

tanítsunk a világűrrel!

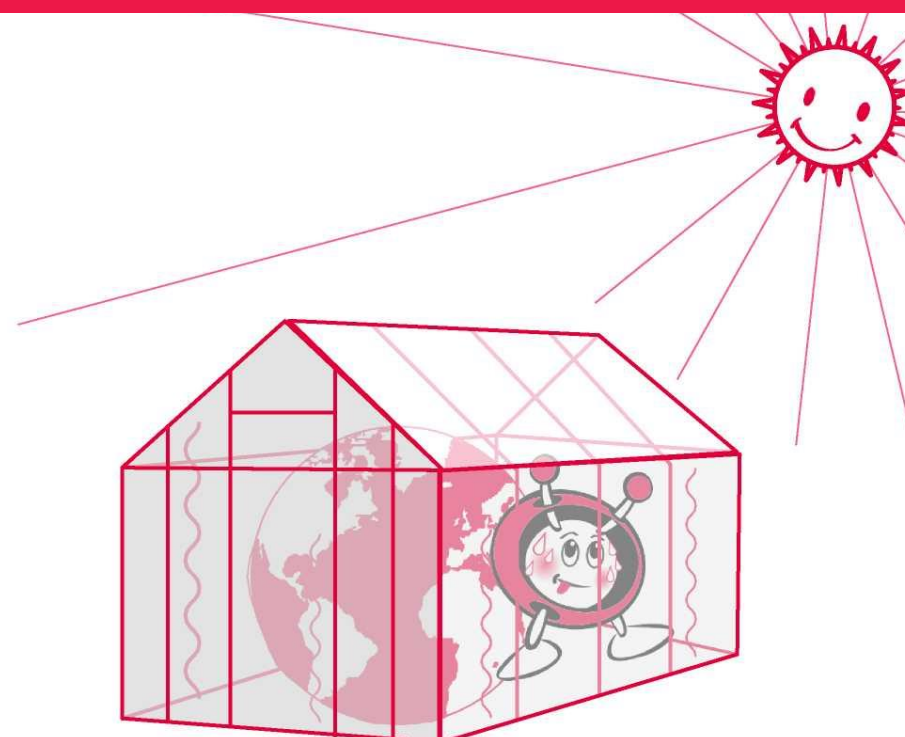


→ **FÖLDÜNK FEDŐ ALATT**
Tanuljunk az üvegházhatásról!

**European Space
Education Resource
Office (ESERO)**

Az Európai Űrügynökség (ESA) oktatási programja
az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO)
az Egyesült Királysággal együttműködésben

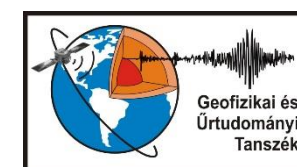
Szerzői jogok 2014 © Európai Űrügynökség



Székely Balázs egyetemi docens

Timár Gábor egyetemi tanár

**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék**



Alapadatok	3. oldal
A tevékenységek áttekintése	4. oldal
Bevezetés	5. oldal
1. tevékenység: Mi az üvegházhatás szerepe?	6. oldal
2. tevékenység: Hogyan befolyásolja az emberi tevékenység az üvegházhatást?	8. oldal
Tanulói munkalapok	10. oldal
Linkek	14. oldal
Melléklet	15. oldal



tanítsunk a világűrrel! - földünk fedő alatt | PR15 www.esa.int/education

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket teachers@esa.int

Az Európai Űrügynökség oktatási programja az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO) Cseh Köztársasággal és Hollandiával együttműködésben

Szerzői jogok © Európai Űrügynökség 2018

→ FÖLDÜNK FEDŐ ALATT

Tanuljunk az üvegházhatásról!

Alapadatok

Tantárgy: földrajz, természettudományok **Korosztály:** 8–10 év

Típus: tanulói tevékenység

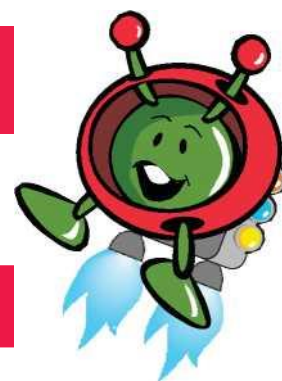
Nehézségi fok: könnyű

Tanítási idő: 60 perc

Költség: alacsony (0–20 euró tevékenységenként)

Helyszín: tanterem és szabadtéri

Kulcsszavak: üvegházhatás, globális felmelegedés, földrajz, természettudományok



Rövid ismertetés

A légkörünk és az abban található üvegházhatású gázok teszik lehetővé, hogy a Föld lakható bolygó legyen. Nélkülük az élet az általunk ismert formájában nem létezne. Sajnos azonban az emberi tevékenység nyomán termelődő üvegházhatású gázok mennyiségének növekedése megváltoztatja e gázok „normális” mennyiségét a légkörben, ami globális felmelegedéshez vezet. A tevékenység során a tanulók egy általuk készített modell segítségével tanulmányozzák az üvegházhatás jelenségét, és egy videót elemezve megvitatják, milyen következményekkel jár az üvegházhatású gázok mennyiségének növekedése.

Tanulási célok

- Megtanuljuk, mi az üvegházhatás.
- Megismerkedünk az üvegházhatású gázok szerepével.
- Mérlegeljük az üvegházhatás pozitív és negatív következményeit.
- Megértjük, hogy üvegházhatás nélkül a földi élet az általunk ismert formájában nem létezne.
- Felismerjük, hogy az emberi tevékenység miatt fokozódó üvegházhatás okozza a globális felmelegedést.
- Gyakoroljuk, hogyan kell hőmérsékletméréseket végezni.



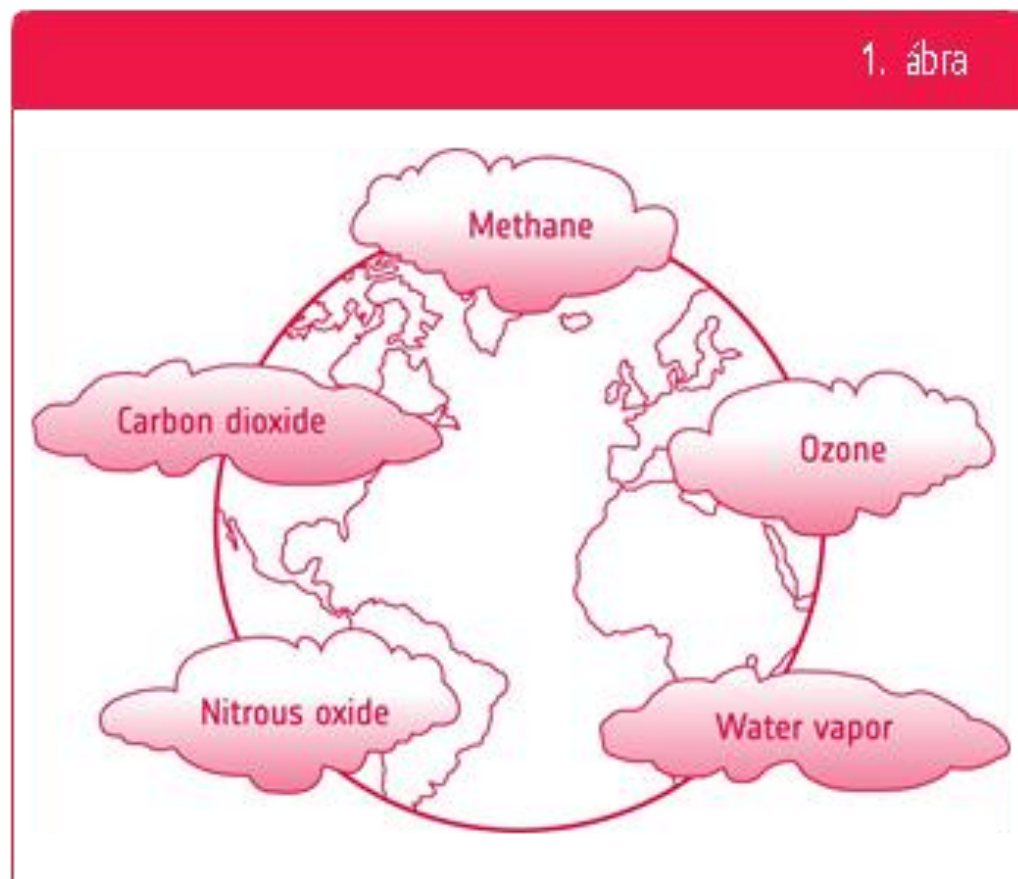
→ A tevékenységek áttekintése

tevé- kenység	cím	leírás	eredmény	szükséges előzmények	időtartam
1	Mi az üvegházhatás szerepe?	A tanulók elvégeznek egy kísérletet az üvegházhatás működési elvének megértéséhez.	A tanulók megértik az üvegházhatást és annak jelentőségét a földi élet szempontjából.	Nincs	40 perc
2	Hogyan befolyásolja az emberi tevékenység az üvegházhatást?	A tanulók megnézik <u>Paxi</u> videóját az üvegházhatásról, és a látottak alapján képeket rendeznek sorba.	A tanulók megértik, milyen következményekkel jár a légköri szén-dioxid mennyiségének növekedése, és hogy mit tehetnek a globális felmelegedés mérsékléséért.	Az 1. tevékenység elvégzése	20 perc

→ Bevezetés

Az üvegházhatás teszi a bolygónkat lakhatóvá: enélkül a Földön az átlaghőmérséklet -18°C lenne. Így az általunk ismert formájában a földi élet sem létezhetne.

