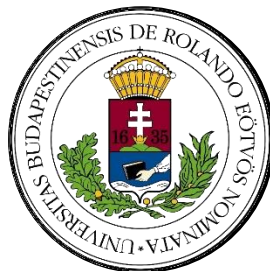


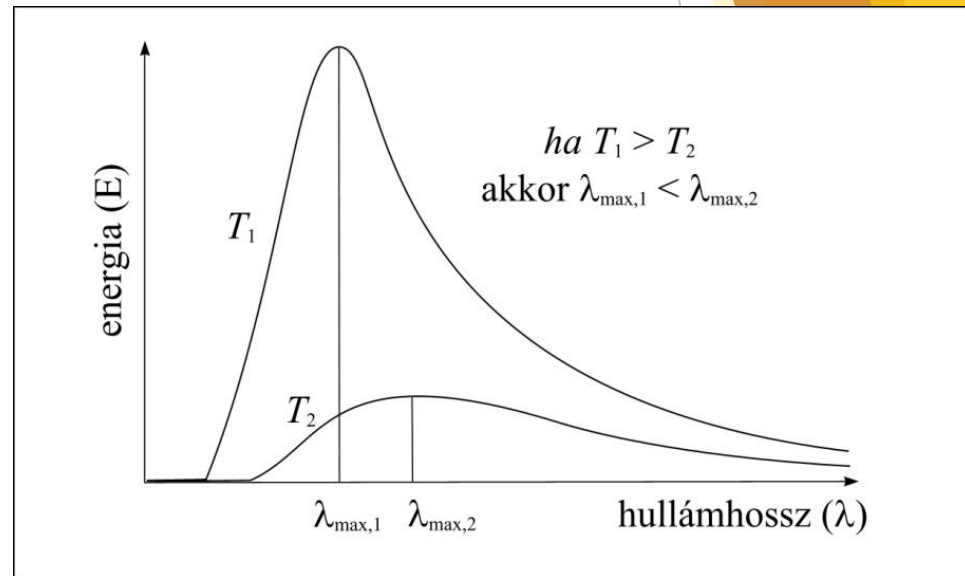
A légköri sugárzás

Sugárzási törvények, légköri veszteségek, energiaháztartás



Sugárzási törvények I.

- ▶ 0. Minden $T > 0^\circ \text{K}$ hőmérsékletű test sugároz
- ▶ 1. Planck törvény:
 - ▶ minden testre megadható egy hőmérséklettől és hullámhossztól függő függvény, amellyel leírható a test által kisugárzott energia
$$f = E(\lambda, T)$$
 - ▶ a maximális energiához tartozó hullámhossz fordítottan arányos a hőmérséklettel



Sugárzási törvények II.

- ▶ 2. Stefan-Boltzmann törvény: teljes kisugárzott energia csak a hőmérséklet negyedik hatványának függvénye
 - ▶ Planck-függvény integrálásával kapjuk

$$E [Wm^{-2}] = \sigma \cdot T^4 \quad \sigma: \text{Stefan-Boltzmann állandó} \\ 5,67 \cdot 10^{-8} [Wm^{-2}K^4]$$

- ▶ 3. Wien-féle eltolódási törvény: a hullámhossz, melyen a maximális energiával sugároz meghatározható:

$$\lambda^{max} [\mu m] = \frac{2884}{T[K]}$$

Sugárzási törvények III.

▶ 4. Kirchoff-törvény:

- ▶ kibocsátott és elnyelt energiák hányadosa nem függ az anyag minőségétől
- ▶ Jó sugárzás-elnyelő test egyben jó kisugárzó is

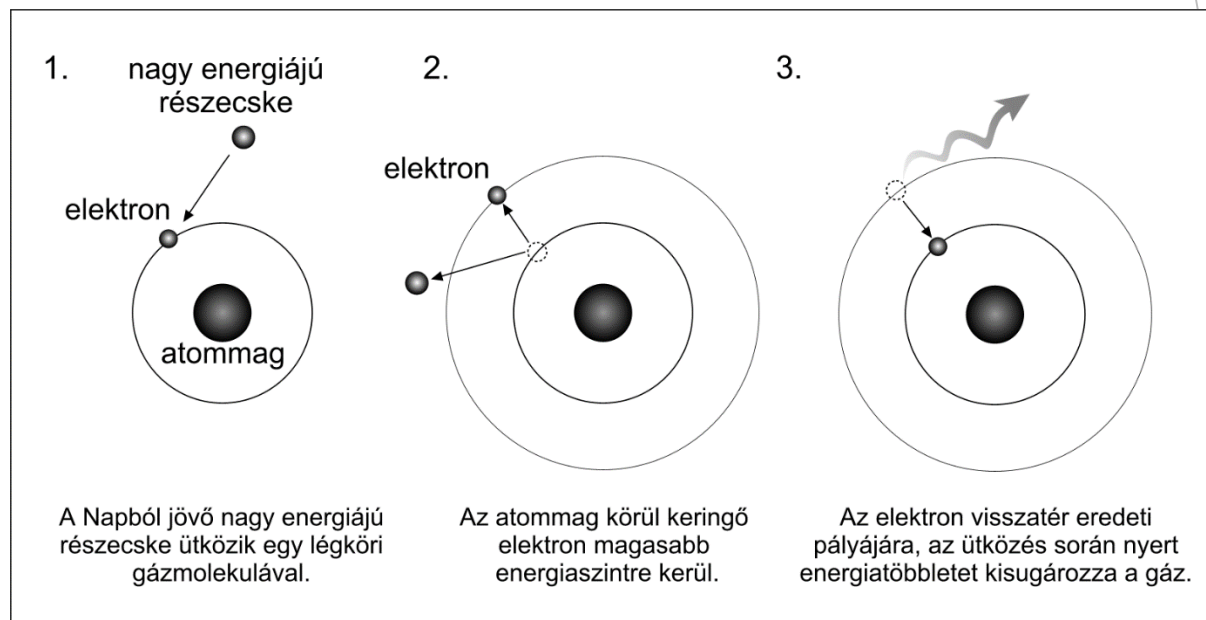
$$\frac{e(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = E(\lambda, T) \quad \begin{array}{l} \text{kisugárzás=emisszió=e} \\ \text{elnyelés=abszorpció=a} \end{array}$$

Napsugárzás I.

▶ Foton

▶ részecske

▶ kémiai reakciók => energia felszabadulás



A gerjesztett gázok sugárzásának folyamata

Napsugárzás II.

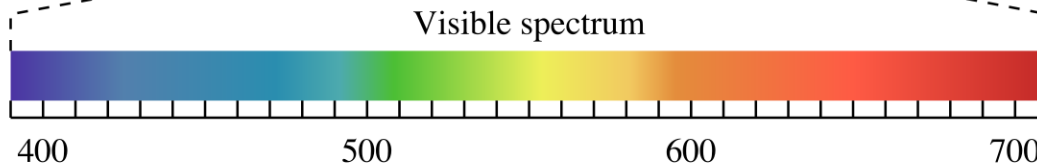
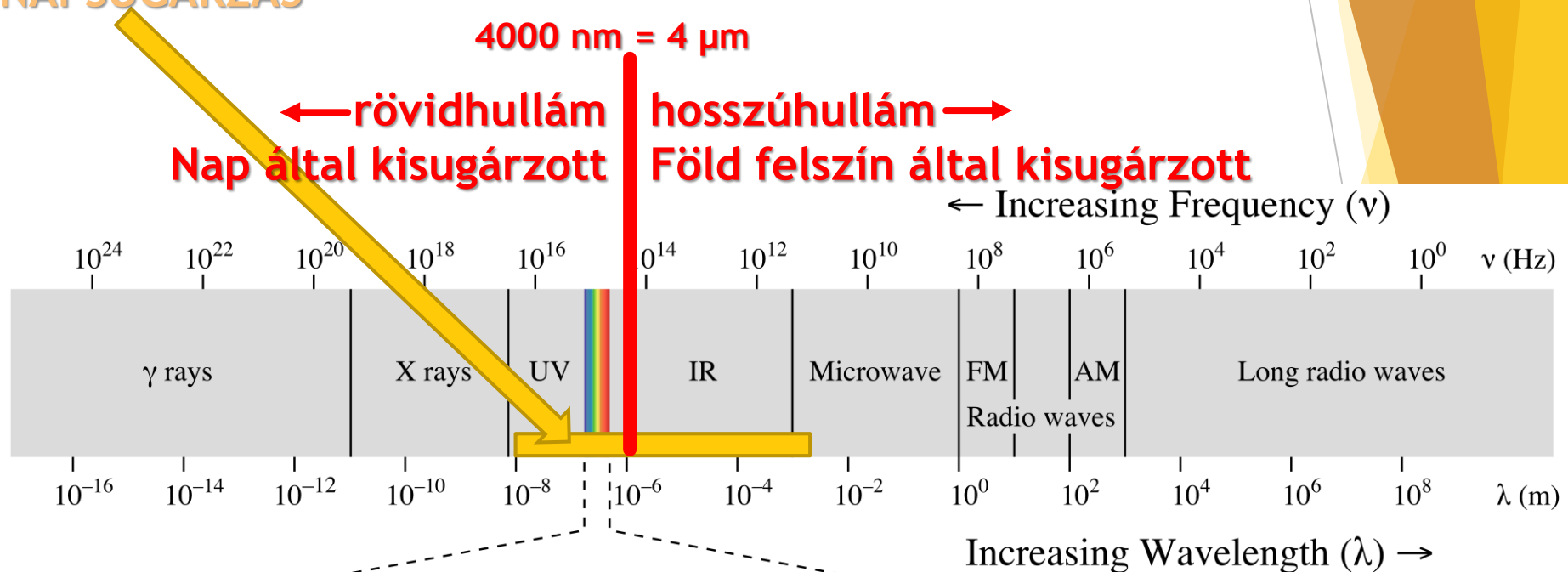
▶ Elektromágneses sugárzás

▶ hullám

▶ Hullámhossz (λ), frekvencia (ν), terjedési sebesség (c)

$$\lambda \cdot \nu = c$$

NAPSUGÁRZÁS

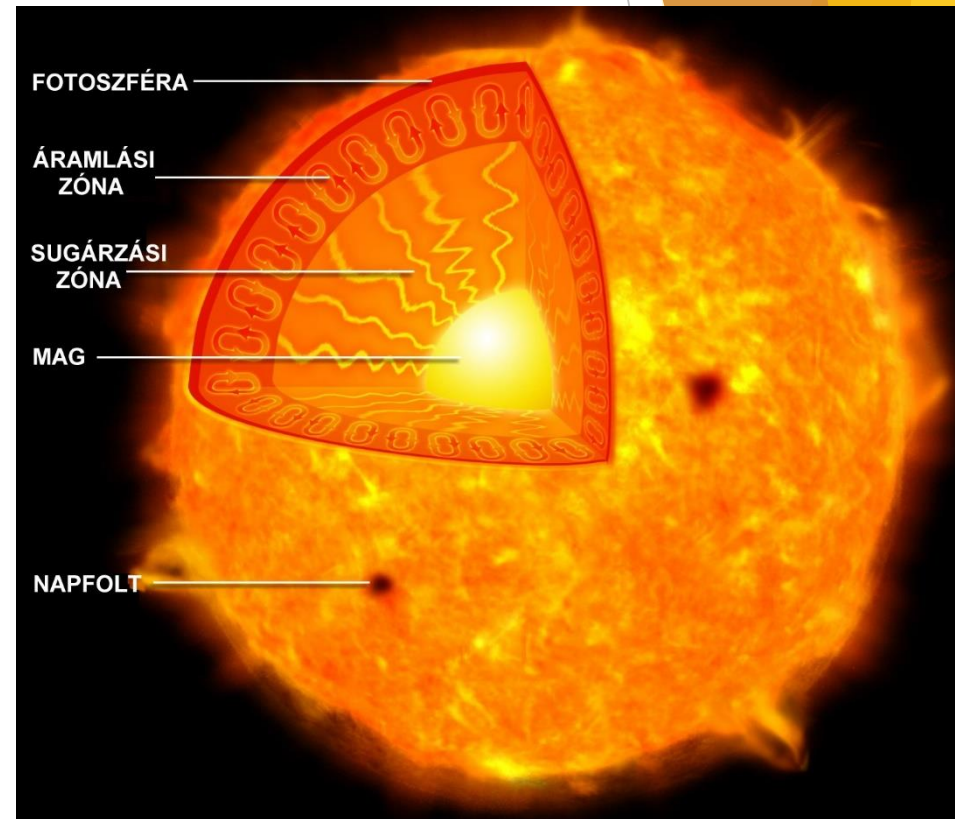


A napsugárzás légkör felső határára érkező mennyisége

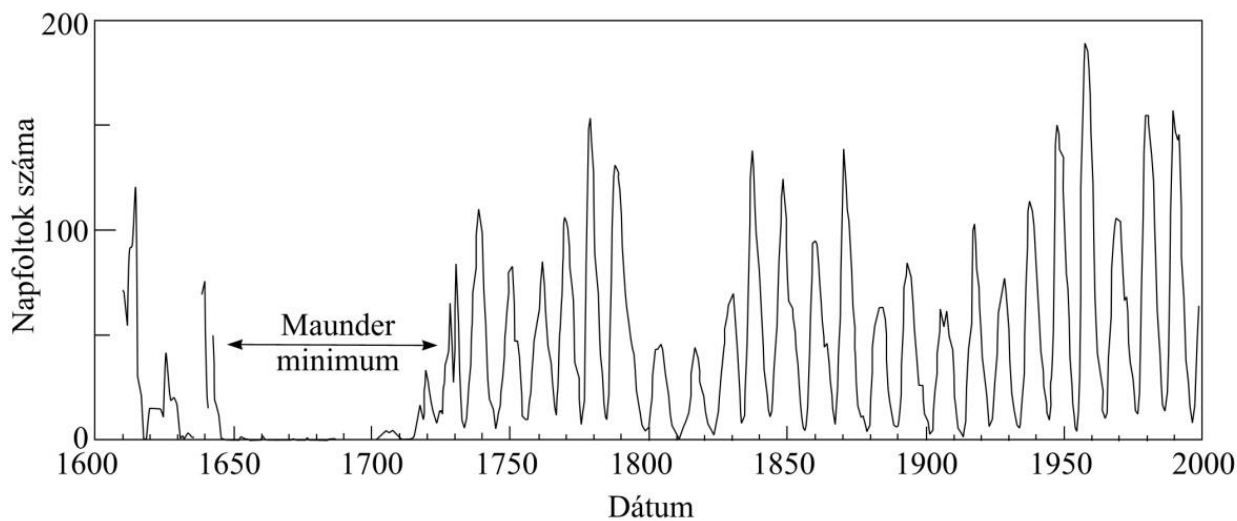
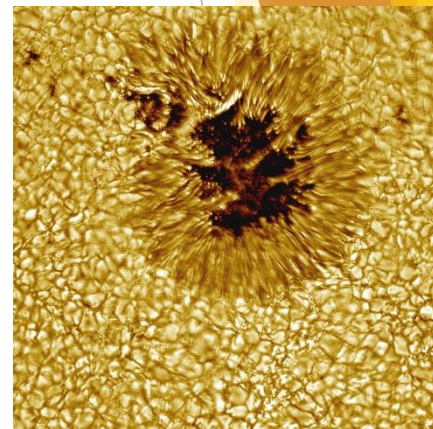
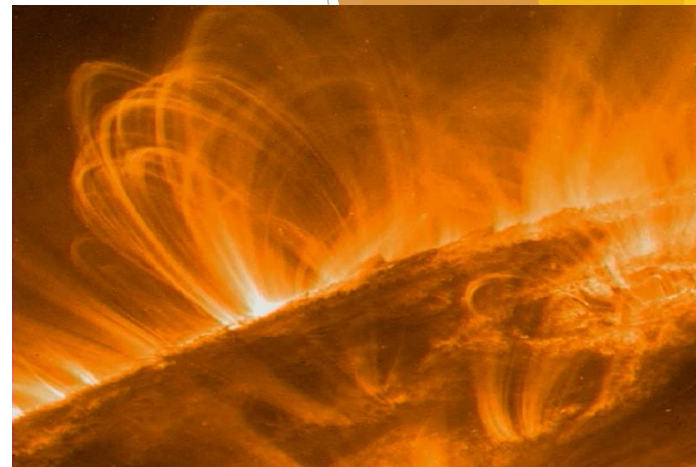
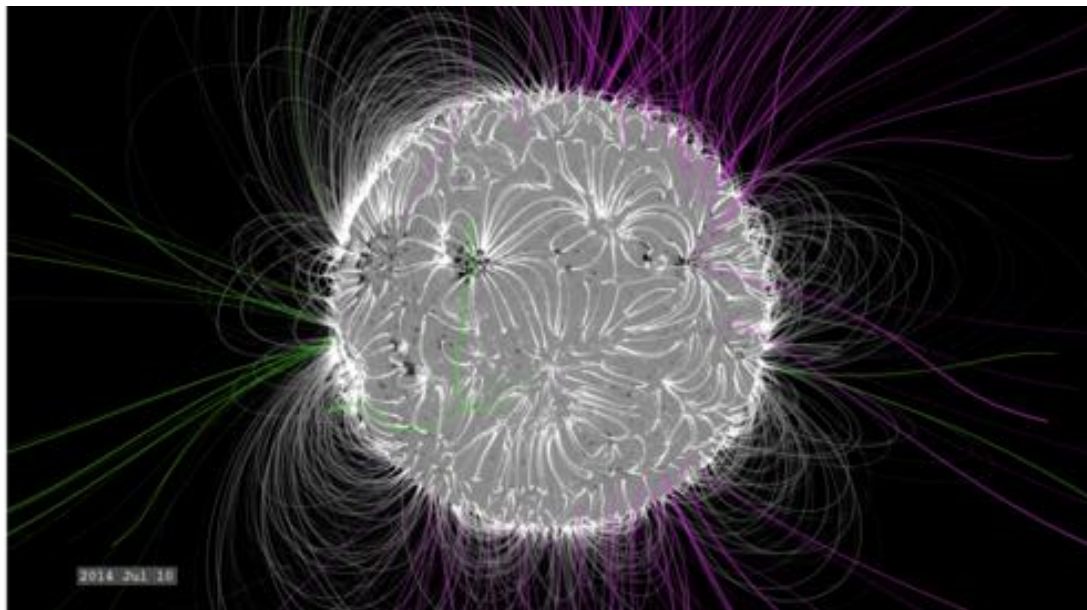
földrajzi szélesség,
évszak szerinti változások

