

# 1. Léggör kutatása, szerkezete

## I. Anyaga, szerkezete

Léggör v. atmoszféra: Földet körülvevő gázburok

- tömegmozgás
- levegő
- véd a meteoroktól, káros sugaraktól
- felsőhatár: kb. 1000 km
- kialakulás: elsődleges léggör → hidrogén, hélium, ammónia ⇒ elillan
- metorbecsapódás → szén-dioxid, víz
- növények → oxigénszint emelkedik
- ózon → felhalm.

### 1. Összetétel:

- gőzök
- gázok
- szilárd

Gázok:

Σ Alapgázok:

- mennyisége hosszúidőn keresztül ua. mard
- oxigén
- nitrogén → vulkanikus eredetű
- nemesgázok → hélium, argon...

Σ Váltógázok:

- mindig jelen vannak, de mennyiségük időnként változik
- szén-dioxid → kis koncentrációban fordul elő  
→ befolyásolja a Föld éghajlatát  
→ földtörténet során kőszén alakult ki belőle, felhalmozódott
- ózon → felszín közelében csak nyomokban  
→ elektromos kisülés + UV sugárzás hatására kel.

Σ Erősen változó gázok:

- mennyiségük órák alatt is változhat
- szén-monoxid
- kén-dioxid
- nitrogén-dioxid

Vendéganyagok:

- vízgőz
- por
- hamu

### 2. Szerkezete:

- fizikai, kémiai tulajdonságok alapján
  - hőmérsékleti sajátosságok alapján
  - szintek közt átmeneti zónák → pauzák
- } szintekre tagoljuk a léggört

Σ alsó léggör:

- legalsó része: Troposzféra → mi is
  - 10-12 km magasságig
  - vízgőztartalom 99%-a itt van
  - időjárási jelenségek
  - közlekedés
  - léggör tömegének 80%-t ez teszi ki

100 m-enként 0,5 °C-ot csökken a hőm.

- középső része: Tropopauza
- legfelső része: Sztratoszféra
  - ózon-felhalmozódás ⇒ ozonoszféra
  - elnyeli a sugárzást → 10-15 °C
  - időjárási foly. Ø
  - szélvihar ⇒ futóáramok: 300-350 km/h-s szelek

- Σ középső légkör: Mezoszféra
  - hőm. újra csökken
  - legfelső része: Mezopauza → 100 °C
- Σ felső légkör: Termoszféra v. ionoszféra
  - ionokból áll
  - hőm. emelkedik: 1000 °C
  - rádióhullámokat visszaveri
  - sarki fény
- Σ legkülső rétege a Földnek: Exoszféra
  - 1000 °C
  - átmenet a bolygóközi tér között

## 2. Légkör felmelegedése, a hőmérséklet járása

Időjárás: a légkör fizikai állapotának változásai

Éghajlat: egyes földrajzi helyek átlagos időjárása

- elemeik megegyeznek

### I. Napsugárzás

- a külső rétegekbe érkező napsugárzás állandó
- a Nap állandó: 1368 W/m<sup>2</sup>/sec
  - Σ nem jut el az egész
- egy része visszaverődik, elnyelődik
- a többi része szóródik ⇒ diffúz
- direkt sugárzás: közvetlenül
- felszín elnyeli → hővé alakul ⇒ melegíti a levegőt

Üvegházhatás:

- a legfontosabb tev.
- a földfelszín a hó egy részét kisugározza → nem vesz el → felhők vízgőz elnyeli → visszasugározzák a felszínre
- nem szabad szennyező anyagokat kibocsátani → jégtömb olvadása
- felmelegedést befolyásolja: a napsugarak hajlásszöge, albedo → fényvisszaverő képesség a naps. időtartama
- lehülés függ: felhőzettől, szennyező anyagoktól

### II. Hőm. napi változásai

- napkeltétől kora délutánig melegszik → besugárzás
- következő napkeltéig hűl → kisugárzás
- délben a legmelegebb → legnagyobb a hajlásszög
- napi közepes hőingás
- napi- /havi- /évi középhőm. és ingás
- azonos pontokat összekötő magába visszatérő görbe az izoterma
- hőösszeg: a tenyészidőszakkal napi középhőm.-nek összege: ápr. 1 - szept. 30. ⇒ hó- és fagymentes időszak

### 3. Légnnyomás, ciklon, anticiklon

#### I. Légnnyomás

Légnnyomás: a Föld felszínére ható nyomás, barométerrel mérik

Σ mértékegysége: Hgmm, mb

- a tenger szintjén a 45. szélességi fokon 0 °C-os levegőre, 1 cm<sup>2</sup>-nyi területre 760 Hgmm / 1013 mb
- azonos légnnyomású helyeket összekötő, önmagába visszatérő görbe, az izobár
- magas légnnyomású helyek: M → A hóm.
- alacsony légnnyomású helyek: A → M hóm.

#### II. Szél

Szél: levegő mozgása a földfelszínnel párhuzamosan

Σ M → A

Jellemzése:

- erősséggel /sebességgel
- iránnyal

#### III. Ciklon

- alacsony légnnyomású képződmény

Keletkezése:

- hideg sarkvidék
  - mérsékelt öv hatására } tengerek felett
- Σ Izland
- meleg levegő betüremkedik a hideg levegőbe → felsiklik rá
- Coriolis
- óramutató járásával ellentétes irányú

#### IV. Anticiklon

- magas légnnyomású képződmény derült időt eredményez leszálló légáramlás
- óramutató járásával megegyező

#### V. Trópusi ciklonok

Trópusi csillagok: tengerek felett keletkeznek

Σ Amerikában: hurrikán

Σ Ázsiában tai fun

#### VI. Frontok

Hideg front: hideg levegő érkezik meleg területre → meleg levegőt felnyomja ⇒ erős felhősödés: zápor, zivatar, jégeső

- keskeny a csap. zóna ⇒ hűvös derült idő

Meleg front: meleg levegő hideg területre → hideg levegő fölé → széles sávban több napos, csendes eső, havazás

Okklúziós front: hideg front + meleg front ⇒ zivatar több napos csendes eső, nagy területeken

#### 4. Nagy földi légkörzés: passzát monszun, Ny-i szelek

##### I. Légnnyomás eloszlása

- légnnyomást befolyásolja a hőmérséklet
- egyenlítőnél magas a hőm.  $\Rightarrow$  alacsony lny.
- sarkokon alacsony a hőm.  $\Rightarrow$  magas lny.
- 60. szélességi körnél alacsony a lny.
- 30. szélességi körnél magas a lny. kialakulás oka: a futóáramokban képződő ciklonok és anticiklonok

