

Kasvihuoneilmiön
hillitsemiseksi etsitään
kuumeisesti keinoja

Mikä maapalloa lämmittää?



Maapallon ilmasto lämpenee, ilmakehän hiilidioksidipitoisuus nousee ja pyörremyrskyt sekä muut luonnonkatastrofit yleistyvät. Tiedemiehet käyvät kiivasta keskustelua siitä, mikä tämän kaiken aiheuttaa ja ennen kaikkea siitä, miten näitä ongelmia voitaisiin ratkaista.

HANNU TANSKANEN
NOAA, NASA ja ESA, kuvat
KIMMO VIRTANEN, piirros

Ennätyksellisen voimakkaat pyörremyrskyt Yhdysvalloissa ovat lyöneet vettä kiukaalle jo muutenkin vuosikautia kiiuvaana lainehtineeseen keskusteluun ilmastomuutoksesta.

Tunnettu tieteiskirjailija, antropologi ja lääkäri **Michael Crichton** väittää uutuskirjassaan *State of Fear* kolmen vuoden tutkimustensa jälkeen, että kysymyksessä on "ekoterroristien masinoima maailman suurin huijaus". Britannian hallituksen tieteellinen neuvonantaja puolestaan kutsuu kahjoiksi kaikkia, jotka eivät usko antropogeeniseen eli ihmisen aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen ja siitä aiheutuviin luonnonkatastrofeihin.

Mitä oikein pitäisi uskoa? Eikö tieteen pitäisi pystyä antamaan tällaiseen ongelmaan selvä ja yksikäsitteinen kyllä- tai ei-vastaus? Mitä ih-

mettä on tapahtumassa maailmassamme?

Vaikka tieteellisiä kysymyksiä ei äänestämällä ratkaistakaan, on IPCC:n eli YK:n alaisen hallitusten välisen ilmastoparlamentin raportissa päästy useimpien tiedemiesten mielestä ilmaston lämpenemisen suhteen tieteelliseen yhteisymmärrykseen.

Raportti toteaa, että mittauksen mukaan keskilämpötila on maailmanlaajuisesti noussut 0,6 astetta vuodesta 1900 lähtien. Nousu on suurempi kuin edeltävän tuhat vuoden aikana. Samanaikaisesti on ilmakehän hiilidioksidipitoisuus noussut esiteollisen ajan 280 miljoonasosasta vuoden 2000 368 miljoonasosaan.

Tuhansien alan tutkijoiden voimin tehty raportti pohjautuu paljolti Etelämantereen *Vostok*-aseman jääkaurusten tuloksiin. Tulosten mukaan lämpenemisestä on päävastuussa ihmisen teollisen toiminnan ilmakehään syytämä hiilidioksidi.

Juuri hiilidioksidin ja siis ihmisen toiminnan roolista nousee väkevin

debatti tiedemiespiireissä. Ilmastomuutoksen antropogeenisen alkuperän tunnetuin arvovaltainen kiistäjä lienee yhdysvaltalaisen Virginian yliopiston emeritusprofessori ja 1964-66 Yhdysvaltain sääsatelliittiohjelman johtaja **S. Fred Singer**. *Wall Street Journal* -lehdelle syyskuussa 2001 lähettämässään kirjoituksessa Singer leimaa naurettavaksi koko ajatuksen hiilidioksidin roolista lämpenemisessä. Hänen mukaansa luonnollinen vesihöyry on ylivoimaisesti tärkein tekijä lämpenemisessä, ja hiilidioksidin ja muiden antropogeenisen toiminnan kaasujen aiheuttavan kasvihuoneilmästä vain vaivaiset 0,28 prosenttia.

Sydämentykytystä "kasvihuoneuskoville" aiheutti myös jäätikkötutkija **Richard B. Alley**, joka *Scientific American* -tiedelehden artikkelissaan marraskuussa 2004 todisteli, että jopa kymmenen asteen luon-

nollisia keskilämpötilan muutoksia tapahtuu alle kymmenessäkin vuodessa. Allen tosin myönsi hiilidioksidin saattavan aiheuttaa "liipaisinvaiikutuksen" ilmakehän herkässä tasapainossa.

Englantilaisessa *New Scientist* -lehdessä Nottinghamin yliopiston tutkija **Jack Rieley** puolestaan spekuloi Borneossa 1998 alkaneiden valtavien turvesuopalojen roolista ilmakehän viimeaikaisessa kiihtyvässä hiilidioksidipitoisuuden nousussa.

Valkoinen talo kutsui syyskuussa 2001 joukon huipputiedemiehiä muun muassa Lawrence Livermoren ydinlaboratorioista ja Calgaryn yliopistosta pyöreään pöydän keskusteluihin keinoista, joilla mahdollisesti uhkaava kasvihuonekaasujen lisääntyminen ja siitä aiheutuva ilmakehän lämpeneminen voitaisiin välttää.

Kokouksen koollekutsuja, Lawrence Livermoren laboratorioden eläkkeelle jäänyt professori **Michael MacCracken** totesi kokouksen avaussanoissaan, että "jos teknologiamme on johtanut meidät tilanteeseen, jossa me kiistatta jo muutamme ilmastoamme, miksi emme käyttäisi teknologiaa myös saattamaan sen uudelleen tasapainoon."

Asialistan termi oli Geo-Engineering, jolla tarkoitetaan maailman muokkaamista insinööritieteen keinoin. Muun muassa seuraavia teknologioita ehdotettiin:

RAKEITA Floridassa, onko tämä ilmastomuutosta? Ei, mutta monet ilmastoasiantuntijat väittävät epätavallisen voimakkaiden sääilmiöiden lisääntyneen.

