

Muuttuva ilmastomme

Maapallon ilmasto on muuttunut lukemattomia kertoja luonnollisten syiden kautta sen koko pitkän historian aikana. Maapallon ilmastohistoriasta löytyy suuriakin mullistuksia, osoittaen ilmastojärjestelmän olevan herkkä erilaisille pakotteille. Muutoksien alkusysäyksiä ovat toimineet mm. mantereiden liikkeet ja niistä aiheutuva vuoristojen synty, ilmakehän koostumuksen luontaiset muutokset sekä eripituiset auringonsäteilyn jakaumaan vaikuttavat jaksollisuudet maapallon kiertoradassa ja kallistuskulmassa. Edellä mainittujen tekijöiden yhdessä ilmastojärjestelmän palauteilmiöiden kanssa aiheuttamat muutokset ovat kuitenkin tapahtuneet ihmisen näkökulmasta hitaasti.

Edellä esiteltyjen luonnollisten, hitaita muutoksia aiheuttavien tekijöiden rinnalle on viimeisen reilun parin vuosisadan aikana noussut uusi tekijä, ihmiskunta. Teollisen vallankumouksen alkamisen jälkeen ihmiskunnan päästöt ovat nostaneet ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuutta kiihtyvällä tahdilla, vaikuttaen täten maapallon lämpötasapainoon.

Kaasukehä suojaa, mutta ...

Elämä maapallolla, ainakaan nykyisen kaltaisena, ei olisi mahdollista ilman ilmakehän niin kutsuttua kasvihuoneilmiötä. Se estää tehokkaasti lämpöä karkaamasta avaruuteen, ja ilman sitä maapallon keskilämpötila olisikin nykyisen n. +15 °C sijasta n. -18 °C. Keskeisessä asemassa tässä ilmiössä ovat ilmakehän kasvihuonekaasut, jotka sitovat tehokkaasti maapallon lähettämää lämpösäteilyä, mutta toisaalta eivät estä auringonsäteilyn imeytymistä maahan, meriin ja ilmakehään, missä auringon säteilyn energia muuttuu lämmöksi. Toiminnallaan ihmiskunta on kasvattanut kasvihuonekaasujen pitoisuutta ilmakehän koostumuksessa. Tällöin entistä suurempi osa maapallon lähettämästä lämpösäteilystä jää sen vaikutuspiiriin ja täten lämmittää maapalloa. Tämä mekanismi on pohjalla puhuttaessa nykyisestä kasvihuoneilmiön voimistumisesta ja siitä seuraavasta ilmastomuutoksesta.

Hiilidioksidi CO₂ on ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista tärkein. Hallitustenvälisen Ilmastopaneelin IPCC:n mukaan ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kohonnut noin 30 % esiteollisesta ajasta. Tämä tarkoittaa pitoisuuden kasvua n. 280 ppm:stä (ppm = tilavuuden miljoonasosa) yli 380 ppm:ään, josta suuri osa on tapahtunut viime vuosikymmenien aikana. Nykyisin hiilidioksidipitoisuuden kasvu jatkuu n. 2 ppm:n vuositahdilla. Jääkairausten mukaan pitoisuus on tällä hetkellä korkeimmillaan ainakin 800 000 vuoteen.

Ihmiskunnan kasvihuonekaasupäästöistä merkittävin osa syntyy fossiilisten polttoaineiden käytöstä energian tuotannossa ja liikenteessä. Muita huomattavia lähteitä ovat mm. maatalous ja kaatopaikat sekä maankäyttöön liittyvät tekijät kuten metsien hävittäminen. Muita ihmisperäisiä kasvihuonekaasuja ovat metaani, dityppioksidi sekä halogenisoidut hiilivedyt joihin myös CFC-yhdisteet eli freonit kuuluvat.

Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi ilmastomuutoksessa ovat merkittävässä roolissa ilmakehässä esiintyvät pienhiukkaset eli aerosolit. Myös näiden osuus ilmakehässä on kasvanut teollistumisen myötä luonnollisten lähteiden rinnalle tulleiden teollisuuden ja liikenteen päästöjen takia. Ihmisperäisiä aerosoleja ovat mm. noki, sulfaattit ja nitraatit.

