

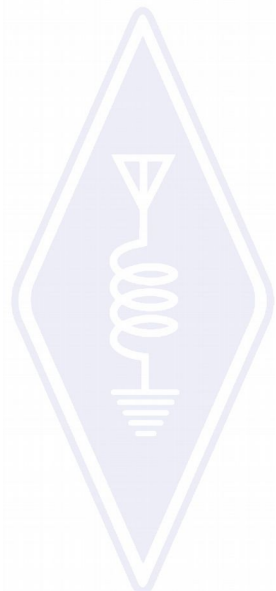
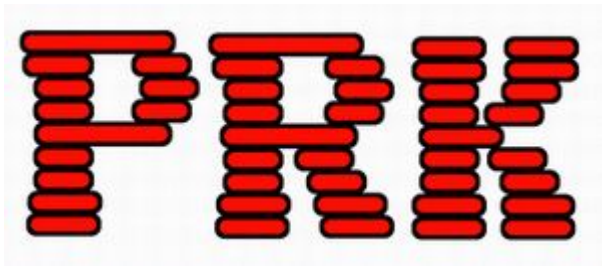
# Radioamatöörikurssi 2017

Polyteknikkojen Radiokerho

Luento 5: Siirtojohdot, antennit ja eteneminen

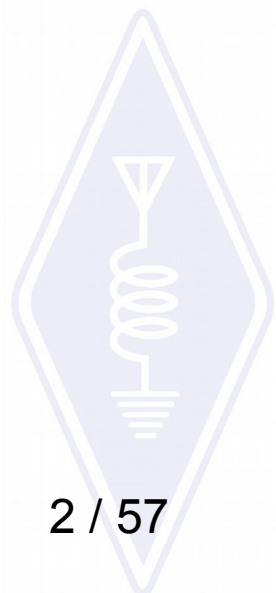
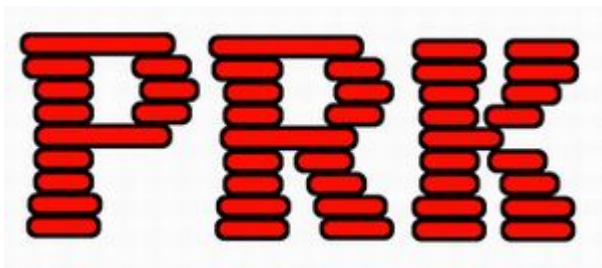
15.11.2017

Otto, OH2EMQ, [oh2emq@sral.fi](mailto:oh2emq@sral.fi)

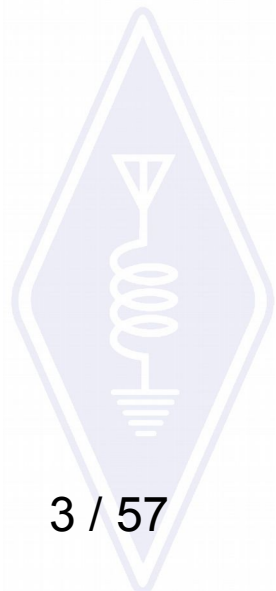
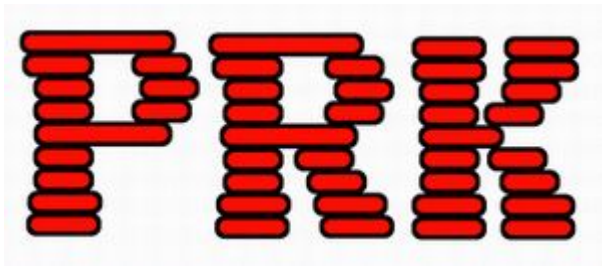


# Illan aiheet

1. Siirtojohdot, sovitus ja liittimet
2. Antennit
3. Radioaaltojen eteneminen



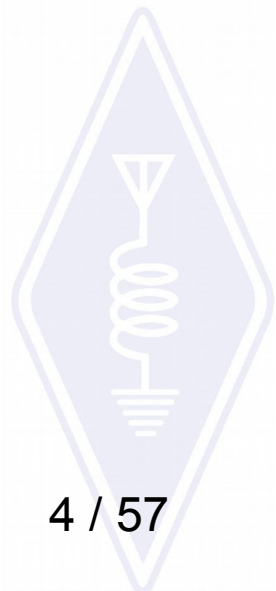
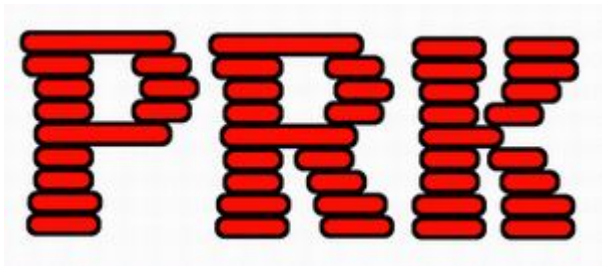
# 1. Siirtojohdot, sovitus ja liittimet



# Taustaa siirtojohtoille

Kenttäteorian dimensiot

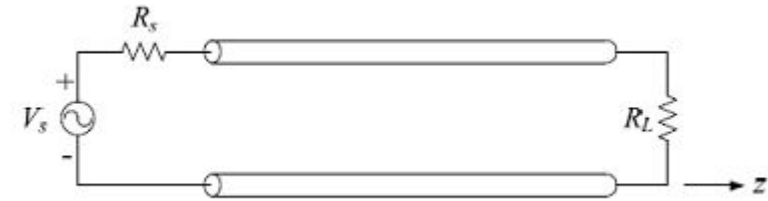
- 0D → keskitetty komponentti
  - Muutokset tapahtuvat ”pisteessä”
- 1D → siirtojohto
  - Muutokset tapahtuvat pituuden funktiona
- 2D → pinta
- 3D → väliaine, avaruus