A Föld légköre hasonlóan működik, mint egy üvegház. A légkört alkotó gázok egy része olyan szerepet tölt be, mint az üvegház falai és teteje. Nappal a napsugarak felmelegítik a Földet. A Föld napközben és éjjel hőt sugároz vissza a légkörbe, ami segít lehűteni a felszínt. E hő zöme visszakerül az űrbe, egy részét azonban az üvegházhatású gázok csapdába ejtik és „bent tartják”, ami melegen tartja a Földet.



A Föld légkörében található leggyakoribb üvegházhatású gázok.

A Sentinel-5P műhold egy Tropomi nevű különleges műszerrel van felszerelve, amely mérni tudja az üvegházhatású gázok, például a metán és az ózon mennyiségét. Emellett képes bemérni a szennyező anyagok kibocsátásának helyét is, így hatékonyan azonosítja a szennyezési gócpontokat. Ezek az információk nagyon fontosak a levegőminőség nyomon követéséhez, valamint ahhoz, hogy megértsük a légkörben zajló kémiai folyamatokat és azok éghajlati hatásait

tanítsunk a világgal! - földünk fedő alatt | PR15

Sajnos az ember által termelt üvegházhatású gázok légköri mennyisége drámaian megnőtt az ipari forradalom 18. századi kezdete óta. Ennek következtében az üvegházhatás túl erős lett. A tudósok elsősorban az emberi tevékenység nyomán elsődlegesen kibocsátott üvegházhatású gázok, a metán és a szén-dioxid miatt aggódnak. A szén-dioxid mennyiségének növekedéséhez akkor járulunk hozzá, amikor például energiatermelés céljából szenet, olajat és más fosszilis tüzelőanyagokat égetünk, vagy amikor fákat vágunk ki és égetünk el, hogy helyet biztosítsunk házak építéséhez. A fosszilis tüzelőanyag-ipar, valamint az állattenyésztés és a rizstermesztés pedig metánt szabadít fel.



A Sentinel-5 Precursor - más néven Sentinel-5P - fontos szerepet játszik a légkörünk megfigyelésében.

European Space Agency

→ 1. tevékenység: Mi az üvegházhatás szerepe?

A tevékenység keretében a tanulók egy kísérlet segítségével tanulmányozzák az üvegházhatás működését és annak hatását a Föld hőmérsékletére. Végül a tevékenység címében szereplő kérdést megválaszolva arra a következtetésre jutnak, hogy az üvegházhatás teszi lehetővé az életet a Földön.

Eszközök (csoportonként)

- 2 átlátszó befőttesüveg
- föld
- víz
- 1 teáskanál
- 2 hőmérő
- folpack fólia
- befőttesgumik
- ragasztószalag
- napsütés hiányában hősugárzó lámpa

Egészségügyi és biztonsági szabályok

A befőttesüvegeket és a lámpát a tanulók kezeljék óvatosan, és kerüljék a hőlámpa érintését.

Gyakorlat

Indítsuk a tevékenységet azzal, hogy megkérdezzük a tanulókat, tudják-e, mi az üvegházhatás. Ezután ismertessük a kísérletet, amivel modellezni fogjuk az üvegházhatás működését. A kísérlet elvégzése után válaszoljanak a kérdésre: Mi az üvegházhatás szerepe?

A tanulók két különbözően berendezett befőttesüvegben végeznek hőmérséklet-méréseket, ezért célszerű, ha párokban dolgoznak, és minden tanuló egy-egy üvegért felelős. Az üvegeket elhelyezhetik egy napos ablakpárkányon vagy a szabadban. Napsütés hiányában használjunk hősugárzó lámpát. A tanulók úgy irányítsák a lámpát, hogy a fénye egyformán érje mindkét hőmérőt.

A kísérlet előkészítésére vonatkozó részletes útmutatót a tanulói munkalap tartalmazza. A kísérlet sikeres elvégzéséhez vegyük figyelembe a következő pontokat:

- A hőmérőket úgy helyezzük el, hogy ne érjenek a talajhoz.
- A befőttesüvegeket légmentesen zárjuk le, különben a mérések nem lesznek pontosak.

A mérések megkezdése előtt vitassuk meg a tanulókkal, hogy szerintük hogyan változik majd a hőmérséklet a napra, illetve a hősugárzó lámpa alá helyezett üvegekben.

Ezt a tevékenységet demonstrációként is elvégezhetjük. Ehhez befőttesüvegek helyett két akváriumot vagy üvegdobozt célszerű használnunk. A tanulók elvégezhetik a méréseket, és feljegyezhetik az eredményeket a táblára vagy egy kinyomtatott táblázatba, amit kifüggesztünk a tanterem falára.



	Nyitott befőttesüveg	Lezárt befőttesüveg
Kiindulási hőmérséklet	24,6°C	24,4°C
5. perc	26,3°C	29,6°C
10. perc	29,2°C	37,0°C
15. perc	29,0°C	36,9°C

Mintaadatok a kísérlethez (a tényleges eredmények ettől eltérhetnek!)

Megbeszélés

A folpack fóliával lezárt üvegben a levegő hőmérséklete magasabb lesz, mint a nyitott üvegben. A fólia beengedi a hőt, de egy részét az üveg belsejében tartja, így abban a levegő felmelegszi. Ezzel nagyon egyszerűen modellezhetjük az üvegházhatás működését. A fóliával lezárt üveg jelképezi a Földet légkörrel, a nyitott üveg pedig légkör nélkül.

Beszélgessünk a tanulókkal a légkörben fellépő üvegházhatásról és az üveget lezáró fóliához hasonlóan viselkedő gázokról. Minél vékonyabb egy bolygó légköre, annál gyengébb az üvegházhatás. Említhetjük a Mars példáját, melynek vékony légköre nem képes megtartani a Napból érkező energiát, ezért a nappalokat és az éjszakákat szélsőséges hőmérsékleti különbségek jellemzik. Az idősebb tanulók más bolygók esetében is megvizsgálhatják az üvegházhatást.

A tanulók a kísérlet segítségével megértik, hogy a Föld légkörében található üvegházhatású gázok megtartják a talajból kibocsátott hőt, ezáltal felmelegítik a légkört. Ha a Földnek nem lenne légköre, az élet az általunk ismert formájában nem létezne, ugyanis az átlaghőmérséklet jóval nulla fok alatt lenne.



→ 2. tevékenység: Hogyan befolyásolja az emberi tevékenység az üvegházhatást?

A tevékenység keretében a tanulók megnézik az Európai Űrügynökség oktatóvideóját az üvegházhatásról, majd a videóból vett képeket a megjelenésük sorrendjébe rendezik. A videó bevezetesként szolgál annak megvitatásához, hogy az emberi tevékenység hogyan növeli az üvegházhatású gázok mennyiségét a Föld légkörében, és ennek mik a következményei.

