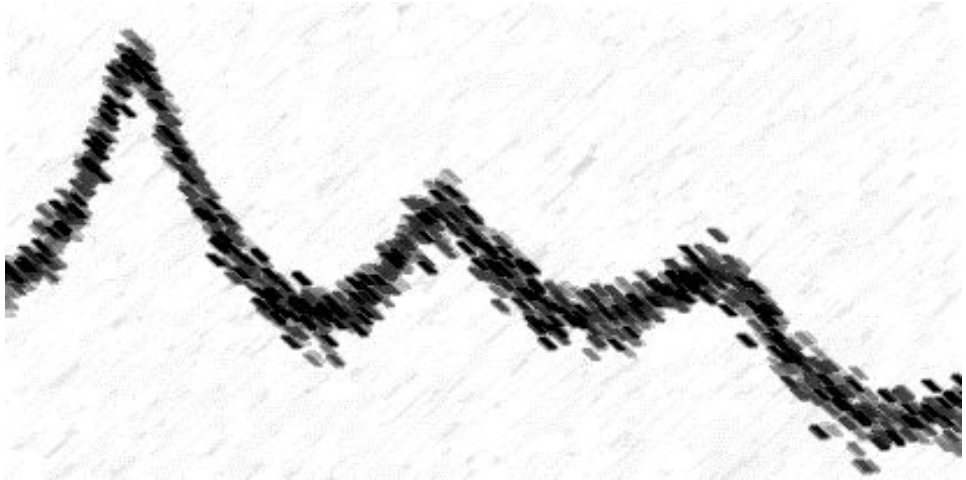
# A globális zivatartevékenység vizsgálata Schumann-rezonancia mérések segítségével

Bozóki Tamás[1,2]

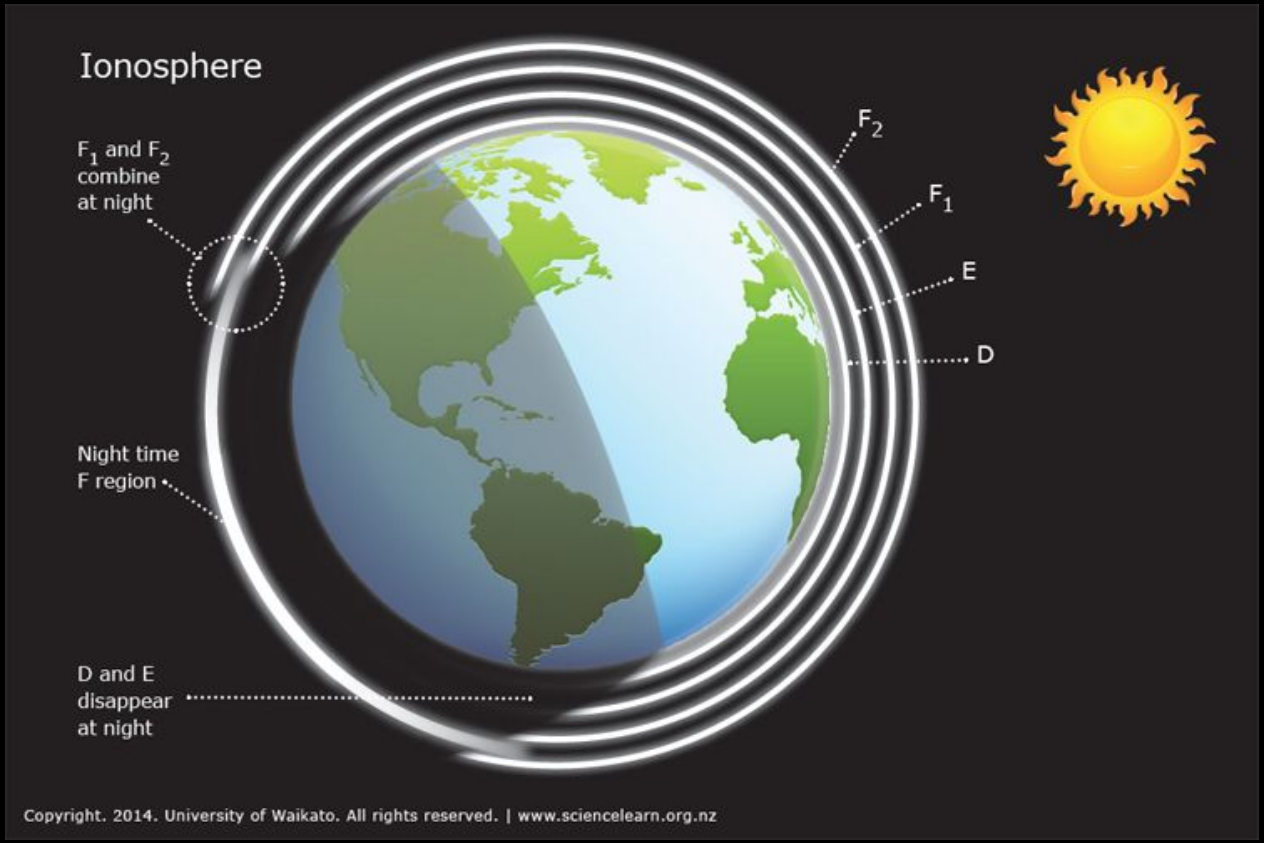
[1]Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

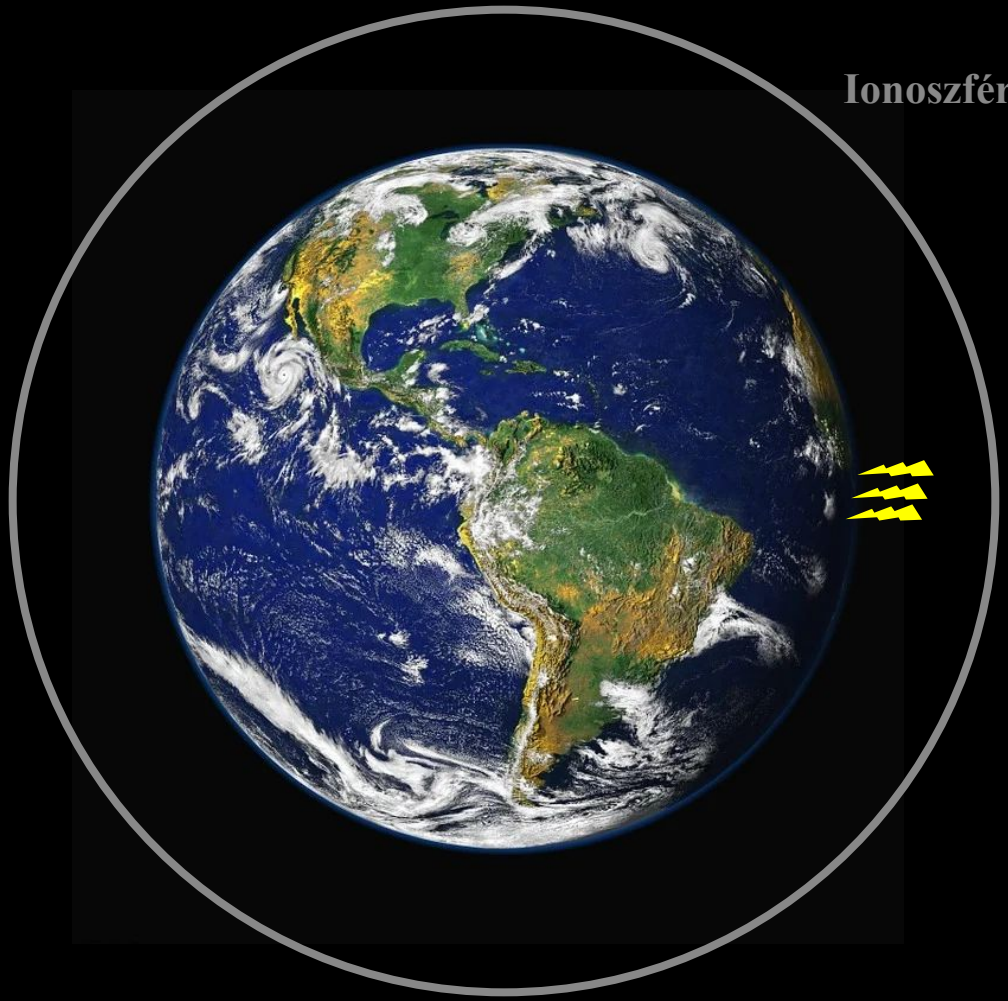
[2]Szegedi Tudományegyetem



A Magyar Meteorológiai Társaság előadóülése
2021. november 2.