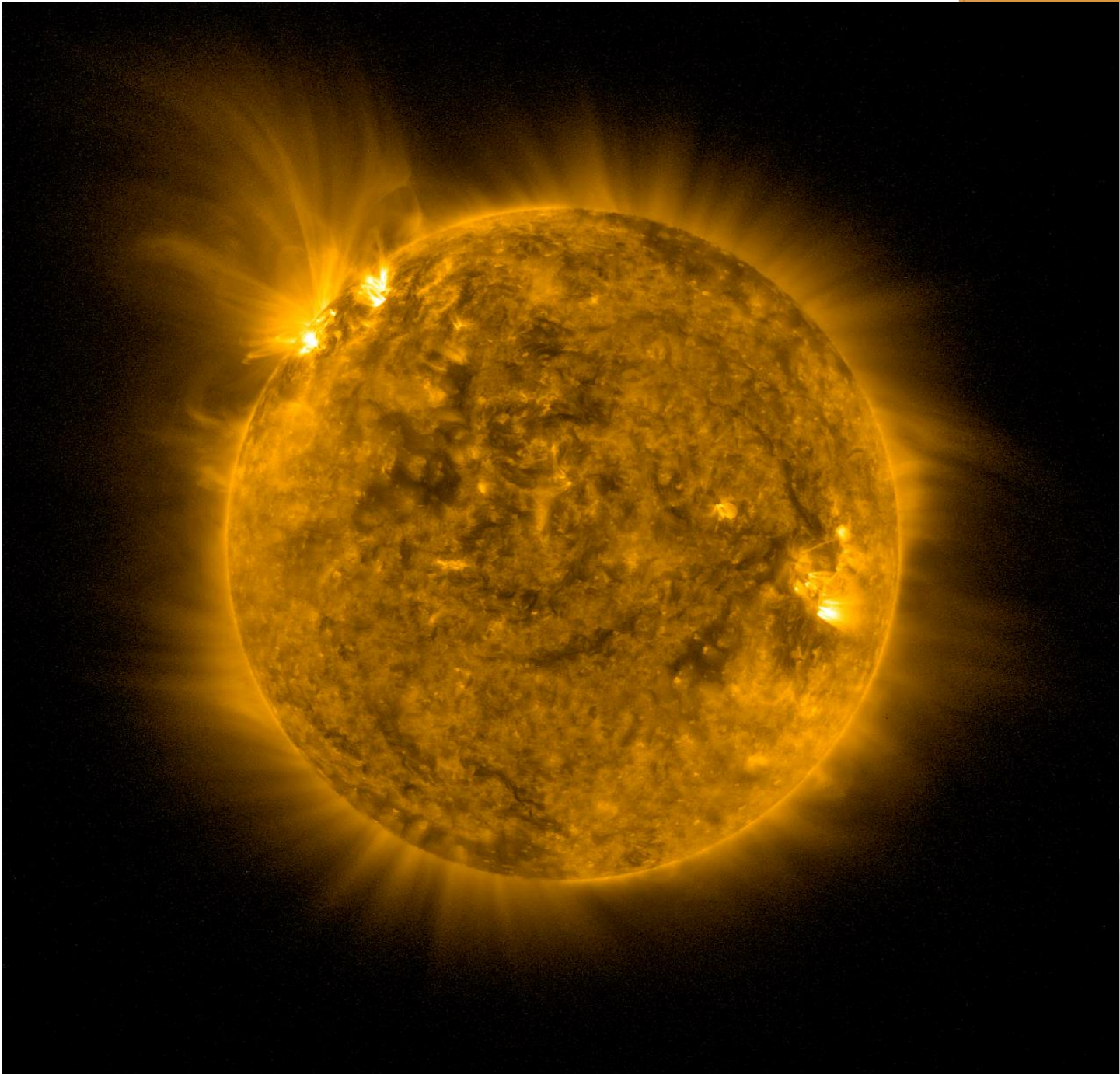
Nap, mint energiaforrás I.

- ▶ Nap - közepes csillag
 - ▶ Magfúzió => $H^+ + H^+ = He$ => 90% H, 10% He
 - ▶ Hőmérséklete:
 - ▶ Magmában: kb. 15 millió K
 - ▶ Felszínen: kb. 5800 K
 - ▶ Felszínéről kiáramló energia: 62 millió W/m^2
 - ▶ => Földhöz (légkör teteje) $1367 W/m^2$



Nap, mint energiaforrás II. - napfoltok





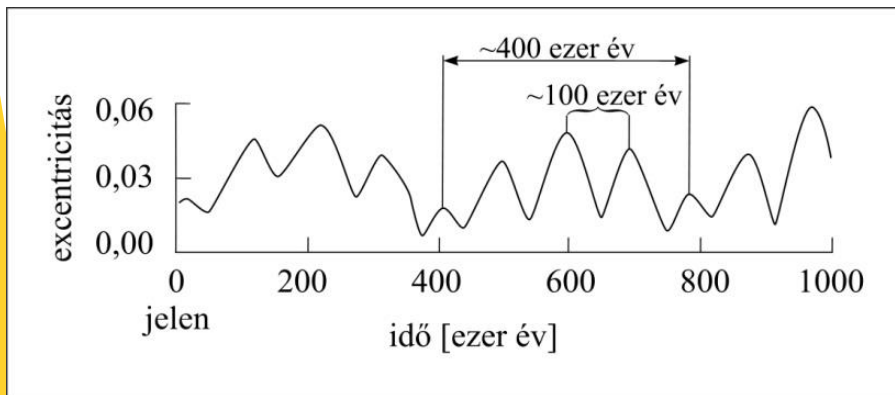
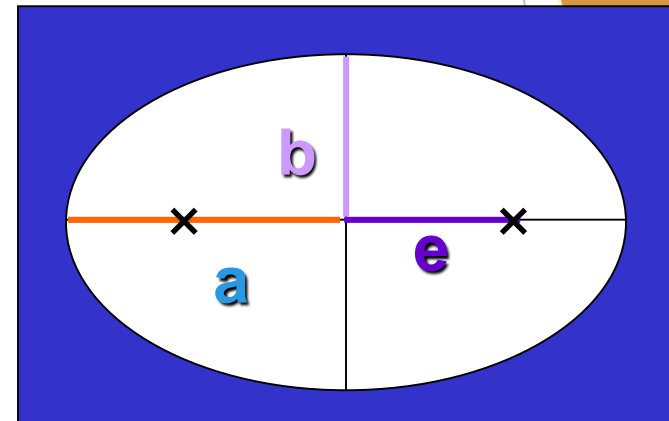
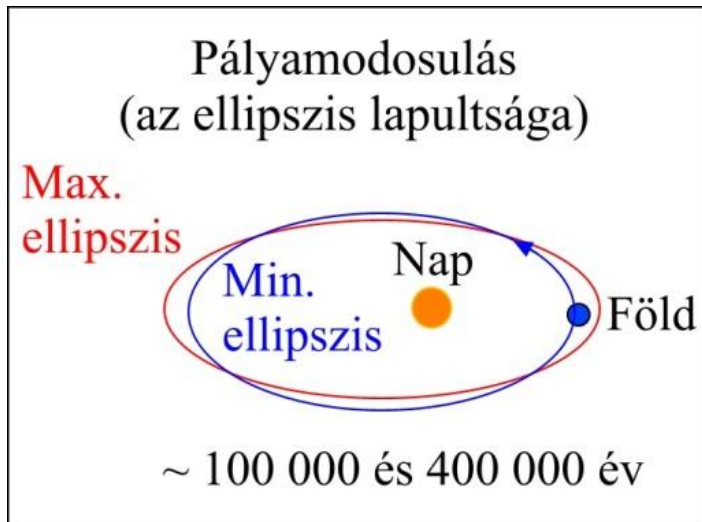
GOES-16/SUVI 171 Å 2017-04-18 18:02:53

A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások I.

- ▶ Excentricitás
- ▶ Tengelyelhajlás
- ▶ Szögsebesség változás
- ▶ Perihelion eltolódás
- ▶ Évszakok változása

A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások II.

- ▶ Excentricitás - Föld keringési pályájának lapultsága



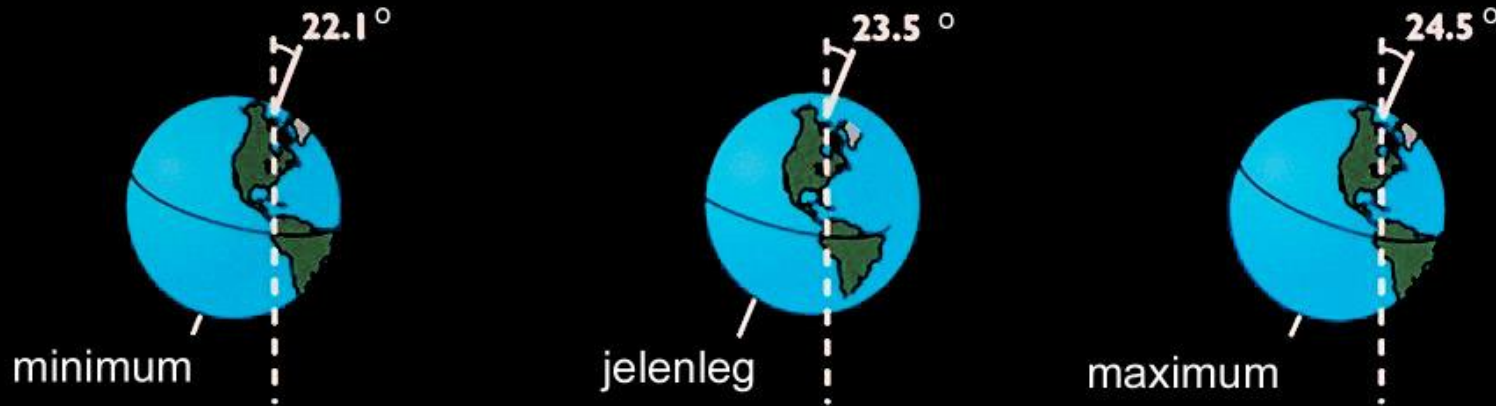
Lineáris exc.:

$$\varepsilon = e / a$$

$$= 0,0167$$

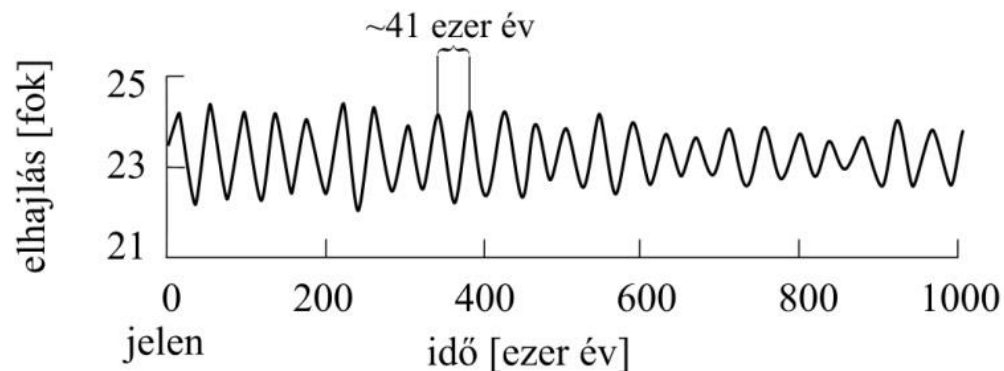
A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások III.

A Föld tengelyferdesége 24,5 fok és 22,1 fok között változik, kb. 41000 éves ciklusban



A tengelyferdeség befolyásolja a Föld felszínére jutó sugárzás eloszlását. Ha csökken a dőlés, a sarki területek kevesebb napfényt kapnak; ellenkező esetben többet.

A változás
értéke:
 $0.00013^\circ/\text{év}$



A tengely körüli forgás változása (precesszió) ($\approx 21\text{e}$ év),
és a perihelion-eltolódás ($\approx 22\text{e}$ év)



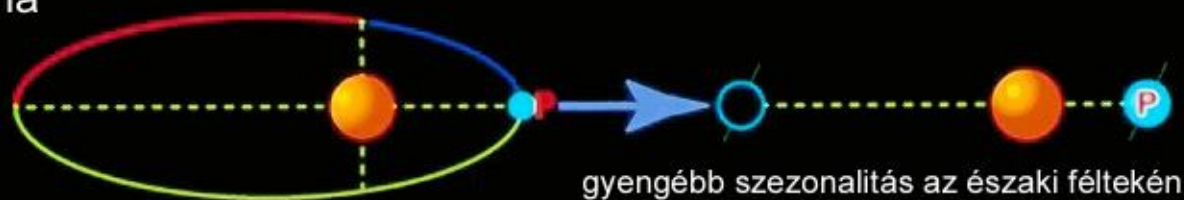
precesszió

Ez megegyezik a
szögsebesség
változásával,
hiszen $\Omega = \underline{v} / \underline{r}$

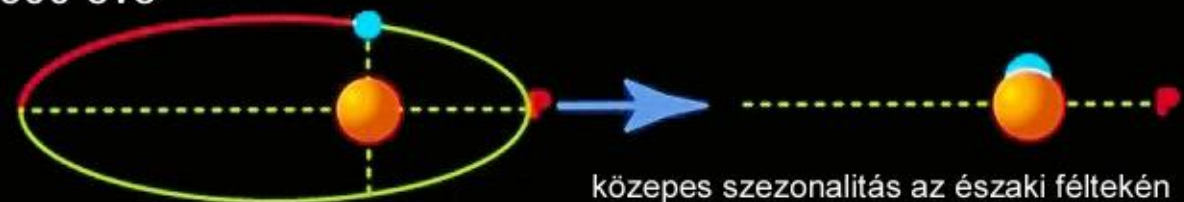
felülnézet

oldalnézet

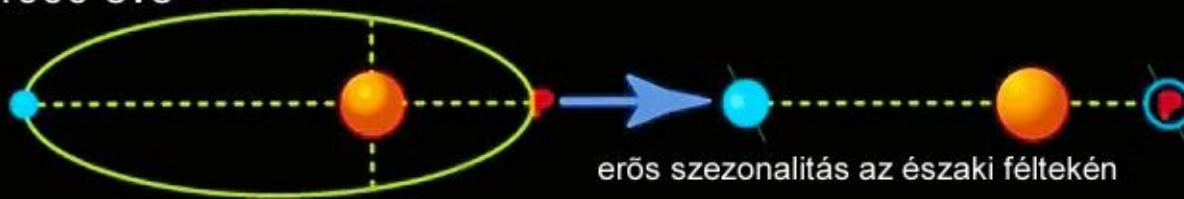
ma



5500 éve



11000 éve



● a Föld Dec. 21-én ● Nap ● perihélium

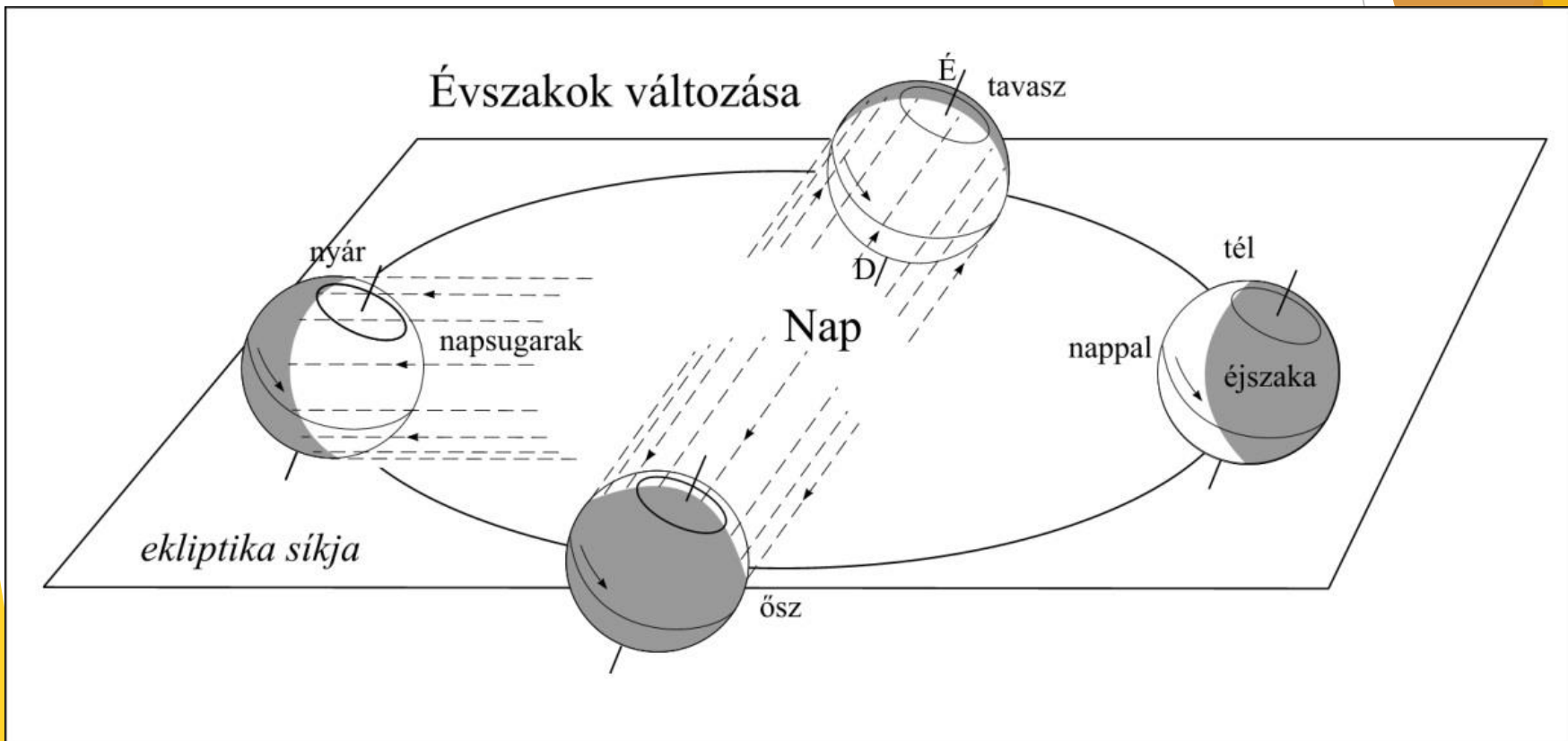
A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások IV.

