Az ionoszféra kutatás legújabb lehetőségei és eredményei az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézetében

Barta Veronika, Berényi Kitti, Kis Árpád, Wesztergom Viktor

Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet

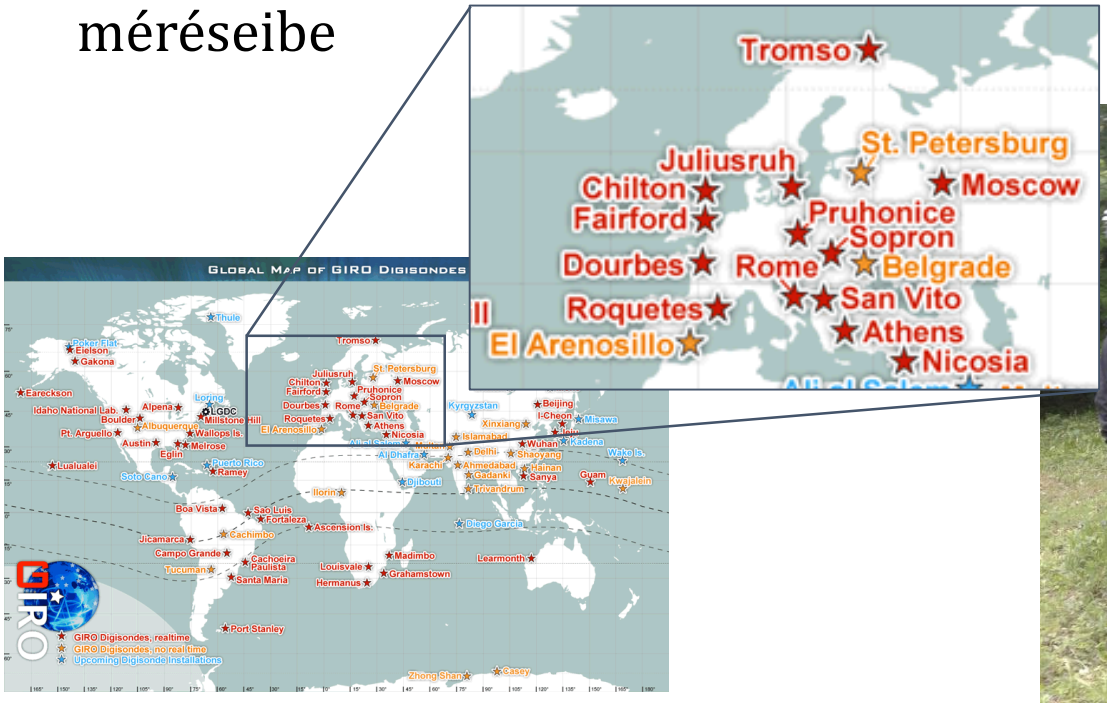
2019. 05. 15.

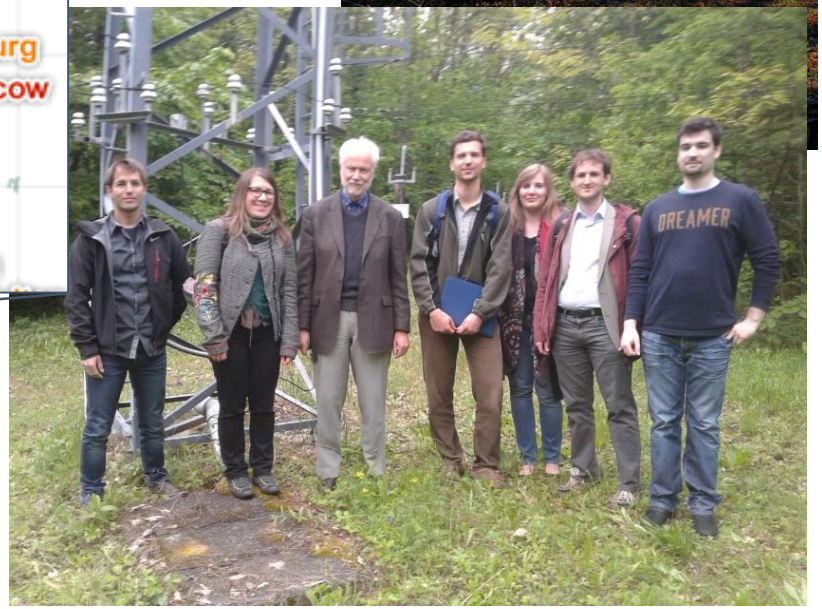
www.eotvos100.hu

DPS4D digiszonda (ionoszféra radar)

Digiszonda telepítése és üzembe helyezése az MTA CSFK Konkoly Obszervatórium GINOP-2.3.2-15 „Kozmikus hatások és kockázatok” projektjének keretében:

