

Ihmiskunta, energian käyttö ja ilmaston muutos

Hannu Ilvesniemi

Professori

Metsäntutkimuslaitos

Maailman väkiluku on räjähtänyt valtavaan nousuun viimeisen sadan vuoden, ja erityisesti viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana. Kasvavan väestön ympäristölle ja yhteiskunnille aiheuttamat paineet tulevat väistämättä olemaan erittäin suuria ja moniulotteisia.

Maailman energiankulutuksen aikakehitys on muodoltaan hyvin samankaltainen väestön kehityskäyrän kanssa. Fossiilisten energianlähteiden avulla tuotettu lisäenergia on mahdollistanut nykymuotoisen maatalouden avulla tuotetun ravinnon määrän kasvun ja sen myötä ihmispopulaation koon kasvun.

Nykyisen kaltaisella kulutuksella fossiilisia polttoaineita riittää vielä ainakin muutaman sadan vuoden ajaksi. Polttoaineen loppuminen ei tästä syystä tule ohjaamaan yhteiskuntien energian käytön kehitystä pitkään aikaan. Fossiilisista polttoaineista öljy tulee muuttumaan niukkuustuotteeksi ensimmäisenä. Siksi nykymuotoisella kalustolla toteutettavan maantie- ja lentoliikenteen tarpeisiin täytyy löytää muutaman vuosikymmenen sisällä muita energian lähteitä. Yksi jo tunnettua tekniikka edustava mahdollisuus on dieselin valmistus kivihiilestä Fischer-Tropsch -tekniikkaa käyttäen.

Fossiilisten polttoaineiden poltossa syntyvän hiilidioksidin arvioidaan erilaisilla ilmastomalleilla tehtyjen tarkastelujen perusteella muuttavan maapallon ilmakehän keskilämpötilaa nykyistä korkeammaksi. Kohonneella lämpötilalla arvioidaan olevan monia ihmiskunnalle haitallisia seurannaisvaikutuksia, kuten nykyisten alavien alueiden peittyminen meren alle ja nykyisten maapallon vilja-aittojen kuivuminen erämaiksi.

Mikäli tavoitteeksi asetetaan ilmastonmuutoksen ehkäiseminen fossiilisten polttoaineiden käyttöä vähentämällä, tehtävä on hyvin haasteellinen monestakin syystä. Koska fossiiliset polttoaineet eivät ole loppumassa vielä pitkään aikaan, raaka-aineen alhainen saatavuus ei muodosta selkeää käytön rajoitetta. Jos perusteena fossiilisten polttoaineiden käyttömäärien alentamiselle käytetään ilmastossa tapahtuvia haitallisia muutoksia, tavoitteeseen pääsemiseksi pitäisi kyetä sopimaan koko ihmiskuntaa kattavista fossiilisten polttoaineiden käytön rajoituksista. Koska koko nykyisen kaltaisen teollisuuden ja teollistuneen maatalouden varassa elävän,

huikeasti kasvaneen ihmismäärän olemassaolo perustuu fossiilisten polttoaineiden runsaaseen käyttöön, kokonaisenergian käytön radikaali rajoittaminen tai fossiilisten polttoaineiden korvaaminen muilla energianlähteillä on lähes mahdotonta. Ihmiskunnan pitäisi ihmiselle luontaisen käyttäytymiskoodin vastaisesti kyetä luopumaan omaksi eduksi koetusta hyvinvoinnista kollektiivisen ja abstraktin tavoitteen saavuttamiseksi ja toimimaan samalla myös suvunjatkamisviettinsä sekä oman materiaalisen edun tavoittelemisen vietin vastaisesti maailmassa, jossa iso osa ihmistä ei tällä hetkellä edes osaa lukea.

Tulevaisuutta koskevia päätöksiä tehtäessä meidän suomalaistenkin on omalta osaltamme kyettävä erottelemaan toisistaan sellaiset asiat, joiden tiedämme maailmassa tapahtuvan ja sellaiset asiat, joihin meillä on mahdollisuus vaikuttaa.