# Ionoszféra


Ionosphere
$F_1$ and $F_2$ combine at night
Night time F region
D and E disappear at night
$F_2$
$F_1$
E
D
Copyright. 2014. University of Waikato. All rights reserved. | www.sciencelearn.org.nz

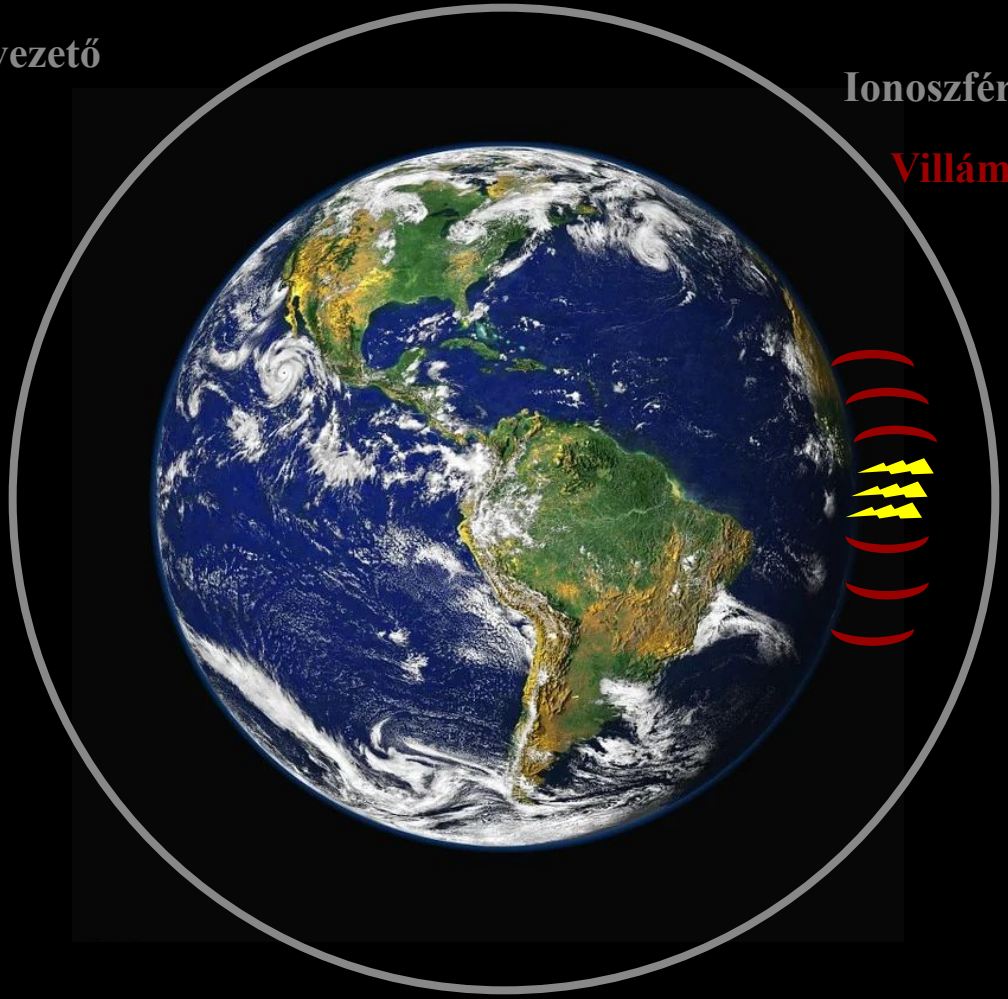

Ionoszféra
Villámtevékenység

Villámlás Budapest felett (Tímár Gábor fényképe).

(Wikipedia)

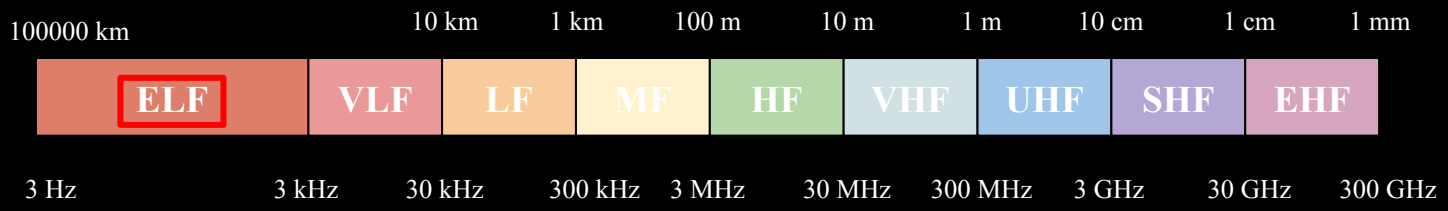
- 30.000 K
- 180 km/s
- 30-40.000 A
- 50-100 db/s

# Föld–ionoszféra hullámvezető

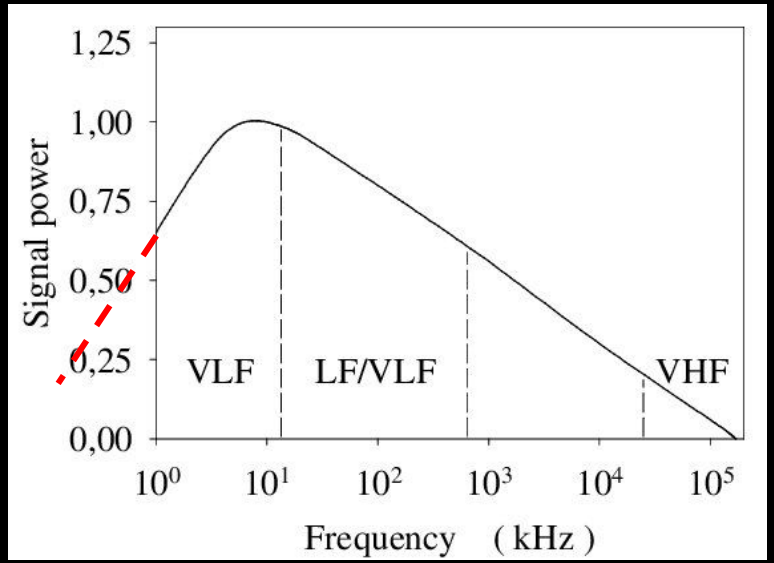


# Extrém alacsony frekvenciák (ELF)

A rádióspektrum

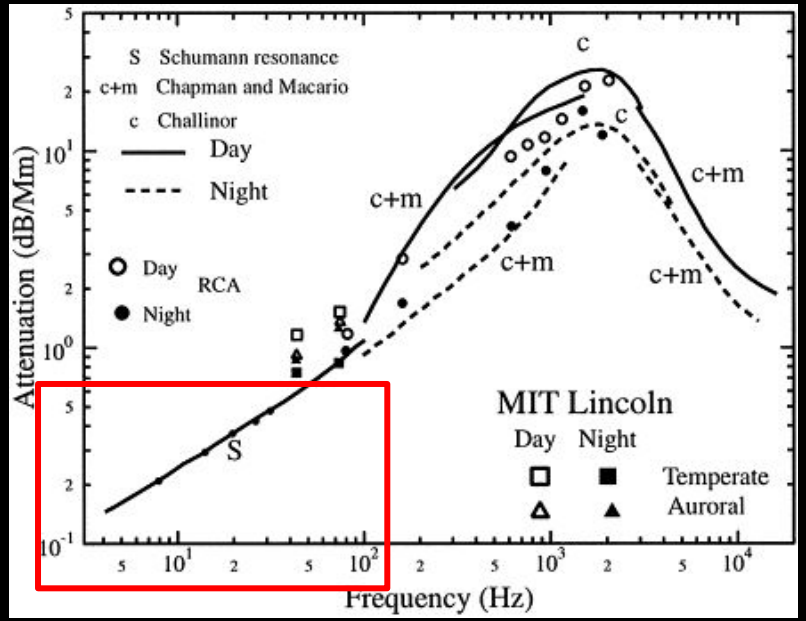


## Villámok által kisugárzott teljesítmény




(Cummins et al., 2000)

