

HF

Radiokeleleistä

OH1AJ:n kerhoillassa 28.5.2024

Kannattaa lukea mm

- Radio Waves and the Ionosphere – ARRL
 - <https://www.arrl.org/files/file/Technology/pdf/119962.pdf>
 - G3YWX
- SOLAR ACTIVITY & HF PROPAGATION
 - <https://qrparci.org/resource/FDIM81.pdf>
 - NA5N
- HF Signal Propagation, N0CU
 - https://www.na0tc.org/lib/exe/fetch.php?media=technical:hf_prop.pdf
- Ionosphere, Wikipedia

Lukuohje

- Esityksessä on useita esimerkkejä radiokelien indikaattoreista. Klikkaamalla kuvaa pääset kyseisen indikaattorin tämän hetken arvoon verkossa.

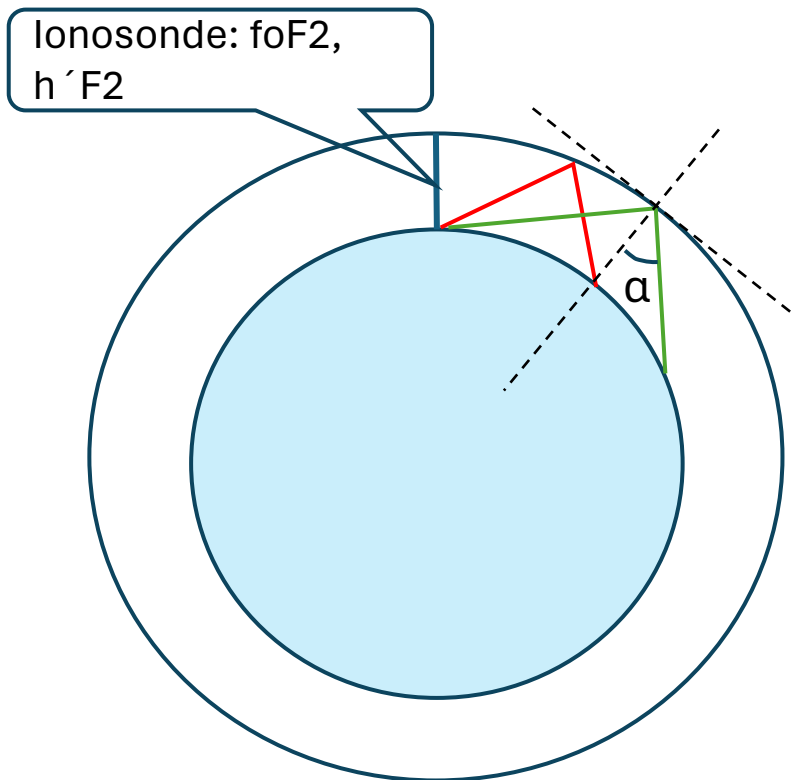
Ionisaatio ja refraktio

- Ioni on sähköisesti varautunut atomi. Siltä puuttuu tai on liikaa elektroneja neutraaliin tilaan verrattuna.
- Ionisatio tapahtuu kaasu muodossa olevan aineen saadessa voimakasta säteilyä tai partikkelin törmäyksen.
- Ionosfäärissä vaikuttaava säteily on pääasiassa auringon ultravioletti ja röntgen säteilyä sekä törmäykset aurinkotuulen protonivirtaa. Ne vapauttavat kaasun atomeista elektroneja, (muuttavat kaasun plasmaksi).

...Ionisaatio ja refraktio

- Radioaaltojen etenemisnopeus hidastuu väliaineessa, jossa on elektroneja. Tällöin tapahtuu aallon etenemisessä suunnan muutos, refraktio. Suuri elektronitiheys saa aikaan heijastuksen.
- F-kerroksessa tapahtuu itse asiassa kaksois-refraktio, koska kerros ei ole homogeeninen, elektronitiheys ja sen mukana radioaallon etenemisnopeus muuttuu korkeuden funktiona. Tällöin syntyy kaksois-refraktio, josta enemmän myöhemmin.
- Vapaat elektronit värähtelevät radiosignaalin taajuudella. Amplitudi kasvaa taajuuden pienentyessä. Tiheässä aineessa värähtely voi olla niin laajaa, että elektronit törmäävät viereisiin atomeihin, josta seuraa energian menetystä. Vaimennusta ja kohinaa. Tämä on tyypillistä erityisesti D-kerroksessa.

Refraktion kulma α vaikuttaa MUF:iin



$$MUF = f_oF2 / \cos \alpha$$

Maximum Usable Frequency = MUF

Esimerkki:

$f_oF2 = 7.5\text{MHz}$, $h'F2 = 220\text{km}$

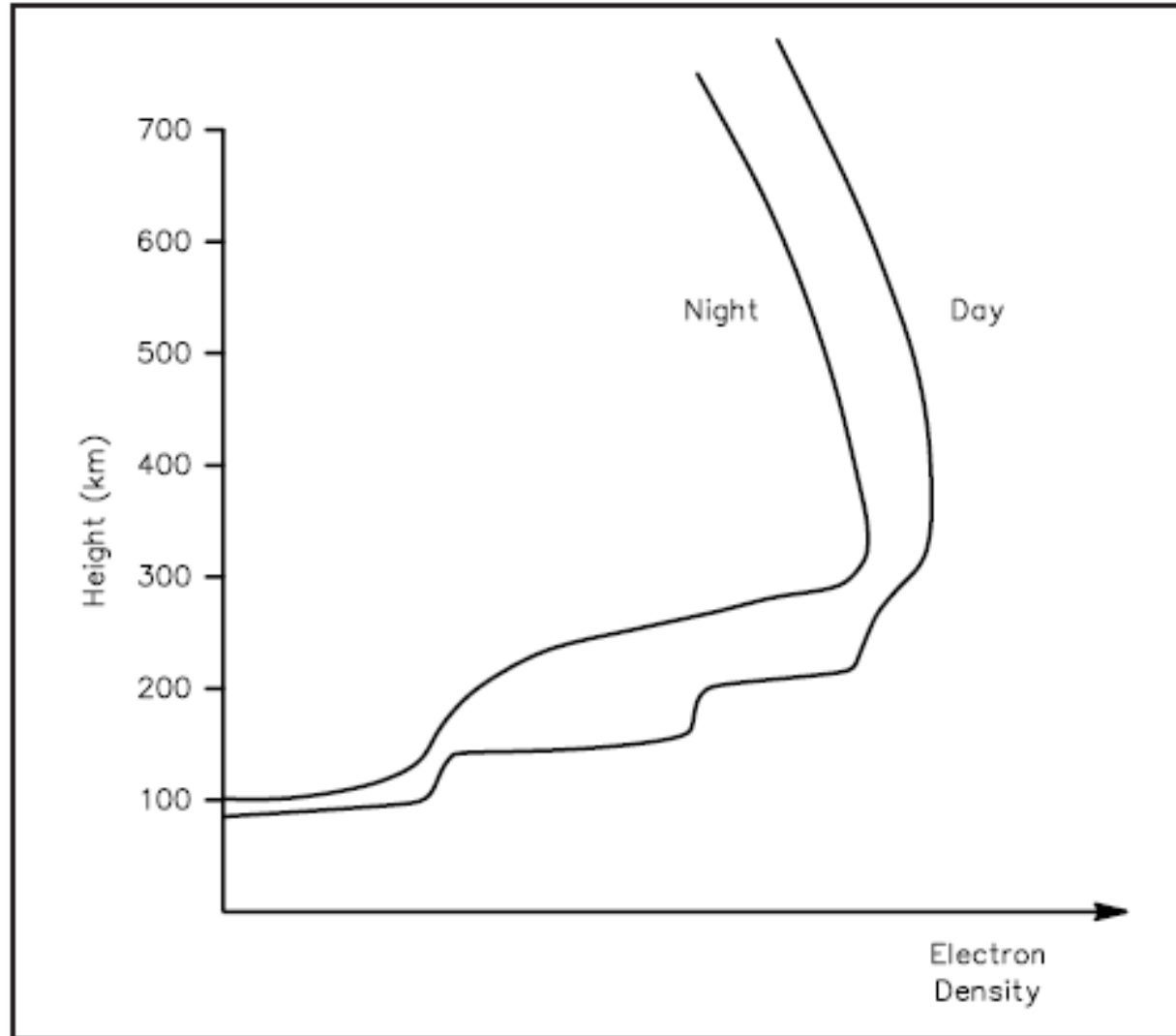
- MUF 0km = 7.5MHz
- MUF 1000km = 17.3MHz
- MUF 1500km = 22.5MHz
- MUF 2000km = 26.1MHz
- MUF 3000km = 29.1MHz
- Muutkin tekijät vaikuttavat. Em taajuuksista voi vähentää 10-20% ja ollaan käytännön arvoissa

