

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

Tehtävien ratkaisut

Tehtävät 1–4 ovat automaattisesti tarkistettavia tehtäviä ja ne ovat digikirjassa.

6-1.

Täydennä.

Kasvihuonekaasut luovat ***luonnollisen*** kasvihuoneilmiön. Maa on aikojen kuluessa saavuttanut ***säteilytasapainon*** Auringon ja avaruuden kanssa. Ihmisten toimesta ilmakehään syntyy entistä enemmän ***kasvihuonekaasuja***. Tästä johtuen ilmakehästä heijastuu yhä enemmän ***maapallon*** lähettämää lämpösäteilyä takaisin maanpinnalle. Sen seurauksena maapallon keskilämpötila nousee. Lämpenemistä ja siitä aiheutuvia ilmaston häiriöitä kutsutaan ***ilmastonmuutokseksi***. ***Hiilidioksidi*** on yksi kasvihuonekaasuista. ***Fluoratut*** kasvihuonekaasut (F-kaasut) ovat peräisin ihmisen toiminnoista. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ***ilmastovaikutusta***. ***Nieluiksi*** kutsutaan prosesseja, jotka sitovat kasvihuonekaasuja.

6-2.

Oikein/väärin väittämät

1. Kasvihuonekaasujen määrän kasvaminen ilmakehässä aiheuttaa maapallon lämpötilan kohoamista. ***Kyllä//Ei***
2. Energiantuotanto on yksi syy kasvihuonekaasujen määrän lisääntymiseen ilmakehässä. ***Kyllä//Ei***
3. Ydinvoimalaitoksen päästöt ovat energiantuotannossa pahimpia ilmakehän kannalta. ***Kyllä//Ei***
4. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta. ***Kyllä//Ei***
5. Joillakin aerosoleilla voi olla ilmakehää viilentävä vaikutus ja toisilla ilmakehää lämmittävä vaikutus. ***Kyllä//Ei***
6. Fyysikoilla on suuri merkitys energiantuotannon muuttamisessa kestävä kehityksen mukaiseksi. ***Kyllä//Ei***
7. Jos Maahan tulee säteilyä energiaa enemmän kuin Maasta poistuu avaruuteen, Maan lämpötila kohoaa. ***Kyllä//Ei***
8. Fuusioreaktorit tuottavat nykyään merkittävän osan ihmiskunnan tarvitsemasta energiasta. ***Kyllä//Ei***
9. Aerosolit ovat esimerkiksi pölyhiukkasia ja molekyyliyrppäitä. ***Kyllä//Ei***
10. Hiilinieluinä toimivat Suomessa metsät, joiden puusto ja maaperä. ***Kyllä//Ei***

6-3.

Monivalintatehtävä

Vaihtoehtoja voi olla oikein yksi tai useampi.

- a) Maan ilmakehän merkittävimmät kasvihuonekaasut ovat
 - **vesihöyry**
 - **hiilidioksidi**
 - **metaani**
 - **otsoni**
 - **dityppioksidi.**
- b) Kasvihuoneilmiön voimistumisen seurauksena
 - **maapallon keskilämpötila nousee**
 - maapallon lämpötilan nousun takia tuulet heikkenevät
 - maapallon lämpötila ei juurikaan muutu
 - **meren pinta nousee**
 - **Suomen keskilämpötila on noussut esiteolliseen aikaan verrattuna noin 2 celsiusastetta.**