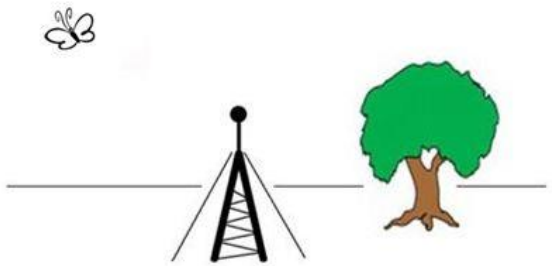
- Csatlakozás a legnagyobb ionoszférikus radarhálózathoz (Global Ionospheric Radio Observatory - GIRO)
- Bekapcsolódás a Tech-TIDE H2020-as projekt méréseibe

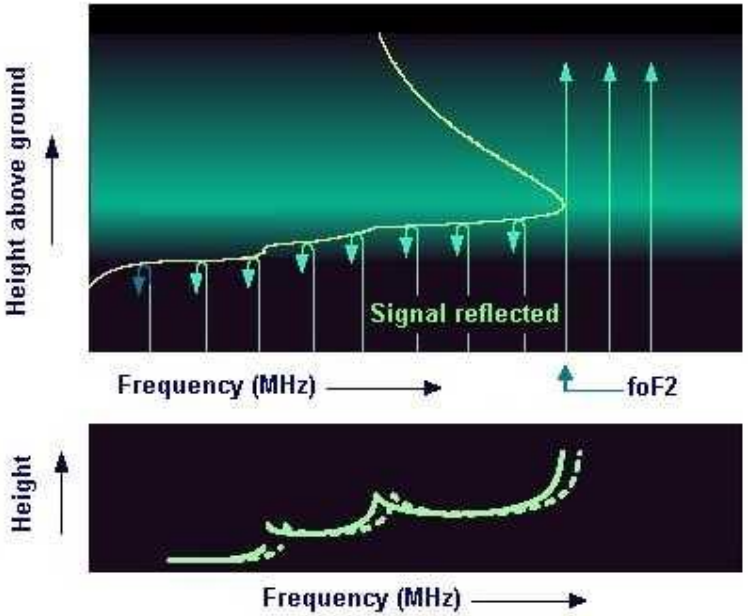




Ionoszféra szondázás

Ionosphere





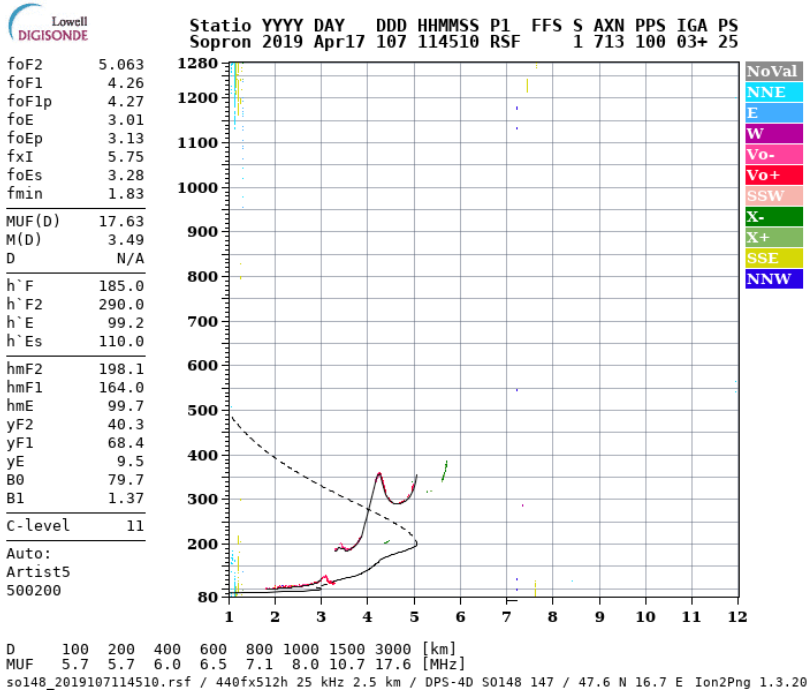
<u>Mérés lényege:</u> az ionoszféra egyes rétegeinek elektronsűrűsége a magasság függvényében

<u>Módszer:</u>

- Rövid idejű rádió impulzusok kibocsátása 1 és 16 MHz között
- Visszaverődés: $\omega_{pl} = \omega_{EM}$

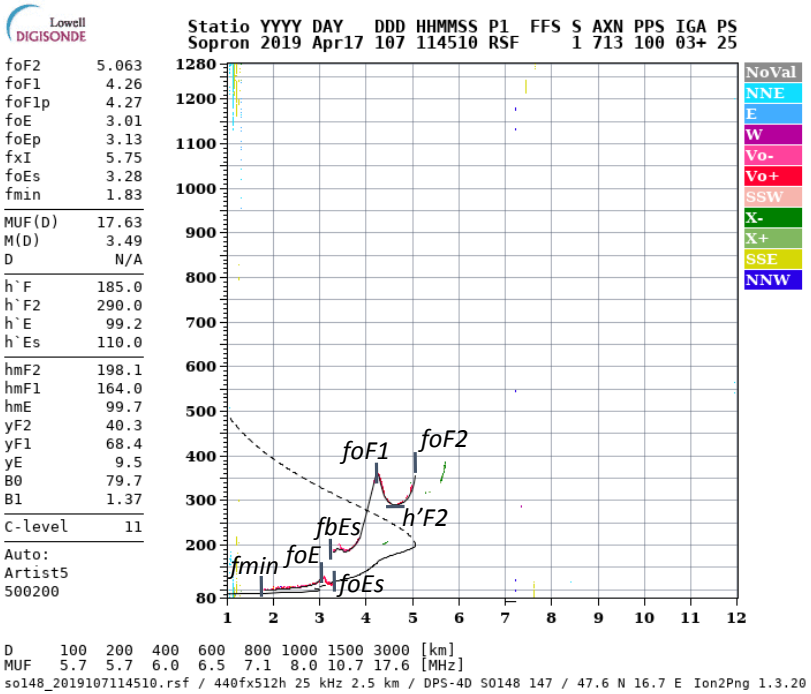
$$\omega_{pe} = \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{m^*}},$$

