

# Ihmisyhteisöjen rakentaminen ympäristöön terveellisellä ja kestävällä tavalla

Jouko Tuomisto

Muuttuva maailma **12** Onko marginaali-ilmioilla ennustearvoa maailman yleiselle tulevaisuudelle? **15** Ilmastonmuutos **16** Maankäyttö **21** Saastuneet maat **24** Energiantuotanto **24** Liikenne **29**

- Ihminen on aina vaikuttanut ympäristöönsä, eikä ole näyttöä siitä, että luonnonkansat olisivat kunnioittaneet luontoa meitä paremmin ja olleet sen kanssa sovussa. Nykyihmisen tekniset mahdollisuudet ympäristönsä tuhoamiseen ovat kuitenkin suuremmat.
- Keskeinen globaalinen uhka on ilmastonmuutos, jolla on runsaasti vaikutuksia myös terveyteen vakavien ympäristövaikutuksien ohessa. Osa terveysvaikutuksista on suoria, kuten helteiden aiheuttama kuolleisuus, osa epäsuoria, kuten elintarviketuotannon kärsiminen kuivuuden takia ja nälän aiheuttama pakolaisuus.
- Maankäyttö ja kaupungistuminen vaikuttavat olennaisesti ympäristön tilaan, ja viisas suunnittelu on olennaista sekä ekosysteemin suojelun että mm. ilmansaasteiden aiheuttamien terveysvaikutusten takia.
- Energiantuotanto kytkeytyy vahvasti ilmastonmuutokseen mutta myös päästöjen terveysvaikutuksiin; polttamisesta aiheutuvat pienhiukkaset arvioidaan suurimmaksi kuolleisuutta ja sairauksia aiheuttavaksi ympäristötekijäksi.
- Liikenne vaikuttaa terveyteen sekä päästöjen että onnettomuuksien takia, mutta se on olennainen tekijä myös kansalaisten liikunnan kannalta ja vaikuttaa sitä tietä terveyteen.

## Muuttuva maailma

Ihminen on selviytynyt muihin eläinlajeihin verrattuna erinomaisen hyvin ja monenlaisissa ympäristöissä. Samalla ihminen on vaikuttanut ympäristöön paljon merkittävämmän kuin useimmat muut lajit sekä nopeasti kasvavan lukumääränsä

että tekniikan monien mahdollisuuksien ja niiden tuoman ympäristön kuormituksen takia.

Elämän synty sinänsä on vaikuttanut maapallon ympäristöön aivan ratkaisevasti. Muun muassa yhteyttämiseen kykenevien kasvien tulo maapallolle loi happea sisältävän ilmakehän ja satoi siihen asti hiilidioksidipitoisesta kaasukehästä pois suuren määrän hiiltä. Nämä muutokset ovat

vuorostaan olleet edellytyksenä sille, että happea käyttävät eläimet ovat voineet syntyä.

Monista vaikutuksista ympäristöön ei voi suoraan sanoa, ovatko ne hyväksi vai pahaksi, koska eliöt ovat aikojen kuluessa mukautuneet hyvin erilaisiin olosuhteisiin sitä mukaa kun ympäristö on muuttanut. Se, mikä on poikkeuksellista nykyajassa, on muutoksien nopeus. Tosin nopeitakin muutoksia on ollut lukuisia maapallon historian aikana. Niitä on aiheutunut sekä meteoriittien törmäyksistä maapalloon että esimerkiksi suurista tulivuorenpurkauksista, jotka kumpikin ovat aiheuttaneet auringon pimenemisiä pitkäksi ajaksi savu- ja pölypilvien takia. Näistä on aiheutunut eliökunnalle suuria katastrofeja, esimerkiksi noin 65 miljoonaa vuotta sitten, kun meteoriitin arvioidaan pudonneen Jukatanin niemimaalle nykyiseen Meksikoon. Todennäköisesti sen seurauksena muun muassa dinosaurukset kuolivat sukupuuttoon. Ydinsoadasta on ennustettu samantapaista ”ydintalvea”, ellei täysimittaista sotaa kyettäisi estämään. Siten sellaisen estäminen on tärkeimpiä terveyden- ja ympäristönsuojelun tavoitteita.

Ihminen on koko ajan muuttamassa ympäristöä kiihtyvään tahtiin. Nopeus ei toki ole verrattavissa suuren meteoriitin aiheuttamaan katastrofiin mutta on suuri verrattuna ”normaaliaikojen” suhteellisen hitaisiin muutoksiin. Ihmisen elinikäen verrattuna monet näistä muutoksista ovat kuitenkin hitaita, eikä sellaisia ole helppo elinaikana havaita. Siksi ihminen on toistuvasti sokea niille, ja useat yhteiskunnat ovat tuhonnet tulevaisuutensa, kun ne eivät ole tajunneet aiheuttamiaan muutoksia ja niiden merkitystä. Yhteisöt ovat myös saattaneet ajautua tilanteeseen, jossa niillä ei ole ollut keinoja siitä selviytymiseen. Nykyinen väestön määrä on niin suuri ja ihmisen vaikutus ympäristöönsä niin merkittävä, että reagoiminen tapahtuneisiin vaurioihin ei riitä, vaan ongelmia on pyrittävä ennakoimaan ja toimittava ehkäisevästi. Perustavaa laatua oleva ongelma on eksponentiaalinen kasvu (”korkea korolle”), joka jatkuvana on mahdoton rajallisessa tilassa.