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

- c) Kasvihuonekaasupäästöjä syntyy
- **teollisuustuotannosta**
 - **asuntojen lämmittämisestä**
 - **sähköntuotannosta**
 - **liikenteestä**
 - **maataloudesta.**
- d) Kestävä kehitys edellyttää
- **fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämistä**
 - tuulienergian rakentamisen rajoittamista, koska vapaasti puhaltava tuuli viilentää
 - **uusiutuvien energiamuotojen lisäämistä energiantuotannossa**
 - fossiilisten polttoaineiden vähentämistä polttamalla
 - **luonnonvarojen järkevää käyttöä tulevia sukupolvia ajatellen.**
- e) Fossiilisia polttoaineita voidaan energiantuotannossa korvata
- **veden potentiaalienergialla**
 - **veden liike-energialla**
 - polttamalla maakaasua
 - **polttamalla puuta**
 - **polttamalla viljan korsia**
 - **geotermisellä energialla.**
- f) Fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa
- **aiheuttaa vesistöjen happamoitumista**
 - **lisää terveydelle haitallisten pienhiukkasten määrää hengitysilmassa**
 - **pitää yllä tällä hetkellä korkeaa elintasoja esimerkiksi Suomessa**
 - pitää yllä energian korkeaa hintaa
 - **pitää energian hinnan kohtuullisena.**
- g) Kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat
- rikkidioksidi
 - **hiilidioksidi**
 - **metaani**
 - klooratut kaasut.
- h) Hiilidioksidiekvivalentti
- kuvaa nimensä mukaisesti vain hiilidioksidin ilmastovaikutusta
 - **kuvaa ihmisen tuottamien muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin ilmastovaikutusta suhteessa hiilidioksidiin**
 - **lyhennetään CO₂ ekv.**
 - **huomioi eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutukset kasvihuoneilmiön voimistumisessa, hiilidioksidin kerroin on 1.**

6-4.

Yhdistä	
säteilytasapaino	vakiolämpötila
Auringon säteily	läpäisee hyvin ilmakehän
maaperän säteily	läpäisee huonosti ilmakehän
aerosolit	ilmakehän pienhiukkasia
vesihöyry ja metaani	kasvihuonekaasuja
terästeollisuus	kasvihuonekaasujen ilmastovaikutus
hiilinielu	metsä

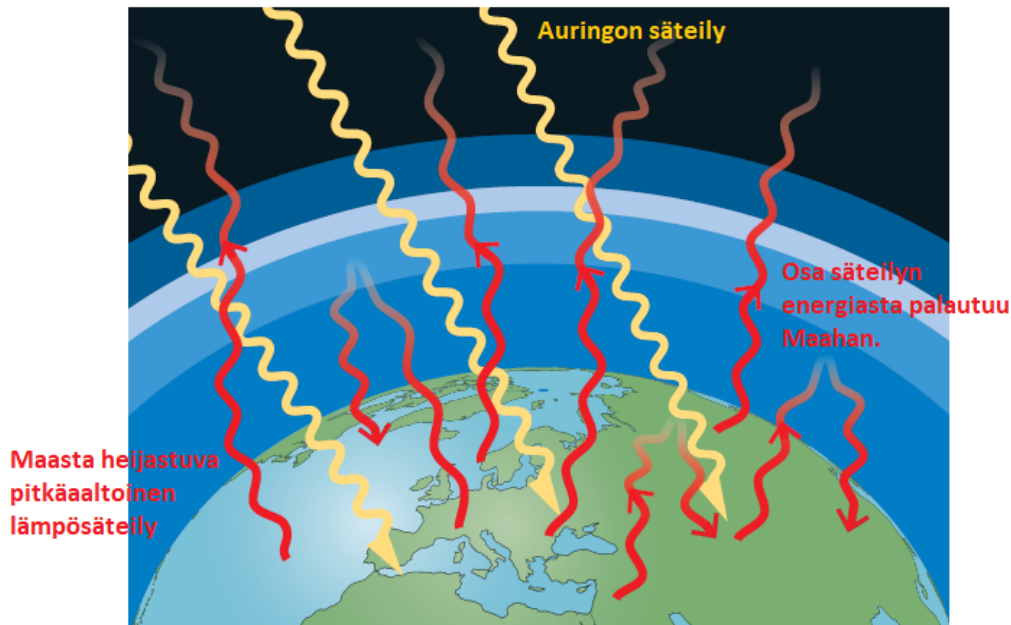
Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

6-5.

Auringosta maanpinnalle tuleva sähkömagneettinen säteily sisältää ultraviolettisäteilyn, näkyvän valon sekä koko infrapunasäteilyn aallonpituusalueen. Maanpinta lähettää vain pitkäaaltoista infrapunasäteilyä.

6-6.

