

Ilmastonmuutoksen hallintamalli

Asko Vuorinen, Ekoenergo Oy

Artikkeli perustuu kirjaan *Energiankäyttäjän käsikirja 2013*.

Yhteenveto

Ilmastonmuutoksen hallinnan tavoitteena on rajoittaa lämpötilan nousu korkeintaan 2 °C:een. Tämä on mahdollista tehdä, kun ensin ymmärretään lämpötilan nousun takana olevat matemaattiset mallit, jotka pohjautuvat CO₂-päästöihin. Teorian lämpötilan noususta kehitti ruotsalainen tiedemies Svante Arrhenius, joka julkaisi Philosophical Magazine-lehdessä vuonna 1896 artikkelin, jossa hän esitti, että lämpötilan nousu (ΔT) johtuu ilmakehän CO₂-pitoisuuden noususta seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\Delta T = K \times \log (C/280)$$

jossa

K = vakio, jonka arvo on 6.8 °C Suomen mittausten mukaan

C = CO₂-konsentraatio ilmakehässä (ppm) = 280 ppm vuonna 1700

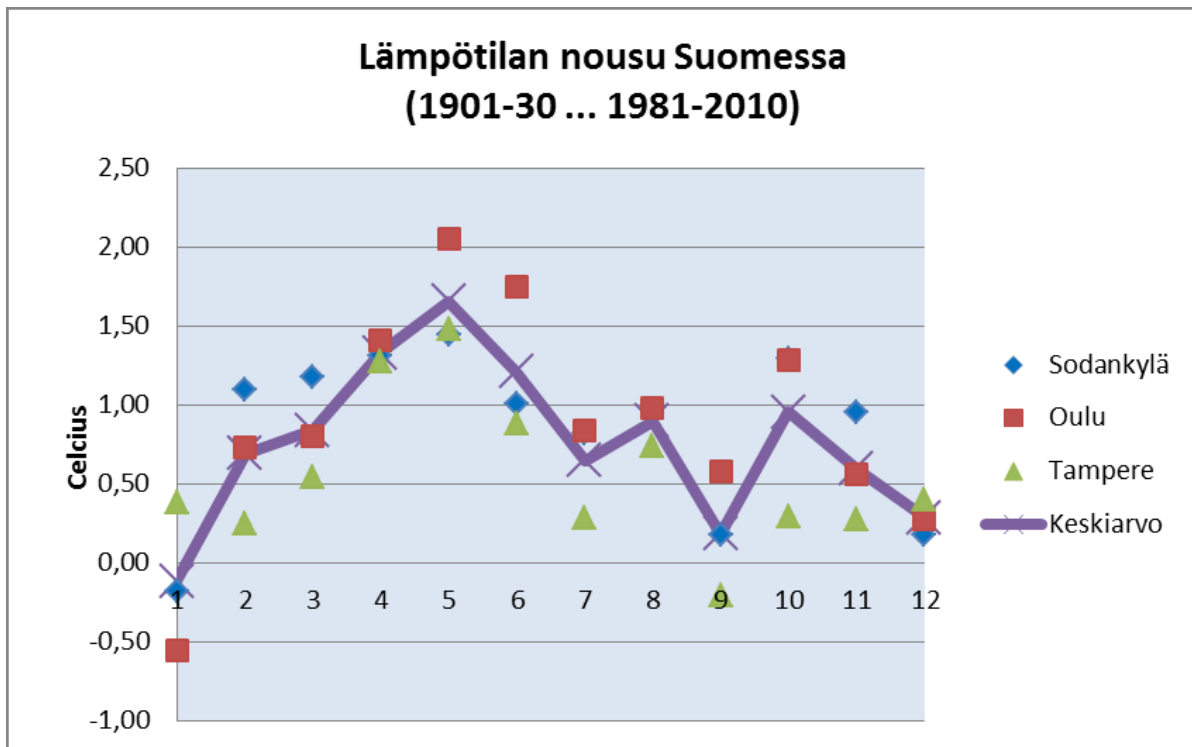
Kun lämpötilan nousun malli on tiedossa, voidaan kehittää ohjelma, joka rajoittaa CO₂-pitoisuuden nousun alle 550 ppm:n. Tämä tarkoittaa, että fossiilisten polttoaineiden kumulatiivinen CO₂-päästö tulee rajoittaa arvoon 3700 Gt. Koska päästöistä on 1400 Gt jo tapahtunut, niin ohjelma tulee olla sellainen, että tulevaisuuden päästöt jäävät alle 2300 Gt.

