

## Radioaaltojen eteneminen

OH3TR:n radioamatöörikurssi  
 Marjo Yli-Paavola, OH3HOC

## Etenemistavat spektriin nähden

Bandi	Taajuusalue	Pääasialliset etenemismuodot
VLF	3-30 kHz	Pinta-aalto, ionosfääri
LF	30-300 kHz	Pinta-aalto, ionosfääri
MF	300-3000 kHz	Pinta-aalto, ionosfääri (E-kerros)
HF	3-30 MHz	Ionosfääri (E, F1, F2, Es)
VHF	30-300 MHz	Troposfääri, Es, meteorisirona, aurora
UHF	300-3000 MHz	Troposfääri
SHF	3-30 GHz	Troposfääri

(mukailtu kirjasta Radio Propagation Principles and Practice)

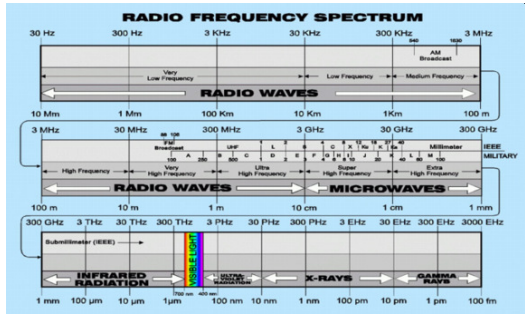
## Radioaaltojen etenemistavat

- Eteneminen ionosfäärissä
- Eteneminen troposfäärissä
- Pinta-aalto
- Erikoisemmat etenemismuodot
- Yleisesti eteneminen riippuu mm.
  - taajuudesta
  - välialineesta
  - auriongon aktiivisuudesta, vuorokaudenajasta, vuodenajasta, kelistä

## Eteneminen ionosfäärissä: aurinko

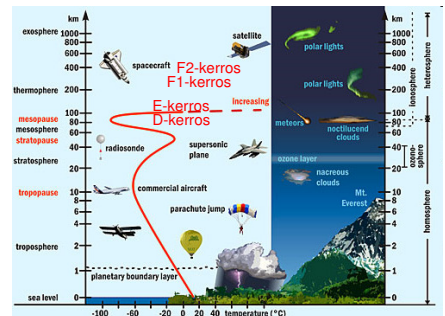
- Säteilee sähkömagneettista säteilyä ja hiukkasia
- Auringonpilkut ja säteilytaso
  - auriongonpilkkuluku (ei pilkkujen lkm) → auringonpilkkujakso nro. 24 (7 ... 17 vuotta, 11 vuotta)
  - aurinkovuoto F10.7 (kohinatason tarkkailua)
- Auringon aktiivisuus vaikuttaa HF-etenemiseen
- Auringon oma pyörähdysaika ~27 päivää
- Säteily ionisoi ionosfääriin atomeja ja molekyyliä → heijastuspinta

## Sähkömagneettinen spektri



<http://radio.cotdazr.org/license/freqmap.html>

## Eteneminen ionosfäärissä : ilmakehä



<http://www.kowoma.de/en/gps/index.htm>

## Eteneminen ionosfäärissä: D-kerros

- alin, 55 – 90 km korkeudella
- vain päiväsaikaan
- vaimentaa, heijastaa ainoastaan VLF-alueella
  - voi päästää läpi 7 MHz ja 10 MHz signaaleja korkealla lähtökulmalla, >10 MHz helpottaa
- yöaikana ei ole estämässä 1,8 MHz ja 3,5 MHz liikennettä
- kun mikään muu eteneminen ei toimi, siroaminen D-kerroksen kautta saattaa toimia 25–100 MHz (hyvin heikko signaalitaso)

## Eteneminen ionosfäärissä: hyppy

- yksi tai useampi hyppy, heijastuminen maasta tai eri kerroksista
  - lähtökulma pieni pitkille hypyille
- skippi ja kuollut alue
- kriittinen taajuus, MUF ja LUF
- greyline
- long path ja echo
- back scatter

## Eteneminen ionosfäärissä: E-kerros

- keskimäinen, 90–150 km
- tämäkin vain päivällä
- voi heijastaa hieman vaimentaen, hyppy maksimissaan ~2000 km
- mielenkiintoinen muiden ilmiöidensä vuoksi (sporadinen E, aurora, meteorit)

## Eteneminen ionosfäärissä: auringon häiriöt

- Auringon häiriöt (geomagneettiset ja ionosfääriset myrskyt)
  - flaret → SID (röntgen), PCA (protonit)
  - CMEt
  - A-indeksi (0-400), K-indeksi (0-9) indikoivat avaruussäätilaa, magneettikentän häiriöisyys
    - nouseva K/Kp → huonontuva HF-keli, parantuva aurorakeli