MUF riippuu etäisyydestä, laskee lähemmäksi tultaessa

Laskettu: TOA MUF calculator.xls

<https://oh1tv.fi/myprojects.html> projekti 26

Elektronitiheys eri korkeuksissa ionosfäärissä

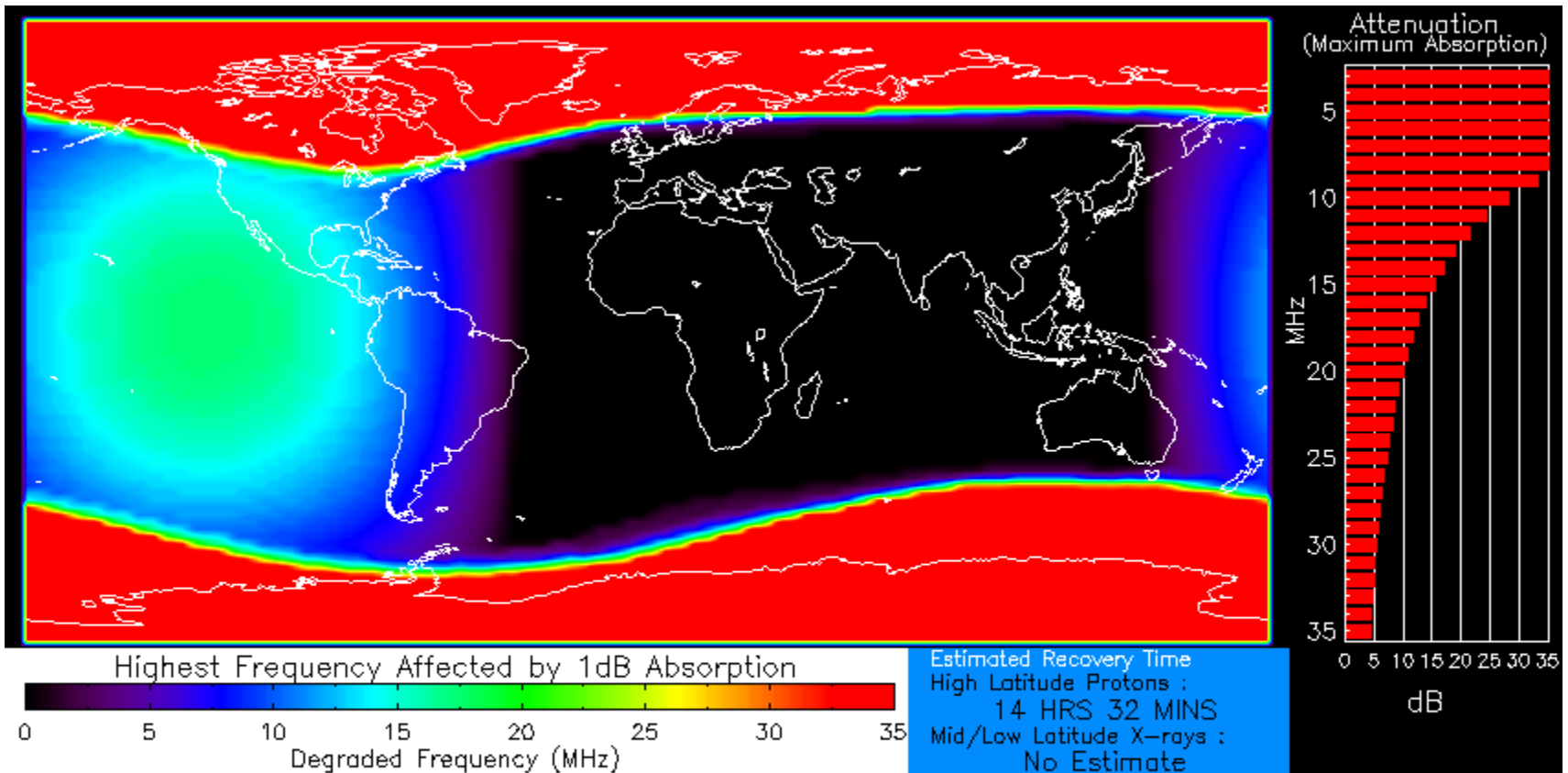


D-kerros

- D-kerros on alin ionisoituvista kerroksista, 50-80km korkeudessa
- Kaasun tiheys tällä korkeudella on vielä melko suuri, molekyylit ovat lähellä toisiaan. Rekombinaatio on nopeaa. Kerros syntyy auringon noustessa ja häviää auringon laskiessa
- Aurinkotuulen mukanaan tuomat protonit voivat myös irrottaa elektroneja.
- Matalilla HF-taajuuksilla vapaat elektronit värähtelevät niin laajasti, että törmäävät muihin molekyyliin. Törmäyksissä ne menettävät energiaansa ja sen sijaan, että toimisivat heijastimina, muuttuvat vaimentimiksi. Vaimennus dB:ssä on noin 2.8-kertainen, kun taajuus puolittuu.
- Korkeilla HF-taajuuksilla ko törmäilyt ovat vähäisiä ja ko vaimennus pientä. Toisaalta elektronitiheys on niin pieni, että radioaallot eivät heijastu vaan menevät läpi.

