

# Kuka on ilmastonmuutoksen asiantuntija?

JUHANI RINNE

Jari Holopainen (2009) kysyy, voiko geologi olla ilmastonmuutosasiantuntija ja käsittelee pitkälti termiä “professio”. Jatkan samaa termilinjaa. Hänen otsikostaan otan sanan “ilmastonmuutosasiantuntija”, hänen tekstistään “skeptikko” ja hänen lainauksestaan Ilmatieteen laitoksen sivuilta “ilmastonmuutoskäsitys”. Valitsemieni sanojen merkitys on aikaisemmin ollut täsmällisempi kuin nykyään.

Ilmastonmuutosasiantuntijalla voi olla **tieteelliseen ilmastontutkimukseen perustuva tausta**. Hänen taustansa voi kuitenkin olla aivan muusta tieteestä, jonka silti katsotaan päteväntävän myös ilmastoasiantuntijaksi. Nykyään ilmastoasiantuntijan voi myös nimittää joku virasto tai järjestö – tällöin hän tulee **asemansa perusteella asiantuntijaksi**. Ilmastoasiantuntijaksi voi myös **nimittää itse itsensä**. Tiedotusvälineet ovat olleet hanakointa nimittämään ilmastoasiantuntijoita esimerkiksi poleemisyyden perusteella. Ennätys lieinee maallikko, joka vakavissaan ilmoitti olevansa Suomen paras ilmastoasiantuntija.

Skeptikon nykymerkitykselle on englannin kielessä alettu käyttää termiä “denialist”, suomeksi kai parhaiten änkyräskeptikko. Kaikki kiistetään. Hiilidioksidin määrä ilmakehäs-

sä on merkityksetön. Jos sitä kuitenkin on enemmän, niin se ei ole ihmisperäistä. Jos ilmakehässä kuitenkin olisi ihmisperäistä hiilidioksidia, niin tätä ei voida näyttää toteen. Jos se kuitenkin voitaisiin näyttää toteen, niin joka tapauksessa hiilidioksidia oli ilmakehässä sata vuotta sitten paljon enemmän kuin nykyään. Jos sen määrä sittenkin olisi tähän päivään mennessä lisääntynyt, niin se ei kuitenkaan osallistu ilmakehän säteilytapahtumiin. Jos se olisikin osallisena ilmakehän säteilytapahtumiin, niin enää se ei osallistu. Ja niin edelleen, mittaustuloksista riippumatta.

Tiedepiireissä vallitsee niin kirjava joukko ilmastonmuutoskäsityksiä, etten lähde niitä yksityiskohtaisesti erittelemään. Esimerkkin avulla yritän kuvata kahta peruslinjaa. Ensimmäisessä ilmastokäsitys perustuu havaintoihin, aikasarjoihin ja niiden tilastolliseen käsittelyyn. Toisessa taas ilmakehä nähdään fyysikaalisena oliona ja ilmasto muotoutuu fyysikan lakien mukaan.

## Vallitsevia käsityksiä ilmastollisesta optimista

Suomessa kasvoi vesipähkinää muutamia tuhansia vuosia sitten. Tällaisista havainnoista

voidaan määrittää ilmastollinen optimi, siis se hetki jolloin ilmasto on ollut lämpimillään jääkauden jälkeen. Tutkimusta tekevät ovat ilmastomuutoksen asiantuntijoita. He voivat sanoa, että 6000–7000 vuotta sitten oli ilmastollinen optimi. Tämä myös lienee vallitseva ilmastokäsitys.

Edellämainitulla tavalla ilmaistuna asiantuntijoiden käsitys on harhaanjohtava ja ilmeisesti usein myös väärin ymmärretty. Jo lähi-alueilla ilmastollinen optimi on ollut eriaikainen, Grönlantiin verrattuna ero mitattaneen tuhansissa vuosissa. Skandinavian sisällä on mahdollisesti ollut eroja. Mitähän tutkimus sanoo siitä, miten samanaikaista ilmastollinen optimi on ollut Suomessa? Tällaisia asioita tutkivat ovat ilmastomuutoksen asiantuntijoita. He voivat sanoa, että ilmastollinen optimi on ollut eriaikaista. Tämä ilmastokäsitys lienee aika yleisesti vallitseva tieteessä.