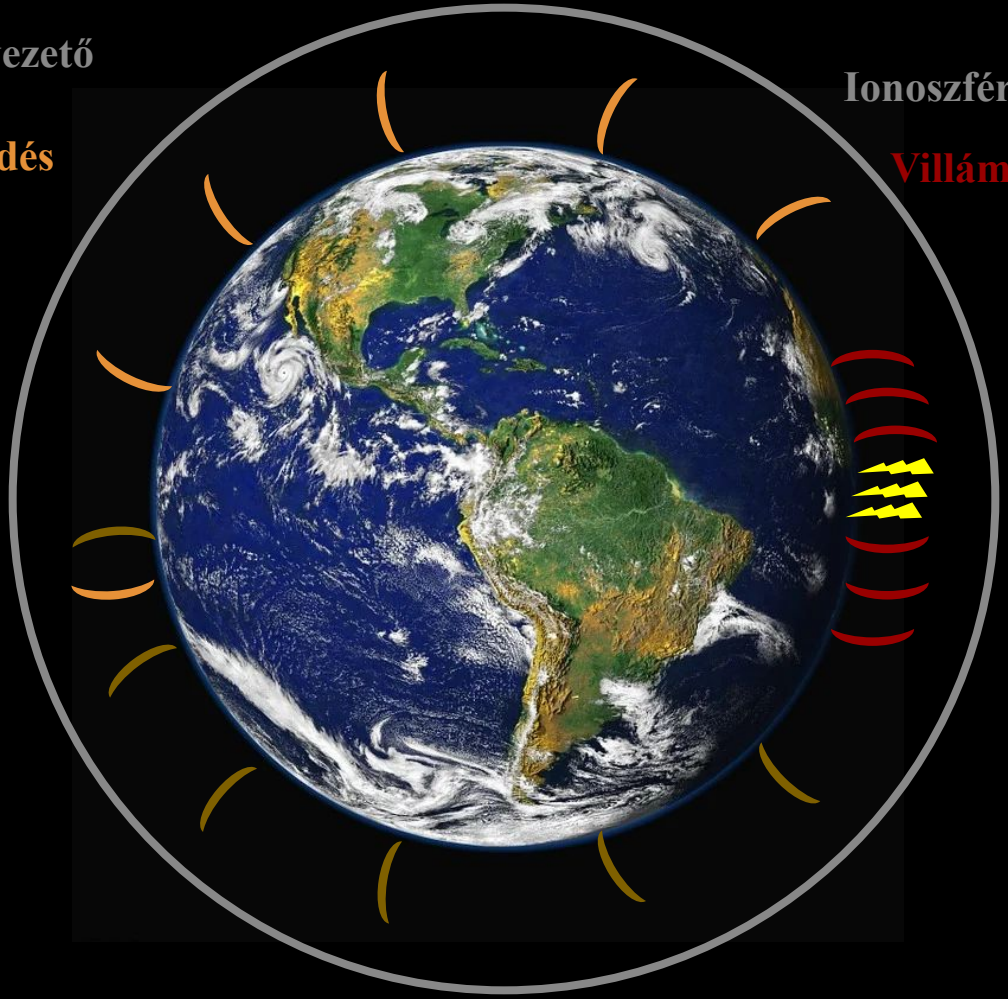
## EM hullámok csillapítása

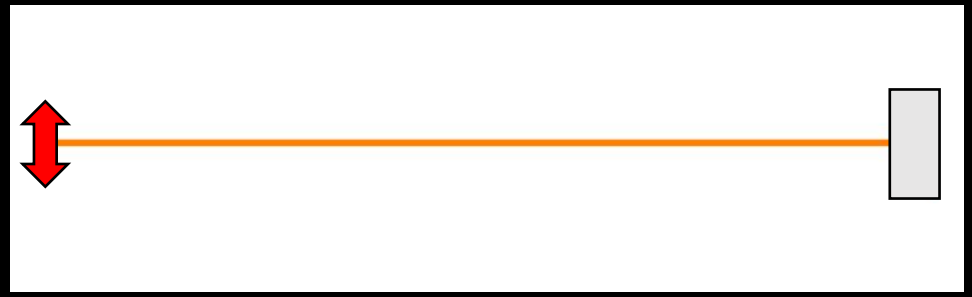


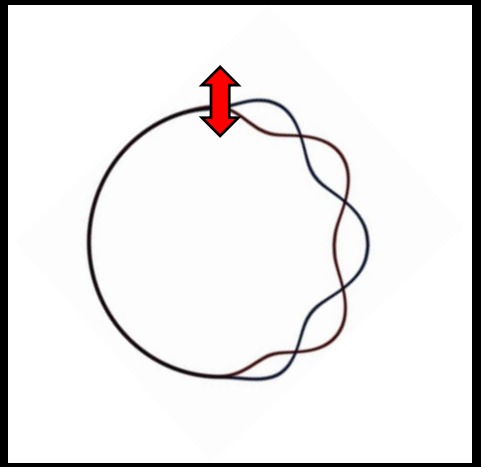

(Barr et al., 2000)

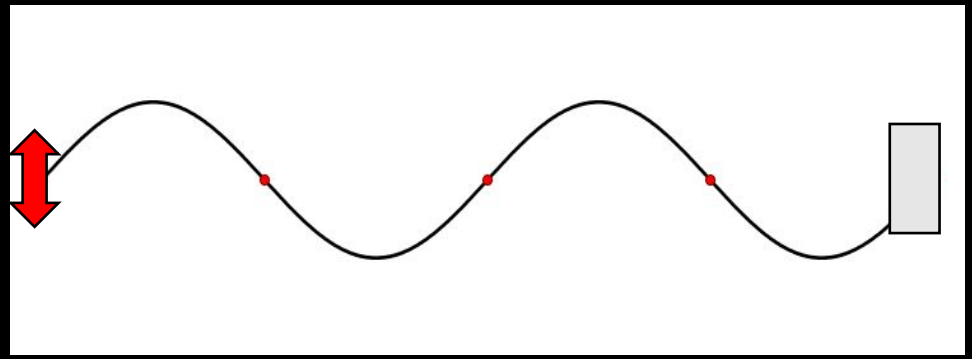
Föld-ionoszféra hullámvezető

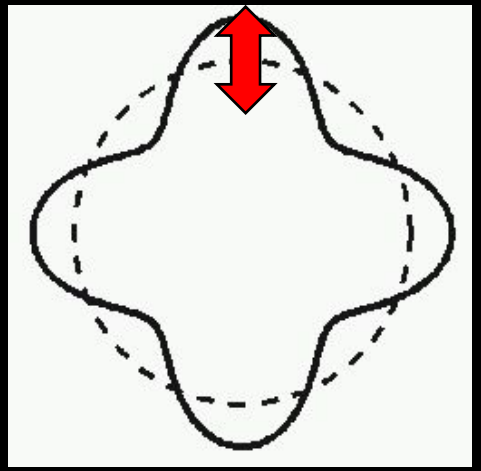
Földet megkerülő terjedés





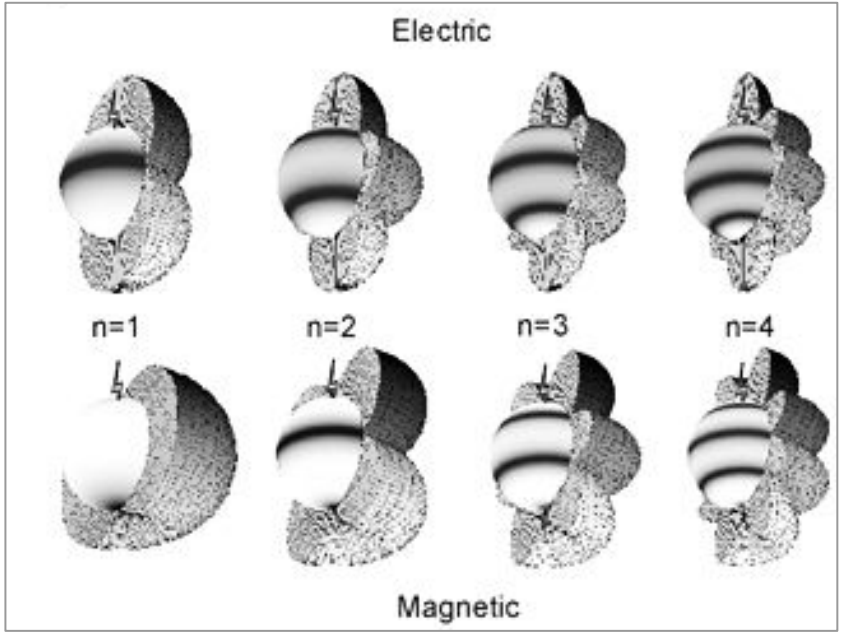




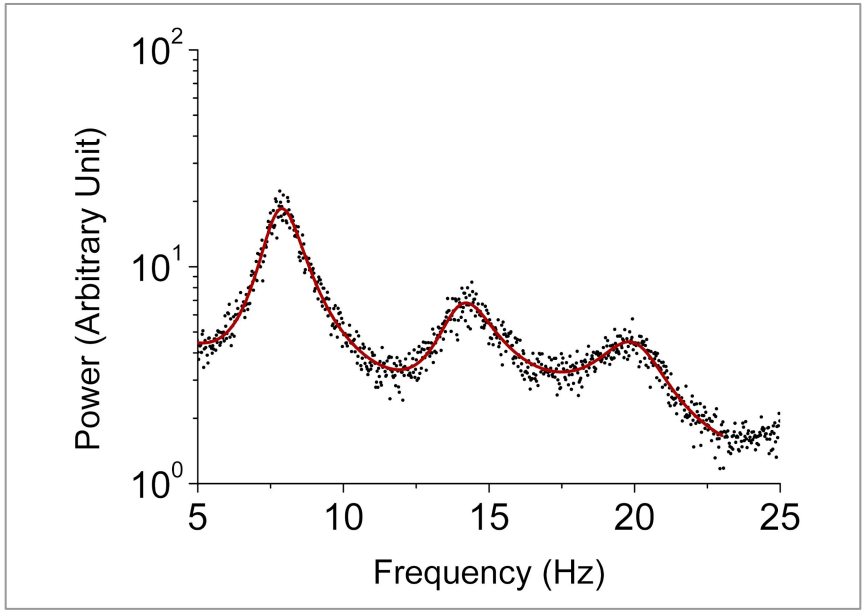


(NASA)

# Schumann-rezonancia (SR)



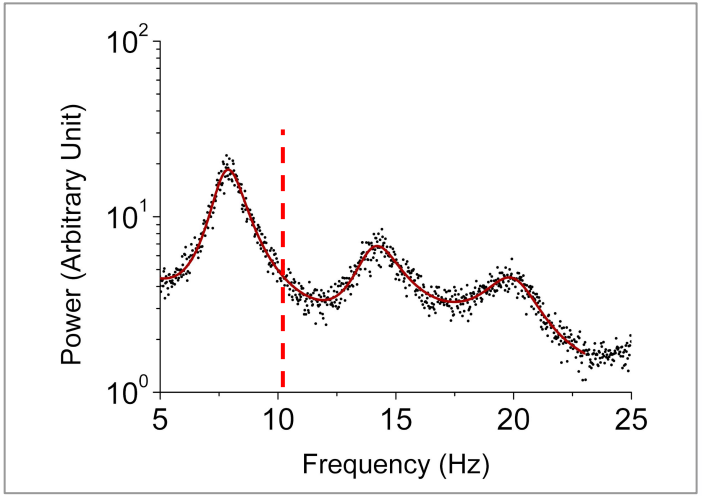

SR módusok térbeli szerkezete (Sentman, 1995)