Eszközök

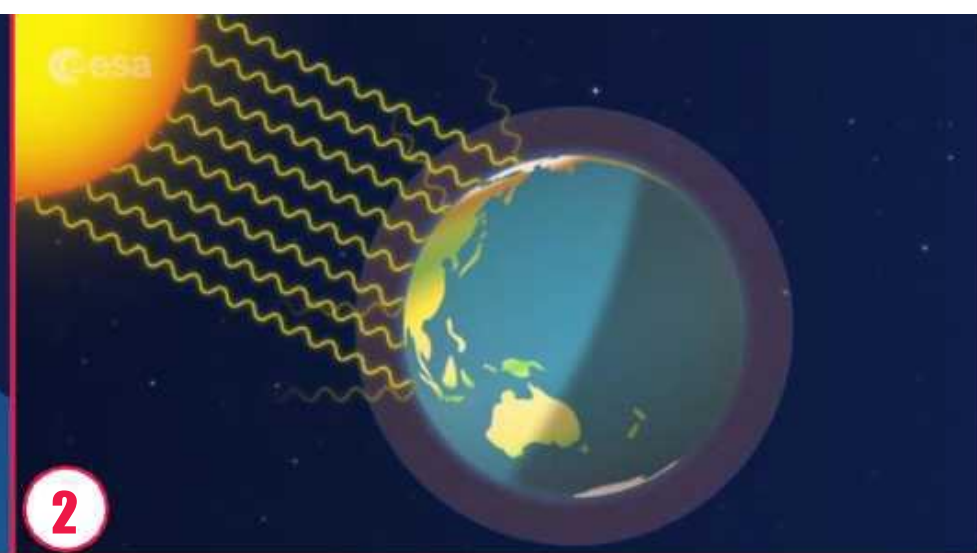
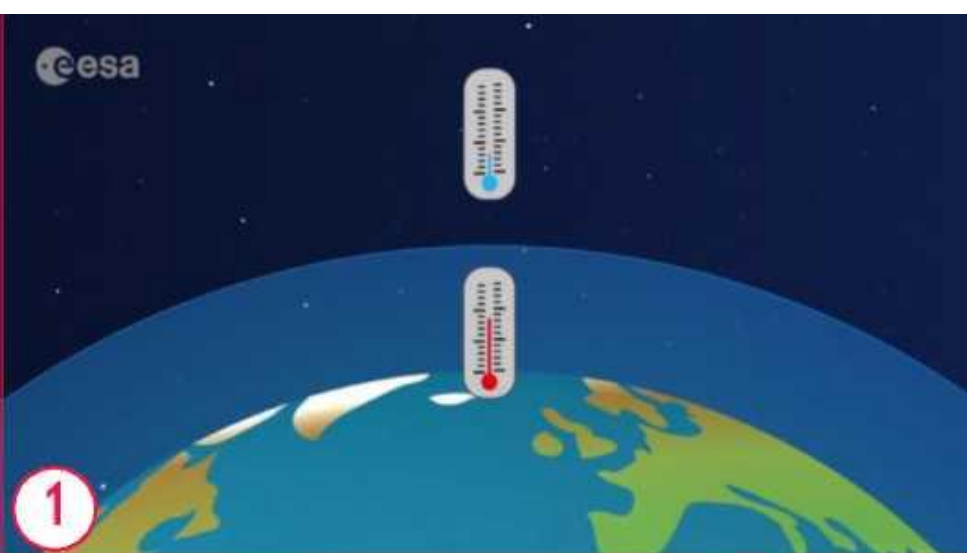
- laptop vagy más eszköz a videó lejátszásához, projektor
- munkalapok
- olló
- ragasztó

Gyakorlat

Mutassuk be az osztálynak Paxi oktatóvideóját az üvegházhatásról (lásd a Linkek részt). Ezután osszuk ki a videóról készült képernyőképeket a Mellékletből. Ezeket a tanulók vágják ki és rendezzék megjelenési sorrendbe. Amikor már biztosak a megoldásban, ragasszák be a képeket az 1–6. négyzetekbe és írják le, mit ábrázolnak.

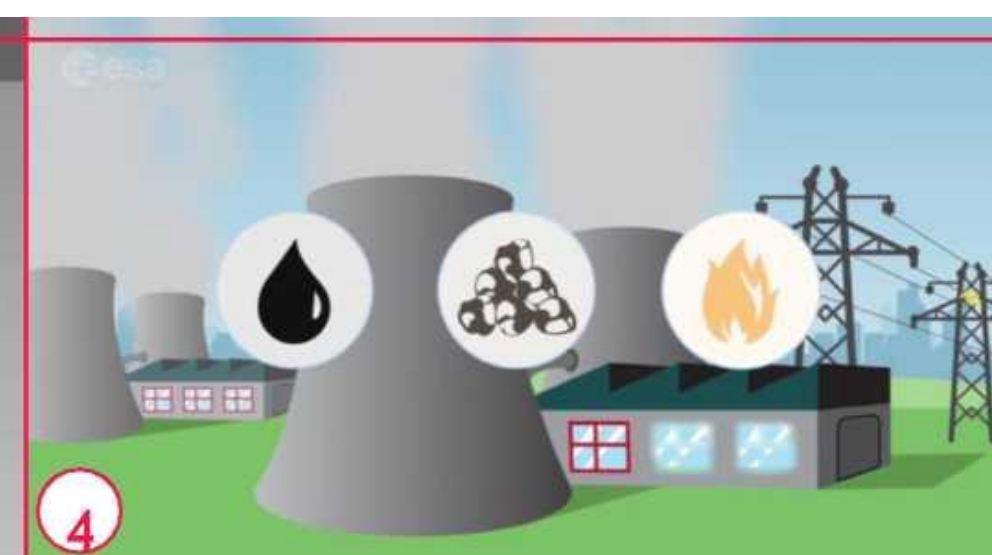
Vitassuk meg a tanulókkal az eredményeket. Mutassunk rá, hogy az emberi tevékenység nyomán fokozódó üvegházhatású gáztermelés megváltoztatja e gázok „normális” mennyiségét a légkörünkben, ami globális felmelegedéshez vezet. Beszéljük meg, hogyan csökkenthetjük a légköri szén-dioxid mennyiségét (újrahasznosítás, energia-takarékosság, autómentes közlekedés, faültetés stb.)





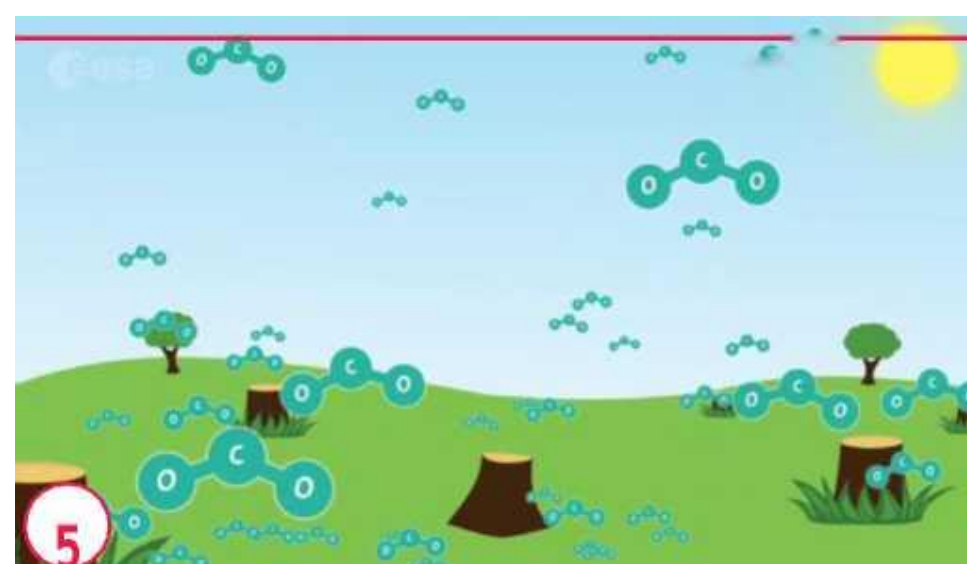
1 A légkör tartalmazza a levegőt, amelyet belélegzünk, és lehetővé teszi az életet a Földön. Emellett megvéd minket az űrben uralkodó hidegtől és melegen tart minket.

2 A légkörben lévő üvegházhatású gázok üvegházként működnek: a Nap hőjének egy részét a Földön tartják.



3 A tudósokat aggasztja, hogy az üvegházhatás túlságosan erősödik. A Föld túl gyorsan melegszik.

4 Az olaj, szén, földgáz égetése és más emberi tevékenységek miatt növekszik a szén-dioxid mennyisége.



5 A fák kivonják a légkörből és elnyelik a széndioxidot, ezért a fakitermelés miatt jelentősen megnő ezeknek az üvegházhatású gázoknak a mennyisége.

6 A szén-dioxid növekvő mennyisége erősíti az üvegházhatást, ami a Föld hőmérsékletének emelkedéséhez vezet.



→ FÖLDÜNK FEDŐ ALATT

Tanuljunk az üvegházhatásról!

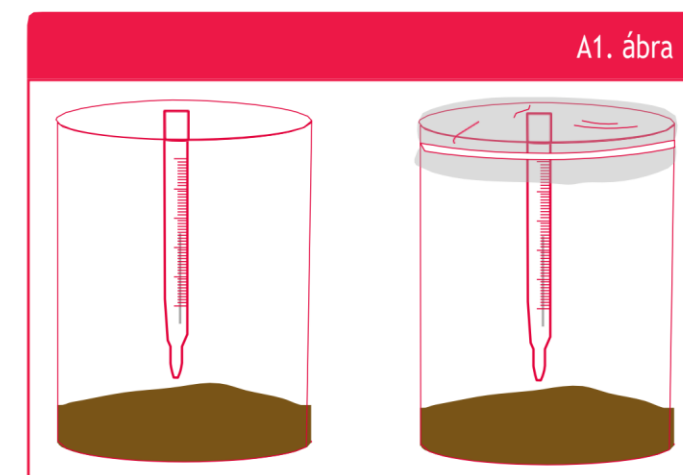
→ 1. tevékenység: Mi az üvegházhatás szerepe?