Myös tämä ilmaisutapa on harhaanjohtava. Laajoilla alueilla maapalloa ilmastollista optimia ei voida määrätä. Osa alueista on siis vieläkin lämpiämässä jääkauden jälkeen. Minusta kaikkein hurjinta ovat olleet erot Pohjois-Amerikassa. Yhden nykyisen valtion sisällä ilmastollisten optimien ero on ollut lähestulkoon 10 000 vuotta, hieman pyöristäen.

Miten on mahdollista, että valtion länsiosa on ollut ilmastollisesti suotuisassa optimissa itäosan vielä eläessä jääkautta? Entä se, että itäosan tullessa optimiinsa on länsiosa jo tuhansia vuosia ollut jäähtyvä? Näiden aikamittojen määrittelyssä on varmaan ollut monta tieteenalaa mukana, geologia luonnollisesti mukaan laskien. Havaintojen perusteella ei voi kuitenkaan mitenkään vastata siihen, että miten ne ovat mahdollisia. Selitystä on haettava yläilmakehästä ja sieltähän ei mitään havaintojia ole. Sopiviksi osoittautuisivat esim. ha-

# Endomines



Timanttikairausta Pampalon vinotunnelissa

Endomines Oy on avaamassa Pampalon kultakaivosta Ilomantsissa. Kaupallinen tuotanto alkaa vuoden 2011 alussa. Tulevaisuuden kehityskohteina yhtiöllä on myös muita kulta-, ilmeniitti- ja kalkkikiviaiheita eri puolilla Suomea.

Lisätietoja:  
[www.endomines.com](http://www.endomines.com)  
toimitusjohtaja Markus Ekberg

vainnot viiden kilometrin korkeudesta.

Ainoa mahdollisuus on tutkia asiaa ilmastomalleilla. Tätä varten tarvitsemme tietoja tuon ajan oloista. Missä olivat mantereet, jäätiköt, merivirrat, mikä oli kasvillisuus jne. Toiset tiedot ovat tarkemmin saatavissa, toiset vaikeita. Ne tiedot ovat eri tieteenalojen tuottamia. Ilmakehämallit taas ovat meteorologiaa.

Ilmastomallilla ennustaminen saa alkaa jostain mielivaltaisesta tilanteesta. Laskujen edetessä malli synnyttää ilmaston, jossa eri alueiden ilmastolliset optimit eroavat ajallisesti. Mallin vastaus asetettuun kysymykseen on siis, että noissa oloissa ja tämänkaltaisella planeetalla tuleekin fysiikan lakien mukaan kehityksen johtaa väistämättä optimien eriaikaisuuteen. Tällainen vastaus on tylsä mutta silloin tällöin sellaiseen on tyytyminen. Yleensä löytyy kuitenkin joku fysiikallinen mekanismi, jolla tulos suurin piirtein voidaan kuvailla. Niin käy tässäkin. Selitys on lopulta niin suoraviivainen, että kuka tahansa meteorologi voi sen hyväksyä.

Mihin sitten ilmastollisia havaintoja edes tarvitaan, kun niitä ei ilmakehämallissa käytetä? Ensinnäkin, varsinainen tutkimusongelma syntyi havaintojen perusteella. Toiseksi, mallin synnyttämän ilmaston oikeellisuus on luonnollista tarkistaa havainnoista. Koska ilmasto on maailmanlaajuista ja laskenta on maailmanlaajuista, olisi tarkistamiselle edullista, jos tuolle ajalle olisi havaintoja mahdollisimman laajalta alueelta. Sitten sekä havainnot että mallinnus ovat tarpeen.