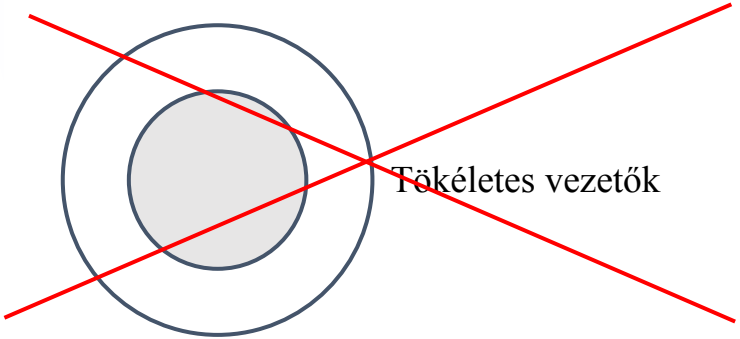

Mért SR spektrum

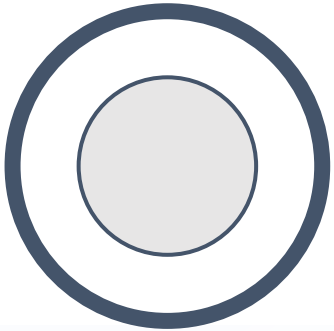
# Schumann-rezonancia (SR)

$$f_1 \approx 10.04\ Hz$$



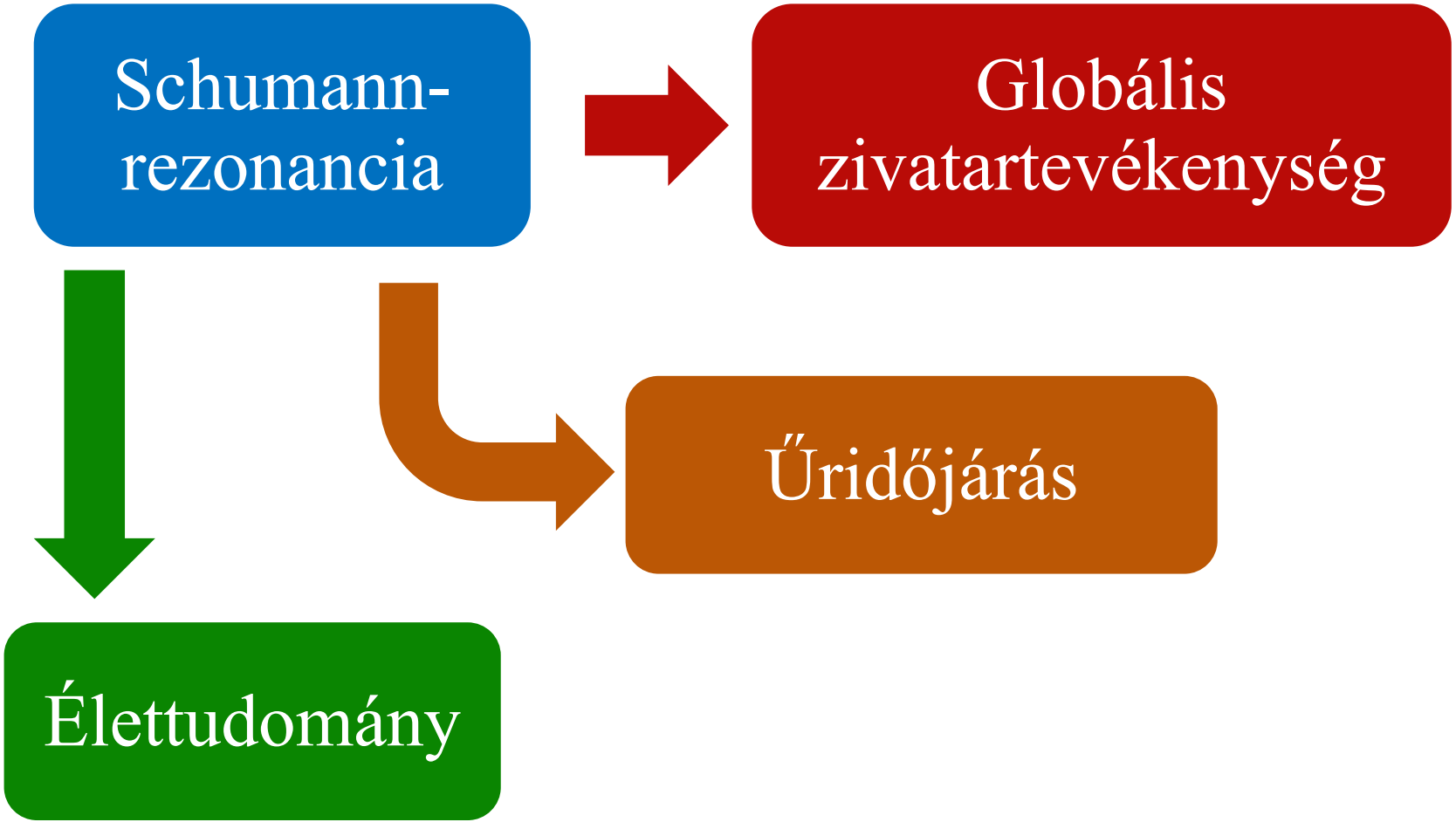

$$f_n = \frac{c}{2\pi R_E}\sqrt{n(n+1))}$$



$$v_{ph} \approx 0.8c$$

$$f_1 \approx 8\ Hz$$


Schumann-rezonancia
Globális zivatartevékenység
Űridőjárás
Élettudomány

Schumann-rezonancia

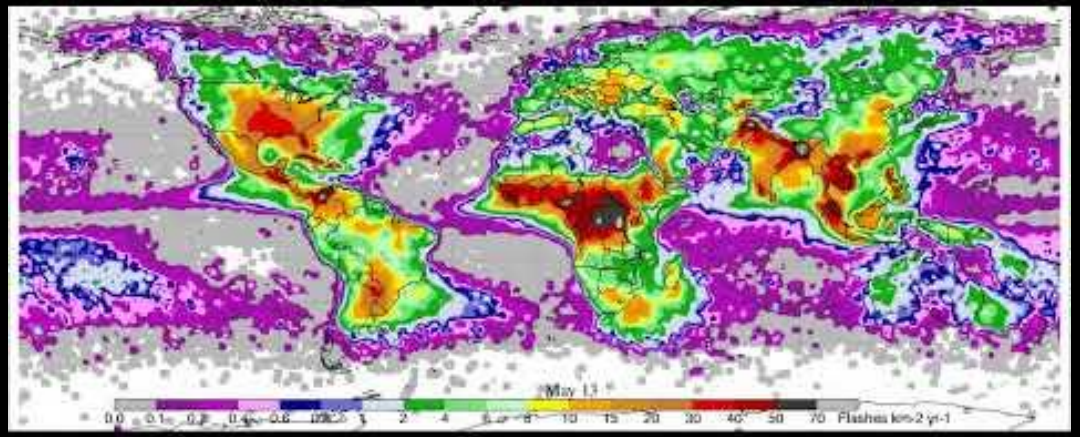
Globális zivatartevékenység

- Globális zivatartevékenység invertálása
- ENSO vizsgálata

Űridőjárás

Élettudomány

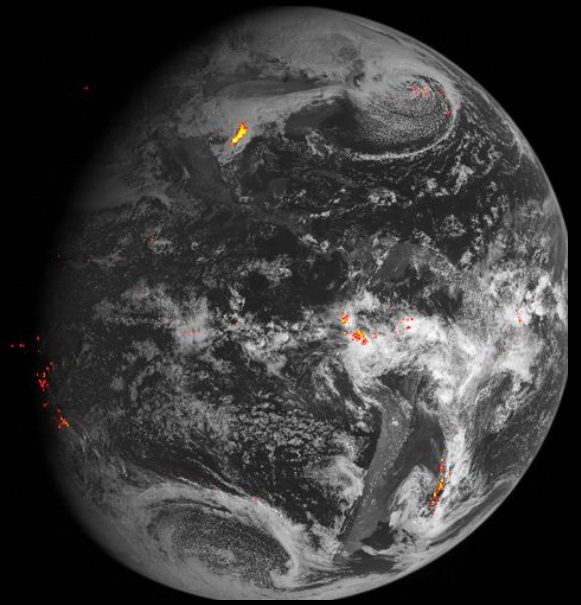
# Globális zivatartevékenység




TRMM LIS/OTD High Resolution Annual Climatology (HRAC)

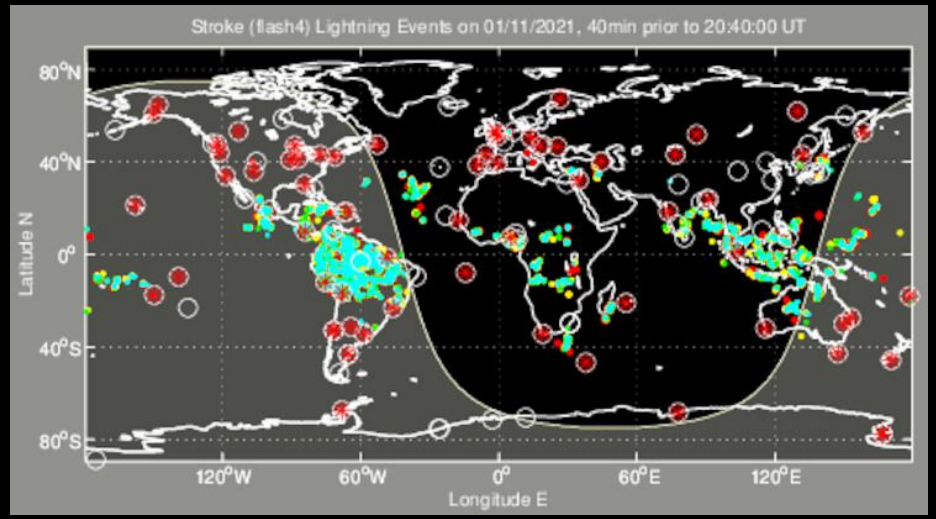
# Jelenleg elérhető technológiák

Műholdas észlelések



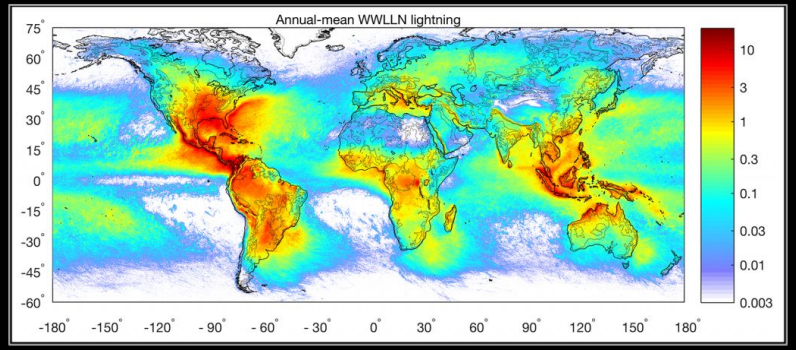
(NASA)