Az eljegesedés kedvező feltételei akkor alakulnak ki, ha:

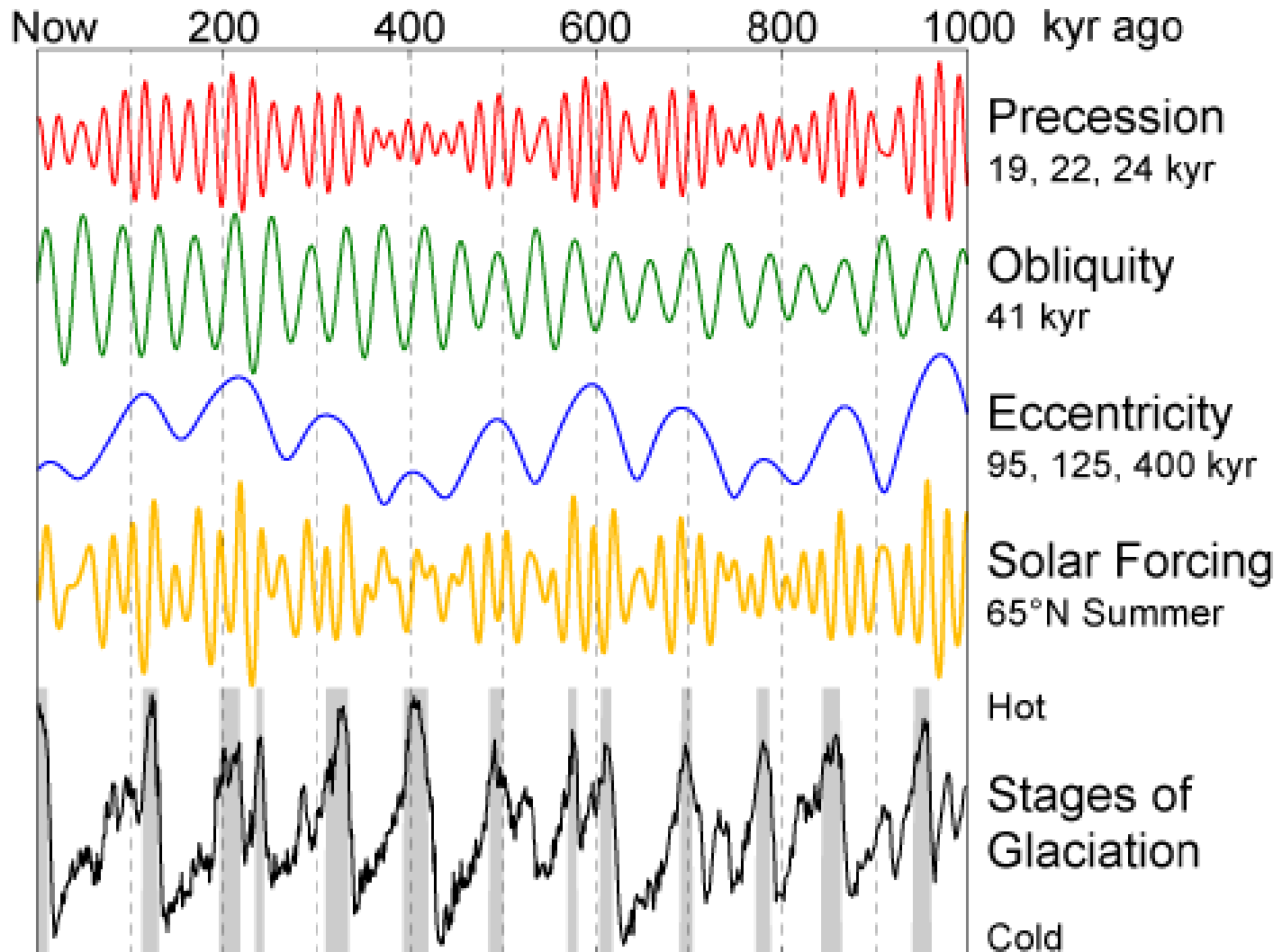
- maximális a földpálya lapultság,
- minimális tengelyelhajlás,
- és a naptávot nyáron következik be

⇒ A sarkvidékeken erősödik a lehűlés, csökken a nyári besugárzás, ⇒ fokozatos hó- és jégfelhalmozódás

A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások V.

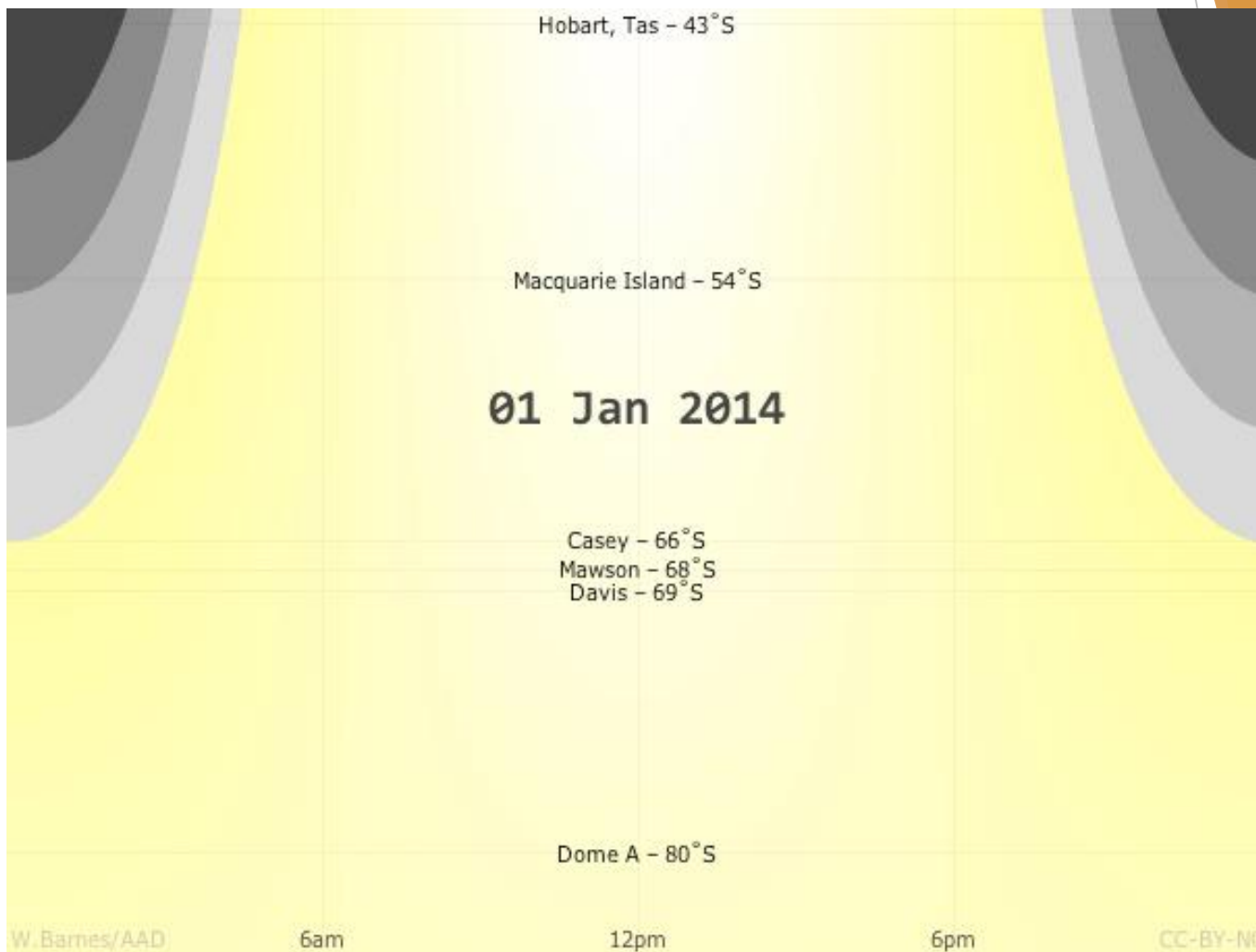


A sugárzás mennyiségét befolyásoló orbitális paraméterváltozások VI.



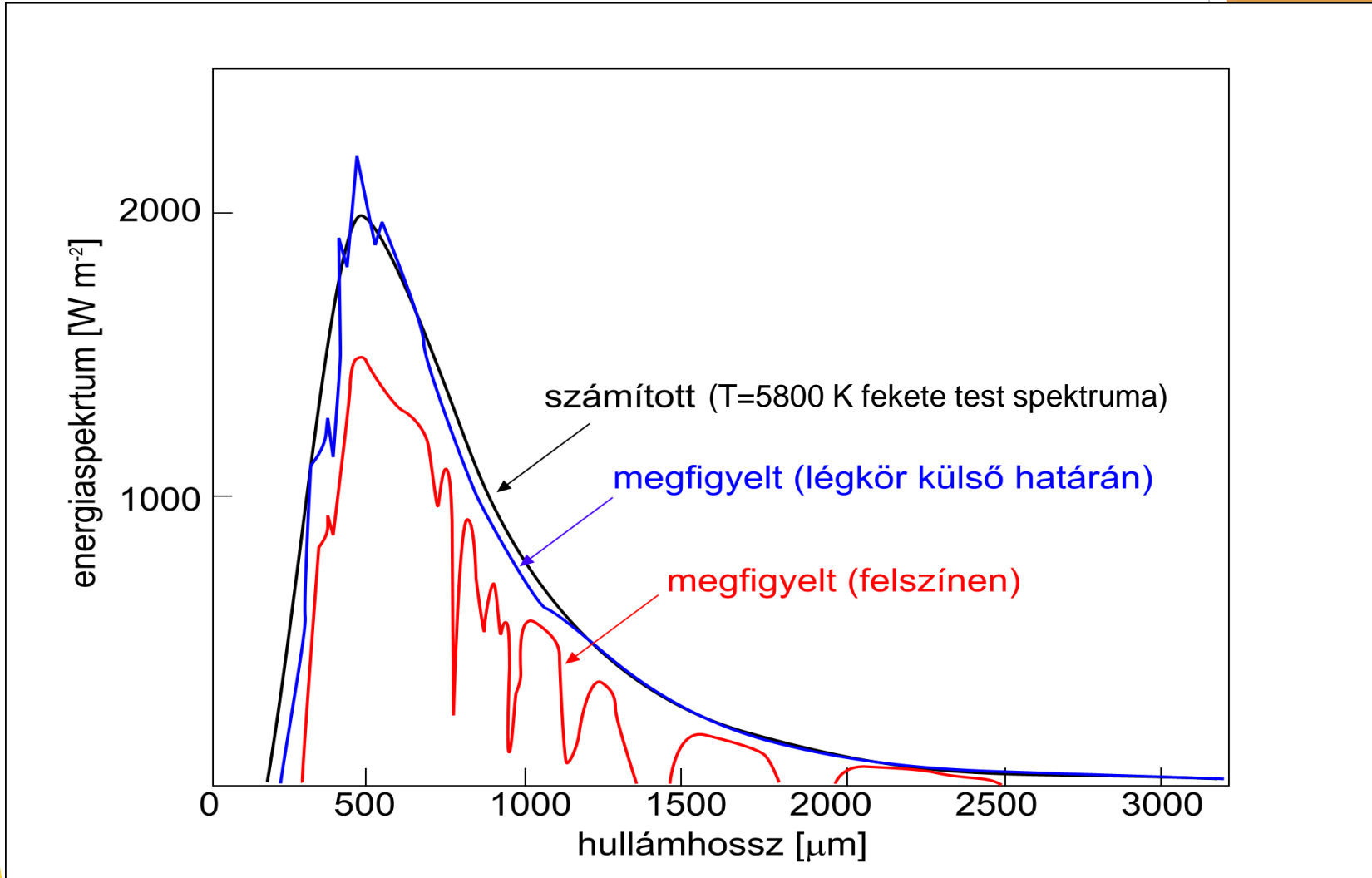
Correlation of the Milankovitch cycles with Earth's Glaciations