Globaalit megatrendit

Väestönkasvu

Globaaliin ympäristökuormitukseen ylivoimaisesti eniten vaikuttava yksittäinen tekijä on ihmiskunnan koon kasvu. Ennen nykymuotoisen maatalouden kehittymistä kolmisen vuosituhatta sitten, ihmisiä oli todella vähän. Maatalouden kehittymisen vaikutus näkyy ihmiskunnan koon moninkertaistumisena nykymuotoisen ajanlaskumme aikana. Todellinen räjähdys populaation koossa tapahtui kuitenkin vasta teollisen vallankumouksen myötä. Miljardin ihmisen rajapyykki saavutettiin 1800-luvun alussa. Tämän jälkeen kului yli sata vuotta kahden miljardin ihmisen rajapyykin saavuttamiseen vuonna 1927. Kolmen miljardin ihmisen raja ylittyi 34 vuotta myöhemmin eli vuonna 1961 ja neljän miljardin ihmisen raja 13 vuotta myöhemmin vuonna 1974. Sama tahti on jatkunut tämän jälkeen niin että kuuden miljardin ihmisen raja rikkoutui vuonna 1999.

Jos ihmispopulaation koko kasvaa tulevaisuudessa samaa tai nopeampaa tahtia, on selvää, ettei ihmisille sovelias ravinto riitä kaikille. Ei myöskään ole mahdollista, että länsimaiden nykyinen materiaallinen elintaso voitaisiin tuottaa kaikille jo eläville ja kiihtyvällä vauhdilla kasvavalle väestölle.

Energian käytön ja CO₂ päästöjen globaali aikakehitys

Koska valtaosa energiantuotannosta perustuu fossiilisten polttoaineiden käyttöön, energian vuotuisen kokonaiskäytön kasvu korreloi globaalien hiilidioksidipäästöjen kehityksen kanssa ja on muodoltaan samantyyppinen kuin ihmiskunnan koon muutosta kuvaava käyrä. Ilmakehän viime vuosikymmenien hiilidioksidipitoisuuden nousu vastaa hiilidioksidin päästöissä havaittua muutosta. Vuosimiljoonien tarkastelujaksolla ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kuitenkin alentunut koko ajan.

Energian käytön ja maapallon keskilämpötilan aikakehitys

Globaalin keskilämpötilan muutoksessa on paljon vaihtelua, joka ei suoraan selity fossiilisten polttoaineiden käytön määrällä, mutta sekä energiankulutuksen että keskilämpötilan muutoksen aikakehityksessä on havaittavissa sama nouseva trendi. On siis mitattuun havaintoaineistoon perustuva fakta, että maapallin ilmakehän keskilämpötila on noussut, mutta nousun syitä voidaan ja pitääkin spekuloida, se ei vaan kuulu näiden tutkimusohjelmien avulla selvitettävissä oleviin asioihin.

Ilmakehän CO₂ pitoisuuden pitkän ajan aikakehitys

Satoja miljoonia vuosia sitten ilmakehän CO₂ pitoisuus oli moninkertainen nykyiseen pitoisuuteen verrattuna. 300 miljoonaa vuotta sitten, aikana jolloin nykyiset fossiiliset polttoaineresurssien ajatellaan syntyneen, ilmakehän CO₂ pitoisuus oli ehkä kaksinkertainen nykyiseen verrattuna, josta se on laskenut nykyaikaa edeltäneeseen n 300 ppm:n pitoisuuteen, josta se on uudelleen kääntynyt nousuun tällä vuosisadalla.

Maapallon keskilämpötilan pitkän ajan aikakehitys

Satojen miljoonien vuosien aikaskaalassa maapallon keskilämpötilan arvioidaan laskeneen noin 10 °C. Viimeisen 500 000 vuoden aikana on toistunut noin 100 000 vuoden pituisia kylmiä jaksoja sekä kylmien jaksojen väliin ajoittuva, noin 10 000 vuoden mittainen lämmin jakso. Jaksojen keskilämpötilojen ero on ollut noin kolme astetta. Pitkiä ajanjaksoja tarkasteltaessa voidaan havaita, ettei ilmasto koskaan ole ollut vakio. Näin pitkien ajanjaksojen tarkastelussa on lähinnä vain periaatteellista mielenkiintoa, koska maapallolla koskaan eläneistä ihmisistä aika iso osuus on elossa tälläkin hetkellä.