- a) Ilmakehässä olevat kasvihuonekaasut päästävät valtaosan Auringon sähkömagneettisesta säteilystä Maahan. Lämmennyt maaperä lähettää pitkäaaltoista infrapunasäteilyä (lämpösäteilyä), joka ei läpäise ilmakehän kasvihuonekaasuja yhtä hyvin kuin lyhyet aallonpituudet. Infrapunasäteily vuorovaikuttaa kasvihuonekaasujen kanssa niin, että ilmakehä ja kaasut lämpenevät ja osa säteilyn energiasta palautuu Maahan.



Kuva: Pertti Heikkilä

Maapallon keskilämpötila olisi 20–30 °C alempi, jos kasvihuonekaasuja ei olisi. Aikojen kuluessa on syntynyt tasapainotila, jolloin maapallon lämpötila pysyy likimain vakiona, koska maapallolle tulee yhtä paljon säteilyenergiaa kuin samassa ajassa energiaa poistuu.

- b) Kasvihuoneilmiö voimistuu, kun pitkäaaltoista infrapunasäteilyä vastaanottavien kaasujen määrä ilmakehässä kasvaa. Tällöin avaruuteen poistuvan säteilyn osuus pienenee, ja maanpinnalle palautuvan säteilyn osuus kasvaa. Ilmakehän ja koko maapallon lämpötila kohoaa vähitellen.
- c) Ympäristön kannalta pahimmat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi (CO_2), dityppioksidi (N_2O), metaani (CH_4) ja ns. F-kaasut eli fluoratut kasvihuonekaasut.

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

- d) Kasvihuonekaasupäästöjä syntyy teollisuustuotannosta, asuntojen lämmittämisestä, sähköntuotannosta, liikenteestä sekä maataloudesta ja ruuan tuotannosta.

Hiilidioksidia ja dityppioksidia pääsee ilmaan voimalaitoksista, teollisuuslaitoksista sekä liikenteestä.

Metaania pääsee ilmakehään soilla ja kosteikoilla sekä kaatopaikoilla, maataloudessa, jäteveden puhdistamisessa sekä hieman energiantuotannossa.

Ilmakehän F-kaasut ovat peräisin ihmisten toimista, eikä kaasuilla ole luontaisia päästölähteitä. Fluorattuja kasvihuonekaasuja (F-kaasuja) käytetään mm. kylmä- ja ilmastointilaitteissa sekä lämpöpumpuissa. F-kaasut koostuvat useasta kemiallisesta yhdisteestä. Niitä ovat mm, fluorihiiilivedyt (HFC-yhdisteet) perfluorihiiilivedyt (PFC-yhdisteet), rikkiheksafluoridi (SF_6) sekä typpitrifluoridi (NF_3)

F-kaasupäästöt ovat verrattain vähäisiä, mutta niiden ilmakehää lämmittävä vaikutus on suuri suhteessa muihin kasvihuonekaasuihin.