Ohjelma on seuraava:

- 1) Emissiot tulee pysäyttää nykyiselle tasolle, 36 Gt/vuosi vuoteen 2040 mennessä. Jokaisen maan päästöt vuonna 2040 tulee olla alle 4.2 t/asukas.*
- 2) Vuoden 2040 jokaisen maan tulee vähentää päästöjään 2 % vuodessa. Vuonna 2100 CO₂-päästöjen tulee olla alle 10 Gt vuodessa.*

1 Lämpötilan nousun ennustaminen

Ilmatieteen laitoksen mittausten mukaan lämpötilan nousu 1900-luvun alusta on tähän päivään mennessä noin 1 °C. Mitattu lämpötilan 30 vuoden keskiarvoja käyttäen vuosien 1900–1930 keskiarvosta vuosien 1980–2010 keskiarvoon on 0,77 °C (Kuva 1).



Kuva 1. Lämpötilan nousu kuukausittain on 80 vuodessa noin 0,77 °C.

Maailman CO₂-päästöt tunnetaan melko hyvin vuodesta 1965 lähtien British Petroleum (BP) energiatilastojen perusteella. Tilastojen mukaan vuoteen 1995 mennessä kumulatiiviset CO₂-emissiot olivat noin 980 Gt. Vuonna 1995 ilmakehän CO₂-pitoisuus oli 361 ppm. Kaavasta (1) voidaan laskea teoreettinen lämpötilan nousu seuraavasti:

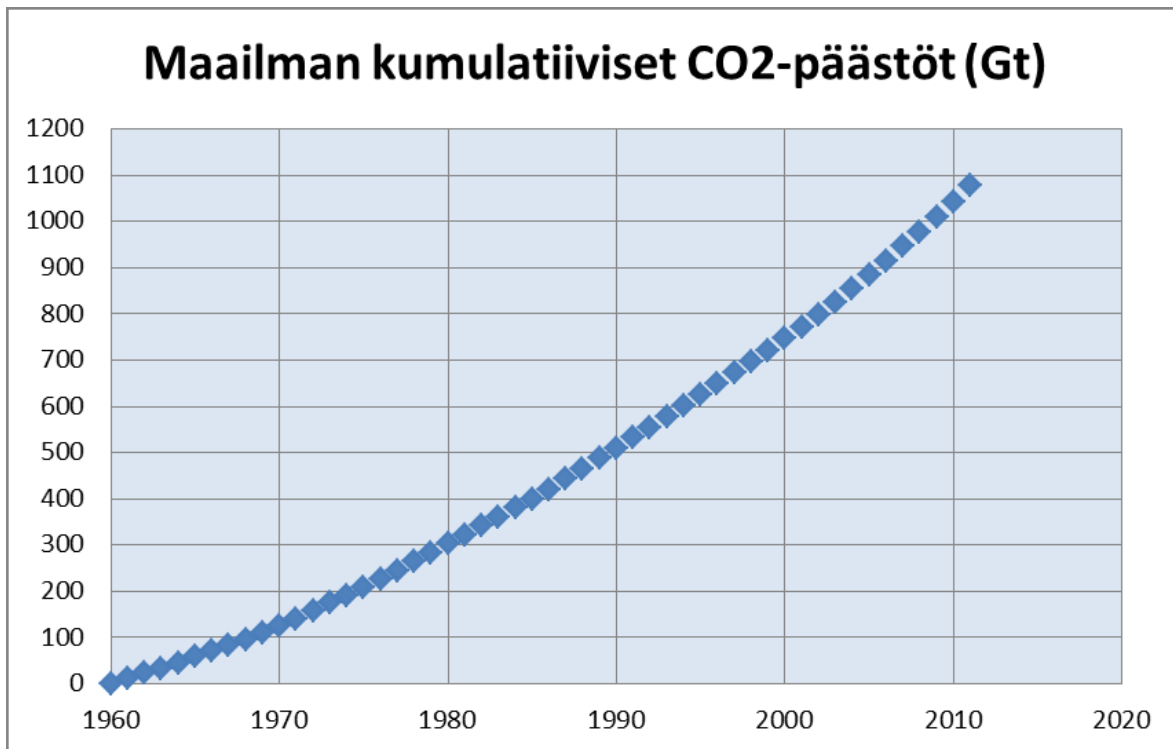
$$(1) \quad T = 6.8 \times \log(361/280) = 0,75 \text{ °C}$$

Havaittu nousu oli noin 0.77 °C, joka vastaa melko tarkasti teoreettisen nousun arvoa 0,75 °C.

