mielessä ylivoimaisten kykyjensä turvin. Näin oli päädytty tylsästä, tasaisen lämpimästä ja yksisoluisien eliöiden asuttamasta planeetasta kylmien välvaiheiden kautta nykyisenkaltaiseen hapekkaaseen maailmaan, jota hallitsevat monisoluisen eliöt. Prosessi oli monivaiheinen, mutta sen tahdin määräsi yksinkertainen fysikaalinen ilmiö eli keskustähden kirkastuminen.

Monisolainen elämä siis näytti syntyneen heti kun tietty välttämätön ehto (riittävä happipitoisuus) täyttyi, eli välttämätön ehto näytti olleen myös riittävä. Riittävä happipitoisuus puolestaan syntyi kun happea tuottavat levät olivat eläneet riittävän pitkään ja riittävän runsaina. Levien kasvua puolestaan oli edesauttanut napa-alueiden ilmaston kylmeneminen joka hieman paradoksaalisesti oli johtunut Auringon luonnollisesta kirkastumisesta. Jään ja lumen valkoisuus vahvisti kylmenemistä siten että neoproterotsooisena

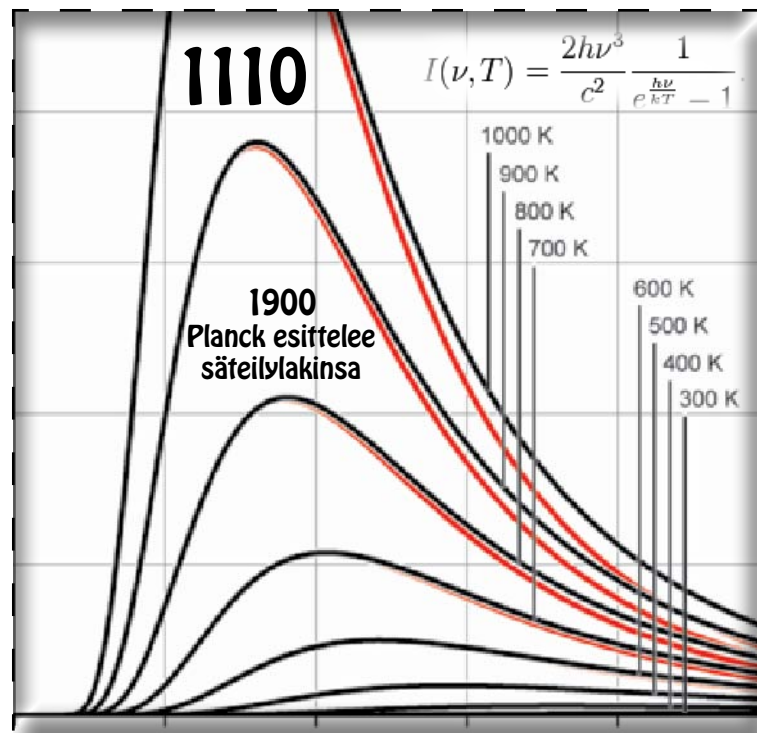
aikana 700 - 900 miljoonaa vuotta sitten, riippuen mannerten kullouksesta asennosta, jäätiköt saattoivat ajoittain ulottua jopa kääntöpiireille asti tai vieläkin alemmas.

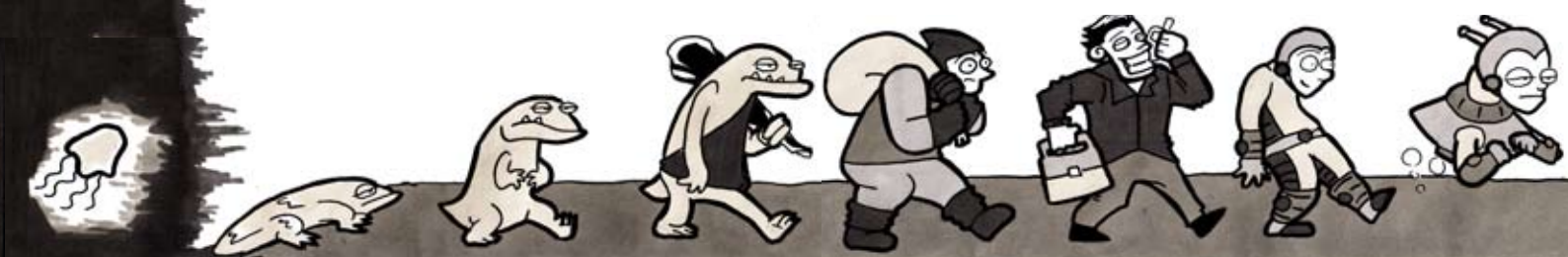
Kun keskustähti kirkastuu, hiilidioksidin ja silikaattikivien termostaatti siis huolehtii siitä että kasvihuoneilmiö vähenee ja napa-alueet viilenevät. Toisaalta sitten kun kirkastuminen on edennyt riittävän pitkälle, hiilidioksidin aiheuttama kasvihuoneilmiö menettää merkityksensä ja planeetta napa-alueineen alkaa lämmetä. Olemme juuri nyt lähellä taitekohtaa jossa kokonaisvaltainen lämpeneminen on alkamassa (tässä "lähellä" tarkoittaa vähemmän kuin suunnilleen sadan miljoonan vuoden päässä suuntaan tai toiseen). Ilman jonkin teknologisen lajin puuttumista asiaan, ehkä noin puolen miljardin vuoden kuluttua maapallo on lämmennyt niin paljon että monisoluisilla eläimillä alkaa olla tukalaa.