Hiilen kierto ja varastot, globaali tarkastelu

Maapallolla on joitakin suuruusluokaltaan toisiaan vastaavia hiilivarastoja. Ilmakehässä arvioidaan olevan hiiltä 775 Gt, kasvillisuudessa 550 Gt, maaperässä 1500 Gt, merien pintaosien kasvillisuudessa (?) 1020 Gt, liunneena orgaanisena hiilenä merissä 700 Gt, ja merien syvissä kerroksissa 38 000 Gt.

Ilmakehän ja kasvillisuuden välinen vuotuinen hiilen vaihto (fotosynteesi ja hengitys) on suuruusluokaltaan 100 Gt hiiltä vuodessa, tämän tasapainon arvellaan olevan hieman kasvillisuuteen kertymisen puolella. Merien pintaosien osalta suuruusluokka on sama, noin 90 Gt hiiltä vuodessa. Myös tämän tasapainon arvellaan olevan noin yksi Gt hiiltä vuodessa varastoihin kerryttävän tasapainon puolella. Fossiilisten polttoaineiden käyttö vapauttaa ilmakehään noin kuusi Gt hiiltä vuodessa. Jos kasvillisuuden ja merien

nielut ovat yhteensä alle kolme Gt hiiltä, jää joka vuosi imakehään siis yli kolme Gt hiiltä aikaisempaa enemmän. Se on suuri määrä vuodessa, jos sitä verrataan vuotuiseen nettoprimäärituotantoon (100 Gt C) tai ilmakehän varaston suuruuteen eli 750 Gt hiiltä.

Tällä hetkellä käytettävien erilaisten energianlähteiden globaali osuus:

Energianlähde	Keskimääräinen energian käyttö, TW		
	1980	2004	2006
Öljy	4,38	5,58	5,74
Maakaasu	1,80	3,45	3,61
Hiili	2,34	3,87	4,27
Vesivoima	0,6	0,93	1
Ydinenergia	0,25	0,91	0,93
Geoterminen, tuuli, aurinko ja biomassat	0,02	0,13	0,16
Yhteensä	9,48	15,00	15,80

Maapallon kokonaisenergiantuotanto on kasvanut viimeisten 25 vuoden aikana 50 %. Fossiilisten polttoaineiden osuus koko energiantuotannosta on laskenut muutaman prosenttiyksikön, ollen kuitenkin edelleen yli 85 % koko energiantuotannosta. Ihmiskunnan globaali energian kokonaiskulutus on kasvanut muutaman lamavuoden tasaantumista lukuun ottamatta jatkuvasti.

Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (1 000 toe) ja CO₂-päästöt (Mt)

Lähde: Tilastokeskus

Vuosi	Öljy	Hiili ¹	Maakaasu	Ydin-energia ²	Sähkön nettotuonti ³	Vesi- ja tuulivoima ³	Turve	Metsäteollisuuden jäteliemet	Teollisuuden puutähteet	Puun pienpoltto	Muut	Energian kokonaiskulutus
2005	8 665	3 115	3 562	5 825	1 463	1 169	1 643	3 156	2 269	1 283	657	32 806
2006	8 730	5 179	3 807	5 733	980	986	2 236	3 727	2 474	1 323	679	35 854
2007	8 611	4 572	3 522	5 863	1 080	1 219	2 442	3 656	2 227	1 335	749	35 276
2008	8 361	3 389	3 601	5 745	1 098	1 476	1 946	3 433	2 476	1 307	940	33 773
2009*	7 971	3 687	3 213	5 884	1 039	1 104	1 661	2 541	2 329	1 383	988	31 800
Osuudet, %												
2005	26,4	9,5	10,9	17,8	4,5	3,6	5,0	9,6	6,9	3,9	2,0	100
2006	24,3	14,4	10,6	16,0	2,7	2,7	6,2	10,4	6,9	3,7	1,9	100
2007	24,4	13,0	10,0	16,6	3,1	3,5	6,9	10,4	6,3	3,8	2,1	100
2008	24,8	10,0	10,7	17,0	3,3	4,4	5,8	10,2	7,3	3,9	2,8	100
2009*	25,1	11,6	10,1	18,5	3,3	3,5	5,2	8,0	7,3	4,3	3,1	100