Földi telepítésű (VLF) hálózatok




(wwlln.net)

# Motiváció

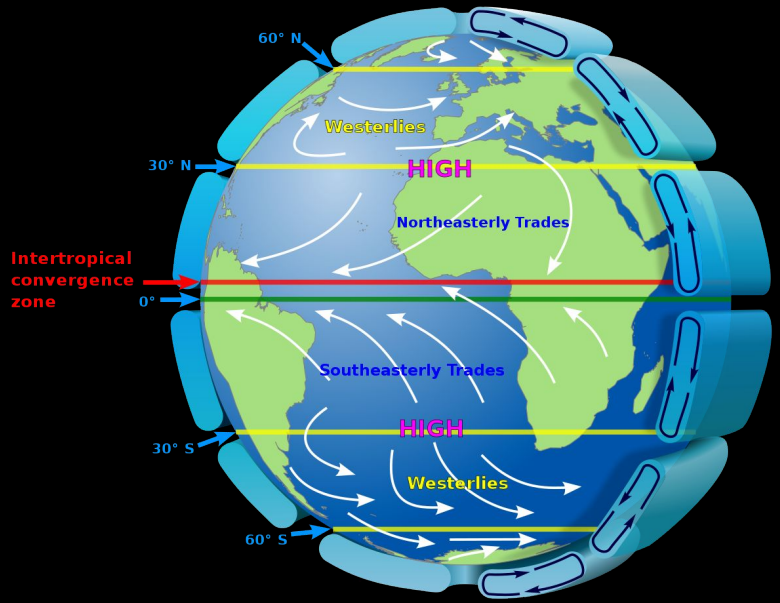



(Aich et al., 2018)

- **A globális zivatartevékenység klimatológiai célú vizsgálata jelenleg akadályokba ütközik** az elérhető technológiák korlátozott detektálási hatékonysága miatt.
- Az elérhető technológiák nem teszik lehetővé a globális zivatartevékenység **kontinentális skálán** történő vizsgálatát (például a napi időskálán).
- A csoportunk egy új, költséghatékony eljárást javasol a globális zivatartevékenység intenzitásának és térbeli eloszlásának meghatározására: **Schumann-rezonancia mérések invertálását**.

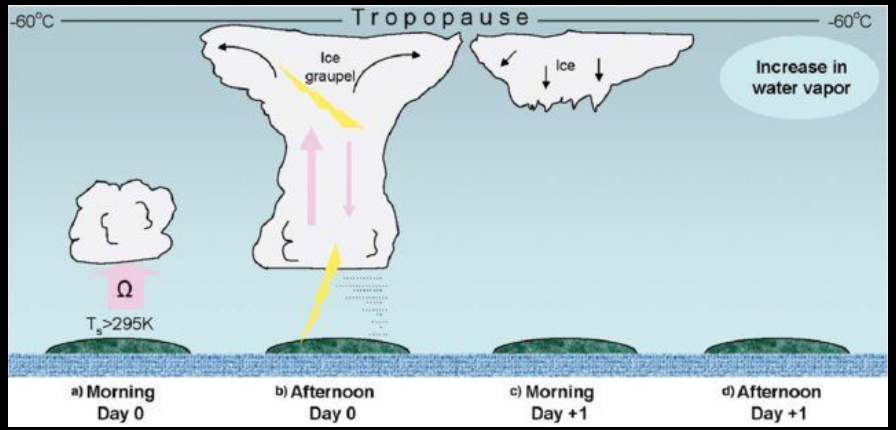
# Motiváció II.

## Globális légkörzés



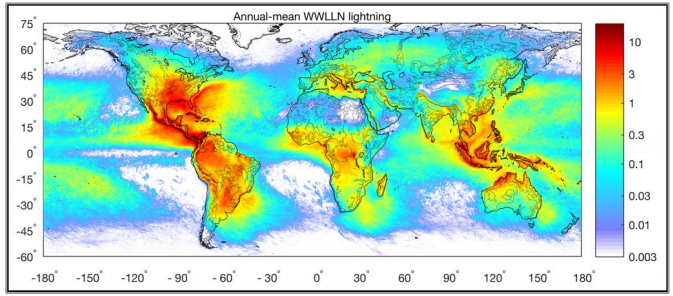

(Wikipedia)

## Felső troposzféra vízgőztartalma




(Price and Asfur, 2006)

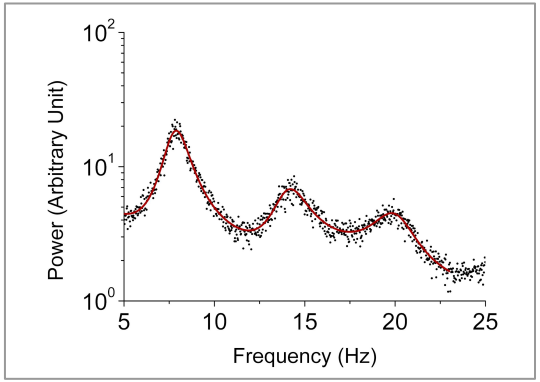
# Alapvető koncepció: (geofizikai) inverzió




(Aich et al., 2018)

**Előre modellezés**

**Inverz modellezés**

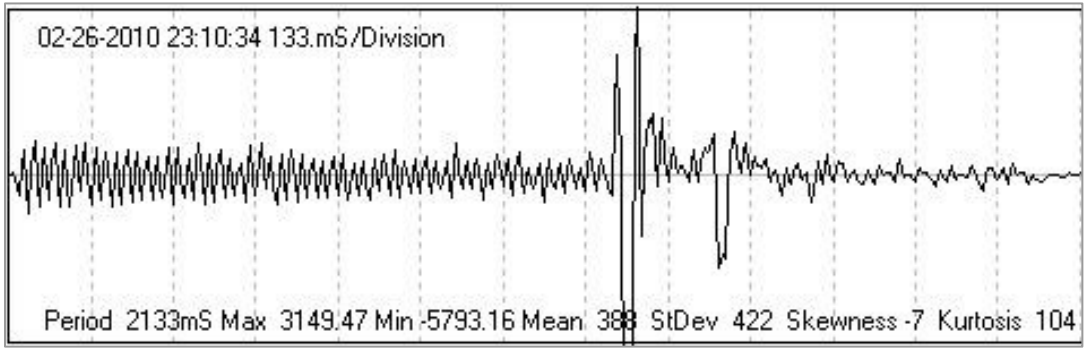



- A mi megközelítésünk a villámtevékenység intenzitását egy **vertikális töltésmomentum-változás (TMV)** alapú mennyiséggel jellemzi, $C^2km^2/s$ mértékegységgel.
- A zivatarok belsejét vertikálisan szétválasztott töltött rétegek alkotják, mivel a jég alapú töltésszétválasztást is alapvetően **vertikális irányú folyamatok** hozzák létre (gravitáció, feláramlás). Ebből következik, hogy lényegében **minden villámkisülés**nek (CC, CG, IC) van vertikális töltésmomentum-változása, és ezért garantáltan **hozzájárul a világszerte mérhető ELF intenzitáshoz**.

# Forrástag

- A villámok által kisugárzott EM tér a teljes átáramlott töltésmennyiség és a csatorna vertikális hosszának szorzatával, tehát a forrás vertikális töltésmomentum-változásával (TMV) arányos (Qds). Mivel a tér a TMV-vel arányos, **az energia a TMV négyzetével**.
- A mért tér több, **időben átlapolódó forrás** EM terének összegeként áll elő.
- Energia helyett **teljesítmény → $C^2km^2/s$**