Tyypillisiä hitaita muutoksia ovat maankäytön aiheuttamat muutokset ja ilmastomuutos. Maankäytön muutokset aiheuttavat metsien häviämistä, kun niitä otetaan ensin maatalouskäyttöön ja sitten yhä enemmän kokonaan pois biologisesta

elinympäristöstä rakennuksien, katujen, teiden ja muiden ihmisen tekemien rakennelmien alle.

Metsien häviämisestä aiheutuu myös monenlaisia toissijaisia muutoksia, kuten pintamaan eroosiota veden ja tuulen kuljettaessa ruokamultaa ja muuta pintamaata pois köyhdyttäen maaperää. Jäljelle jäävät alueet pirstoutuvat lisäksi pieniksi saarekkeiksi, mikä aiheuttaa sekä kasvi- että eläinlajien joutumista hajalleen, ja tämä isoalaatio saattaa vaikuttaa olennaisesti niiden selviytymiseen ja lajien säilymiseen.

Ilmastomuutos perustuu suurelta osin fossiilisten varastoista hyödynnetyn hiilen vapautumiseen ilmakehään hiilidioksidina. Koska hiilidioksidi estää lämmön karkaamista infra-punasäteilynä avaruuteen, se parantaa maapallon lämmöneristystä. Koska myös auringosta tuleva energianmäärä vaihtelee, ei lämpenemisen tulokinta ole kuitenkaan suoraviivaista.

Ihmisen toimet pienillä tai muuten herkästi haavoittuvilla alueilla ovat johtaneet useita kertoja ihmiskunnan historian aikana väestöjen tuhoutumiseen kokonaan tai osittain. Tällaisiin ”laboratoriomittakaavan kokeisiin” on syytä kiinnittää huomiota ja pyrkiä oppimaan niistä, mitkä ovat ihmisen kestävä kehityksen edellytykset ja samalla edellytykset terveelliselle elämälle erilaisissa olosuhteissa.

## Pääsiäissaari

Täysin metsättömän, tuliperäisen 120 neliökilometrin suuruisen Pääsiäissaaren löysi hollantilainen Jacob van Roggeveen pääsiäisenä 1722 keskeltä Tyyntämerta. Saarella herättivät pian huomiota sadat kymmenien, jopa satojen tonnien painoiset kivipatsaat, jotka viittasivat vanhaan kulttuuriin. Se ei sopinut yhteen sen pienen ja kurjissa olosuhteissa asuvan väestön kanssa, joka saarella silloin oli. Vaikea oli myös ymmärtää, millä tavoin saarelaiset olivat saarelleen päässeet, kun heillä oli vain pieniä, vuotavia kanootteja ja tulo oli edellyttänyt ehkä kolmen viikon purjehdusta lähimmältä Polynesian saarelta.

Saaren kohtalokas historia on selvinnyt vasta 1900-luvun puolivälin jälkeen, ja saari on muodostunut klassiseksi esimerkiksi ihmisen itse aiheuttamasta tuhosta itselleen, kun kestävä kehityksen periaatteita ei ole noudatettu.

Pääsiäissaari asutettiin Polynesiasta käsin uusimpien radiohiiliajoitusten mukaan 1200-luvulla tai jonkin verran aikaisemmin. Saari oli silloin metsäinen, siellä kasvoi muun muassa jättiläispalmuja. Ne antoivat elinkeinoja ja mahdollisuuden esimerkiksi rakentaa merikelpoisia kanootteja kauppamatkoja ja merikalastusta varten. Saarelle näyttää kuitenkin muodostuneen jyrkkä yhteiskuntahierarkia, ja mahtisuvut alkoivat kilpailla keskenään suurten monumenttien rakentamisessa. Samalla maanviljelyyn otettiin yhä lisää maa-alaa metsältä. Tämä aiheutti mäki-sellä tulivuorisaarella suuria eroosio-ongelmia, ja tuuli vei ruokamultaa vähitellen valtameriin. Puun loppuessa joskus 1500-luvun tienoilla menetettiin mahdollisuudet rakentaa merikelpoisia aluksia, avomerikalastus loppui ja väestö tuli entistä riippuvaisemmaksi maanviljelystä ja siipikarjanhoidosta heikkenevällä maa-alalla eroosioherkillä rinteillä. Väestö romahti arvioidusta noin 15 000:sta muutamaan tuhanteen köyhtyneeseen asukkaaseen. Nykyään paljaaksi kynityllä saarella asuu vähän toistatuhatta ihmistä.

## Muita tuhoutuneita ympäristöjä

Varhainen historia tuntee useita vastaavanlaisia katastrofeja, jotka ovat johtaneet kokonaisten väestöjen häviämiseen tai perusteelliseen supistumiseen. Ain Ghazalissa nykyisen Jordanian alueella yli 9 000 vuotta sitten perustettu kylä sai kyseenalaisen kunnian tulla ensimmäisen tunnetun ihmisen aiheuttaman ekokatastrofin monumentiksi. Eri innovaatiot tuottivat siellä nopean kehityksen, väestönkasvun ja kukoistavan kulttuurin, joka kuitenkin perustui liikalaiduntamiseen ja yksipuoliseen viljelyyn. Tämä tuhosi vähitellen ruokamullan. 8 000 vuotta sitten monia ympäristön kylä jouduttiin hylkäämään, ja muutamia vuosisatoja myöhemmin myös Ain Ghazal oli täysin autioitunut.

Keski-Amerikan korkeakulttuurin kehittänyt mayakansa tuhoutui suureksi osaksi kymmenennen vuosisadan kuiviin vuosiin. Colorado-joen sivuhaarojen Anasazi-intiaanien koko loistelasutus ja kulttuuri hävisivät, kun metsän hävittämisen ja ympäristön intensiivisen kuormittamisen jälkeen tuli kuiva kausi.