Säilötään hiilidioksidi maahan

Ensikuulemalta ajatus voi tuntua oudolta, mutta hiilidioksidi voidaan todellakin säilöä tiettyihin huokosiin mineraaleihin vuosisadoiksi, kenties tuhansiksikin.

Kanadalaisen Weyburnin kaupungin ulkopuolella, Saskatchewanin kaakkoiskulmassa olevalla öljykentällä puolentoista kilometrin syvyyteen ulottuva putkilinja pump-paa nesteytettyä hiilidioksidia huokosiin kivikerroksiin. Operaation tarkoitus on kaksinainen: irrottaa öljy kerroksesta ja säilöä hiilidioksidi maan alle. 5 000 tonnia hiilidioksidia johdetaan kerrokseen joka päivä, kokonaismäärä on jo yli kuusi miljoonaa tonnia vuonna 2000 aloitetussa projektissa.

Kysymyksessä on maailman suurin kokeilu hiilidioksidin säilömiseksi maaperään, sen toteuttajina ovat EnCana, kanadalainen öljy- ja kaasualan yritys, ja Kanadan petrokemian tutkimuslaitos. Rahoittajina on tusina yrityksiä 13 miljoonan dollarin alkupääomalla, rahoittajiin kuuluu muun muassa Yhdysvaltain energia-ministeriö.



Kasvihuoneilmiö – kaiken pahan alku?

■ KASVIHUONEILMIÖ-NIMELLÄ tunnetun efektin löysi ensimmäisenä ranskalainen fyysikko ja matemaatikko **Joseph Fourier** vuonna 1824. Hiilidioksidikaasusta ilmiön vahvistajana spekuloi esseessään kuuluisa ruotsalainen kemisti **Svante Arrhenius** vuonna 1896.

Maapallo saa koko ajan Auringosta mahtavan, ilmakehän yläpuolella keskimäärin 1 367 watin energian neliometriä kohden. Koko maapallon saama energiamäärä $1,28 \times 10$ potenssiin 14 wattia ylittää huomasti kaiken ihmisen aikaansaaman tai käyttämän energian määrän. Jos kaikki tämä energia heijastuisi tai säteilisi lämpönä takaisin avaruuteen, maapallon keskilämpötila olisi 18 astetta pakkasen puolella ja elämä täällä mahdotonta.

Sellaisenaan kasvihuoneilmiö on siis erinomaisen hyödyllinen. Toisaalta, jos kaikki tämä säteily pidäytyisi, Maan keskilämpötila olisi 72 celsiusastetta, jolloin vain tietyt termofiilit bakteerit edes teoriassa saattaisivat kansoittaa Maan. Onneksemme säteilyn heijastuminen, ilmakehästä karkaava lämpösäteily ja konvektiovirtaukset tekevät meille sopivan, noin 15 asteen keskilämpötilan.

Ilmakehä ja erityisesti vesihöyry kuitenkin pidättävät tästä säteilystä huomattavan osan, joskin pilvet myös heijastavat osan Auringon säteilystä takaisin avaruuteen, keskimäärin parisenkymmentä prosenttia.

Auringosta tulevan sähkömagneettisen säteilyn valtaosan aallonpituus on 500 nanometrin tuntumassa, ja se läpäisee hyvin ilmakehän. Huomattavasti pidempiaaltoinen, noin 10 mikronin maanpinnasta takaisin säteilevä infrapuna eli lämpösäteily puolestaan pidättyy pääosin vesihöyryn ja hiilidioksidin ansiosta.

Hiilidioksidi on vesihöyryn jälkeen tärkein lämpösäteilyä pidättävä ja siten kasvihuoneilmiötä vahvistava kaasu. Hiilidioksidi on luonnossa jatkuvassa kierrossa kasveissa, merissä ja maaperässä.

Esiteollisen ajan noin 280 miljoonasosasta sen pitoisuus on noussut vuoden 2000 368 miljoonasosaan ja sen ennustetaan nousevan vuoteen 2100 mennessä 540–970 miljoonasosaan. Vastaava lämpötilan nousu tulisi IPCC:n raportin mukaan olemaan vuosina 1990–2100 1,4–5,8 astetta.

Kasvihuonekaasuiksi luetaan Kioton sopimuksessa vesihöyryn ja hiilidioksidin lisäksi metaani, dityppioksidi ja otsoni, sekä synteettisesti valmistetut, pääasiassa kylmänesteinä käytetyt kloorifluorihilivedyt eli freonit. Nämä, samoin kuin halogeenit (kloori ja fluori) ja muun muassa merkkiaineena rakennusten ilmanvirtausten seurannassa käytetty rikkiheksafluoridi pidättävät lämpösäteilyä erityisen voimakkaasti 8–15 mikronin aallonpituusalueella, joka ennen teollista aikaa oli säteilyn ”ikkuna” ilmakehässä.

Ne myös hajottavat UV-säteilyltä suojaavaa otsonikerrosta, eikä niille ole olemassa mitään luonnollista ”nielua” kuten vaikkapa hiilidioksidille, joten ne voivat säilyä ilmakehässä jopa 50 000 vuotta.

Kasvihuoneilmiön ääriesimerkkiä aurinkokunnassamme edustaa Venus, jossa ei ole vesihöyryä tasapainottamassa suurta hiilidioksidipitoisuutta. Sen takia ja Auringon läheisyyden vuoksi Venuksen lämpötila on lähellä 500 celsiusastetta. Marsin hyvin ohut ja vesihöyrytön kaasukehä puolestaan aiheuttaa sen, että lämpötila vain Marsin päiväntasaajalla saattaa hetimitään nousta nollan yläpuolelle.

MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) tutkija **Howard Hertzogin** mukaan pääasiallinen ongelma projekteissa on riittävä hiilidioksidin saanti. Tämä saattaa kuulostaa oudolta, onhan hiilidioksidi juuri pääongelma ilmakehässä, mutta sen erottaminen siitä on hankalaa ja kallista, eikä laki vielä velvoita esimerkiksi voimaloita erottamaan hiilidioksidia päästökaasuis-taan.

Weyburnin projektin tarkoitus on erottaa 25 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuoteen 2033 mennessä. Tämä vastaa vähennystä, jossa 6,8 miljoonaa autoa otettaisiin pois liikenteestä vuodeksi. Matkaa tavoitteeseen on vielä paljon, kun muistetaan, että pelkästään uusia autoja valmistetaan Yhdysvalloissa, Euroopassa ja Kaukoitässä kussakin kymmenisen miljoonaa vuodessa.

Ihmisen teollinen toiminta tuottaa ilmakehään noin 28 gigatonnaa hiilidioksidia vuosittain. Tutkimusten mukaan superkriittiseen tilaan puristettu hiilidioksidi, joka käyttäytyy pikemminkin paksun, sitkaan nesteen tavoin kuin kaasun, saattaisi säilyä tällaisissa kerroksissa vuositu-hansia, kenties ikuisesti. Potentiaali-



Mitä Kioton ilmastopöytäkirjassa luvataan

■ KIOTON sopimus kasvihuoneilmiötä aiheuttavien kaasujen vähentämisestä neuvoteltiin Japanin entisessä keisarillisessa pääkaupungissa Kiotossa joulukuussa 1997.

Sopimukseen liittyneet ja sen ratifioineet 157 maata lupautuvat asteittain vähentämään hiilidioksidin ja viiden muun kasvihuonekaasun päästöjään tai suostumaan päästökauppaan siinä tapauksessa, etteivät pysy tavoitteessaan.

Kioton sopimus tuli voimaan 16. 2. 2005. Keskeisimpiä maita, jotka eivät sopimusta ratifioineet tai saattaneet voimaan, olivat Yhdysvallat ja Australia.

Nature-tiedelehden lokakuussa 2003 esittämän arvion mukaan Kioton sopimuksen täysimittainen soveltaminen vähentäisi IPCC:n (YK:n alainen ilmastomuutosta tutkiva paneeli) arvioimaa keskilämpötilan nousua vuoteen 2050 mennessä vain 0,02–0,28 asteella, mikä on herättänyt sopimuksen vastustajien piirissä vahvoja epäilyjä sen mielekkyydestä.

Puolijat kuitenkin sanovat, että Kioto on ”hyvä alku” ja rohkaiseva esimerkki maailmanlaajuisesta yhteistyöstä ongelman ratkaisemiseksi. Muun muassa Yhdysvallat, joka on katsonut sopimuksen soveltamisen tulevan liian kalliiksi, on ehdottanut sen sijaan päästöjä vähentävän tekniikan kehittämistä.

Montrealin ilmastokokouksessa kerrottiin viime joulukuussa, että viime vuoden aikana USA:n päästöt ilman Kiotoakin ovat vähentyneet 0,8 prosenttia, mikä on enemmän kuin Euroopan vastaava luku.

Euroopan unioni, joka tuottaa noin 21 prosenttia maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä, on toisaalta ollut Kioton sopimuksen mallioppilas. EU on lupautunut vähentämään päästöjään keskimäärin kahdeksan prosenttia vuoden 1990 tasosta.

Päästöjä myynnissä

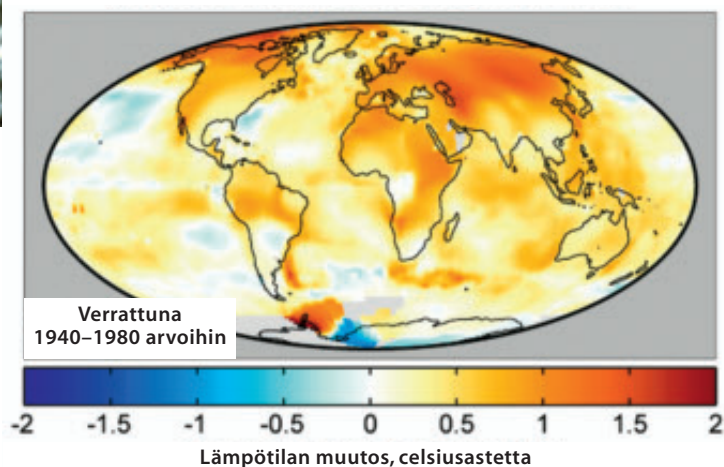
Päästökaupassa on kysymys siitä, että maat, joiden nykyinen tai tuleva toiminta tuottaa sovittuja päästömääriä enemmän, voivat ostaa lisäpäästöoikeuksia toisilta mailta avoimesta ”päästöörssistä”.

Muun muassa Suomelle päästökauppa tulee kalliiksi. Venäjä taas pääsee tavoitteeseensa helposti ja voi myydä päästöoikeuksia vaikkapa Kanadalle miljoonilla dollareilla. Sopimuksen maat voivat myös saada hyvitystä ”puhtaan energian” projekteistaan ja ”hiilinieluista” esimerkiksi runsaiden metsien takia.