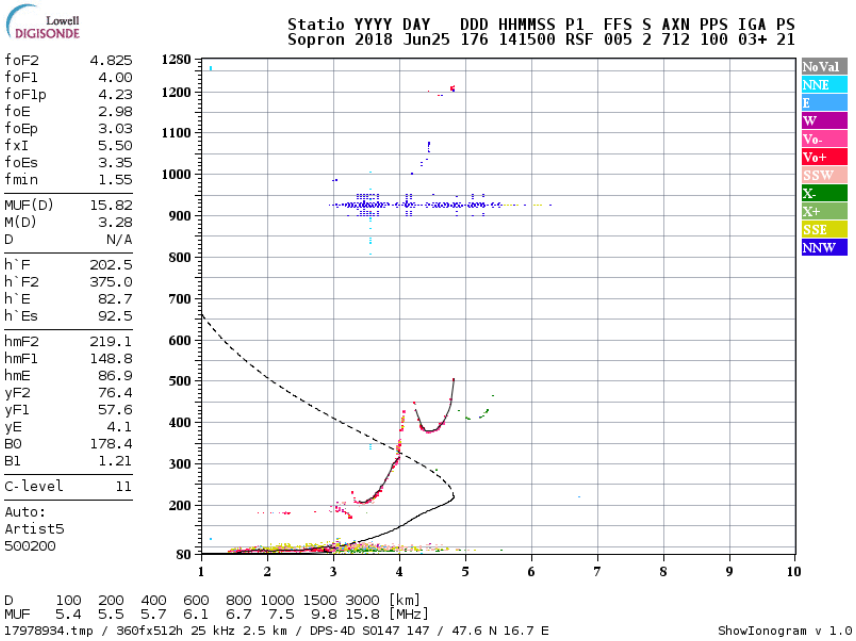
- Ionogram: ω_{pl} (n_e) a magasság (h) függvényében
- Rétegek: csúcs plazmafrekvenciája, magassága



