

## AZ ÓZONLYUK

- Az ózon (O<sub>3</sub>) három oxigénatomból álló gázvegyület, amely természetes úton a légkörben a levegő oxigénjéből a Nap nagy energiájú ultraibolya sugarainak hatására képződik ([SZTE](#)).
- Ha egy képzeletbeli kísérletben a Föld felszínén összegyűjtenénk a légköri ózon teljes mennyiségét, akkor mindössze 3 mm vastagságú összefüggő réteget alkotna ([SZTE](#)).
- A légkörben található ózon mennyiségének kifejezésére a Dobson-egység (jele: DU, Dobson unit) használatos, amely az ózonréteg vastagságát fejezi ki. Egy Dobson-egység 0,01 mm vastagságú ózonrétegnek felel meg. A légkör tipikus ózontartalma 300 DU körüli, a 220 DU-nál kisebb ózonkoncentrációjú térség pedig az ózonlyukat definiálja ([Salma 2012](#)).
- A jelenlegi adatok alapján az ózonréteg az északi féltekén és a közepes szélességeken várhatóan 2030 körül, a déli féltekén 2050 körül, az antarktisz sarki régiók területén pedig 2060 körül áll majd helyre ([Mészáros 2020](#)).
- A világon mintegy 270 környezetvédelmi megállapodás létezik, de ezek közül csak a Bécsi Egyezmény és a Montreali Jegyzőkönyv érte el az univerzális ratifikációt ([Tóth és mtsi. 2019](#)).

*A Képviselői Információs Szolgálat Infojegyzete a légkör magasabb részén lévő ózonkoncentráció, köznapi nevén ózonréteg, vagy ózonpajzs csökkenésének okát, a csökkenés lassítása érdekében tett nemzetközi egyezményeket, és az azóta eltelt időszak alatt bekövetkezett változásokat mutatja be.*

### A téma aktualitása

Az Antarktisz felett évente észlelhető ózonlyuk az elmúlt években kiterjedtebb és mélyebb volt, mint valaha. Legutóbb **2020 augusztus közepétől kezdett növekedni**, és szeptember végére érte el maximális kiterjedését, több mint 24 millió négyzetkilométert, amely **megaladta az elmúlt tíz év átlagát és a kontinens legnagyobb részét lefedte** ([WMO 2020](#)). A rekord méretű ózonlyuk, amely az ózonréteg monitorozásának kezdete óta (40 éve) a leghosszabb ideig tartó, az egyik legnagyobb kiterjedésű és a legmélyebb volt, **2020 december végén zárult be** ([WMO 2021](#)). 2020 tavaszán **az Északi-sark fölött is** szokatlan méretű ózonlyukat mértek ([Mészáros 2020](#)).

### AZ ÓZON SZEREPE A LÉGKÖRBE

Az ózon legnagyobb koncentrációban a légkör **15–25 km közötti magasságában (a sztratoszférában) található**, mert itt több oxigén áll rendelkezésre, amely az ózon képződéséhez szükséges. Ezt a réteget a tudomány **ózonpajzs**nak, vagy **ózonréteg**nek nevezi. Ennél alacsonyabban, a légkör alsó 10 km-es rétegében (a troposzférában) is található ózon, ez az összes légköri ózommennyiség 10 százaléka, mert ide a nagyenergiájú napsugarak általában már nem jutnak le ([OMSZ, SZTE](#)).

Az **ózon koncentrációja** fotokémiai reakciók révén a két rétegben (a sztratoszférában és a troposzférában) **folyamatosan bomlik és újratermelődik**; de a két réteg koncentrációja egymással ellentétesen változik. Az elmúlt évtizedek mérései azt bizonyították, hogy **a sztratoszférikus ózon csökkenő, a troposzférikus ózon pedig növekvő tendenciát mutat**.

A **sztratoszférikus ózonkoncentráció** csökkenése a különböző földrajzi régiókban nem egyenletes, például a déli félgömbön az Antarktisz felett, az északi félgömbön pedig Grönland térségében jelentős csökkenés tapasztalható az év bizonyos szakaszaiban ([Salma 2012](#)). Az utóbbi évtizedekben **Magyarország felett is csökkent kismértékben** az ózon mennyisége ([SZTE](#)). Általánosan elmondható, hogy minél nagyobb az Egyenlítőtől való távolság, az ózonréteg vékonyodása annál jelentősebb ([OMSZ](#)).