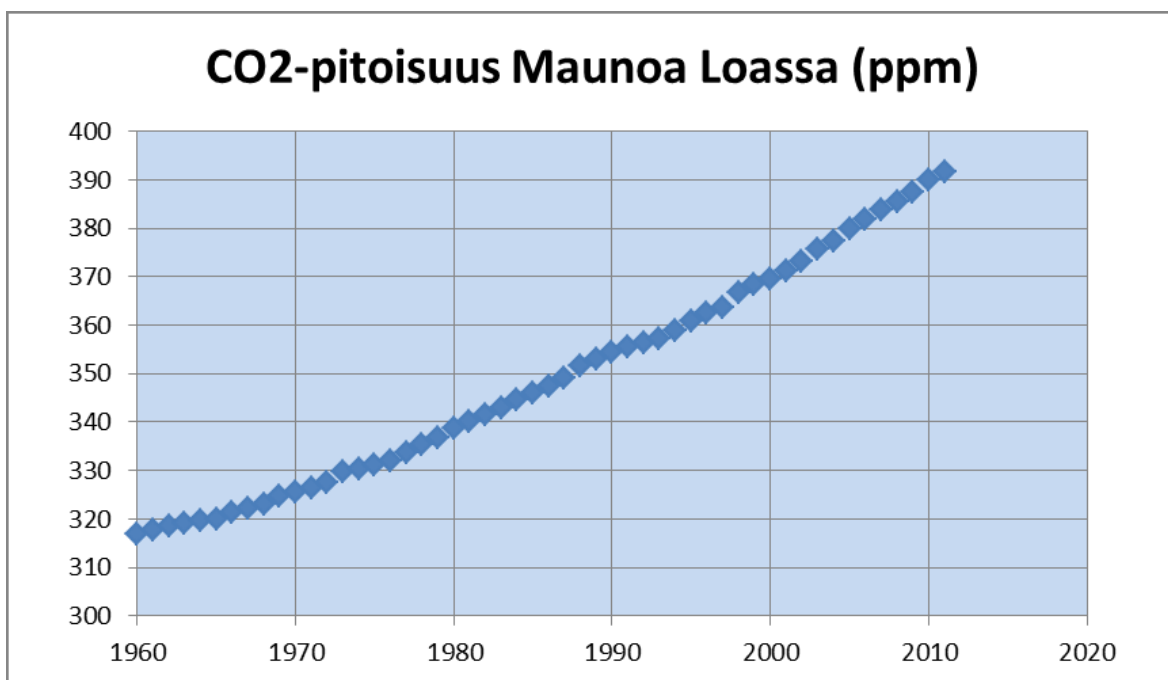
Kaavasta (1) voidaan laskea, että ilmakehän sallittu CO₂-pitoisuus saa olla korkeintaan 550 ppm, jotta lämpötilan nousu voidaan rajoittaa kahteen asteeseen