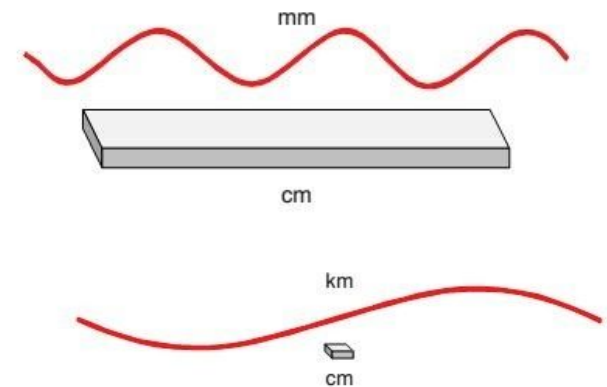
# Siirtojohto

- Mikä on siirtojohto?
  - Siirtää tehoa lähteestä kuormaan
  - Käytännössä kaapeli tai mikroliuskaajohto
- Miksi siirtojohto?
  - Aallonpituuden suhde komponentin kokoon

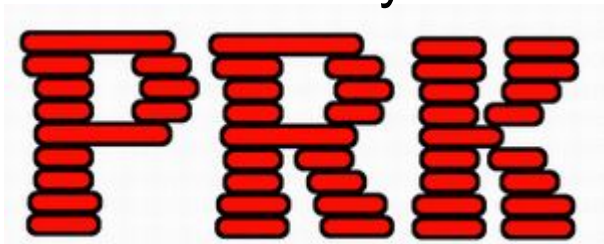
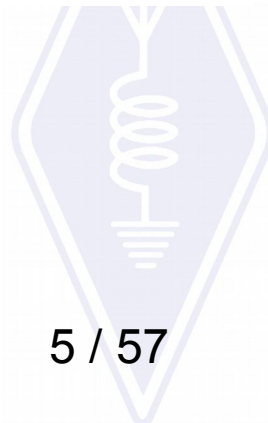
→ Jännite ja virta eivät samat komponentin molemmissa päissä
- Virran ja jännitteen suhde nimeltään ominaisimpedanssi
  - Ei liity resistanssiin eli häviöihin



<http://examcrazy.com/Engineering/Electronics-Communication/Telegrapher Equations For Transmission Lines.asp>

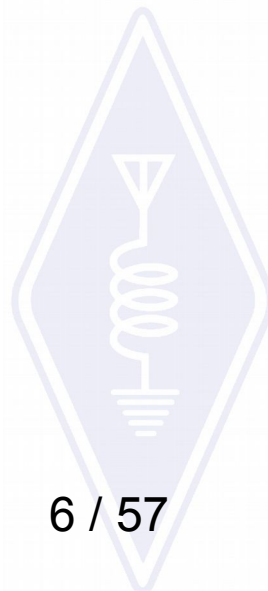
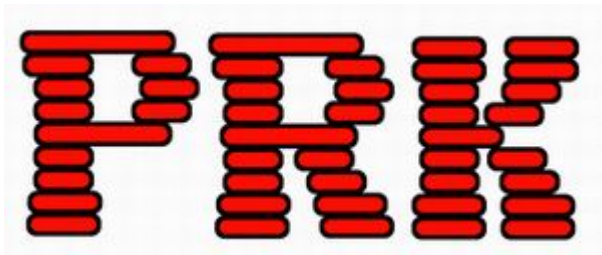


<https://www.quora.com/Why-do-we-use-distributed-elements-over-lumped-elements-in-microwave-filters>

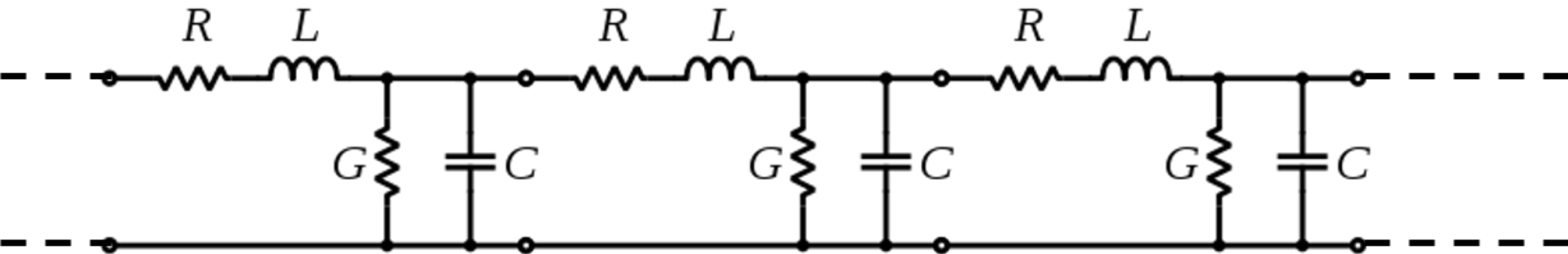


# Impedanssi

- Vaihtovirralla on impedanssi
  - Virran ja jännitteen suhde jossain pisteessä
  - Kaikissa laitteissa, kaapeleissa ja ilmiöissä
  - Eri asia kuin jännitteenjako
- Muutokset impedanssissa ovat epäjatkuvuuskohtia
  - Epäjatkuvuuskohdista voi tulla heijastumia → täytyy sovittaa
  - Radiotaajuuksilla (RF) täytyy sovittaa käytännössä aina
  - Audiotaajuuksilla (AF) ei tarvitse yleensä ottaa huomioon
- Siirtojohto sovitettu johonkin impedanssiin
  - Kaapeleilla laajalla kaistalla vakio impedanssi
  - Mikroliuskoilla kapeampia

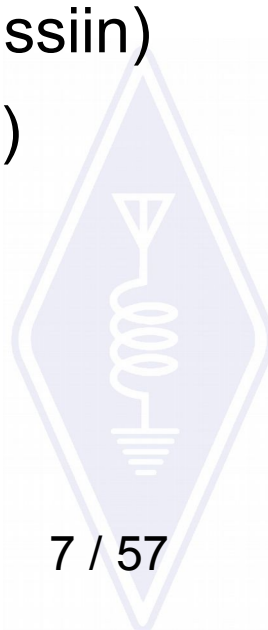
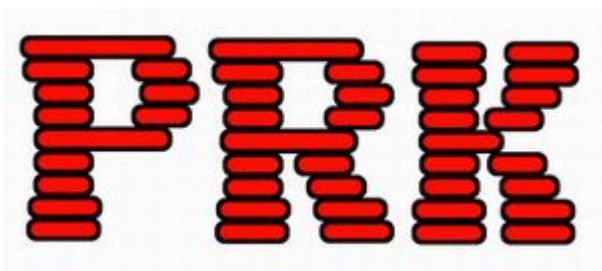