Grönlantiin 900-luvulla asettuneiden norjalaisien viikinkien siirtokunnat tuhoutuivat ilmaston jäähtyessä 1300- ja 1400-luvuilla, vaikka samaan aikaan eskimot menestyivät alueella. Viennin tyrehdyttyä Eurooppaan ja muun muassa mursunhampaiden kysynnän vähentyessä pieni yhteisö ei kyennyt tarpeeksi nopeasti mukautumaan muutoksiin. Karjanhoito siihen huonosti soveltuvilla alueilla aiheutti maan eroosiota laiduntamisen ja viljelyyn raivaamisen takia. Asukkaat myös käyttivät polttopuuksi kaiken liikenevän, kun he eivät omaksuneet eskimoiden tapaa hyödyntää hylkeenöljyä.

Islannissa tapahtumien kulku muistutti Grönlantia, ja tämän etelärannikoltaan alun perin metsäisen maan ympäristöä tuhoitiin liiallisella laiduntamisella ja raivauksella. Suurempana ja jonkin verran eteläisempänä väestö kuitenkin selviytyi, kunnes valtamerikalastus tehtiin tietoisesti pääelinkeinoksi 1900-luvun alkupuoliskolla. Suuri osa saarta on autiomaata luonnonolosuhteiden lisäksi myös tuulen ja veden raivatussa maassa aiheuttaman eroosion seurauksena.

Jared Diamond pohtii kirjassaan Romahdus yhteiskuntia, jotka jälkiviisauden suurennuslasin läpi katsottaessa näyttävät toimineen typerästi. Oman aikansa taustaa ja tietopohjaa vasten ratkaisuja voi kuitenkin ymmärtää. Useille näistä katastrofeista on ollut Diamondin tulkinnan mukaan tyypillistä väestön lisääntyminen hyvinä aikoina, ylimystön into rakentaa suuria monumentteja, jotka ovat kuormittaneet yhteiskunnan resursseja, sekä metsän hävittäminen tai maatalousmaan käytön puristaminen äärirajoille. Melko vähäinen muutos ilmastossa, esimerkiksi useampi lämmin ja kuiva vuosi, tai kuten Grönlannissa, ilmaston jäähtyminen ”pienen jääkauden” alkaessa, riittivät tällöin tuhoon.

Toisaalta yhteiskunnat ovat selviytyneet tuhansia vuosia, kun ne syystä tai toisesta ovat naapureitaan paremmin osanneet ottaa ympäristönsä huomioon. Esimerkkejä ovat Tynnenmeren saaret Tikopia ja Tonga. Jopa naapureista toiset ovat menestyneet toisia paremmin; esimerkkejä löytyy muun muassa Uudesta-Guineasta sekä Dominiikan tasavalta Karibianmereltä verrattuna saman saaren toiseen puoliskoon, Haitiin.

## Keskilämmen ruokamultakatastrofi

Ympäristön taitamattomasta käytöstä aiheutuneita yhdyskuntia kohdanneita katastrofeja on lähihistoriassakin. Yhdysvaltoja asutettaessa suuret alat Keskilämmen preeriaa kynnettiin maatalousmaaksi 1800-luvulla ja 1900-luvun alussa. Väliin ei jätetty tuulelta suojaavia metsäalueita. 1920-luvulla maanviljelys koneellistui ja suositettiin perusteellista muokkaamista veden pidätkyvyyden parantamiseksi. Kun 1930-luvulla oli useita kuivia vuosia, alkoivat 1933 suuret pölymyrskyt, jotka kestivät neljä vuotta. Ne puhalsivat ruokamullan pois suurilta alueilta ja aiheuttivat keuhkosairauksia asukkaille. Esimerkiksi vuonna 1934 Teksasin ja Oklahoman alueilla vain 15 %:n peltoalalta pystyttiin korjaamaan satoa lainkaan. Katastrofi liittyi suhteellisen vähäiseen ilmaston muuttumiseen.

## Onko marginaali-ilmiöillä ennustearvoa maailman yleiselle tulevaisuudelle?

Edellä kuvatut katastrofit ovat tapahtuneet tavalista helpommin haavoittuvissa olosuhteissa. Paljonko niillä on ennustearvoa nyky-yhteiskunnassa, onko tieto lisääntynyt niin paljon, että voimme varautua vastaavankaltaisiin? Riittäkö markkinoiden suuruus tasaamaan riskejä, niin että paikalliset katastrofit eivät enää johda nälänhätään ja kokonaisten väestöjen kuolemaan tai romahdukseen?

Toisaalta ihmiskunta kuluttaa jo noin kolmasosan kaikesta auringon energian tuottamasta biomassasta suoraan tai epäsuorasti. Tässä mielessä pahassa paikassa tarvittavia reservejä ei enää ole kovin paljoa. Kyse on siis siitä, kykeneekö ihminen asettamaan tavoitteensa niin, että ne ovat mahdollisia rajallisessa maailmassa.