Napsütéses órák száma

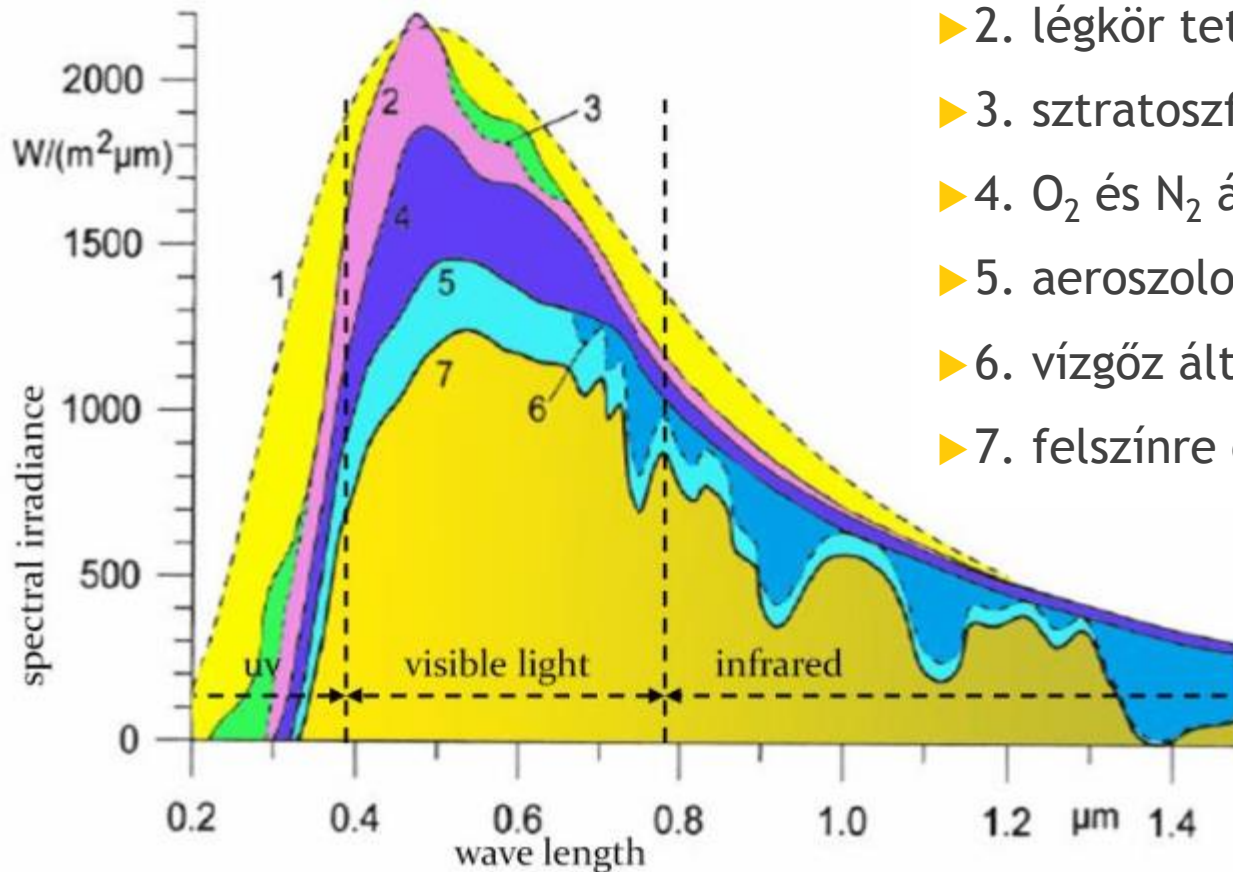


A napsugárzás változása a légkörben

A napsugárzás spektrális eloszlása a légkör felső határán és a felszínen

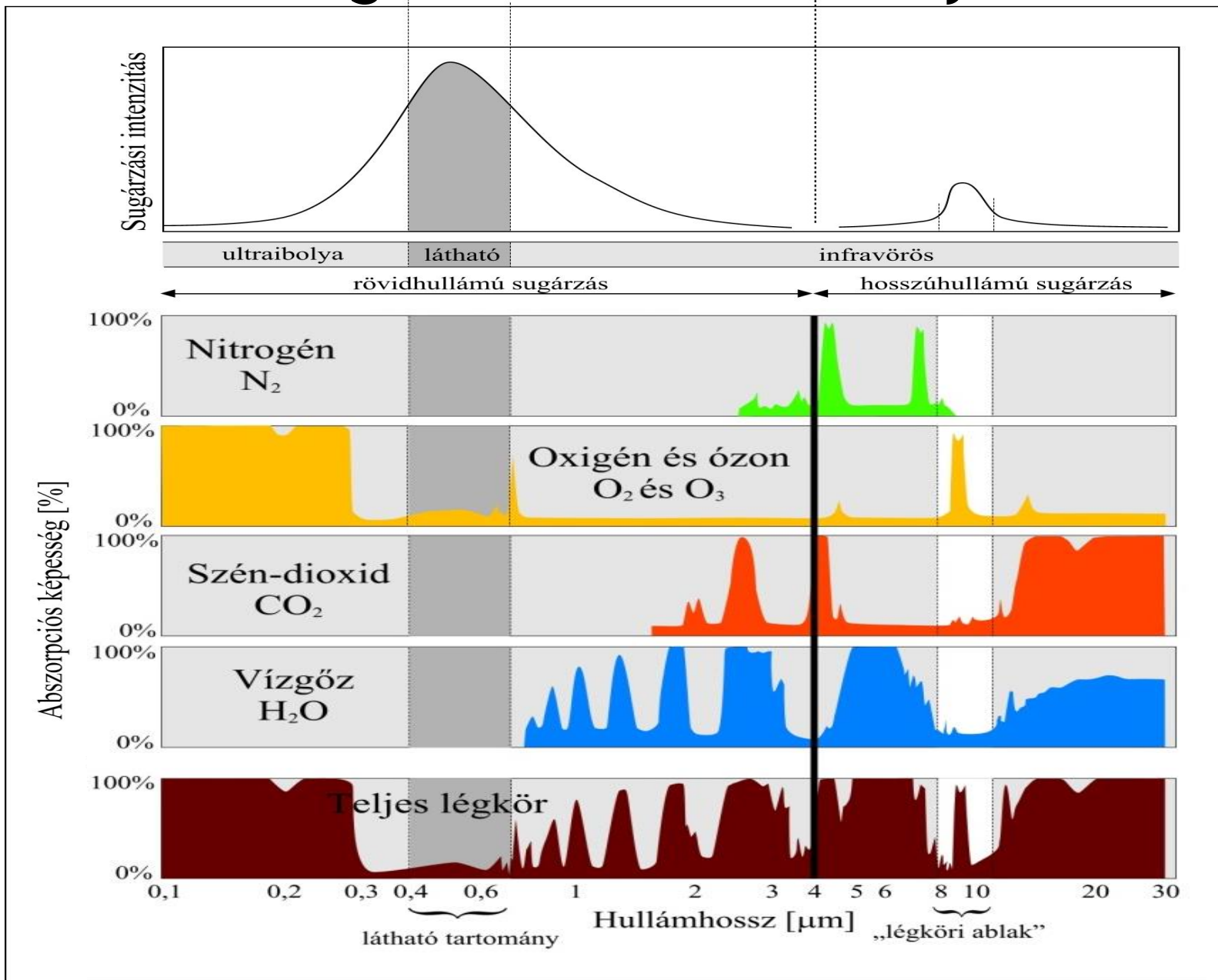


A napsugárzás légköri veszteségei

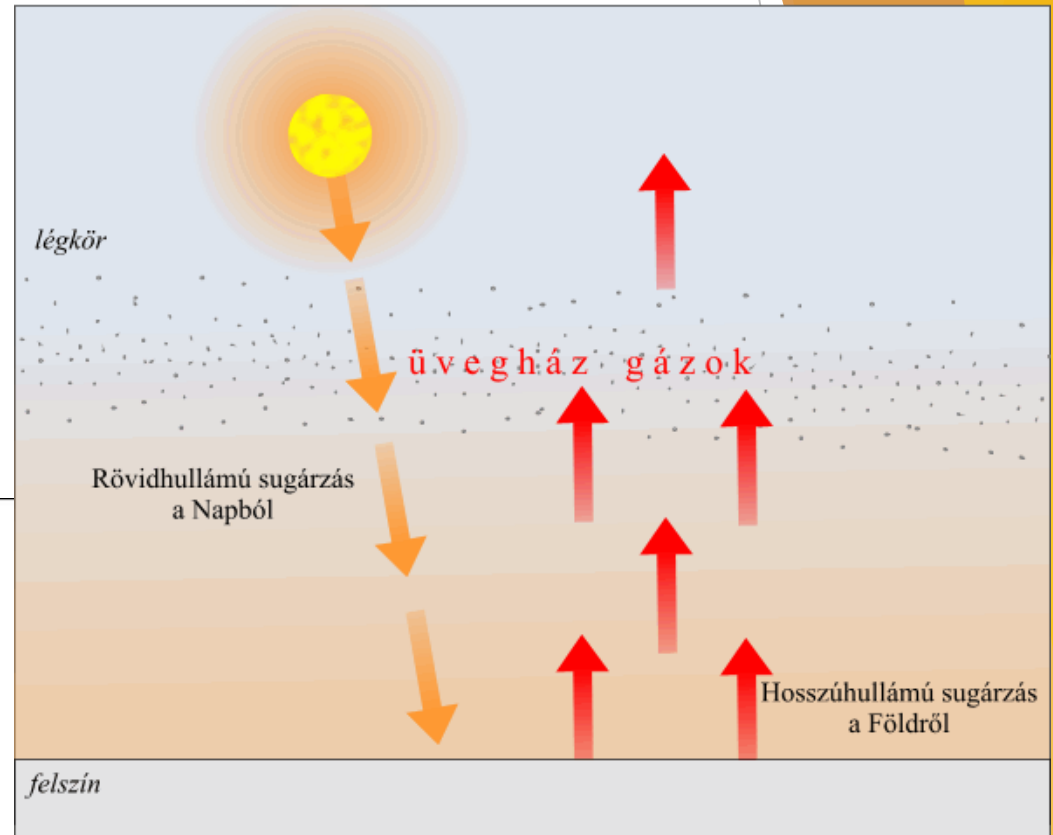
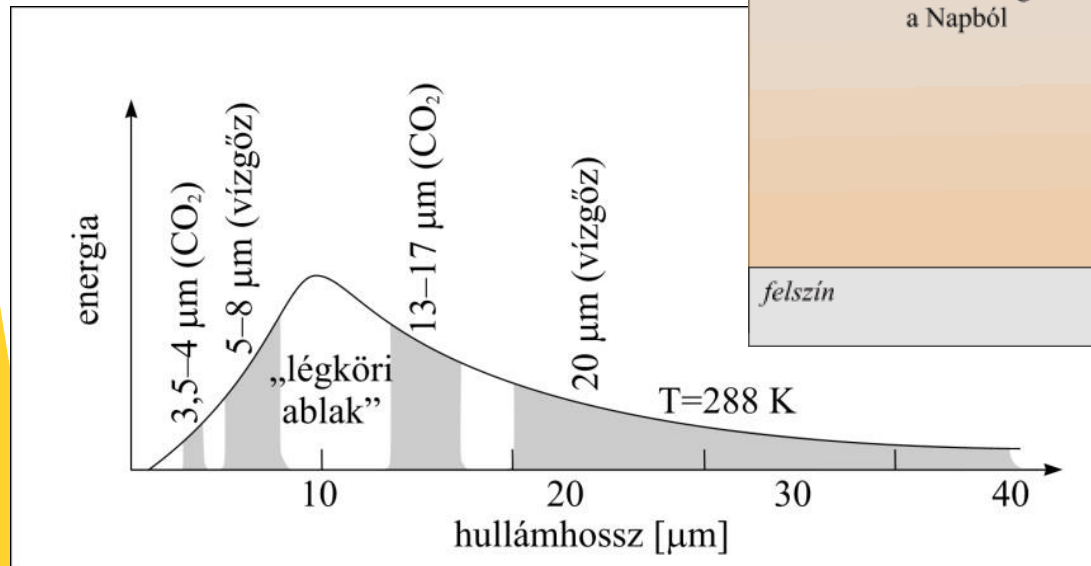


- ▶ 1. $T=5800\text{ K}$ fekete test
 - ▶ 2. légkör tetejére érkező sugárzás
 - ▶ 3. sztratoszférikus ózon általi elnyelés
 - ▶ 4. O_2 és N_2 általi elnyelés
 - ▶ 5. aeroszolon való szóródás
 - ▶ 6. vízgőz általi elnyelés
 - ▶ 7. felszínre érkező sugárzás spektruma
-
- ▶ Rayleigh-szóródás: levegő molekulákon (4.)
 - ▶ Mie-szóródás: nagyobb részecskéken (5.)

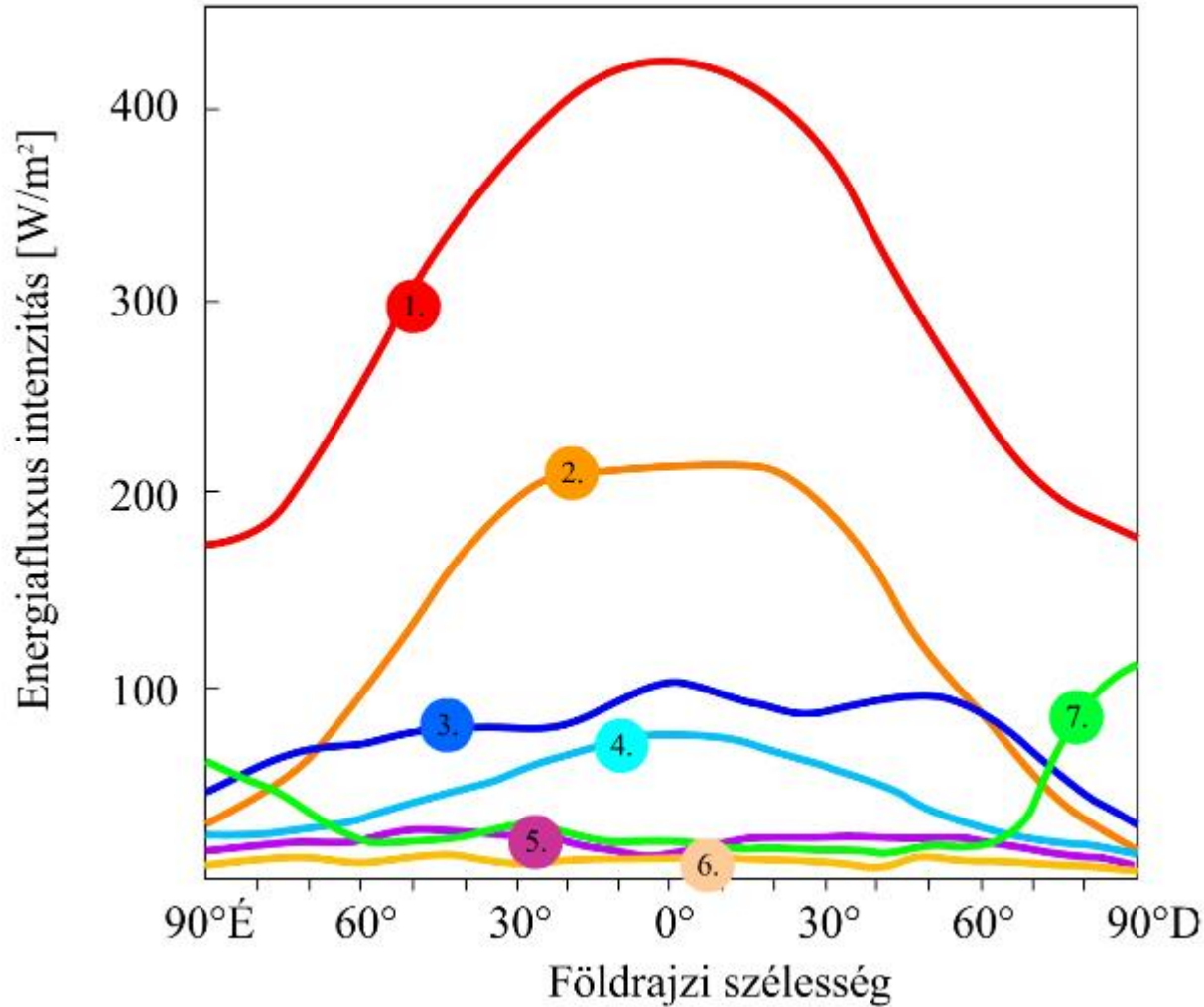
A fontosabb légköri összetevők elnyelési sávjai



A hosszúhullámú földsugárzás spektrális eloszlása

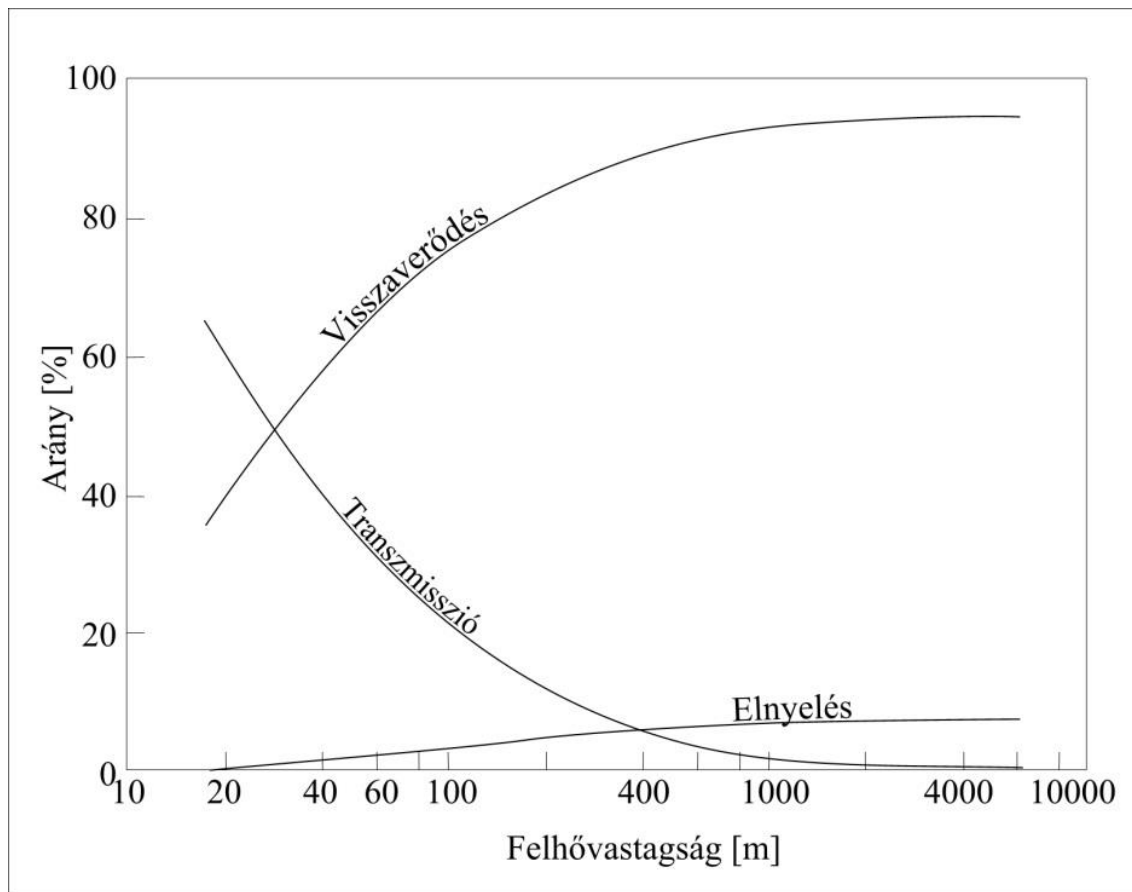


A Föld felszínre érkező sugárzás földrajzi szélesség függése

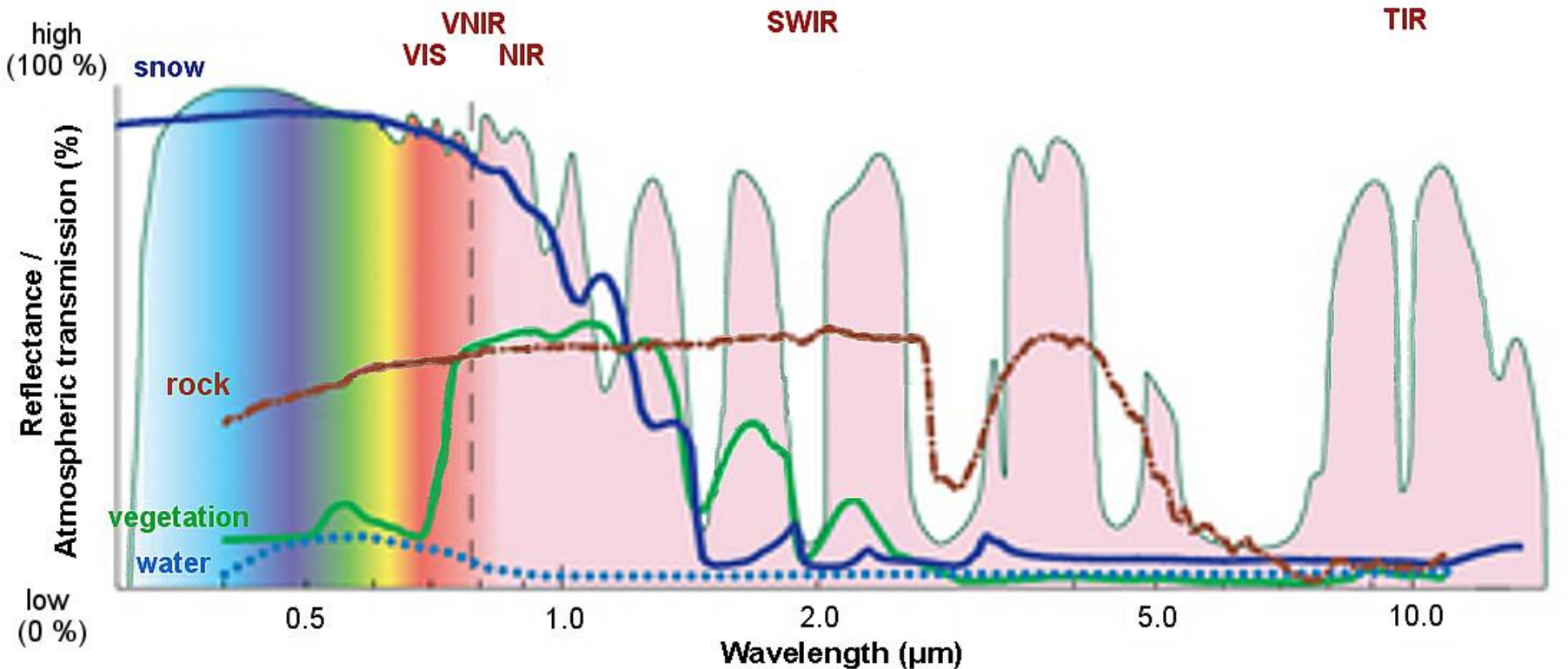


1. Napsugárzás a légkör tetején
2. A felszín által elnyelt sugárzás
3. Visszaverődés a felhőkről
4. Légköri elnyelés
5. Légköri visszaverődés
6. Elnyelés a felhőkön
7. Felszíni visszaverődés

A visszaverődött, elnyelt és transzmittált sugárzás veszteségei a felhővastagság függvényében



A Föld felszíni albedó



▶ Föld felszíni átlag: 0,3

▶ Óceánok: 0,05-0,08

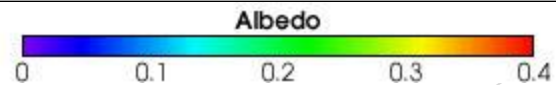
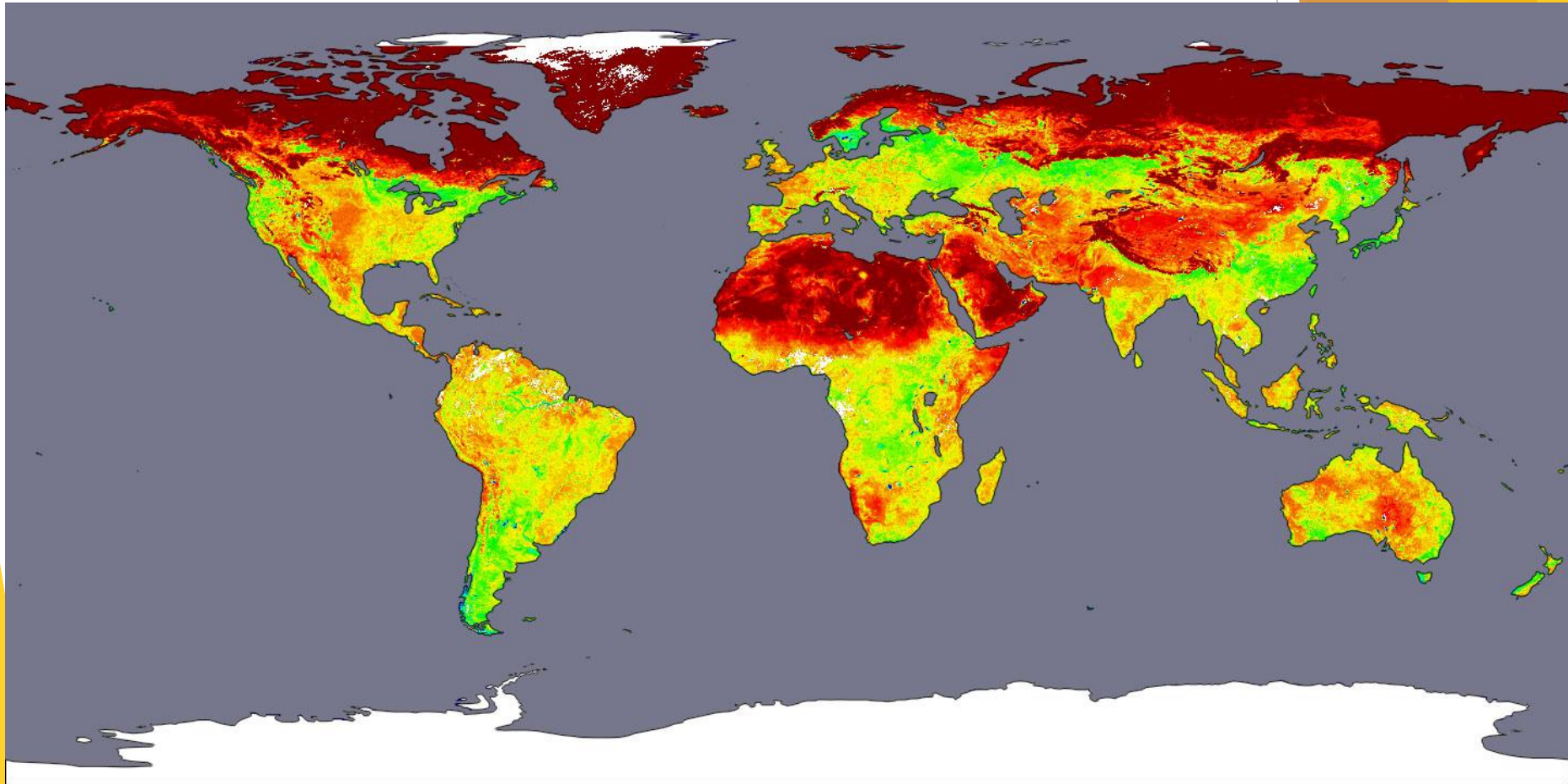
▶ Növényzet (lombos): 0,2

