

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistalenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Saari, S. (2020) Lyhyt oppimäärä ilmastonmuutoksesta. Toolilainen, 2020:2, s. 26 - 27.

URL: http://www.tool.fi/wp-content/uploads/2020/05/TOOL_2_2020_Netti-1.pdf

Lyhyt oppimäärä ilmastonmuutoksesta

Tätä juttua kirjoittaessani eletään keskellä koronaviruskriisiä ja näyttää siltä, että lähes kaikkien tahojen huomio on keskittynyt lähes yksinomaan siihen. Ennen koronakriisin puhkeamista puhuttiin julkisuudessa paljon ilmastonmuutoksesta ja sen tuomista uhkakuvista, jotka aiheuttivat ihmisissä paljon ahdistusta ja jopa pelkoa. Molempien uhkakuvien keskustelussa on noussut esille se, miten tutkittu tieto ja faktat ovat tärkeitä tällaisten monitahoisten ongelmien ymmärtämisessä ja ratkaisemisessa.

Ilmastonmuutos vaikuttaa politiikkaan, markkinatalouteen, koulutukseen sekä yksittäisten ihmisten arkeen. Mitä tavallisen kansalaisen on hyvä ymmärtää ilmastosta ja sen muutoksesta? Tähän vastaan ilmastonmuutoksen lyhyellä oppimäärällä, joka perustuu ilmakehän keskeisiin fysiikan ilmiöihin ja aiheesta tehtyyn tieteelliseen tutkimukseen sekä IPCC:n raporttiin.

Jokaisen kansalaisen olisi hyvä ymmärtää ilmaston lämpenemisen keskeiset periaatteet, jotta voidaan ymmärtää ja kriittisesti arvioida aiheeseen liittyvää keskustelua ja poliittisia päätöksiä. Jos ilmastonmuutos näyttää möröltä, sen voi pilkkoa pienempiin osiin, jolloin se ehkä näyttää pienemmältä möröltä.

JOSTAIN SYYSTÄ JULKINEN ilmastonmuutoskeskustelu on keskittynyt lähes täysin hiilidioksidin (CO₂) ympärille, vaikka ongelma on paljon monitahoisempi. Tämä johtuu ehkä siitä, että IPCC:n tehtävänä on tuoda esille

ihmisen aiheuttamaa ilmastonmuutosta, jolloin CO₂:n rooli korostuu. CO₂ on myös tavallisen kansalaisen ja toimittajan helppo ymmärtää, jolloin tietoisuus siitä leviää nopeasti, mutta se ei ole koko totuus ilmastonmuutoksessa.

On tärkeää erottaa ihmisen aiheuttamat ilmastovaikutukset ja luonnollisten tekijöiden vaikutukset toisistaan. Kokonaisuudessaan ilmastonmuutokseen vaikuttaa useita eri tekijöitä, joista keskeisimmät ovat:

- 1) Auringon säteily (sähkömagneettinen- ja hiukkassäteily)
- 2) Maan albedo eli heijastavuus (pilvet ja Maan pinta)
- 3) Pienhiukkaset (imevät/heijastavat säteilyä sekä muodostavat pilviä)
- 4) Maasta karkaavan lämpösäteilyn imeytyminen ja takaisinheijastuminen ilmakehässä (kasvihuonekaasut: vesihöyry, hiilidioksidi, metaani ym.)
- 5) Erilaiset ilmaston takaisinkyttäväikutukset (mm. kasvien hiilinielut)

AURINKO ON KESKEINEN lämmönlähde Maassa. Esimerkiksi 0,5 %:n vaihtelu Auringon säteilyssä tai 0,5 %:n vaihtelu pilvisyydessä aiheuttaa noin 1 asteen keskilämpötilan muutoksen Maapallolla. Auringon säteilyn luonnollinen vaihtelu on ollut historian kuluessa syklistä, mikä on aiheuttanut välillä lämpimiä jaksoja ja välillä pienempiä ja suurempia jääkausia. Esimerkiksi vuosina 1645–1715 esiintyneen pienen jääkauden (Maunderin minimi) jälkeen Auringon säteily on kasvanut arviolta 1–1,5 W/m², ja tuoreen ennusteen mukaan seuraavan 30 vuoden aikana säteily pienenee ja ollaan menossa jälleen pieneen jääkauteen (Zharkova et al., Nature 2019).