A sztratoszférában lévő ózont azért nevezik **ózonpajzs**nak, mert megvédi a légkör alsóbb rétegeit a különösen nagy energiájú ultrarövid hullámhosszú sugaraktól. Az ultrarövid sugarak kevesebb, mint 300 nm (nanométer) hullámhosszúságúak, igen nagy energiájúak és roncsoló hatásúak az élőlények sejtjeire, szöveteire.

Az elektromágneses sugárzáson belül különböző hullámhosszúságú tartományokat lehet megkülönböztetni, melyek közül **az ultraibolya (UV-) sugárzás az 1–380 nm közötti tartományba esik**. Az ultraibolya sugarak hullámhosszúsága kisebb, mint a látható fényé (amely 380–780 nm), ezért az emberi szem nem érzékeli.

Hullámhossz alapján **az UV-sugárzás további tartományokra bontható**:

- UV-A (320 nm – 400 nm): a D-vitamin keletkezésében és a barnulásért felelős pigmentképződésben van szerepe,
- UV-B (280 nm – 320 nm): rákkeltő (a napfényből a légköri ózon elnyeli),
- UV-C (200 nm – 280 nm): sterilizálásra alkalmas (a napfényből a légkör elnyeli) ([SZTE Elektronikus Tananyag Archivum](#)).

**Az ózonréteg vékonyodásával erősödik a felszínre érkező UV-B sugárzás**, ezen kívül olyan nagy energiájú rövidebb hullámhosszúságú sugárzás is elérheti a felszínt, amely korábban nem ([OMSZ](#)).

#### AZ ÓZONLYUK JELENSÉG

Az ózonlyuknak nevezett jelenség a **sztratoszférikus ózon koncentrációjának** jelentős mértékű **csökkenése**. Létrejöttéért az emberi tevékenység által a légkörbe juttatott klórvegyületek (halogénezett szénhidrogének, más néven freonok, vagy CFC-k) a felelősek, valamint az adott térségre és évszakra jellemző rendkívül alacsony hőmérséklet is befolyásoló tényező. **Az ózonlyuk időszakában az összes ózon mennyiség 50 százaléka, a 15–25 km közötti magasságban lévő ózonnak pedig akár 90 százaléka is „eltűnhet” a légkörből** ([SZTE](#)).

#### A légköri ózon mérésének kezdetei

A légköri ózon felfedezése és a földi élet számára veszélyes ultraibolya sugárzás kiszűrésében játszott szerepének realizálása a 19. században történt, majd a 20. század első felében néhány helyi mérésből fény derült a légköri ózommennyiség nagyfokú változékonyságára is. **A Globális Ózon Megfigyelési Rendszer 1957-ben kezdte meg működését**, és első lépésként mintegy 40 darab mérőeszközt (Dobson-spektrofotométert) telepítettek különböző országokba. A telepítés a **Nemzetközi Ózon Bizottság** irányítása mellett történt, amelynek **akkori elnöke Gordon M. B. Dobson** volt, akiről a légköri ózommennyiség mértékegységét nevezték el. A monitorozott helyszínek egyike az Antarktisz Halley-öblében lévő jégtabla volt. Az ide telepített műszer segítségével állapították meg először, hogy **a Déli-sarkvidék felett nagymértékű az ózonkoncentráció** – természetes okokkal magyarázott – **évszakonkénti ingadozása**.

**Ebben az évtizedben már tömegesen gyártották az új típusú hűtőberendezéseket**, amelyekben a Freon-11 (CFC-11) és a Freon-12 (CFC-12) klórozott-fluorozott szénhidrogének váltották fel a korábban használt mérgező és gyúlékony hűtőanyagokat. **A freonok gyorsan nagy népszerűsége tettek szert a fejlett országokban és az 1970-es évek elején már mindkét fenti vegyületből külön-külön évi mintegy egymillió tonnát állítottak elő**.

**Egyéb halogénezett szénhidrogének is széles körben elterjedtek** ipari-technológiai folyamatokban és különböző eszközökben (pl. szórófejes palackok hajtógázaként). A 70-es évek elején néhány tudósban felmerült, hogy a magaslégköri ózon bomlásához az emberi tevékenység is hozzájárulhat, **1974-ben pedig kimondták, hogy a freonok feljuthatnak a sztratoszférába** ott gyorsan elbomlanak és az így keletkező klór bonthatja az ózommolekulákat ([Farágó 2017](#)).