2. Pitoisuus ja emissiot

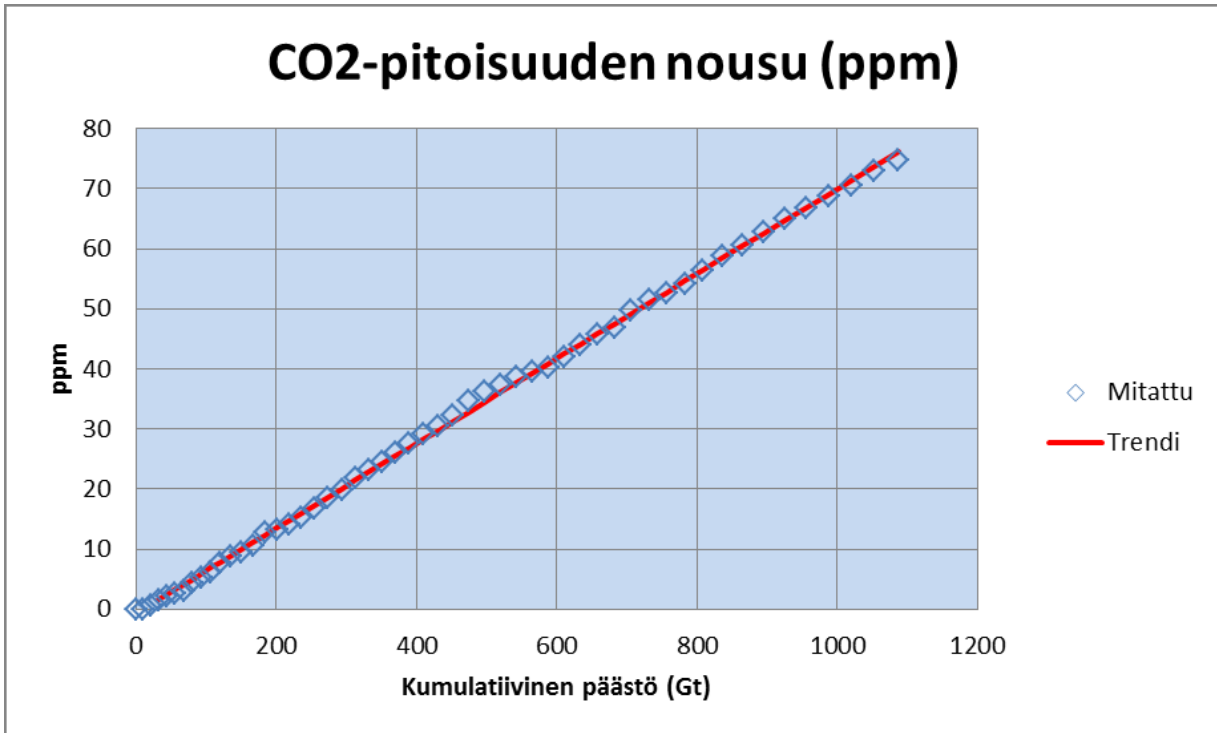
Kumulatiiviset CO₂-emissiot ovat kasvaneet Kuvan 2 mukaisesti ja CO₂-pitoisuus on kasvanut Kuvan 3 mukaisesti. Molemmat kuvat ovat hyvin samanmuotoisia. Kun pitoisuus ja emissiot esitetään samassa kuvassa (Kuva 4), havaitaan, että CO₂-pitoisuus on noussut 76 ppm lähtien 1960, kun päästöt ovat olleet samana aikana 1110 Gt.



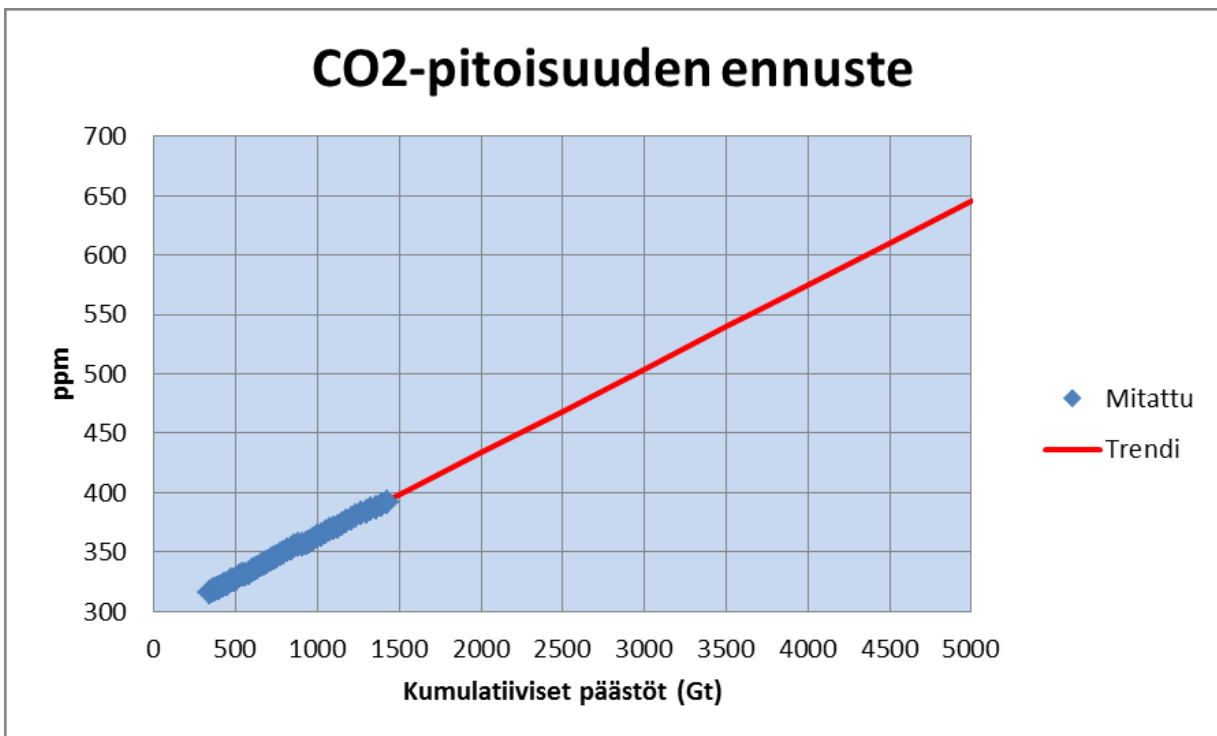
Kuva 2. Kumulatiiviset emissiot vuodesta 1960 alkaen.



