

## TEHTÄVIEN RATKAISUT

**16-1.** Auringosta maanpinnalle tuleva sähkömagneettinen säteily sisältää ultraviolettisäteilyä, näkyvän valon sekä koko infrapunasäteilyn aallonpituusalueen. Maanpinta lähettää vain pitkäaaltoista infrapunasäteilyä.

**16-2.** a) Kasvihuoneilmiö selitetään seuraavasti:

- Auringon säteily lämmittää maaperää, joka ottaa vastaan osan Auringon lähettämästä sähkömagneettisesta säteilystä.
- Lämmennyt maaperä lähettää pitkäaaltoista infrapunasäteilyä, joka ei läpäise ilmakehän kasvihuonekaasuja yhtä hyvin kuin lyhyet aallonpituudet.
- Kaasut lämpenevät ja lähettävät säteilyä takaisin maahan.
- Maapallon keskilämpötila olisi 20–30 °C alempi, jos kasvihuonekaasuja ei olisi.
- Ilmiötä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi.
- 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 kasvaa ilmakehässä. Tällöin avaruuteen poistuvan säteilyn osuus pienenee, ja maanpinnalle palautuvan säteilyn osuus kasvaa. Ilmakehän ja koko maapallon lämpötila kohoaa vähitellen.

c) 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.

**d)** Ihminen voi omalta osaltaan estää kasvihuoneilmiön voimistumista mm. seuraavasti:

- Liikkumisessa tulee suosia kävelemistä, polkupyöräilyä ja joukkoliikennettä mopediin, 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.

Ruokaan liittyviä tapoja on mahdollista muuttaa ilmakehää vähemmän rasittaviksi:

- Ruokaa tulee hankkia sen verran kuin sitä syödään. Ruuan poisheittäminen aiheuttaa vauriassa maissa paljon kasvihuonekaasujen päästöjä.
- Ravintona kannattaa käyttää lähellä tuotettua ruokaa kuljetusten aiheuttamien haittojen vähentämiseksi.
- Kasvikunnan tuotteiden lisääminen ruokavalioon ja samalla lihan 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.

**16-3.** a) Oikein.

b) Oikein.

c) Oikein.

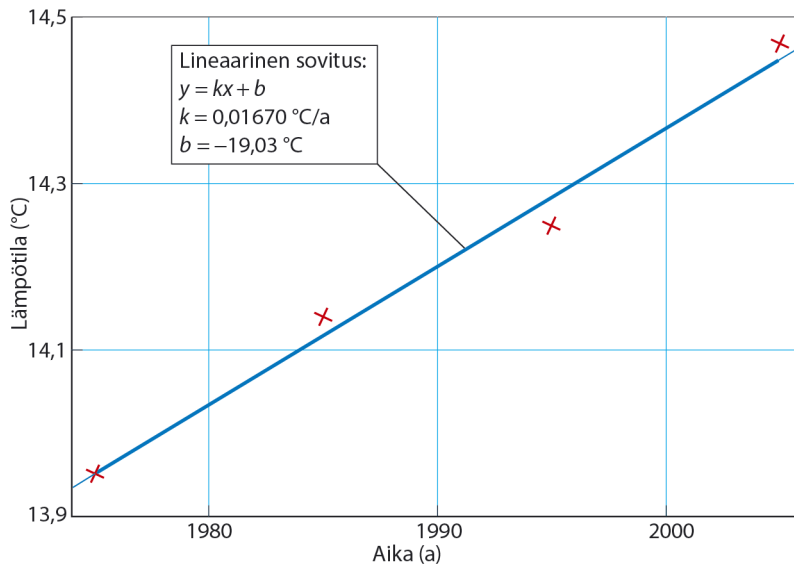
d) Oikein.

**16-4.** a) Mittausten mukaan keskilämpötila vaihtelee vuosittain ja myös pitemmissä jaksoissa. Esimerkiksi vuosien 1880 ja 1940 tienoilla on ollut lämpimiä vuosia. Viileät ajanjaksot osuvat vuosien 1910 ja 1970 tienoille. Kuviosta havaitaan, että pitkällä aikavälillä maapallon keskilämpötila kohoaa, ja kohoamisnopeus kasvaa koko ajan viileämpien kausien välillä. Huomataan, että 13 vuosikymmenen aikana 1881–2010 lämpötila on kohonnut keskimäärin  $0,0579\text{ °C}/10\text{a}$  eli  $0,00579\text{ °C}/\text{a}$  ja neljän vuosikymmenen aikana 1971–2010 selvästi edellistä ajanjaksoa nopeammin (kohta b).

b) Vuosikymmenien 1971–2010 keskilämpötilat ovat kuvaajan mukaan likimain seuraavat (suluissa vuosikymmentä esittävä vuosiluku kuvaajassa):

Vuosikymmen	1971– (1975)	1981– (1985)	1991– (1995)	2001– (2005)
Keskilämpötila $t$ (°C)	13,95	14,12	14,25	14,47

Viedään taulukon arvot mittausohjelmaan ja sovitetaan pisteiden kautta suora:



Mittausohjelman mukaan lämpötila kohosi vuosina 1971–2010 keskimäärin  $0,01670 \text{ } ^\circ\text{C/a}$ .