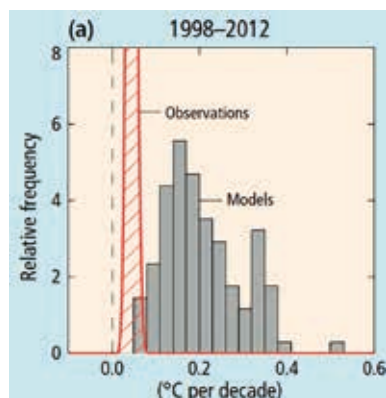
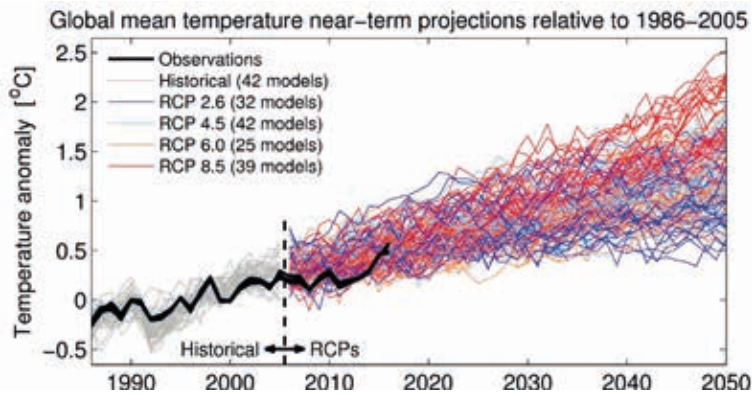
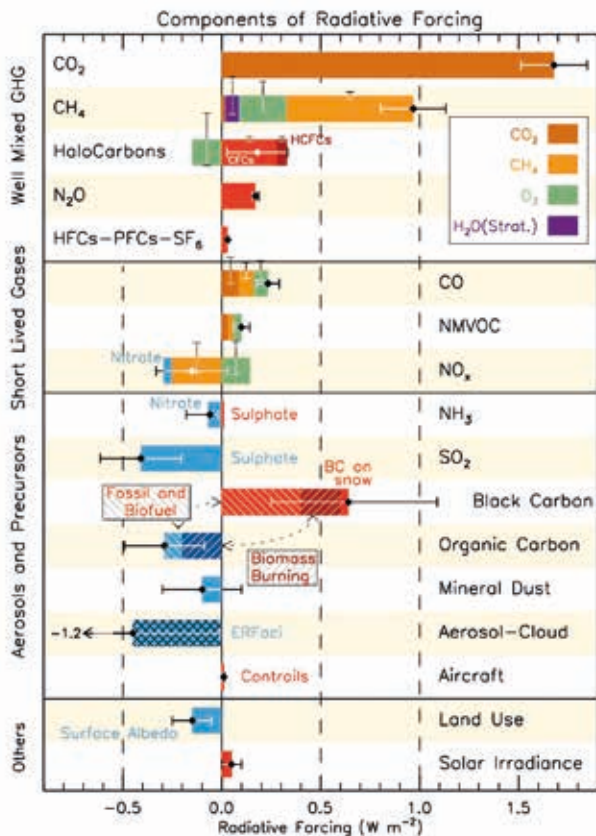
MAAN HEIJASTAVUUDESSA eli albedossa keskeisenä tekijänä ovat pilvet ja Maan pinta. Esimerkiksi tuoreen lumipinnan albedo on jopa yli 80 %, kun taas meren albedo on noin 6 %. Maan kokonaisalbedo on noin 30–35 %, josta suurin osa aiheutuu pilvistä. Pilvisyyteen

vaikuttaa vesihöyryn määrä ilmakehässä, mutta vielä tärkeämpiä ovat pilven syntymiseen tarvittavat tiivistymisyhtymet, eli hiukkaset, koska puhdas vesihöyry pystyy muodostamaan pisaroita, kun suhteellinen kosteus on yli 400 %, ja jääkiteitä, kun lämpötila on alle -40 celsiusastetta. Pilven ominaisuudet kuten pisarakoko, olomuoto (jää/neste) ja paksuus vaikuttavat albedoon. Pilvisuus vaihtelee paljon paikallisesti ja ajallisesti johtuen ilmakehän ja valtamerien oskillaatioista.