##### II. Szélrendszerek

- levegő állandó mozgásban van
- szabályszerűség figyelhető meg
- légtömegek mozgásának rendszerét nagy földi légkörzésnek nevezzük  $\rightarrow$  az eltérő légnnyomású területek közti légsere
- 3 nagy szélrendszer a felszíni légtérben
  - $\Sigma$  Passzátszelek, utazósszelek
  - $\Sigma$  Nyugatias szelek
  - $\Sigma$  Keleties sarki szelek

##### Passzátszél-rendszer:

- térítő és az egyenlítő között fújnak
- északi félgömbön ÉK-i
- déli félgömbön DK-i

##### Nyugatias szelek:

- 30. -60. szélességi kör közt
- mérsékelt éghajlati övben
- ó.-tól a szárazföldek felé  $\rightarrow$  csap.
- Ny  $\rightarrow$  K-re csökken a csap. menny.

##### Keleties sarki szelek:

- sarkok  $\rightarrow$  sarkkörök közt fújnak
- betörnek a mérsékelt égövbe (néha), hideg

##### 1. Trópusi monszun:

- évszakosan irányát változtató szél: monszun szél

##### 2. Mérsékelt övi monszun

- nyáron tenger felől fúj  $\rightarrow$  csap.
- télen szárazföld felől  $\rightarrow$   $\emptyset$  csap.

##### 3. Helyi szelek:

- eltérő felmelegedés miatt
- nappal tenger felől
- éjszaka szárazf. felől
- főszeél v. bukószeél
  - $\Sigma$  Alpoknál
- sirokkó szél
  - $\Sigma$  szaharátok  $\rightarrow$  forró, száraz

##### 4. Hideg szelek:

- nemere
  - $\Sigma$  Erdély
- hóra
  - $\Sigma$  Adriai-tengerek
- misztrál
  - $\Sigma$  Dél-Franciao.
- számum
  - $\Sigma$  forró homovihar

#### 5. A levegő vízgőztartalma, felhőképződés

##### I. Víz a légkörben

- cseppfolyós
  - légnemű
  - szilárd
1. Mennyisége:  $\text{g/m}^3$
  2. Abszolút páratartalom: egységnyi térfogatú levegőben lévő vízpára mennyisége  
 $\Sigma$  hőmérséklettől függ
  3. Harmatpont: egy adott hőmérsékleten már nem képes több vízgőz felvételére  
 $\Sigma$  elérésekor telítetté válik  
 $10^\circ\text{C} \rightarrow 9 \text{ g} \rightarrow 100 \%$   
 $10^\circ\text{C} \rightarrow 6 \text{ g} \rightarrow 66,6 \%$
  4. Relatív páratartalom: egy adott hőmérsékletű levegőben lévő vízgőz hány %-a az összes befogadható mennyiségnek
  5. Telítetté válás: harmatpont alá hűl a levegő telítetté válik  
 $\Sigma$  tovább emelkedik  $\rightarrow$  telítetté válik  
 $\Sigma$  kondenzációs magokra csapódik ki  $\rightarrow$  vízcseppek  
 $\Sigma$  felhőelemek  $\rightarrow$  felhők

## II. Felhők

1. Csoportosítás
  - alak
  - magasság
  - szerkezet
2. Fátyolfelhő
  - magas légkörben
  - jégkristályokból
  - $\emptyset$  csap.
3. Rétegfelhő
  - szürkés, alacsony
  - csendes eső, hosszantartó havazás
4. Gomolyfelhő
  - nagy vastagságú
  - nyáron zivatarfelhővé
  - alacsonyan /200 m alatt/
  - $\emptyset$  csap.
5. Esőfelhő
  - vastag
  - lehet gomolyfelhő és rétegfelhő

## III. Köd

- a földfelszínen kialakuló felhő
1. Kisugárzási köd:
    - felszín kisugárzásából következő lehűlés eredménye
  2. Áramlási köd:
    - az erősen lehűlt talajfelsz. fölé meleg levegő  $\rightarrow$  lehül  $\rightarrow$  relatív páratart. eléri a 100%-ot

## **6. Csapadékképződés**

### Hullócsapadék v. makrocsapadék

- eső
- hó
- ónos eső
- hódara

### Csapadék keletkezése:

- $\Sigma$  Konvektív
  - levegő felmelegszik, felszáll
  - 100 m-enként  $1^\circ\text{C}$ -al hűl
  - eléri a harmatpontot túltelített
  - kicsapódik  $\rightarrow$  folyékony, gáz

### Talajmenti csapadék v. mikrocsapadék

- harmat:
  - derült, nyári napokon; nagy a napi hőingás; magas relatív páratartalom
  - felesleges víz kiválik a tárgyak felületén
- dér
  - $\Sigma$   $0^\circ\text{C}$  alatt van a hőm. éjszaka
  - $\Sigma$  napközben  $+^\circ\text{C}$
- zuzmára

- felhőképz. megindul → áramlik, innen 0,5 °C 100 m-enként; jégkristályok, víz átpárolog a jégkristályok tetejére → legyőzi a felhajtóerőt → csap. le hull
- Σ Olografikus
  - szélirányban szemben lévő hegyoldalon képződik csap. frontális
    - hideg + melegfront találk.
  - eső: 0 °C felett van a felszíni hőm.
  - hó: 0 °C közelében, alatt van a hőm.
  - jégeső: nagyon hirtelen áramlik fel a felhő → hatalmas jégkristályok → olyan gyorsan esik le, hogy nem tud elolvadni
    - csapadékmérés: mm-ben
    - azonos csap. mennyiségű helyeket összekötő önmagába visszatérő görbe az izohiéta → térkép
- Σ hosszantartó hideg után a páradús meleg levegő érkezik
- Σ hideg tárgyakkal érintkezve gyorsan lehűl jégkristály kiválik a víz

#### Ciklon:

- alacsony légnyomás
- belseje felé csökken a légnyomás → befejele áramlik a levegő
- A meleg és a hideg levegő találkozási vonalán hullámok jönnek létre, a meleg és a hideg levegő egymásba kapaszkodik, majd örvénylés alakul ki. Az örvényben a meleg levegő „nyelvét” hideg levegő veszi körül.
- É → óra mutató járásával ellentétes
- D → megegyező
- felhősebb, csapadékosabb időjárás hordozója

#### Anticiklon

- Magas légnyomású képződmény
- É → óramutatóval megegyező
- Kifele csökken a légnyomás → kifele áramlik
- nyáron zavartalan napsütés, nagy meleg jellemző, télen párásságot, ködöt, és nagyon hideg időjárást okoz

#### Trópusi:

- A trópusi ciklon több száz kilométer átmérőjű felhőörvény.
- Ciklonálisan, vagyis az északi féltekén az óramutató járásával ellentétes, a délin vele egyező irányban forog. A Ráktérítő és a Baktérítő közötti területen, azaz a trópuson, pontosan a 10. és a 20. szélességi kör között keletkezik.