Kuva 3. Mitattu CO₂-pitoisuus Mauna Loalla, Hawajilla.



Kuva 4. CO₂-pitoisuus on noussut 76 ppm, kun päästöt ovat olleet 1110 Gt.



Kuva 5. Kriittinen pitoisuus, 550 ppm, saavutetaan, kun päästöt ovat 3700 Gt.

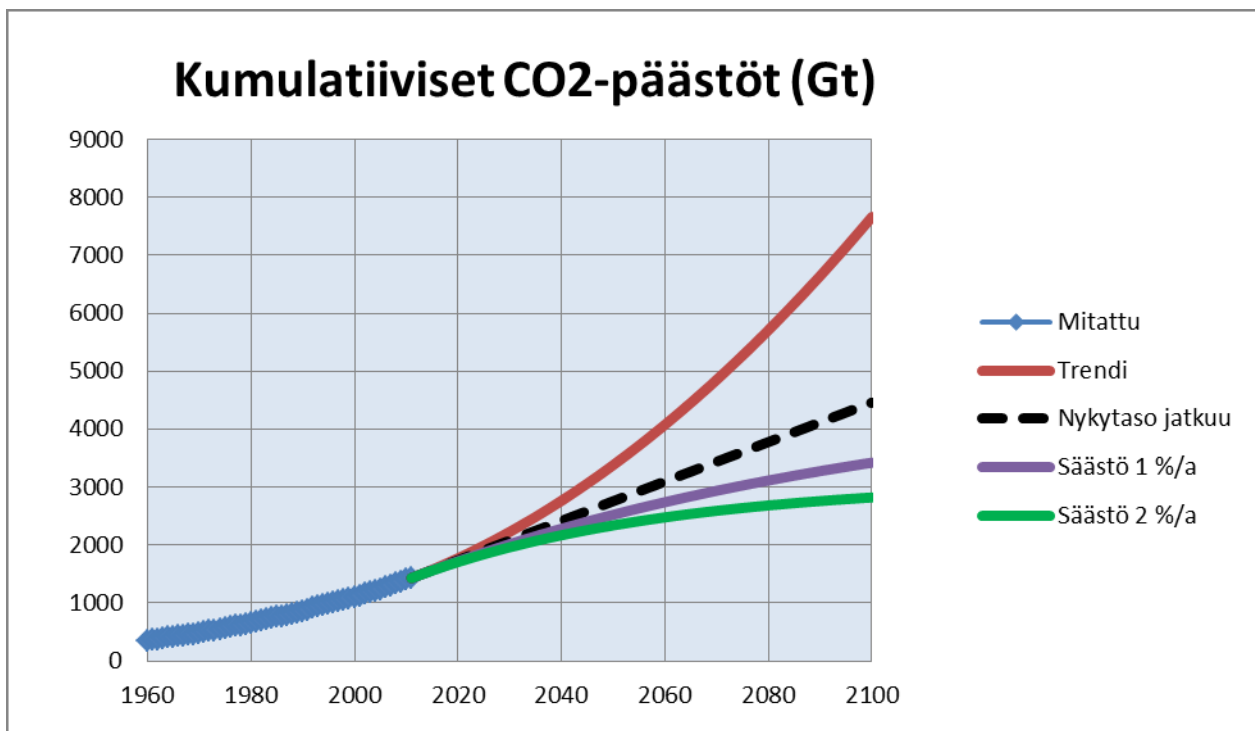
3 Tulevaisuuden CO₂-päästöt ja CO₂-pitoisuuden kasvu

