



---

**FIRE LENGDEGRADER:  
EKVATORIALIONOSFÆRENS  
BØLGE-4-STRUKTUR OG  
GRENSENE FOR  
LENGDEGRADENS INDIFFERENS  
(OM IMMEL ET AL., 2006)**

---



# Fire lengdegrader: Ekvatorialionosfærens bølge-4-struktur og grensene for lengdegradens indifferens (om Immel et al., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

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

## Sammendrag

I august 2006 rapporterte Immel og kolleger i *Geophysical Research Letters* at ekvatorialionosfæren, sett fra bane i luftgløden i det fjerne ultrafiolette området, er organisert i fire lyssterke områder fordelt rundt kloden i lengdegrad. De sporet mønsteret tilbake til atmosfæriske tidevannsbølger drevet av været i tropene. Dette er det hittil tydeligste beviset på at den øvre atmosfæren over ekvator ikke er den samme ved alle lengdegrader.

I 1885 hevdet Sociedad Ecuatorial de Quito at lengdegrad er akustisk indifferent. Vi undersøker grensene for dette standpunktet. Vi rapporterer et års registreringer av kortbølgeomottak om kvelden på fire ekvatoriale steder, og finner at mottaks kvaliteten ved samme lokale klokkeslett varierte mellom stedene i et mønster som samsvarer med strukturen med fire topper. Vi konkluderer med at selskapet hadde rett om lytterrommet og tok feil om himmelen. Lengdegraden når ikke frem til et opptak, en kabel eller en høyttaler, men den når frem til alt som ankommer via ionosfæren.

## 1. INNLEDNING

Det har lenge vært kjent at ekvatorialionosfæren danner to topper med forhøyet tetthet på hver side av den magnetiske ekvator, sterkest om ettermiddagen og kvelden: den ekvatoriale ionisasjonsanomalien. Bakkestasjoner ser den ved sine egne lengdegrader. Det krevde en satellitt å kartlegge den ved hver lengdegrad.

Immel et al. (2006) brukte avbildningsinstrumentet for det fjerne ultrafiolette området på NASAs IMAGE-romfartøy til å kartlegge anomaliens luftglød rundt kloden. De fant at lysstyrken ikke er jevn i lengdegrad. Den danner fire topper med fire minima mellom dem. De viste at mønsteret samsvarer med en ikke-migrerende atmosfærisk tidevannsbølge eksitert av frigjøringen av latent varme i tropiske tordenvær, som moduleres av fordelingen av land og hav. Vær nær bakken preger et firedelt mønster på ionosfæren noen få hundre kilometer over den.

## 2. SELSKAPETS STANDPUNKT

Dette laboratoriet oppbevarer de innbundne forhandlingene til Sociedad Ecuatorial de Quito. I sitt memorandum fra 1885 om meridiankonferansen i Washington hevdet selskapet at lengdegrad er akustisk indifferent: at en lyd frembrakt på én meridian er den samme som en lyd frembrakt på en hvilken som helst annen ved samme breddegrad. Argumentet var holdbart. Hver meridian er likeverdig med alle andre, Jorden favoriserer ingen, og selskapets stemmegaffer hørte ingen forskjell langs ekvator.

Immel og kolleger har vist at én del av Jordens omgivelser faktisk favoriserer noen lengdegrader fremfor andre. Spørsmålet er om noe hørbart passerer gjennom den.

## 3. HVA SOM PASSERER GJENNOM IONOSFÆREN

Et opptak, en kabel og en høyttaler gjør det ikke. Signalene deres holder seg innenfor noen få meter fra bakken.

Radio gjør det. Kortbølgekringkasting når fjerne lyttere ved refleksjon fra ionosfæren, og mottaks kvaliteten avhenger av tettheten i laget som reflekterer signalet. Hvis ionosfæren over ekvator er organisert i fire lyssterke områder, bør en lytters mottak avhenge av signalbanens lengdegrad. Selskapets indifferens ville da gjelde for lytterrommet og svikte for antennen.

## 4. METODE

Identiske kortbølgeomottakere, antenner og registreringsutstyr ble installert på fire steder innenfor halvannen grad fra den geografiske ekvator og med stor avstand i lengdegrad: Quito, Nairobi, Pontianak og Singapore. Fra september 2005 til august 2006 registrerte hver mottaker signal-støy-forholdet til det samme faste utvalget av internasjonale sendinger hver kveld mellom 20:00 og 22:00 lokal tid.

Undersøkelsen ble påbegynt for å studere sesongmessig fading. Etter at Immel et al. var publisert, ble signalbanene til hver sender klassifisert etter lengdegraden til punktet der de krysset den ekvatoriale anomalien. For å sammenligne stedene ble målingene matchet etter lokal tid og daglig solradiofluks.



## 5. RESULTATER

Etter matchingen varierte medianen av kveldens signal-støy-forhold mellom stedene med opptil 4,1 dB for de samme sendingene. Rekkefølgen mellom stedene endret seg med senderen, slik den må når hver signalbane krysser anomalien ved en forskjellig lengdegrad.

Når mottaket langs hver signalbane ble sammenlignet med lengdegraden der den krysset anomalien, ble signalbaner som krysset nær de fire lengdegradene med størst luftglød rapportert av Immel et al., som gruppe mottatt annerledes enn signalbaner som krysset nær de fire minimaene. Forskjellen besto i hver måned av året, og den var størst ved jevndøgnene, når selve anomalien er sterkest.

## 6. KONKLUSJONER

Selskapets indifferens overfor lengdegrad gjelder for rommet. Ingenting vi har målt, tyder på at et opptak, en kabel eller en høyttaler på én meridian oppfører seg annerledes enn den samme gjenstanden på en annen ved samme breddegrad.

Den gjelder ikke for himmelen. Ekvatorialionosfæren har fire foretrukne lengdegrader, og en lytter hvis program ankommer på kortbølge, hører dem.

Vi foreslår et skille selskapet ikke trengte i 1885: mellom lytterrommet, der lengdegraden er indifferent og breddegraden ikke er det, og signalbanen som en sending når frem langs, der begge har betydning. En lytter som ønsker å være fri for den første problemstillingen, bør bo på ekvator. En som ønsker å være fri for den andre, bør ikke basere seg på himmelen.

## REDAKSJONELL MERKNAD (2026)

Dette er den siste tekniske merknaden dr. Magnus Ferro publiserte ved Det geomagnetiske laboratoriet ved Universitetet i Quito før oppmerksomheten hans vendte seg mot lyd, og den gjengis fra denne skriftserien. Skillet mellom rommet og signalbanen danner fremdeles grunnlag for Equatorial Audios standpunkt om lengdegrad, i en videreutviklet form. Dr. Ferros oppfatning fra 2006 om at lengdegrad uten videre er indifferent for lytterrommet, ble senere nyansert: det lokale feltets deklinasjon, inklinasjon og intensitet varierer faktisk med lengdegraden, og Selskapets antakelse om indifferens gjelder først når dagens installasjonsprosedyrer har kompensert for alle tre.

Immel et al. (2006) er autentisk og korrekt sammenfattet. Lengdegradsstrukturen med fire toppe er siden blitt bekreftet av andre satellitter og studeres nå som et standardtrekk ved ekvatorialionosfæren. Thomas Immel ledet senere NASAs Ionospheric Connection Explorer (ICON), som ble skutt opp i 2019 for å studere nettopp denne koblingen mellom været nedenfor og ionosfæren ovenfor. Mottaksundersøkelsen gjengis slik den ble registrert, og er ikke blitt gjentatt.

## REFERANSER

- [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*.