- Az örvénylés irányát nem számítva semmiben sem hasonlít a hazánkban is előforduló mérsékelt övi ciklonokhoz.
- A Csendes-óceán térségében tájfunnak, a Karib-tengertérségében hurrikánnak hívják.

## Frontok

- Légköri front alatt a meteorológia egy határfelületet ért, ami két, alapvetően ellentétes tulajdonságú légtömeg találkozásánál alakul ki.
- Hideg
  - Hideg légtömeg a meleg levegő felé mozog.
  - Hidegfront után a meleg levegőt hideg levegő követi.
  - Mivel a hideg levegő sűrűbb, maga előtt tolja a meleg levegőt, és emelkedésre kényszeríti
  - Hidegfrontokhoz tartozó csapadéktevékenység általában elég intenzív, bár kevésbé kiterjedt
  - Hidegfront mögötti levegő észrevehetően hidegebb és szárazabb, mint a front előtt lévő.
- Meleg
  - Meleg front akkor alakul ki, amikor a meleg légtömeg eléri a hideget.
  - A melegebb levegő a hideg mentén a magasba emelkedik.
  - A meleg front általában kevésbé heves jelenségekkel kísért és lassabban mozog, mint a hidegfront.
  - A meleg front esetében a csapadék kevésbé intenzív, azonban sokkal kiterjedtebb (300-400 km), mint a hidegfront esetében.
- Okklúziós
  - hidegfront utoléri a meleg frontot, és a hideg, meleg és hűvös levegő találkozik.
  - Hideg okk.
    - hidegfront utoléri a melegfrontot.
    - A hidegfront a magasba emeli a meleg frontot és a meleg frontoz tartozó meleg levegőt egyaránt.
    - Az időjárás kezdetben hasonló ahhoz, mint meleg front esetében, de végül egy hidegfrontoz hasonló, intenzív csapadék tevékenységgel.
  - Meleg okk.
    - hidegfront éri utol a melegfrontot, csak azzal a különbséggel, hogy a melegfront hideg szektorának levegője hidegebb, mint a hidegfront hideg légtömege.
    - A hideg okklúzióhoz képest az első különbség a magas szintű front helye. A hidegfront megelőzi a magasban az okklúziós frontot.
    - Ebben az esetben az időjárás hasonló, mint a melegfront esetében.

## Általános légkörzés

- A Nap legerősebben az Egyenlítőnél, leggyengébben a sarkvidékeken melegíti a Földet. A különböző mértékű felmelegedés miatt az Egyenlítő és a sarkvidékek között nagy hőmérsékleti és légnyomáskülönbség alakult ki.

- Futóáramlások:

- A troposzféra felső részében a nyugatias szelek uralkodnak.
- Ezeket az Egyenlítő és a sarkvidékek közötti hőmérséklet-, és légnyomáskülönbségek tartják fenn, irányukat a földforgás eltérítő ereje határozza meg.
- Ezek a szelek a legnagyobb hőmérséklet-különbségű területeken a leggyorsabbak.
- A legerősebb szelek a 30. és a 60. szélességi fokok között fújnak.
- Ezek a nagy magasságban, nagy sebességgel haladó, az egész Földet körülfutó nyugatias szelek a futóáramlások.
- Sebességük elérheti a 300-500 km/h –át is.
- A nagy sebesség bizonytalanná teszi az áramlást és a futóáramlások kanyarulatokká fejlődő hullámaiból ciklonok és anticiklonokképződnek.

- Légnyomási övek közötti légcseré:

- A legerősebben felmelegedő egyenlítői térségben alacsony, a legerősebben lehűlő sarkvidékek területén magas légnyomású öv fogja körül a Földet.
- Ezek az övek hőmérsékleti hatásra alkultak ki.
- A 30. szélességi kört magas, a 60. szélességi kört alacsony nyomású öv fogja körbe.
- Kialakulásuk a ciklonokhoz és az anticiklonokhoz kapcsolódik.

- Sarki szelek:

- A sarkvidékeken a hideg levegő felhalmozódása miatt magas a légnyomás.
- A magas nyomású anticiklonokból a hosszúsági körök mentén kifelé áramlik a hideg levegő, de a kitérítő hatás miatt az Északi-sarkvidéken északkeleti, a Déli-sarkvidéken a délkeleti sarki szelek uralkodnak.

- Passzátszelek:

- Az Egyenlítő és a 30. fok tájéka között a Coriolis erő hatására az északi félgömbön északkeleti, a déli félgömbön délkeleti szél alakul ki a felszíni légrétegekben.
- A 30. szélességi kör tájékaról az Egyenlítő felé fújó szél az északkeleti és a délkeleti passzát. Az Egyenlítő vidékén az erős felmelegedés és a passzátszelek összeáramlása miatt állandóan felszálló légáramlás jellemző.

### Légkör szerkezete:

- A troposzféra

- Vastagsága az Egyenlítő fölött 17-18, a sarkokon 7-8 km.
- A légkör tömegének 80%-a a teljes légkör térfogatának 1,5%-át elfoglaló troposzférában található.
- Itt zajlanak a meteorológiai folyamatok, a légmozgások turbulens jellegűek.
- A hőenergiát közvetlenül a talajból nyeri, így erős függőleges mozgások jellemzik.
- A földfelszín közeli - világátlagban mintegy 14 °C-os - léghőmérséklet felfelé átlagosan 6.0-6.5 °C-ot csökken km-enként.