Kasvihuonekaasuista poiketen aerosoleilla on pääosin ilmastoa viilentävä vaikutus, ne mm. sirottavat auringonsäteilyä vähentäen maanpinnalle saapuvan säteilyn määrää ja toimivat pilvipisaroiden tiivistymisytiminä, mikä vaikuttaa pilvien kykyyn heijastaa auringonsäteilyä takaisin avaruuteen. Aerosolien kokonaisvaikutus ilmastomuutoksen kannalta on kuitenkin huonommin tunnettu ilmiö kuin kasvihuonekaasujen vaikutus. Lisäksi kasvihuonekaasujen poistuminen ilmakehästä on hidasta, kestäen kymmenistä satoihin vuosiin, kun taas valtaosa aerosoleista laskeutuu tai huuhtoutuu sateen mukana alas ilmakehästä viikoissa.

Keskeistä tulevien muutosten arvioimisessa ovat erilaiset ilmastojärjestelmän palauteilmiöt. Tärkein näistä palauteilmiöistä on vesihöyryn, joka siis on itsessään kasvihuonekaasu, määrä ilmakehässä. Lämmitessään ilmakehä kykenee pitämään sisällään yhä enemmän vesihöyryä, mikä näin ollen tehostaa kasvihuoneilmiötä entisestään. Toinen, varsinkin Suomessa tärkeä palauteilmiö liittyy lumen ja jään sulamiseen ilmaston lämmitessä. Alueilla joissa lumi- ja jääpeite kutistuvat, paljastuva maan- tai merenpinta sitoo huomattavasti enemmän auringonsäteilyä kuin tehokkaasti heijastava lumi- tai jääpinta, mikä täten lämmittää ilmastoa entisestään. Osa ilmastojärjestelmän palauteilmiöistä on vielä varsin heikosti tunnettuja ja tämä luo epävarmuutta ilmastomuutoksen suuruuden ennustamiseen.

Ilmastomallit ennusteiden perustana

Tärkeä väline ilmastomuutostutkimuksessa ovat ilmastomallit. Ne ovat supertietokoneiden laskentatehoa vaativia ohjelmia, jotka pyrkivät mallintamaan ilmastojärjestelmän käyttäytymistä fysiikan lakeihin pohjautuen. Ilmaston mallittamisessa ei siis ole kysymys tulevaisuuden ennustamisesta tilastollisin keinoin ilmaston tähänastisten havaittujen vaihtelujen perusteella. Ilmastomalleilla voidaan simuloida sitä kuinka mm. kasvavat kasvihuonekaasupitoisuudet ja erinäiset palauteilmiöt vaikuttavat tulevaan ilmastoon sekä eri tekijöiden osuutta jo havaittuihin muutoksiin. Malleilla pyritään kuvaamaan, pakosta välillä huomattavasti yksinkertaistaen, niin ilmakehän kuin merienkin yleistä kiertoliikettä sekä maaperän lämpötaloutta, ja tärkeänä osana näiden keskinäisiä vuorovaikutuksia.