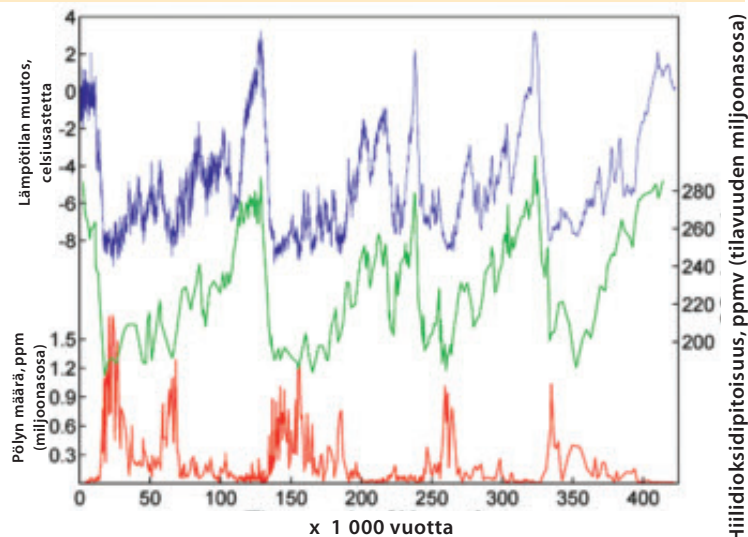
Kioton sopimuksen vastustajat katsovat päästökaupan haittaavan kehittyneiden teollisuusmaiden kasvua ja olevan voimakas tulonsiirto kolmannen maailman maille ja siten jonkinlaista ”globaalia sosialismia”.

Vaikka Venäjä tällä erää hyötyy sopimuksesta, oli maan tiedeakatemia voimakkaasti poliitikkojen tekemää sopimusta vastaan, akatemian mielestä sopimus on ”puhtaasti poliittinen ja vailla tieteellistä oikeutusta”. Presidentti **Vladimir Putinin** talouspoliittinen avustaja **Andrei Illarionov** kutsui sopimusta jopa ”fasismiksi”.

Keskilämpötilat 1995–2004



KARTTA kuvaa maapallon keskilämpötilan muutosta vuosina 1995–2004 verrattuna vuosiin 1940–1980. Pohjoisilla leveysasteilla lämpeneminen on voimakkainta, joskin Etelämantereen reunalla on ”kylmäpiste”.



ILMAKEHÄN hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilan muutuskäyrät kuluneen 400 000 vuoden ajalta käyvät hyvin yksin Etelämantereen Vostok-aseman jäätikkökairausten tulosten mukaan. Kertovatko pölyn määrän piikit poikkeuksellisesta vulkaanisesta toiminnasta vaiko asteroidien iskuista Maahan?

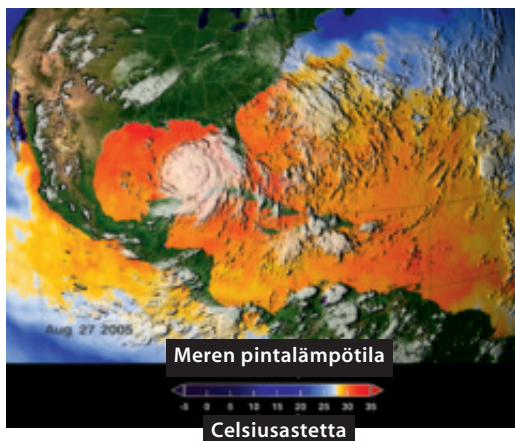
sena vaaratekijänä on sen mahdollinen tihkuminen rakennusten kellarisiin myöhemmässä vaiheessa. Hiilidioksidi ei ole varsinaisesti myrkyllinen kaasu, mutta syrjäyttäessään salakavalasti ilman se on ”hiljainen tappaja”.

Suodatetaan hiilidioksidi ilmasta

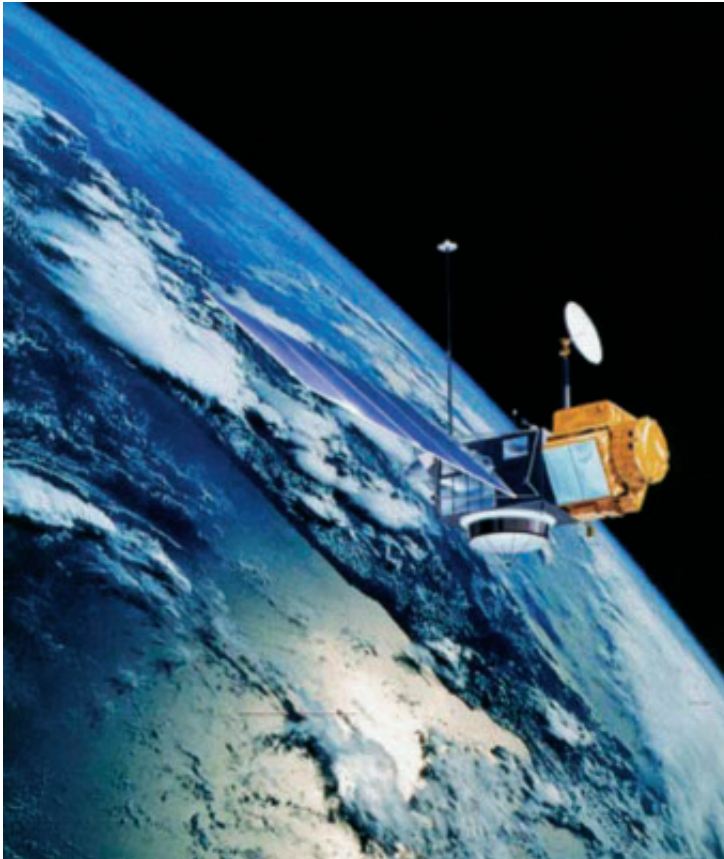
Kolumbian yliopiston tutkija **Klaus Lackner** ehdottaa hiilidioksidimolekyylien poistamista ilmasta jättimäisillä ”kärpäspapereilla”, toisin sanoen suodattimilla, jotka sitovat ke-

miallisesti hiilidioksidin. Huokoisen suodinpinnan läpi pumpattaisiin natrium- tai kalsiumhydroksidia, jotka sitovat hiilidioksidin kemialliseksi yhdisteeksi, karbonaatiksi. Karbonaatti puolestaan regeneroitaisiin uudelleen käyttöön.