- A hőmérsékletcsökkenés fokozatos növekedésbe fordulása jelzi a felső határát (tropopauza).
- A sztratoszféra
  - Felső határfelületének átlagos magassága 50 km körüli - a légkör 19 (tömeg)%-át sűríti az ösztérfogat 5,5%-ába.
  - A hőmérséklet az ózon sugárzáselnyelő (UV-spektrum) hatása következtében kb. -50 °C-ról 0 °C-ra emelkedik (sztratopauza).
  - A hőmérsékletemelkedés miatt vertikális keveredés alig van.
- A mezo- és a termoszféra
  - A hőmérséklet újra csökken, a negatív csúcsot (-120 -90 °C) jelentő mezopauzáig (85 km).
  - A termoszférában (más elnevezéssel: ionoszféra) a hőmérséklet gyorsan emelkedik a direkt napsugárzás elnyelődése révén (mások az 500 km feletti burokrészt hívják ionoszférának a gázok disszociált állapotára gondolva).
  - A termoszféra (gázainak) hőmérséklete 500-1750 °C közötti, a levegő rendkívüli ritkasága miatt azonban a hőtartalom nagyon kicsi.
- Exoszféra
  - Alsó határa régebben 500, újabban 700-1500 km körülinek vélt.
  - Felső határa - ahol már a bolygóközi tér anyag- és energiafolyamatai uralkodók - fokozatosan, pulzálva olvad bele a világűr háttérszerkezetébe (más bolygók gravitációs erőtere, mágneses tere, napsugárzás stb.), "vákuumába" (a bolygótestek és az űrvákuum sűrűsége kb. 20 nagyságrenddel tér el).

Felhők:

Osztályozás:

Magaság:

- Magas szintű felhők (5–13 km)
- Közepes szintű felhők (2–7 km)
- Alacsony szintű felhők (talajfelszín és 2 km között)
- Függőleges felépítésű felhők, amelyeknek alapja 2 km alatti, teteje pedig 10–12 km-en is lehet.

Alak:

- Réteges jellegű felhők vízszintes kiterjedése a függőleges kiterjedéshez képest nagyobb.
- Gomolyos jellegű felhők, amelyeknek függőleges kiterjedésük a vízszinteshez képest nagy
- Függőleges felépítésű felhők, a gomolyos felhőkből alakulnak ki, és jelentős függőleges terjedelműek.

Cirrus	Ci	pehelyfelhő	magas
Cirrocumulus	Cc	báránnyfelhő	magas
Cirrostratus	Cs	fátyolfelhő	magas
Alto cumulus	Ac	párnafelhő	középmagas

Altostratus	As	lepelfelhő	középmagas
Stratocumulus	Sc	gomolyos rétegfelhő	alacsony
Stratus	St	rétegfelhő	alacsony
Cumulus	Cu	gomolyfelhő	alacsony
Nimbostratus	Ns	esőrétegfelhő	több szintet átfog
Cumulonimbus	Cb	zivatarfelhő	több szintet átfog

Szmozg

## 7. SZMOG

**8.** A szmog a környezetszennyezés miatt kialakuló füstköd. A földrajzi és időjárási körülményektől, valamint a levegőben található szennyezőanyagoktól függően kétféle füstködöt különböztetünk meg. Elnevezésük oxidáló/redukáló hatásuk, ill. első észlelési helyük alapján történik. A szmog kialakulását úgy hátrítják, hogy különböző biztonsági óvintézkedéseket tesznek pl.: kötelező szűrőberendezés (katalizátor), vagy páros napokon páros számra végződő rendszámú autók közlekedhetnek.

### 9. A redukáló szmog

Elsősorban fosszilis tüzelőanyagok nagymértékű felhasználása váltja ki. Elégetésükkor nagy mennyiségű korom keletkezik, mely a szálló porral együtt a kondenzációs magok felszaporodását okozza a levegőben, ugyanakkor jelentős mennyiségű kén-dioxid szennyezést okoz. Az emelkedő és gyorsan lehűlő levegő eléri a telítettségi állapotot, ami a szemcséken kondenzációhoz vezet, ami a SO<sub>2</sub> (és az annak oxidációjakor keletkező SO<sub>3</sub> kén-trioxid) oldódásával savas kémhatású lesz (kénes sav és kénsav keletkezik) savas eső, köd képződik.

Kialakulásának feltételei:

- szélcsendes időjárás
- magas légnyomás
- magas relatív páratartalom
- -3 – +5 °C közötti hőmérséklet
- légszennyezés: kén-dioxid, szén-monoxid, por, korom

Súlyos egészségügyi következményei a szmognak: asztma (légúti érzékenység bizonyos anyagokra), halálos kimenetelű tüdőödéma.

### 10. Az oxidáló szmog

Kialakulásának feltételei:

- erős napsugárzás (UV-sugárzás)
- közlekedés által kibocsátott szennyezések (NO<sub>x</sub>, szénhidrogének, CO)
- gyenge légmozgás

### 11. Szálló por (PM10), avagy a légköri aeroszolok

A szálló por a levegőben lebegő szilárd és folyékony részecskék elegye. A szálló port kémiai összetételtől függetlenül, csupán fizikai alapon, a részecskék átmérője szerint csoportosítják. A 100 µm-nél kisebb szemcsék már belélegezhetőek (inhalábilisak), de ezek nagy része az orrban és a szájban, legkésőbb a gégefőnél elakad, nem jut mélyebbre a légutakban. A 10 mikronnál kisebbek már túljutnak a garaton (thorakális frakció). A 4 mikron alattiak bejutnak a tüdőbe (respirábilis frakció). A 2,5 µm-nél kisebbek pedig már egyáltalán nem, vagy nehezen ürülnek ki a tüdőből (akkumuláció). Egészségügyi szempontból a 10 illetve a 2,5 mikronos határnak

van jelentősége. Ezekre a PM<sub>10</sub> és a PM<sub>2,5</sub> jelölést használjuk. A PM<sub>2,5</sub> porfrakció másodlagosan keletkezett aeroszoloiból, égési termékekből, és kondenzálódott szerves vagy fém részecskékből áll, és a szálló por mutagén hatásáért, valamint savasságáért felelős.

### *Pm10 forrása?*

A szálló por forrása a közlekedés, az ipari tevékenység, a háztartási szén és fatüzelés, stb. A szél fújta inert por – nagyobb szemcsemérete miatt - kevésbé károsítja az egészséget.

A PM<sub>10</sub> /PM<sub>2,5</sub> arány függ az egyes területeken az ipari tevékenység típusától, a fűtőanyagtól, a földrajzi és időjárási viszonyoktól. Európában a szulfát és a szervesanyag a két fő szálló por komponens, ami végül is meghatározza az évi átlagos PM<sub>10</sub> és **PM<sub>2.5</sub>** tömegkoncentrációját.

