



# Öljy loppuu, ilmasto muuttuu – oletko valmis?

KEIJO NENONEN

**V**iime aikoina julkisuudessa ja myös Geologi-lehden palstoilla on kiistelty niin ilmastomuutoksesta, sen syistä ja seurauksista kuin myös sen vakavuudesta ylipäätään. Ilmastotieteilijät ovat vakuuttaneet yksimielisyyttään ja perustaneet ilmiötä ja sen vakavuutta korostavan “tosiuskovaisten” tiedeyhteisön samalla leimaten muut vähemmän uskovaiset ja kriittisiä kommentteja lausuvat skeptikoiksi ja vähintäänkin “vääräuskoisiksi” (vrt. Winterhalter 2009).

Luonnontieteissä ei tiedemiesten uskottelulla ja näennäisellä yksimielisyydellä ole sijaa, vaan luonto toimii juuri niin kuin luonnonlait määräävät. Luonnontieteellisessä keskustelussa on tärkeää hyväksyä myös kriittiset puheenvuorot, sillä ilman niitä tiede ei mene eteenpäin ja saattaa pahimmassa tapauksessa urautua väärille poluille. Päätäjät ja poliitikot ovat kuitenkin ymmällään, mitä ennustetta tulisi soveltaa ja mihin tavoitteisiin sitoutua mm. YK:n ilmastokokouksessa Kööpenhaminassa joulukuussa.

Ilmastomuutoksesta voitaisiin sanoa Etelämannertutkijan Patrick Quiltyyn tavoin “Global change is natural” tarkoittaen muutoksen jatkuvuutta, sillä koskaan ei ilmasto, merenpinnan taso, mannerten asema tai korkeus pysy vakiona paikallaan, vaan ne muuttuvat koko ajan syystä tai toisesta. Joskus muutos tapahtuu huomaamattoman hitaasti, mutta toisinaan kertarysäyksellä, kuten Tapanina 2004 tsunamin iskiessä Indonesiassa.

## Fossiiliset polttoaineet loppuvat

Vääjäämätön tosiasia on, että fossiiliset polttoaineet, nykyisen hyvinvointimme mahdollistava luonnonresurssi, loppuu aikanaan, viimeisimpien

tilastojen mukaan nopeammin kuin arvaammekaan. BP:n (2009) ylläpitämien tilastojen mukaan maailman öljyvarat, 1 258 miljardia öljytyynyriä, riittävät nykykulutuksella 42 vuodeksi. Öljyn tuotanto vähenee jo lähes kaikissa tuottajamaissa lukuun ottamatta Vietnamia, Intiaa ja Egyptiä. Maa-kaasuvarat riittäisivät vielä noin 60 vuodeksi, mutta EU:n omat varat riittävät vain 15 vuodeksi. Venäjällä kaasua riittää kuitenkin pidemmäksi aikaa, nykykäytöllä yli 70 vuodeksi. EU-alueen hiilivarat riittävät vain 51 vuodeksi, mutta Venäjän ja entisten neuvostovaltioiden alueella hiiltä riittää vielä yli 400 vuodeksi ja globaalistikin 122 vuodeksi.

Mikäli Suomessa hyödynnetään turvetta tulevaisuudessakin, kuten tällä hetkellä, laskennalliset turvevarat riittävä vielä yli sadaksi vuodeksi suurimassa osassa maastamme (Virtanen et al. 2003). Turve on paikallinen ja alueellinen energiavara, jota käytetään maakunnallisella tasolla yhdistettyyn lämmön ja sähkön tuotantoon yhdessä nopeasti uusiutuvan biomassan energiahakkeiden kanssa. Päästökauppalaskelmissa turve rinnastetaan fossiiliin polttoaineisiin ja valmisteilla olevassa EU:n maaperädirektiivissä puolestaan tärkeäksi eläväsi hiilinieluksi ja orgaanisen aineen varastoksi. Geologisessa käsitteistössä turve ei ole fossiilinen, vaan hitaasti uusiutuva biomassa.

Kriittinen lukija varmaan toteaa, että energiavarojen loppumista on aina pelätty, mutta jatkuvasti on kuitenkin osoitettu lisää varantoja. Öljyn ja maakaasun kohdalla ei näin kuitenkaan ole, vaan tankin pohja alkaa häämöttää. Tuotanto vähenee monilla alueilla, vaikka kulutus lisääntyy samanaikaisesti. Vaikein tilanne on Euroopassa ja erityisesti EU-alueella, jossa jo nykyisellään ollaan hyvin riippuvaisia tuontipolttoaineista (Tilastokeskus 2009).

## Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus uhkaa kaksinkertaistua nykyisestäään

Arvovaltainen Nature-tiedelevy julkaisi huhtikuun lopussa ilmastonmuutokseen liittyen teemanumeron Nature 458, jonka aiheena oli "The coming climate crunch". Siinä pahimpana uhkakuvana arvioitiin ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden voivan nousta jopa 1000 ppm:ään eli kolminkertaiseksi esiteollisen ajan tasoon nähden. Kauhuskenaariossa Schneider (2009) kuvaa, millaiseksi elämä maapallolla voisi muuttua vuoteen 2100 mennessä, jos jatkettaisiin nykyinen "business as usual" piittaamatta hiilidioksidipäästöistä ja pyrkien kiihtyvään taloudelliseen kasvuun. Maapallon lämpötila voisi kohota enimmillään jopa 7 °C. Silloin koko maapallon ilmastovyöhykkeet muuttuisivat ja laajat alueet muuttuisivat asuinkelvottomiksi ja monet eliölajit kuolisivat sukupuuttoon. Ilmastoparkolaisuus olisi arkipäivää, ja köyhimmät ja heikoimmat kärsisivät eniten. Myös alavilla mailla asuvat olisivat tulvivan meren armoilla. Tähän päästään, jos fossiiliset energiavarastot tuprutetaan taivaan tuuliin kiihtyvällä menolla. Tämän jälkeen maapallon ilmakehän hiilidioksidipitoisuus pysyisi korkealla tasolla vielä pitkään, ja palautuminen kestäisi ehkä 100–200 vuotta (Monastersky 2009). Maapallon hiilivarastoista on jo puolet poltettu ja kun loputkin käytetään, niin maapallon keskilämpötilan arvioidaan nousevan 2 °C korkeammaksi kuin esiteollisella ajalla epävarmuusvälillä 1,3–3,9 °C (Allen et al. 2009).

Kotimaisessa kirjallisuudessa aihetta on käsitelty perinpohjaisesti Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden hienosti kuvitetussa katsauksessa ilmastonmuutokseen (Nevalinna 2008). Teoksessa ilmenee hyvin hiilidioksidipäästöjen arvioinnin epävarmuus, jonka vuoksi ilmaston lämpenemisennusteen haarukka on laaja: 0,6–4,0 °C. Arvioinnin epävarmuutta lisäävät paljastuneet puutteet ja virheet ilmastomallien perusaineistossa ja laskentaparametreissa (mm. Holland 2007, McIntyre 2007). Lunkka (2008) tuo geologisen näkökulman maapallon ilmastohistoriaan palkitussa kirjassaan, jonka viimeisillä sivuilla hän arvioi vaikutusten olevan

pahimmassa tapauksessa Naturessa kuvatun termin "climate crunch" (ilmastomuutoksen tiukka paikka) kaltaisia. Toisaalta geologeina meidän tulee muistaa, että postglasiaalijan ilmasto-optimin aikaan hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä oli 30 prosenttia nykyistä alempi, vaikka lämpötila oli pari astetta nykyistä korkeampi (Saarnisto 2009).

Syy lämpimyyteen oli, että maapallo oli viimeisen jääkauden sulaessa lähinnä aurinkoa pohjoisen pallonpuoliskon keskikesän aikaan ja suotuista tilanne jatkui vielä ilmasto-optimin aikaan 9000–6000 vuotta sitten. Astronomisen ilmastovaihtelun mukaisesti maapallon asento ja rata ovat sen jälkeen muuttuneet niin, että nyt maapallo on lähinnä aurinkoa pohjoisen pallonpuoliskon keskitalven aikaan. Vaihtelu on näkynyt ilmastopitkäaikaisena viilenemisenä ja kasvillisuusvyöhykkeiden muutoksina, kun tundra- ja ikeiruuta-alue on laajentunut pohjoisella pallonpuoliskolla.

Geologinen vastaus kysymykseen, voiko ihmisen aiheuttama, kehittyvä ilmasto-optimi viivytää luonnollista ilmastonmuutosta tai salvata astronomisen ilmastovaihtelun, on, että voimme nauttia tai kärsiä ilmaston lämpenemisestä korkeintaan parisataa vuotta, kunnes kaikki maapallon fossiiliset hiilet on poltettu. Tämän jälkeen kehitys jatkuu kohti jääkausi-ilmaston seuraavia käänteitä, joista ensimmäinen reilumpi kylmeneminen on noin vuonna 6000, seuraava vuonna 23 000 ja varsinainen jääkausi noin vuonna 60 000 (mm. Neronen ja Hotakainen 2004). Tämä ei kuitenkaan lohduta nykyisiä päättäjiä, vaan ihmisen aiheuttama ilmastonmuutosta on koetettava kaikin keinoin rajoittaa, jottei aiheutettaisi kestäättömiä vahinkoja koko ihmiskunnalle ja luonnolle tulevien sukupolvien aikana.

## Sopeudummeko me?

Ympäristöstä huolehtiminen on tuottanut hyviä tuloksia viime vuosikymmeninä. Muistamme kovat kiistat teollisuuden vesistö- ja ilmakehän hiilidioksidipäästöistä ja energiatuotannon rikkipäästöistä ja happosateista. Kaikissa näissä ympäristölainsäädäntö ja ympäristöpolitiikka ovat onnistuneet loistavasti, koska ongelmat ovat tyystin poistuneet tai

vähentyneet oleellisesti. Myrkyllisten kemikaalien ja haitallisten mineraalien käyttö on vähentynyt, ja tuskin kukaan voi tietämättään joutua niille alttiiksi. Tämän lisäksi metsissämme on puuvaroja enemmän kuin koskaan ja metsissä asuu ennätysmäärä uhanalaisia petoja kilpailemassa hirvimiesten kanssa tästä jalosta riistasta.