- e) Kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä ovat kasvaneet, mikä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja lämmittää ilmastoa. Tätä lämpenemistä ja siitä aiheutuvia ilmaston häiriöitä kutsutaan ilmastomuutokseksi. Ilmakehän häiriöitä ovat esimerkiksi tuulten voimistuminen, myrskyjen yleistyminen ja voimistuminen ja sateiden muuttuminen niin, että rankkasateet tietyillä alueilla ovat lisääntyneet. Toisaalta joillakin alueilla on haittaa sateiden vähenemisestä ja tämän aiheuttamasta kuivuudesta.
- f) Ihminen voi omalta osaltaan estää kasvihuoneilmiön voimistumista mm. seuraavasti:
- Liikkumisessa tulee suosia kävelemistä, polkupyöräilyä ja joukkoliikennettä mopeden, moottoripyörien ja henkilöautojen sijasta.
 - Osa automatkoista ja lentomatkoista voidaan korvata junamatkoilla. Junien kasvihuonekaasupäästöt ovat vähäisiä muihin vaihtoehtoihin verrattuna.
 - Lomamatkailussa kotimaisia kohteita pitäisi suosia enemmän lentokoneilla tehtävän kaukomatkailun sijaan.
 - Kertakäyttötuotteiden kulutusta tulee vähentää. Joitakin kertakäyttötuotteita voi ottaa toistuvaan käyttöön. Esimerkiksi monet muoviset elintarvikkeiden pakkausrasiat sopivat pakastamiseen.
 - Kotona harvoin tarvittavat työkalut ja muut laitteet tai tavarat voi monissa tapauksissa vuokrata tai lainata.
 - Nykyään useimmat kulutustavarat tehdään helposti kierrätettäviksi. Esimerkiksi käytöstä poistetut sähkölaitteet kuten matkapuhelimet, tulee viedä elektroniikkaromun kierrätyspisteisiin. Samalla kun luonnon raaka-aineita säästyy, myös valmistusmateriaalien käsittelyssä säästyy energiaa ja siten kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähenevät. Syömiseen liittyviä tapoja on mahdollista muuttaa ilmakehää vähemmän rasittaviksi.
 - Ruokaa tulee hankkia sen verran kuin sitä syödään. Ruokahävikki aiheuttaa vauriissa maissa paljon kasvihuonekaasujen päästöjä.
 - Ravintona kannattaa käyttää lähellä tuotettua ruokaa kuljetusten aiheuttamien haittojen vähentämiseksi.
 - Kasvikunnan tuotteiden lisääminen ruokavalioon ja samalla lihan ja maitotuotteiden vähentäminen on ilmakehän kannalta hyvä ratkaisu.
 - Myös kasvikunnan eri tuotteiden tuotannon välillä on eroja kasvihuonekaasujen päästöissä. Esimerkiksi kotimainen peruna on lähellä tuotettua ruokaa, lisäksi perunan tuotanto aiheuttaa selvästi vähemmän kasvihuonekaasujen päästöjä kuin riisin tuotanto. Riisipellot ovat merkittäviä metaanilähteitä.

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

6-7.

- a) Ilmaston lämpenemisellä on esimerkiksi seuraavia haitallisia vaikutuksia.
- Mannerjäätiköt sulavat, minkä seurauksena merenpinta nousee ja asuttuja rannikkoalueita ja kokonaisia saariryhmiä jää veden alle.
 - Vuoristojen pysyvät jääpeitteet vähenevät ja katoavat, ja samoin käy vuorten rinteiden sulamisvesille. Nykyään elinkelpoiset alueet vuorten rinteillä vähenevät vesipulan takia.
 - Pohjoisen napa-alueen jäiden sulaminen aiheuttaa jään olemassaolosta riippuvaisten eläimien elinalueiden pienenemisen ja eläinten määrän vähenemisen. Samalla esimerkiksi grönlantilaisten elinolosuhteet muuttuvat, kun osa ravinnosta katoaa.
 - Tuulet lisääntyvät ja hirmumyrskyt muuttuvat yhä tavallisemmiksi ja voimakkaammiksi.
 - Kuivuus ja metsäpalojen riski kasvavat.
 - Trooppiset taudit lisääntyvät ja leviävät entistä laajemmille alueille.
 - Esimerkiksi edellä mainituista syistä elinkelpoinen maa-ala pienenee, ja ihmiset joutuvat jättämään kotiseutunsa.
 - Ilmaston lämpeneminen sulattaa ikirouta-alueita, jolloin esimerkiksi Siperian valtavat suoalueet vapauttavat lisää kasvihuonekaasuja ilmakehään. Sama voi tapahtua myös merenpohjassa sen lämmetessä.
 - Muutoksista aiheutuvat suuret kustannukset.
 - Ilmastopakolaisuus lisääntyy.
- b) Suomessa ilmastonmuutos merkitsee keskilämpötilojen kohoamista. Näin ollen Suomessa satokausi pitenee, rakennusten lämmityksen tarve sekä talvisin lumen määrä vähenee. Lumen puute vaikuttaa syksyjen valoisuuteen ja syystalvesta tulee pimeämpi. Tuulet ja sateet lisääntyvät ja voimistuvat, varsinkin syksyisin ja talvisin. Kesäisin voimakkaiden hellejaksojen todennäköisyys kasvaa. On myös mahdollista, että Suomenlahden vedenpinta nousee hieman. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös kasvien ja eläinten ekosysteemiin. Toisaalta ilmastonmuutoksen vaikutusta Golf-virtaan ei osata ennustaa, joten Suomen ilmasto saattaa myös viilentyä.