Kestävän kehityksen laiminlyömisestä perusongelma on se, että tuoton lisäksi syödään myös pääomaa. Onko pääomamme globaalisesti niin suuri, että pystymme pitämään kulutuksen kasvun rajoissa? Ehkä tärkein opiksi otettava asia on se, että tarkastelun lyhytjänteisyys estää huo-

**Taulukko 1.** Esimerkkejä kehityskuluista, joita ei poliittisista tai yhteiskunnallisista syistä rohjeta korjata.

- Väestönkasvu: uskonnollisista, kulttuurisista tai valta-poliittisista syistä ei monissa maissa haluta puuttua.
- Ryöstökäly, ei haluta puuttua, jos maan elinkeinoelämä on siitä riippuvaista.
- Maatalouden vinoumat tukimaatalouden ja kehitysmaiden kesken; ruoka on keinotekoisena halvaa.
- Halpa energia ja poliittiset intressit estävät sekä säästöä että pitkäjänteistä rationaalista energia-politiikkaa ja fossiilisesta energiasta luopumista.
- Maankäyttö ei ole kestäväällä pohjalla ja metsä ja kokonaisbiomassa vähenevät.
- Jatkuvan kasvun ideologia ja siihen liittyen mm. ammattijärjestöjen jäykkyys ja keskittyminen elintason välittömään kohottamiseen; väistämättömiäkään sisällöllisiä uudistuksia ei saada aikaan, mikä lisäksi kiihdyttää automaatiota ja työn pakoa muualle.
- Aikaprospektiivi politiikassa ja talouselämässä on liian lyhyt.

maamasta riskejä ja piilevien muutosten jälkeen normaali vaihtelu esimerkiksi ilmastossa riittää aiheuttamaan katastrofin. Ei voida olettaa, että aikaisemmat yhteiskunnat olisivat olleet meitä ”tyhmempiä” tai me niitä viisaampia. Päinvastoin urbaani sukupolvi saattaa olla tietämätön selvistäkin muutoksista, joita luonnonympäristössä tapahtuu. Omissa yhteiskunnissamme onkin irrationaalisia tulevaisuuden selviytymistä uhkaavia piirteitä (taulukko 1), joskin meillä on nyt joissakin suhteissa paremmat mahdollisuudet ennustaa tulevaisuutta ja mukautua kuin aikaisemmillä sukupolvilla.

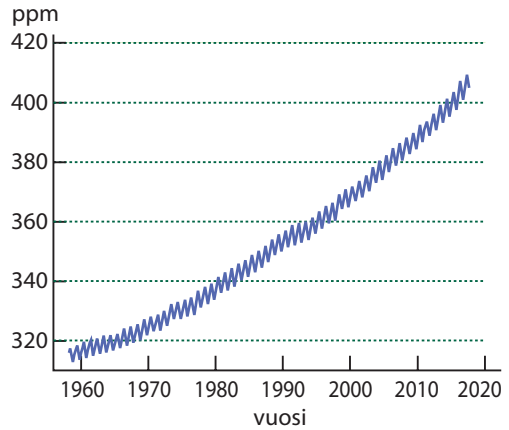
Suomalaisia lähellä olevia hitaasti tapahtuvia muutoksia ovat maankäytön ja ilmastomuutoksen ohella Itämeren rehevöityminen ja myrkyllisten aineiden hidas kertyminen ympäristöön. Rehevöitymisestä seuraa muun muassa myrkyllisten sinileväkasvustojen lisääntyminen. Viime aikoina on kiinnitetty paljon huomiota merien mikromuovisaasteisiin ja pintavesien humuspitoisuuden nousuun. Toistaiseksi näiden suorat vaikutukset näyttävät pikemmin ekologisilta kuin terveysongelmilta.

Ympäristöön kertyviä myrkyllisiä aineita ovat olleet muun muassa kivihiilen poltosta ilman kautta ja teollisuudesta vesistöihin tuleva elohopea, jätteenpoltosta ja teollisuudesta tulevat polyklooratut dioksiinit ja furaanit sekä monista eri lähteistä tulevat PCB-yhdisteet ja palonestoaineina käytetyt polybromatut yhdisteet. Näiden toksisten aineiden aiheuttamat riskit ympäristölle ja ihmiselle on todettu ja torjuntatoimet ovat jo onnistuneet varsin hyvin. Koko ajan tulee kuitenkin uusia aineita, kuten vettä ja likaa hylkivissä tekstiileissä käytetyt fluoratut yhdisteet. Siksi muun muassa Euroopan unioni on säätänyt niin sanotun REACH-asetuksen, joka vaatii rekisteröimään kaikki synteettiset kemikaalit, jolloin rekisteröintiviranomainen vaatii niistä asetuksen vaatimat tutkimukset ja voi tarvittaessa vaatia lisää selvityksiä. Tämä onkin keskeistä, ja on järkevämpää kiinnittää huomio tulevien riskien rationaaliseen ennustamiseen, nykyisten riskien tieteelliseen selvittämiseen ja päästöjen vähentämiseen kuin säikkyä ympäristössä olevia aineita.

Vanha sananlasku sanoo kuitenkin, että vahinko ei tule kello kaulassa. Ovatko suurimmat riskit sellaisia, joihin eivät poliittinen taho eivätkä ympäristöjärjestöt enempää kuin mediakaan osaa kiinnittää huomiota? Erityisen sokeita olemme sellaisille tekijöille, jotka liittyvät läheisesti elintasoamme tai mukavuusimme tai eri tavoin elintapoihimme. Avainkysymys on siis, osaammeko priorisoida turvallisuuteemme vaikuttavat riskit oikein. Tulevaisuuden muutosten huomioon ottamisen tulisi kuulua jokaisen ammatin koulutukseen.