Tästä päätellen myös kasvihuonekaasujen päästöt saadaan vähennettyä, kun toimeen toisinaan tartutaan. Samalla valmistauduttaisiin fossiilisten polttoaineiden niukkuuteen ja loppumiseen. Vähäpäästöiset energiaratkaisut ovat myös geologien alaa: Geoenergia maa-kallioperästä, ydinenergia, ydinjätteiden loppusijoittaminen, hiilidioksidin talteenotto ja geologinen loppusijoittaminen ja merituulivoimaloiden sijoittaminen. Geologit löytävät myös uudelle teknologialle ja energian varastoinnille uusia metalli- ja teollisuusmineraalivaroja niin, että uudet sähköautot kulkevat tulevaisuudessa kotimaisilla akuilla, jotka on tehty toivottavasti pääosin kotimaisista raaka-aineista.

Poliitikot ja päättäjät ovat linjanneet Suomen energiapolitiikkaa ja tuulevaisuusvisioita vuoteen 2050 saakka. Linjausten keskeisenä tavoitteena on vähäpäästöinen Suomi vuonna 2050 (Valtioneuvoston kanslia 2009). Energiapolitiikan ja tulevaisuusselonteon linjaukset kuvastavat Suomen kansainvälisiä sitoumuksia ollen sopusoinnussa EU:n tavoitteiden kanssa. Valtioneuvosto linjaa, että Suomessa on edellytykset nousta ilmastonsuojelun edelläkävijäksi. Sopeutumisessa ilmastomuutokseen ja fossiilisten energialähteiden niukkenemiseen on geologeilla runsaasti töitä ja mahdollisuuksia uusille löydöksille ja innovaatioille.

Ilmastomuutos on jo täällä. Me sopeudumme siihen luultua paremmin, ja geologit ovat valmiita uusiin haasteisiin.

KEIJO NENONEN

Geologian tutkimuskeskus (GTK)

PL 96, 02151 Espoo

keijo.nenonen@gtk.fi

## Kirjallisuus:

- Allen, M.R., Frame, D.J., Huntingford, C., Jones, C.D., Lowe, J.A., Meinshausen, M. ja Meinshausen, N. 2009. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature* 458 (7242), 1163–1166.
- BP 2009. BP Statistical Review of World Energy 2009. <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>
- Holland, D. 2007. Bias and Concealment in the IPCC Process: The "Hockey-Stick" Affair and Its Implications. *Energy & Environment*, Vol. 18:951-983
- Lunkka, J.P. 2008. Maapallon ilmastohistoria: kasvihuoneista jääkausiin. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press. 286 s.
- McIntyre, S. 2007. Does Hansen's Error "Matter"? In: Climate Audit website by Steve McIntyre. <http://www.climateaudit.org/?p=1885>
- Monastersky R. 2009. Climate crunch: A burden beyond bearing. *Nature*. 458(7242), 1091–1094.
- Nenonen, K. ja Hotakainen, M. 2004. Jäätiköitymisten syyt ja ilmastomuutokset. Teoksessa: Koivisto, M. (toim.). Jääkaudet. Helsinki: WSOY, 32–39.
- Nevalinna, H. (toim.) 2008: Muutamme ilmastoa. Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastomuutokseen. Porvoo: Karttakeskus, 237 s.
- Saarnisto, M. 2009. Jääkauden jälkeinen ilmasto. Teoksessa: Haapala, I. ja Pulkkinen, T. (toim.). Maan ytimestä avaruuteen: ajankohtaista suomalaista geologia ja ympäristötieteellistä tutkimusta. Bidrag till kändedom av Finlands natur och folk 180. Helsinki: Suomen Tiedeseura, 127–140.
- Schneider, S.H. 2009. The worst-case scenario – CO<sub>2</sub> at 1000 ppm. *Nature*, 458(7242), 1104–1105.
- Valtioneuvoston kanslia 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009, Yliopistopaino, Helsinki, 180 s. <http://www.vnk.fi/julkaisut/listaus/julkaisu/fi.jsp?oid=273273>
- Tilastokeskus 2009. Energy in Finland – Pocketbook 2009. Multiprint, Helsinki, 39 s.
- Winterhalter, B. 2009. Ilmastomuutoksen monet to- tuudet. *Geologi* 61 (4), 134–141.
- Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R.-L., Vartiainen, S., Herranen, T. ja Jokisaari, R. 2003. Suomen turvevarat 2000. Summary: The peat reserves of Finland in 2000. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 156. Espoo, Geologian tutkimuskeskus, 101 p. + 7 app