D-kerroksen vaimennus, NOAA:n kartat

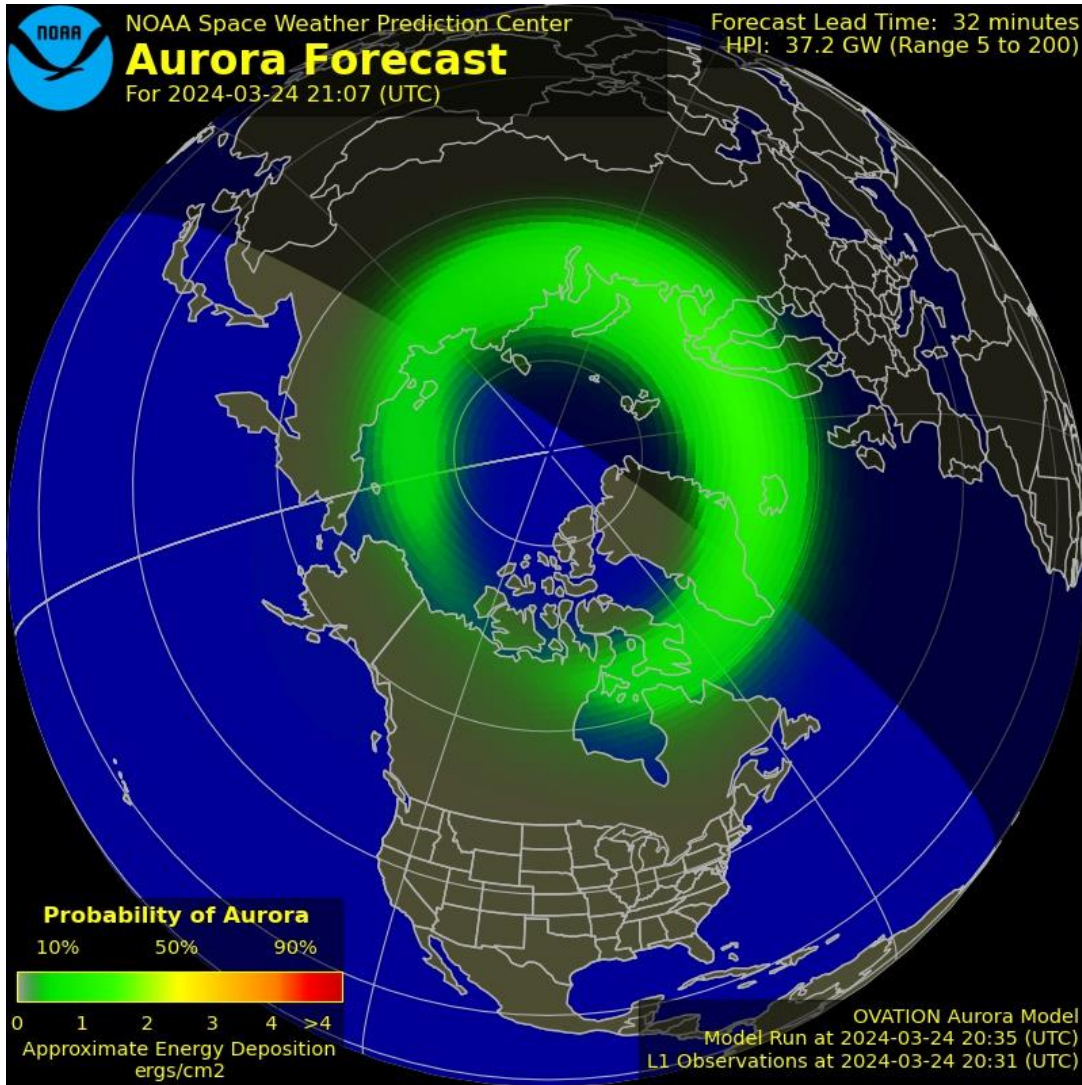
Perustuu GOES-satelliitin havaintoihin ja mallinnukseen



Elevated X-ray flux
Product Valid At : 2024-03-24 20:28 UTC

Minor Proton Flux
NOAA/SWPC Boulder, CO USA

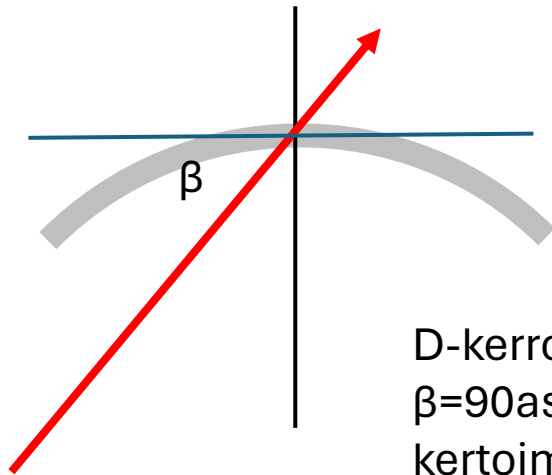
Näkyvän Auroran ennuste ja D-kerroksen vaimennus



Näkyvä Aurora on epäsuora indikaattori. Se ei kuvaa varsinaisesti D-kerroksen vaimennusta eikä sen maantieteellistä sijoittumista.

Paremmiin vaikutuksiin näkee edellisen sivun D-kerroksen vaimennuskartoista.

D-kerroksen vaimennus vinossa läpäisyssä



D-kerroksen vaimennukset ilmoitetaan vertikaalisena eli $\beta=90$ ast. Vinossa läpäisyssä vaimennus kasvaa dB:issä kertoimella $1/\sin \beta$ kohtauskulman β funktiona.

Kulma β /ast	Vinouskerroin
90	1.0
60	1.15
30	2.0
15	3.86
10	5.76

Vrt 80m päiväkelit!

Jos pystysuoraan -6dB niin 30asteen kulmalla -12dB,
15asteella -23dB.

D-kerrokseen liittyen:

Estimated Planetary K index (3 hour data)

Begin: Fri, 22 Mar 2024 00:00:00 GMT



Kp-indeksi on epäsuora mittaus keleihin liittyen. Se lasketaan maan magneettikentän vaihteluista, jotka johtuvat aurinkotuulesta. Kp ei kerro vaikutusta eri taajuuksilla eikä maantieteellistä jakautumaa. Kp on vain suuntaa antava indikaattori muutoksesta!

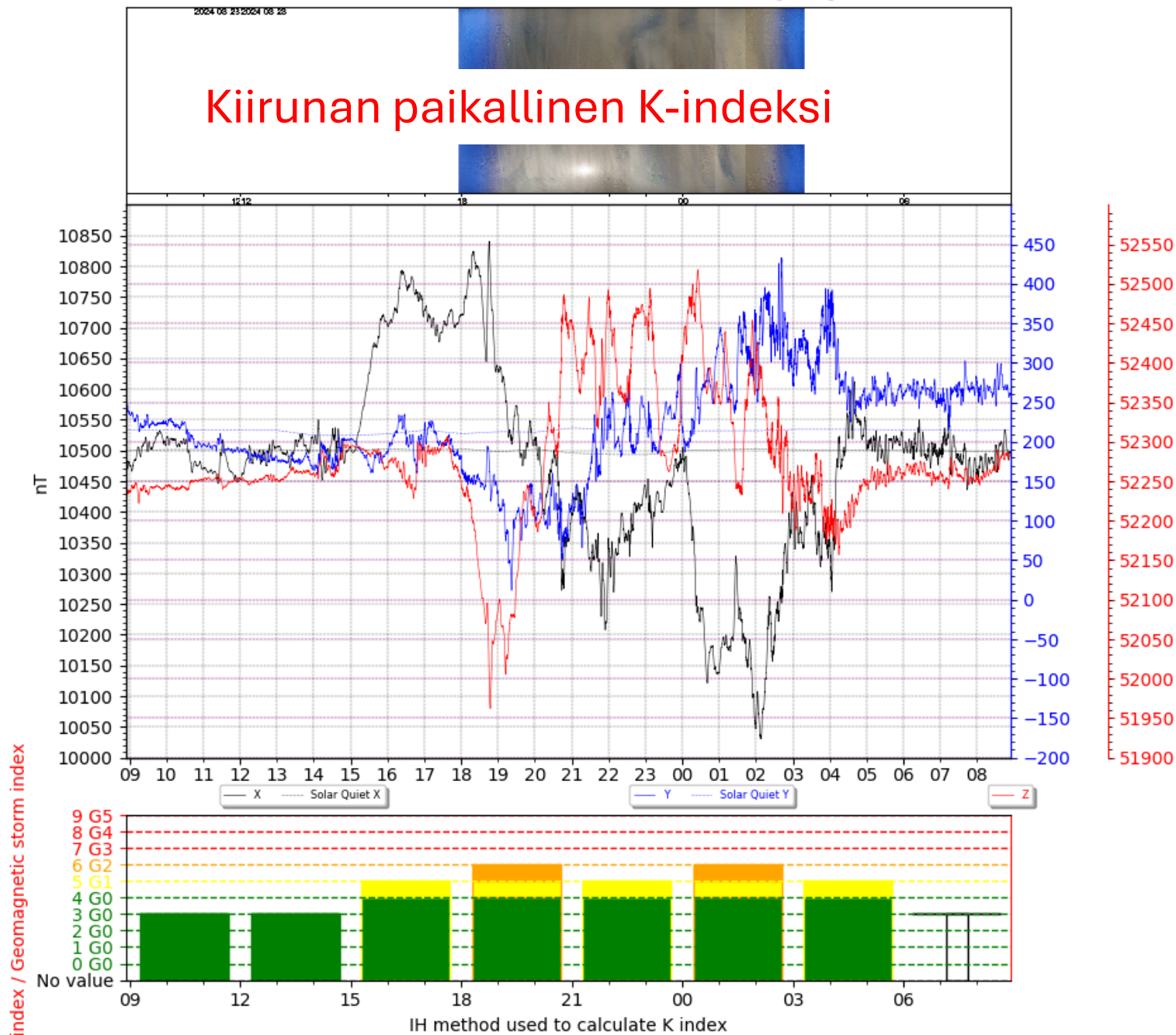
Space Weather Prediction Center

Updated Time: 2024-03-24T06:00:00.000Z

NOAA Scales Geomagnetic Storms

Kp < 5	Kp = 5 (G1)	Kp = 6 (G2)	Kp = 7 (G3)	Kp = 8, 9- (G4)	Kp = 9+ (G5)
--------	-------------	-------------	-------------	-----------------	--------------

