

Ilmansuojelu



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

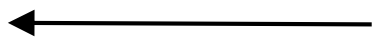
kierto-
talous
AMK
CIRKULÄR EKONOMI YH
CIRCULAR ECONOMY UAS



Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö

Ilman- ja ilmastonsuojelu & ilmanlaatu

- ▶ **Ilmasto** on se, mitä odotetaan
- ▶ Sää on se, mitä saadaan
- **Ilmasto** kuvaa jonkin paikan tyypillisiä sääolosuhteita
 - Keskimääräiset arvot
 - Tyypillinen vaihteluväli
- ▶ **Sää** on ilmakehän fysikaalinen tila jollain hetkellä
 - ▶ lämpötila, kosteus, paine, tuuli, sääilmiöt
- ▶ **Ilmanlaatu** kuvaa ilman kemiallista koostumusta
 - ▶ Epäpuhtauksien määrä



Fysiikka



Ilmakehän rakenne



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

Ilman- ja ilmastosuojelu & ilmanlaatu

- ▶ **Ilmasto** on se, mitä odotetaan
- ▶ Sää on se, mitä saadaan

- **Ilmasto** kuvaa jonkin paikan tyypillisiä sääolosuhteita
 - Keskimääräiset arvot
 - Tyypillinen vaihteluväli

- **Sää** on ilmakehän fysikaalinen tila jollain hetkellä
 - lämpötila, kosteus, paine, tuuli, sääilmiöt

- ▶ **Ilmanlaatu** kuvaa ilman kemiallista koostumusta
 - ▶ Epäpuhtauksien määrä



Kemia
Ilmansuojelu



Mitä on ilmansuojelu?

- Ilmansuojelu on aktiivista toimintaa, jolla pyritään ehkäisemään ilman pilaantumista ja siitä aiheutuvien haittojen muodostumista
- Peruskysymyksiä:
 - päästöt ilmaan ja niiden lähteet,
 - päästöjen leviäminen ilmakehässä,
 - päästöjen muutunta,
 - ilmanlaatu ja sen seuranta,
 - epäpuhtauksien vaikutukset,
 - ohjauskeinot

Ilmakehän rakenne

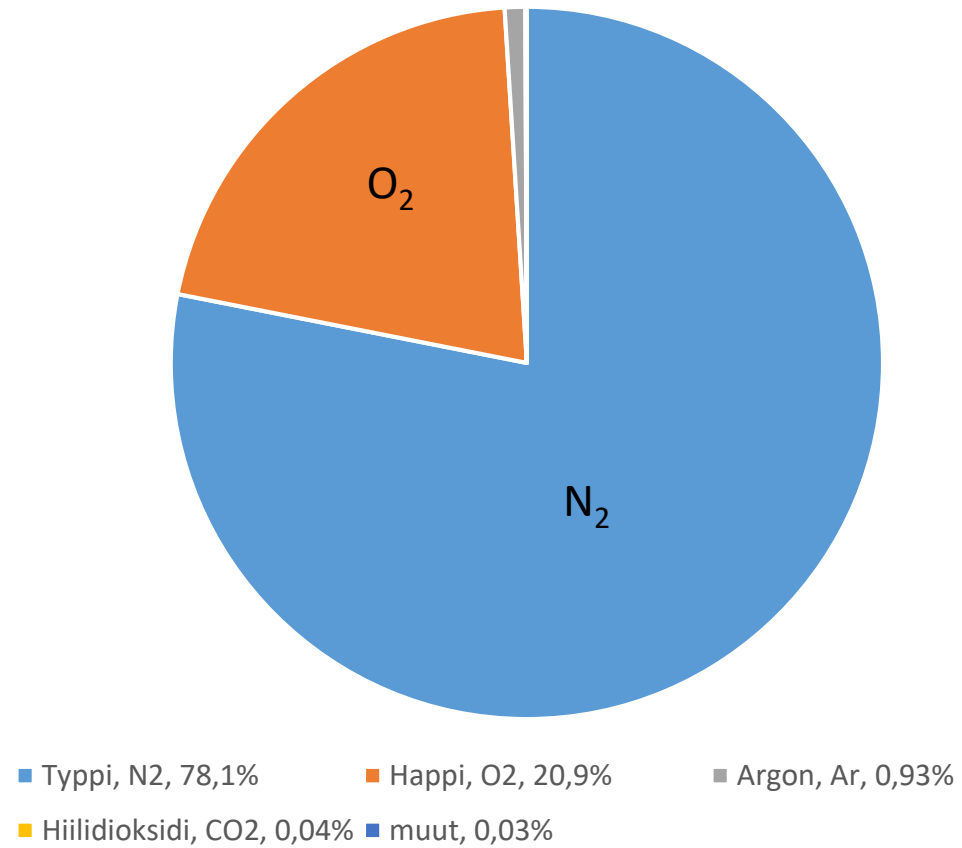
- Kemiallinen koostumus
 - Pääkomponenttien osalta sama koostumus koko alailmakehässä
 - Myös ylempänä koostumus enimmäkseen sama, paitsi otsoni
- Fysikaalinen rakenne