**16-5.** 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 elinkeltoiset alueet vuorten rinteillä vähenevät vesipulan takia.
- Pohjoisen napa-alueen jäiden sulaminen aiheuttaa jään olemassaolosta riippuvien eläinten elinalueiden pienenemisen ja eläinten määrän vähenemisen. Samalla esimerkiksi Grönlannin ihmisten elinolosuhteet muuttuvat, kun osa ravinnosta katoaa.
- Tuulet lisääntyvät ja hirmumyrskyt muuttuvat yhä tavallisemmiksi ja voimakkaammiksi.
- Trooppiset taudit lisääntyvät ja leviävät entistä laajemmille alueille.
- Esimerkiksi edellä mainituista syistä elinkeltoinen maa-ala pienenee, ja ihmiset joutuvat jättämään kotiseutunsa.

- Ilmaston lämpeneminen sulattaa ikeirouta-alueita, jolloin esimerkiksi Siperian valtavat suoalueet vapauttavat lisää kasvihuonekaasuja ilmakehään. Sama voi tapahtua myös merenpohjassa sen lämmitessä.

**16-6.** 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 sirotessa puhtaasta lumesta.
- Hiilipölyn vastaanottama energia sulattaa lunta ja jäätä, jolloin lumettoman maan ja jäätönn 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.

**16-7. a)** Biopolttoaineiden kuten palmuöljyn hyvä puoli on, että ne ovat peräisin uusiutuvista energialähteistä. Biopolttoaineilla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita. Öljypalmujen käytöllä energian tuotannossa on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta etua verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin vain jos palmut istutetaan ennestään avoimille paikoille. Öljyä poltettaessa ilmakehään vapautuu hiilidioksidia, jota palmut sitovat kasvaessaan. Palmuöljyä saadaan öljypalmun siemenistä. Hehtaarin viljelmältä saadaan noin 10000 kg:n siemensato, josta saadaan öljyä noin 3000 kg. Palmuöljyä tuotetaan pääasiassa Kaakkois-Aasian maissa öljypalmuplantaaseilla.

Palmuöljyn tuotannossa huono puoli on, että kasvava palmuöljyn tuotanto vaatii paljon lisää palmujen kasvatukseen sopivaa maa-alaa. Tämä on johtanut sademetsien hävittämiseen palmujen tieltä. Sademetsät ovat tehokkaimpia hiilen (hiilidioksidin) sitoja, joten sademetsien väheneminen vapauttaa hiiltä ja samalla hiilidioksidia ilmakehään ja näin nopeuttaa kasvihuoneilmiötä ja siten ilmakehän lämpenemistä. Sademetsien korvaaminen öljypalmuplantaaseilla ja niillä tuotetun öljyn käyttö polttoaineena on esimerkiksi ilmakehän kannalta huomattavasti vaihtoehto kuin fossiilisten polttoaineiden käyttö.

**b)** Suomalaiset tutkijat ovat kehittäneet tavan tuottaa autoihin soveltuvia biopolttoaineita metsäteollisuuden jätteistä, kuten risuista, kannoista ja mäntyöljystä, jota syntyy sellun valmistuksessa.

**c)** Metsäteollisuuden jätteiden käyttö ei aiheuta metsän hakkuita, kuten palmuöljyn tuotannossa tehdään. Metsäteollisuuden jätteet ovat uusiutuvaa energiaa. Jätteet hajotessaan tuottaisivat joka tapauksessa hiilidioksidipäästöjä. Polttoaineina käytettäessä päästöt eivät lisääny verrattuna luonnossa tapahtuvaan hajoamiseen. Metsäjätteiden käyttö on kestävä kehityksen kannalta parempi vaihtoehto kuin palmuöljyn käyttö.

**16-8. a)** Kivihiilivoimalaitosten haittoja ovat suuret rikki-, hiilidioksidi- ja typpioksidipäästöt. Päästöt aiheuttavat ilmakehän lämpenemistä, maaperän ja vesistöjen happamoitumista sekä terveydellisiä haittoja.

**b)** Ydinvoimalaitoksen suurin haitta on onnettomuuksien riski. Onnettomuuden tapahtuessa reaktorista voi päästä ympäristöön radioaktiivisia aineita, joilla on terveydellisiä vaikutuksia ihmisiin ja haittavaikutuksia luontoon. Ydinsäteily aiheuttaa perimän muutoksia ja lisää syövän riskiä. Ydinvoimalaitosten käytetyn polttoaineen varastointi on myös haittatekijä. Radioaktiiviset jätteet pitää varastoida syväälle maaperään hyvin pitkiksi ajoiksi.

Ainoa päästö, jonka ydinvoimala toimiessaan tuottaa, on lämmin vesi, joka lämmittää vesistöjä, tai vesihöyry, joka kohoaa ilmakehään. Vesihöyry on kasvihuonekaasu. Toisaalta vesihöyry pilvimuodostelmina heijastaa Auringon säteilyä takaisin avaruuteen joten vesihöyryllä voi olla myös ilmakehää viilentävä vaikutus.

**c)** Tuulivoimalaitoksesta syntyy päästöjä ilmakehään vain sen valmistusprosesseissa. Käytön aikana tuulivoimalat tuottavat meluhaittaa, joten niiden rakentamista asutusten lähelle vältetään.

**d)** Vesivoimalaitoksesta syntyy päästöjä vain sen rakennusvaiheessa. Vesivoimalaitoksen haittoja ovat veden varastoaltaiden valtaama tila maa-alueilta. Padot estävät kalojen nousun ylävirtaan, mistä on haittaa kalataloudelle. Tätä haittaa on vähennetty rakentamalla kaloille patojen vierelle kalaportaita, joiden kautta kalat voivat liikkua patojen ohi jokien ylävirroilla oleville lisääntymispaikoilleen.