### *Szálló por egészségi hatásai*

A kültéri levegő szálló por tartalmának hosszú távú hatásai a következők: a várható élettartam jelentős csökkenése a szív- és érrendszerei, a légzőszervi betegségek, valamint a tüdőrák miatti halálozás növekedése következtében. A halálozás növekedése mellett egyre több bizonyíték van arra is, hogy a megnövekedett szálló por koncentráció növeli a keringési és légzőszervi megbetegedések miatti kórházi betegfelvételek számát. A szálló por koncentráció emelkedése növeli továbbá az általános halálozás, az asztma, a krónikus nem specifikus légzőszervi betegségek, a szív-érrendszeri betegségek és a nem rosszindulatú tüdőbetegségek miatti halálozást is.

*Minthogy a szálló por szervezetre gyakorolt hatása nagy mértékben függ az expozíciós időtől, ezért különbséget teszünk napi és éves határérték között. Jelenleg érvényes, PM<sub>10</sub>-re vonatkozó napi határérték (24 órás átlag): 50 µg/m<sup>3</sup>, az éves 40 µg/m<sup>3</sup>. Az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (EPA) által engedélyezett napi egészségügyi határérték: 150 µg/m<sup>3</sup>.*

### *Szálló por és allergia*

Az Országos Közegészségügyi Intézet tanulmánya szerint a pollen-allergia kialakulása gyakoribb a forgalmas utak mentén. Ennek oka, valószínűleg az, hogy a pollenekre, porrészecskékre és egyéb szennyező anyagok tapadnak, amelyek a normálistól eltérő immunválaszt váltanak ki a szervezetből.

### *Magyarországi helyzet*

Hazánk nagyobb városaiban igen kedvezőtlen a levegő szálló por koncentrációja, igen gyakoriak a határérték túllépések, különösen a téli félévben. A szálló por miatt legérintettebb település: Budapest. Miskolc, Dorog, stb.

### *Szmogriadó*

A jelenlegi fővárosi szabályozás szerint akkor rendelnek el szmogriadót, ha a levegő szállópor-tartalma két egymást követő nap meghaladja a riasztási küszöbértéket, azaz a 100 mikrogramm/köbmétert, és a harmadik nap sem lehetett érdemi javulásra számítani.

### *Határérték*

Hazánkban csak a 10 mikrométeres szálló porra van egészségügyi határérték, a veszélyesebb 2,5 mikrométer alattira nincs. A hazai határértékeknél szigorúbbak a ENSZ egészségügyi Világszervezete által ajánlott határértékek.

### *Üvegházhatás*

Az **üvegházhatás** a légkör hőmegetartó tulajdonsága, ami számos dologtól függ: a [Nap](#) sugárzásától, az [üvegházhatású gázok](#) légköri koncentrációjától, illetve az atmoszféra sűrűségétől.

Nem csak [Földre](#) jellemző, hatása különösen intenzív a [Vénuszon](#), amit állandó felhőréteg borít és felszíni hőmérséklete 500 °C körül van. Hasonló, de nem azonos folyamat alakul ki jóval kisebb mértékben a fóliasátrakban és az [üvegházakban](#) is – a jelenség nevét ez utóbbiról kapta.

[Joseph Fourier](#) fedezte fel [1824](#)-ben, számszerűleg először [1896](#)-ban [Svante Arrhenius](#) svéd kémikus vizsgálta. [1998](#)-ban [Buenos Airesben](#) 180 ország részvételével [ENSZ](#)-konferenciát tartottak az üvegházhatás káros következményeinek csökkentése érdekében.

A folyamatot nem lehet megérteni a [Föld](#) légkörének ismerete nélkül, így egy összefoglaló mindenképp szükséges annak felépítéséről, tulajdonságairól.

Föld légköre

A [légkör](#) egy [bolygót](#) körülvevő [gázburok](#). A [Föld](#) légkörének nagy része [nitrogén](#) (78%) és [oxigén](#) (21%). A maradék egy százalékban [szén-dioxidot](#) és néhány [nemesgázt](#) ([argont](#), [neont](#), [héliumot](#) stb.) találunk. Van még az [atmoszférában](#) egy kevés [kén-dioxid](#), [ammónia](#), [szén-monoxid](#), [ózon](#) és [vízgőz](#) is; tartalmaz még szennyező gázokat, [füstöt](#), [sót](#), [port](#) és vulkáni [hamut](#) is.

Az [atmoszféra](#) termikus tulajdonságai alapján öt rétegre oszthatjuk fel, amelyek a felszíntől távolodva: a [troposzféra](#), a [sztratoszféra](#), a [mezoszféra](#), az [ionoszféra](#) vagy [termoszféra](#) és az [exoszféra](#). Újabb kutatások a [magnetoszférát](#) is a légkörhöz sorolják.

A [troposzféra](#) a [légkör](#) legvékonyabb rétege; változó vastagságú, az [Egyenlítőnél](#) 15-17 kilométer, a poláris területek felett 6-8 kilométeresre csökken. A [vízgőz](#) nagy része és földi levegő tömegének 4/5-e koncentrálódik ebben a rétegben. Itt zajlik le az időjárási folyamatok nagy része is. Hőmérséklete fölfelé haladva átlagosan 6,5 °C fokot csökken kilométerenként, így a felszín közeli 15 °C-ról az [Egyenlítő](#) fölött -50 °C-ra, a sarkokon -80 °C-ra megy le. Amikor a levegő hőmérséklete már nem csökken tovább, elérjük a [tropopauzát](#), a [troposzféra](#) és [asztratoszféra](#) határát.

A [sztratoszféra](#) a Föld felszíne fölött megközelítőleg 50 km-es magasságig terjed. Alsó részén a hőmérséklet közel állandó, a felső részében viszont jelentős melegedés történik. Ez a folyamat 20-30 kilométeres magasságban megy végbe. Itt alakul át a [Nap ultraibolya](#) sugárzása hatására a kétatomos [oxigén](#) háromatomos [ózonná](#). A hőmérséklet itt azért magasabb, mert az ózon elnyeli, valamint visszaveri a Nap által kibocsátott röntgen- és ibolyántúli sugarak egy részét. Így itt a felszínihez hasonló hőmérsékleti értékek mérhetők.

A következő réteg a 85 kilométer magasságig tartó [mezoszféra](#). Itt újra hőmérséklet-csökkenés tapasztalható, így a felső részén található az ún. [mezopauza](#), a légkör leghidegebb része (-92 °C). A Föld légkörébe érkező meteorok a mezoszférában rendszerint elégnak.