A tevékenység során egy kísérlet segítségével vizsgáljátok az üvegházhatást és annak hatását a Föld hőmérsékletére, majd válaszoltok az alábbi kérdésre:

Mi az üvegházhatás szerepe a Földön?

Eszközök

- 2 átlátszó befőttesüveg
- föld
- víz
- teáskanál
- 2 hőmérő
- folpack fólia
- befőttesgumik
- ragasztószalag



↑ A kísérlet előkészítése.

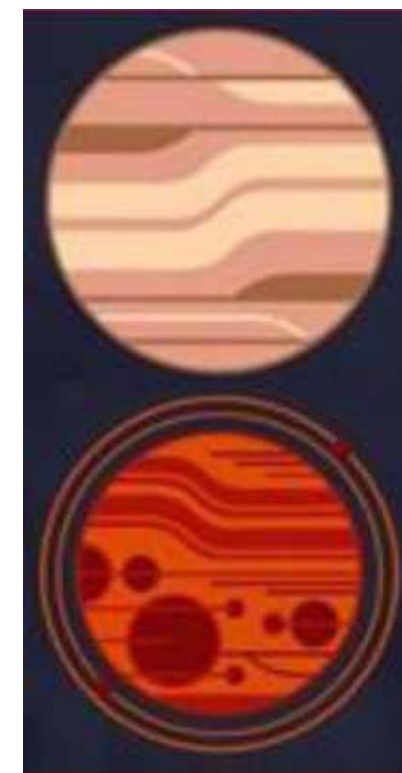
Gyakorlat

1. Vékonyan fedjétek be mindkét üveg alját földdel, és nedvesítsétek be pár csepp vízzel.
2. Helyezzétek a hőmérőket az üvegekbe úgy, hogy ne érjenek a talajhoz, és rögzítsétek őket ragasztószalaggal.
3. Az egyik üveget zárjátok le fóliával és befőttesgumival.
4. A másik üveg maradjon nyitott.
5. Mindkét hőmérőről olvassátok le, és jegyezzétek fel a kiindulási hőmérsékletet.
6. Helyezzétek a befőttesüvegeket a napra vagy a hősugárzó lámpa alá.

Tudtad?

Igazán erős üvegházhatást a Vénusz esetében figyelhetünk meg. A Vénusz tömegét és méretét tekintve hasonlít a Földhöz, de légköre főként az üvegházhatású gázként számontartott szén-dioxidból áll. Ennek következtében a bolygó felszíni hőmérséklete 460 °C - ekkora hőmérsékleten a cink is megolvad! A tudósok azért tanulmányozzák a Vénusz légkörét, mert segíthet megérteni az üvegházhatást a Földön.

A Vénusz szöges ellentéte a Mars, ahol alig tapasztalható üvegházhatás. A vörös bolygó légkörében van ugyan némi szén-dioxid, a légköre azonban olyan vékony, hogy nem képes megtartani a Napból érkező energiát. Ezért a nappalokat és éjszakákat, valamint a napfényes és árnyékos területeket szélsőséges hőmérsékleti különbségek jellemzik.



Eredmények

Jegyezzétek fel a kiindulási hőmérsékleteket mindkét üveg esetében. Ezután ötpercenként olvassátok le a hőmérőket, és töltsétek ki a táblázatot az eredményekkel.

	Nyitott befőttesüveg	Lezárt befőttesüveg
Kiindulási hőmérséklet		
5. perc		
10. perc		
15. perc		

Megbeszélés

1. Melyik hőmérő mutatott magasabb hőmérséklet? Miért?
2. Melyik befőttesüveg jelképezi a Földet légkörrel (1), és melyik légkör nélkül (2)?
Karikázzátok be a helyes választ.
Nyitott befőttesüveg: (1) (2)
Lezárt befőttesüveg: (1) (2)
3. Egészítsétek ki a következő mondatot: Ha a Földnek nem lenne légköre, akkor...
4. Magyarázzátok el, miért van szükség üvegházhatásra a Földön.



→ 2. tevékenység: Hogyan befolyásolja az emberi tevékenység az üvegházhatást?

A tevékenység során az Európai Űrügynökség oktatási programjának kabalafigurája, Paxi segítségével megtudjátok, mi a természetes üvegházhatás és hogyan változtatja meg azt az emberi tevékenység.

Eszközök

- olló
- ragasztó

Gyakorlat

1. Vágjátok ki a videóból vett képernyőképeket.
2. Rendezzétek őket megjelenési sorrendbe az 1–6. négyzetekbe.
3. Ha biztosak vagytok a megoldásban, ragasszátok be őket.
4. Írjátok le, mit ábrázolnak az egyes képek.
5. Írjatok három példát arra, hogyan segíthetitek a Föld légkörében lévő szén-dioxid mennyiségének csökkentését.

1. példa: _____
2. példa: _____
3. példa: _____

Tudtad?

Az Európai Űrügynökség elindította az Éghajlatváltozási Kezdeményezés (Climate Change Initiative, CCI) nevű programját, melynek célja az éghajlatváltozás alaposabb megértése. Ennek keretében tudósok és szakértők Európa-szerte tanulmányoznak műholdfelvételeket és Földön végzett méréseket. A CCI üvegházhatású gázokkal foglalkozó csoportja a 2002 óta eltelt évekre vonatkozó adatokat elemzi. Ezen információk segítségével a tudósok jobban nyomon tudják követni a Föld légkörében lévő üvegházhatású gázok mennyiségének alakulását.



	
1 _____ _____	2 _____ _____
	
3 _____ _____	4 _____ _____
	
5 _____ _____	6 _____ _____

Paxi animációja az üvegházhatásról

angolul

esa.int/esatv/Videos/2018/05/Paxi - The Greenhouse Effect





Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Paxi animációja az üvegházhatásról [esa.int/esatv/Videos/2018/05/Paxi - The Greenhouse Effect](https://esa.int/esatv/Videos/2018/05/Paxi_-_The_Greenhouse_Effect)

Oktatási segédanyagok [esa.int/Education/Classroom resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

ESA Kids (gyerekeknek ajánlott anyagok) esa.int/esaKIDSen

Az Európai Űrügynökség űrprogramjai

Éghajlatváltozási Kezdeményezés <http://cci.esa.int/>

Sentinel-5P földmegfigyelő műhold

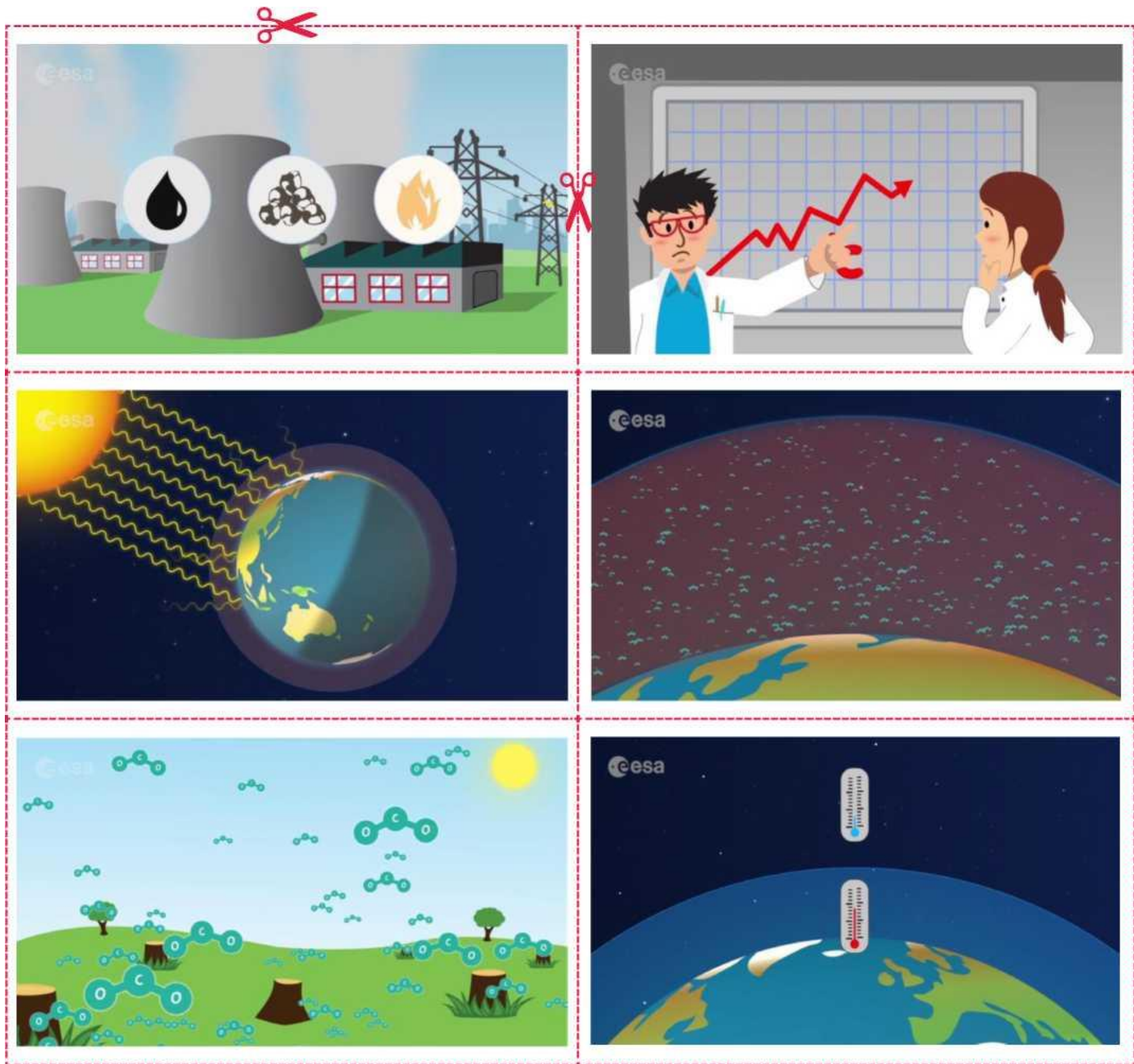
[esa.int/Our Activities/Observing the Earth/Copernicus/Sentinel-5P](https://esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P)