**NEMZETKÖZI FELLÉPÉS AZ ÓZONRÉTEG MEGMENTÉSÉRE**

**A Bécsi Egyezmény és a Montreali Jegyzőkönyv**

Az ózonréteg veszélyeztetése miatt az egyre erősödő aggályok nyomán **1985 márciusában** Bécsben **jóváhagyták** az ózonréteg védelméről szóló ún. **Bécsi Egyezményt** (Faragó 2017). **Az egyezmény konkrét lépések megtételét nem írta elő** a felek számára. Erre később, a Bécsi egyezmény **montreali jegyzőkönyve** formájában került sor (Eur-Lex).

A **Montreali Jegyzőkönyvet 1987-ben fogadták el**, amely először ötféle freonnal és háromféle halon gázzal kapcsolatos szabályozásról szólt, majd **az évek során többször módosították**, újabb és újabb ózonkárosító anyagra kiterjesztve (Faragó 2017). Legutóbbi módosítása **2016 októberében** történt, ez volt a **kigali módosítás, amely a fluorozott szénhidrogének (HFC) fokozatos visszaszorítására szólít fel**. Ezeket az anyagokat a freonok helyettesítésére használták "ózonbarát" jelzővel, de később kiderült, hogy az ózonréteget ugyan nem károsítják, de légkörbe jutásuk jelentős hatással van a globális felmelegedésre (Európai Tanács 2017, Faragó 2017).

**Az Európai Unió politikája**

Az Európai Közösség a **88/540/EGK** tanácsi irányelvvel hagyta jóvá az ózonréteg védelméről szóló Bécsi Egyezményt és az ózonréteget lebontó anyagokról szóló Montreali Jegyzőkönyvet.

A jegyzőkönyvet **az Európai Unió saját jogszabályai alapján hajtja végre**. Az ózonréteget lebontó anyagokról szóló **1005/2009/EK** rendelet több esetben meghaladja a Montreali Jegyzőkönyv követelményeit, például **több anyagra terjed ki**, amelyeknek a termékekben, berendezésekben szereplő jelenlétét is szabályozza, valamint **ambíciózusabb csökkentési határidőket határoz meg** (Eur-Lex).

**2019-ben az Európai Bizottság értékelte (SWD(2019) 406 final** teljes értékelés, és **SWD(2019) 407 final** összefoglaló) **az Európai Unió ózonrendeletének végrehajtását és**

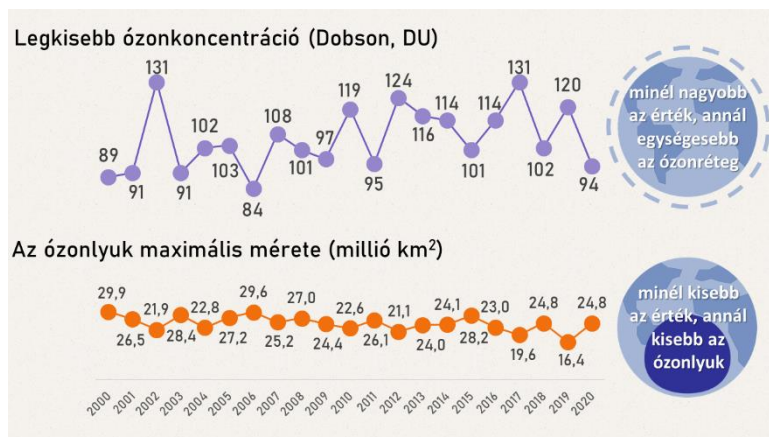
teljesítményét az EU teljes területén. Az értékelés szerint **az 1005/2009/EK rendelet teljesíti a céljait**, jól illeszkedik a vonatkozó uniós és nemzetközi jogszabályokhoz, de némi további koherencia még elérhető lenne. A rendelet hatékony, de néhány esetben az eredmény egyszerűbben is elérhető lenne, kevésbé erőforrás igényes tevékenységekkel ([European Commission](#)).

**AZ ÓZONRÉTEG ÁLLAPOTA**

**A Montreali Jegyzőkönyv hatályba lépése óta (1987) az ózonréteg lassú helyreállása indult meg**, amely a légkörbe kerülő halogénezett szénhidrogének megfékezésének eredménye ([Copernicus](#)).