# Siirtojohdon sijaiskytkentä



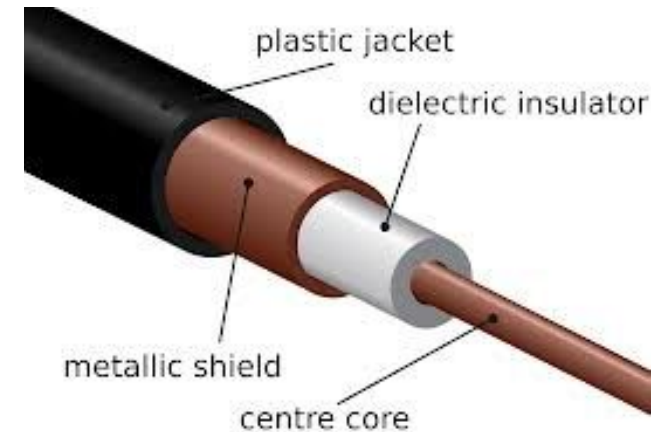
<http://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/introduction-to-the-transmission-line/>

- L ja C johdon rakenteesta riippuvia
- R johteen häviö (virtaa kuluu epäideaalisen johteen resistanssiin)
- G eristeen häviö (virtaa "vuotaa" epäideaalisen eristeen läpi)
- Häviöt kasvavat taajuuden funktiona



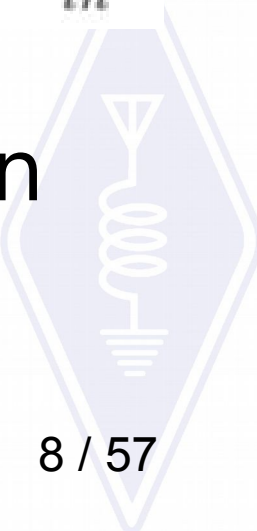
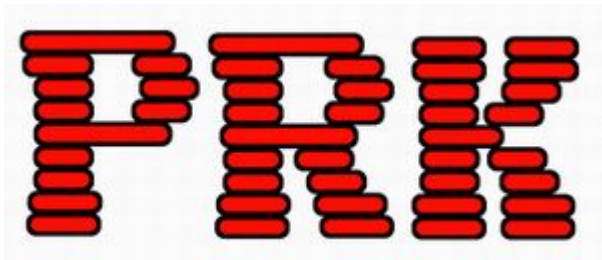
# Koaksiaalikaapeli

- Ominaisimpedanssi tavallisesti  $50\Omega$  tai  $75\Omega$
- Kentät kokonaan kaapelin sisällä
- Eristemateriaali vaikuttaa ominaisuuksiin
- Balansoimaton
- Paksuudesta voi arvioida häviöllisyyden



[https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial\\_cable](https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_cable)

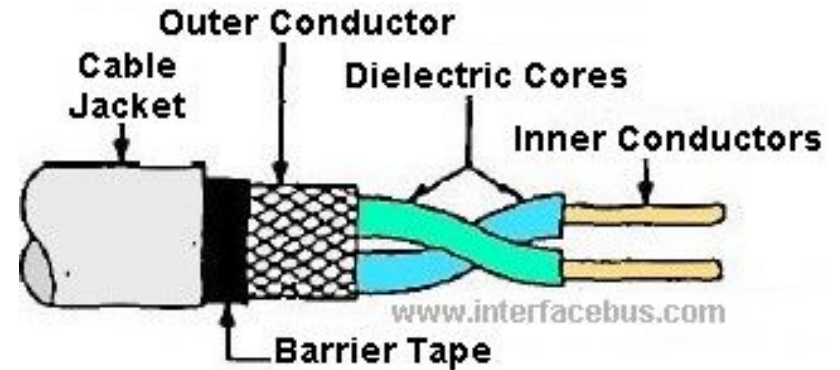
$$Z_0 = \frac{V}{I} = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}}{2\pi} \ln\left(\frac{r_{out}}{r_{in}}\right)$$



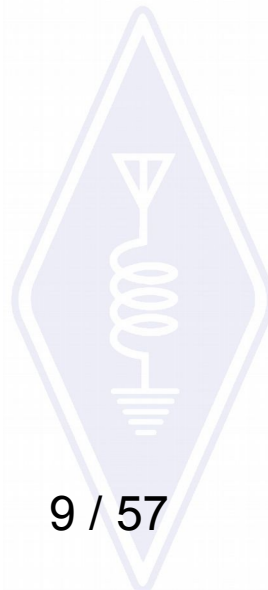
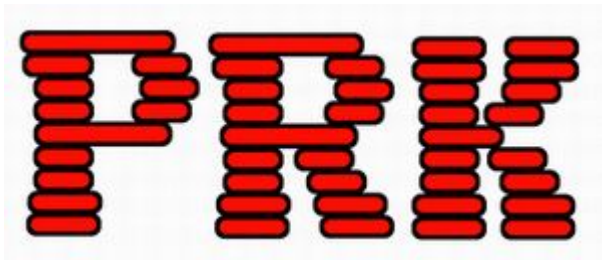


# Parikaapeli

- Usein avoin rakenne, kentät eivät rajattuja  
→ Viereiset metallirakenteet vaikuttavat impedanssiin
- Kierrettyä tai kiertämätöntä
- Voi olla useita pareja
- Tyypillisiä impedansseja esim.  $150\Omega$ ,  $300\Omega$ ,  $450\Omega$  ja  $600\Omega$
- Balansoitu
- RF:llä yleensä vain HF:llä
- Esim verkkokaapeli 4 paria, kierrettyä suojattua tai suojaamatonta