## Miten määritellä ilmastoasiantuntija?

Olen edellisissä esimerkeissäni yrittänyt osoittaa, miten ilmastomuutoksenasiantuntija voi olla sitä omalla alallaan mutta ei välttämättä enää lähialalla. Jopa siirtymä toiselle maantieteelliselle alueelle voi olla viedä pohjan “tie-

teellisesti vallitsevalta käsitykseltä”. Erityisen suuri siirtymä on havainnoista fysiikaalisiin malleihin. Havaintopohjainen työskentely perustuu usein aikasarjoihin; havainnosta tehdään päätelmiä ja saadaan tuloksia. Havaintojen tarkentuminen voi muuttaa päätelmiä. Malleissa ilmakehän fysiikka on ratkaiseva: päätelmät saadaan fysiikasta ja tuloksia verrataan havaintoihin. Havaintojen tarkentuminen ei muuta fysiikan lakeja eivätkä näin ollen päätelmät muutu. Esimerkiksi mallit ovat kauan ennustaneet pohjoisnavan jään kiihtyvää sulamista, mutta liian hitaasti. Malliennusteet pysyvätkin liian hitaina kunnes löytyy parempi fysiikaalisten lakien kuvaus mallikielelle.

Seuraavassa esimerkissä tilastollista selitystä käytettiin tahallisen harhaanjohtavasti fysiikaalinen pohja unohtaen. Bushin hallinto on varmaan toistaiseksi vahvin ilmastomuutoksen asiantuntijaksi julistautunut elin. Eräs vuosi oli USA:ssa hyvin lämmin. Bushin hallinto kiiruhti selittämään sen El Niñosta johtuvaksi. Selitys lienee upponnut amerikkalaisiin, koska he ovat tottuneet sellaiseen lämpötilasarjoissaan. Kun katselin maailmanlaajuista tilannetta, niin siinä ei ollut jälkeäkään El Niños-ta.

Siirtyminen tilastollisesta katsannosta fysiikan lakeihin on niin suuri, että se aiheuttaa myös monia vastaväitteitä. Edellä selostamaani ilmaston mallilaskentaa pidetään mahdottomana. Todistetaan, että malleilla ei voi ennustaa säätä edes sadan vuoden päähän saati sitten tuhansiin vuosiin. Mallit eivät toimi, koska ne eivät kykene käsittelemään pilviä tai turbulenssia. Tutkimustehtävä on järjetön, koska ilmastolliset vaihtelut ovat sattuman määräämiä. Jossakin vain sattuu ilmasto-optimi johonkin aikaan. Kaikkein omituisin vastaväite on se, että ilmasto muuttuu kaikkialla maapallolla samaa tahtia. Tämä selitys itse asiassa ei kaada vain malleja, vaan myös havainnot.

Luetteleman väitteet ovat pääasiassa professoritason esittämiä. Vielä erikoisempia ajatuksia kehittyi, kun siirryttiin tiedotusvälineisiin, ympäristöjärjestöihin, poliitikoihin tai valistuneisiin maallikoihin. Mallien avulla löytyi edellä yläilmakehästä selitys sille, miten ilmasto-optimit saattoivat olla niin eriaikaisia. Tulos voidaan myös tulkita televisiosta tutulle korkeapaine-matalapaine-kielelle. Valistunut maallikko kykenee sen helposti omaksumaan ja sitten hän onkin jo ilmastoasiantuntija. Kuvaus on niin luonteva, että hän saattaa jopa ajatella itse keksineensä koko jutun.

Jari Holopaisen esittämä kysymys on silinterihatun noston arvoinen ja ainutlaatuinen. En muista kenenkään vastaavaa pohtineen silloinkaan kun aihetta olisi ollut. Ymmärrän vielä niin, että hän käyttää käsitettä “ilmastonmuutoksen asiantuntija” sen alkuperäisessä merkityksessä. En aio mitenkään puuttua itse kysymykseen, se kuuluu geologeille. Halusin vain esimerkkilläni valaista sitä, että pohdinta voi törmätä käsitteellisiin ongelmiin ja että asiantuntemusta on monelta pohjalta. Josain määrin samansuuntaista on Jari Holopaisen käsitteessä “professio”. Sekin voi viitata moneen eri asiaan.