Lacknerin laskelmien mukaan suodatin, joka pystyisi sitomaan ilmasta keskivertoamerikkalaisen vuodessa tuottamat 25 tonnia hiilidioksidia, olisi tuskin plasmatelevisiota suurempi. Stadionin tornin korkuinen ja moottoritien levyinen teollisuussuodatin puolestaan imisi



SATELLIITIN lämpökameran kuva **Katrina**-hurrikaanista elokuulta 2005 kertoo meren pintalämpötilan alueella, jossa näitä trooppisia sykloneita kehittyi. Alin lämpötila hurrikaanin synnylle on 26,5 celsiusasta.



TOPEX-POSEIDON-SATELLIITTI mittaa merien pinnan korkeutta.

vuodessa hiilidioksidia peräti 90 000 tonnia.

Suunnitelman kritisoijat sanovat, että hiilidioksidin erottaminen karbonaatista, liuoksen regenerointi uudelleenkäyttöä varten, tulisi aivan liian kalliiksi ja vaatisi lisää fossiilisten polttoaineiden käyttämistä. Noin pienten pitoisuuksien pidättäminen ilmasta kemikaaliin ei myöskään olisi käytännöllistä.

Kaiken ihmisen ilmakehään tuotaman hiilidioksidin pois imemiseen

tarvittaisiin vähintäänkin Arizonan osavaltion kokoinen filterri. Ja jonkinhan se kierrätysliuoksesta irronnut hiilidioksidi tässäkin tapauksessa olisi dumpattava, kenties juuri edellä kerrotun Weyburnin projektin maakeroksiin.

Lannoitetaan valtameren levät

Viidentenä tammikuuta 2002 Revelle-niminen tutkimusalus Uuden Seelannin Schribbsin merentutkimus-

musinstituutista tyhjensi lähes kaksi tonnia rautajauhetta arktiseen Etelämereen todentaakseen merentutkija **John Martinin** teoriaa planktonin "ruokkimisesta".

Martin oli todennut, että planktonin kasvua merissä rajoitti suuresti raudan puute, meret olivat "aneemisia". Vuosikymmen aiemmin Martin oli luennollaan julistanut: "Antakaa minulle puoli tankkilaivallista rautaa ja teen teille uuden jääkauden!"

Martinin teoria perustui siihen, että jos "aneemiset" merialueet saisivat tätä tärkeää ravinnetta riittävästi, ne poistaisivat hiilidioksidia ilma-

kehästä niin tehokkaasti, että kasvihuoneilmiö kääntyisi päinvastaiseksi, lämpöä pidättyisi liian vähän ja maapallo jäähtyisi voimakkaasti. Siinä läänhän paljon parjattu kasvihuoneilmiö on koko elämän edellytys maapallolla, ilman tätä vaikutusta keskilämpötila jäisi nollan alapuolelle.

Muut tiedemiehet ovat vielä varovaisia ja sanovat, että tiedämme liian vähän merien ekologiasta voidaksemme sanoa mitään suunnitelman toimivuudesta. Sellaisenaan se olisi ylivoimaisesti halvin tapa sitoa hiilidioksidia ilmasta.



MYÖS Mars-planeetan on havaittu lämpenevän, ja sen Etelänavan jäätikkö sulaa ennätysvauhtia. Tutkijoiden mukaan Aurinko on aktiivisimmillaan tuhanteen vuoteen. Voisiko Auringolla olla oletettua suurempi osuus ilmaston lämpenemisessä?

Suomen talvet muuttuvat leudoiksi

■ ILMATIETEEN laitoksen pääjohtajan, professori **Petteri Taalaksen** mukaan Suomesta sen paremmin kuin muualtakaan ei löydy ilmakehän asiantuntijaa, joka kiistäisi IPCC:n eli YK:n alaisen hallitusten välisen ilmastoparlamentin raportin.

IPCC tuotetaan Taalaksen mukaan tuhansien tutkijoiden voimin ja siihen kootaan kaikki tieteellisissä sarjoissa julkaistu materiaali. Raportin oikeellisuus arvioidaan edelleen koko tiedeyhteisön voimin.