PIENHIUKKASILLA ON suora vaikutus säteilyyn, koska ne voivat imeä sitä (esim. nokihiukkaset), jolloin ne lämmittävät ilmakehää, tai ne voivat heijastaa sitä (mm. vulkaaniset hiukkaset), jolloin niillä on viilentävä vaikutus. Nokihiukkaset voivat pinnoille laskeutuessaan sulattaa lumi- ja jääpeitteitä. Merkittävin vaikutus hiukkasilla on kuitenkin epäsuorasti, koska niillä on merkittävä rooli pilvien muodostuksessa, jolloin ne voivat voimakkaasti viilentää ilmakehää. Hyviä esimerkkejä globaaleista hiukkasten vaikutuksista ovat isot tulivuorenpurkaukset, jotka ovat jäähdyttäneet koko Maapallon ilmastoa hetkellisesti jopa parin asteen verran.

PIENHIUKKASIA SYNTYY paljon luonnollisista lähteistä (mm. tulivuoret, kasvit, meret ja maastopalot) mutta myös ihmisen toiminnan seurauksena (mm. biomassan poltto, liikenne). Iso osa hiukkasista syntyy vasta ilmakehässä erilaisten höyryjen kondensoitumisessa, jolloin puhutaan sekundäärisistä hiukkasista. Auringon säteily vaikuttaa merkittävästi uusien sekundäärisien hiukkasten syntyyn, koska sen tuottamat kemialliset yhdisteet, kuten otsoni, vaikuttavat höyryjen ominaisuuksiin ja saa ne helpommin kondensoitumaan.

KASVIHUONEKAASUJEN osalta ilmakehän CO₂:n lämmitysvaikutus on arviolta noin 20 %, kun esimerkiksi vesihöyryn lämmitysvaikutus on noin 75 % (Schmidt et al., JGR 2010). Vesihöyry on siis merkittävin kasvihuonekaasu, mut-



IPCC:n raportissa esitetyt ilmastomuutoksen ennusteet ja toteutunut lämpötila (IPCC 2014).

IPCC:n raportissa esitetyt ilmastomuutokseen vaikuttavat tekijät (IPCC AR5).

ta sillä on myös merkittävä rooli pilvien muodostuksessa. Vesihöyryn määrä vaihtelee voimakkaasti ilmakehässä alueellisesti ja sen määrää on myös haastava mitata, koska se voi muuttua muotoaan pilvenmuodostuksessa. On hyvä muistaa, että ihmisen aiheuttamat CO₂-päästöt ovat alle 4 % verrattuna luonnollisiin CO₂ päästöihin (IPCC AR4). Ilmastohistoriassa CO₂-pitoisuus on seurannut lämpötilan muutoksia, koska esimerkiksi meret sitovat ja vapauttavat hiilidioksidia lämpötilan funktiona.