## Fysikaalinen ja tilastollinen lähestymistapa törmäyskurssilla

Arvostettu jääkausitutkija Emiliani aikoinaan ennusti uuden jääkauden alkavan lähitulevaisuudessa (Weart 2008). Epäilemättä kyseessä oli tilastollinen ekstrapolaatio hänen omista aikasarjoistaan. Muutamana vuoden päästä hän lisäsi kuitenkin varauksen “ellei sitten kasvihuoneilmiön voimistuminen muuta aiheuta”. Toiset alan tutkijat kuitenkin jatkoivat tilastopohjaista jääkauden ennustamista.

Tähän esimerkkiin perustui Bushin hallinnon väite ja sitä mukaileva YLE:n esitys:

“ensin ne ennustivat jääkautta ja sitten kasvihuoneilmiötä, voiko niihin enää luottaa”. Tämä on tilastollista ajattelua, jonka mukaan trendi voi olla joko nouseva tai laskeva, ei samanaikaisesti molempia. Ilmakehän fysiikassa voivat molempien kehityssuuntien termit olla samanaikaisesti vaikuttavina.

Paleoklimatologian aikasarjojen perusteella on esitetty hyvin suosittu argumentti, jonka mukaan lämpötila nousee aina ensin, sitten vasta kasvihuonekaasujen pitoisuus. Fysiikan mukaan myös päinvastainen on mahdollista.

Milankovićin jaksot ja niiden yhteys jääkausivaihteluihin ovat varmaan kaikille tuttuja. Miljoonan vuoden aikasarja on riittävän pitkä vallitsevan tieteellisen käsityksen pohjaksi. Kauniisti rataparametrien ja jääkausien 100 000 vuoden jaksot sopivat toisiinsa, samoin erottuvat lyhyemmät 41 000 ja 19 000/23 000 vuoden jaksot. Kirjoissa jaksojen mekanismi selitetään ja kuvataan, miten se toimii. Sitä vastoin harvoin jos koskaan kuvataan miten se ei toimi. Tilastolliseen korrelaatioon perustuvaa kuvausta pidetään uskottavana vaikka siinä on useita vaikeasti selitettäviä risitiriitaisuuksia. Fysikaalisella mallituksella asiaa ei ole saatu haltuun, edes 100 000 vuoden jaksoja ei kyetä tyydyttävästi selittämään. Nature-lehden käyttämä asiantuntija Crucifix (2008) jopa toteaa, että ei ole edes varmaa, tarvitaanko jääkausivaihteluiden selittämiseksi ollenkaan Milankovićin jaksoja.

Amerikkalaisessa tutkimuksessa 46 prosenttia geologeista oli eri mieltä ihmisen aiheuttamasta ilmastonmuutoksesta (tarkkaa kysymyksenasettelua en muista). Sama piirre näyttää esiintyvän myös muualla maailmassa. Millään muulla tieteenalalla ei tällaista löydy. Syy ilmiöön voisi olla haastava tutkimusaihe, tuskin yksittäinen henkilö tai laitos.

Esitän oman spekulatiivisen. Geologiassa on kauan kerätty havaintoja menneistä ajoista. On



syvästi perehdytty pitkiin aikasarjoihin ja niiden tulkintaan. Pidetään selvänä, että niiden perusteella ei voi ilmastoennusteita tehdä. Pääosin ilmaston vaihtelut näyttävät olevan satunnaisia. Ainoa selvä vaikuttaja on auringon säteilyn vaihtelu. Kuitenkin meteorologit tekevät samojen havaintojen perusteella hyvin yksityiskohtaisia ennusteita. Tällaisen täytyy tuntua turhauttavalta.