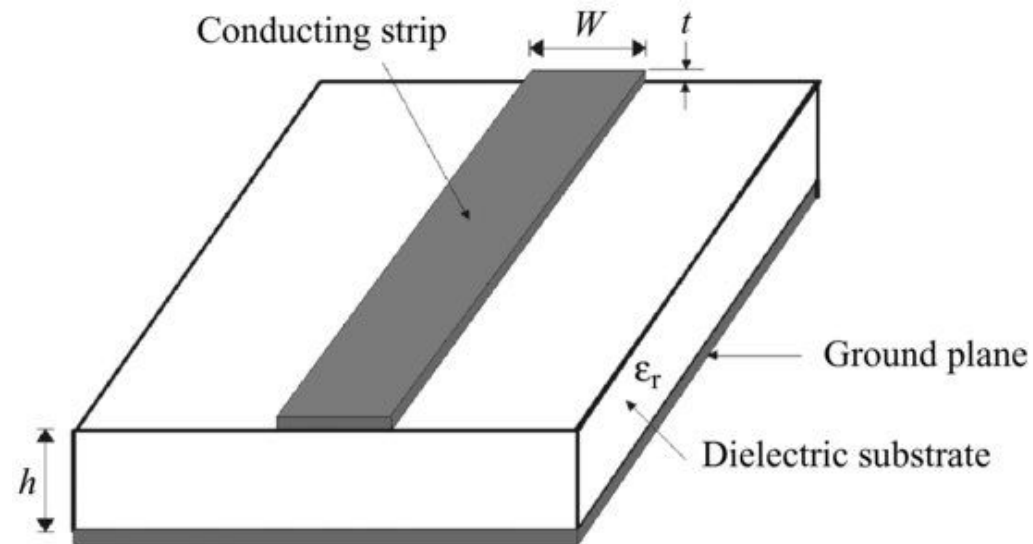


<http://www.interfacebus.com/Glossary-of-Terms-twisted-pair-cable.html>

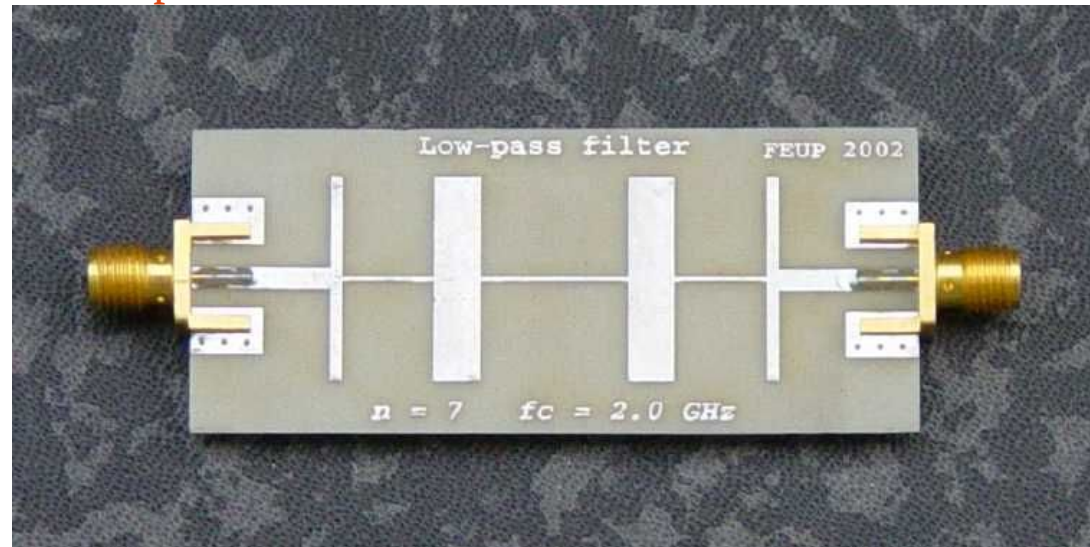


# Mikroliuska

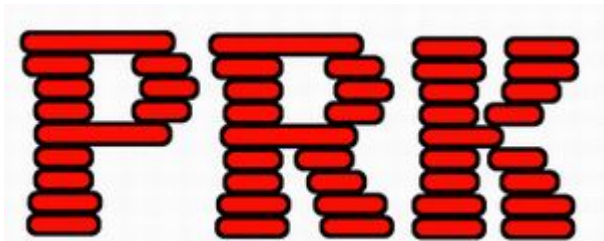
- Liuskan leveys & paksuus, ja substraatin paksuus & permittivisyys määräävät impedanssin
- Hajakapasitanssit täytyy ottaa huomioon esim. mutkissa ja päissä
- Mikroliuskalla voi korvata muita piirejä



[https://www.safaribooksonline.com/library/view/microstrip-filters-for/9781118002124/OEBPS/9781118002124\\_epub\\_ch\\_4.htm](https://www.safaribooksonline.com/library/view/microstrip-filters-for/9781118002124/OEBPS/9781118002124_epub_ch_4.htm)



<https://paginas.fe.up.pt/~hmiranda/etele/microstrip/> 10 / 57

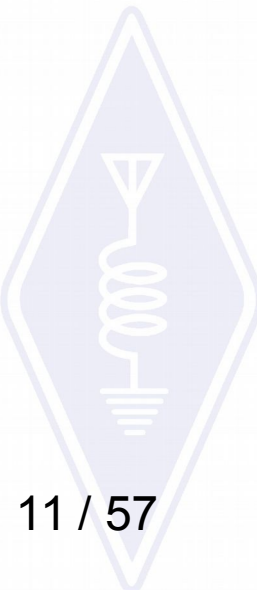
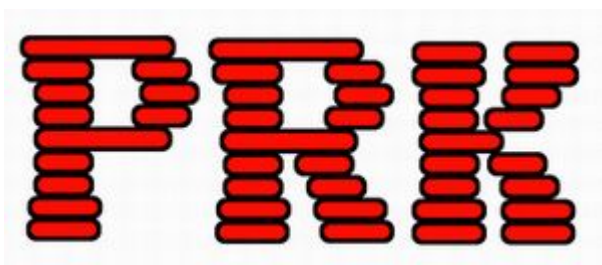