▶ Friss hó: 0,97

▶ Hó: 0,85

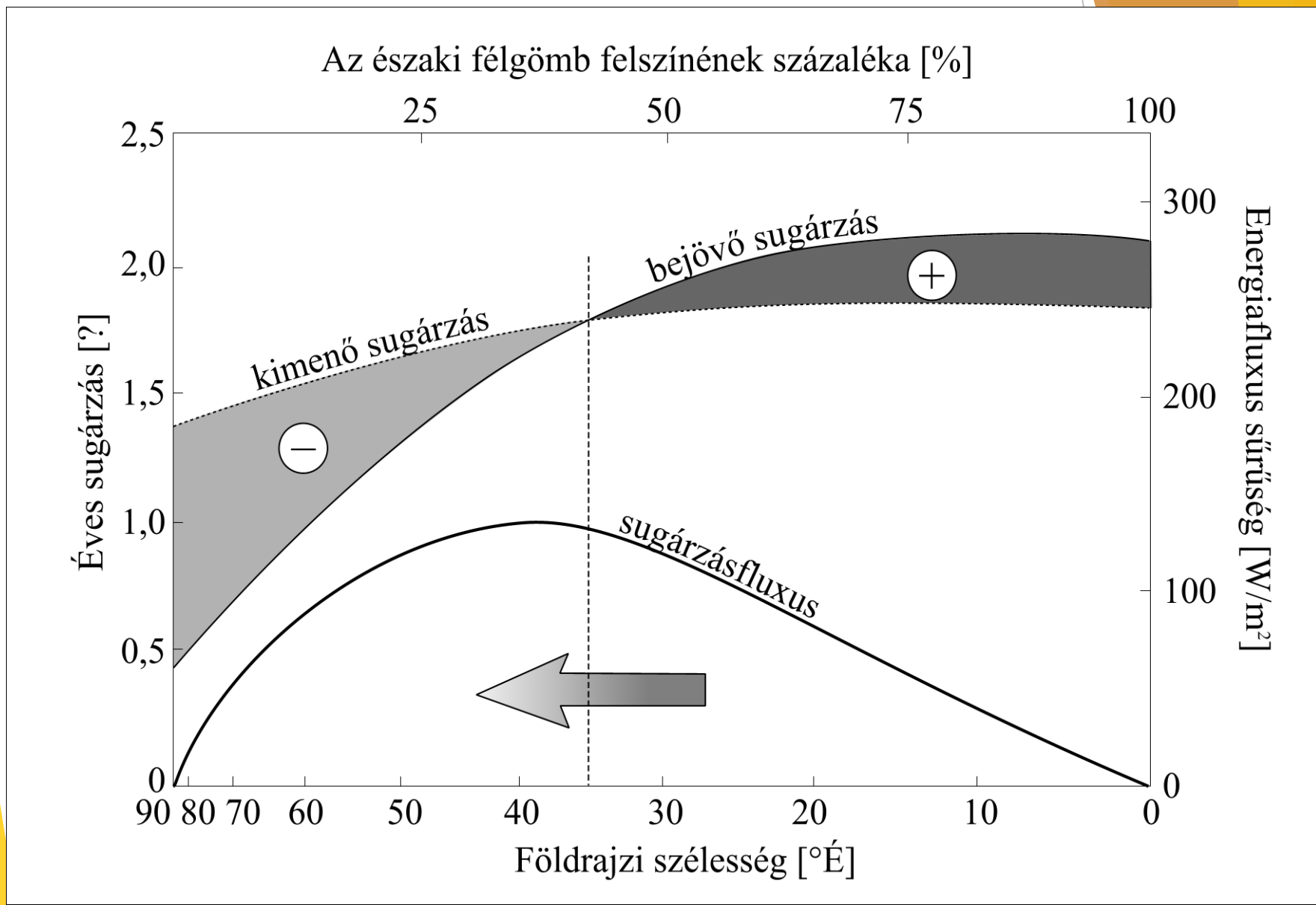
▶ Csupasz felszín: 0,2-0,5 (szín függő)

A Föld felszíni albedó



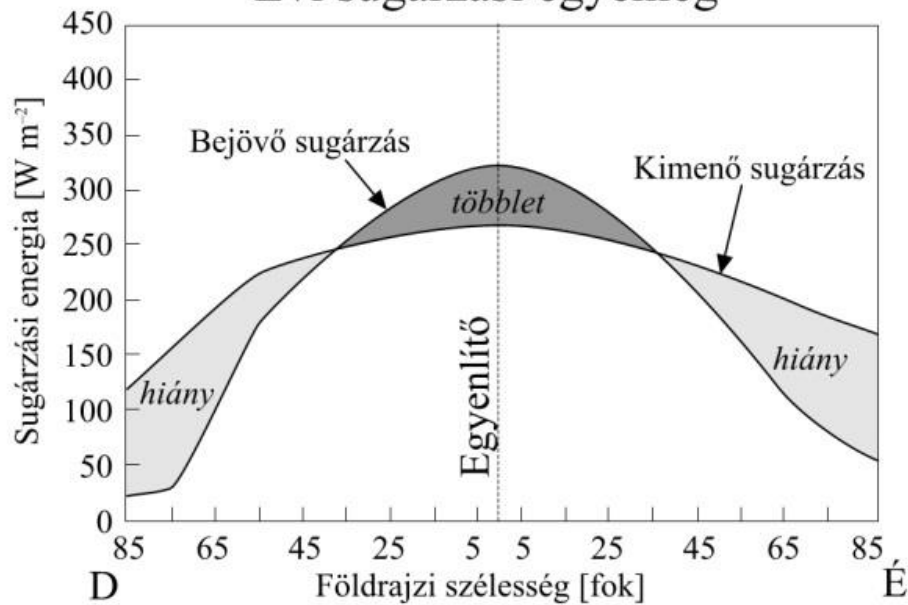
A légkör sugárzási egyenlege

A besugárzás többlete és hiánya I.

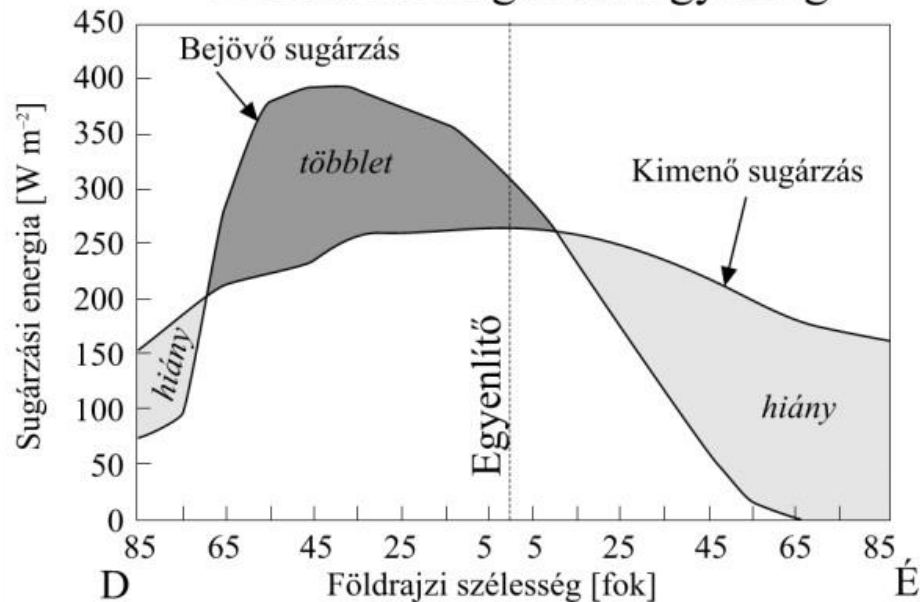


A besugárzás többlete és hiánya II.