Todellisuudessa meteorologit eivät tee ilmastoennusteita ilmastollisten aikasarjojen perusteella vaan fysiikan pohjalta mallintamalla. Tämä on pienen tieteen alalla tapahtunut nopea ja radikaali kehitys, joka ei ole juuri tihkunut julkiseen tietoisuuteen. Poikkeuksia toki on. Esimerkiksi paleoklimatologiassa ilmastomallit ovat yksi tärkeimmistä työkaluista.

Edellä selostin, miten Emiliani oli valmis hyväksymään myös muiden tieteenalojen omilla menetelmillään saamat, poikkeavat tulokset. Samaten meteorologit ottavat geologi-



set havainnot aina sellaisenaan. Jopa tilastollisesta päättelystä ollaan ilmeisesti samalla kannalla: IPCC:n mukaan emme vielä voi tilastollisesti merkitsevästi havaintojen perusteella osoittaa ihmisen osuutta ilmaston muutoksessa (se osuus saadaan vain malleista).

Spekulaationi ei siis itse asiassa koske geologiaa. Sen sijaan se tieteen alasta riippumatta koskee kaikkia niitä suuntauksia, joissa ilmaston tutkimus käsitetään pelkästään aikasarjapohjalta lähteväksi tilastolliseksi tehtäväksi.

## Mitä apua mallit voisivat saada paleoklimatologiasta?

Malleja on käytetty tutkittaessa Marsin ilmastoa. Ilmakehämallien fysikaalinen sisältö on kehitetty ja testattu nykyoloissa maapallolla. Tietämys, s.o. informaatiovirta käy maasta Marsiin. Päinvastainen ”liike” ei tapahtune kovin äkkiä, koska meillä on niin vähän tietoa Marsin ilmakehästä. Samalla tavoin fysikaalinen informaatiovirta käy nykyilmastosta muinaisten aikojen ilmastotutkimukseen. Paleoklimatologia kertoo esimerkiksi, että lämpötila on noussut n. 3° kasvihuonepitoisuuksien kaksinkertaistuessa. Se sopii nykyilmastosta saatuihin tuloksiin. Tämä ei tietenkään muuta ilmakehämalleja miksiäkään, s.o. menneiden aikojen havainnot eivät vaikuta nykyisiin ilmastoennusteisiin eikä informaatiovirtaa ole niin päin.

Ainoa mieleeni tuleva poikkeava mallipalautte on se, että huomattavan lämpimissä ilmastossa mallit eivät kykene tuottamaan kylmin lämmintä pohjoisnavan aluetta. Näin näyttää käyneen esimerkiksi Mikael Forteliuksen sinänsä onnistuneissa paleoklimatologisissa ajoissa.

On joitakin nykyilmaston ilmiöitä, joita ilmastomalleilla ei voida tai osata käsitellä. Hurrikaanit ovat liian pienialaisia ilmastomalleille. Sedimenttitutkimusten perusteella hur-

rikaanit olisivat yleistymässä. Minulla ei ole ollut saatavilla Jari Holopaisen omaa julkaisua (Helama *et al.* 2009). Se ilmeisesti myös kuuluisi tähän ryhmään. Vaikeutena tämän kaltaisissa töissä on se, että tilastolliset tulokset saadaan mahdollisesti hyvin erilaisista ilmasto-oloista.

Ilmastomalleissa ei ole sellaisia pitkän ajan tekijöitä kuin kasvillisuuden vaeltaminen pohjoiseen, mannerjäätiköiden lohkeaminen ja tundran sulaminen metaanipäästöineen. Paleoklimatologian tiedoista näiden vaikutusta voidaan arvioida. Tulos on hurja. Pitkän ajan kuluessa lämpötila nouseekin 6° kasvihuonepitoisuuksien kaksinkertaistuessa (Hansen *et al.* 2008).