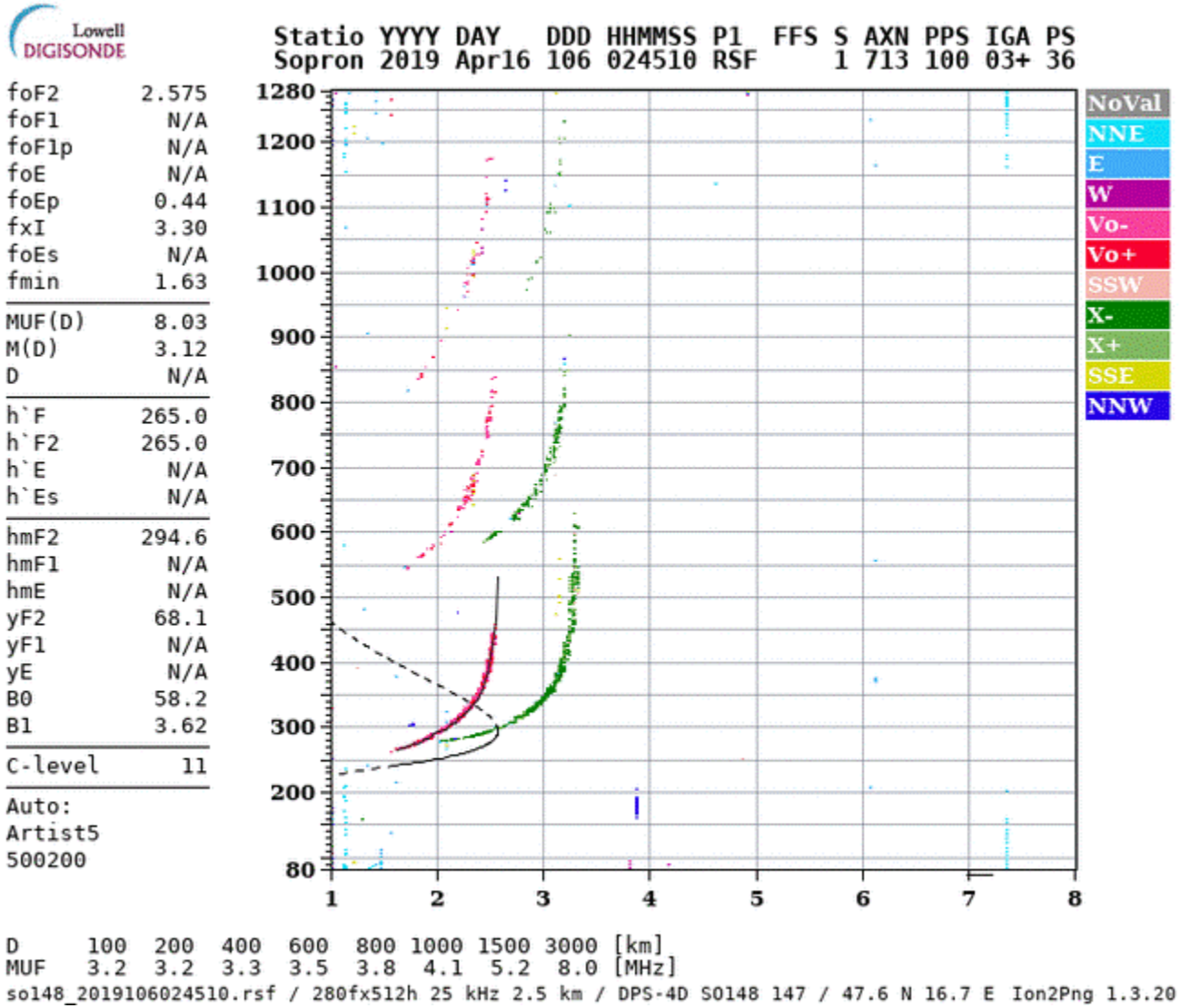
Ionogram

- **Paraméterek**: rétegek kritikus frekvenciája és látszólagos magassága:
  - a virtuális magasságok karakterisztikus értékeinek jelölése: ***h'E, h'Es, h'F, h'F2***.
  - az E-, F1-, F2- rétegekhez tartozó kritikus frekvenciák jelölése: ***foE, foF1, foF2***.
  - ***fmin***: a minimum frekvencia, mely az ionoszféráról az első visszaverődés frekvenciáját jelöli. Ennél kisebb frekvenciájú szondázó elektromágneses hullámok elnyelődnek az alsó ionoszférában.
  - ***foEs***: a szporadikus E-réteg (Es-réteg) kritikus frekvenciája: A háttér elektronsűrűségébe beágyazódott, környe-zetüknél nagyobb elektronsűrűségű felhők maximális elektronsűrűségét mutatja.
  - ***fbEs***: az ún. takaró (blanketing) frekvencia. A réteg háttér elektronsűrűségét jelzi.
- **Elektronsűrűség profil**
- **Színek**: beérkező jel irányát jelzik





