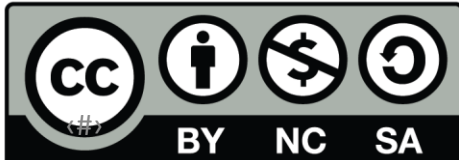


Otsonikato

Otsonikerroksen suojele



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

Otsoni O₃

- Otsoni on kolmeatominen happimolekyyli
- Suurin osa hapesta on ilmakehässä kaksiatomisena O₂
 - Otsonin osuus 3/10 000 000
- Otsonia esiintyy:
 - Alailmakehässä ilmansaasteena, ”paha otsoni”
 - Määrät lisääntyneet
 - Yläilmakehässä luonnollisten prosessien tuloksena ”hyvä otsoni”
 - Otsonikato

Mihin otsonia tarvitaan?

- Otsonin muodostuminen ja hajoaminen Stratosfäärissä sitoo auringon UV-säteilyä
 - Erityisesti UV-C ja UV-B
 - Lyhytaaltoinen säteily on erityisen haitallista
-
- UV-A, aallonpituus 315-380 nm
 - UV-B, 280-315 nm
 - UV-C, 100-280 nm

A – Ageing
B – Burning
C – Cancer

Sähkömagneettinen säteily

Kuvituskuva sähkömagneettisesta spektristä esim. Wikipediasta

Otsonikato

- O3-pitoisuuksien aleneminen stratosfäärissä
 - Otsonikerroksen oheneminen
- Otsonikerros = stratosfäärissä oleva ilmakehän osa, jossa suurin osa otsonista sijaitsee
- 1974 brittitutkijat esittivät eräiden kemikaalien tuhoavan otsonia stratosfäärissä
- Asiasta huolestuttiin 1980-luvulla
- Syynä harmittomina pidetyt kemikaalit

Toimenpiteet

- 1987 Montrealin sopimus otsonikerroksen suojelusta
 - Voimaan 1.1.1989
 - Täydennetty 1990, 1992, 1997, 1999
- Tavoitteena vähentää otsonikerrosta tuhoavien aineiden käyttö puoleen 1995 mennessä
 - Uusissa versioissa lopettaa kokonaan
- Kehitysmaille siirtymäaika 10 vuotta
 - Lisäksi taloudellista tukea
- Päästötavoitteet saavutettu hyvin

Otsonikerrosta ohentavat päästöt

- Kloorifluoratut hiilivedyt [CFC](#)
 - Mm. freonit (Freon on DuPontin tavaramerkki)
 - Toimivat myös kasvihuonekaasuina
 - Ei juuri esiinny luonnossa (pieniä määriä tulivuorista)
 - Käyttö kylmälaitteissa, eristemateriaaleissa, suihkepulloissa, liuottimina
 - Korvattu HCFC- ja HFC-yhdisteillä
 - HCFC Hydrochlorofluorocarbons, vähemmän haitallinen otsonille (vähemmän klooria)
 - Käyttö sallittu kylmälaittehuollossa
 - HFC, Hydrofluorocarbons ei otsonia tuhoavia (ei klooria)
 - Molemmat kasvihuonekaasuja

muuta

- Bromipitoiset aineet
 - Halonit
 - kuten CFC, mutta kloorin tilalla bromi
 - 3-10 kertaa CFC:tä pahempia otsonille
 - Sammuttimet
 - Tuotanto jatkuu kehitysmaissa
 - Metyylibromidi
 - Hyönteismyrkky
 - Merkittäviä luontaisia lähteitä (meret)
- Hiilitetrakloridi CCl₄
 - Liuotin, käyttö loppui 2010
- Trikloorietaani CH₃CCl₃
 - Liuotin, käyttö loppui 2015

ODP

- Ozone Depleting Potential
- Aineen suhteellinen kyky tuhota otsonia
 - Verrattuna trikloorifluorimetaaniin (CFC-11)
 - CFC-11:n ODP = 1
- Merkitystä on myös aineen eliniällä ilmakehässä

Otsonin toiminta

Kuvituskuva esim: Wikipedia, otsonikato, Otsonin luonnollinen synty ja tuhoutuminen

Reaktiot

- $O_2 + (\text{säteily} < 242 \text{ nm}) \rightarrow 2 O$
- $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$
- $O_3 + (\text{säteily } 200\text{--}310 \text{ nm}) \rightarrow O_2 + O$
- $O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$
 - M jokin molekyyli, joka ei muutu reaktiossa, esim. N_2
- Reaktiot voimakkaimpia päiväntasaajalla
- Ilman ihmisvaikutusta reaktiot tasapainossa ja otsonipitoisuudet vakiintuneella tasolla
 - Vuodenaikaisvaihtelut luonnollisia

Otsonin tuhoutuminen

- Cl ja Br (ja muut) voivat toimia katalyytteinä, jotka nopeuttavat otsonin hajoamista, esim.
 - $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
 - $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$
- Cl tai Br vapautuvat CFC- tai muista yhdisteistä UV-säteilyn vaikutuksesta
- Sama atomi voi osallistua reaktioon tuhansia kertoja, kunnes muodostaa jonkun passiivisen yhdisteen
- Otsonia siis muodostuu edelleen, mutta hajoaminen nopeutuu -> pitoisuudet laskevat

Otsonikadon syitä

- Stratosfääriin kulkeutuu vähitellen pitkäikäisiä yhdisteitä, jotka sisältävät otsonia hajottavia aineita
- Pääosin peräisin ihmistoiminnasta
 - Pidettiin vaarattomina
 - ”aktivoituvat” vasta stratosfäärissä

Otsoniaukko (otsoniohentuma)

- Talvipallonpuoliskolla otsonipitoisuudet laskevat napojen lähellä
 - Erityisesti etelänavan ympärillä
 - Polaaripyörre voimakas
 - Pimeän talven aikana ei muodostu otsonia
 - Hajoamien jatkuu, vaikka hitaammin
- Hyvin kylmässä stratosfäärissä muodostuu helmiäispilviä
 - Vapauttavat klooria reserviyhdisteistä jälleen aktiiviseksi

O3 vuotuinen vaihtelu

Kuvituskuva otsonipitoisuuksien vaihtelusta, esim.
http://toms.gsfc.nasa.gov/multi/ozone_time_series.jpg



Otsoniaukon kehitys

- Aikasarja Etelänavan otsonitilanteesta
 - Arvot ovat syys-lokakuulta eli Etelämantereen kevättalvelta ja edustavat vuoden alimpia otsonipitoisuuksia
 - Yksikkönä Dobsonin yksikkö (Dobson Unit, DU)
 - 100 DU tarkoittaa, että 1,013 bar (=1 atm = 101 325 Pa) paineessa ja 15 °C:n lämpötilassa olisi otsonikerroksen paksuus 1,0 mm.
 - Normaali kokonaisotsonipitoisuus olisi pohjoisella pallonpuoliskolla 300–430 DU, päiväntasaajalla noin 260 DU ja eteläisellä pallonpuoliskolla 280–400 DU.
 - [Aikasarja videona](#)

Tulevaisuus

- Otsonia tuhoavien yhdisteiden pitoisuudet **alailmakehässä** laskeneet
- Vaikutuksen näkyminen **yläilmakehässä** kestää
 - Kulkeutuminen stratosfääriin hidasta
 - Aineet pitkäikäisiä -> poistuminen kestää
- Arvio:
 - Tilanne alkaa parantua 2020
 - kunnossa 2060