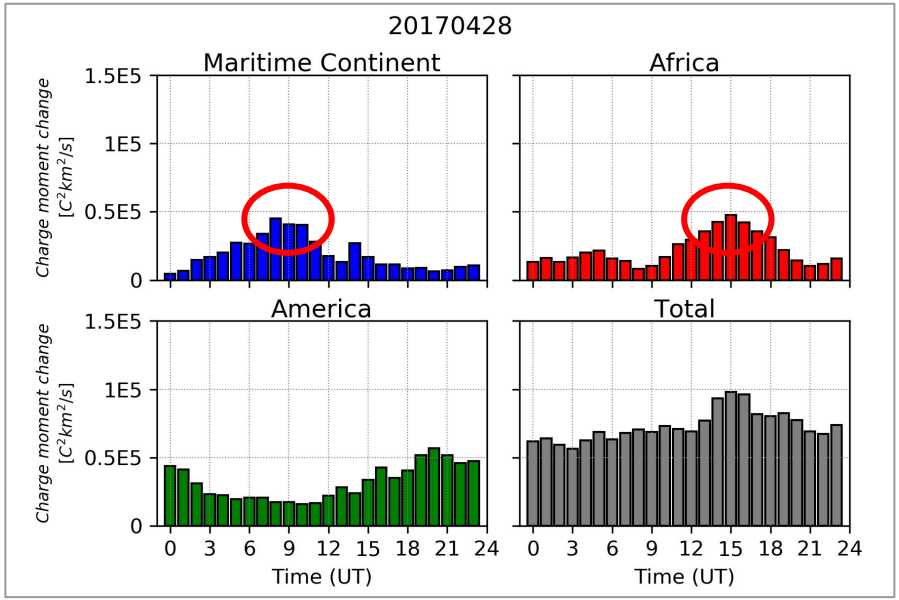
Q-vihar/SR-tranziens

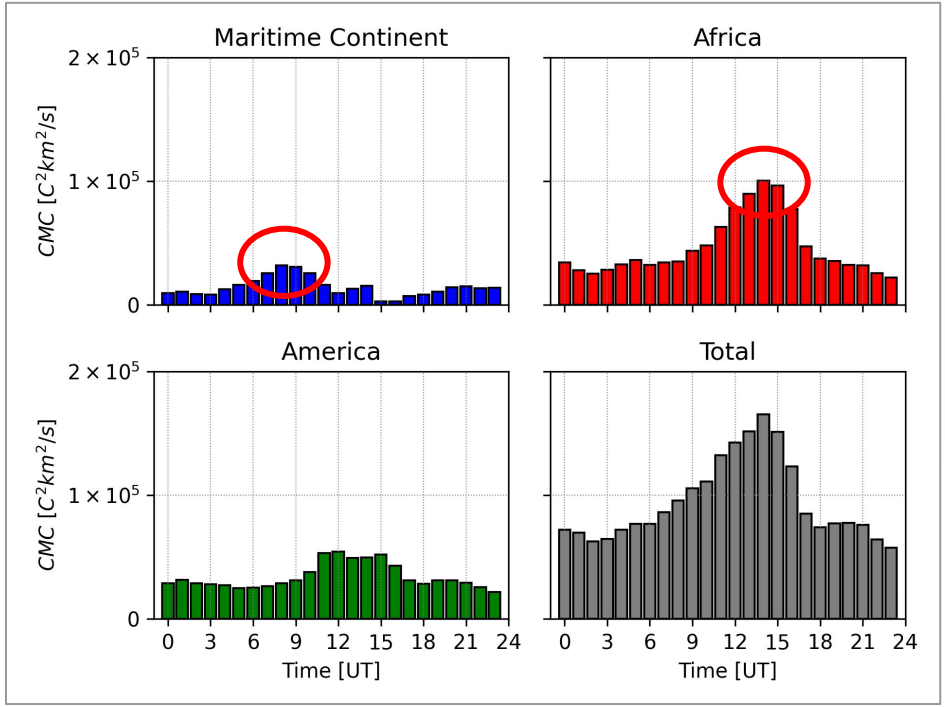



$$f_s \sim 100\ Hz$$

$$f_{lightning} \sim 50 - 100\ Hz$$

# Előzetes eredmény



Schumann-rezonancia

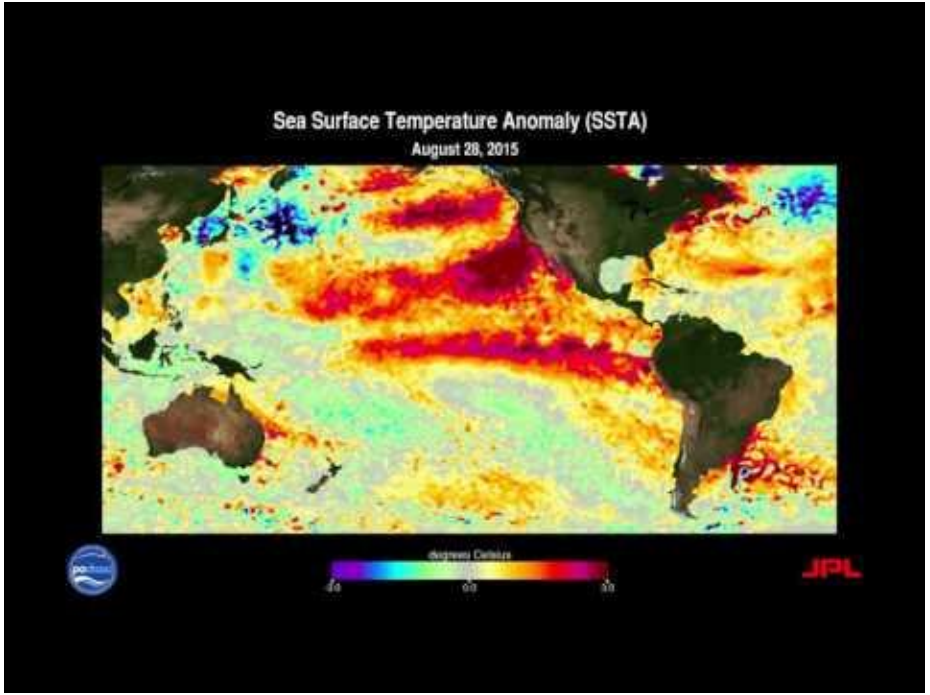
Globális zivatartevékenység

- Globális zivatartevékenység invertálása
- ENSO vizsgálata

Űridőjárás

Élettudomány

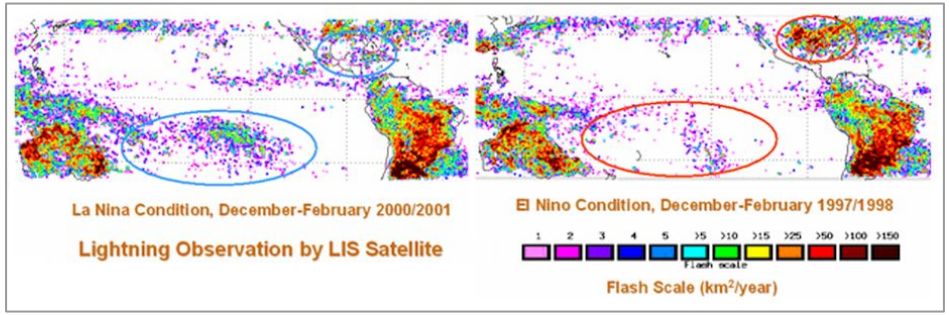
# El Niño–Southern Oscillation (ENSO)




2015-2016 ENSO Felszíni hőmérséklet anomáliák (NASA JPL PODAAC)

- Az ENSO egy szabálytalanul ismétlődő, több éves periódusú oszcilláció egy **hideg (La Niña)** és egy **meleg (El Niño)** fázis között.
- Mindkét ENSO fázis világszerte érezteti hatását, de **a meleg El Niño periódusokhoz drasztikusabb változások tartoznak**, például erős esőzések vagy szélsőséges szárazságok a trópusi és a szubtrópusi régiókban.

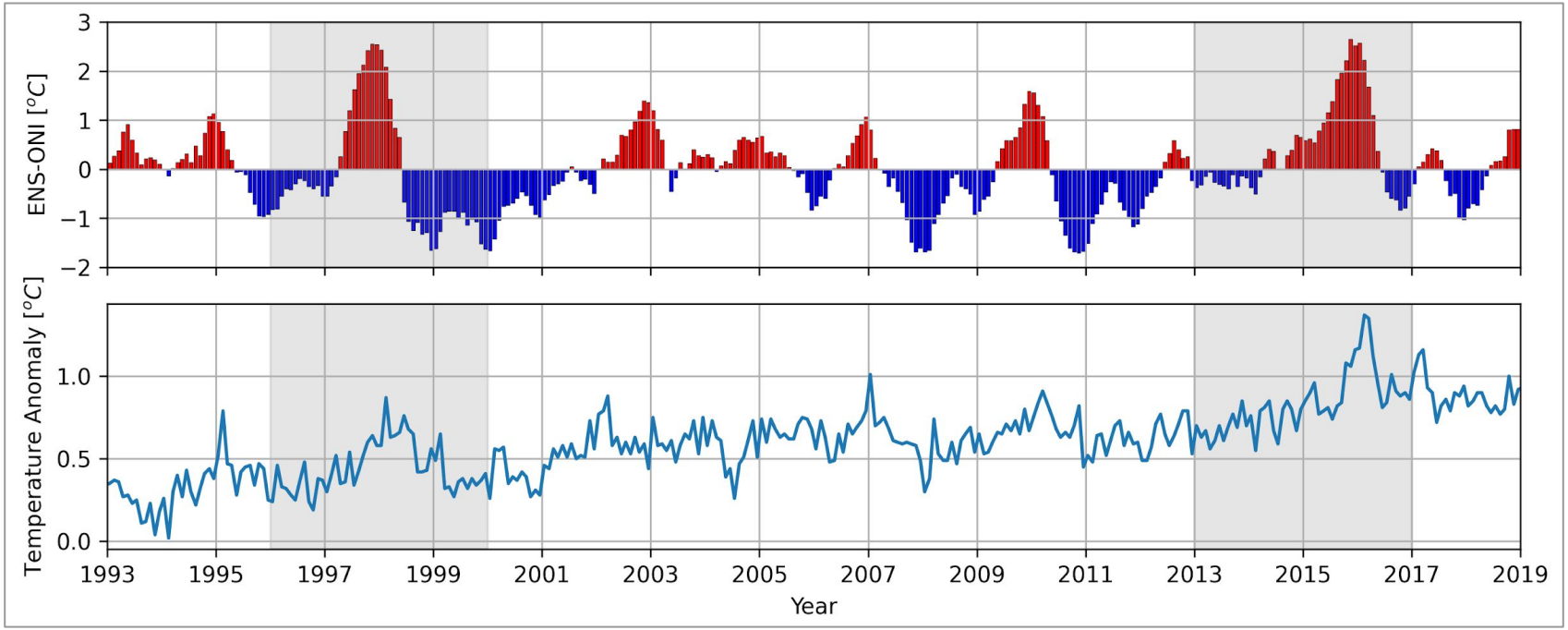
# A globális zivatartevékenység és az ENSO




(Sátori et al., 2009)

- **A szárazföldek villámtevékenysége jellemzően növekszik a meleg ENSO fázis alatt**, főleg Délkelet-Ázsiában és Indiában (Sátori et al., 2009).
- Számos korábbi publikáció vizsgálta az ENSO–villámtevékenység kapcsolatot, de ezek a munkák **szinte csak és kizárólag a hideg és a meleg fázisokra koncentráltak**, és nem vizsgálták az átmeneti időszakokat.
- Williams, E., Bozóki, T., Sátori, G., et al. (2021). **Evolution of global lightning in the transition from cold to warm phase preceding two super El Niño events**. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres.*