Kiirunan paikallinen K-indeksi



E-kerros

- E-kerros on 100-125km korkeudessa
- Ilman tiheys on jo selvästi matalampi kuin D-kerroksessa. Elektronien törmäyshäviöitä on vähemmän.
- E-kerros esiintyy vain päivällä.
- Elektronitiheys voi nousta riittäväksi aiheuttamaan MUF: 40m alueelle saakka, mutta usein sitä ei ole ollenkaan havaittavissa.
-

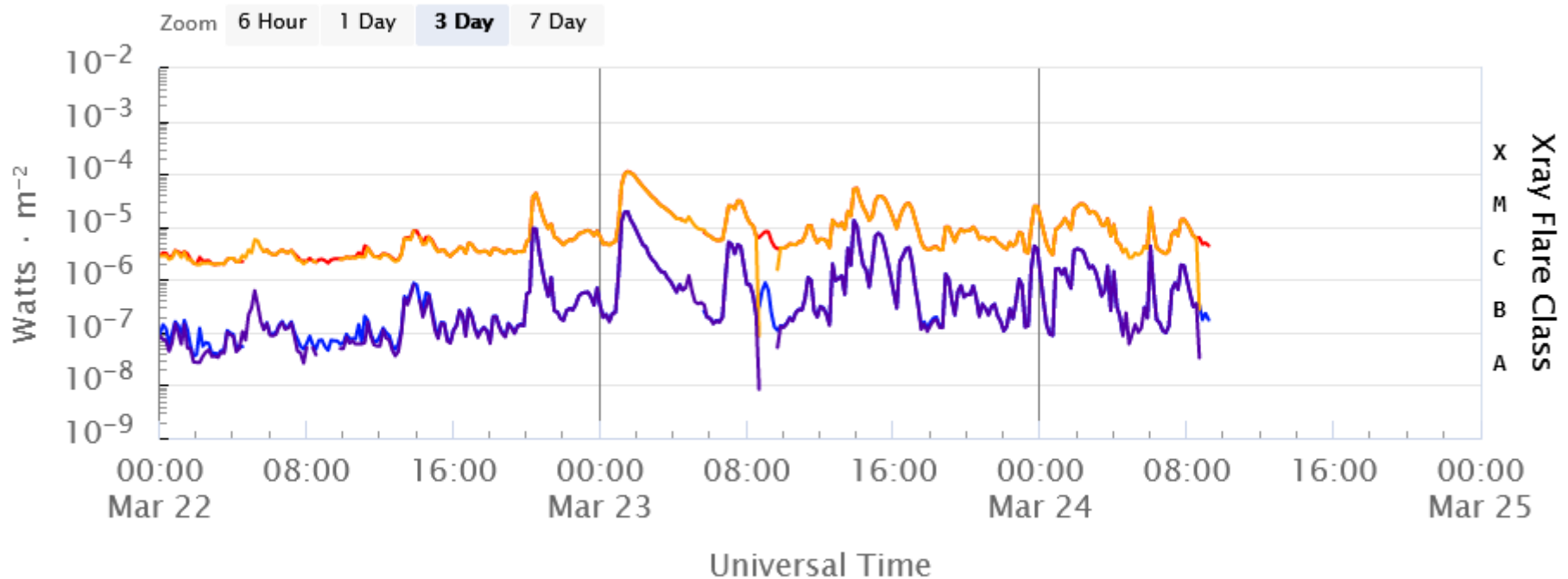
F-kerrokset

- Kesällä päivällä F1 noin 300km ja F2 noin 400km, talvella päivällä F1 noin 200km ja F2 noin 300km korkealla. Voi olla myös yksi kerros, vaihtelee.
- Yöllä vain yksi F-kerros, 250-300km korkealla
- Pääasiallinen DX-yhteyden heijastin
- Yöllä tapahtuu rekombinaatiota eli elektronitiheys laskee, MUF laskee.
- Auringon epänormaali aktiivisuus nostaa ionisaatiotasoa, elektronitiheyttä ja siten MUF:ia

Auringon röntgen säteily, NOAA

Vapauttaa elektroneja kaikissa kerroksissa

GOES X-Ray Flux (1-minute data)



— GOES-16 Long — GOES-16 Short — GOES-18 Long — GOES-18 Short

Updated 2024-03-24 09:15 UTC

Space Weather Prediction Center

Ionisaatiokerrosten havainnointi, Ionogrammit

Ionogrammi, Prohonice Tsekki



Station YYYY DAY DDD HMMSS P1 FFS S AXN PPS IGA PS
 PruHonice 2024 Mar21 081 042000 RSF 005 2 713 100 03+ 33

foF2 4.350
 foF1 N/A
 foF1p N/A
 foE N/A
 foEp 0.77
 fxI 5.10
 foEs N/A
 fmin 1.35