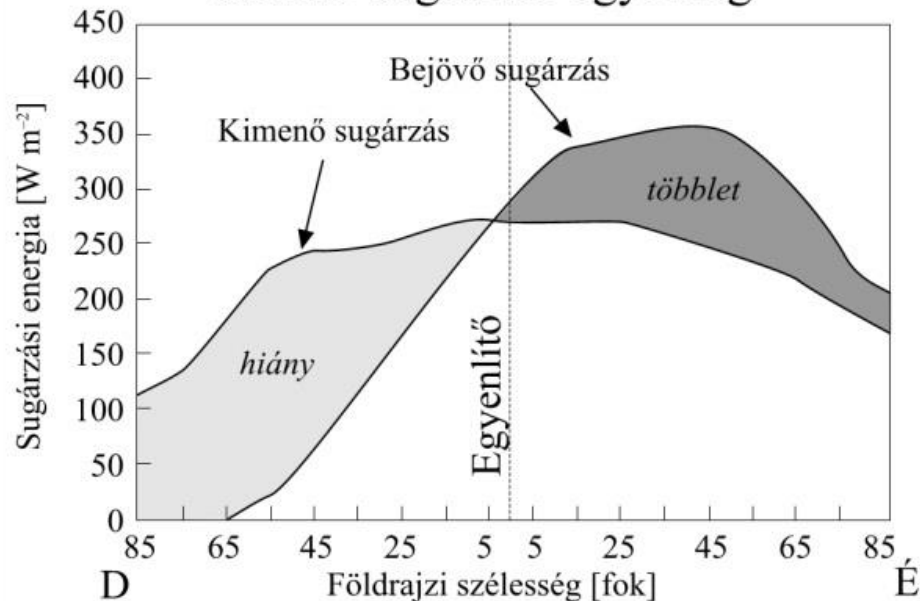
Évi sugárzási egyenleg



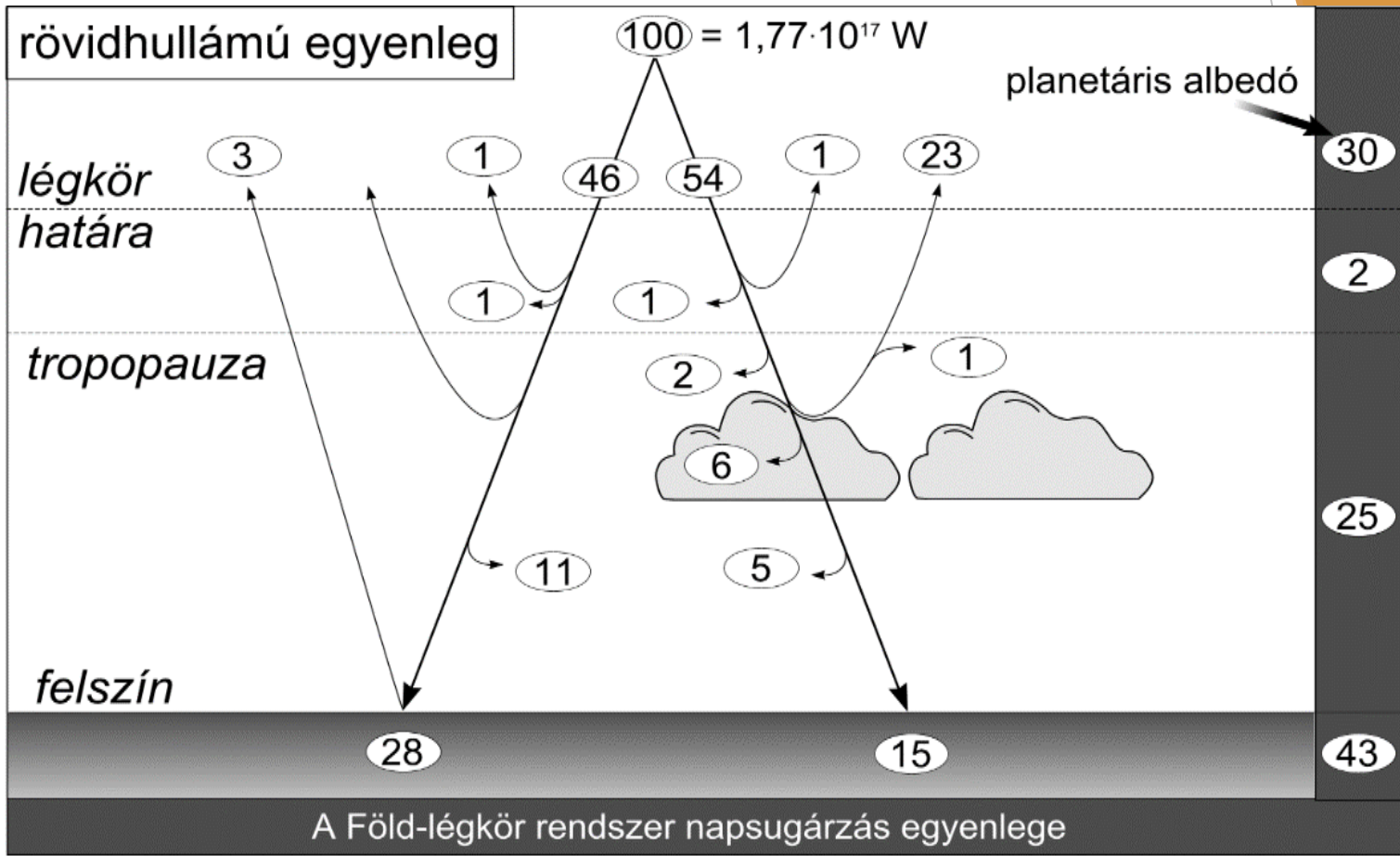
Decemberi sugárzási egyenleg



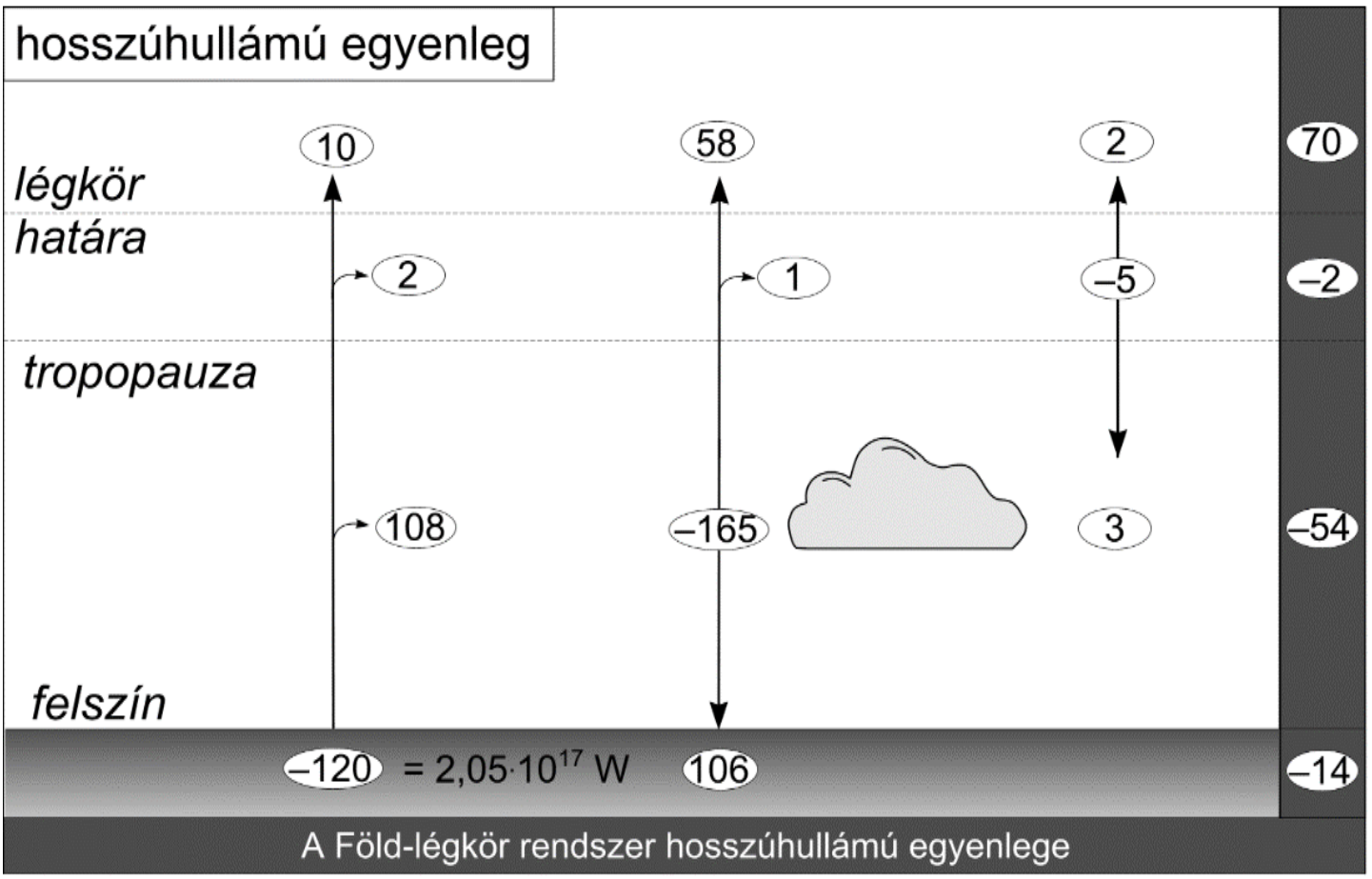
Júniusi sugárzási egyenleg



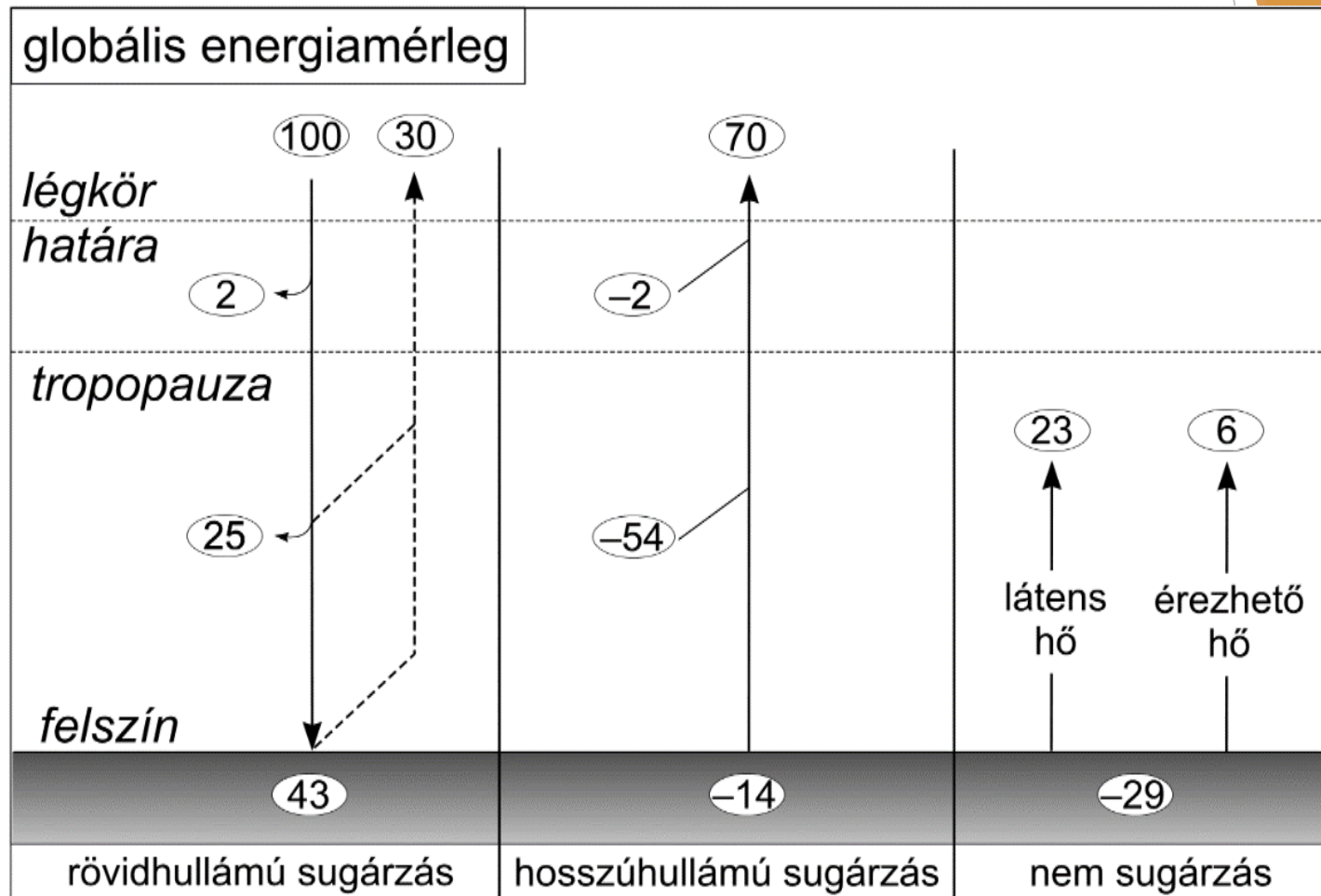
Rövidhullámú sugárzási egyenleg



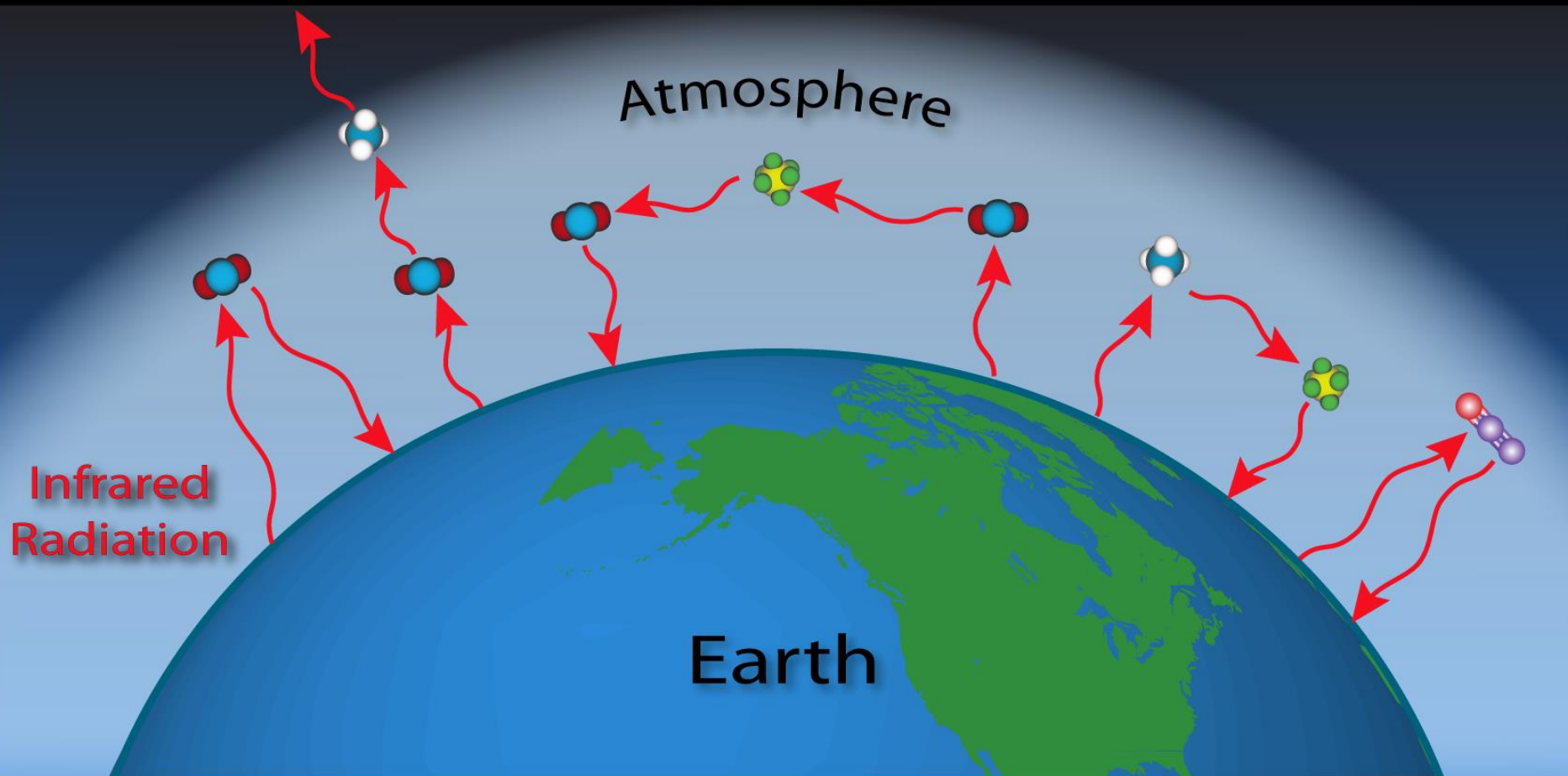
Hosszúhullámú sugárzási egyenleg



Föld energia mérlege



Az üvegházhatás



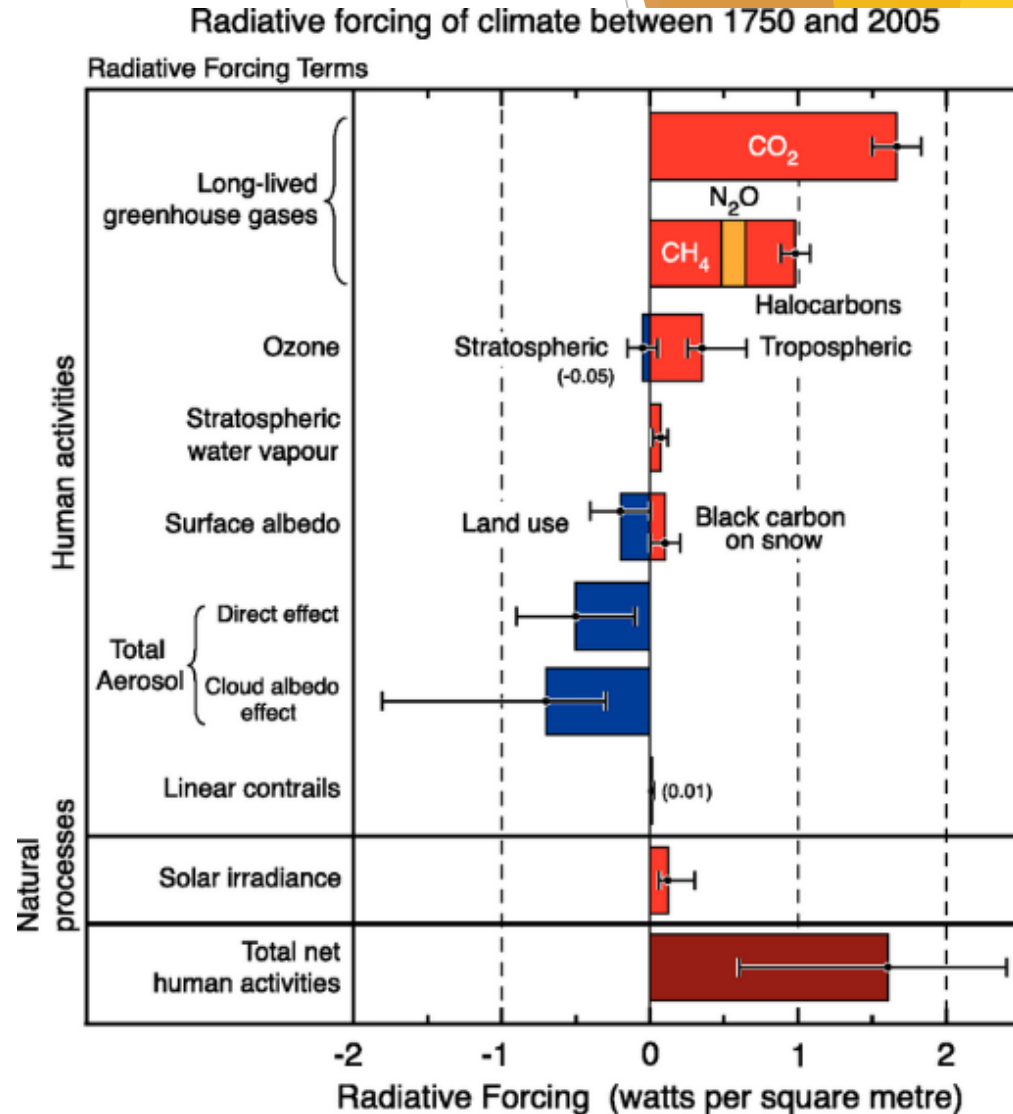
Az üvegházhatás - GWP

- ▶ GWP: Global warming potential - globális fűtő-potenciál
 - ▶ Szén-dioxidhoz képest adott üvegházgáz adott idő alatt hányszor annyi hőt raktároz el a légkörben, mint a szén-dioxid (mindkét gázból ugyanakkora tömeget tekintünk)
 - ▶ Egyfajta hatékonysági mutató

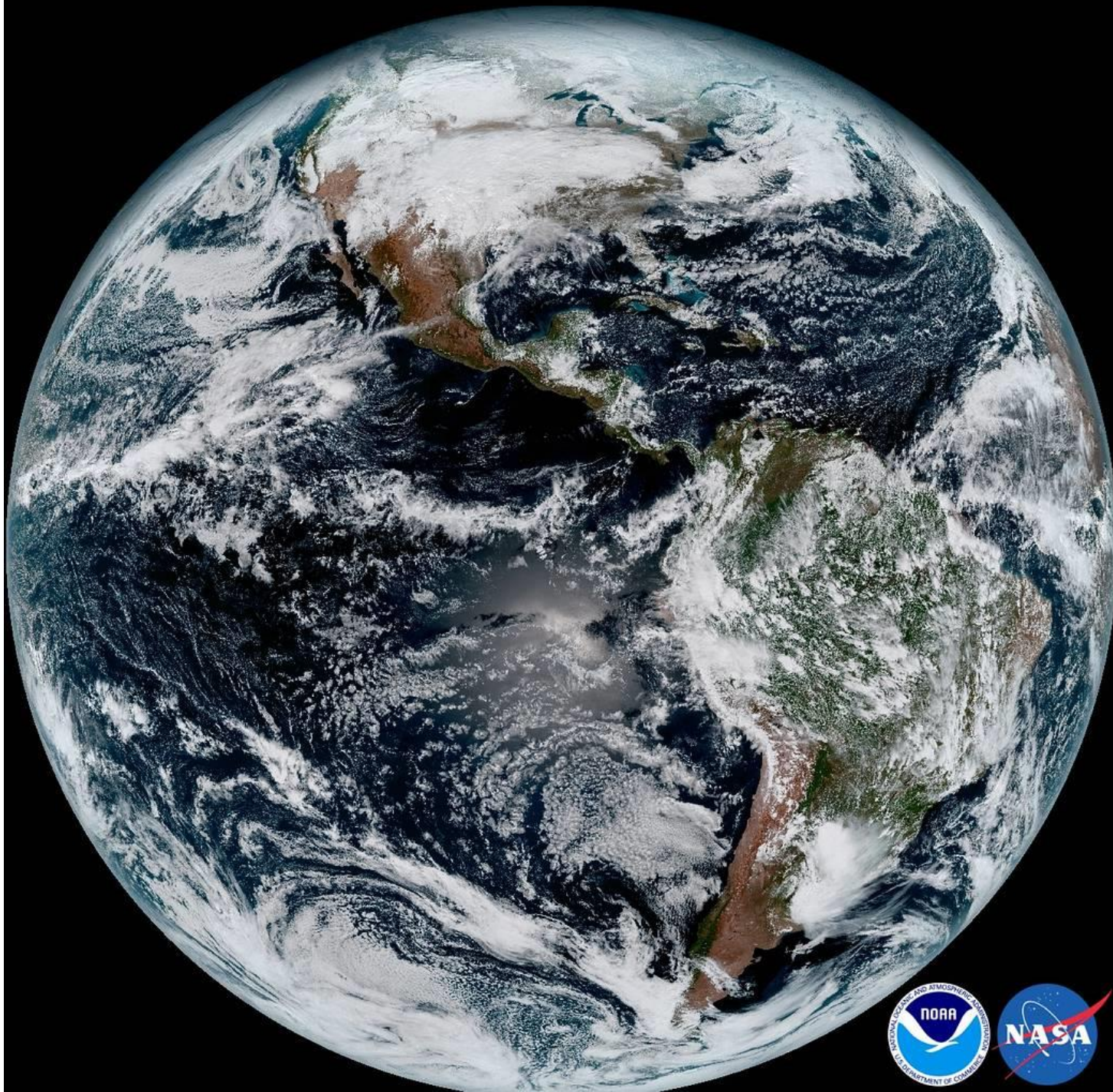
név	vegyjel	Tartóz. idő (év)	GWP 20 év	GWP 100 év	GWP 500 év
Szén-dioxid	CO ₂		1	1	1
Metán	CH ₄	12	72	25	7.6
Dinitrogén-oxid	N ₂ O	114	289	298	153
CFC-11	CCl ₃ F	45	6,730	4,750	1,620
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	1700	5,310	7,370	9,990
HFC-23	CHF ₃	270	12,000	14,800	12,200
Kén-hexafluorid	SF ₆	3200	16,300	22,800	32,600