# Aaltoputki

- Metalliputki, jonka sisällä kentät värähtelevät
- Sivun pituus  $> \lambda/2$ , jotta aalto etenee  $\rightarrow$  vain korkeilla taajuuksilla
- Pienihäviöinen
- Kömpelö
- Yleensä vain torviantennin syöttönä

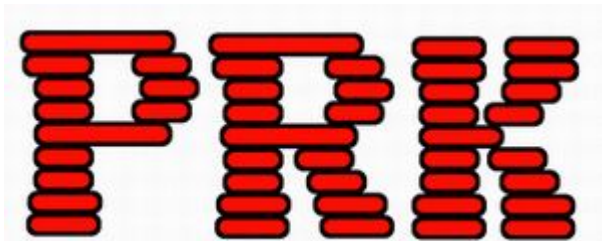
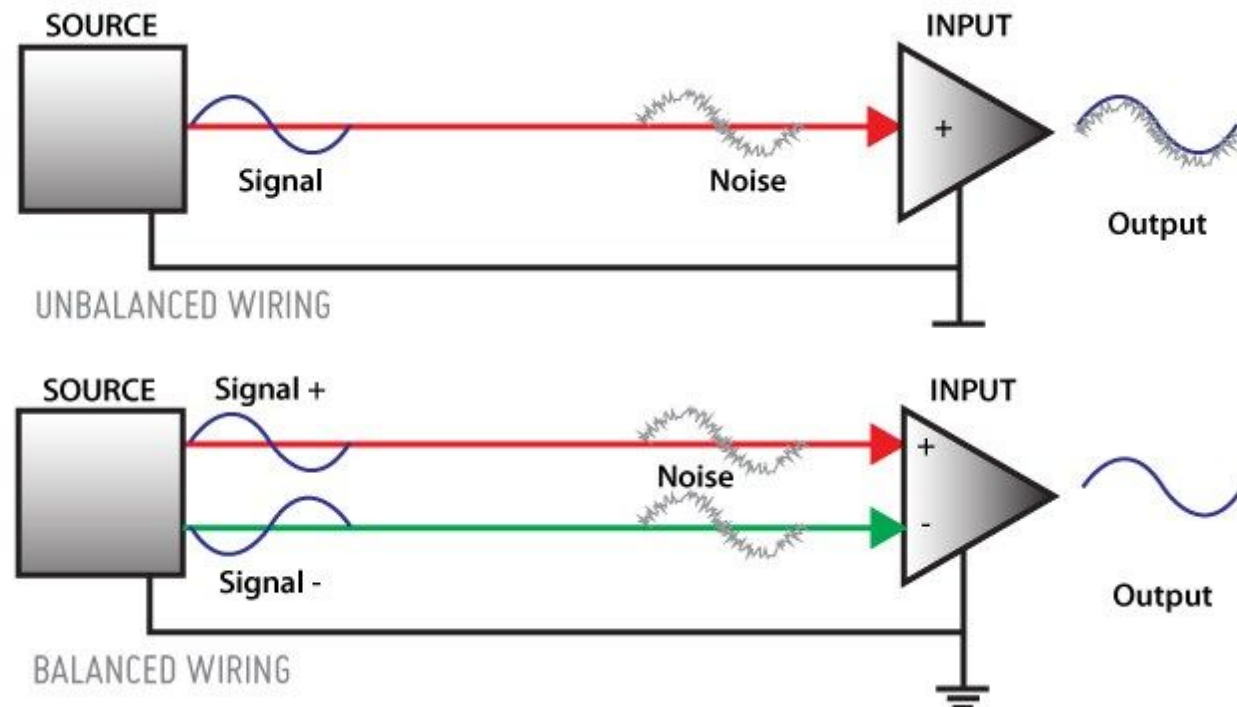


<http://www.atmmicrowave.com/waveguide/adapter/>



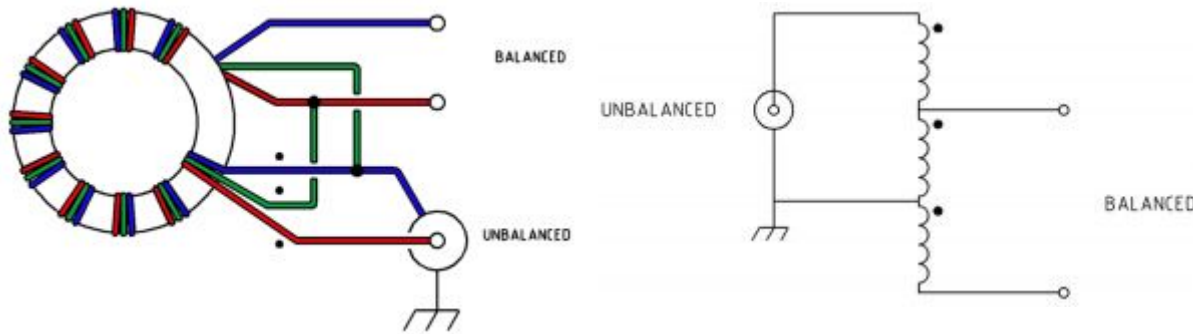
# Balansoitu vs. balansoimaton

- Ts. differentiaalinen vs. yksipäinen
- Siirtojohto määrittää sopivan aaltomuodon
  - Balansoidussa kaksi identtistä johdinta
  - Balansoimattomassa maataso toisena johtimena
- Estävät erilaisia häiriöitä kytketyistä



# Balansoidusta balansoimattomaksi

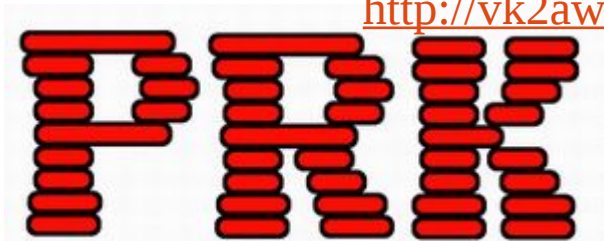
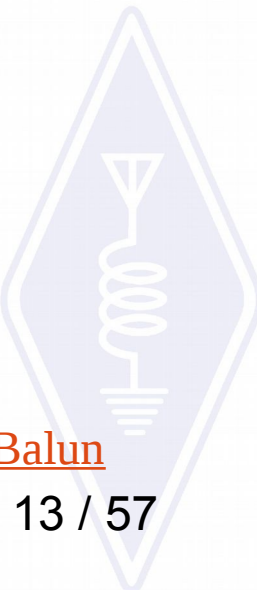
- Balun = **B**alanced to **U**nbalanced
  - Esim. balansoimattoman syöttöjohdon ja balansoidun antennin/syöttöjohdon välissä
- Estää vaippavirrat koaksiaalikaapelin pinnalla
- Toimii muuntajana. Usein 1:1, 1:4 tai 1:9 suhde.