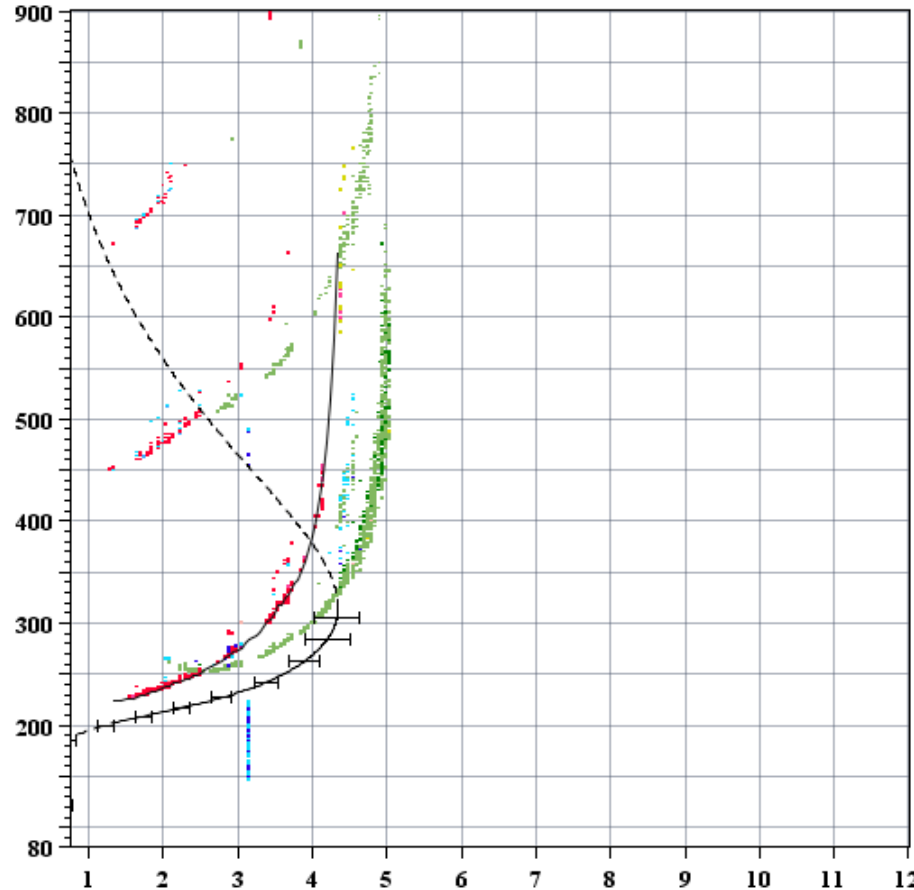
MUF(D) 12.80
 M(D) 2.94
 D N/A

h`F 225.0
 h`F2 225.0
 h`E N/A
 h`Es N/A

hmF2 314.8
 hmF1 N/A
 hmE 110.0
 yF2 115.2
 yF1 N/A
 yE 20.0
 B0 103.7
 B1 3.33

C-level 11

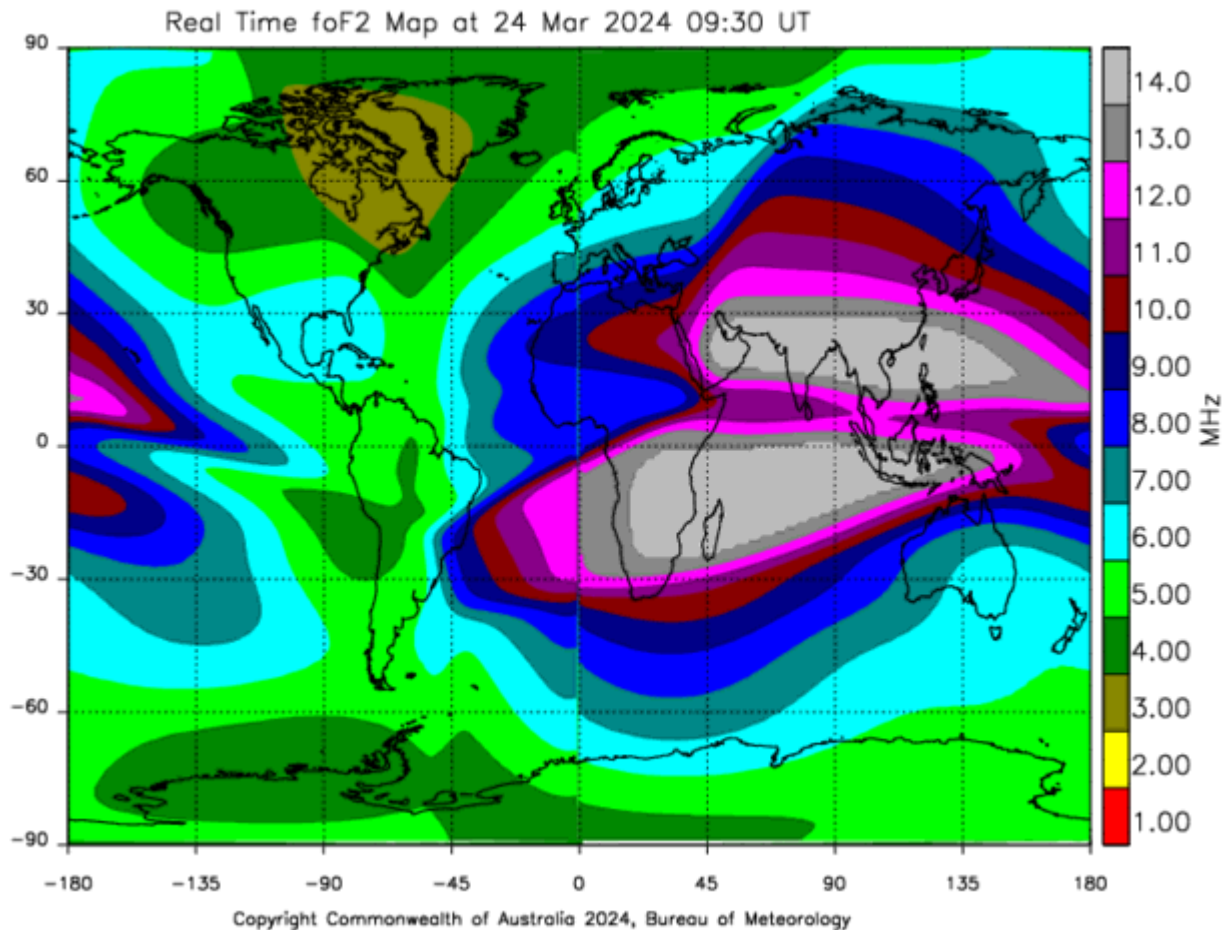
Auto:
 Artist5
 500200



D 100 200 400 600 800 1000 1500 3000 [km]
 MUF 5.0 5.0 5.2 5.5 5.9 6.5 8.3 12.8 [MHz]

PQ052_2024081042000.RSF / 225fx512h 50 kHz 2.5 km / DPS-4D PQ052 050 / 50.0 N 14.6 E Ion2Png 1.3.20

foF2-kartta, Ionogrammien perusteella tehty, pystysuorat heijastukset, alueellinen jakautuma!



$MUF = foF2 / \cos \beta$
jossa β = kohtisuorasta poikkeava kulma.

Kohtisuorassa $\beta=0$ eli oheisen kartan arvot

[MUF-laskukone](#)
OH1TV:n sivuilla

MUF kartta nyt, KC2G.com

- Perustuu Ionogram havaintoihin F2-kerroksesta
- Päivittyy vartin välein
- Ei sisällä Es eli sporadisen E:n vaikutusta
- Ei sisällä Auroran vaikutusta
- Kuvaa ei voi kopioida, pitää avata linkki

Onko Solar Flux luotettava keli-indikaattori?

- Jos puhutaan tästä hetkestä, niin eipä aina ole.
- Fluxi mitataan 10.7cm aallonpituudella (2800MHz)
- Kuitenkin ionisaation syntyyn vaikuttaa eniten röntgensäteily, joka aallonpituus on 10pm-10nm.
 - Aallonpituuksissa on huima ero. 10cm / 1nm
 - Onko spektri aina tasainen?, tuskin
- Goes X-ray flux mittaa kahdella alueella:
 - 0.1-0.8nm (long)
 - 0.05-0.4nm (short)
 - Pitäisi olla tarkempi indikaattori
- Solar Radio Flux 10.7cm saattaa olla käypä karkeassa aikatarkastelussa kk-tasolla mutta päiväkohtaisesti sen voi kyseenalaistaa.

