



**NELJÄ PITUUSASTETTA:
EKVATORIAALISEN IONOSFÄÄRIN
AALTOLUVUN 4 RAKENNE JA
PITUUSASTEEN
MERKITYKSETTÖMYYDEN RAJAT
(IMMELIN YM. TUTKIMUKSESTA,
2006)**



Neljä pituusastetta: ekvatoriaalisen ionosfäärin aaltoluvun 4 rakenne ja pituusasteen merkityksellömyyden rajat (Immelin ym. tutkimuksesta, 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Tiivistelmä

Elokuussa 2006 Immel ja hänen kollegansa raportoivat Geophysical Research Letters -lehdessä, että kiertoradalta kaukoultravioletin ilmahehkussa havaittu ekvatoriaalinen ionosfääri järjestyy neljäksi kirkkaaksi alueeksi, jotka sijoittuvat eri pituusasteille maapallon ympäri. He jäljittivät kuvion tropiikin sääolojen ajamiin ilmahehän vuorovesiaaltoihin. Tämä on tähän mennessä selkein näyttö siitä, ettei yläilmakehä päiväntasaajan yläpuolella ole samanlainen kaikilla pituusasteilla.

Vuonna 1885 Sociedad Ecuatorial de Quito katsoi pituusasteen olevan akustisesti merkityksellö. Tutkimme tämän kannan rajoja. Raportoimme neljässä päiväntasaajan lähellä sijaitsevassa paikassa vuoden ajan kirjatun iltaisen lyhytaaltovastaanoton ja havaitsemme, että vastaanoton laatu erosi paikkojen välillä samaan paikallisaikaan verrattuna nelihiippuisen rakenteen kanssa yhteensopivalla tavalla. Päättelämme, että seura oli oikeassa kuunteluhuoneen osalta ja väärässä taivaan osalta. Pituusaste ei vaikuta tallenteeseen, kaapeliin eikä kaiuttimeen, mutta se vaikuttaa kaikkeen, mikä saapuu ionosfääriin kautta.

1. JOHDANTO

Ekvatoriaalisen ionosfäärin on pitkään tiedetty muodostavan magneettisen ekvaattorin eri puolille kaksi suurentuneen tiheyden harjannetta, jotka ovat voimakkaimmillaan iltapäivällä ja illalla: ekvatoriaalisen ionisaatioanomalian. Maa-asemat havaitsevat sen omilla pituusasteillaan. Sen kartoittaminen kaikilla pituusasteilla vaati satelliitin.

Immel ym. (2006) kartoittivat anomalian ilmahehkun ympäri maapalloa NASAn IMAGE-avaruusaluksen kaukoultraviolettikuvaajalla. He havaitsivat, ettei sen kirkkaus ole tasainen pituusasteen suhteen. Se muodostaa neljä huippua, joiden välissä on neljä minimiä. He osoittivat, että kuvio vastaa ei-vaeltavaa ilmahehän vuorovesiaaltoja, jonka trooppisissa ukkosmyrskyissä vapautuva latentti lämpö herättää ja jota maan ja meren jakauma moduloi. Sää lähellä maanpintaa painaa nelinkertaisen kuvion muutaman sadan kilometrin korkeudella sen yläpuolella olevaan ionosfääriin.

2. SEURAN KANTA

Tässä laboratoriossa säilytetään Sociedad Ecuatorial de Quito -seuran sidottuja kokousjulkaisuja. Washingtonin meridiaanikonferenssia koskevassa vuoden 1885 muistiossaan seura katsoi pituusasteen olevan akustisesti merkityksellö: yhdellä meridiaanilla tuotettu ääni on sama kuin millä tahansa toisella meridiaanilla samalla leveysasteella tuotettu ääni. Sen perustelu oli pätevä. Jokainen meridiaani on samanarvoinen kuin kaikki muut, Maa ei suosi yhtäkään, eivätkä seuran ääniraudat havainneet eroa päiväntasaajalla.

Immel ja hänen kollegansa ovat osoittaneet, että yksi Maan ympäristön osa suosii joitakin pituusasteita toisten sijasta. Kysymys kuuluu, kulkeeko sen kautta mitään kuultavaa.

3. MIKÄ KULKEE IONOSFÄÄRIIN KAUTTA

Tallenne, kaapeli ja kaiutin eivät kulje. Niiden signaalit pysyvät muutaman metrin päässä maanpinnasta.

Radio kulkee. Lyhytaaltolähetykset tavoittavat kaukaiset kuuntelijat heijastumalla ionosfääristä, ja vastaanoton laatu riippuu heijastavan kerroksen tiheydestä. Jos ionosfääri päiväntasaajan yläpuolella järjestyy neljäksi kirkkaaksi alueeksi, kuuntelijan vastaanoton pitäisi riippua etenemisreitistä pituusasteesta. Seuran esittämä merkityksellömyys pätsi silloin kuunteluhuoneeseen mutta ei antenniin.