Ihminen siis ilmestyi maapallolle noin 650 miljoonan vuoden kuluttua monisoluisen elämän syntymisestä, ja monisoluisilla eläimillä on vielä suunnilleen toinen mokoma aikaa ennen kuin kirkastuva aurinko tekee planeetasta niille liian kuuman. Teknologinen laji – ihminen - ei siis syntynyt viime hetkellä, vaan suunnilleen puolessa välissä sopivaa aikaikkunaa eli monisoluisien eläinten aikaa, joka puolestaan näytti alkaneen auringon kirkastumisen tahditamana. Tämä on olennainen tieto arvioitaessa älyn kehityksen todennäköisyyttä. Jos asteroidi ei olisi tuhonnut dinosauksia ja raivannut tilaa nisäkkäille,

kädelliset ja ihminen eivät olisi syntyneet, mutta luonnolla olisi ollut aikaa yrittää muita reittejä noin kymmenkertaisesti se aika joka kului nisäkkäiden noususta (65 miljoonaa vuotta sitten) ihmisen syntyyn. On esitetty että Intian törmääminen Aasian mantereeseen ja tehokkaasti yhteyttäviin piilevien synty monimutkaisten mekanismien kautta aiheuttivat nykyiset jääkaudet ja saivat ehkä ihmisen esi-isät siirtymään harvenneista metsistä savannille kävelemään. Mutta taaskin, jääkaudet eivät ole kovin harvinaisia ja niitä oli ollut aiemminkin, ja aikaa olisi luultavasti ollut jäljellä vielä paljon muiden reittien kokeilemiseen.

Mitä lähemmäs nykyaikaa tuleme, sitä lyhyemmistä ajanjaksoista puhumme. Ihmlaji syntyi noin 100 000 vuotta sitten ja tyypillisen nisäkäslajin elinaika on joitakin miljoonia vuosia. Maanviljelyskulttuuri syntyi noin 10 000 vuotta sitten eli 90 000 vuotta lajin syntymisen jälkeen. Kulttuuri ja yhteiskunta syntyivät siis paljon nopeammin kuin kädellislajin tyypillinen jäljellä oleva elinaika. Avaruustekniikka syntyi 10 000 vuotta kulttuurin synnyn jälkeen, mikä on lyhyt aika verrattuna verrattuna mihin tahansa muuhun. Kaikilla tai ainakin useimmilla tasoilla näyttäisi tulevan





sama tulos: viimeinen hetki ei ollut lähellä lyödä, aikaa löytää muita ratkaisuja olisi ollut moninkertaisesti siihen nähden mitä luonto tarvitsi tuottaakseen ihmisen kulttuureineen. Mutta näitä aikalaisia ei tarvittu, koska kulttuuri-ihmiseen johtanut kehityspolku oli jo toteutunut.

Jos tämä tuntuu turhan ihmiskeiseltä (evoluutiohan etenee periaatteessa "sokeasti" ilman päämäärää), on syytä huomauttaa, että samassa mielessä kuin Suomen turvallisuuspolitiikan haasteet ehkä ovat Venäjä, Venäjä ja Venäjä, nykyään biosfäärin tärkeimmät turvallisuuspoliittiset kysymykset liittyvät ihmiseen, ihmiseen ja ihmiseen. Ihminen on tärkeä koko planeetalle, ei vain ihmiselle itselleen. Kulttuuri-ihmisen synty oli valtava, äkillinen ja raju tapahtuma, johon sisältyy elämän kehityksen kannalta suunnattomia uhkia ja mahdollisuuksia. Kuka olisi vain miljoona vuotta sitten voinut aavistaa, että savannin ruohosta nousee suuri metsästäjä, jonka pojat haluavat kokea kaiken, oppia kaiken, rakentaa kaiken ja tallentaa kaiken jälkipolville. Eivätkä vain halua, vaan tekevät myös, flight-proven, TRL-tasolla seitsemän, im siebenten Himmel der Technologie. Vain ihminen

voi poistaa Damokleen miekat eli tappaja-asteroidit elämän yltä. Ihminen saattaa rötöstellä, mutta positiivisten mahdollisuuksiensa takia saa myös paljon anteeksi. Dramaattisuudessaan kulttuuri-ihmisen synty on verrattavissa vain itse elämän syntyyn ja ehkä edellä mainittuun kambriakauden räjähdykseen eli monisolujen eliöiden nousuun.