## Ilmastonmuutos

Energian tuottaminen asumisen, teollisuuden ja liikenteen tarpeisiin hiiltä sisältäviä polttoaineita käyttäen on johtanut ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden suurenemiseen esiteollisen ajan noin 280 ppm:n tasolta yli 400 ppm:n tasolle (kuva 1). Pitoisuuden arvioidaan saavuttavan kaksinkertaisen tason 560 ppm lähivuosikymmeninä tietysti sen mukaan, minkälaisiin toimiin kasvun hidastamiseksi kyetään. Monet katsovat, että kaksinker-



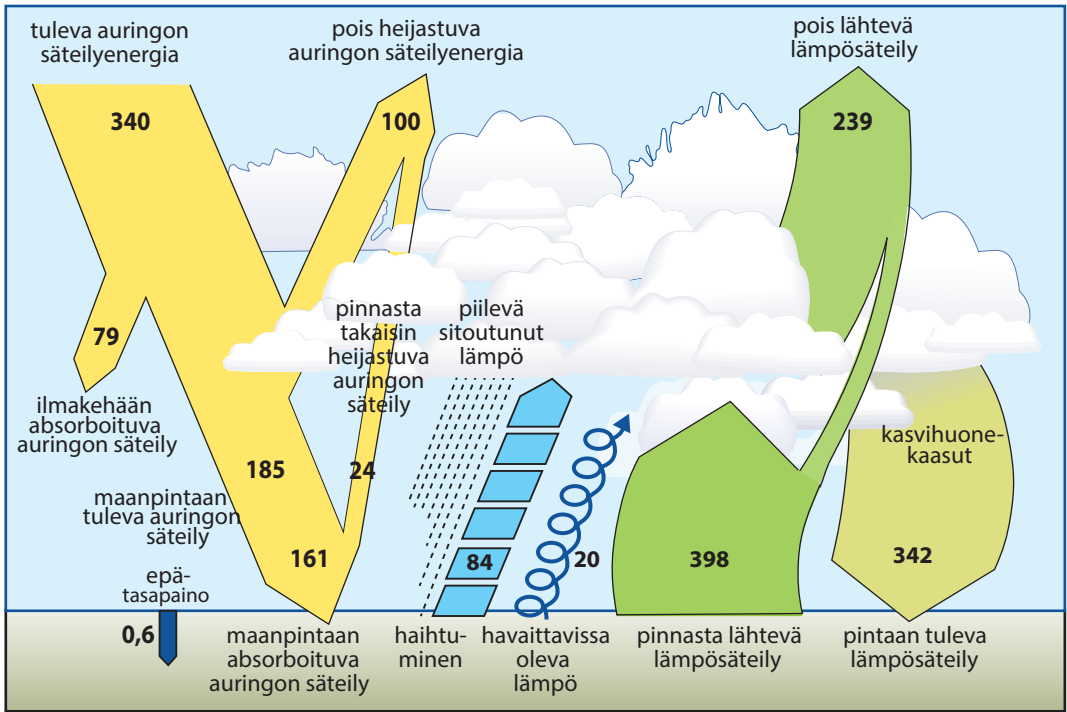
**Kuva 1.** Hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä mitattuna Mauna Loan saarella Havaijilla, ppm = parts per million, eli miljoonasosaa. Lähde: Scripps Institution of Oceanography, [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html).

**Taulukko 2.** Eri kasvihuonekaasujen suhteelliset osuudet ilmaston lämpenemiseen tällä hetkellä. Lähde: IPCC 2013: WG1AR5-SPM.

Kasvihuonekaasu	Osuus vaikutuksen lisäyksestä, %
Hiilidioksidi	56
Metaani	32
Typpioksiduuli, otsoni ja useat synteettiset kaasut	12
Vesihöyry	Vaihteleva

taistuminen ei vielä ole katastrofaalista, mutta sitä suuremmat muutokset tulisi estää. Näyttöä rajan turvallisuudesta ei kuitenkaan ole, joten kyseessä on enemmän poliittinen kuin tieteellinen riskinarvio.

Ruotsalainen kemisti Svante Arrhenius ennusti jo vuonna 1896, että hiilidioksidipitoisuuden kaksinkertaistuminen nostaisi maapallon keskilämpötilaa noin viidellä asteella, koska hiilidioksidi estää energiaa karkaamasta infrapunasäteilyä (kuva 2). Hänen arvionsa on hämmästyttävän lähellä viimeisiä IPCC:n (*International Panel of Climate Change*) ennusteita, joiden mukaan lämpötila nousisi keskimäärin 2,5–7,8 °C vuoteen



**Kuva 2.** Kasvihuoneilmion periaate. Auringosta tulee maahan energiaa ( $\text{w/m}^2$ ) muun muassa valonsäteinä, joista osa heijastuu pilvistä, ilmassa olevista aerosoleista tai lumipeitteestä takaisin valona avaruuteen. Osa kohtaa maanpinnan, lämmittää sitä ja säteilee infrapunasäteilynä avaruuteen. Jos ilmakehää ei olisi, noin  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa avaruuteen säteilisi yhtä paljon kuin maahan tulee. Osa infrapunasäteilystä törmää kuitenkin matkalla kasvihuonekaasuihin, jotka siis toimivat kuin lämpöeriste. Siksi maapallo lämpiää keskimäärin  $+15\text{ }^\circ\text{C}$ :seen, ennen kuin lähtevä energian määrä on sama kuin tulevan. Lähde: IPCC 2013, alkuper. Wild ym, Clim. Dyn. 2013:40:3107–34.