## Eteneminen ionosfäärissä: F-kerros

- Tärkein HF-etenemiselle
- Valoisana aikana jakautunut F1- ja F2-kerroksiin, n. 300 km ja 400 km korkeudella
  - F2 näistä tärkeämpi, ei koskaan täysin poissa
  - korkein ionisaatiotasoa kaikista kerroksista
- yksi hyppy melkein 4000 km

## Eteminen troposfäärissä:

- VHF, UHF ja mikroaallot
- Avaruusaaltona, heijastukset vaimentavat
- Troposfäärieteneminen, kanavoituminen erilämpöisistä kerroksista (VHF, UHF DX)
- Troposfäärisironta: siroaminen vesi- tai lumisateesta, sumusta, pilvistä ja pölystä

## Pinta-aalto

- Maanpinnan myötä etenevä aaltorintama, yltää horisontin taakse
- Riippuu maan johtavuudesta ja muodosta
  - vesi ja kostea maa hyviä, kuiva maa huono
  - tasainen pinta parempi
- Koskee lähinnä matalia taajuuksia (LF ja MF)

## Muut ovelat etenemismuodot: EME

- Earth-Moon-Earth
- 50 MHz – 10 GHz
- Haasteita: vapaan tilan vaimennus,  $\frac{1}{2}^\circ$  kohde, Doppler siirtymä, Faraday-kiertyminen, epätasainen heijastuspinta...
- Vaatimuksia: herkkä vähäkohinainen vastaanotin, tarpeeksi lähetysteho, tarkka suuntaus, hyvä antenni (antenniryhmä)

## Muut ovelat etenemismuodot

- Aurora
- EME
- Meteorisyhteydet
- Sporadinen E
- Satelliitit

## Muut ovelat etenemismuodot: Meteorisyhteydet

- Meteori aiheuttaa ionisoituneen vanan palaessaan ilmakehässä E-kerroksessa → riittää hyvin lyhyeen QSOon
  - Hyvin nopea CW
  - paloittain koottu
- 50 MHz, 144 MHz (28 ... 432 MHz)
- 800 ... 2300 km

## Muut ovelat etenemismuodot: Aurora

- CMEn jälkeen navoilta virtaa ionosfääriin elektroneja → ionisoi E-kerrosta
- 28 – 423 MHz
- $K > 5$  → auroraa ilmassa
- Epätasainen ja liikkuva "heijastuspinta" → signaalilaatu huononee, VHF/UHF-alueella pitää käyttää CW:tä (A = aurora)
- VHF/UHF DX

## Muut ovelat etenemismuodot: Sporadinen E

- Ionisaatiotaso nousee epätavallisen korkeaksi E-kerroksessa
- 28, 50, 144 MHz
- Useimmiten esiintyy kesäkuukausina, ehtoolla tai aamulla
- jopa 2000 km hyppyjä
- "pilvi", joka voi hävitä äkillisesti ja liikkua

## Muut ovelat etenemismuodot: Satelliitit

- Toistinasemia kiertoradalla
  - useimmiten transponderiasemia: vastaanottavat yhden taajuusköntän ja lähettävät sen sellaisenaan toisella taajuusalueella
- VHF, UHF
- AMSAT-organisaatio
  - <http://www.rats.fi/rats/amsat-oh/>

## Luettavaa

- ARRL Handbook
- Ian Poole, G3YWX: Radio Propagation, Principles & Practice
- Heikki Nevanlinna: Avaruussää
- Heikki E. Heinonen OH3RU: Tiimissä hamssiksi 1 & 2
- <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>
- <http://www.spaceweather.com/>
- [http://www.sgo.fi/index\\_f.php](http://www.sgo.fi/index_f.php)
- <http://www.amsat.org/amsat-new/tools/predict/>
- [http://science.nasa.gov/headlines/y2008/30apr\\_4dionosphere.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2008/30apr_4dionosphere.htm)

## Bandit ja käyttöalueet – HF

- 160 m (1,8 MHz)
  - päivällä kärsii vaimennuksesta → maa-aalto
  - yöllä DX
- 80 m (3,5 MHz)
  - vähemmän kärsii vaimennuksesta → maa-aalto, lyhyet kotimaan QSOt
  - yöllä DX
- 40 m (7 MHz)
  - päivällä kotimaan bandi, kärsii pilkkuminimistä
  - yöllä Eurooppa
- 20 m (14 MHz): DX
- 15 m (20 MHz): päivällä Eurooppa, yöllä DX
- 10 m (28 MHz): DX heikommillakin laitteilla. Herkkä keleille, kiinni pilkkuminimin aikaan, yleensä auki aamusta muutama tunti auringonlaskun jälkeen

## Bandit ja käyttöalueet – VHF

- 6 m (50 MHz): pilkkumaksimissa DX ionosfäärin kautta, myös sporadinen E. Muutoin troposironta
- 2 m (144 MHz): troposfäärinavoinnilla 2000 km, EMEllä...