Nagycenken észlelt ionogramok 2019 április 16-án 02:45 és 13:00 [UTC] között

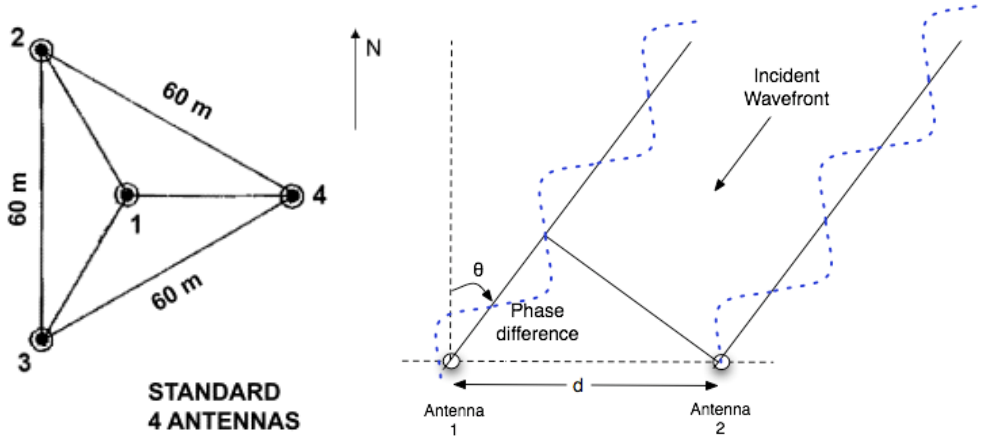


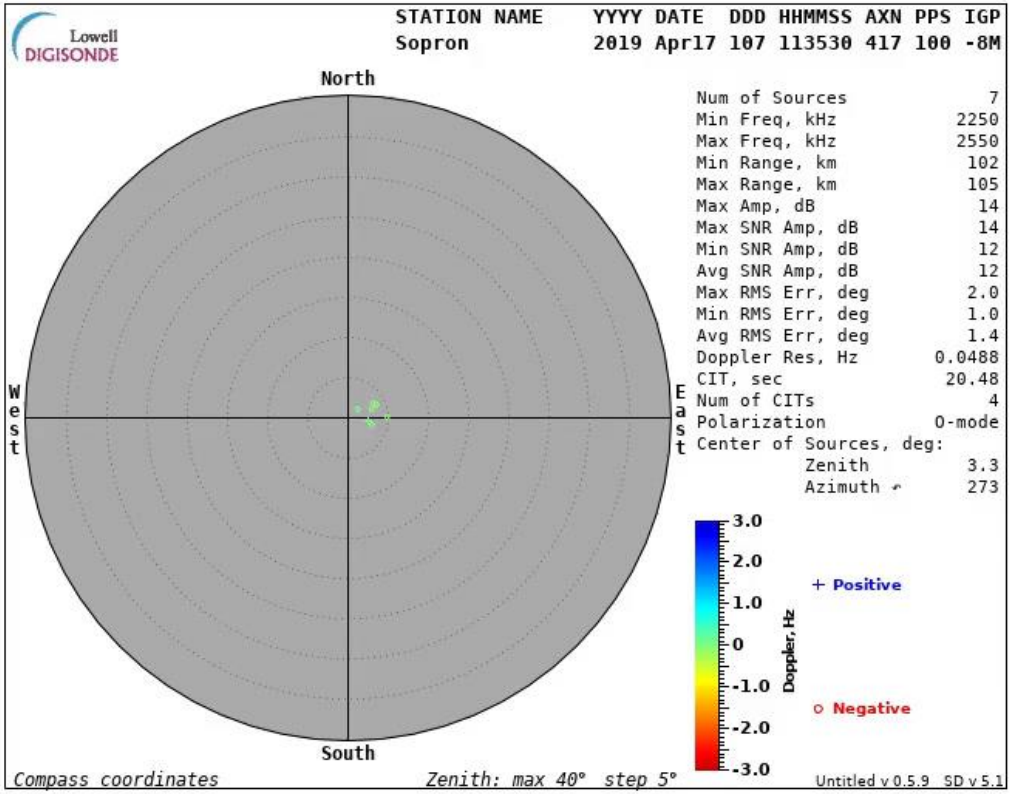
https://iono.nck.ggki.hu/ionogif/history.html

Plazma mozgásának monitorozása

- **Drift mérés**: egy adott frekvencián szondázunk többször, hosszabb ideig
  - 128 minta/ismétlés, ~ 40 sec
  - E-réteg: 2200 kHz (csak nappal)
  - F-réteg:
    4800 kHz nappal
    2200 kHz éjszaka
- **Skymap**: 2019 április 17., 11:35 - 14:35 [UTC], E réteg

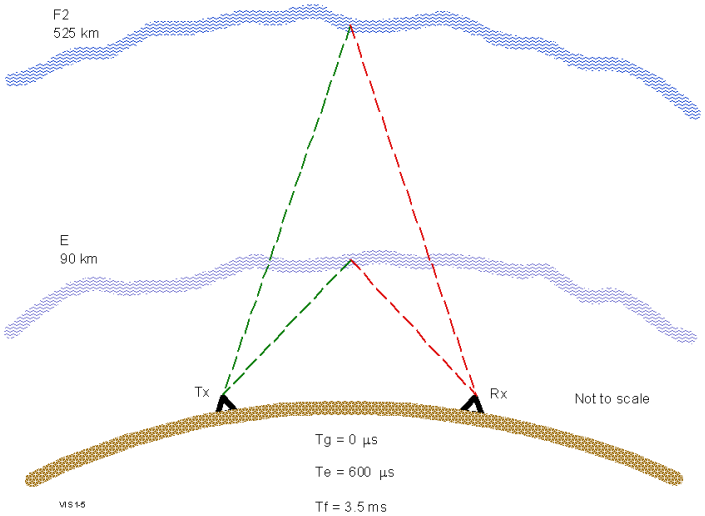
https://iono.nck.ggki.hu/skygif/history.html

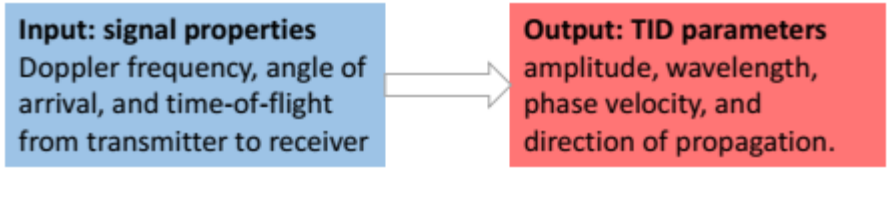


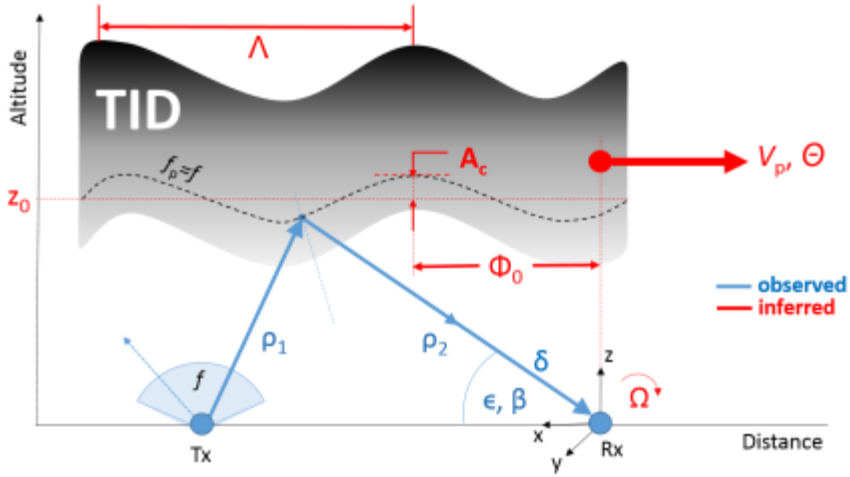


Drift mérés 2 digiszonda között: D2D mérés

TID-ek (Traveling Ionospheric Disturbances) észlelése Tech-TIDE H2020 projekt, bilaterális együttműködés a prágai Institute of Atmospheric Physics (ASCR) kutatóival