További információk

Az ESA Éghajlatváltozási Kezdeményezésének videója a szénkörforgásról

[esa.int/spaceinvideos/Videos/2018/02/Carbon Cycle](https://esa.int/spaceinvideos/Videos/2018/02/Carbon_Cycle)

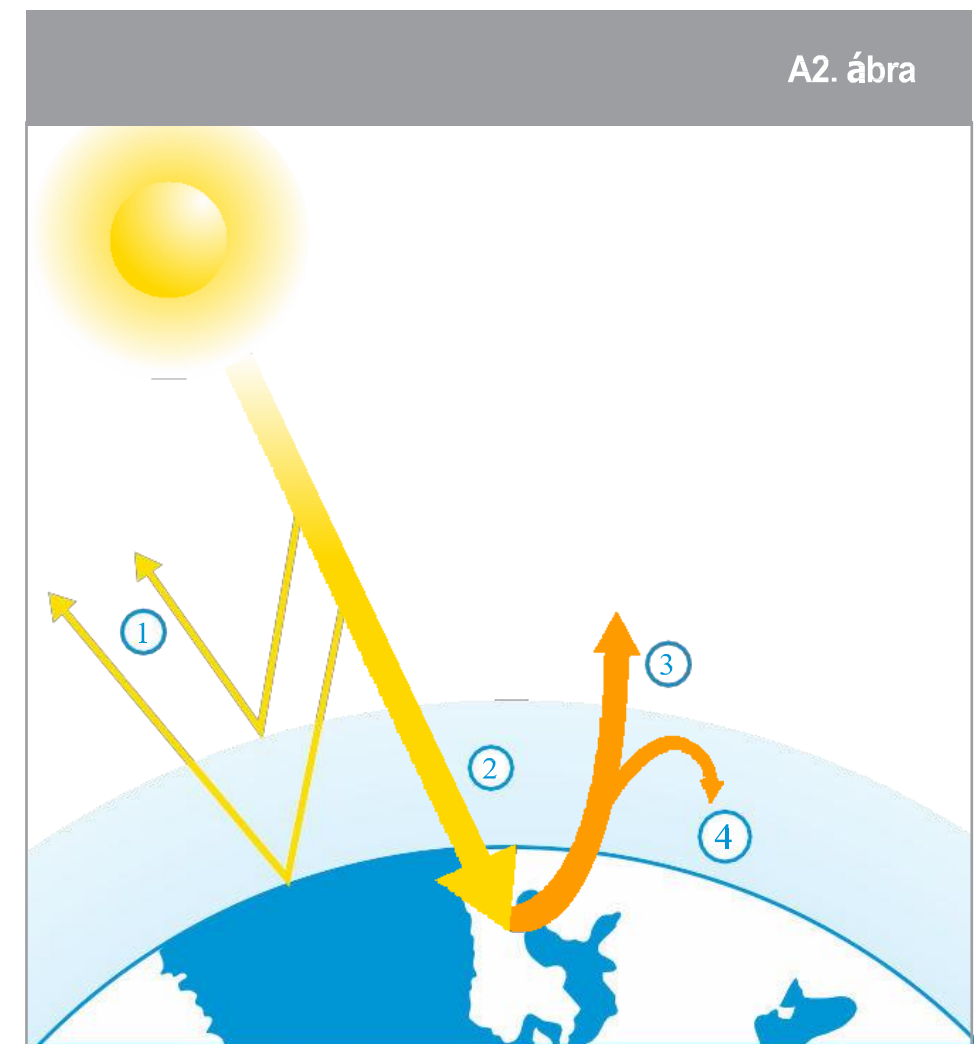
→ MELLÉKLET



→ Háttérismeretek

A Nap által kibocsátott energia nagy része látható és közeli infravörös fény, amely rövid hullámhosszú sugárzásból áll. Ez a sugárzás könnyen áthalad a légkörben található részecskéken. Amikor ez a rövidhullámú sugárzás eléri a Földet, nagy része hővé alakul. A Föld hőmérséklete azonban nem emelkedik a végtelenségig, mert a felszín és a légkör is hőt sugároz vissza a világűrbe. A Föld rendszerébe érkező és onnan távozó sugárzásnak ezt a nettó áramlását nevezzük a Föld sugárzási háztartásának (A2. ábra). A hő hosszuhullámú sugárzás, amely kevesebb energiát tartalmaz, mint a rövidhullámú sugárzás. Ez azt jelenti, hogy más módon lép kölcsönhatásba a légkörrel. A Föld nappal és éjszaka hőt sugároz vissza a légkörbe, ami segít lehűteni a felszínt. Ez a hő azonban nem mind távozik a világűrbe: egy részét csapdába ejtik a légkörben lévő üvegházhatású gázok. Ennek eredményeként a Föld légköre melegebb, mint amilyen az „üvegházhatás” nélkül lenne.

Ha az üvegházhatású gázok nem lennének jelen a földi légkörben, az általunk ismert formájában az élet nem létezne, mivel a felszíni átlaghőmérséklet több Celsius-fokkal nulla fok alatt lenne. A Föld légkörében az elsődleges üvegházhatású gáz a vízgőz. Ez tartja vissza legnagyobb mennyiségben a földfelszínről érkező hőt. Az üvegházhatású gázok közül azonban a klímakutatókat leginkább a CO_2 és a metán (CH_4) foglalkoztatja, mivel ezek elsősorban az emberi tevékenység következtében kerülnek a légkörbe, ahol mennyiségük az ipari forradalom kezdete óta növekszik.



↑ A Föld sugárzási háztartása.