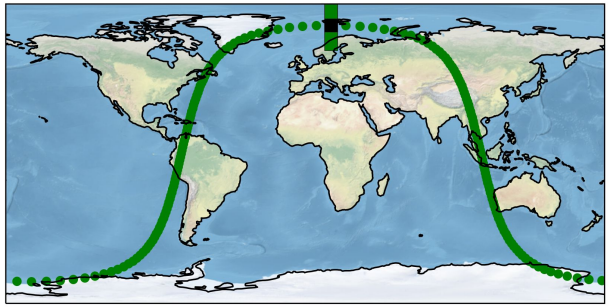
# „Szuper” El niño események

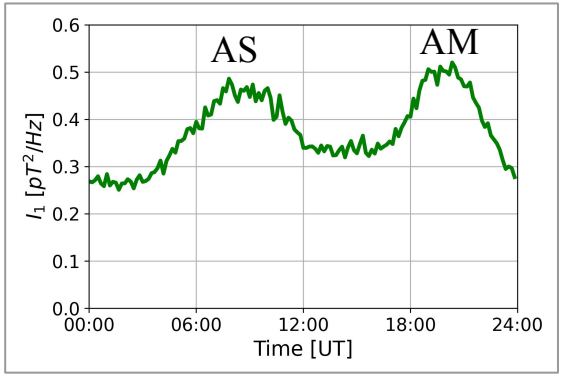


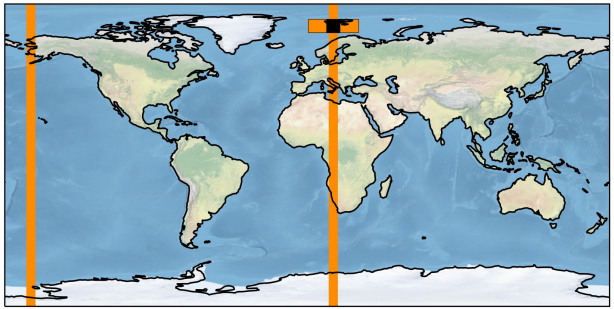

Az elmúlt negyed évszázad **két legerősebb El Niño eseményét vizsgáltuk** (1997/98 és 2015/16), melyeket gyakran „szuper” El Niño eseményeknek neveznek.

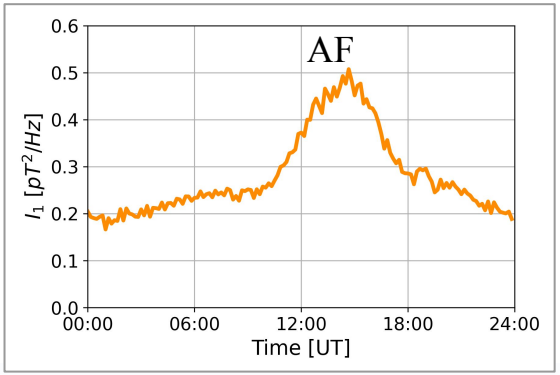
# SR intenzitás adatok értelmezése

Mágneses mérések (pl. Hornsund, Spitzbergák)



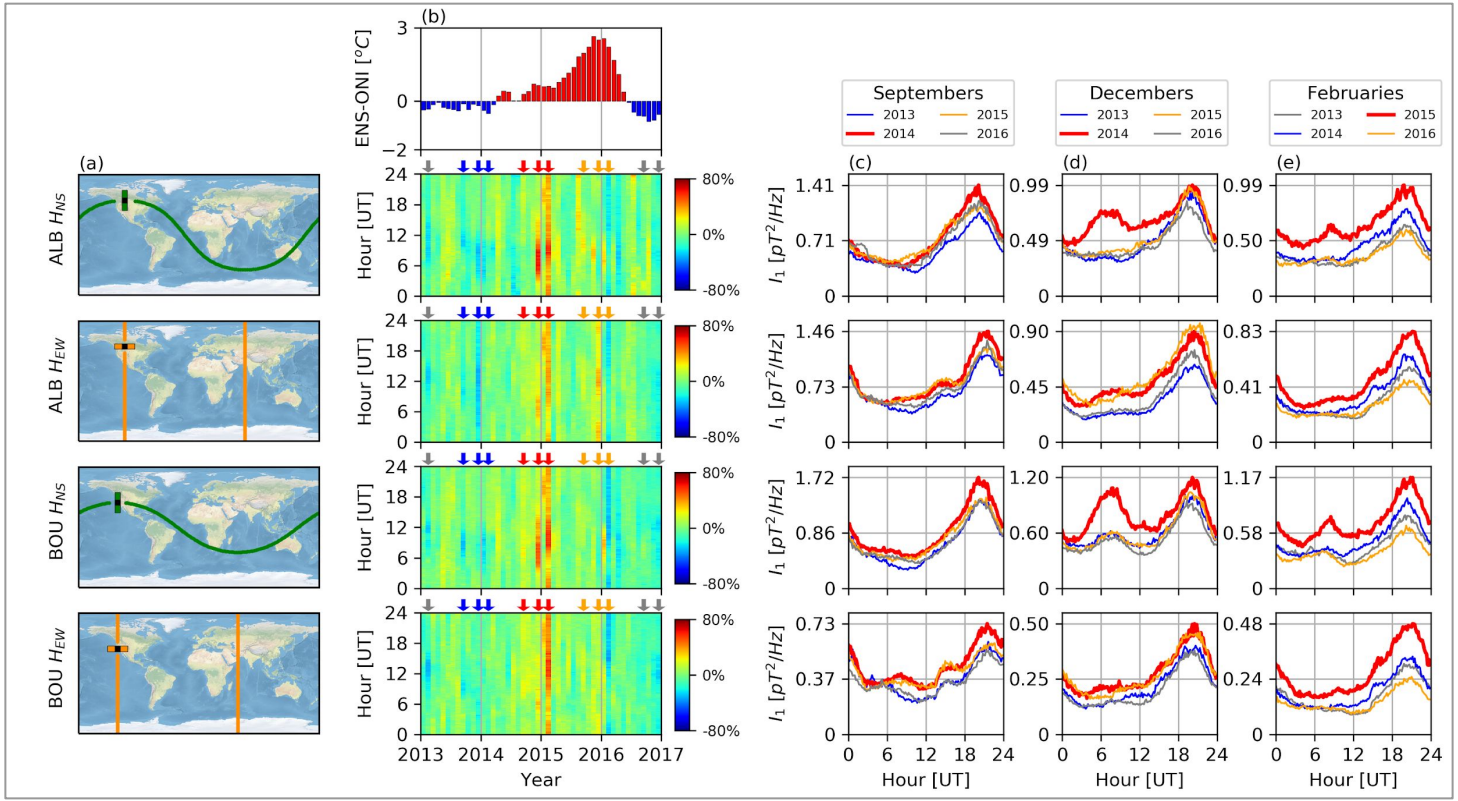


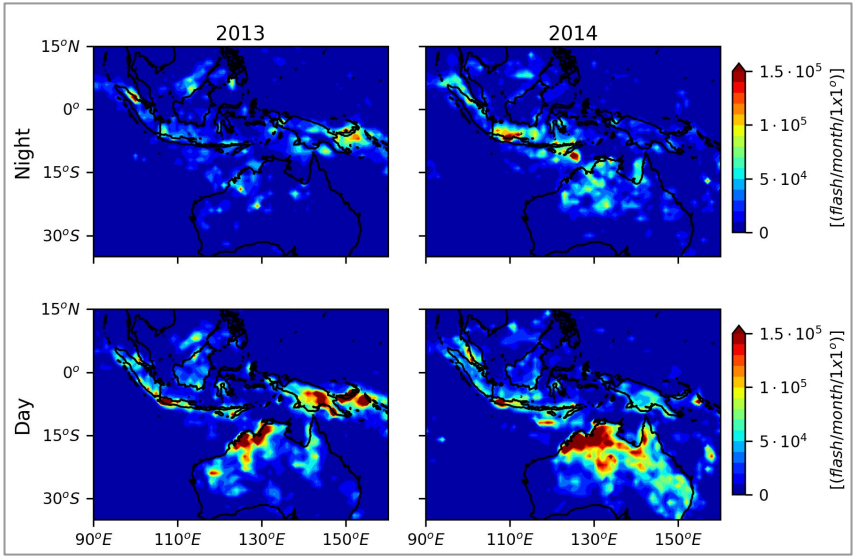


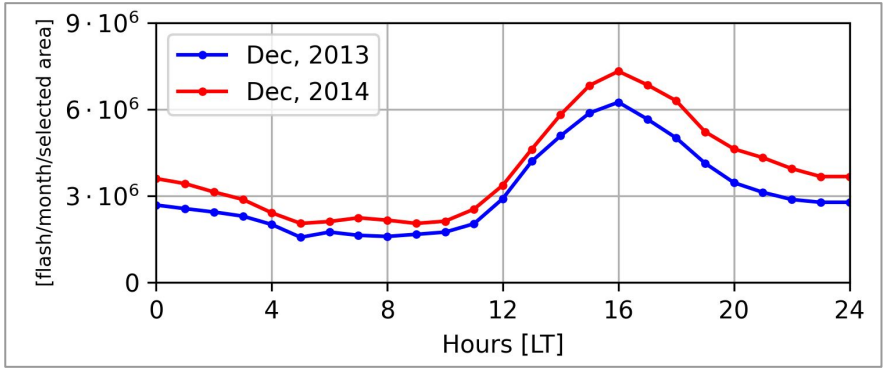

- A globális zivatartevékenység alapvetően **három szárazföldi, egyenlítői régió**ra koncentrálódik (Afrika, Amerika, Ázsia).
- A zivatartevékenység legaktívabb időszaka helyi időben délután van, így a három nagy egyenlítői „kéményrégió” aktiválódása **világidőben elkülönül**.