Suomen keskilämpötilan vaihtelut tunnetaan melko tarkasti 1840-luvulta lähtien. Tasaisena muutoksena esitettynä Suomen keskilämpötila on kohonnut reilun asteen 150 vuoden aikana. Keväät ovat lämminneet vuodenajoista eniten, kesät ja syksyt vähiten. Jaksoon osuu toki myös suuria vaihteluita ja suuri luonnollinen vaihtelu onkin Suomen ilmastolle hyvin tyypillistä. Pohjoisen sijaintimme vuoksi erot vuodenaikojen välillä ovat suuret. Myös sijainti merellisen ja mantereisen ilmastotyypin rajavyöhykkeellä vaikuttaa huomattavasti vallitsevien ilmavirtausten suunnan vaikuttaessa suuresti esim. talven kylmyyteen. Muutama viime talvi onkin hyvänä esimerkkinä tästä vallitsevien ilmavirtausten vaikutuksesta. Sateiden määrä vaihtelee runsaasti vuodesta toiseen. Esimerkiksi vuoden 2006 vähäsateisena kesänä Helsingissä mitattu kesä-elokuun sademäärä jäi alle 50 mm:iin ja vuoden 2004 sateisena kesänä sademäärä ylsi 343 mm:iin. Kuitenkaan viime vuosikymmenien aikana Suomen sademäärissä ei ole ollut havaittavissa selviä muutoksia. Tosin Baltian maissa ja Skandinaviassa on havaittu merkkejä ilmaston muuttumisesta hieman sateisempaan suuntaan. Myös lumen vuotuinen määrä vaihtelee suuresti. Talvien ja keväiden leudontuminen on lyhentänyt lumipeitteen kestoaikaa noin kymmenellä päivällä tarkasteltaessa jaksoa 1960-luvulta vuosituhatteen vaihteeseen. Etelä-Suomessa lumipeite on lisäksi jäänyt aikaisempaa ohuemmaksi.

Tulevia ilmastonmuutoksia arvioitaessa on ratkaisevaa millaisiksi ihmiskunnan päästöt ja niistä seuraavat kasvihuonekaasujen pitoisuudet tulevaisuudessa kehittyvät. Niihin vaikuttavat mm. maapallon väestömäärän kehitys, maailmantalouden kehitys ja käytettävät energiantuotantotavat. Näitä erilaisia kehityksen kulkusuuntia varten on luotu joukko erilaisia päästöskenaarioita, joista tunnetuin on IPCC:n SRES-skenaarioperhe. Suomen tulevaa ilmastoa arvioitaessa on yleisimmin käytetty kolmea SRES-skenaariota, A2-skenaarion edustaessa varsin pessimististä ja B1-skenaarion edustaessa hyvinkin optimistista tulevaisuudenkuvaa. A1B-skenaario sijoittuu näiden kahden välimaastoon.

Vaikutukset Suomessa

Viimeisimmät arviot Suomen tulevasta ilmastosta (ACCLIM-hanke) perustuvat 19 eri globaalin ilmastomallin tuloksiin, samoihin mitä tuoreimmassa IPCC:n ilmastomuutosraportissa käytettiin. Tulosten mukaan Suomen ilmasto muuttuu selvästi nopeammin kuin maapallolla keskimäärin, suurimman muutoksen keskittyessä talvikuukausille. Erot eri SRES-päästöskenaarioihin perustuvien tulosten välillä alkavat tulla selviksi vasta noin vuoden 2040 jälkeen. Lisäksi on syytä pitää mielessä, että ilmaston luontainen vaihtelevuus tulee säilymään jatkossakin. Kylmiä pakkastalvia esiintyy myös tulevina vuosikymmeninä, tosin niiden todennäköisyys pienenee vuosikymmenestä toiseen.

Seuraavan kolmen vuosikymmenen aikana vuoden keskilämpötilan arvioidaan nousevan noin 0,3-0,4 °C vuosikymmenessä. Vuosisadan viimeiselle kolmannekselle vuoden keskilämpötilan arvioidaan kohoavan 2-6 °C vertailujakson 1971–2000 keskiarvoon verrattuna. Sademäärien osalta tilanne on pääpiirteissään sama kuin lämpötilalla, mallien keskiarvona ja A2-skenaarion tapauksessa talvikuukausien sademäärät kasvavat noin 30 % ja kesän noin 10 %. Tämän lisäksi vuorokausittaisten sademäärämaksimien odotetaan kasvavan kaikkina vuodenaikoina. Talvella sekä sadepäivien lukumäärä että kerralla saatava vesimäärä kasvavat, kun taas kesällä sadepäivien lukumäärä ei näytä juuri muuttuvan, mutta tyypillisesti vettä tulee kerralla enemmän. Tarkemman alueellisen tarkastelun tekeminen on vielä suhteellisen epävarmaa, johtuen mallien vielä varsin karkeasta alueellisesta erottelukyvystä. Varsinkin kesäpuolella vuotta lämpenemisessä ei näytä olevan juurikaan alueellisia eroja. Talvella sen sijaan lämpeneminen näyttää olevan hieman voimakkaampaa Pohjois-Suomessa