6-8.

- a) Ilmassa leijuvia pienhiukkasia ovat esimerkiksi tie- ja maapöly, noki, tiesuola, vesihöyry, hiilipöly, rikkihiukkaset ja erilaiset molekyyliyröppäät. Pienhiukkasten määrän kasvuun ovat vaikuttaneet mm. fossiilisten polttoaineiden käytön, liikenteen, puun pienpolton sekä metsäpalojen lisääntyminen.
- b) Auringon säteily enimmäkseen heijastuu tai siroaa puhtaasta lumesta. Heijastumisessa ja siroamisessa aallonpituus ei muutu, joten säteilyn lyhytaaltainen osuus läpäisee suurimmaksi osaksi ilmakehän ja poistuu avaruuteen.

Lumen pinnalla oleva hiilipöly lisää maapallon ilmaston lämpenemistä seuraavasti:

- Hiilipöly sitoo tehokkaasti säteilyenergiaa joka muuntuu lämmöksi.
- Hiilipölyn lähettämä pitkäaaltoinen infrapunasäteily sitoutuu ilmakehään, jolloin ilmakehä lämpenee enemmän kuin säteilyn heijastuessa ja siroessa puhtaasta lumesta.
- Hiilipölyn vastaanottama energia sulattaa lunta ja jäätä, jolloin lumettoman maan ja jäätönmän veden pinta-ala kasvaa. Tämä vähentää tulevan säteilyn heijastumista ja siroamista.
- Lumen ja jään peittämän pinta-alan väheneminen lisää edelleen säteilyenergian sitoutumista maanpintaan ja veteen, ja samalla pitkäaaltoisen infrapunasäteilyn voimistumista.

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

6-9.

- Hiilidioksidiekvivalentti (CO_2 ekv.) kuvaa ihmisen tuottamien muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin lämmitysvaikutusta tietyssä ajassa suhteessa hiilidioksidiin. Hiilidioksidiekvivalentissa on huomioitu eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen.
- GWP-indeksi (Global Warming Potential) kuvaa kasvihuonekaasun vaikutusta ilmaston lämpenemiseen suhteutettuna hiilidioksidin vaikutukseen. Hiilidioksidin GWP-indeksi on 1. Se on suhteutettu 100 vuoden ajanjaksolle. GWP-indeksillä mitattuna esimerkiksi F-kaasut ovat satoja tai jopa kymmeniä tuhansia kertoja hiilidioksidia voimakkaampia kasvihuonekaasuja. IPCC:n käyttää arviointiraporteissaan seuraavia GWP-indeksejä: metaani 25, dityppioksidi 298, F-kaasut kaasusta riippuen noin 12 - 22 800.

Hiilidioksidiekvivalentti lasketaan kertomalla kasvihuonekaasun massa kaasun GWP-indeksillä. Esimerkiksi 1 tonni metaania on ilmastovaikutukseltaan 25 t CO_2 -ekv.

6-10.

- Nieluilla tarkoitetaan prosesseja, jotka sitovat kasvihuonekaasuja. Hiilinielulla tarkoitetaan yleensä metsiä, joiden puusto ja maaperä sitovat ilmasta hiilidioksidia.
- Puut ja muu kasvillisuus sitovat fotosynteesissä Auringon säteilyenergiaa kemialliseksi energiaksi. Puut saavat yhteyttämiseen tarvitsemansa hiilidioksidin ilmasta ja veden juurien kautta maasta. Osa hiilidioksidista sitoutuu puiden kautta maaperään. Kun puut ottavat ilmasta hiilidioksidia, ilmakehän hiilidioksidipitoisuus pienenee; näin tapahtuu kun ilma on riittävän lämmin. Huhtikuun lopusta lokakuulle puut yhteyttävät tehokkaammin ja hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä laskee. Talvikaudella puut eivät juurikaan ime ilmasta hiilidioksidia, joten sen määrä ilmassa kasvaa. Kun talvi hyödyttää yhteyttämisen Pohjolassa, maailman ilmakehän hiilidioksidipitoisuus kasvaa. Kesällä maapallon hiilidioksidipitoisuus pienenee Havaijilla asti.