# 2015/16 „szuper” El Niño esemény



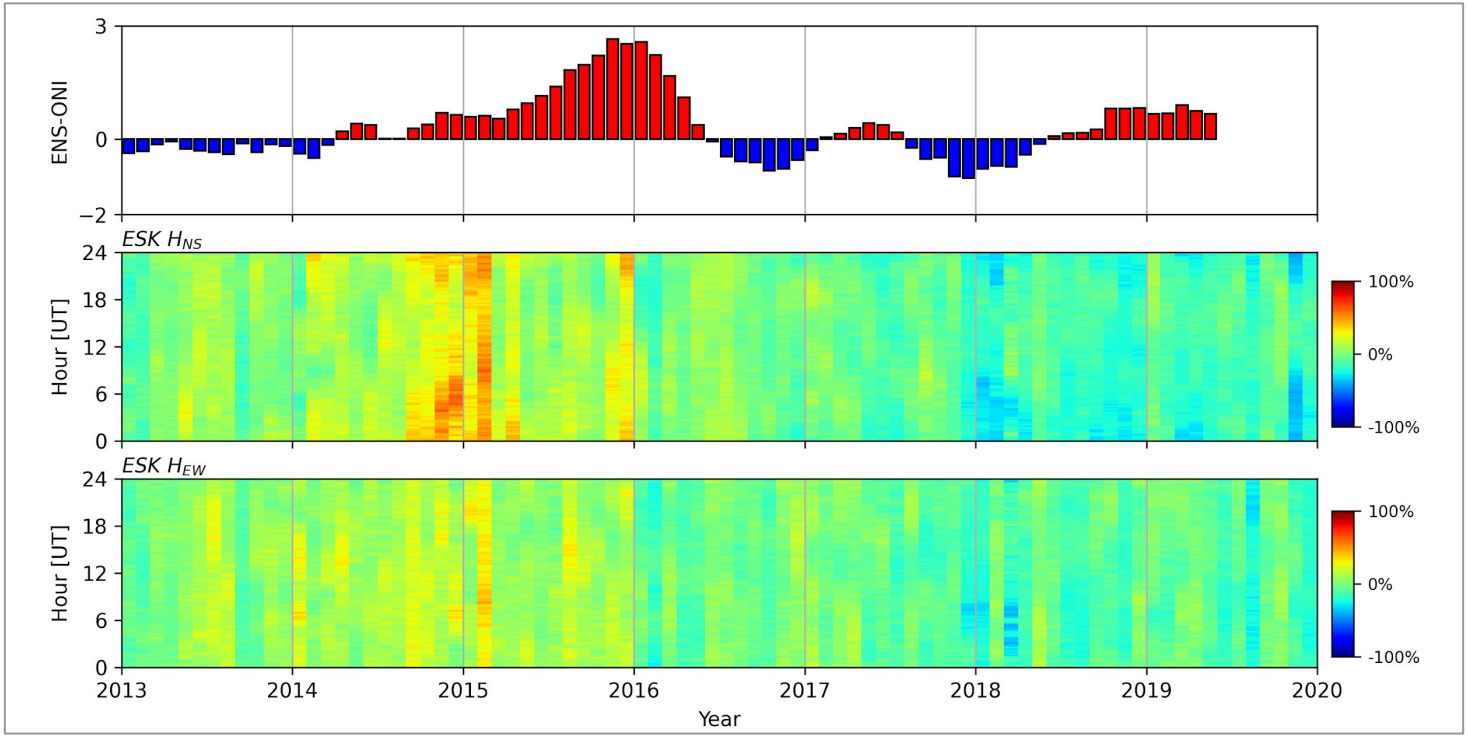
# 2015/16 „szuper” El Niño esemény




A WWLLN hálózat átlagosan ~**25%-os növekedés**t észlelt a villámok számában 2013 és 2014 Decembere között.

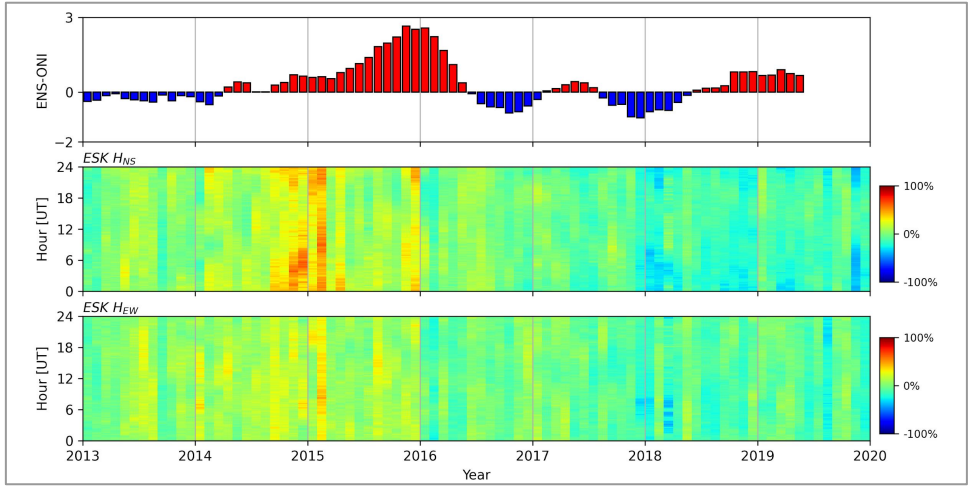
# „Szuper” El Niño események előrejelzése?

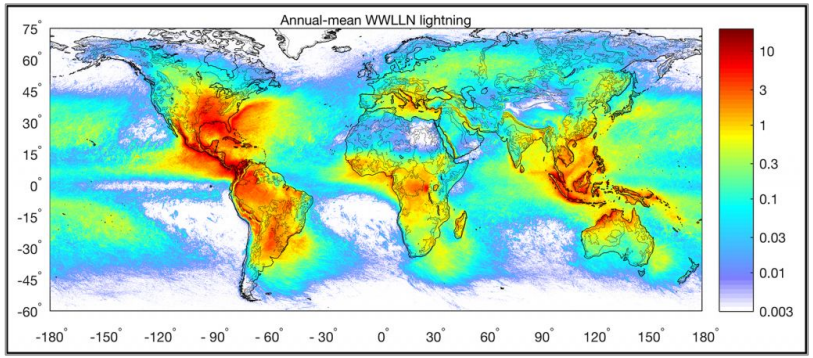



Hosszabb időskálán is egyedi SR intenzitásnövekedés **az átmeneti időszakban**.

# Összefoglaló

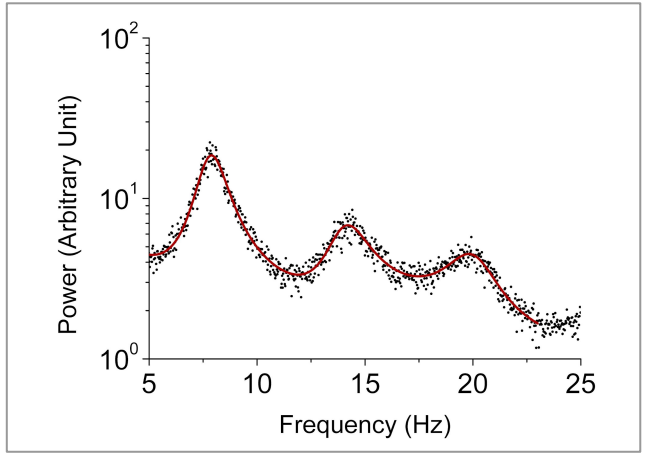
- ➢ Globális zivatartevékenység invertálása
- ➢ ENSO vizsgálata



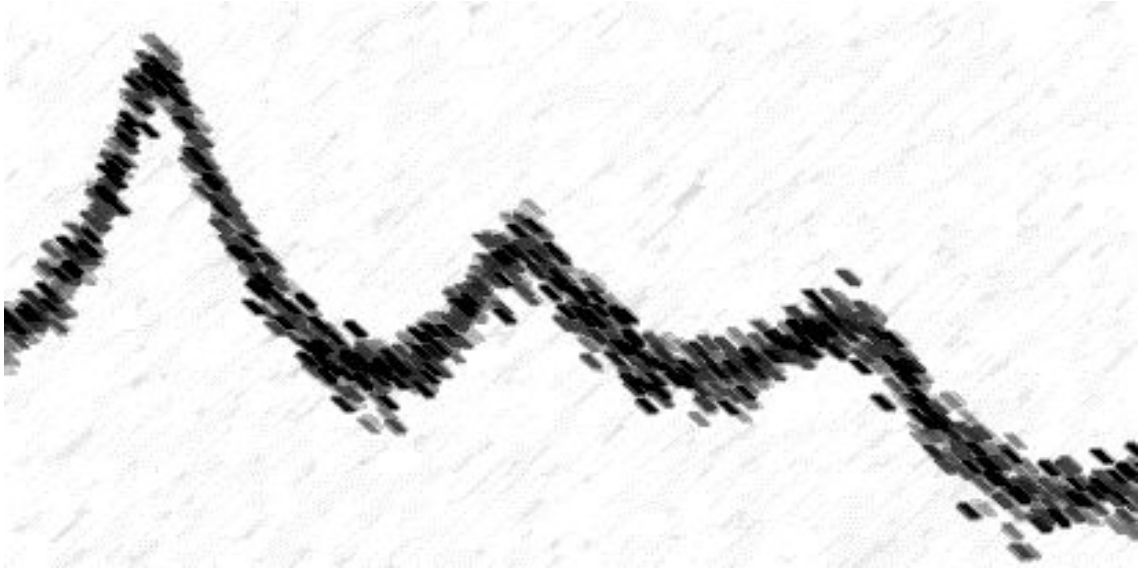




**Előre modellezés**

**Inverz modellezés**



# Köszönöm szépen a figyelmet!

*Kiemelt köszönet*:
Dr. Sátori Gabriella
(témavezető)

*Kapcsolat*:
bozoki.tamas@epss.hu