A következő réteg a [termoszféra](#), mely kb. 1000 km-es magasságig tart. A termoszférát másik néven ionoszférának nevezik, amely a 6 darab benne található [ionizált](#) rétegre utal. Ezek vezetik az elektromos áramot, visszaverik a [rádióhullámokat](#) és ezen tulajdonságai miatt erőteljes hőmérsékletemelkedést okoznak. Innen származik a [termoszféra](#) elnevezés, hisz itt a hőmérséklet az 1000 °C-ot is eléri. Ebben a szférában alakul ki a [sarki fény](#).

1000 kilométer magasságban kezdődik a legkülső réteg, az [exoszféra](#). Hőmérséklete a termoszférához hasonló.

A [magnetoszférát](#) a Föld mágneses erőtere által fogvatartott elektromosan töltött részecskék alkotják, kb. 60 000 kilométer magasságig.

Üvegházhatás:

A [Földre](#) a [Naptól](#) az [energia elektromágneses sugárzás](#) formájában érkezik. A [légkörbe](#) lépő sugárzás teljesítménye  $1368 \pm 6\%$  watt/négyzetméter, a napsugarakra merőleges felületen. A Föld teljes felületére számítva ez 342 watt/négyzetméter. A beérkező energia 30%-a visszaverődik a világűrbe, míg a fennmaradó rész (mintegy 240 watt/négyzetméter teljesítmény, az első ábrán: 235) elnyelődik, melegítve a felszínt és a légkört. A visszavert sugárzás és a beérkező sugárzás hányadosa az [albedó](#). Az albedó a [Földön](#) függ a felhőborítottságtól és azok tulajdonságaitól, a felszínt borító anyagtól (sötét anyag kevésbé visszaverő) és a napsugárzás beesési szögétől (minél kisebb a beesési szög, annál nagyobb a visszaverődés). Következésképpen a legnagyobb visszaverődés a sarkokon alakul ki, ahol a felszínt [hó](#) és [jég](#) borítja és a napsugarak beesési szöge nagyon alacsony.

Az elnyelt energia [infravörös](#) sugárzás formájában távozik, melegíti a légkört, de közben az elnyelő felületek lehűlnek. A Föld által elnyelt és [avilágűr](#) felé kisugárzott energia évi mérlege [nulla](#). Ha ez nem így lenne, a Föld hőmérséklete szakadatlanul növekedne.

Ekkor lép be az üvegházhatás jelensége. Az üvegházhatású gázok egyfajta falat alkotnak a Föld felszíne és a világűr közt, visszaverve a világűr felé kisugárzó energiát, ezzel melegedést okozva. Vagyis „lefelé” átengedik a napsugárzást, de nem engedik át a földfelszínről „felfelé” haladó hőszállítását.

Az **üvegházhatás** szót használjuk mind a természetes, mind a mesterséges folyamatra. Már jóval az ember előtt voltak üvegházhatású gázok a légkörben, így az üvegházhatás korábban is lejátszódott.

Ekkor a [vízgőz](#), a [szén-dioxid](#), a [metán](#) és az [ózon](#) voltak a fő összetevők. A földi élet kifejlődése nem lett volna lehetséges ezek nélkül, hisz a természetes üvegházhatás nélkül kb. 30 °C-kal lenne alacsonyabb a Föld átlaghőmérséklete. A múltban az idő nagy részében egyensúly állt fenn a légkör összetételében, így háborítatlanul tudott végbemenni a jótékony hatás.

A probléma ott kezdődött, amikor a modern kori társadalom óriási mennyiségben kezdte a fosszilis eredetű ([szén](#), [kőolaj](#), [földgáz](#)) energiahordozókat elégetni, kiirtani az erdőket, a megnövekedett élelemszükséglet fedezésére megsokszorozni a mezőgazdasági területeket és az állatállományt. Ezzel drasztikusan megnőtt a levegőben a szén-dioxid, nitrogén-oxidok, metán, klórozott szén-hidrogén és egyéb üvegházhatású gázok mennyisége.

1800-ban – az iparosodás elindulása előtt – a [szén-dioxid](#) szintje kb. 280 [ppm](#) volt. Az 1800-as évek végére ennek mértéke megközelítette a 330 ppm értéket, napjainkra pedig elérte az eddigi 350 ppm-es csúcst és továbbra is növekvő tendenciát mutat.

A légkörbe bocsátott [szén-dioxid](#) a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből, a növényekből (a növények a [fotoszintézis](#) során felszívják a gázt, de kiengedik azt, amikor elrothadnak vagy elégetik őket) és az állatok kilégzéséből származik. A légköri [metán](#) szerves anyagok bomlásakor (így emésztéskor és a széklet lebomlásakor is!), valamint a földgáz bányászatakor, szállításakor és elégetésekor kap „utánpótlást”. A **nitrogén-oxidokat** a fosszilis tüzelőanyagok elégetése, a kipufogógázok és a nitrogén-műtrágyázott talajok juttatják a légkörbe.

Tudományos jóslatok szerint ezeknek a gázoknak az együttes koncentrációja [2030](#)-ra eléri a [szén-dioxidban](#) megadott 560 ppm-es értéket, ami az iparosodás előtti szint kétszerese.

Az **antropogén** eredetű üvegházhatás következménye a [globális felmelegedés](#), ami pedig klímaváltozáshoz vezet. A klímaváltozás egyes földrajzi helyeken, mint például Európa vagy Észak-Amerika, akár lehűlést is jelenthet.

Korántsem biztos azonban, hogy ezt csak az üvegházhatás okozza, lehet hogy a klíma természetes ingadozása miatt következett be. Egyes tudósok szerint a felmelegedés nem a légszennyezés, hanem egy földtörténeti [jégkorszakból](#) való kimenet következménye. Egyes becslések szerint [2020](#)-ra a Föld átlaghőmérséklete 1,3 °C-kal melegebb lesz, mint most, [2070](#)-re pedig már 3 °C-kal lesz több.

Az üvegházhatású gázok kibocsátását [energiatakarékossággal](#), az erdők kiirtásának leállításával és több fa ültetésével lehetne jobban ellensúlyozni. Ezek a lépések még soha nem tapasztalt globális méretű együttműködést igényelnek.