6-11.

- Kivihiilellä tuotetun sähkön hiilidioksidipäästöt aurinkopaneeleilla tuotettuun sähköön verrattuna ovat $\frac{888 \text{ g CO}_2/\text{kWh}}{85 \text{ g CO}_2/\text{kWh}} \approx 10\text{-kertaiset}$.
- Ruskohiilellä tuotetun sähkön hiilidioksidipäästöt ovat $\frac{1069 \text{ g CO}_2/\text{kWh}}{28 \text{ g CO}_2/\text{kWh}} \approx 38\text{-kertaiset}$ verrattuna uraanilla tuotetun sähkön elinkaaren aikaisiin CO_2 -päästöihin.

6-12.

Simulaatiot mallintavat maapallon keskilämpötilan muutosta. Simulaatiot osoittavat, että kaikkialla maapallolla lämpötila on kohonnut. Eniten lämpötila on kohonnut pohjoisella pallonpuoliskolla, Euroopassa ja Lähi-idässä. Suomen keskilämpötila on noussut noin 2 celsiusastetta esiteolliseen aikaan verrattuna.

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

6-13.

- a) Arvioidaan kuvan ylimmän sektorin eli Sektorit yhteensä avulla, että päästöistä noin 82 % oli hiilidioksidia, 8 % metaania, 8 % dityppioksidia ja 2 % F-kaasuja.
- b) Suurimmat
 - i. hiilidioksidipäästöt ovat energiasektorilla ja
 - ii. metaanipäästöt jätteiden käsittelyssä.
- c) Hiilidioksidipäästöt olivat metaanipäästöihin verrattuna noin $\frac{0,82 \cdot 56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ ekv.}}{0,08 \cdot 56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ ekv.}} \approx 10$ -kertaiset.
- d) F-kaasuja syntyi teollisuusprosesseissa ja tuotteiden käytössä.
- e) Maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä yli puolet oli dityppioksidipäästöjä (58 %) ja metaanipäästöjä noin 40 %. Hiilidioksidipäästöt olivat noin 2 %.
- f) Energiasektorin päästöt olivat kokonaispäästöistä $\frac{42,2 \text{ milj. t CO}_2 \text{ ekv.}}{56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ ekv.}} \approx 75 \%$.
- g) Päästöt yhtä suomalaista kohden olivat noin $\frac{56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ -ekv.}}{5,52 \text{ milj.}} \approx 10 \text{ t CO}_2 \text{ -ekv.}$ eli 10 hiilidioksidiekvivalenttitonnia.
- h) Päästöt
 - i. vuonna 2019 olisivat $1,02 \cdot 56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ -ekv.} \approx 57,6 \text{ milj. t CO}_2 \text{ -ekv.}$ ja
 - ii. vuonna 2025 olisivat $1,02^7 \cdot 56,5 \text{ milj. t CO}_2 \text{ -ekv.} \approx 64,9 \text{ milj. t CO}_2 \text{ -ekv.}$