Kuvan 4 päästöjen kasvukuvaa on jatkettu 5000 Gt:iin asti Kuvassa 5. Siitä voidaan havaita, että pitoisuuden kriittinen arvo 550 ppm saavutetaan, kun kumulatiivinen päästö on 3700 Gt.

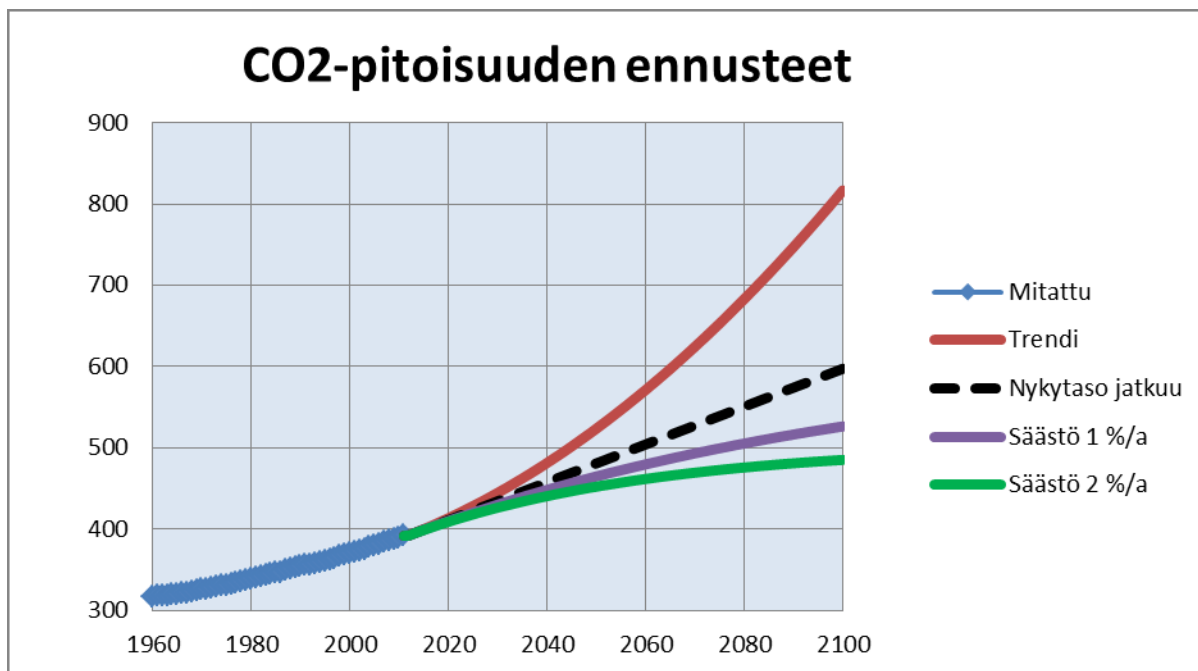
4 Päästöjen rajoittamisohjelma

On monta tapaa, miten päästöt voidaan rajoittaa alle sallitun 3700 Gt. Yksi ohjelma on pienentää päästöjä 1 % joka vuosi, jolloin kokonaispäästöiksi vuoteen 2100 mennessä tulisi 3420 Gt (Kuva 6). CO₂-pitoisuuden arvo vuonna 2100 jäisi tällöin arvoon 526 ppm (Kuva 7).