Erityisiä ilmiöitä

Ordinary & Extraordinary refraction

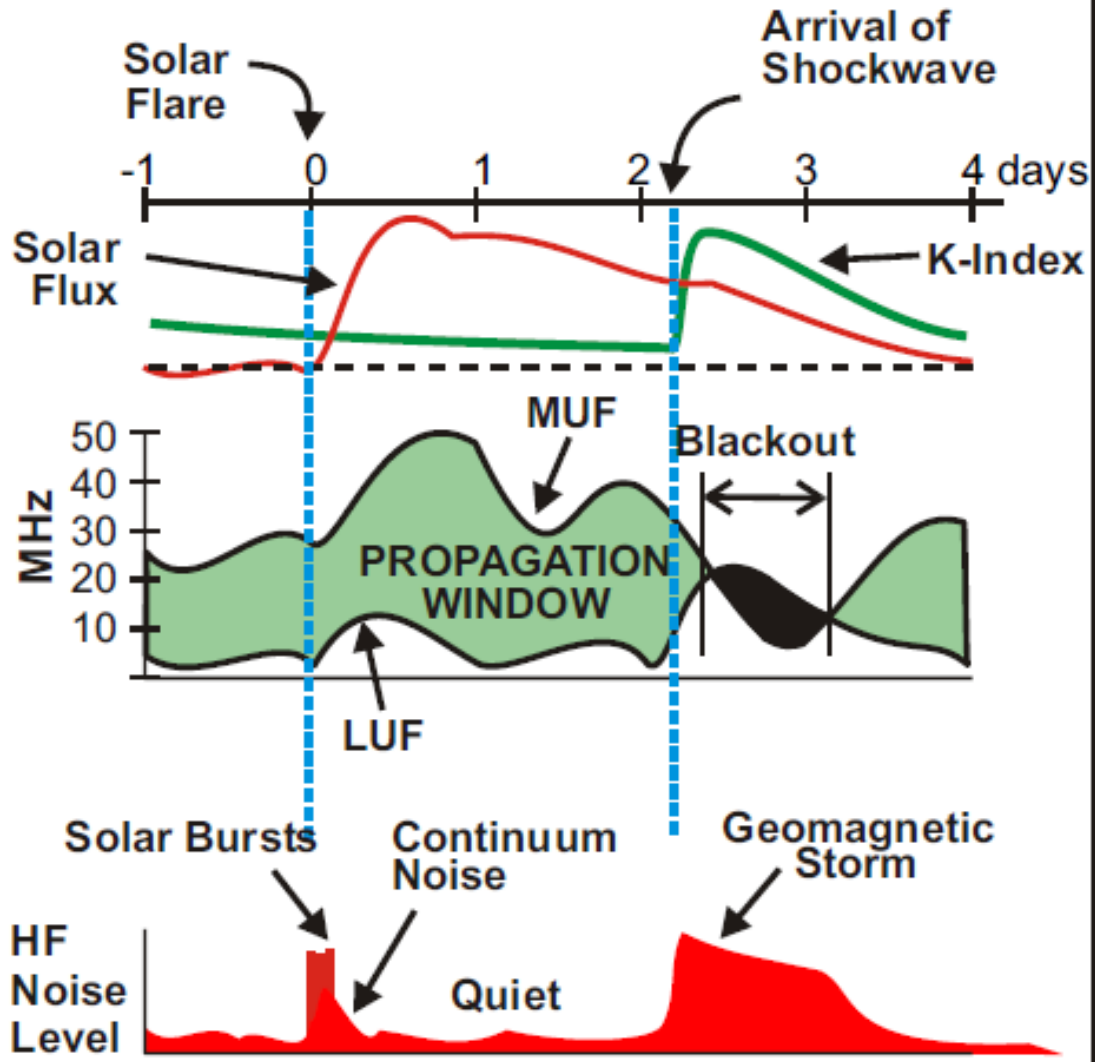
- Refraktiossa magnetisoidusta plasmasta lähtee kaksi keilaa:
 - Ordinary
 - Extra ordinary
- Molemmat ovat kiertopolarisaatio signaaleja, vastakkaisiin suuntiin kiertäviä
- [HF Signal Propagation, N0CU](#)
 - Sivulta 7 eteenpäin

Purkaus auringossa

Coronal mass ejection, CME

- Auringonpilkku maksimin aikaan erityisesti näitä esiintyy
- CME voi tuoda hyvää keliä mutta myös Radio blackoutin.
- Ensin tulee voimakasta röntgensäteilyä, joka vapauttaa elektroneja ionosfäärissä.
- Parin päivän viiveellä aurinkotuuli tuo partikkeleita, jotka aktivoivat erityisesti D-kerrosta, aiheuttaen vaimennusta ja kohinaa.