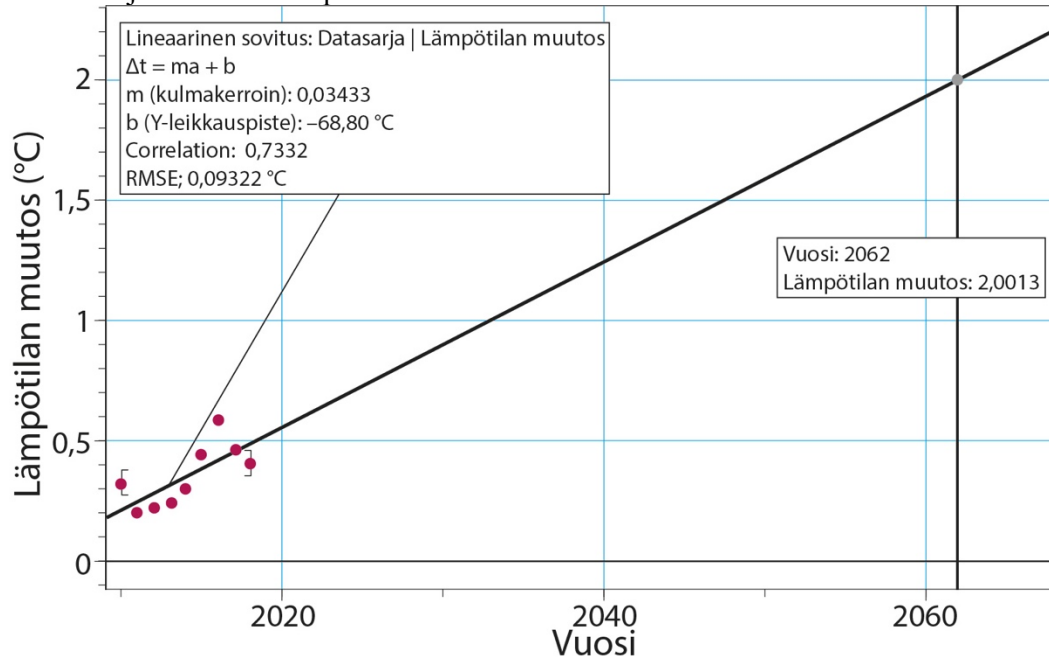
6-14.

- a) Teollinen vallankumous alkoi 1700-luvun tekstiiliteollisuudesta Britanniasta, ja tällöin opittiin hyödyntämään fossiilisia polttoaineita kuten kivihiiltä. Tähän asti energiaa oli tuotettu puuta polttamalla, joka oli tehoton ja paljon ihmistyötä vaativa tapa tuottaa energiaa. Kivihiilestä tuli Britanniassa höyrykoneiden energialähde, ja tämä sai hiilidioksidipäästöt kasvuun. 1900-luvun alkupuolelle asti Britannia oli globaalisti vastuussa ilmakehän lisääntyneestä hiilidioksidista.
- b) Sähkö- ja polttomoottorien keksiminen ja käyttöönotto aikaansai toisen teollisuusaallon etenkin Saksassa ja Yhdysvalloissa. Öljylähteiden löytymisen jälkeen öljy ohitti polttoaineen käyttömäärissä kivihiilen. Öljyn etu oli helppo käytettävyyys polttomoottoreissa. Näin hiilidioksidipäästöt lisääntyivät nopeasti. Vuodesta 1911 lähtien näihin päiviin asti suurinta vastuuta ilmakehän lisääntyneestä hiilidioksidista on kantanut Yhdysvallat.
- c) Kiinan hiilidioksidikaasupäästöt alkoivat kasvaa voimakkaasti 1980-luvulla. Tällöin alkoi digitaalisen vallankumouksen aika. Kiinan hiilidioksidipäästöt kasvoivat nopeasti, ja vuonna 2015 Kiina nousi toiseksi suurimmaksi hiilidioksidipäästöjen aiheuttajaksi Yhdysvaltain jälkeen. Vuonna 2017 Kiinan hiilidioksidipäästöt olivat suuremmat kuin Yhdysvaltojen.

Luku 6: Energiantuotannon ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

6-15.

- Mittausten mukaan keskilämpötila vaihtelee vuosittain ja myös pitemmissä jaksoissa. Esimerkiksi vuosien 1880 ja 1940 tienoilla on ollut lämpimiä vuosia. Viileät ajanjaksot osuvat esimerkiksi vuosien 1910 ja 1970 tienoille. Kuvaajasta havaitaan, että pitkällä aikavälillä maapallon keskilämpötila kohoaa, ja kohoamisnopeus kasvaa koko ajan viileämpien kausien välillä.
- Mittausohjelmassa mittauspisteisiin on sovitettu suora.



Kuva: Pertti Heikkilä

Ekstrapoloimalla voi ennustaa, että vuonna 2062 maapallon lämpötila on kasvanut 2 celsiusastetta vuosien 1951 - 1980 tasoon verrattuna.