## Jari Holopaisen muuta kysymyksiä

*Kenellä on oikeus esittää mielipiteensä ilmastonmuutoksesta vakavasti otettavissa instansseissa, ja mihin oikeutus lopulta perustuu? Mikä tekee ... sellaisen, ettei uudenlaisia näkemyksiä ... tohdi kohta esittää ilman, että tarvitsisi pelätä leimautumista ilmastokeptikoksi?*

Kenellä tahansa luonnollisesti. On kuitenkin ilmoitettava, että kyseessä on mielipide. Jos siis väittää, että hiilidioksidin määrä ilmakehässä on merkityksetön, on samalla ilmoitettava, että kyseessä on mielipide tai sitten on esitettävä tarkentava tieteellinen perusta. Vakavasti otettavat instanssit eivät useinkaan pysty päättämään, kummasta on kyse ja ymmärtävät mielipiteen tutkimustulokseksi.

*Eivätkö kaikki ilmastonmuutoksen parissa työtä tekevät ole samassa veneessä tutkimuskohteen suhteen, oli kyse sitten nykyisyydestä, tulevaisuudesta tai menneisyydestä ...?*

Tämä kysymys liittyy omaan löydökseeni: "Tiedossani ei ole ainuttakaan asiaa menneistä ilmasto-oloista, joilla olisi ollut vaikutusta meteorologien ilmastoennusteeseen".

Uskottavuutta sieltä kyllä saadaan, koska mallien tulokset menneistä ilmasto-oloista ovat järkeviä. Sitä vastoin sieltä ei ole saatu malleihin yhtä ainoaa uutta fysikaalista mekanismia, ei parametriä, ei korjausta. Mallien ilmastoennusteisiin ei ole siis tullut yhtään muutosta. Tulos on odottamaton siihen nähden, miten hanakasti mallintajat tarttuvat kaikkeen mahdolliseen kuten kemiaan tai kasvitieteeseen. Olen pohtinut syitä ja niitä edellä hieman sivunnut.

*... miksi maapallon pintakeskilämpötilat ovat tällä hetkellä viilenemässä eivätkä suinkaan lämpenemässä, mitä mielikuvaa julkaisuudessa on viime vuodet välitetty.*

*... miten selittää havainnoissa ilmenevä ja vallitsevassa käsityksessä ristiriita?*

Havaintojen ja ennusteiden välillä ei ole ristiriitaa. Meteorologille tässä ei ole mitään vaikeutta. On tärkeää ilmoittaa väitteen yhteydessä, että koettu ristiriita perustuu "vallitsevaan käsitykseen" tai "mielikuvaan" eikä tieteellisesti tehtyyn analyysiin.

*Vai katsellaanko tilannetta vuosi kerrallaan*

En osaa sanoa, miten ilmasto voisi tarkastella vuosi kerrallaan.

*ja palataan asiaan, kun maapallon keskilämpötilat kääntyvät jälleen nousuun?*

Jos ennusteet ja havainnot ovat ristiriidassa, niin syntyy tutkimustarve ("asiaan palataan"). Näin on esimerkiksi pohjoisnavan jään kohdalla. Se näyttää kesäisin häviävän vieläkin nopeammin kuin on ennustettu.

*Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC tuottaa laajoja arviointiraportteja noin viiden, kuuden vuoden välein. ... GTK kyllä osallistuu yhtenä instituutiona Suomen IPCC:n toimintaan, mutta muuta valtuutusta geologeille ei sitten ole myönnetty?*

Minulle IPCC/työryhmä:1:n raportti on erinomainen tieteellinen katsaus uusimpaan tutkimukseen. Tuoreimpien julkaisujen tulokset kootaan yhteen, ei siis arvioida. Raportin

tekoon osallistuvat sekä kirjoittajat että kommentteja esittävä tiedeyhteisö. Suomalaiset ovat myös osallistuneet eri tieteen aloilla. Aivan hyvin mukana voisi olla geologeja. Valinnat tekee kansainvälinen raati.