Fig. 15 – Anatomy of a strong Solar & Geomagnetic storm

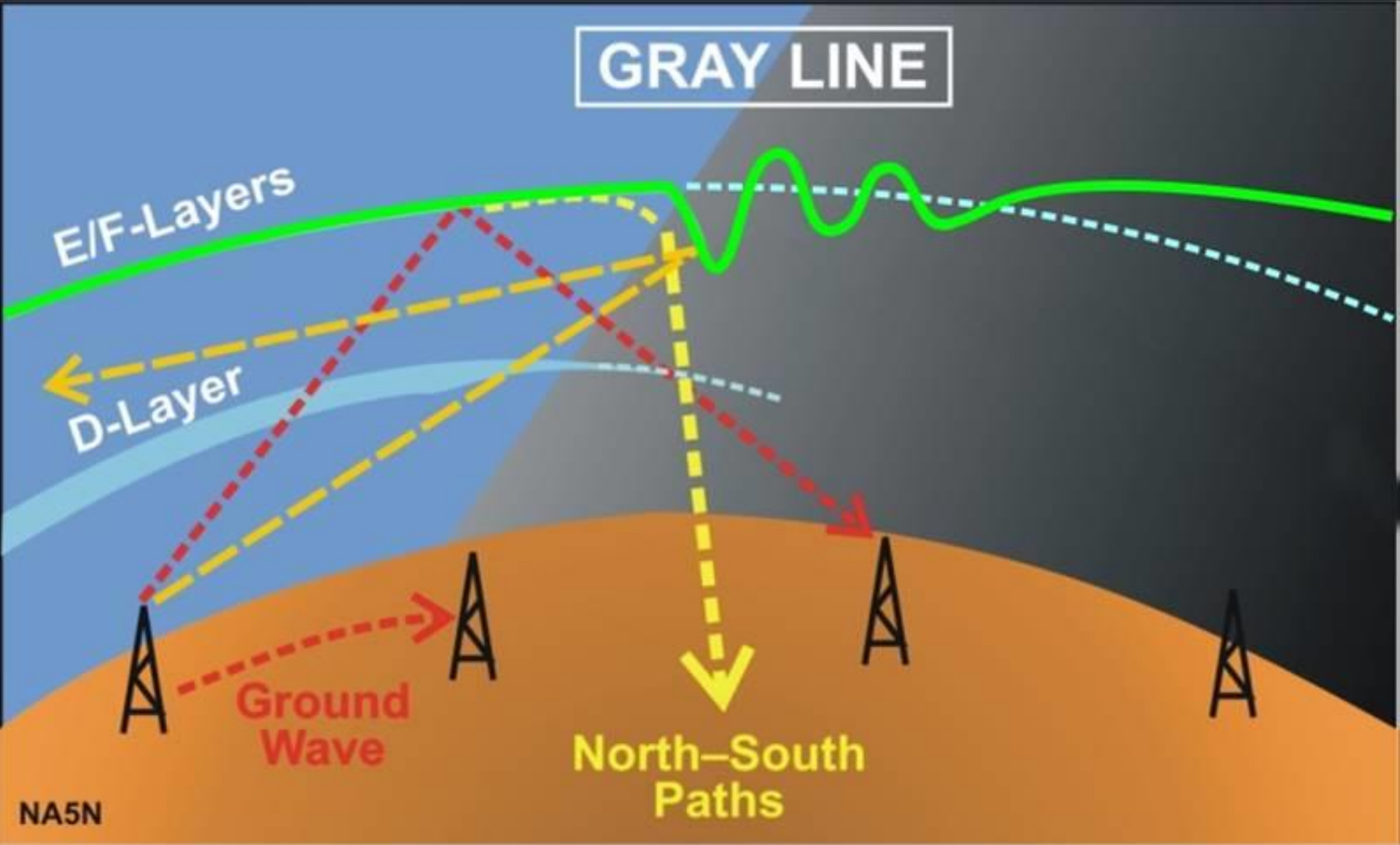


Lähde: NA5N

Aurora

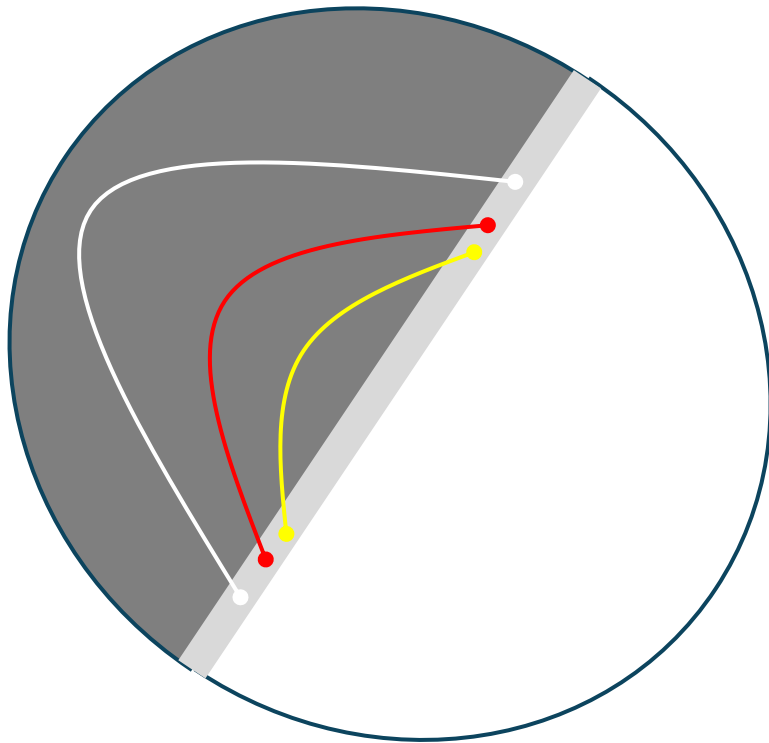
- Massapurkaukset auringossa lähettävät partikkeleita kohti maata. Aurinkotuulen protonit vapauttavat elektroneja ionosfäärin läpi kulkiessaan.
- Vahvistaa D-kerrosta ja lisää vaimennusta alataajuuksilla, vaikutuksen rajataajuus siirtyy ylöspäin.
- Voi aktivoida myös ylempiä kerroksia, jonka seurauksena HF:n yläbandeilla voi esiintyä keliä, yölläkin.

Gray line ilmiö



Huomaa jyrkkä taittuminen alaspäin gray-alueella.
Korkean lähtökulman antennikin voi toimia.

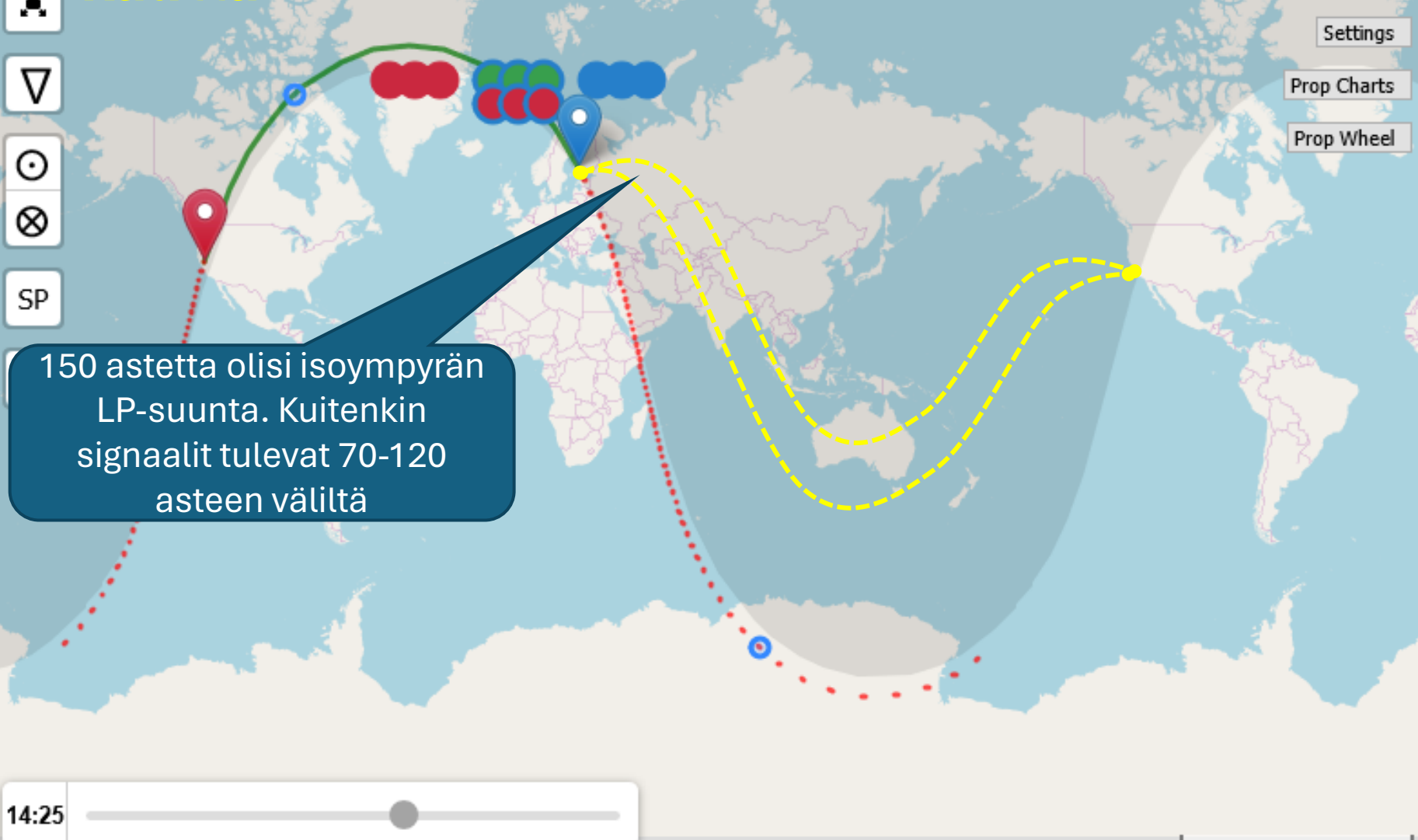
Gray line alabandeilla 160m-40m



- Eteneminen pääsääntöisesti yön puolella. Johtuu D- ja E-kerrosten vaimennuksen pieneneemisestä
- F-kerros on vielä riittävä, MUF tarpeeksi korkea
- Signaali ”hakeutuu” reittiä, jossa D-vaimennus on vähäisin
- 160m poikkeaa eniten, valkoinen
- 80m punainen
- 40m keltainen

- Huomioi antennin suuntauksessa, tilanne dynaaminen
- Kaavio ei kuvaa ilmansuuntia, vain periaatetta

OH-W6 80 metrillä pitkää kautta



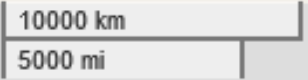
150 astetta olisi isoympyrän LP-suunta. Kuitenkin signaalit tulevat 70-120 asteen väliltä



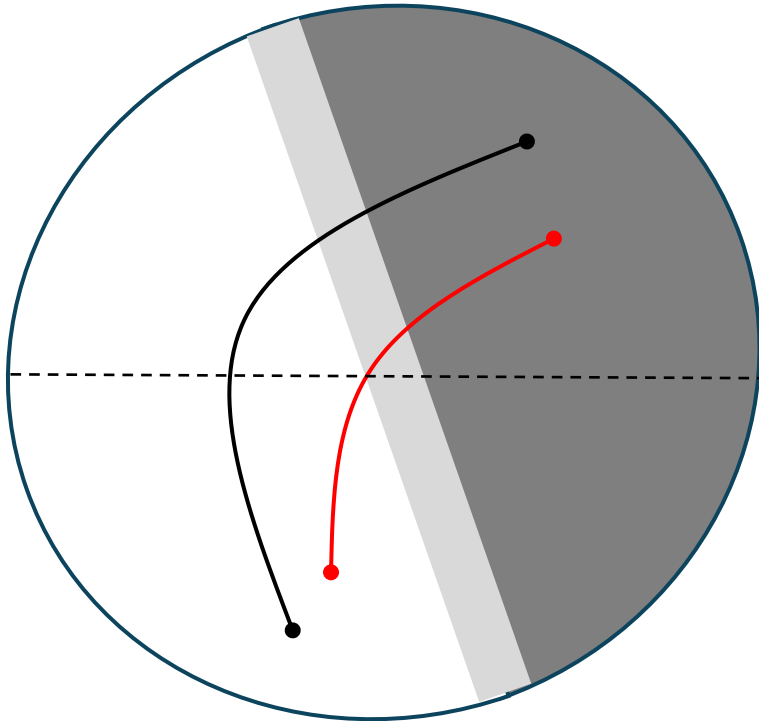
01.11.2019

28.5.2024

OH1TV



Gray line yläbandeilla 20m-10m



- Esimerkiksi PY ja LU:t talvella illalla auringon laskun jälkeen 20metrillä
- Eteneminen parempaa päivän puolella. Johtuu paremmasta F-kerroksen heijastumisesta päivän puolella ja sen heikkenemisestä yön puolella
- D-kerros ei vaikuta päivällä eikä yöllä
- Huomioi antennin suuntauksessa, tilanne dynaaminen
- Kaavio ei kuvaa ilmansuuntia, vain periaatetta