<http://vk2awx.net/category/projects>



<https://en.wikipedia.org/wiki/Balun>

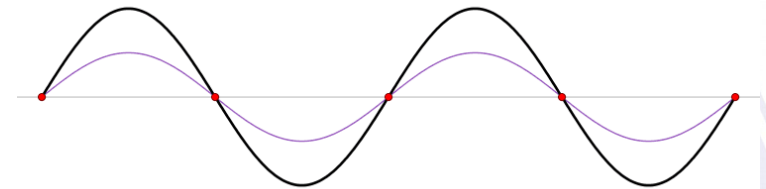




# Sovitus

- Ominaisimpedanssin muuttuessa tehoa heijastuu takaisinpäin
- Kuvataan heijastuskeroimella  $\rho$  tai seisovan aallon suhteella SAS (standing wave ratio, SWR)
- $\rho$  heijastunut jännite suhteessa sisääntulevaan
- SWR suurimman ja pienimmän heijastuneen jännitteen suhde siirtojohdossa

$$0 < \rho < 1 \text{ ja } 1 < \text{SWR} < \infty$$



[https://en.wikipedia.org/wiki/Standing\\_wave\\_ratio](https://en.wikipedia.org/wiki/Standing_wave_ratio)

# Sovitus vaimentimen/kaapelin läpi nähtynä

- Tentissä kysytään ”SAS antennilla on 2, väliin kytketään vaimennukseltaan 1 dB kaapeli, mitä on SAS kaapelin toisella puolella?”

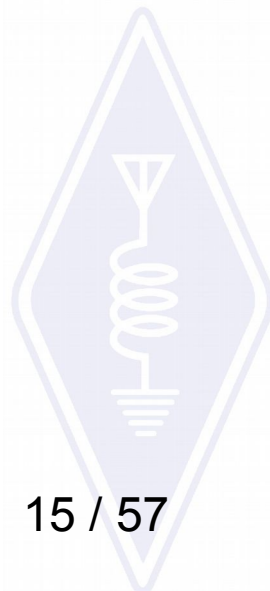
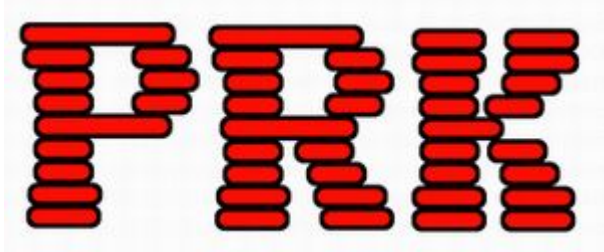
$$SAS_{ant} = 2 \rightarrow \rho = \frac{SAS_{ant} - 1}{SAS_{ant} + 1} \quad (1)$$

$$-1dB = -10dB + 3dB + 3dB + 3dB \rightarrow 0,8 \quad (2)$$

$$V_{refl} = \frac{1}{3} * 0,8 * 0,8V_{in} = 0,21V_{in} \quad (3)$$

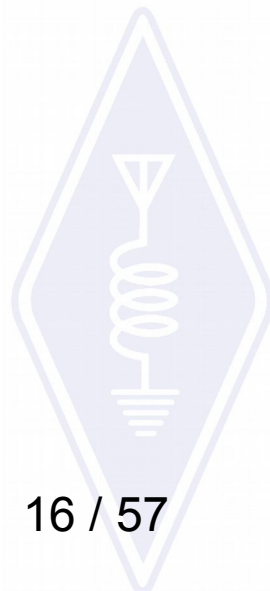
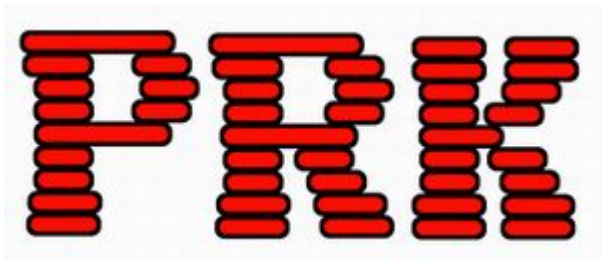
$$SAS_{in} = \frac{V_{in} + V_{refl}}{V_{in} - V_{refl}} = \frac{1 + 0,21}{1 - 0,21} = 1,53 \quad (4)$$

- Vaimennin välissä ”parantaa” sovitusta → resistiivinen sovitus



# Sovitus ja hyötysuhde

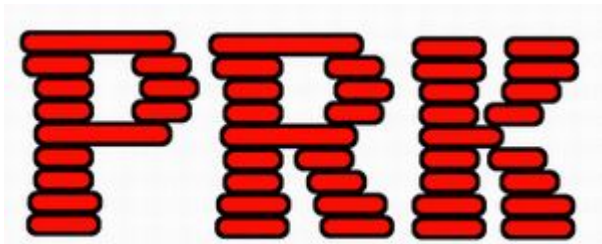
- Reaktiivinen sovitus
  - Maksimoi pätötehon
  - Tehoa ei kulu loistehoon oskilloimaan reaktiivisten osien välillä
- Impedanssisovitus
  - Poistaa epäjatkuvuuskohdat
  - Tehoa ei heijastu takaisin
- Resisttiivinen impedanssisovitus
  - Poistaa heijastumat vaimennuksilla
  - Parantaa sovitusta, mutta huonontaa hyötysuhdetta
  - Sivutuotteena reaalimaailman vaimenuksista





