



## **Karppinen: Radiolähetyksen etenemisvaimennus ja Longley-Rice-malli**

Tuukka Karppinen on tehnyt Kajaanin Ammattikorkeakoulussa insinööriopintoihin (AMK) liittyvän opinnäytetyön myös meille hameille mielenkiintoisesta asiasta. Työn nimi on **”Radiolähetyksen etenemisvaimennuksen arvioiminen Longley-Rice-mallilla”** Opinnäytetyön ansiot saavat nyt OH3AC Kerhokirjeessä hieman normaalia enemmän tilaa:

### **Longley-Rice malli**

Longley-Rice-malli ennustaa troposfäärisen radiolähetyksen etenemisvaimennuksen epäsäännöllisen maaston yli. (Irregular Terrain Model.)

Malli sisältää kaksi ennustusmallia:

- 1) point-to-point-malli, joka vaatii maaston profiilin paikkojen välillä, sekä
- 2) alue-ennustusmalli, joka arvioi ympäristön vaikutuksen käyttämällä kokeellisia ja tilastollisia menetelmiä. Lopputuloksena ennustetaan mediaani vaimeneminen desibeleinä.

Mallia voidaan soveltaa laajalle taajuuskaalalle ja jopa 2000 km etäisyyksille. Suurin haittapuoli on, että se ei ota huomioon metsiä tai lehvistöä. Rakennukset voidaan huomioida osana maastoprofiilia.

### **Opinnäytetyön tavoite**

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä malliin. Alussa kerrataan radiotekniikan perusteita ja radiolähetyksen etenemisvaimenemiseen vaikuttavia tekijöitä.

Longley-Rice-mallissa on monia ongelmia, jotka johtuvat erityisesti Suomen maastosta. Longley-Rice-mallia voidaan kuitenkin soveltaa, jos mainitut virhetekijät otetaan huomioon etenismallin arvojen tarkastelussa.

### **Opinnäytetyön sisällöstä**

Opinnäytetyön alussa on lähes kymmenen sivun verran kerrottu radioaaltojen etenemisestä ja siihen vaikuttavista asioista. Kerronta on hyvää ja suositeltavaa jokaiselle hamille luettavaksi perustietona.

Edetessään signaalin taso laskee. Vaimennuksen aiheuttavat tekijät riippuvat signaalin taajuudesta. Matalilla taajuuksilla vaimennukseen vaikuttavat enemmän puiden rungot, kun taas korkeilla taajuuksilla (UHF) lehvästöllä on isompi vaikutus.

**Heijastumisessa (Reflection)** radioaalto osuu heijastavaan pintaan ja kimpoaa siitä samassa kulmassa, kuin se siihen osuikin. Materiaalista riippuen aalto osittain heijastuu ja osittain etenee materiaalin läpi.

**Taitumisessa (Refraction)** se osa radioaallosta, joka ei heijastu tai siroa, muuttaa suuntaansa johtuen väliaineen muutoksesta. Kun radioaalto kulkee ilmasta veteen, se hidastuu ja vaihtaa suuntaa kohti tiheämpää ainetta.

**Radioaalto taipuu (Diffraction)** kohdatessaan terävän reunan, jos esteen koko ja radioaallon aallonpituus ovat sopivat. Tämä mahdollistaa radioaaltojen etenemisen suurtenkin kohteiden tai katvealueiden taakse. Mitä lyhyempi aallonpituus on, sitä vähemmän aalto taipuu. Taipuminen vaimentaa signaalia enemmän kuin heijastuminen.

**Absorptio (Absorption)** on tila, jossa jokin asia ottaa sisäänsä toisen aineen. Sähkömagneettisen aallon kohdatessa materiaa aallon sähkö- ja magneettikentät ovat vuorovaikutuksessa materiaan atomien kanssa. Tällöin elektronit värähtelevät sähkömagneettisen kentän tahdissa, mikä kuluttaa aallon energiaa. Radioaalto absorboituu energiaa eniten silloin, kun radioaallon taajuus vastaa atomin tai molekyylin luontaista taajuutta.

**Sirontaa (Scatter)** tapahtuu, kun radioaalto osuu esteeseen, jonka suuruus verrattuna radioaallon aallonpituuteen on pienempi. Tämän seurauksena radioaalto heijastuu satunnaisesti ympäristöön. Tämä on eri ilmiö absorptiosta, heijastumisesta ja taitumisesta.

### Vastaanotetun signaalin arvioiminen

Pelkkä vaimenemisen laskeminen riittää. Mukaan täytyy ottaa antenni- vahvistukset sekä lähetysteho. Vastaanotettua tehoa voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$Pr = Pt + Gr + Gt - L$$

(Pr = Vastaanotettu teho (dBm) Pt = Lähettimen teho (dBm) Gt = Lähettimen antennivahvistus (dB) Gr = Vastaanottimen antennivahvistus (dB) L = Yhteenlaskettu vaimeneminen (dB))

Kun verrataan langattomien systeemien tehoa, ilmoitetaan tämä yleensä desibeleinä volttien sijaan. RSSI (Received Signal Strength Indicator) ilmoitetaan dBm-arvolla. Mitä lähempänä se on nollaa, sitä parempi on signaalin laatu.

### Vapaan tilan vaimeneminen

Koska jopa 78 % Suomen pinta-alasta on metsää, vapaan tilan mallia päästään harvoin käyttämään sellaisenaan. Näköyhteysreitillä etenevän radioaallon vapaan tilan vaimeneminen saadaan desibeleinä kaavasta:

$$L = 32,44 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

(L = Etenemisvaimennus (dB) f = Radioaallon taajuus (MHz) d = Antennien etäisyys (km))

Radioaalto tarvitsee riittävästi vapaata tilaa edetäkseen vaimentumatta.

Fresnelin vyöhyke on pyörähdysellipsoidi, jonka polttopisteet ovat radiolinkin antennien radiosäteilyn keskikohtat. Jos ensimmäinen Fresnelin vyöhyke on vapaana esteistä, voidaan etenemisvaimennus laskea käyttäen vapaan tilan kaavoja. Jos vyöhykkeellä on esteitä, käytettävät kaavat ovat kokemus- ja tapauskohtaisia.

### Metsän vaikutus

Metsät vaikuttavat langattomaan kommunikointiin huomattavasti ja aiheuttavat tiukkoja rajoitteita laitteiston ja radiolinkkien suunnitteluun. Täsmällinen radioaaltojen mallintaminen lehvistön läpi on kerännyt paljon huomiota sen sovelluksista moniin siviili- ja armeijatarpeisiin.

Verrattuna laajaperäisesti tutkittuun maanpäälliseen radioaallon etenemiseen, metsän lisääminen radiolinkin väliin lisää uuden muuttujan kuuluvuuden ennustamiseen. Metsät ovat satunnainen tekijä, joka lisää monia uusia radioaaltoon vaikuttavia hajaannuttajia, kuten lehtiä, oksia ja puunrunkoja. Puuston tai kasvuston huomiointi signaalin etenemiseen vaatii käyttäjältä huomattavasti tietoa mallinnettavasta alueesta sekä suuria yleistyksiä tyydyttävän ennustustarkkuuden saavuttamiseksi.

[www.oh3ac.fi/Karppinen\\_Tuukka.pdf](http://www.oh3ac.fi/Karppinen_Tuukka.pdf)

[<takaisin pääotsikoihin>](#)