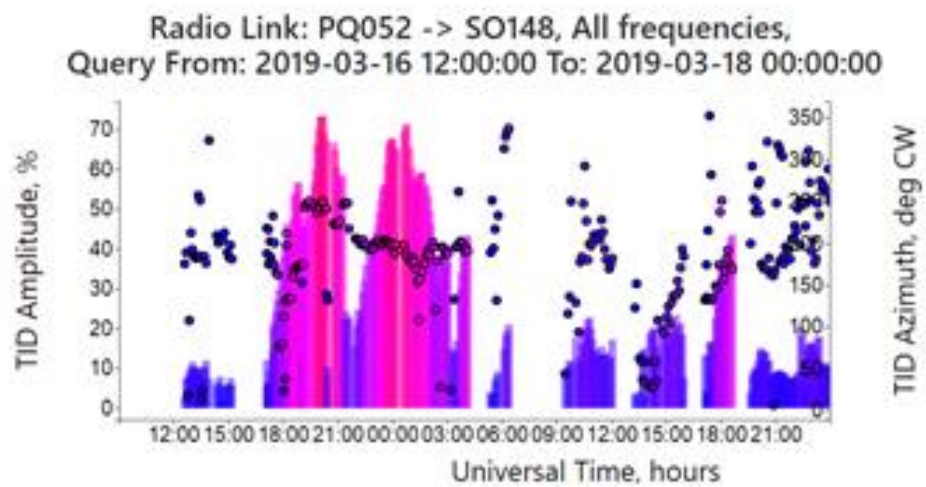






Példa: Kp 5 geomágneses vihar, 2019 március 16-17.,
D2D Pruhonice - Sopron

		Ap	00-03h	03-06h	06-09h	09-12h	12-15h	15-18h	18-21h	21-00h	Kp max
11	2019/03/16	12	1-	1+	2-	3	2+	3-	2+	5-	5-
6	2019/03/17	15	5-	4	4	3-	2-	2	1-	0+	5-