Tämän valossa näyttäisi mahdolliselta, että polku bakteerista kulttuuriolentoon saattaa olla monipolvisuudestaan huolimatta melko todennäköinen. Sen sijaan elämän synty itsessään on edelleen arvoitus. Yksinkertaisinkin esitumallinen eliö on niin monimutkainen, että sen syntyminen molekyylien sattumanvaraisen kombinaation kautta ilman kehityspolkua on äärettömän epätodennäköistä. Meillä on vain epäsuoria viitteitä siitä millaiset yksinkertaisemmat kantamuodot olivat saattaneet edeltää tuntemiamme yksinkertaisimpia esitumallisia soluja. Tämä oletettu kantamuotojen ketju on kaikeksi koonaan hävinnyt, todennäköisesti siksi että kantamuodot ovat kerta kaikkiaan hävinneet kilpailun nykyisille arkkeliöille ja bakteereille jotka ovat tunkeutuneet biosfäärin joka kolkkaan. Hävinnyt kantamuotojen ketju saattaa olla hyvin pitkä,

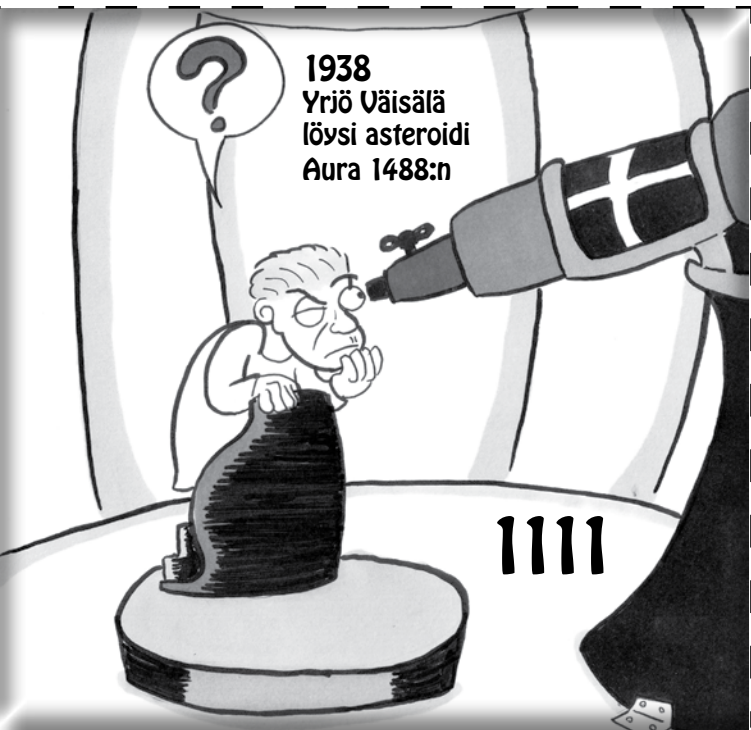
sillä monimutkaisuudella mitattuna esitumallinen bakteeri on paljon lähempänä ihmistä kuin elotonta molekyyliä.

Elämää oli maapallolla pian sen jälkeen kun planeetta oli syntynyt. Eikö tämän pitäisi merkitä sitä että myös elämän synty, vaikkemme sen yksityiskohtia tunnekaan, oli myös "helppo" tapahtuma? Ei välttämättä, sillä nuori planeetta kävi läpi kaikenlaisia kehitysvaiheita heti syntymänsä jälkeen. Koska emme tunne yksityiskohtia, emme tiedä miten tärkeitä nämä vaiheet olivat elämän synnylle. Jos ne olivat tärkeitä, elämä ei ehkä olisi voinut enää syntyä vanhemmalle planeetalle. Tilanne on loogisesti erilainen kuin esimerkiksi kambriakauden räjähdysten yhteydessä, sillä siinä kriittinen parametri eli happipitoisuus säilyi korkeana jatkossakin.

Saara Reimanin kirjoitus loppuu toteamukseen jonka mukaan empiirisellä tutkimuksella on Fermin paradoksin selvittämisessä olennainen osa. Olen samaa mieltä. Erityisesti voimme päästä eteenpäin etsimällä elämää, vaikka kuinka yksinkertaisinkin, luotainten avulla aurinkokunnasta sekä spektroskooppisilla ja muilla tähtitieteellisillä menetelmillä eksoplaneetoilta (luotainten lähettämistä muihin aurinkokuntiin saadaan vielä odottaa tovi). Vaikka miten yksinkertaisenkin elämän löytäminen osoittaisi että elämä ei ole tavattoman harvinaista, ja edellisen päättelyketjun nojalla silloin älykästäkin elämää voisi odottaa esiintyvän muuallakin. Jos taas elämää ei näillä menetelmillä löydy, eksoplaneettoja tutkimalla ehkä oivallamme selkeitä syitä niiden elottomuuteen, joita tulevaisuuden teoreetikot kenties kykenevät ekstrapoloimaan eteenpäin.

□

kuvitus: Esko 'Eksa' Heikkilä
<http://eksa.vuodatus.net/>



Joulukalenteri - kuva: Esko Heikkilä