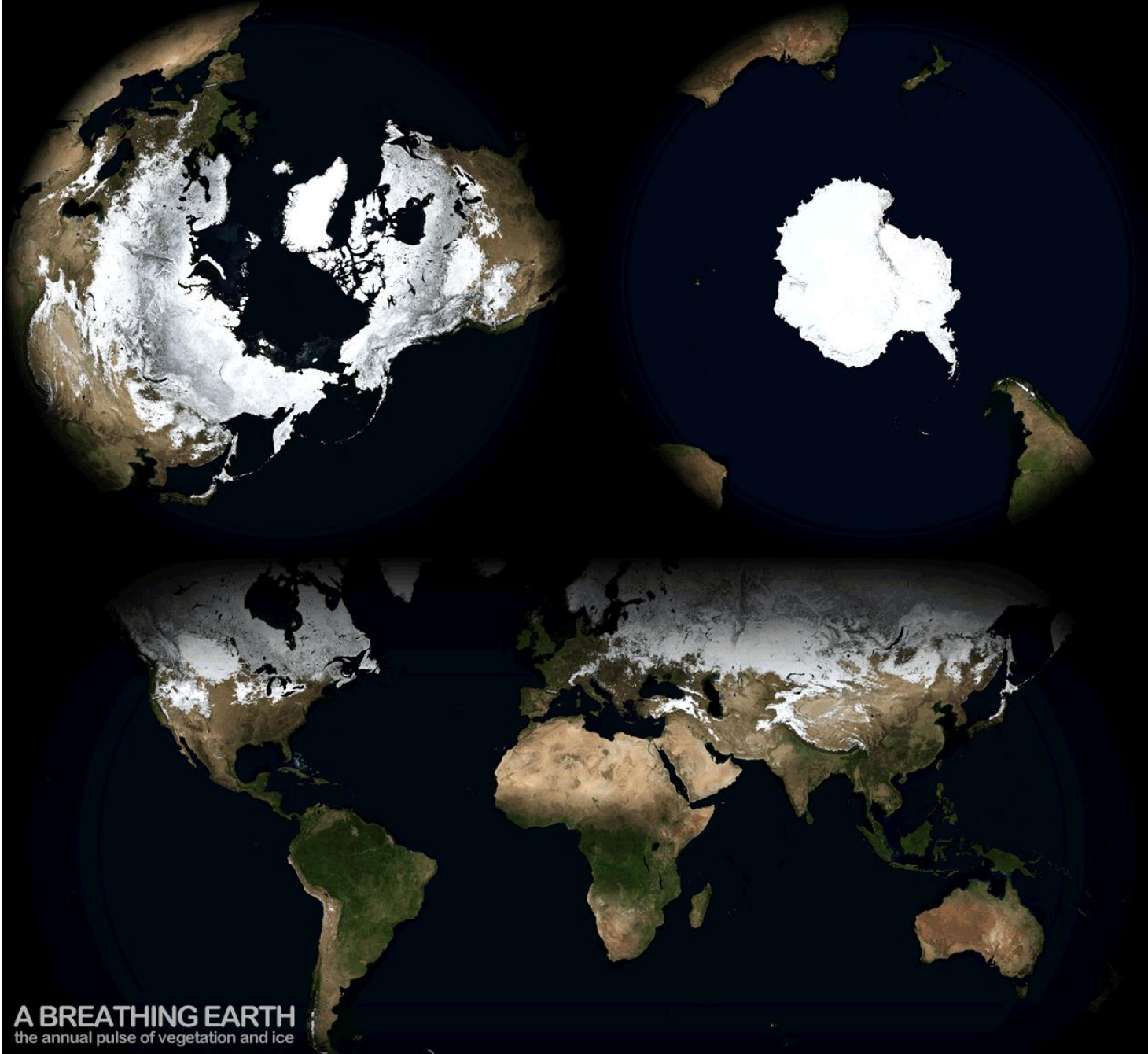
Az üvegházhatás - sugárzási kényszer

- ▶ Radiative forcing - sugárzási kényszer: a felszín által elnyelt napsugárzás és világűrbe kibocsátott sugárzás különbsége
- ▶ IPCC - kiegészítés: az iparosodás kezdetéhez képest (1750) relatív



**A sugárzási komponensek
hasznosítása a mérésekben:
műholdak**



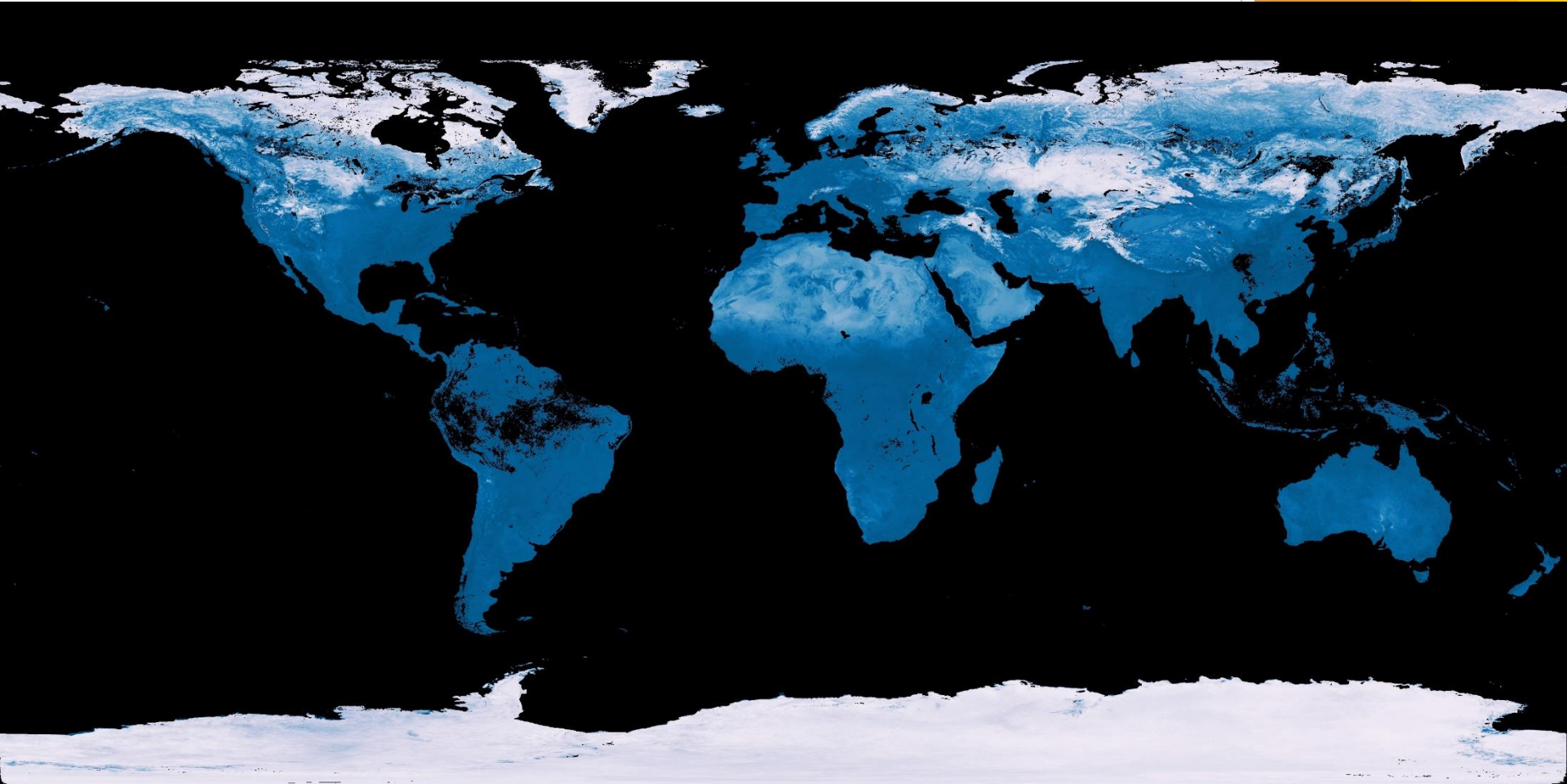


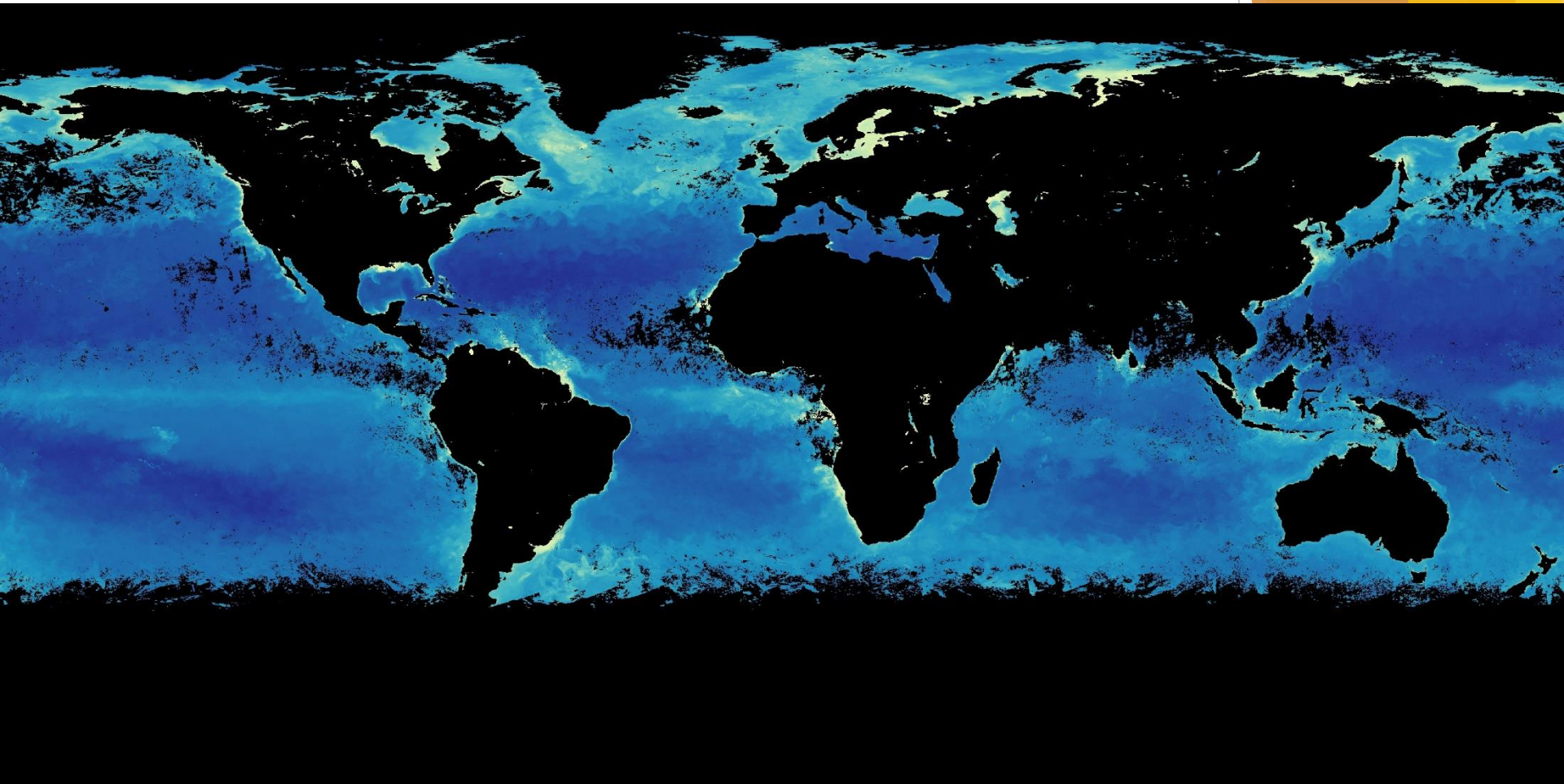
A BREATHING EARTH

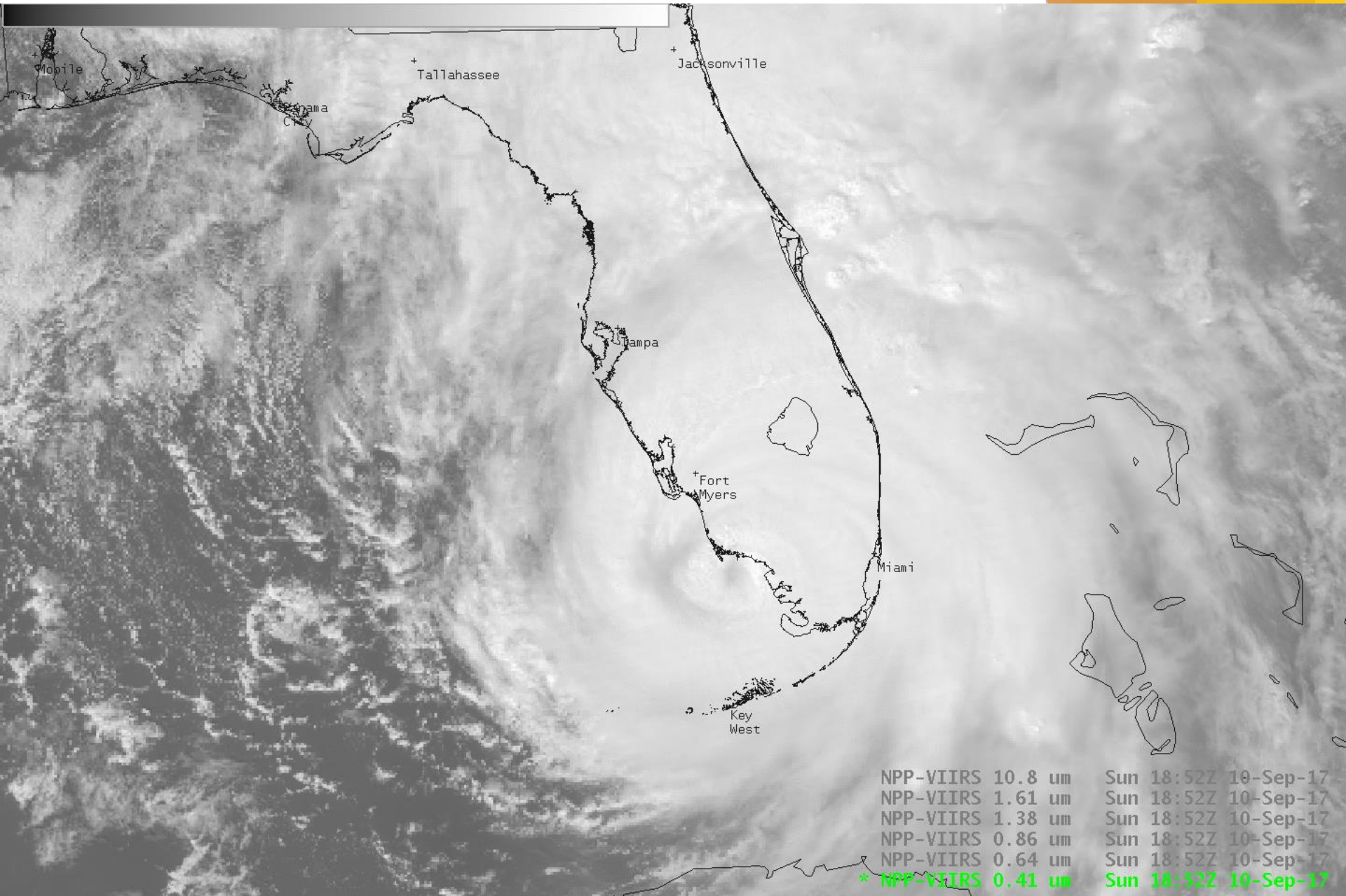
the annual pulse of vegetation and ice

John Nelson | @JohnNelsonIDV | uxblog.idvsolutions.com
IDV Solutions | @IDVSolutions | idvsolutions.com
Data | NASA Blue Marble | visibleearth.nasa.gov