Tutkimusprofessori **Heikki Järvinen** Ilmatieteen laitokselta listaa tunnetut faktat seuraavasti:

1. Maapallolla on käynnissä ihmisen aiheuttama ilmastomuutos. Maapallon keskilämpötila kohosi 1900-luvun aikana 0,6 celsiusastetta. Keskimääräistä nopeammin maapallolla lämpiävät pohjoiset manneralueet. Ihmisen toiminnan vaikutukset maapallon ilmastoon näkyvät erityisen selvästi 1970-luvulta alkaen.
2. Suomessa kevät ovat lämmenneet kaksi astetta viimeisten 150 vuoden aikana. Talvet ovat leudontuneet viimeisen 30 vuoden aikana.
3. Ilmastomuutos tulee voimistumaan. Muutoksen suuruus riippuu siitä, miten paljon kasvihuonekaasuja on kaikkiaan kertynyt ja tulee kertymään ilmakehään. Maapallon keskilämpötilan lasketaan edelleen kohoavan vuoteen 2050 mennessä tyypillisesti 1–2 astetta ja vuoteen 2100 mennessä 2–5 astetta.
4. Suomessa lämpenemisen lasketaan olevan näitä arvioita noin 1,5 kertaa suurempaa, siis 1,5–3 astetta vuoteen 2050 ja 3–7,5 astetta vuoteen 2100 mennessä. Vertailukohtana voitaisiin ajatella, että Etelä-Suomessa tulee ajan oloon vallitsemaan Pohjois-Saksan tyyppinen ilmasto.
5. Suomen ilmaston suuri vaihtelevuus säilyy, mutta kylmät talvet harvinaistuvat ja leudot yleistyvät. Talvien sademäärä kasvaa ja rankkasateet voimistuvat. Talvisateista aiempaa suurempi osa lankeaa maahan vetenä. Mallitulokset eivät osoita mitään selvää myrskyisyyden lisääntymistä, mutta nykyisen tyyppiset matalapaineiden kulkureitit, myrskyradat, saattavat muuttua.
6. Nopea ilmastomuutos on koko maapalloa koskeva uhka. Joillakin alueilla helteet ja kuivuuskaudet yleistyvät. Meriveden pinta kohoaa, minkä seurauksena muun muassa ruoantuotanto vaikeutuu. Suomessa on ilmastomuutokseen ryhdytty varautumaan muun muassa kokoamalla sopeutumisen toimenpidesuosituksia. Sopeutuminen on välttämätöntä, koska näköpiirissä olevat päästörajoitukset eivät riitä pysäyttämään ilmastomuutosta.
7. Ilmastomuutoksen kaikkia riskejä ei tunneta. Katastrofaaliset kehityskulut, kuten Pohjois-Atlantin merivirtojen muutokset, luonnon metaanivarastojen purkautuminen ilmakehään ja Etelämantereen jäätikön äkilliset muutokset, eivät ole kokonaan poissuljettuja.

"Ihmisen rooli ilmaston lämpenemisessä vähäinen"

■ YMPÄRISTÖNSUOJELUTEKNIIKAN dosentti, tekniikan tohtori **Jarl Ahlbeck** Åbo Akademista siteeraa Vaclav Havelia: "Luota ihmisiin, jotka etsivät totuutta. Vältä niitä, jotka ovat sen löytäneet."

Ahlbeckin mukaan kasvihuoneilmiön osuus lämpenemisessä on hyvin pieni, tuskin edes mitattavissa toistaiseksi. Kasvihuoneilmiön "mediashow" koostuu kymmenenprosenttisesti tieteestä ja 90-prosenttisesti sensaatiohakuista aikuissaduista.

Perusteluissaan Ahlbeck listaa muun muassa seuraavia tekijöitä:

1. Kasvihuoneiteorian mukaan pelkästään hiilidioksidi ei pysty nostamaan keskilämpötilaa kovin paljon. Kasvihuoneelämpenemiseen vaaditaan vesihöyryn vahvistavaa vaikutusta, koska vesihöyry on tärkein kasvihuonekaasu. Vesihöyryllä on kuitenkin monenlaisia vaikutuksia, sekä vahvistavia (positiivinen feed back) että pilvenmuodostuksen lisäyksestä johtuvia vaimentavia (negatiivinen feed back). Teoreettisesti näitä ei hallita ollenkaan, joten tietokonesimulaatiot ovat erittäin epäluotettavia.

2. On siis katsottava enemmän mittaustuloksiin kuin mallituloksiin. Suurin osa maapallon 1900-luvun lämpenemistä tapahtui ennen vuotta 1930 eli aikana,

jolloin ilmakehän hiilidioksidipitoisuus ei juuri nousut. Kyseessä oli todennäköisesti Auringon aktiiviteetin lisäyksen vaikutus ilmastoon. Tämän jälkeen tapahtui jäähtymistä ja taas vuodesta 1989 lämpenemistä.

3. Vain toinen lämpenemiskausi (1989–2005) on voinut johtua kasvihuoneilmiöstä, koska ensimmäisen lämpenemiskauden aikana (1900–1930) ei ilmakehässä ollut riittävästi hiilidioksidia. Mikäli 1990-luvun lämpötila olisi huomattavasti korkeampi kuin 1930-luvun lämpötila eikä Auringon aktiiviteetti olisi vastaavasti korkeampi, selitykseksi kävisi lisääntynyt kasvihuoneilmiö tai sitten joku tuntematon mekanismi.

4. Ongelma on se, että arktisilla alueilla, joissa teorian mukaan kasvihuoneelämpeneminen olisi suurin, 1930-luvun keskilämpötila oli yhtä suuri tai jopa suurempi kuin 1990-luvun keskilämpötila. Tämä viittaa siihen, että hiilidioksidin vaikutus ei näy mittaustuloksissa. Ja koska ei näy, se taas viittaa siihen, että vesihöyryn negatiivinen feed back on suurempi kuin mitä oletetaan useimmissa tietokonemalleissa. Löytyy myös ilmastomalleja, joissa keskilämpötilan hiilidioksidiherkkyys on erittäin pieni. Niitä ei vain siteerata kovin usein – jostain kumman syystä.