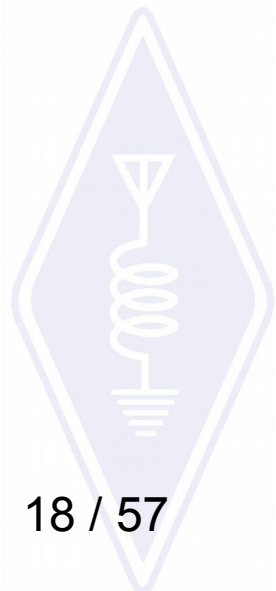
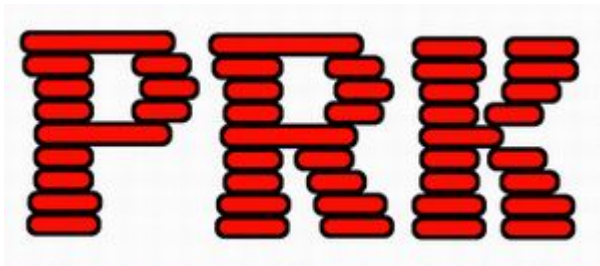
# Antennin sovitus

- Resonanssitaajuudella  $\rho$  ja SWR minimissä
- Kun  $SWR < 2$ , antenni hyvin sovitettu, toimii lähettämiseen ja vastaanottamiseen
- Kun  $SWR < 4$ , antenni ”toimii vastaanottamiseen” ts. ei kannata laittaa (paljoa) tehoa heijastumaan takaisin
  - Vastaanoton herkkyys huono, koska tehoa heijastuu takaisin antenniin
- Antennin virityslaitteella sovitetaan epäsovitettu kuorma lähettimeen
  - Lähettäessä: suojaa lähettimen heijastuksilta, parantaa hyötysuhdetta
  - Vastaanotossa: parantaa herkkyyttä
- Virittämisellä tarkoitetaan antennin mitoitusta ilman sovituspiiriä



# RF-liittimet (1/3)

- Myös liittimet täytyy sovittaa
  - Tehty jo kaupassa
- Lähes jatkuvia siirtojohtoja
- Mielellään ei montaa adapteria peräkkäin
- Oikea kiinnitys
  - Jokaiselle liittimelle on omat kikkansa
- Säänkestävyys
  - Normaali ja/tai vulkanoituva teippi



# RF-liittimet (2/3)

	Impedanssi	Taajuusalue	Tehonkesto	Koko	Muuta
N-liitin	50 $\Omega$	< 1 GHz	Satoja watteja	Iso	Yleisliitin
UHF-liitin	50 $\Omega$	< 30 MHz	Pari kilowattia	Iso	ns. "lukko-banaani"
BNC-liitin	50/75 $\Omega$	< 4 GHz	Kymmeniä watteja	Keskiverto	Nopea kiinnittää → Näppärä testailuihin ja mittalaitteisiin



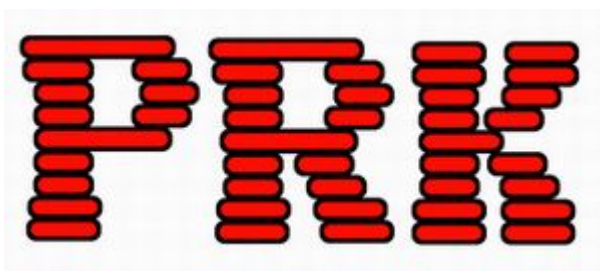
[https://en.wikipedia.org/wiki/N\\_connector](https://en.wikipedia.org/wiki/N_connector)



<http://uk.rs-online.com/web/p/uhf-connectors/7123172/>



[https://en.wikipedia.org/wiki/BNC\\_connector](https://en.wikipedia.org/wiki/BNC_connector)



# RF-liittimet (3/3)

	Impedanssi	Taajuusalue	Tehonkesto	Koko	Muuta
SMA	50 $\Omega$	< 18 GHz	Kymmeniä watteja	Pieni	Yleisliitin isoille taajuuksille tai pienille tehoille
7/16-liitin	50 $\Omega$	< 7.5 GHz	pari kilowattia	Todella iso	Ham-käytössä harvinainen
F-liitin	75 $\Omega$	< 2 GHz	Kymmeniä watteja	Pieni	Yleinen TV-käytössä, kaapelin keskikarva osa liittintä



[https://en.wikipedia.org/wiki/SMA\\_connector](https://en.wikipedia.org/wiki/SMA_connector)

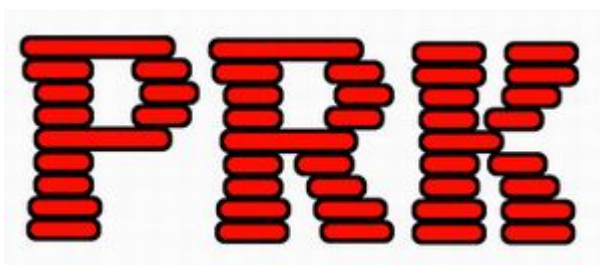


<http://uk.rs-online.com/web/p/7-16-connectors/7123179/>

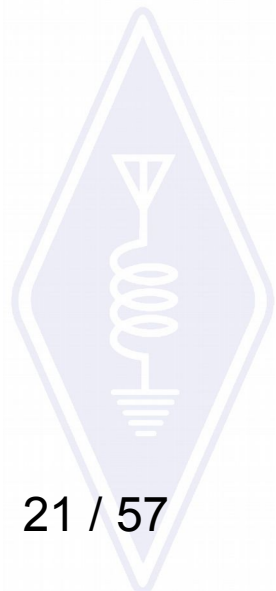
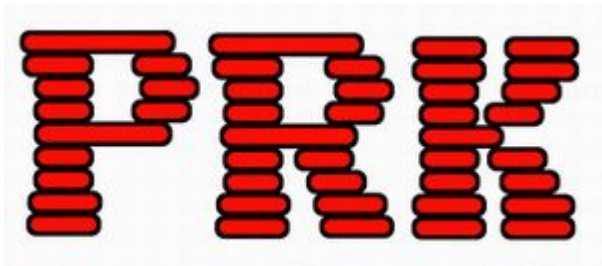