Keskilämpötilojen muutosten lisäksi ilmastomuutoksen vaikutusten kannalta keskeisessä roolissa ovat muutokset vuosittaisen lämpötilajakauman eri osissa. Jo pienetkin muutokset keskilämpötilassa vaikuttavat suhteellisen suuresti äärevien lämpötilojen esiintymiseen. Esimerkiksi jo asteen nousu kesän keskilämpötilassa nostaa hellepäivien määrää huomattavasti. Tämän lisäksi muutosten odotetaan olevan lämpötilajakauman päissä suurempia kuin sen keskivaiheilla, eli esim. talven kylmimmät pakkaset leudontuvat enemmän kuin koko talven keskilämpötila.

Ilmastonmuutoksella on luonnollisesti myös merkittävä vaikutus kasvukauteen, sen pituuteen sekä kertyvään lämpösummaan. Mallitulosten mukaan kasvukausi pitenee kuluvan vuosisadan loppuun mennessä pienempien päästöjen B1-skenaariossa noin kuukaudella ja runsaiden päästöjen A2-skenaariossa noin puolellatoista kuukaudella, maan lounaisosissa enemmänkin. Vastaavasti lämpösummat alkavat Etelä-Suomessa hätyytellä nykyisin Keski-Euroopassa havaittavia lukemia.

Talven osalta ilmastonmuutoksen vaikutukset olosuhteisiin ovat monelta osin vielä selvästi huomattavampia. Talven lämpötilojen kohotessa pakkaspäivien lukumäärä vähenee radikaalisti, jolloin taas entistä suurempi osa sateista tulee vetenä. Nämä tekijät taas vaikuttavat voimakkaasti lumitilanteeseen, vuotuinen lumipeiteaika lyhenee ja lumipeitteen keskimääräinen paksuus vähenee huomattavasti. Talvikautta pilkkovat suojasääät myös yleistyvät, pitenevät ja voimistuvat.

On kuitenkin syytä pitää mielessä, että vielä lähivuosikymmeninä ilmastonmuutossignaali on suhteellisen pieni verrattuna ilmastollemme suureen luonnolliseen vaihteluun nähden, jolloin yksittäisten vuosien lämpötilasta ei voida tehdä juurikaan johtopäätöksiä. Tämän vuoksi ilmaston lämpeneminen voikin näennäisesti pysähtyä useaksi vuodeksi, luonnolliseen vaihteluun liittyvän kylmemmän jakson kumotessa kasvihuoneilmaston voimistumisesta aiheutuvan lämpenemisen. Ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet kuitenkin jatkavat kasvuaan kiihtyvällä tahdilla, vuosittaisten päästöjen kasvaessa edelleen. Ympäristön muutoksen ja muutokseen sopeutumisen kannalta on valtava ero sillä mihin vuosisadan lopulle ennustettu 2-6 °C nousu vuosikeskilämpötilassa lopulta asettuu.

Lähteet:

- www.fmi.fi/ilmastonmuutos
- Muutamme ilmastoa – Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastonmuutokseen (Nevanlinna ym., 2008. Karttakeskus, 237 s.)
- IPCC, 2007. Climate Change 2007 – 4. arviointiraportti.
- Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten, ACCLIM-hankkeen raportti 2009 (Jylhä ym., 2009)

Mikko Laapas (s. 1981) kävi peruskoulun ja lukion Nummelassa. Ylioppilaaksi Nummelassa 2000, jonka jälkeen muutti Helsinkiin opiskelemaan. Filosofian maisterin tutkinto 2008 Helsingin yliopiston fysiikan laitokselta pääaineenaan meteorologia. Työskentelee nykyisin tutkijana Ilmatieteen laitoksen ilmastonmuutosyksikössä. mikko.laapas@fmi.fi