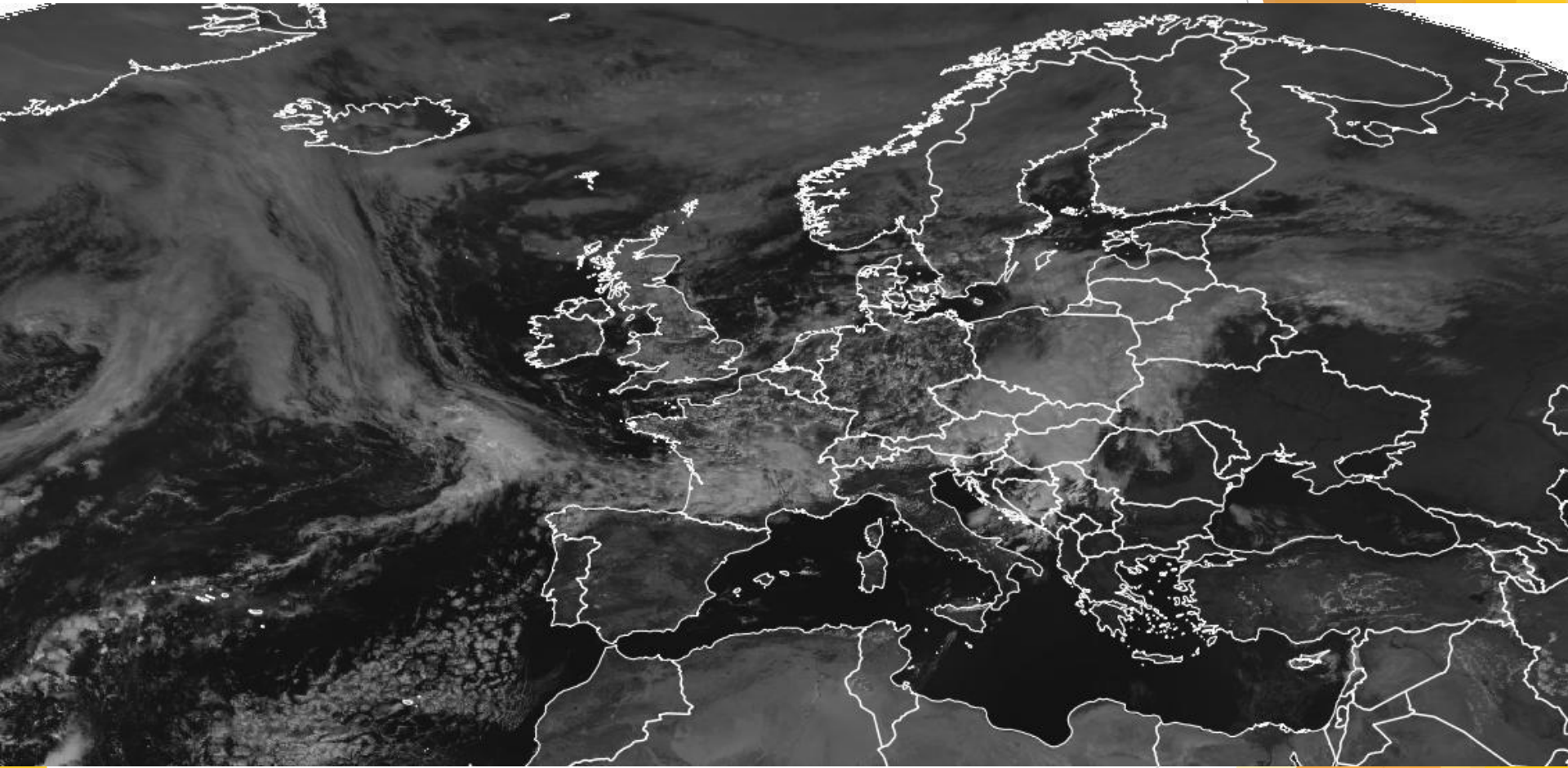
J F M A M J J A S O N D



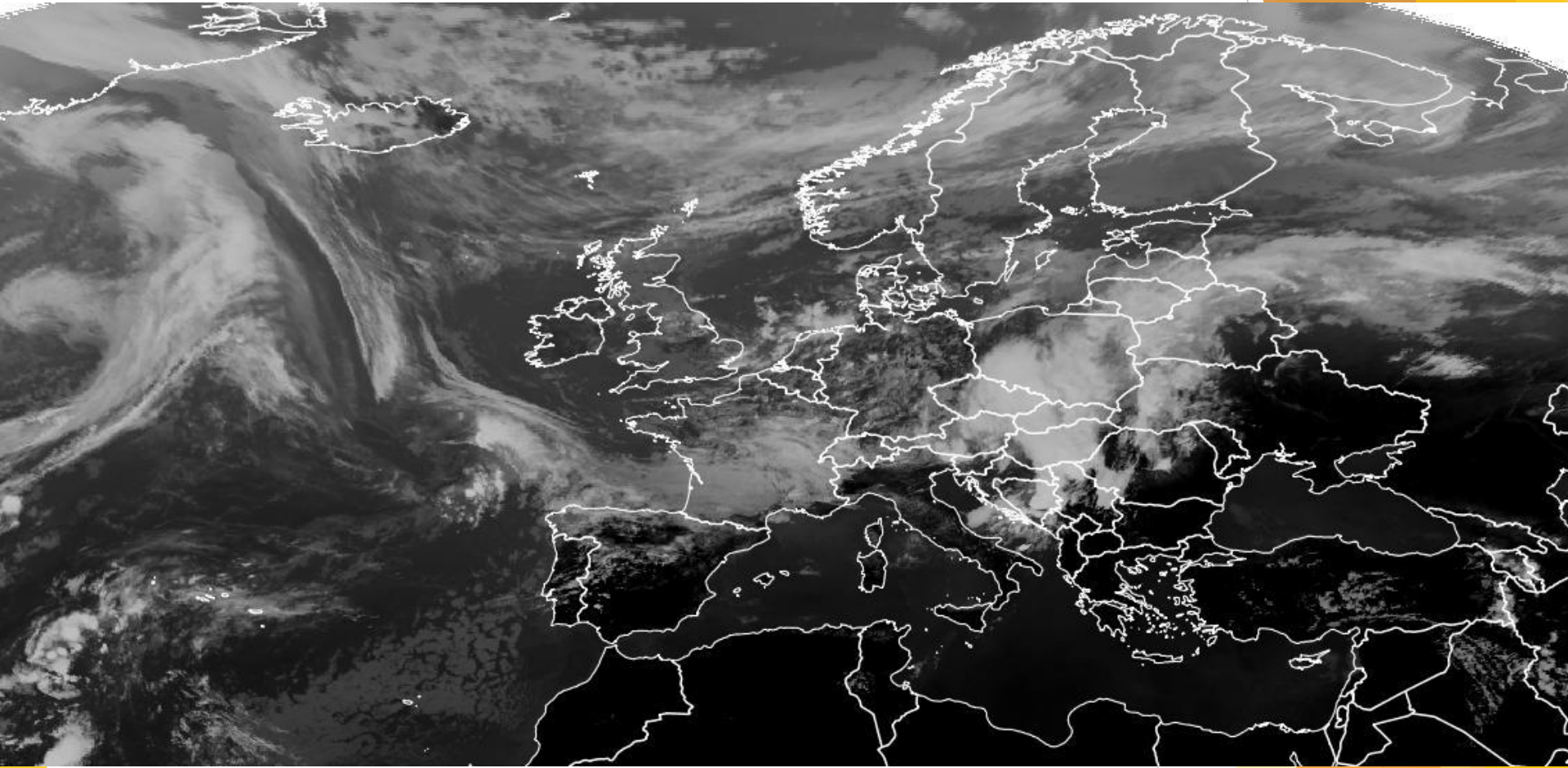




Meteosat - látható tartomány összege



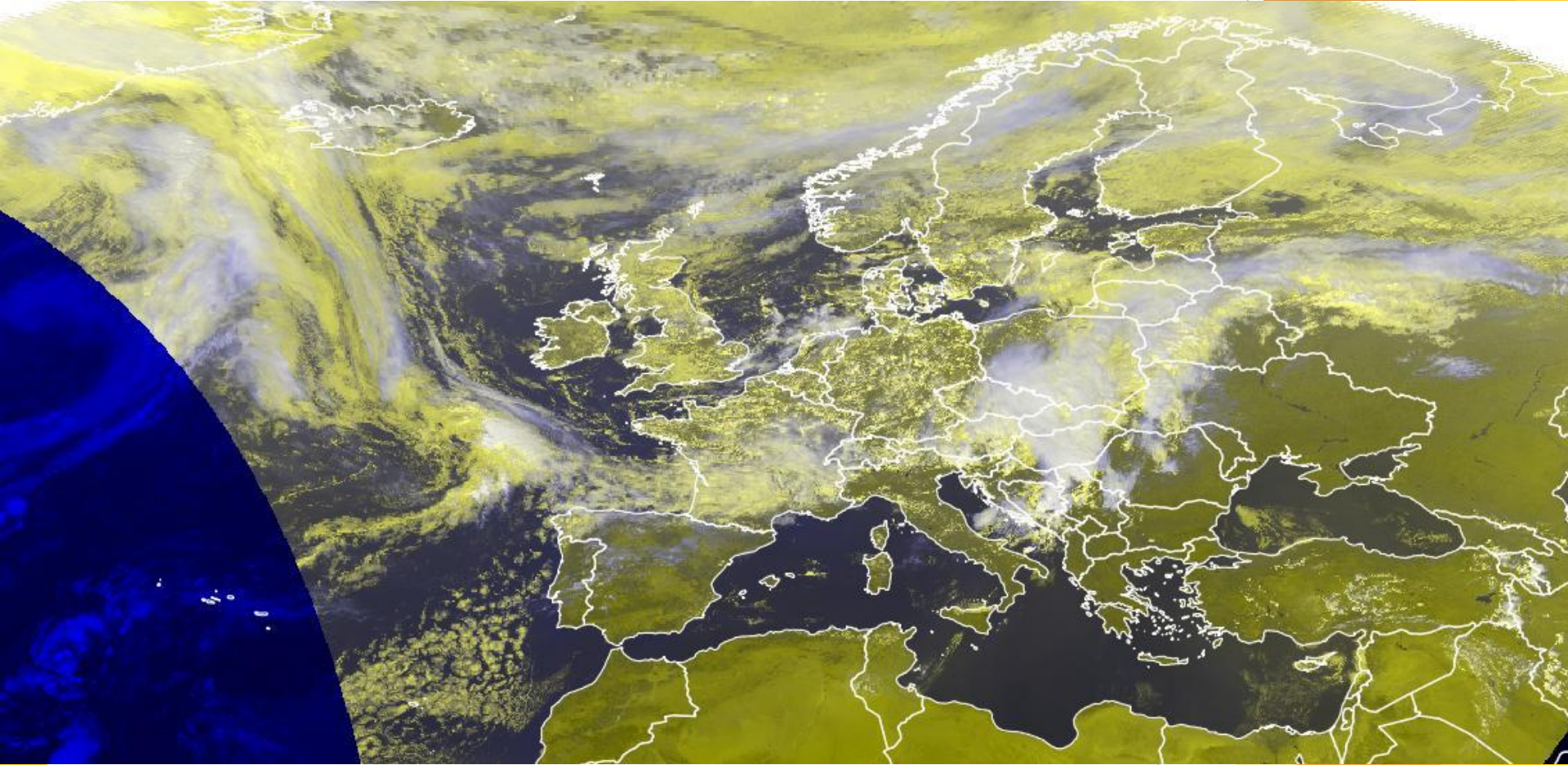
Meteosat - 10.8 μm (felhőtető hőm.)



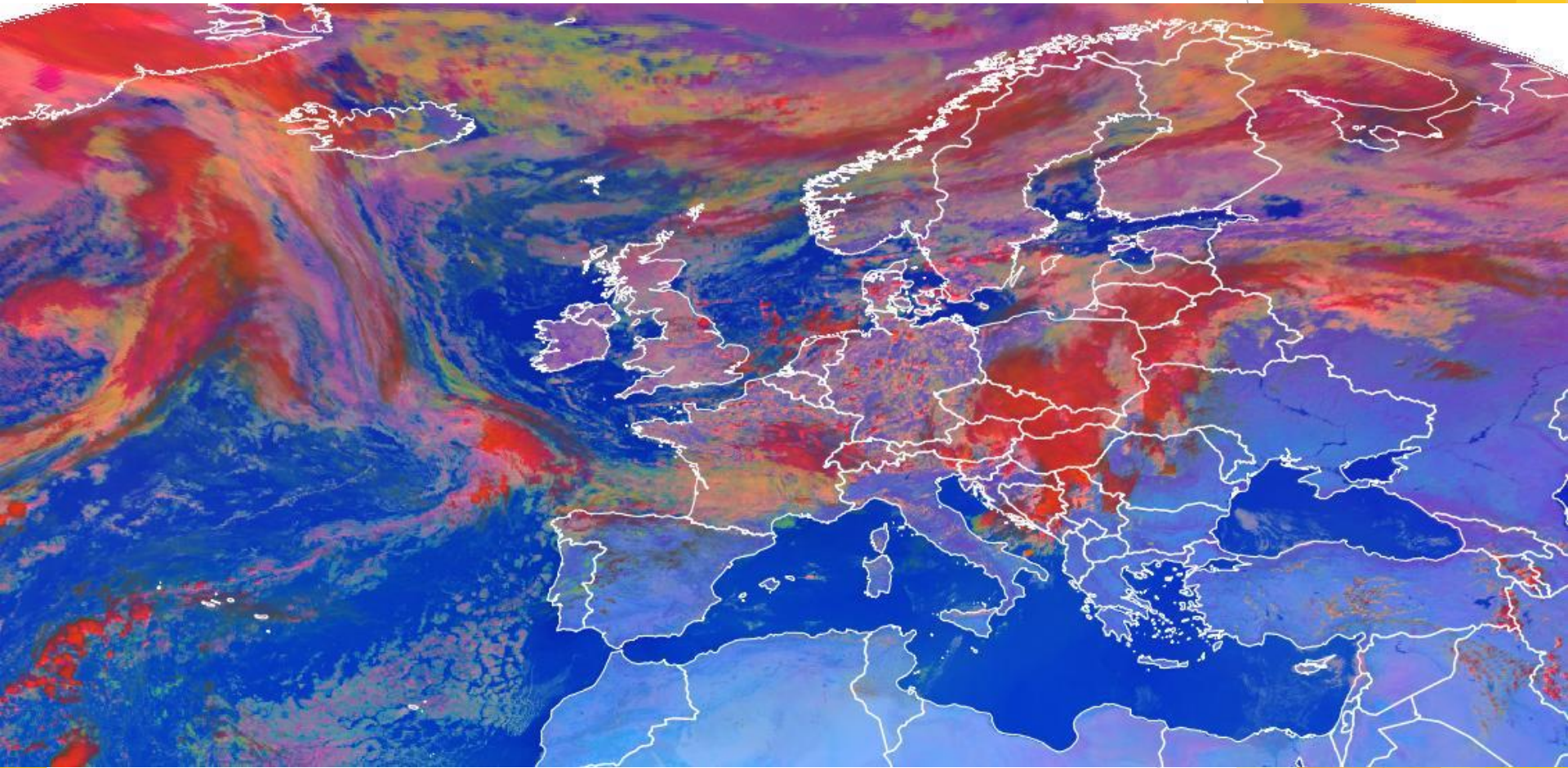
Meteosat - 6.2 μm (vízgőz)



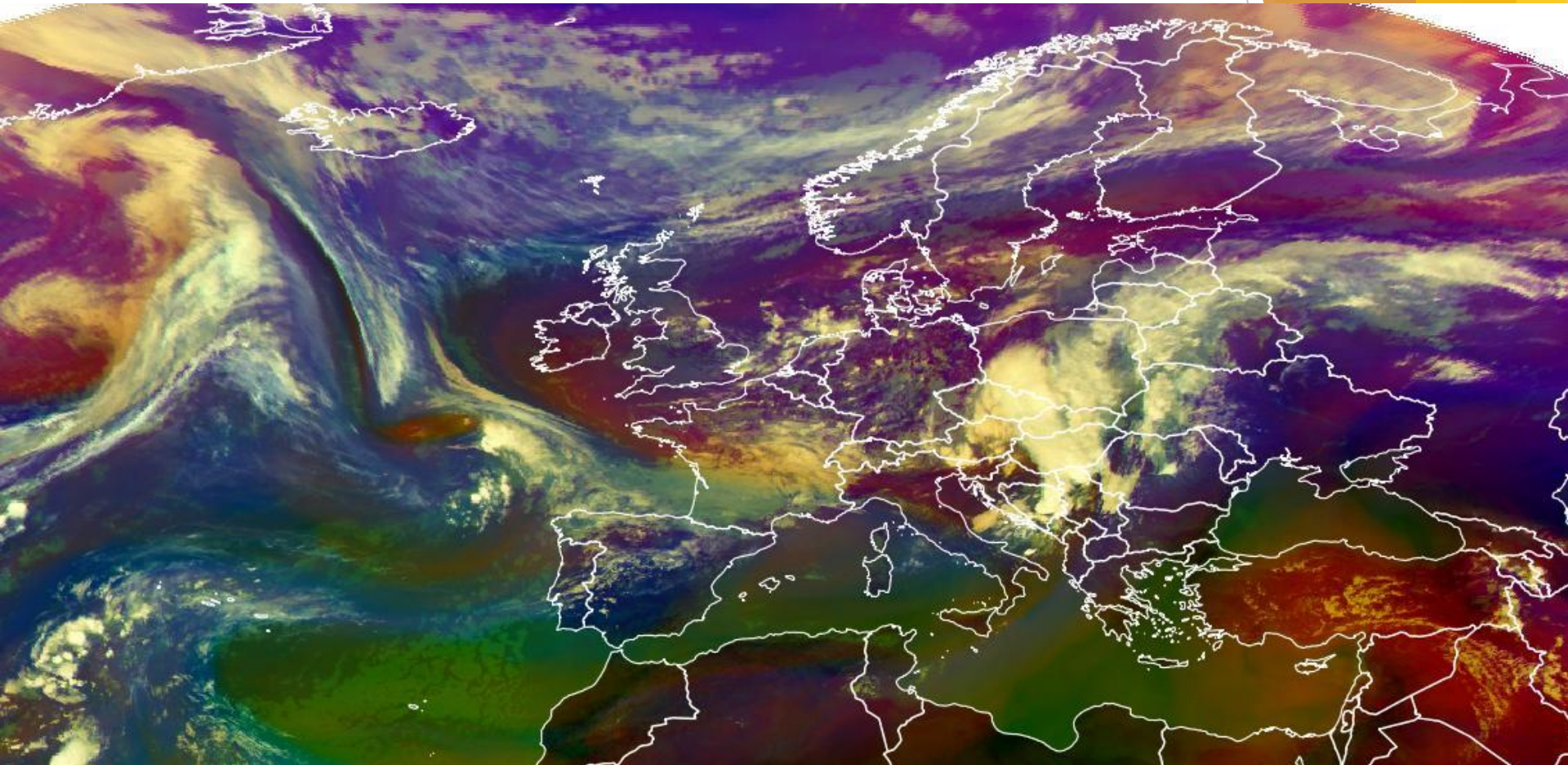
Meteosat - hamis színezés (optikai
vastagság + felhőtető hőm.)



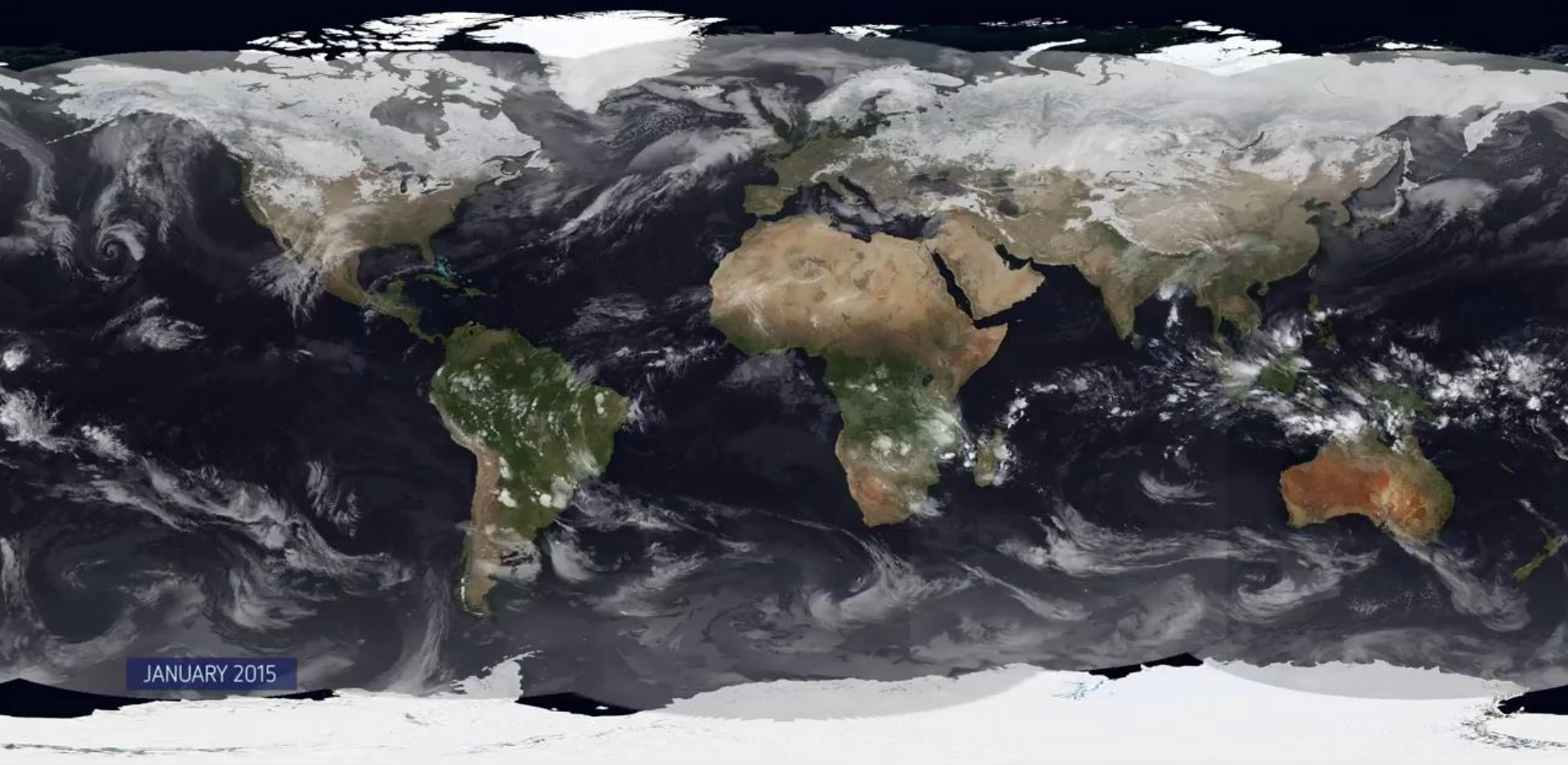
Meteosat - hamis színezés (mikrofizika - felhőösszetevők)



Meteosat - hamis színezés (légtömegek)







JANUARY 2015