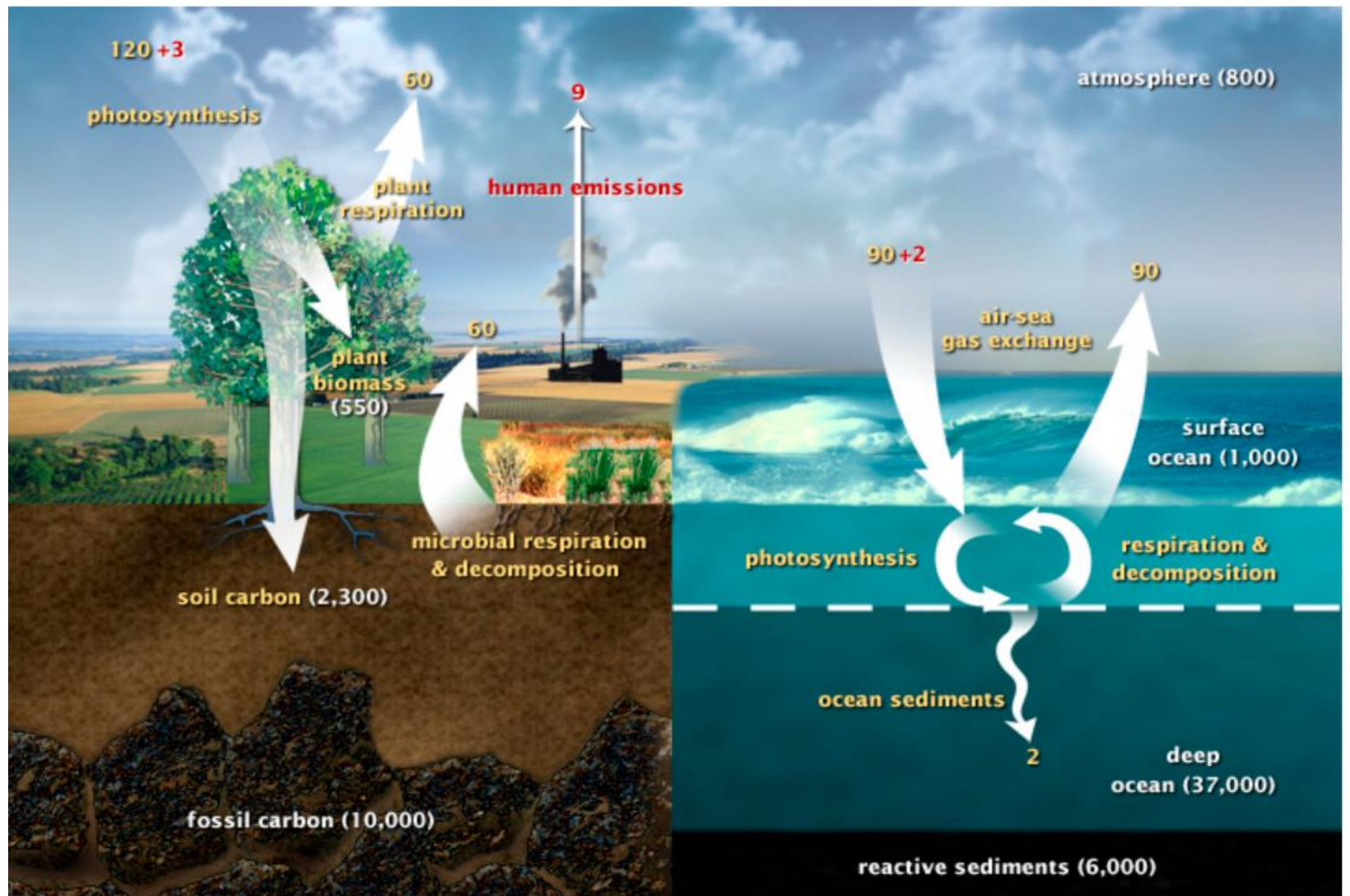
1 – A sugárzás egy része visszaverődik a légkörről, a felhőkről és a Föld felszínéről.

2 – A sugárzás egy részét a légkör és a felhők, nagy részét pedig a szárazföld és az óceánok elnyelik, felmelegítve ezáltal a Földet.

3 – A Föld felszíne infravörös sugárzást bocsát ki. Ennek egy része az űrbe távozik.

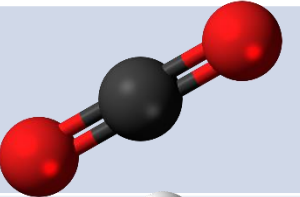
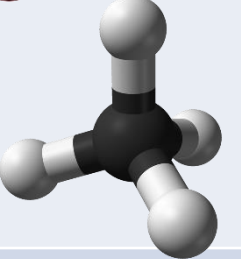
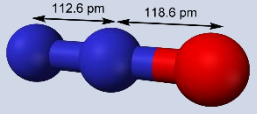
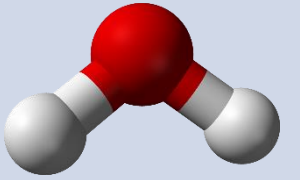
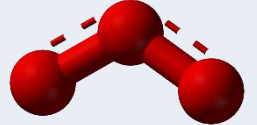
4 – Az infravörös sugárzás más részét a légkörben lévő üvegházhatású gázok csapdába ejtik.

A szén ciklus



This diagram of the fast carbon cycle shows the movement of carbon between land, atmosphere, and oceans. Yellow numbers are natural fluxes, and red are human contributions in gigatons of carbon per year. White numbers indicate stored carbon. (Diagram adapted from U.S. DOE, [Biological and Environmental Research Information System](#).)

Üvegház-gázok (Greenhouse Gases, GHGs)

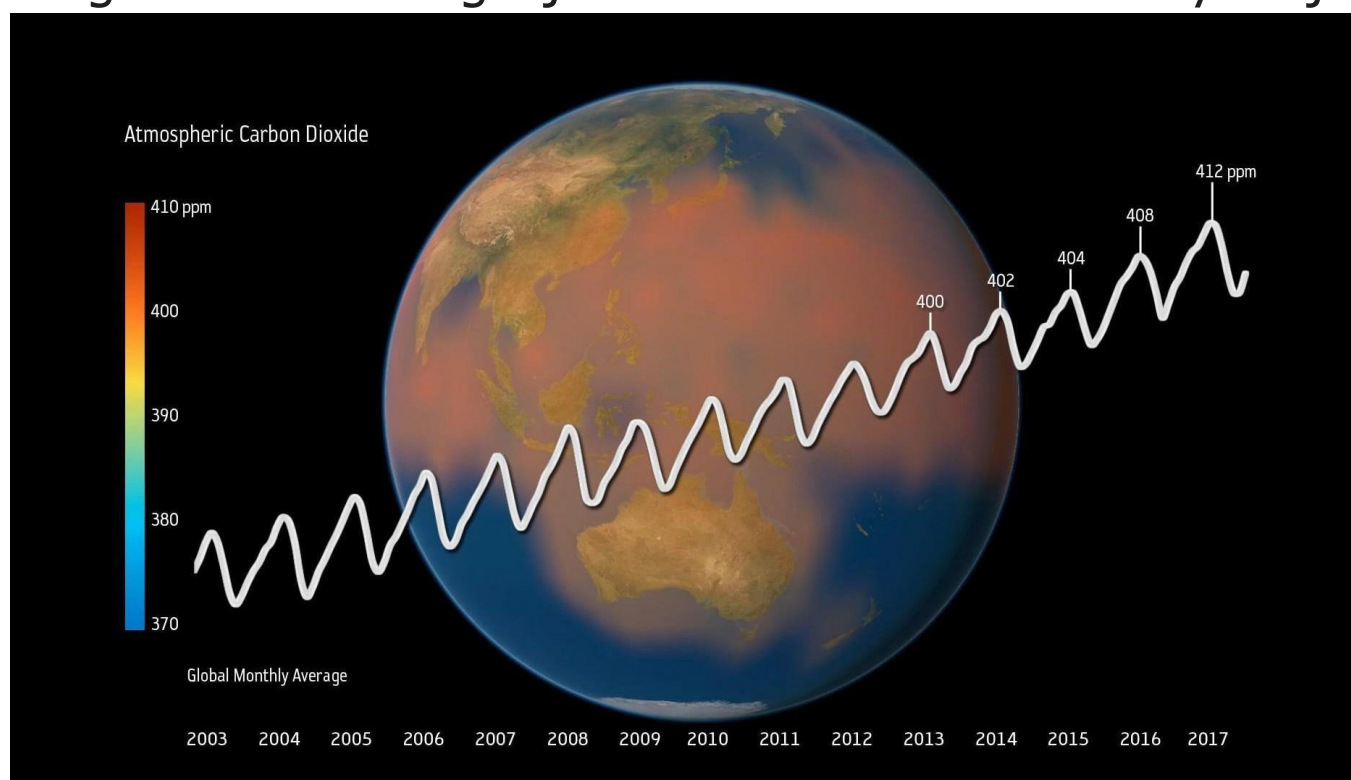
GHG fajtája		GWP	Légköri koncentráció változása	Méréstechnika	példa adatforrásra	3D ábra
CO ₂ szén-dioxid	természetes forrás: légzés, vulkánok + humán tevékenység	1	280 ppm-ről 415 ppm-re	infravörös gázanalizátorok, műholdas mérések	https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle	
CH ₄ metán	vizes élőhelyek + mezőgazdaság, szénhidrogén-kitermelés (szállítás)	28-36	1,870 ppb (2x)	FTIR spektroszkópia, műholdas TROPOMI (Sentinel 5P)	https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/	
N ₂ O dinitrogén-oxid	mezőgazdaság, ipar, szervesanyag égetése	265-298	270 ppb-ről 332 ppb-re	FTIR spektroszkópia, műholdas (Aura)	https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/	
fluorozott szénhidrogének (HFC-k)	szintetikus anyagok	CHF ₃ : 12000 C ₂ HF ₅ :3400 C ₂ H ₃ F ₃ :4300	lényegében csak mesterséges	gázkromatográfia, tömegspektrometria, műholdas mérések	https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases	
H ₂ O vízgőz	a leggyakoribb GHG, párolgási körforg.	N/A (nagyon hőmérséklet-függő)	hőmérséklet-függő	rádiószonda, műhold (MODIS Aqua), mikrohullámú radiometria	https://earthobservatory.nasa.gov/features/WaterVapor	
O ₃ ózon	természetes: sztratoszféra, mesterséges: troposzféra	2000-4000	változik a mennyisége (sok faktortól függ)	UV spektroszkópia, műholdas (OMPS, Ozone Monitoring and Profiling Suite)	https://public.wmo.int/en/resources/library/global-ozone-research-and-monitoring-project	

Global Warming Potential (GWP): CO₂ = 1

→ A globális felmelegedés

A globális felmelegedés jelenségének megértése összetett feladat. A fogalmak megértéséhez elengedhetetlen, hogy megvizsgáljunk néhány „láthatatlan”, de fontos folyamatot, amelyek hatással vannak bolygónk éghajlatára. A globális felmelegedés például az üvegházhatással áll összefüggésben, a Föld jégtakaróinak olvadása pedig a bolygó albedójával.