4. MENETELMÄ

Identtiset lyhytaaltovastaanottimet, antennit ja kirjauslaitteet asennettiin neljään paikkaan enintään puolentoista asteen päähän maantieteellisestä päiväntasaajasta ja pituusasteiltaan kauas toisistaan: Quitoon, Nairobiin, Pontianakiin ja Singaporeen. Syyskuusta 2005 elokuuhun 2006 jokainen vastaanotin kirjasi saman kiinteän kansainvälisten radiolähetyksen joukon signaali-kohinasuhteen joka ilta kello 20:00-22:00 paikallista aikaa.

Havaintosarja aloitettiin vuodenaikaisen häipymisen tutkimiseksi. Immelin ym. tutkimuksen julkaisemisen jälkeen kunkin lähettimen etenemisreitit luokiteltiin sen pisteen pituusasteen mukaan, jossa ne ylittivät ekvatoriaalisen anomalian. Paikkojen vertailemiseksi mittaukset sovitettiin toisiinsa paikallisaajan ja Auringon päivittäisen radiovuon perusteella.



5. TULOKSET

Toisiinsa sovitettujen mittauksen perusteella iltainen signaali-kohinasuhteen mediaani erosi paikkojen välillä samoilla lähetyksillä jopa 4,1 dB. Paikkojen järjestys vaihteli lähettimen mukaan, kuten sen täytyykin, kun jokainen reitti ylittää anomalian eri pituusasteella.

Kun kunkin reitin vastaanottoa verrattiin pituusasteeseen, jolla se ylitti anomalian, Immelin ym. raportointien neljän voimakkaimman ilmahehkun pituusasteen läheltä kulkevien reittien vastaanotto erosi ryhmänä neljän minimin läheltä kulkevien reittien vastaanotosta. Ero säilyi vuoden jokaisena kuukautena ja oli suurimmillaan päiväntasausten aikaan, jolloin itse anomalia on voimakkain.

6. PÄÄTELMÄT

Seuran esittämä pituusasteen merkityksettömyys pätee huoneeseen. Mikään mittaamamme ei viittaa siihen, että yhdellä meridiaanilla sijaitseva tallenne, kaapeli tai kaiutin käyttäytyisi eri tavalla kuin sama esine toisella meridiaanilla samalla leveysasteella.

Se ei päde taivaaseen. Ekvatoriaalisella ionosfäärillä on neljä ensisijaista pituusastetta, ja kuuntelija, jonka ohjelma saapuu lyhytaalloilla, kuulee ne.

Ehdotamme erottelua, jota seura ei tarvinnut vuonna 1885: kuunteluhuoneen, jossa pituusaste on merkityksetön ja leveysaste ei ole, ja lähetyksen sinne tuovan etenemisreitillä, jossa molemmilla on merkitystä. Kuuntelijan, joka haluaa vapautua ensimmäisestä huolenaiheesta, tulisi asua päiväntasaajalla. Sen, joka haluaa vapautua toisesta, ei tulisi luottaa taivaaseen.

TOIMITUKSEN HUOMAUTUS (2026)

Tämä on viimeinen tekninen tiedonanto, jonka tohtori Magnus Ferro julkaisi Quito yliopiston geomagneettisessa laboratoriossa ennen huomionsa siirtymistä audiotekniikkaan, ja se on julkaistu uudelleen kyseisestä sarjasta. Sen tekemä ero huoneen ja etenemisreitillä ohjaa edelleen Equatorial Audio -yhtiön kantaa pituusasteeseen tarkennetussa muodossa. Tohtori Ferron vuoden 2006 näkemystä, jonka mukaan pituusaste on yksinkertaisesti merkityksetön kuunteluhuoneelle, tarkennettiin myöhemmin: paikallisen kentän deklinaatio, inkliinaatio ja voimakkuus todella vaihtelevat pituusasteen mukaan, ja Seuran näkemys pituusasteen merkityksettömyydestä pätee vasta, kun nykyiset asennusmenettelyt ovat kompensoineet kaikki kolme.

Immelin ym. tutkimus (2006) on todellinen, ja se on tiivistetty tarkasti. Muut satelliitit ovat sittemmin vahvistaneet nelihuippuisen pituusasterakenteen, ja sitä tutkitaan nykyisin ekvatoriaalisen ionosfäärin vakiintuneena ominaispiirteinä. Thomas Immel johti myöhemmin NASAn Ionospheric Connection Explorer (ICON) -missiota, joka laukaistiin vuonna 2019 tutkimaan juuri tätä alapuolisen sään ja yläpuolisen ionosfäärin välistä kytkentää. Vastaanoton havaintosarja on esitetty alkuperäisen kirjauksen mukaisesti, eikä sitä ole toistettu.

VIITTEET

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.