A globális felmelegedés visszaszorításának egyik fontos intézkedése volt az [1997-es kiotói egyezmény](#), melynek lényege, hogy a világ 38 fejlett ipari országa vállalta, hogy [2012](#)-re 5,2%-kal az [1990](#)-es szint alá csökkenti az üvegházhatást előidéző hat fő anyag kibocsátását.

## Ózonréteg

Az ózon a Föld [légműkörében](#) az ultraibolya sugárzás hatására keletkezik. Az UV-sugarak a légköri [oxigén molekuláit](#) (O<sub>2</sub>) különálló (nascensz) [oxigén atomok](#)ra bontják. Ezek az atomok más [oxigénmolekulákkal](#) egyesülve ózont (O<sub>3</sub>) hoznak létre. Az ózonomolekula instabil, ultraibolya sugárzás hatására szintén szétbomlik, egy oxigénmolekulára és egy oxigénatomra. Ez a folytonos ciklus hozza létre az ózonréteget, biztosítva az ózonszint állandóságát. A séríetlen sztratoszférában ez az érték 10 ppm, vagyis minden százezer molekulából egy ózon.

Az ózonréteg feladata (az élővilág szempontjából) a [Naptól](#) érkező káros ultraibolya sugárzás elnyelése. Míg az oxigén csak a 0,28 mikronnál rövidebb [hullámhosszú](#) UV-sugarakat képes blokkolni, addig az ózon hatékonyan fogja fel a 0,28-0,32 mikron tartományban érkező sugárzást. A légkört elérő 0,4 mikronnál rövidebb hullámhosszú sugárzás 0,95%-át képes elnyelni az ózon. Ez komponensekre bontva a következőket adja: UVC sugárzást teljes mértékben, a kevésbé káros UVB intenzitását nagymértékben, az UVA sugarak intenzitását pedig kisebb mértékben absorbeálja az ózonréteg.

Az ózon magas napvédő faktorszám nélkül nem létezne a szárazföldi élet, az ultraibolya sugárzás darabokra tömne az élő szervezetek [DNS](#)-ét, és felbontaná a [sejtjeikben](#) lévő [kémiai kötések](#)et.

Az ózonnak nem csak jótékony, hanem káros hatása is van. A [troposzférában](#) (főként földközeli), mint levegőszennyező anyag, üvegházgázként viselkedik, vagyis gátolja a hő visszasugárzását. Emellett a közvetlenül belélegezhető ózon légúti betegségek kialakulását idézheti elő. A sztratoszférában azonban jótékony, hűtő hatást fejt ki, amely az ózonhiány megjelenésével csökken. Az [UNEP](#) eredményei szerint az ózon [üvegházhatása](#) kétszeresen felülmúlja a sztratoszférabeli ózon hűtő hatását.<sup>[1]</sup>

Az ózon természetes körülmények között a talaj közeli levegőben csak igen kis mennyiségben fordul elő, hatása káros az élővilágra nézve. A 20. században megnövekedett talaj közelében található ózon mennyisége. A mért csúcspontok ötszörösen meghaladták a légköbméterenkénti kb. 70 mikrogrammos természetes csúcspontot. A talajközeli levegőben lévő ózon a nitrogén-oxidok (NO, NO<sub>2</sub>), a szén-monoxid (CO) és a reaktív szénhidrogének napfény hatására lejátszódó kémiai reakcióval képződik.

## Vastagsága

---

Az ózonréteg vastagsága jelentősen változik világszerte. Az [Egyenlítő](#) felett a réteg vastagabb, a sarkok felett a legvékonyabb. Az északi félteke felett az ózonszint körülbelül 4%-kal csökken évente.

## Eloszlása a sztratoszférában

---

Az ózonréteg vastagsága évszakos és földrajzi szélesség szerinti változást is mutat. A trópikus feletti sztratoszférában a legmagasabb, a sarkvidékeken pedig a legalacsonyabb az ózonszint. Az évszakos változásban pedig nyáron a legmagasabb, télen pedig a legalacsonyabb a koncentráció.

## Az ózonlyuk

---

Meghatározás szerint az ózonlyukat úgy kell értelmezni, mint az [atmoszféra](#) azon területét, ahol az ózonkoncentráció 220 [Dobson-egység](#) alá esik.

### Az ózonlyuk kialakulása

---

- Az ózon, akárcsak az oxigén, kölcsönhatásba lép a [fényvel](#), de mivel szélesebb [hullámhosszú](#) sugárzásra reagál, ezért elnyeli az [emberre](#) és az [élőlények](#) zömére káros sugárzásokat, mint például az ultraibolya sugárzást, így védi az életet.
- Az ózonlyuk a tengeri élővilágot is komolyan veszélyezteti. Az erős UVB sugárzás ugyanis hatással van a tengeri [tápláléklánc](#) alapját képező [plankton](#) és a puhatestűek fejlődésére és szaporodására és így áttételesen a tenger összes élőlényére, a közvetlenül planktonnal táplálkozó [bálnafajokkal](#) bezárólag. A tengeri [ökoszisztéma](#) felborulása pedig beláthatatlan következményekkel jár a [Föld](#) összes többi élőlényére nézve.
- A légkörbe kerülő atomi [klór](#), [fluor](#) és [bróm](#) pusztítja az ózonréteget, és a téli hónapokban ózonlyuk kialakulásához vezet a Föld sarkai felett. Ezek az elemek főként a klórt és fluort tartalmazó gyorsan elpárolgó szénvegyületekkel, fluorkarbonokkal ([CFC](#) és [HFC](#)) kerülnek a levegőbe. A vegyületek a sztratoszférába feljutva az ultraviola sugarak hatására elbomlanak, így felszabadulnak belőlük az ózonrétegre veszélyes elemek, amelyek gyorsítják az ózon bomlását. Egyetlen felszabaduló klórmolekula 100 000 ózonmolekulát képes lebontani, ózonbontó teljesítménye  $-43\text{ °C}$  alatt éri el a maximumát.<sup>[2]</sup> (Ez az oka annak, hogy először miért az Antarktisz felett alakulhatott ki ózonlyuk, ahol a sztratoszféra átlagos hőmérséklete  $-62\text{ °C}$ .) Bár a CFC gázok a levegőnél nehezebbek és egy idő után leülepszene, éppen elég idejük van a káros hatás kifejtésére.

A bróm 45-ször hatékonyabban bontja az ózont a klórnál. Szintén üvegházhatást idéznek elő a bróm-trifluormetán és a bróm-klórfluormetán vegyületek, kereskedelmi nevükön Halon-1301 és Halon-1211, amelyeket az 1980-as években használtak tűzoltási rendszerekben. Ezek a gázok a CFC-knél 10-szer hatékonyabban bontják az ózont.