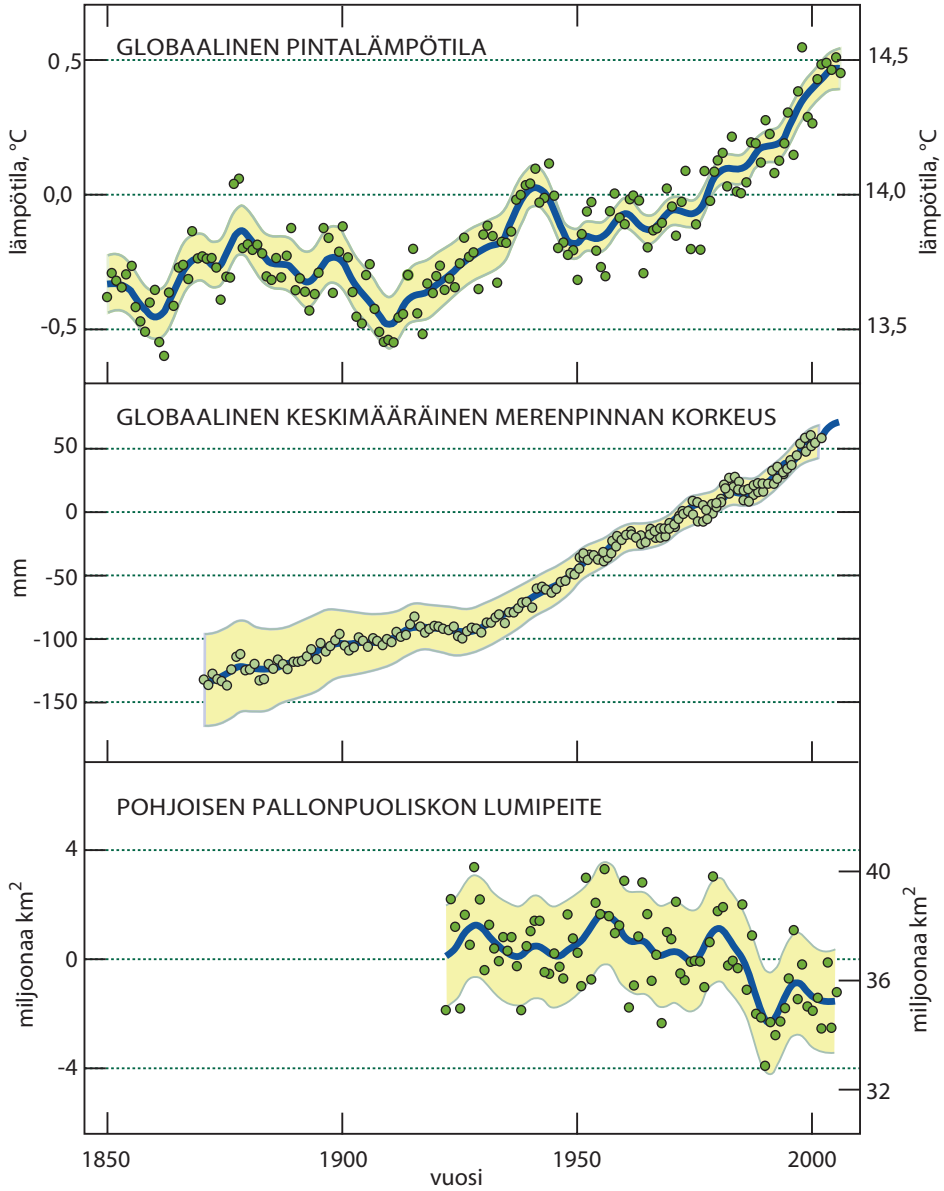
2100 mennessä. Useat muut kaasut vaikuttavat samaan suuntaan (taulukko 2).

Tähän mennessä ilmasto on lämmennyt keskimäärin noin  $1\text{ }^\circ\text{C}$  (kuva 3), Suomessa vähän enemmän. Tämä näkyy esimerkiksi vuorenhuippujen ja napa-alueiden jäämassojen vähenemisenä. Suomessa on vesistöjen jääpeiton vuotuisen kesto lyhentynyt, mutta kuten Tornionjoen jäidenlähdon aikaistumisesta (kuva 4) voi nähdä, yksittäisten paikallisten ilmiöiden liittäminen hiilidioksidipitoisuuden suurenemiseen ei ole yksinkertaista.

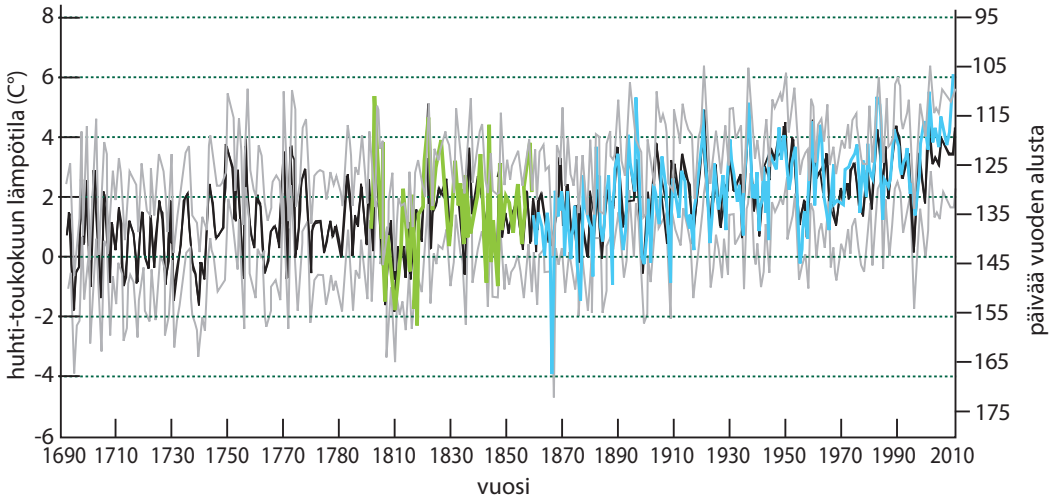
Paikallisten tai edes alueellisten ennusteiden tekeminen ilmaston muuttumisesta on huomattavan vaikeaa. Yleissuunta on kuitenkin, että muutos on keskimääräistä suurempi napa-alueita lähestyessä ja pienempi päiväntasaajaa lähestyt-