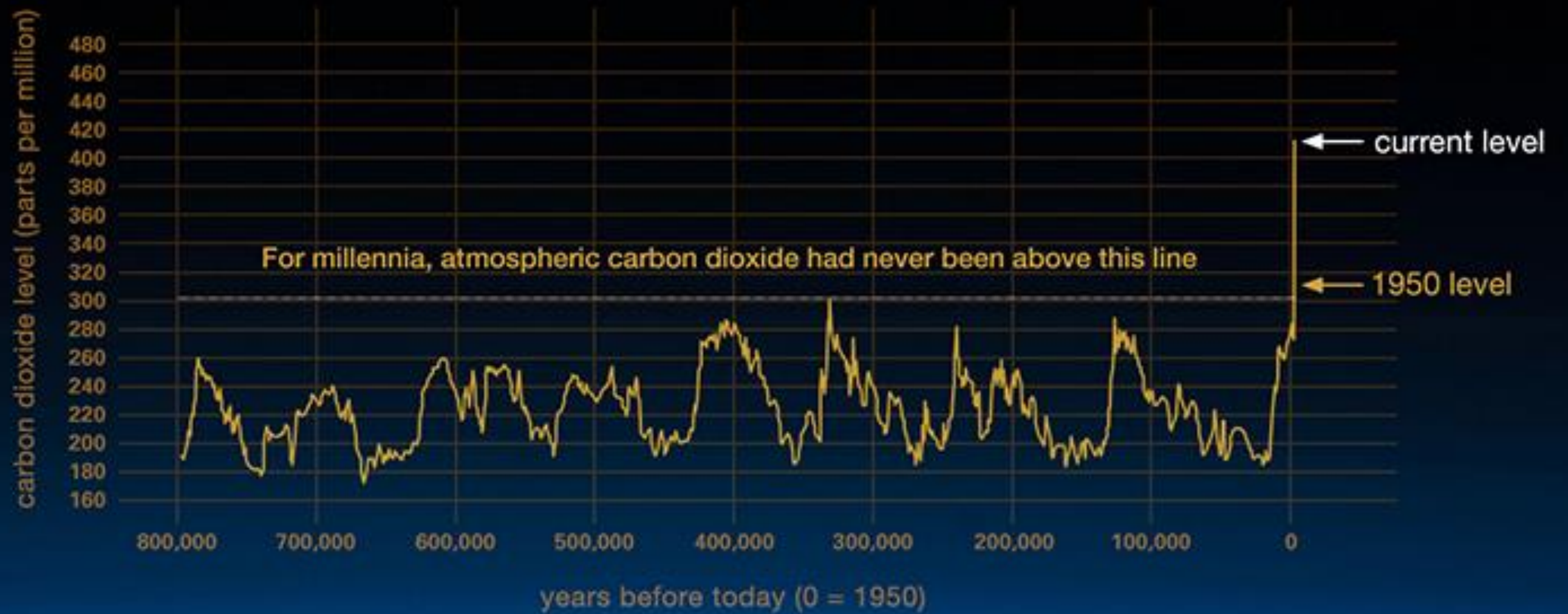
A műholdfelvételek kulcsfontosságú eszközök a Föld légkörében, óceánjaiban és felszínén bekövetkező változások nyomon követéséhez. A különböző típusú műholdképek, mint például a radarképek, a látható fény tartományában készült felvételek vagy az infravörös képek fontos információkat szolgáltatnak a légköri szén-dioxidról, a légkörben lévő felhők és vízgőz mennyiségéről, a tengerszintről, a tengeri jég koncentrációjáról és még sok másról. Az Európai Űrügynökség Éghajlatváltozási Kezdeményezésében (Climate Change Initiative, CCI) több mint 350 klímatudós vesz részt, akik a földmegfigyelő műholdak hosszú távú megfigyeléseit elemzik annak érdekében, hogy megértsék a Föld éghajlatának változásait és befolyásolják az arra adott nemzetközi válaszlépéseket.



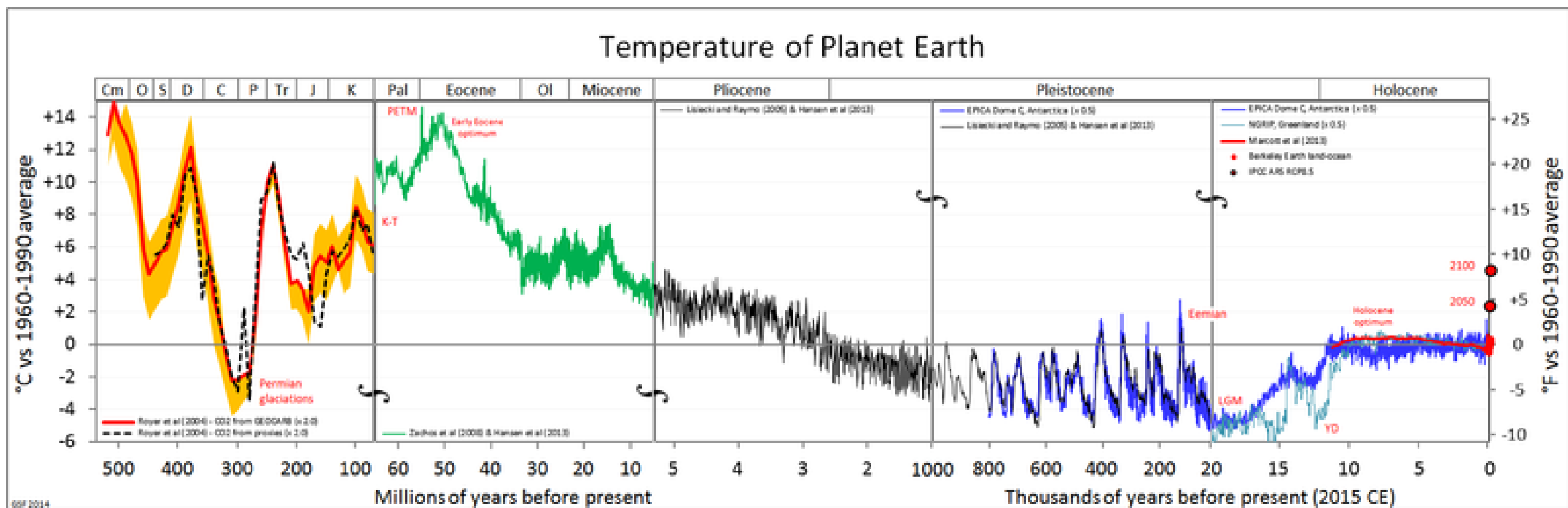
Az ember által előidézett globális felmelegedés legfontosabb okozója a légköri szén-dioxid (CO_2) szintjének emelkedése. A CO_2 megnövekedett szintje felerősíti az üvegházhatást, ami a Föld hőmérsékletének emelkedéséhez vezet.

Ebben a tananyagban a tanulók gyakorlati kísérleteket és műholdas adatelemzés segítségével tanulmányozzák az üvegházhatást és a globális felmelegedés egyes következményeit.