OH-PY 20 metrillä

-
- 📍
- ▽
- 🕒
- ⊗
- SP
- NoEs

17:52

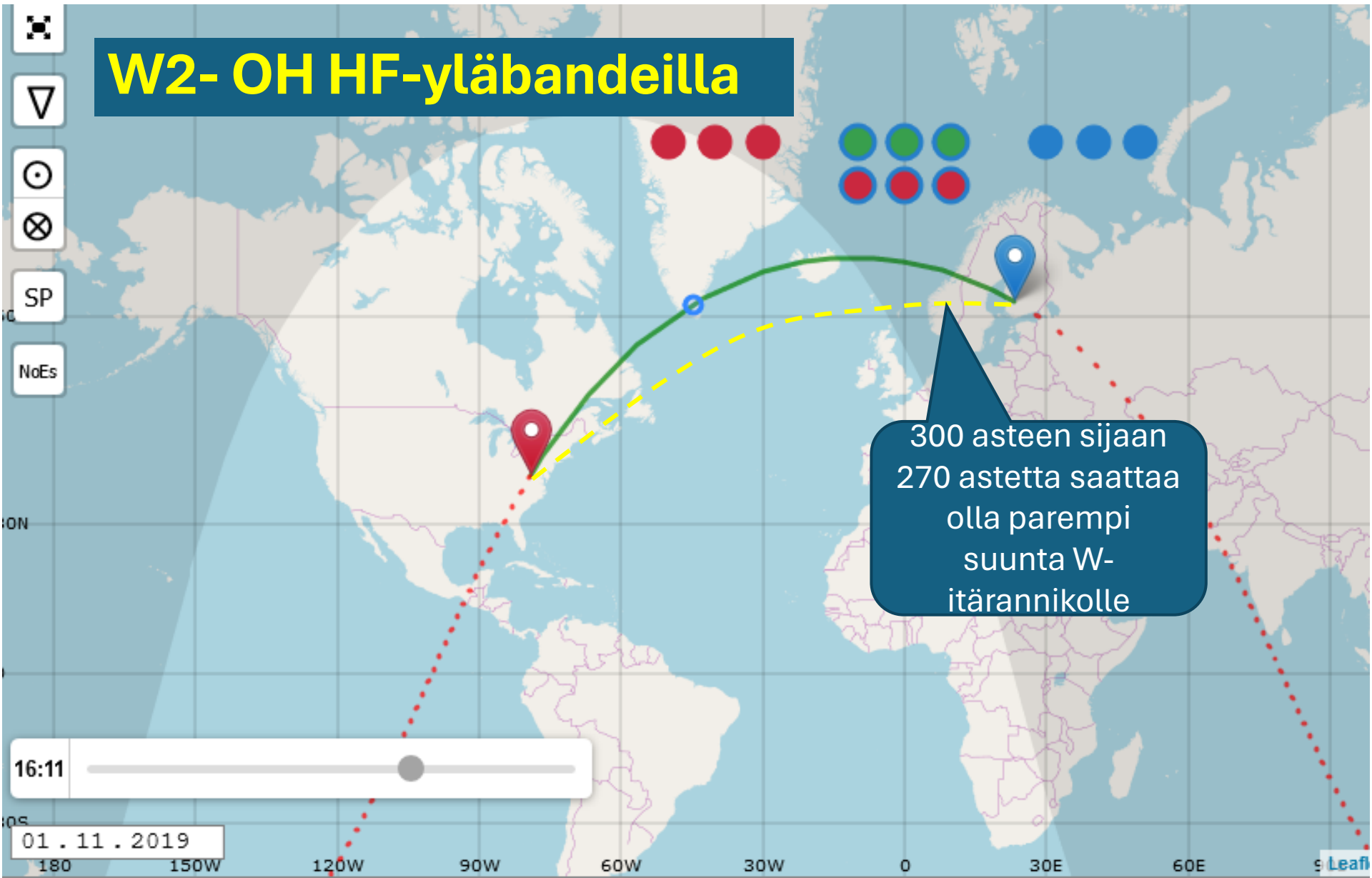
01 . 11 . 2019

28.5.2024

OH1TV

240 asteen sijaan 270-300 astetta saattaa olla parempi suunta

W2- OH HF-yläbandeilla



OH-LU 6 metrillä 2.6.2000 at 2019UTC



Yhteenveto

- Yläbandeilla, $>10\text{MHz}$, F2-kerroksen tiheys on tärkeä. Siitä määräytyy MUF. X-ray Fluxi indikoi F2-kerroksen kehitystä. Purkaukset auringossa nostavat fluxia tilapäisesti, tulee hyvää keliä.
- Alabandeilla, $<10\text{MHz}$, F2-kerroksen tiheys yleensä riittää, myös minimin aikana, vaikka F2-kerros oheneekin yöllä. Ongelma on pikemminkin aurinkotuulen aiheuttamat häiriöt, josta tulee vaimennusta ja kohinatason nousua. K-indeksi indikoi magneettisia häiriöitä, vaikka on epäsuora mittaus.
- D-kerros on automaattinen vaimennin alabandeille. Tulee päälle päivänvalossa. Pienillä lähtökulmilla vaimennus vain kasvaa.

A few final thoughts (NA5N)

1. The **solar flux**, indicating the level of ionization, affects HF propagation **above** about 10 MHz. The solar flux does not affect 40M and below, since the MUF seldom drops below 10 MHz. This is why the lower bands are **always** open.
2. The **K-index**, indicating the geomagnetic condition, indicates HF noise primarily **below** about 10 MHz, except in severe cases. During a storm, high noise levels on 40M doesn't mean high noise on 20M.
3. 30M is the ham band caught between the 2 worlds. It can be affected by both solar flux and the K-index. On the other hand, it is more often **not** bothered by either. It is a good band throughout the solar cycle.
4. Every solar flare and the resultant storm is different. No two are alike, nor accurately predictable.
5. Never let reports of flares or geomagnetic storms scare you from getting on the air and checking it out. See #5.
6. #5 includes propagation posts on qrp-l by NA5N!

Fig. 16 – Geomagnetic Indices & Conditions

	K Index	Ap Index	Geomagnetic Conditions	HF Noise	Aurora
NORMAL	0	0–2	Very Quiet	S1–S2	None
	1	3–5	Quiet	S1–S2	None
	2	6–9	Quiet	S1–S2	Very low
	3	12–19	Unsettled	S2–S3	Very low
	4	22–32	Active	S2–S3	Low
STORM	5	39–56	MINOR storm	S4–S6	High
	6	67–94	MAJOR storm	S6–S9	Very high
	7	111–154	SEVERE storm	S9+	Very high
	8	179–236	SEVERE STORM	Blackout	Extreme
	9	300–400	EXTREME storm	Blackout	Extreme

Fig. 17 – Solar Flare Classifications

Flare Class	Type of Flare	HF Radio Effects (30M to 10M)	Geomagnetic storm (<20M)
A	Very small	None	None
B	Small	None	None
C	Moderate	† Low absorption	† Active to Minor
M	Large	† High absorption	† Minor to Major
X	Extreme	† Poss. blackout	† Major to Severe

† Conditions cited only if Earth is in the trajectory of the flare’s shockwave.

Lähde: NA5N