5. Käyrät, joiden mukaan koko maapallon lämpötila oli huomattavasti suurempi 1990-luvulla kuin 1930-luvulla, eivät ole luotettavia, koska valtamerten historiallisia lämpötiloja ei tunneta riittävän tarkasti. Arktisten alueiden tilastot ovat luotettavampia, ja niiden mukaan ei siis kasvihuoneelämpenemistä ole havaittavissa, jos vertailupohjaksi otetaan 1930-luku.

6. Ovatko 1930-luvun Yhdysvaltain dust-bowlit eli pölymyrskyt USA:ssa jo nohtuneet? Helleaalot au-

tioittivat tuolloin monen vuoden aikana lännen viljelysalueta. On totta, että kaudella 1970–2005 hurrikaanien voimakkuus on lisääntynyt, mutta myös 1910–1930 esiintyi vahvoja hurrikaaneja. Maapallo on juuri palautumassa eli lämpenemässä niin sanotusta pienestä jääkaudesta, palautuminen alkoi jo 1800-luvulla. Meksikonlahden hirmumyrskyt tapahtuvat kymmenien vuosien pituisissa sykleissä. Ilmasto on siis ennenkin muuttunut rajusti luonnollisista syistä ja tulee jatkossakin tekemään niin.

7. Mediassa esiintynyt kasvihuoneilmiö-ääri-ilmiöt-kytkentä ei perustu juuri mihinkään muuhun kuin spekulatioihin, olkoonkin että nämä spekulatiot voivat olla digitaalisia. Se, että tiedemies spekuloi, ei nosta spekulatiion arvoa, jos hänellä ei ole riittävästi faktapohjaa.



"OVATKO 1930-luvun Yhdysvaltojen dust-bowlit jo nohtuneet", kysyy tekniikan tohtori Jarl Ahlbeck Åbo Akademista. Kuvassa vuoden 1935 suuri pölymyrsky Teksasissa.



RAJUJEN sääilmiöiden, kuten Yhdysvaltain Keskilämmen tornadojen, sanotaan lisääntyneen. Onko se merkki ilmastomuutoksesta?

Arvioiden mukaan puolisen kiloa rautaa kasvattaa niin paljon lisää planktonia, että se kykenee sitomaan 40 tonnia hiilidioksidia. Vaikka prosessin tehokkuus olisi vain yhden prosentin luokkaa, pystyttäisiin vajaan kymmenellä eurosentillä pidättämään puoli tonnia hiilidioksidia. Eräät ekologit varoittavat kui-

tenkin, että runsas rautalisäys saataisi johtaa arvaamattomiin seurauksiin, muiden kasvien ja eläinlajien tuhoon, jopa meren "steriloitumiseen".

Muutetaan hiilidioksidi kiveksi

Goldwaterin Materials Science La-

boratory Arizonassa tutkii luonnossa hyvin hitaana etenevän prosessin nopeuttamista. Serpentiini- ja oliviini-nimiset mineraalit ovat vuosimiljoonien kuluessa sitoneet valtavia määriä hiilidioksidia magnesiumkarbonaatiksi, kalkkikiven sukulaiseksi, jota vaikkapa Grand Canyonin seinämissä voi olla kaksisataametri-

sinä kerroksina.

Nopeutetussa prosessissa oliviini-mineraali sekoitetaan kuumennettun ja paineistetun hiilidioksidin kanssa. Katalyytiksi eli reaktion nopeuttajaksi, joka ei itse osallistu reaktioon, lisätään natriumvetykarbonaattia, joka tunnetaan paremmin nimellä leivinsooda.

Yhden hiilidioksiditonin sitomisen tällä menetelmällä maksaa vielä viitisenkymmentä euroa, joka on aivan liian paljon. Lisäksi prosessin kuumennukseen joudutaan käyttämään fossiilisia polttoaineita, mikä vie noidankehään.

Lisätään pilvien määrää heijastamaan auringonsäteilyä

Jotkut ehdotetut menetelmät eivät perustu hiilidioksidin poistamiseen, vaan Auringon säteilyn vähentämiseen ja tätä tietä lämpötilan nousun kompensointiin.

Jokaisena hetkenä erityisesti trooppisilla merialueilla noin kolmasosa taivaasta on stratocumulus-pilvien peitossa. Pilvet muodostuvat vesihöyryn tiivistyessä pienempien pisaroiksi sopivien tiivistymisytimien kuten pölyhiukkasten pinoille. Jos pilviä kylvetään sopivan kokoisilla hiukkasilla, esimerkiksi höyrystetyillä suoloilla tai hiilihappojällä, syntyy lisää valkeaa ja heijastavaa pilvimassaa. Tämähän on jo



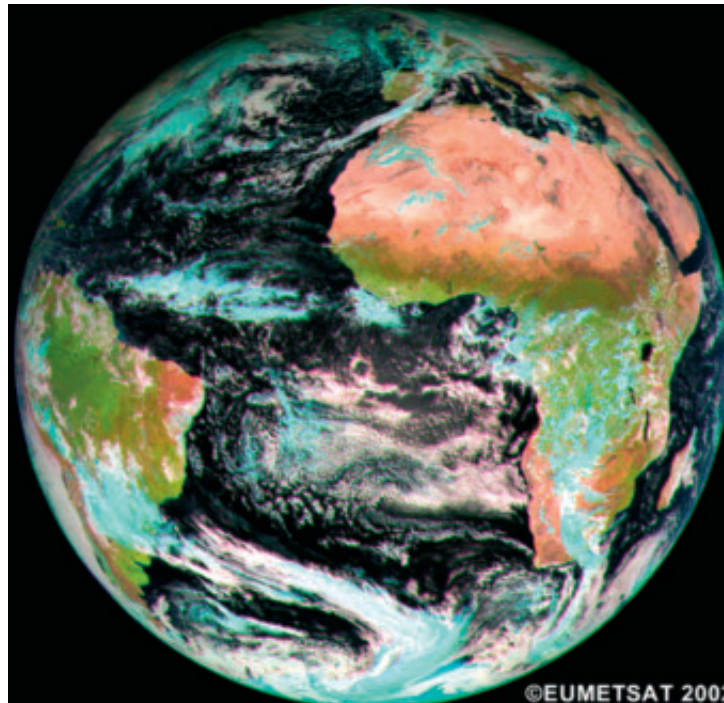
WEYBURN-projekti Kanadan Saskatchewanissa on maailman suurin kokeilu hiilidioksidin säilömiseksi maakerrostumiin.