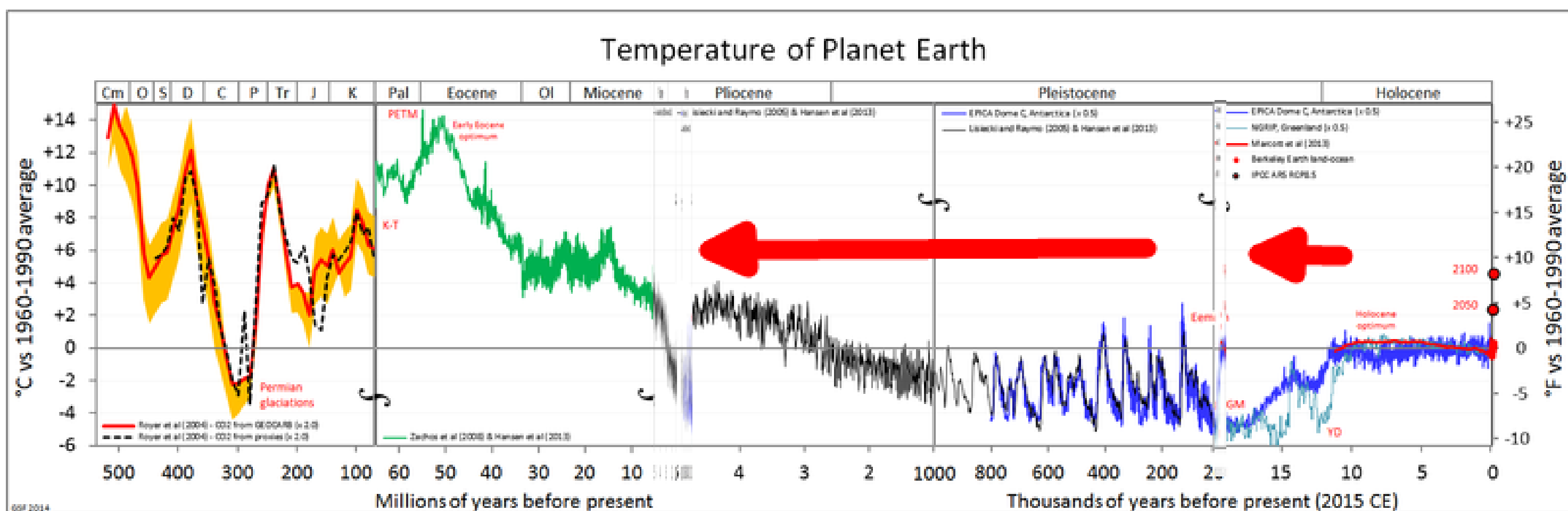
↑ A földmegfigyelő műholdak által mért légköri szén-dioxid szintjének alakulása. A görbe éves emelkedése és csökkenése a növényzet évszakonkénti változásainak és ezzel összefüggésben a több/kevesebb fotoszintézisnek tudható be.



tanítsunk a világgűrrel!



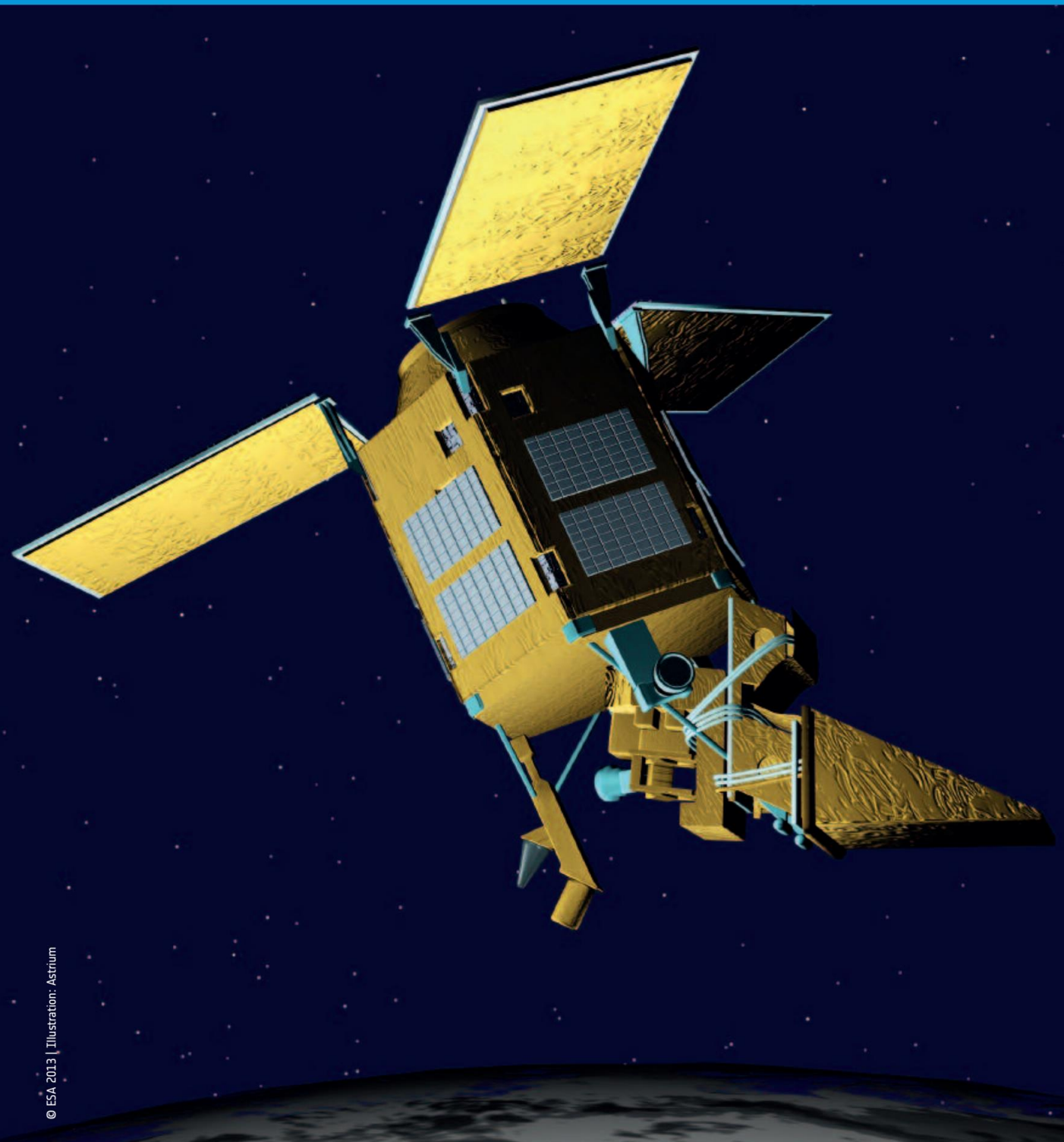
tanítsunk a világgűrrel!





sentinel-5 precursor

→ COPERNICUS LOW EARTH ORBIT ATMOSPHERE MISSION



© ESA 2013 | Illustration: Astrium



sentinel-5 precursor

→ COPERNICUS LOW EARTH ORBIT ATMOSPHERE MISSION

Last update August 2013

MISSION OBJECTIVES

The Sentinel-5 precursor is a UV-VIS-NIR-SWIR spectrometer payload derived through tailoring of Sentinel-5 specifications, e.g. priority to spectral resolution, coverage, spatial sampling distance, signal-to-noise ratio and only high priority bands. It will bridge the gap between Envisat/EOS Aura and Sentinel-5 (the latter expected to be launched in 2020).

It will provide measurements of elements of atmospheric chemistry at high temporal and spatial resolution. Also, it will increase the frequency of cloud-free observations required for the study of troposphere variability. In particular the Sentinel-5 Precursor mission is expected to provide measurements of ozone, NO₂, SO₂, CO and aerosol.

MISSION PROFILE

- › Launch: 2015
- › Lifetime: 7 years
- › Orbit: sun-synchronous, 824 km, 13:30 h LTAN
- › Inclination: 98.742°.

- › Repeat cycle: 17 days
- › Launcher: Compatible with VEGA and ROCKOT category of launchers

SATELLITE PLATFORM

- › Astrobus L 250 M from ASTRIUM
- › 3 axis stabilised with optional yaw steering
- › Launch Mass: 900 kg (incl. 80 kg fuel)
- › Spacecraft Power: 1500 W (EOL), 430 W average power consumption
- › Battery Capacity: 156 Ah
- › Data Storage Capacity: 480 Gbit (EOL) using flash-memory technology

- › Communication Links: S-Band TT&C with 64 kbps up-link and 128 kbps-1 Mbps downlink with ranging and coherency, X-Band Science Data downlink at 310 Mbps OQPSK
- › Propulsion: Mono-propellant hydrazine

SATELLITE PAYLOAD

- › Type: UV-VIS-NIR-SWIR push-broom grating spectrometer called TROPOMI
- › UVN module of TROPOMI provided as a national contribution by the Netherlands
- › Number of Channels: 4
- › Spectral Range: 270-495 nm, 710-775 nm, 2305-2385 nm

- › Spectral Resolution: 0.25-0.55 nm
- › Observation Mode: Nadir, global daily coverage, ground pixel 7x7 km²
- › Radiometric Accuracy: 2% approximately
- › Mass: 200 kg
- › Power: 170 W average
- › Data Volume: 140 Gbits/orbit