**2013 óta azonban a csökkenés lelassult** egy váratlan koncentráció növekedés miatt, amely valószínűleg egy be nem jelentett előállításból származott, amely globálisan késleltetheti a sztratoszférikus ózonréteg helyreállítását.

1. ábra: Az ózonkoncentráció és az ózonlyuk mérete az Antarktisz felett az elmúlt években



Forrás: [Infoszolg/NASA Ozone Watch](#)

**A globális CFC-11 emisszió növekedés legalább 40–60 százalékát 2014–2017 között kelet Kína szárazföldi részéről származtatják.** 2018–2019-ben Kína belső vizsgálatot végzett az ügyben és bejelentette, hogy széleskörű intézkedési tervet készített az **illegális CFC előállítás és használat** csökkentése érdekében ([Stephen A. Montzka et al. 2021](#)).

## Az antarktisi ózonréteg

2020. augusztus közepén az ózonlyuk gyors növekedésnek indult az Antarktisz felett és a mintegy 25 millió km<sup>2</sup>-es legnagyobb kiterjedését október elejére érte el. A NASA ózon figyelő ([NASA Ozone Watch](#)) jelentése szerint az ózonkoncentráció október 6-án 94 DU volt, amely az elmúlt 15 év legalacsonyabb értéke.

2021. május 3-án az Antarktisz körüli ózon koncentráció értékek 360 DU (Dobson), a kontinens feletti értékek pedig 250 DU körüliek, melyek az őszi minimum értékekhez közelítenek és viszonylag egységesek ([British Antarctic Survey 2021](#)).

## Ózonlyuk az Északi-sark felett

Az Északi-sark ózonvesztése lényegesen alacsonyabb, mint az Antarktiszon, melynek egyik oka, hogy az északi-sarkvidéki hőmérsékletek általában nem olyan alacsonyak. 2020-ban azonban az Északi-sark körül áramló erős szél csapdába ejtette a hideg levegőt, egy sarki örvényt létrehozva. A sarki tél végén az Északi-sark fölött erősödő napfény pedig megindította az ózon szokatlanul erős lebomlását, amely kevesebb, mint 1 millió km<sup>2</sup> kiterjedésű ózonlyuk kialakulásához vezetett ([Mészáros 2020](#)).

### Források:

- 2020 Antarctic ozone hole is large and deep. [World Meteorological Organization](#), 2020. október 9.
- A légköri ózon. [Országos Meteorológiai Szolgálat](#) (OMSZ)
- A légköri ózon tulajdonságai és hatásai. [Szegedi Tudományegyetem](#) (SZTE),
- Antarctic ozone. [British Antarctic Survey](#), 2021. május 3.
- Az elektromágneses spektrum. [SZTE Elektronikus Tananyag Archivum](#),
- Bécsi egyezmény az ózonréteg védelméről. [Eur-Lex](#),
- Faragó Tibor: Az ózonréteg megmentése: Egy globális környezeti áttérhelés évfordulói és tanulságai. [Magyar Tudomány](#), 2017. szeptember
- Klímavédelem: az EU jóváhagyta a Montreali Jegyzőkönyvhöz csatolt kigali módosítás ratifikálását. [Európai Tanács](#), 2017. július 17.
- Mészáros Szabolcs: Szokatlan ózonlyuk az Északi-sarkvidék felett. [csillagaszat.hu](#), 2020. április 15.
- Monitoring of the ozone layer. [Copernicus](#),
- Montreali jegyzőkönyv az ózonréteget lebontó anyagokról. [Eur-Lex](#), (utolsó módosítás: 2019. december 12.)
- Ozone Regulation. [European Commission](#), (letöltés dátuma: 2021. április)
- Record-breaking 2020 ozone hole closes. [World Meteorological Organization](#), 2021. január 6.
- Tóth és mtsi.: A földfelszínre érkező szoláris UV-besugárzás és a légköri ózon kapcsolata az éghajlati rendszerrel – fizikai háttér és társadalmi, egészségügyi vonatkozások. [Magyar Tudomány](#), 2019. szeptember
- Salma Imre (szerk.): Környezetkémia. [Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar](#) (ELTE TTK), 2012.
- Stephen A. Montzka et al: A decline in global CFC-11 emissions during 2018–2019. [Nature](#), 2021. február 10.