klassinen sateentekomekanismi; kylvämällä esimerkiksi hopeajodidia saadaan pilvi "kypsymään" sadepisaroiden muodostumiseen asti vaikkapa ennen kuin se uhkaa urheilutapahtumaa.

Coloradon Boulderin kansallinen ilmakehäntutkimuslaitoksen tutkijan **John Latham**in mukaan jo kolmen prosentin albedon eli heijastavuuden lisäys merien stratocumuluksiin eli kumpukerospilviin riittäisi kompensoimaan kasvihuoneilmiön aiheuttaman lämpötilan nousun.

Latham ja hänen kollegansa **Stephen Salter** Edinburgin yliopistosta spekuloiivat kokonaisella laivastolla Flettner-roottoreilla kulkevia miehittämättömiä aluksia, jotka suihkuttaisivat ilmaan suolaliuosta roottoreidensa kärkestä. Salterin arvon mukaan "suolalaivoja" tarvittaisiin 5 000–30 000, jotta ilmaston lämpeneminen voitaisiin kompensoida. Määrä kuulostaa paljolta, mutta Salter muistuttaa, että toisen maailmansodan aikana Yhdysvallat yksin rakensi vuoden 1944 aikana lähes 100 000 lentokonetta.

Suunnitelman haittapuoliin kuuluu muun muassa se, että pilvien muodostamiseen käytetyt suolahiukkaset ovat liian pieniä muodostaakseen sadepisaroihin, ja siten menetelmää ei ehkä olisi syytä käyttää jo muutenkin kuivuuden uhka-



TROOPPISILLA merialueilla kolmasosa taivaasta on koko ajan stratocumulus-pilvien peitossa. Voidaanko lämpenemistä vähentää lisäämällä keino-tekoisesti pilvimassaa?

mien alueiden tuulen yläpuolella.

Pidätetään auringonvaloa jättimäisellä peilillä

Viimeisin esitetty suunnitelma Valloisen talon pyöreän pöydän foorumissa tuli Lawrence Liwermoren

atomilaboratorioiden tutkijalta **Lowel Woodilta**, jonka visio on huimin ja teknisesti haastavin.

Wood ehdottaa Maan ja Auringon väliin, painovoimakenttien nollapisteen paikoille rakennettavaa valtavaa, jopa 250 000 neliökilomet-

rin kokoista, äärimmäisen ohuesta alumiiniverkosta tehtyä suodatinta. Se pystyisi hänen laskelmiensa mukaan pidättämään yhden prosentin Maahan tulevasta Auringon säteilystä, mikä riittäisi kompensoimaan lämpenemisen tulevaksi vuosisaadoiksi.

Alumiinilangan paksuus verkossa olisi vain sentin miljoonasosan luokkaa ja lankojen etäisyys toisistaan tuhannesosan luokkaa. Se ei varsinaisesti heijastaisi auringonvaloa, mutta pidättäisi siitä infrapunaista eli lämpösäteilyä juuri tuon prosentin verran.

Maasta katsojan silmiin tuo valtava verkkolinssi näkyisi vain pienenä mustana täplänä auringon pinnalla. Projektin kuluista Wood ei, viisasta kyllä, mainitse mitään, mutta voimme uskoa ne astronomisiksi.

Kioto vai uusi tekniikka?

Periaate sinänsä, että tekniikka joka on ongelman luonut, myös sen ratkaisee, ei kuulosta hullummalta. Onhan näin voimaloiden rikkipäästöt ja typenoksidien päästöt saatu siedettävälle tasolle, puhumattakaan autojen pakokaasukatalyyttien siunaussellisuudesta.

Teollinen toiminta ei luo yksin lämpöä lisääviä kasvihuonekaasuja, vaan myös ilmakehää himmentävää pölyä ja aerosoleja, jotka puolestaan vähentävät Auringon säteilyä ja jäädyttävät meitä.

Scientific American -lehti kertoi äskettäin tutkimuksesta, jonka mukaan ilmakehään joutunut pöly olisi kompensoinut kolmanneksen hiilidioksidin aiheuttamasta lämpötilan noususta. Tällä ilmiöllä itse asiassa IPCC:n raportti selittää sen kiusallisen tosiasian, että vuosina 1940–70 lämpötilan nousu hidastui, vaikka niin sanottu savupiipputeollisuus kasvoi voimakkaimmin juuri tuona ajanjaksona.

Tästä löytyi selitysmalli myös niille "besserwissereille", jotka väittivät Auringon voimistuvan säteilyn aiheuttavan lämpötilan nousun. Kun 1970-luvun jälkeen muun muassa rikinpoisto kehittyneissä teollisuusmaissa pääsi vauhtiin, ilmakehä kirkastui jälleen ja auringonvalo pääsi taas paremmin läpi.