Kemiallinen koostumus

Typpi (N ₂)	78,1 %
Happi (O ₂)	20,9 %
Argon (Ar)	0,93 %
Hiilidioksidi (CO ₂)	~400 ppm * (2013), 0,04 %
Neon (Ne)	18,2 ppm
Helium (He)	5,24 ppm
Metaani (CH ₄)	1,6 ppm
Krypton (Kr)	1,1 ppm
Vety (H ₂)	0,5 ppm
Typpioksiduuli(N ₂ O)	0,3 ppm
Xenon (Xe)	0,087 ppm

* Hiilidioksidipitoisuus vaihtelee paikallisesti ja on kasvussa maailmanlaajuisesti

Kemiallinen koostumus



Typpi N₂

- Inertti
- Hapettumiseen tarvitaan korkeita lämpötiloja ja paineita
- Biosfäärissä tärkeä ravinne, josta puutetta

Happi O₂

- Reaktiivinen
- Ei suuria määriä muiden planeetoiden kaasukehissä
- Ilmakehän happi peräisin kasvien yhteyttämisestä
- Suurin osa maapallon hapesta sitoutuneena hiilidioksidiin, veteen ja maaperään
- Ilmakehässä viipymä n. 2000 vuotta

Jalokaasut

- Erittäin inerttejä
- Helium ja argon hajoamistuotteita radioaktiivisista reaktioista
- Muut kuuluvat maapallon alkuperäiseen koostumukseen
- Helium kevyenä karkaa vähitellen ilmakehästä

Fysikaalinen rakenne

- Paine
- Lämpötila
- Tuuli
- Kosteus
- Sääilmiöt

Paine

- Keskimääräinen paine merenpinnan tasolla 101 325 Pa (1,013 bar = 1013 mbar= 1 atm)
- Usein käytettyjä yksiköjä hPa, mbar
- Paine laskee ylöspäin (aina!)
- Paine laskee kymmenesosaan n. 15 km korkeuteen mennessä
 - siis 90% ilmakehän massasta on 15 km alapuolella

Tiheys

- Ilmakehän tiheys merenpinnan tasolla n. $1,2 \text{ kg/m}^3$

Terminen rakenne

- Ilmakehän lämpötila pysyy keskimäärin vakiona pitkällä aikavälillä.
 - Tai pysyisi, jos ihminen ei toiminnallaan horjuttaisi tasapainoa
 - Todella pitkällä aikavälillä on ollut erilaisia tasapainotiloja
- Auringon säteily vastaa mustan kappaleen säteilyä 6 000 K lämpötilassa.
 - Suhteellisen lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä, jonka maksimi sattuu näkyvän valon alueelle

Tehtävä: Laske maapallon keskilämpötila

$$R_s = I\pi r^2 (1 - A)$$

Maapallolle absorboituva auringonsäteily

$$I_u = \sigma T^4$$

Ulossäteily mustan kappaleen pinnalta Stefanin-Boltzmannin lain mukaan (pinta-alayksikköä kohden)

$$R_u = 4\pi r^2 \sigma T^4$$

Ulossäteily maapallon pinnalta (pallo!)

Koska tasapainotilassa absorboituvan säteilyn ja ulossäteilyn määrä on yhtä suuri, niin $R_s = R_u$.
Jos näin ei ole, maapallo joko jäähtyy tai lämpenee.

Ratkaistaan T yhtälöstä

I maapallolle tulevan auringonsäteilyn intensiteetti
 A albedo eli maanpinnan heijastukyky
 σ Stefanin-Boltzmannin vakio

$$T_e = [I(1 - A) / 4\sigma]^{0,25}$$

$I=1370 \text{ W/m}^2$,

A keskimäärin 33-36%

$\sigma= 5,67051 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$

Tällä kaavalla laskettu efektiivinen lämpötila maapallolle on noin 252 K eli $-21 \text{ }^\circ\text{C}$, mikä on huomattavasti kylmempi kuin maapallon todellinen keskilämpötila (noin $+17 \text{ }^\circ\text{C}$).

Missä vika? Eivätkö fysiikan lait toimi?

Syynä on kasvihuoneilmiö.

Eikä mikään ihmisen aiheuttama vaan luonnollinen.