Esimerkiksi paleoklimatologiaa koskevassa artikkelissa on 51 sivua, johtavia kirjoittajia on 13 ja muita kirjoittajia kaksinverroin. Tutkimalla kirjoittajien nimilistaa näkee, että kyse ei ole mistään mielipidekirjoittajista tai näkemysten esittäjistä. Kaikilta vaaditaan aihepiirin ehdoton hallinta. Kirjallisuutta on petiitillä painettuna 13,5 sivua, viitteitä on arviolta yli 600. Ne ovat pääasiassa vertaisarvioituista sarjoista 2000-luvulta. Tulos on selvästi review-tyyppinen katsaus tuoreimpaan tieteeseen. Arvioksi en osaa sitä kutsua.

Matalapaineiden runsastumista ilmastonmuutoksen myötä IPCC käsittelee laajasti. Mitään selvää kuvaa, "arviota", ei anneta. Syy on yksinkertainen. Kirjallisuuslähteistä ei selaista saa.

Minun "professioni" ei kuulu sanoa, mitä lisävaltuutuksia pitäisi myöntää. Niitä lienee arvioitava IPCC:n tavoitteen kannalta. Esimerkiksi keille alustavat käsikirjoitukset pitäisi Suomessa lähettää kommentoitaviksi niin että heillä on tarvittava pätevyys juuri siitä aiheesta? Onko jakelu ollut IPCC:n tavoitteiden mukainen?

*... siirtykö profession painopiste luonnontieteistä kohti ekonomiaa ja juridiikkaa vai aivan jonnekin muualle?... Ongelma ... liittyy ilmastonmuutoksen luonnontieteellisen olemuksen kadottamiseen*

Samanlaiset ovat tuntemukseni. Eiköhän kehitys ole jo menossa tuohon suuntaan. Näin varmaankin käy viimeistään silloin, kun lopultakin ymmärretään ilmastonmuutoksen luonnontieteellinen olemus. Silloin samalla havaitaan, että luonnontiede on jo osansa tehnyt, jatko sen kohdalla on vain aikaisemman tarkentamista.

*... mutta [ilmastonmuutoksen hillintään liittyvien] kokouksien lopputuloksena keskustelua vain jatketaan ...*

Samanlaiset ovat tuntemukseni (käsikirjoitus jätetty ennen Kööpenhaminan kokousta).

JUHANI RINNE

*prof. emer.*

*Hvittorpintie 250*

*02430 Masala*

Juhani Rinne on Helsingin yliopiston ja Ilmatieteen laitoksen tutkijaprofessori emeritus. Hänen tutkimusalaansa on ollut mm. ilmakehän mallinnus ja numeeristen menetelmien virhelähteet. Rinne on osallistunut aktiivisesti ilmastonmuutoskeskusteluun 1970-luvun alusta asti.

## Kirjallisuus

- Crucifix, M. 2008. Global change: Climate's astronomical sensors. *Nature* 456:47–48. doi:10.1038/456047a
- Hansen, J., Sato Mki., Kharecha P., Beerling D., Berner R., Masson-Delmotte V., Pagani M., Raymo M., Royer D.L. ja Zachos J.C. 2008. Target atmospheric CO<sub>2</sub>: Where should humanity aim? *Open Atmospheric Science Journal* 2:217–231. doi:10.2174/1874282300802010217.
- Helama S., Timonen M., Holopainen J., Ogurtsov M.G., Mielikäinen K., Eronen M., Lindholm M. ja Meriläinen J. 2009. Summer temperature variations in Lapland during the Medieval Warm Period and the Little Ice Age relative to natural instability of thermohaline circulation on multi-decadal and multi-centennial scales. *Journal of Quaternary Science* 24:450–456.
- Holopainen, J. 2009. Voiko geologi olla ilmastonmuutosasiantuntija? *Geologi* 61:93–97.
- Weart, S. 2008. *The Discovery of Global Warming*. Harvard University Press. Kts myös <http://www.aip.org/history/climate>