täessä, suurempi talvella kuin kesällä ja suurempi yöllä kuin päivällä. Eurooppaan vaikuttaa ennen muuta se, mitä ilmastonmuutos vaikuttaa Golfvirtaan, joka on tärkeä lämmönkuljettaja eteläisiltä merialueilta pohjoiseen. Sen pysähtyminen tai osittainenkin hidastuminen aiheuttaisi Euroopassa lämpenemisen sijaan jäähtymistä, etenkin Pohjoismaissa ja Brittein saarilla. Jäähtyminen voisi tapahtua varsin nopeastikin, useita asteita muutaman kymmenen vuoden kuluessa.

Merkittävimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset terveyteen ovat epäsuoria. Sen ennustetaan kuitenkin vaikuttavan helleaaltojen takia myös välittömästi terveyteen, kuten vuoden 2003 hellekatastrofi teki Keski-Euroopassa. Helleaallon aikana elokuussa 2003 kuoli Euroopassa 35 000 ihmistä yli normaalikuolleisuuden (kuva 5),



**Kuva 3.** Tähänastisia ilmastomuutokseen liittyviä muutoksia 1850–2010. Vasemmassa reunassa ero verrattuna vuosien 1961–1990 keskiarvoon, oikeassa reunassa mitattuina lukemina. Lähde: IPCC 2014. AR4. Synthesis report.



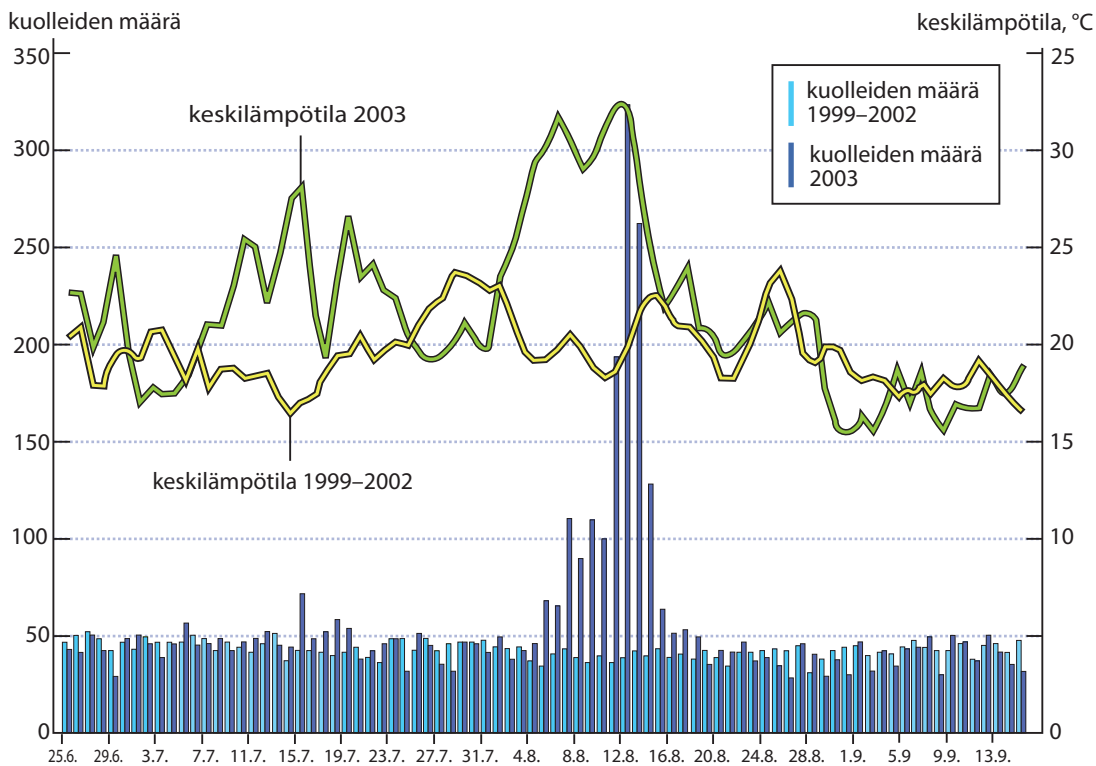
**Kuva 4.** Tornionjoen jäänlähdon siirtyminen aikaisemmaksi runsaan kolmen vuosisadan aikana (oikean reunan asteikko) ja sen perusteella rekonstruoitu huhti-toukokuun lämpötila (vasen asteikko) vuosina 1693–2011. Eriväriset viivat osoittavat eri mittauslähteitä. Harmaat ohuet viivat osoittavat lämpötilan luottamusvälin. Lähde: Loander ym., *J Quat Sci* 2011;26:566–70.