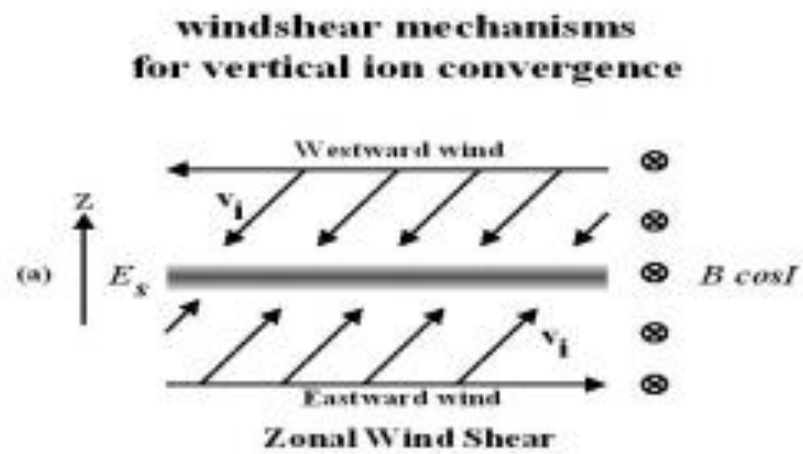


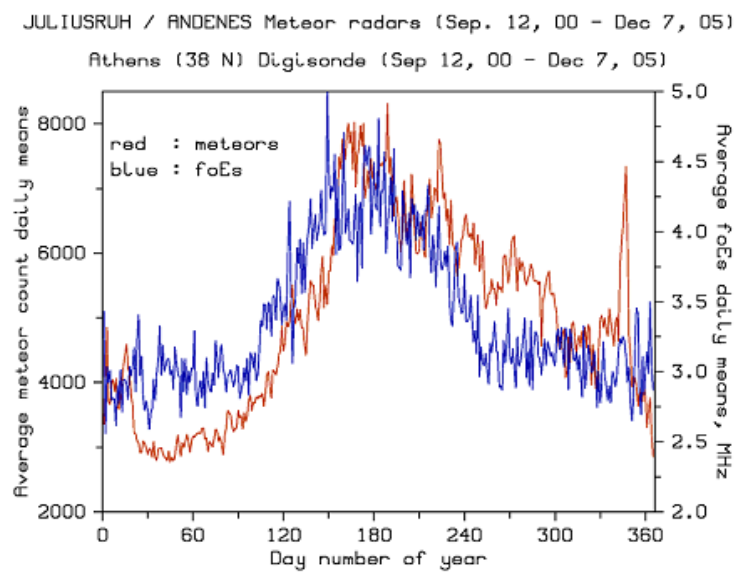
Meteorok ionoszférára gyakorolt hatása

I. Meteorrajok szporadikus E (Es) rétegre gyakorolt hatásának vizsgálata

- Es réteg: meteorokból származó fém ionok egy vékony réteget képeznek az alsó termoszférában (90-150 km) a semleges légkörben terjedő hullámok szél nyírásának köszönhetően
- Összehangolt mérések más digiszondákkal meteorzáporok idején (Perseidák, Geminidák, Quadrantidák) → együttműködés cseh (Pruhonice), belga (Dourbes) és német (Juliusruh) kollégákkal

II. Egyes meteorok nyomvonalának (ionizációs csatornájának) detektálása a megnövekedett plazmafrekvencia észlelésén keresztül → összevetés optikai adatokkal

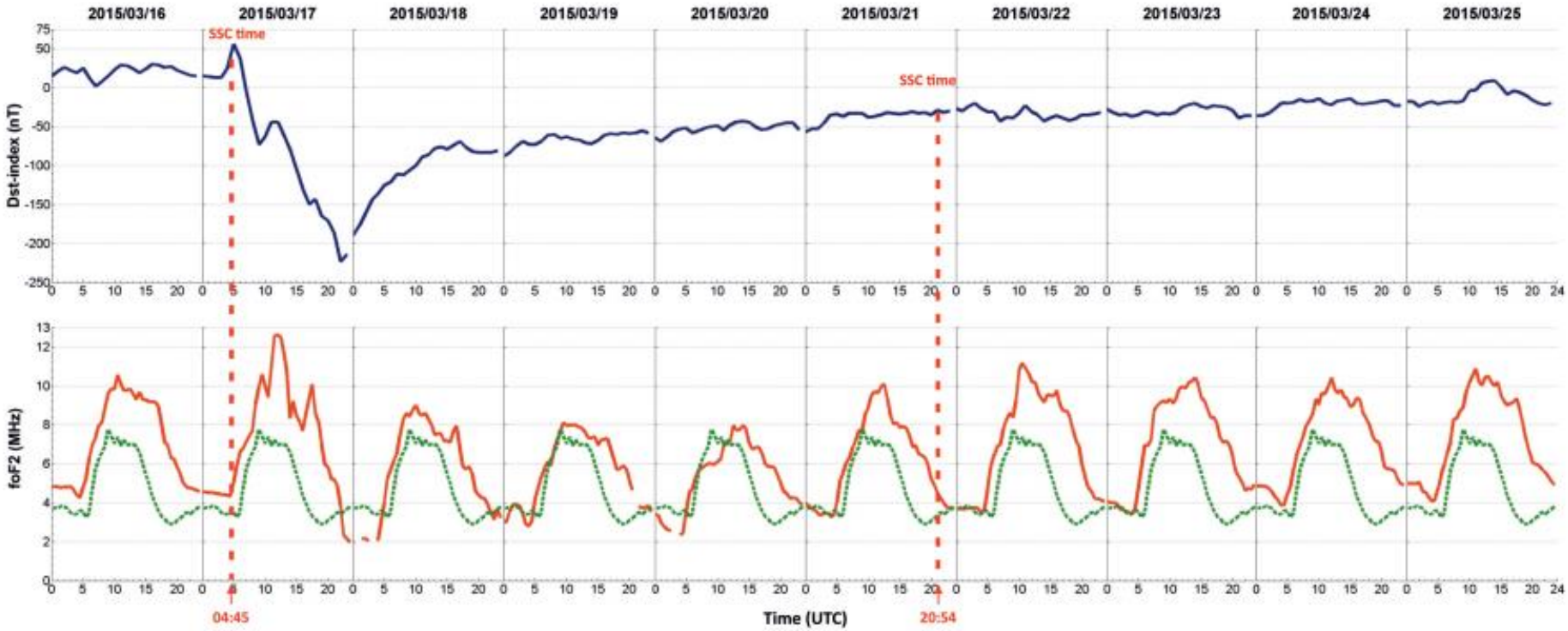




Haldoupis, C., 2011. A Tutorial Review on Sporadic E Layers,, IAGA Special Sopron Book Series. Springer, Berlin; Haldoupis et al. JGR, VOL. 112, A06315, 2007

Geomágneses vihar hatása az ionoszférára

- **Szt. Patrik geomágneses vihar hatása**: 2015. március 17.
  - CME generált geomágneses vihar
  - Ún. „Pozitív” ionoszféra vihar (nyugodt napi átlagnál nagyobb elektronsűrűség)



Berényi, K. A., Barta V., Kis A. (2018) Midlatitude ionospheric F2-layer response to eruptive solar events-caused geomagnetic disturbances over Hungary during the maximum of #24 solar cycle: a case study, Advances in Space Research, 61, 5, 1230-1243