Ilman sitä meillä olisi aika ankeat olot.

Ilmakehän lämpötila

- Ilmakehän keskilämpötilaan vaikuttaa auringosta saapuvan säteilyn lisäksi kasvihuoneilmiö
- Maan säteilemä pitkäaaltoinen lämpösäteily absorboituu ilmakehään ja myös heijastuu pisaroista ja hiukkasista
 - Voimakkaimmin alailmakehässä
 - Tämäkin on sähkömagneettista säteilyä, mutta eri aallonpituuden vuoksi käyttäytyy ilmakehässä eri lailla kuin näkyvä valo.
 - Kasvihuonekaasut!

Lämpötilan vuorokausivaihtelu


Kuvituskuva lämpötilan
vuorokausivaihtelusta esim.
[http://apollo.lsc.vsc.edu/class
es/idm3020/tut_folder/nick_t
utorial/Images/day.gif](http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/idm3020/tut_folder/nick_tutorial/Images/day.gif)

- Päivän ylin lämpötila yleensä iltapäivällä (15-16)
- Yön alin aamulla auringonnousun jälkeen
- Pilvisuus ja sateet muuttavat
- Meillä talvella auringon suora vaikutus lämpötilaan on lähes olematonta

Lämpötilan vuotuinen vaihtelu

Kuvituskuva lämpötilan
vuotuisesta vaihtelusta esim.
Esim. Wikipedia, Suomen
ilmasto

Ilmakehän kerrokset



Kuvituskuva ilmakehän
kerroksista

Kerrokset määritellään lämpötila-
jakauman mukaan.

Kuvan lähde:

<http://space.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/tutkimus/ilmakeha.html> (7.3.2017)

Troposfääri

- Ilmakehän alin kerros
- Yläraja tropopaussi
 - Navoilla n. 8 ja päiväntasaajalla n. 18 km korkeudessa
- Lämpötila laskee ylöspäin (yleensä)
 - Lämpöenergia tulee maanpinnan lämpösäteilystä
- 90 % ilmakehän massasta
- Pilvet ja sade

Inversio

- Kerros, jossa lämpötila nousee ylöspäin
- Vaikka lämpötila enimmäkseen laskee troposfäärissä ylöspäin, voi välissä olla inversiokerroksia
- Pintainversio
 - Inversion maanpinnan lähellä
 - Yleinen öisin ja talvella
- Inversio vaimentaa tehokkaasti pystysuuntaisia liikkeitä
 - Merkittävä tekijä ilmansaasteiden leviämisen kannalta

Inversio luotauksessa

Kuvituskuva luotauksesta
löytyy netistä esim.
hakusanoilla ”inversion
sounding”

- Kuvassa punainen käyrä on **lämpötila** ja sininen **kastepiste**
- **Kastepiste** kuvaa **ilmakehän kosteutta**
- Vasemman reunan asteikko on ilmanpaine, jolla kuvataan korkeutta maanpinnasta.
- Oikeassa reunassa tuulen suunta ja nopeus

Stratosfääri

- Troposfäärin yläpuolella
- Yläraja stratopaussi, n. 50 km korkeudella
- Lämpötila vakio tai kasvaa korkeuden myötä
 - Valtava inversiokerros
- Pääosa ilmakehän otsonista stratosfäärissä
 - Muodostuu auringon lyhytaaltoisen (UV) säteilyn vaikutuksesta
 - Estää UV-säteilyn pääsyä alempiin ilmakerroksiin
 - Stratosfäärin lämpö UV-säteilyn sitomisesta

Mesosfääri

- Ilma erittäin harvaa, käytännössä lähes avaruutta
- Yläraja mesopaussi, 80-90 km
- Lämpötila laskee n. -100 °C:een
- Tähtenlennot ja meteorit

Termosfääri ja eksosfääri

- Termosfäärissä lämpötila nousee, jopa +2000 °C:een
 - Kineettinen lämpötila kuvaa atomien ja molekyylien liikettä
 - Yläraja n. 500 km
- Eksosfääri pääosin vetyä ja heliumia, jotka vähitellen karkaavat avaruuteen

Ionosfääri ja magnetosfääri

- Limittäin termosfäärin ja eksosfäärin kanssa
- Ilmakehän harvassa yläosassa osa atomeista ionisoituu (hajoaa ytimeksi ja elektroneiksi)
- Magneettikenttä vaikuttaa varautuneisiin hiukkasiin
- Ionosfääri heijastaa radioaaltoja (pitkäaaltoisia)
- Magnetosfääri ohjaa osan aurinkotuulesta maapallon ohi

Video ilmakehän kerroksista

- <https://www.youtube.com/watch?v=PdwVfvzJ6Kw>