On kuitenkin käytännössä mahdoton aloittaa päästöjen vähentäminen nopeasti, koska voimalaitosten rakennusajat ovat pitkiä. Tämän takia päästöjen kasvu jatkuu ainakin jonkun aikaa. Jos kasvu jatkuu samanlaisena vuoteen 2100 asti, niin päästöt nousevat arvoon 7500 Gt ja CO₂-pitoisuus nousee arvoon 800 ppm. Tämä merkitsee, että ilmakehän lämpötila nousisi 3.2 °C kaavan (1) mukaan laskettuna. Tarvitaan parempi ohjelma.



Kuva 6. Kumulatiiviset CO₂-päästöt.



Kuva 7. CO₂-pitoisuuden ennusteet.

5 Mahdollinen päästöjen rajoitusohjelma

Päästöjen rajoitusohjelma on esitetty Taulussa 5.1. Sen mukaan CO₂-päästöt pyritään pitämään nykytasolla, 36 Gt vuodessa, vuoteen 2040 asti. Vuonna 2040 jokaisen maan päästö tulisi olla 4.2 t/asukas.

Taulu 5.1 Päästöjen rajoitusohjelma

Vuosi	Maailma				Kumulat. päästö Mt
	Väkiluku milj.	Päästö Mt	Säästö %	Päästö t/asukas	
2010	7,0	36,0	0 %	5,1	1364
2020	7,5	36,0	0 %	4,8	1724
2030	8,0	36,0	0 %	4,5	2084
2040	8,5	36,0	0 %	4,2	2444
2050	9,0	29,4	-18 %	3,3	2771
2060	9,2	24,0	-33 %	2,6	3038
2070	9,4	19,6	-45 %	2,1	3257
2080	9,6	16,0	-55 %	1,7	3435
2090	9,8	13,1	-64 %	1,3	3581
2100	10,0	10,7	-70 %	1,1	3700

Vuoden 2040 jälkeen kaikkien maiden tulee vähentää päästöjään 2 % vuodessa, jolloin vuonna 2100 maailman päästöt olisivat 10 Gt. Kumulatiiviset CO₂-päästöt jäisivät tällöin alle sallitun, 3700 Gt.

tavoite kehittyneille maille tulee olemaan paljon haastavampi. Esimerkiksi Suomen tulee aloittaa päästöjen vähentämishjelma heti vähentämällä päästöjä joka vuosi 2.6 %, jotta to vuoden 2040 tavoite 4,2 t/asukas voidaan saavuttaa (Taulu 5.2).

Taulu 5.2 Suomen CO₂-päästöjen vähentämishjelma

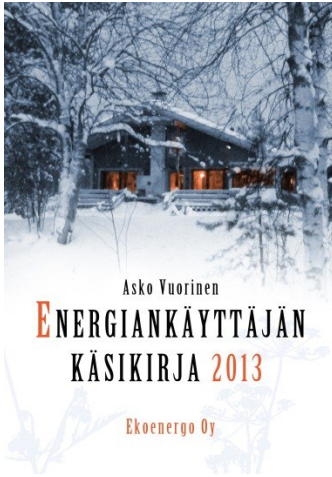
Vuosi	Suomi			
	Väkiluku milj.	Päästö Mt	Säästö %	Päästö t/asukas
2010	5,4	56,0	0 %	10,4
2020	5,6	43,0	-23 %	7,7
2030	5,8	33,1	-41 %	5,7
2040	6,0	25,4	-55 %	4,2
2050	6,2	20,8	-63 %	3,3
2060	6,4	17,0	-70 %	2,7
2070	6,6	13,9	-75 %	2,1
2080	6,8	11,3	-80 %	1,7
2090	7,0	9,3	-83 %	1,3
2100	7,2	7,6	-87 %	1,0

Kehittyneissä maissa tiukempi ohjelma on mahdollista toteuttaa, koska esimerkiksi Suomella on tarpeeksi osaamista ja resursseja rakentaa CO₂-vapaita energiamuotoja kuten biovoimaa, ydinvoimaa ja tuulivoimaa.

Viitteet

Artikkeli perustuu kirjaan *Energiankäyttäjän käsikirja 2103*, jonka tiedot on kerrottu seuraavassa:

Energiankäyttäjän käsikirja 2013



Vuonna 2009 julkaistusta Energiankäyttäjän käsikirjasta on tehty uusi painos e-kirjana. Kirja on tarkoitettu nyt myös oppikirjaksi korkeakouluihin ja oppilaitoksiin. Siihen on lisätty luku maailman CO₂-päästöistä ja ilmaston lämpenemisestä.