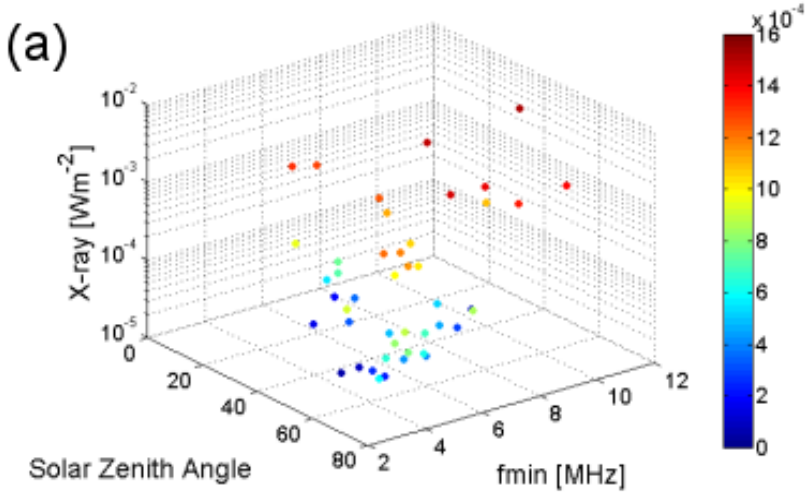
Flerek ionoszférára gyakorolt hatása

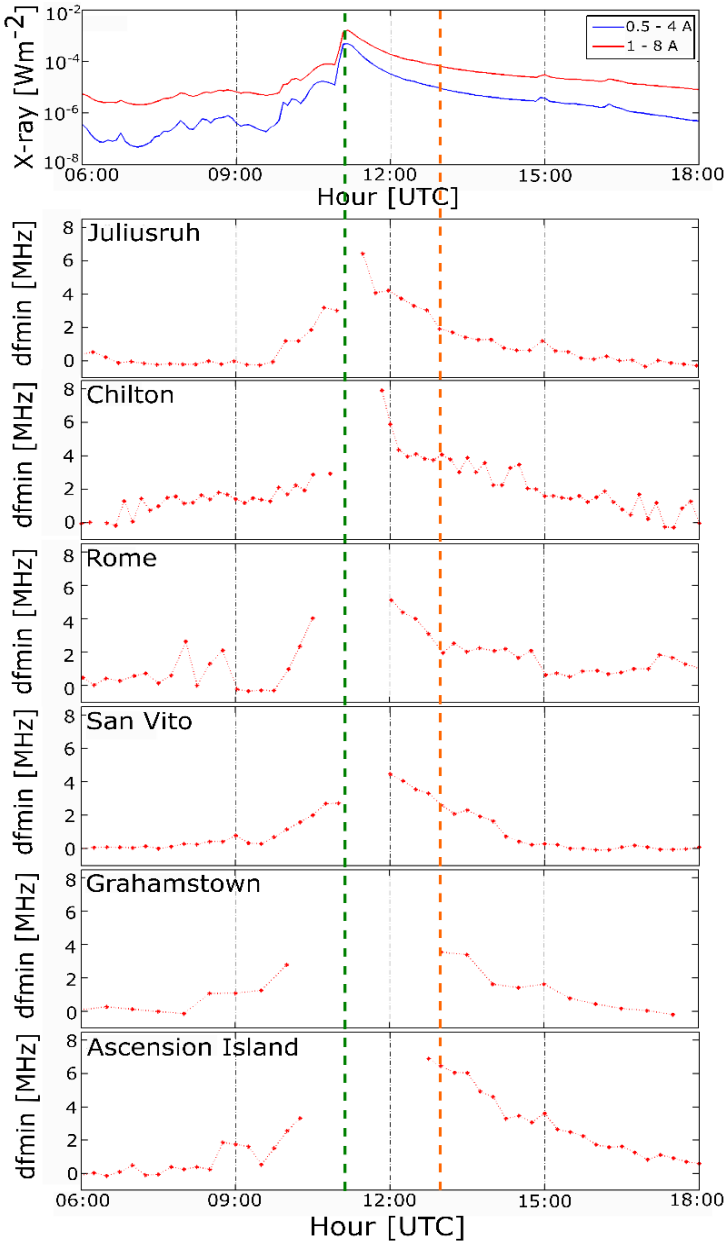
Nyolc X és M típusú fler ionoszférikus abszorpcióra gyakorolt hatásának vizsgálata

Pl.: 2003. 10. 28. (Halloween vihar):

- Rádióhullámok teljes elnyelődése: kisebb zenitszög esetén hosszabb ideig tart
- **fmin** paraméter (ionoszférikus abszorpció indikátora): az elnyelődés előtt és után fmin értéke megnő (megnövekedett abszorpció)

fmin értéke függ a fler erősségétől és az állomás zenitszögétől:





Barta, V., Sátori G., Berényi, K. A., Kis, Á., Investigation of the ionospheric absorption response to flare events during the solar cycle 23 as seen by European and South African ionosondes, Annales Geophysicae (ANGEO), https://doi.org/10.5194/angeo-2019-14 (under review)

Köszönöm a figyelmet!

www.eotvos100.hu