lähinnä vanhuksia. Tämä muistuttaa Lontoon kuuluisan vuoden 1952 savusumukatastrofin seurauksia. Suomessakin vaikutusta nähtiin, mutta hyvin paljon vähäisempänä (kuva 6). Helleaallot ovat erityisen tuhoisia suurkaupungeissa, koska ne muodostavat ympäristöönsä lämpimämpiä “lämpösaarekkeitä” teollisuuden ja liikenteen sekä tummaan asfalttiin kohdistuvan auringonpaisteen aiheuttaman paikallisen lämpenemisen takia. Vähäinen kasvillisuus ja veden vähäinen haihtuminen eivät nekään pysty absorboimaan auringon energiaa. Niinpä ylimääräinen kuolleisuus oli Lontoossa vuosien 1976 ja 1995 helleaaltojen aikana 50 % suurempi kuin Englannissa keskimäärin. Sekä helteiden että muiden sään ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen ja tulvien, oletetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen takia. Karibianmeren pyörremyrskyt ovat voimistuneet, ja niiden, kuten vuoden 2005 Katrina-myrskyn, vuoden 2017 Irma-myrskyn ja vuoden 2018 Florence-myrskyn liittymisestä ilmastonmuutokseen kiistellään. Yleisesti sen katsotaan ainakin voimistaneen myrskyjä.

Vielä suuremmiksi ennustetaan epäsuorat vaikutukset terveyteen. Lämpenemiseen liittyy sateisuuden muutoksia, ja monilla alueilla ennustetaan kuivuutta, joka heikentää maatalouden

edellytyksiä. Tämä johtaa nälänhätään ja pakolaisuuteen. Joillakin alueilla maatalouden edellytykset toisaalta paranevat, ja maapallon kokonaistuotanto voi jopa lievästi lisääntyä, etenkin kun hiilidioksidin lisääntyminen lisää kasvua. Siten eriarvoisuuden oletetaan lisääntyvän ja nyt jo marginaalisten alueiden tilanteen edelleen huononevan; muun muassa Pohjois-Afrikan toistuvat nälänhädät ja pakolaisongelmat on yhdistetty ilmastonmuutokseen. Vesipula aiheuttaa myös suoria vaikutuksia hyvinvointiin, kun nykyinen elämänmuoto edellyttää muun muassa hygienian takia entistä suurempaa veden käyttöä. Tällaisiin poikkeusoloihin liittyy siis aina aliravitsemuksen ohella yhteisöarokenteiden luhistumista, väkivaltaa ja puhtaan veden saatavuuteen, sanitaatioon ja jätehuoltoon liittyviä ongelmia, jotka lisäävät epäedullisia terveysvaikutuksia.

Toinen välillinen vaikutus on monien tartuntatautiin, etenkin vektoritautien, kuten malarian, levinneisyyden lisääntyminen. Malariahyttynen voi levitä uusille alueille ja vanhoilla alueilla muun muassa korkeammalle vuoristoihin, mikä lisää altistuvien ihmisten määrää jopa sadoilla miljoonilla. Malariaan sairastumisen lisääntymistä on vaikeampaa arvioida. Siihen voidaan vaikuttaa eri



**Kuva 5.** Kuolleisuuden lisääntyminen Ranskassa elokuussa 2003 helleaallon aikana. Ranskassa ylikuolleisuus oli noin 15 000 henkeä. Lähde: *Institut de Veille Sanitaire*.

toimenpiteillä, eikä se esimerkiksi kaupungistuneissa Euroopassa välttämättä muodosta suurta riskiä hyttysen leviämisestä huolimatta.

Ilmastonmuutoksen torjunnassa on pidettävä huoli siitä, ettei lääke ole pahempi kuin tauti. Saksan *Energiewendenä* tunnettu koko energiantuotannon uudelleensuuntaus aiheuttaa suuria riskejä siihen, että niin terveyden kuin taloudenkin kannalta mennään epäsuotuisaan suuntaan. Ydinvoimasta luopuminen ja uusiutuvan energian eli lähinnä epäsuunnollisesti toimivan tuulivoiman suosiminen on johtanut kivihiilen käytön lisääntymiseen. Myös Suomessa on varottava, ettei biomassan polttoon perustuva energiantuotanto aiheuta lisääntyviä terveyshaittoja. Samoin rakennusten energiatehokkuus asettaa suuria vaatimuksia tekniikalle, jotteivät sisäilmaongelmat yleisty.

Kansainvälisistä sopimuksista keskeinen on Rion ilmastopöytäkirja ja siihen liittyvä Kioton pöytäkirja,

jossa Suomi on sitoutunut pitämään kasvihuonekaasujen päästöt vuoden 1990 tasolla. Pariisin ilmastopöytäkirjassa 2015 asetettiin tavoitteeksi rajata lämpeneminen alle 2 asteen, ja pyrkiä mahdollisuuksien mukaan 1,5 asteeseen. Tämän toteutuminen ei näytä kovin todennäköiseltä, koska suurten kehittyvien maiden, kuten Intian ja Kiinan, energiankulutus lisääntyy voimakkaasti. Maille ei asetettu velvoittavia päästövähennystavoitteita. Uusille innovaatioille on sekä energian nykyistä järkevämmän kuluttamisen että tuottamisen puolella siis kysyntää. IPCC arvioi vuonna 2018, että rajoittaminen 1,5 asteeseen on mahdollista mutta edellyttää erittäin aktiivisia toimia.

Suomessa kasvihuonepäästöjen huippu saavutettiin vuonna 2003, jonka jälkeen päästöt ovat vähentyneet (58,8 milj. tonnia hiilidioksidi-ekvivalenttina vuonna 2016) ja ovat nyt alle vuoden 1990 tason (71,3 milj. tonnia, Tilastokeskus).