- Az ózon – mivel igen könnyen lebomlik – könnyen lép reakcióba más molekulatöredékekkel, így például a [klórral](#), mely nagy mennyiségben szabadul fel a különböző ipari tevékenységek során. Az ilyen kémiai reakciók hatására alakult ki a téli hónapokban az [ózonlyuk](#), ami az 1970-es évektől az [Antarktisz](#), az 1990-es évektől az [Északi-sark](#) fölött jelenik meg időszakosan.
- Nem csak ipari termékek károsíthatják az ózonréteget. Az erdőtüzek és a fák bomlása során ózoncsökkentő klórmetán kerül a légkörbe.
- A [Föld](#) felületének körülbelül 4,6%-át nem borítja ózonréteg, itt található az ózonlyukak.

### Az ózonlyuk felfedezése

---

Az ózonréteget egy francia fizikus, [Charles Fabry](#) fedezte fel 1913-ban. Tulajdonságait egy brit meteorológus, [G. M. B. Dobson](#) fedezte fel, aki egy egyszerű [spektrométerrel](#) mérte meg a sztratoszférabeli ózommennyiséget. Elsőként az 1970-es években tapasztaltak ózonkoncentráció csökkenést az [Antarktisz](#) feletti sztratoszférában. A mérések gyors ütemű csökkenést jeleztek, míg 1955-ben 320 Dobson-egységet mértek, addig 1975-re ez 280-ra, majd 1995-ben 90-re süllyedt. Mivel más régiókban a mérések folyamán nem tapasztaltak csökkenést, ezért közel egy évtizedig mérési hibaként könyvelték el az antarktisi eredményeket. 1974-ben három tudós, [Paul Crutzen](#), [F. Sherwood Rowland](#) és [Mario Molina](#) kimutatta, hogy a fogyatkozás valóságos jelenség, és rámutattak, hogy az okozóit a mesterséges eredetű vegyszerek körében kell keresni. A felfedezésért a három tudóst megosztott Nobel-díjjal jutalmazták.

### Az ózonréteg védelme

---

- [Svédország](#) volt az első ország, amely ([1978. január 23-án](#)) betiltotta az ózonréteget károsító [aeroszol](#) spray-k használatát.

- Az ózonlyuk kialakulásának megelőzése érdekében született a montreali és a kiotói egyezmény, melyben az aláíró országok vállalták, hogy csökkentik az ózonréteget romboló kémiai anyagok kibocsátását.
- Egy [2003](#)-as tudományos bejelentés szerint a CFC gázok nemzetközi betiltásának köszönhetően az ózonréteg pusztulása lelassult. A bejelentést földi és műholdas műszerek vizsgálataira alapozták.

## *Az ózonréteg csökkenésének következményei*

---

A káros UV-sugarak troposzférába jutásával

- ha egy élő [sejtet](#) UVB sugárzás ér, akkor károsodhatnak a sejt működése szempontjából nélkülözhetetlen molekulák elbomlanak
- az erős ultraibolya B (UVB) sugárzás gyengíti az [immunrendszert](#), csökkenti a fertőző – köztük a gombás – betegségekkel szembeni természetes védekezőképességet
- nő a bőrrákos betegek aránya, főleg a világos bőrű emberek között (A bőrrák rendszerint többszörös napfény-expozíció hatására alakul ki, főként idős korban.) az UNEP eredményei szerint a sztratoszféra ózontartalmának tartós, 1%-os csökkenése a [bőrrák](#) előfordulási arányának 2%-os növekedését vonja maga után.
- nő a szemkárosodás ([szürkehályog](#)) kialakulásának veszélye
- olyan mikroszkópikus egysejtű növények pusztulása következhet be, amelyek az óceáni tápláléklánc alapját képezik. A [tengerekplanktonját](#) károsítja, így az kevesebb [szén-dioxidot](#) tud kivonni a légkörből, gyorsítva ezzel a [globális felmelegedést](#) és megbontva a tengeri táplálékláncot.
- egyes halfajok (például: szardella, makréla) ivadékai elpusztulhatnak
- haszonnövények (például [kukorica](#)) esetében genetikai mutációkat idézhet elő. Az UNEP megfigyelései szerint az ózonkoncentráció csökkenése a növényi [DNS-molekulák](#) nagyfokú károsodását okozza.<sup>[3]</sup> A hüvelyes növények (például [bab](#), [borsó](#)) terméshozama eshet. Mindezek érzékenyen hatnak az élelmiszer-ellátásra.

## *Tárgyalások az ózonréteg védelméről*

---

Az ózonkoncentrációt csökkentő kibocsátásának korlátozásáról szóló tárgyalások az 1980-as évek közepén kezdődtek el. 1985 márciusában a kormányok elfogadták az ózonréteg védelméről szóló bécsi egyezményt. Ugyanebben az évben a British Antarctic Survey először számolt be az ózonlyuk kialakulásáról, szorgalmazva ezzel a további tárgyalásokat. 1987-ben Montrealban aláírták az ózonréteget csökkentő vegyi anyagok kibocsátásának visszaszorításáról szóló jegyzőkönyvet. Ezt a jegyzőkönyvet [Londonban](#) és [Koppenhágában](#) módosították, előrehozva a veszélyes vegyi anyagok termelésből való kivonásának határidejét. A tudományos eredmények azonban azt mutatták, hogy ezek az intézkedések nem kielégítőek, 1997-ben elfogadták az ózoncsökkentő gázok teljes kivonását. Ennek köszönhetően a főbb ózoncsökkentő vegyi anyagok használata 80%-kal csökkent, ennek ellenére a CFC-gázok illegális kereskedelmét évi 25 000 tonnára becsülik.<sup>[4]</sup>

Az alábbi táblázat az ipari és az iparosodó országokban használt ózoncsökkentő gázok betiltásának időpontját mutatja. Az első adat a felhasználás befagyasztásának időpontja, a második pedig azt mutatja, hogy mikortól lépett érvénybe az adott anyag felhasználásának teljes tilalma.

## *Érdekességek*

---

Az ózon gyakorisága hatszor nagyobb a sztratoszférában, mint a tengerszinten, mégis ha az összes ózonmolekulát elvben lejuttatnánk a földre, akkor az nem lenne vastagabb egy 3 mm-es hártvánál.