Lainaan Nobelin rauhanpalkinnon saajan Al Goren ajatuksia /8/: ”Mitä sinä aiot kertoa lastenlapsillesi ilmastonmuutoksesta? Kerrotko, että tiesit, mutta et välittänyt koko asiasta? Kerrotko ehkä, että et ymmärtänyt, mistä on kysymys?”.

Kirjassa kerrotaan myös, miten tavallinen kansalainen voi vaikuttaa omaan energialaskuunsa ja päästöihinsä. Kirjassa esitetyn esimerkin mukaan jokainen voi pudottaa omia päästöjään 30 % nopeasti ja jopa 50 % vähennys on mahdollinen.

Siinä opastetaan myös rakentajia omakotitalojen lämmitystavan valinnassa ja energiasäästöjen tekemisessä. Kirjaan liittyy myös Ekoenergo oy:n ylläpitämä nettisivusto www.energianet.fi, jossa asunnon sähkönkulutuksesta voi laatia energiatodistuksen ja suorittaa sähkön kilpailutuksen.

Ekoenergo Oy:n nettisivuilta www.ekoenergo.fi on ladattavissa excel-tiedostoja, joita voi käyttää omien energialaskelmien pohjana ja esimerkkilaskelmina opetustoiminnassa. Tiedostojen avulla voi laatia myös omakotitaloon lämmönkulutuslaskelman ja tehdä erilaisia energiasäästölaskelmia.

Kirja on kooltaan B5 (250 x 176 mm) 259 sivua. Siinä on värikuvitus. Kirja on julkaistu sähkökirjana helmikuussa 2013. Ekoenergo Oy.

www.ekoenergo.fi

ISBN 978-952-67057-5-0 (PDF)

Asko Vuorinen



Asko Vuorinen on suorittanut Teknillisessä korkeakoulun Sähköosastolla diplomi-insinöörin tutkinnon vuonna 1971 ja Koneinsinööriosastolla tekniikan lisensiaatin tutkinnon vuonna 1994.

Hän on toiminut suunnitteluinsinöörinä Imatran Voima Oy:n Atomivoimaprojektissa 1971-79 ja pääsuunnittelijana Voimalaitososastolla 1980-92. Hän toimi Wärtsilä Oy:n tytäryhtiön Modigen Oy:n toimitusjohtajana ja Wärtsilän energiasuunnittelun johtajana 1992-2010. Hän on konsultoinut järkevästä energiankäytöstä ja julkaissut kirjoja vuonna 1979 perustamansa yhtiön, Ekoenergo Oy, toimeksiannosta.

Asko Vuorinen on toiminut myös luennoitsijana sähköjärjestelmien suunnittelussa Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston tekniikan tohtorikurssilla vuonna 2012. Hän on Suomen Tietokirjailijat ry:n jäsen.

Ekoenergo Oy

Ekoenergo Oy on vuonna 1979 perustettu perheyrittys, joka valmisti energiansäästölaitteita ja teki talojen energiakatselmuksia. Se päätuote oli Ekoair-säätäjä, jolla ohjataan taloyhtiöiden huippuimureita portaattomasti.

Vuosina 1982–2005 yhtiö toimi isännöitsijätoimistona, jonka teki taloyhtiöiden isännöintitehtäviä. Tuona aikana se toimi myös rakennuttajana. Yhtiö rakennutti Espooseen Suomen ensimmäisen yksityisen jalkapallohallin vuonna 1996 ja toimi jalkapallohallin isännöitsijätoimistona 1996–2005.

Vuodesta 2007 alkaen yhtiö on julkaissut kirjoja ja nettisivustoja, jotka liittyvät energiajärjestelmien suunnitteluun ja käyttöön. Yhtiö on julkaissut neljä energiakirjaa ja kaksi sukukirjaa.

Energiakirjat ovat ”*Planning of Optimal Power Systems*”, ”*Planning of Nuclear Power Systems to Save the Planet*”, ”*Energiankäyttäjän käsikirja*” ja ”*Energiankäyttäjän käsikirja 2013*”. Kirjoja on käytetty myös oppikirjoina korkeakouluissa ja oppilaitoksissa.

www.ekoenergo.fi