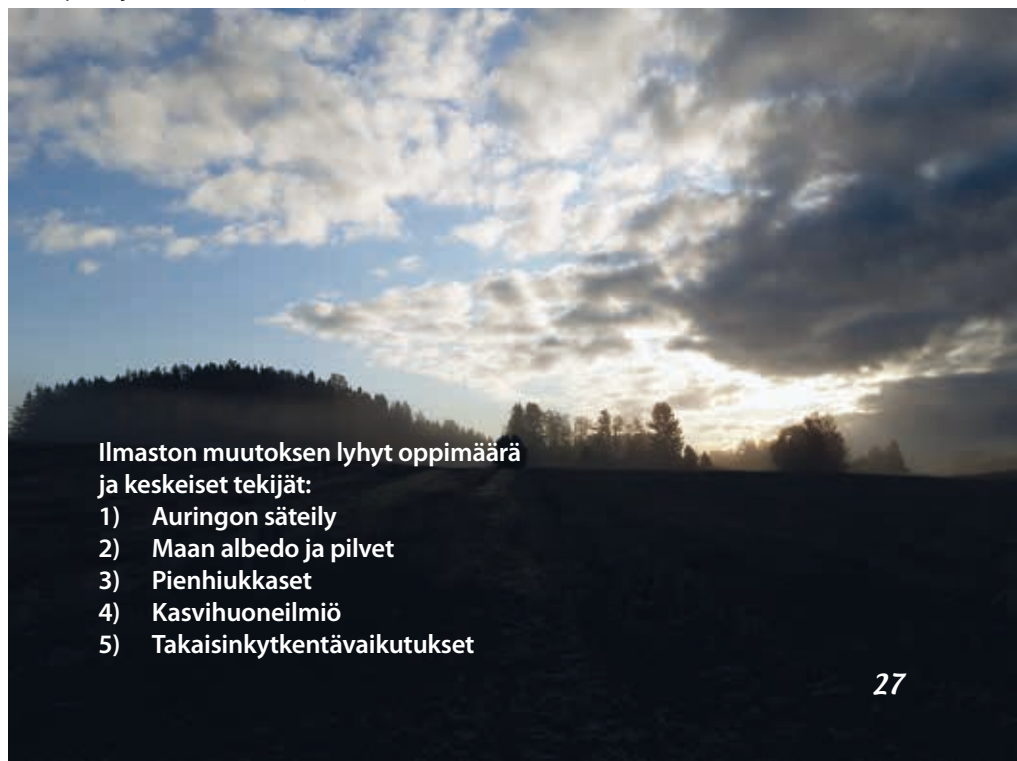
ILMASTON takaisinkytkentämekanismi ovat monimutkaisia, mutta tässä muutama esimerkki niistä. Jos ilmasto lämpenee, veden tasapainohöyrynpaine ilmakehässä kasvaa ja vesihöyryn määrä voi lisääntyä. Tämä voi voimistaa kasvihuoneilmiötä, mutta toisaalta se voi myös viilentää, jos se lisää pilvisyyttä. Lämpötilan muutos voi vaikuttaa hiukkasten luonnollisiin lähteisiin (mm. kasvit, meret), mutta näitä vaikutuksia ei tunneta. Merien lämpeneminen nostaa CO₂ pitoisuutta, koska lämmin vesi pystyy sitomaan vähemmän CO₂:ta. Tiedetään, että lämpötilan ja hiilidioksidin nousu on kiihdyttänyt kasvien hiilensidontakykyä, eli hiilinielua. Kokonaisuuden kannalta merkittävin takaisinkytkentä on vaikutukset pilvisyyteen,

koska pienikin kasvu pilvisyydessä voi aiheuttaa ilmaston viilenemistä.

ILMASTONMUUTOKSESTA on tehty paljon mallinnuksia ja ennusteita, mutta mallien tulokset ovat pääasiassa ennustaneet lämpötilan yläkanttiin (IPCC 2014). Näyttää siltä, että tällä hetkellä ilmastomalleissa ei vielä osata ottaa kaikkia tekijöitä riittävän tarkasti huomioon, jotta mallien tulokset olisivat täysin lu-

tettavia. Täytyy muistaa, että luonnolliset ilmastoon vaikuttavat tekijät jatkavat toimintaansa ja muuttavat osaltaan ilmastoja, vaikka ihmisen tuottamat CO₂ päästöt saataisiinkin rajoitettua. Koska tutkittu ja poliittisesti riippumaton tieto on kriittistä päätöksenteossa, ilmastotutkimusta pitäisi laajentaa ja ottaa nykyistä paremmin huomioon kokonaisuus, jolloin pystyttäisiin tekemään keskeisiä päätöksiä.

Aamupilvet ja sarastus. (Kuva: Sampo Saari)



Ilmastomuutoksen lyhyt oppimäärä ja keskeiset tekijät:

- 1) Auringon säteily
- 2) Maan albedo ja pilvet
- 3) Pienhiukkaset
- 4) Kasvihuoneilmiö
- 5) Takaisinkytkentävaikutukset