<https://www.fastenal.com/products/details/0719670>

20/57

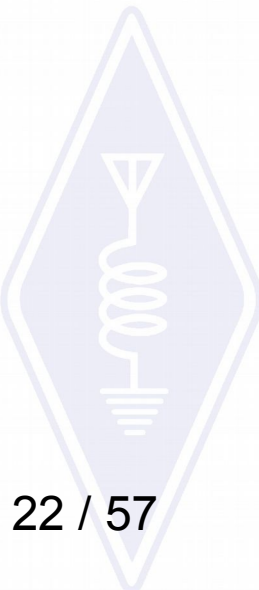
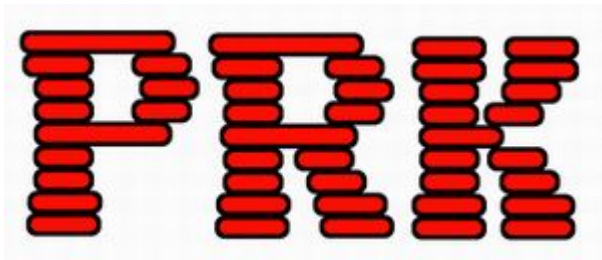


# 2. Antennit



# Antenni

- Muuttaa siirtojohdosta ohjatun aallon vapaan tilan aalloiksi ja toisinpäin
- Ominaisuudet taajuusriippuvia
  - Vahvistus, suuntaavuus, polarisaatio, impedanssi, sovitus...  
→ Antennin sopivalle toiminnalle rajallinen kaistanleveys
- Resiprookkinen
  - Ominaisuudet samat lähettäessä ja vastaanottaessa
  - Aktiiviantennissakin varsinainen antenniosa
- Joskus sovituspiiri osa antenna



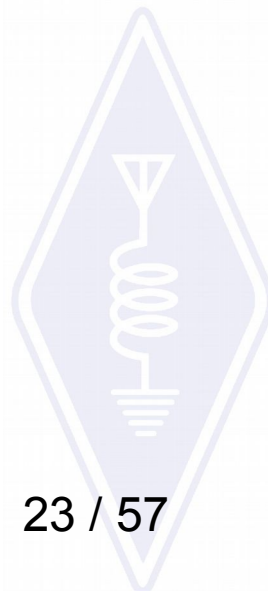
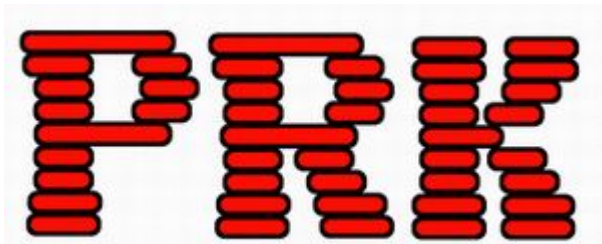
# Lähikenttä vs. kaukokenttä

- Johteet antennin vieressä (lähikentässä) vaikuttavat antennin toimintaan
  - Yagin elementit kytkeytyvät syöttöelementtiin
  - HF-langan korkeus määrittää suuntakuvion
- Kaukokentälle monta määritelmää. Varmasti kaukokentässä, kun kaikki ehdot täyttyvät
  - $r =$  etäisyys,  $D =$  pisin elementti,  
 $\lambda =$  aallonpituus

$$r > \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$r > 5D$$

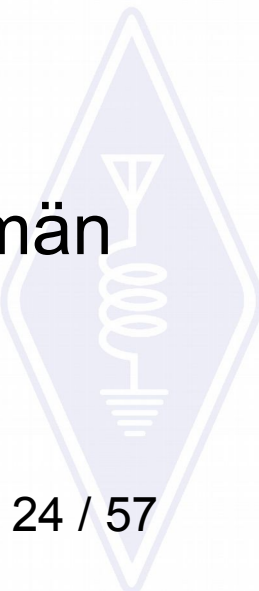
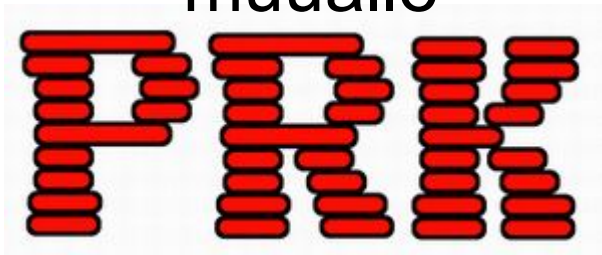
$$r > 1,6\lambda$$





# Vahvistus = Gain

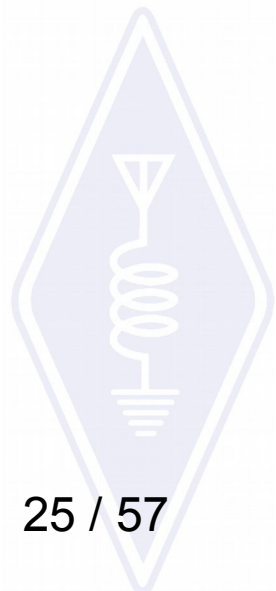
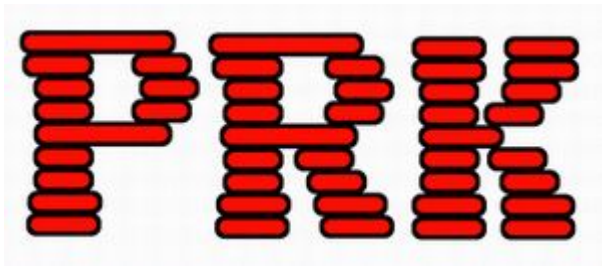
- Antenni on passiivinen komponentti → ei lisää tehoa
- Gain kuvaa suuntaavuutta verrattuna joka suuntaan tasaisesti säteilevään (isotrooppiseen) anteeniin → yksikkö dBi
  - EIRP säteilyteho, vertailukohtana isotrooppinen säteilijä
  - ERP säteilyteho, vertailukohtana dipoli 0 dBd = 2,15dBi
  - Gain voi olla myös alle 0dBi → häviöllinen
  - Gain = suuntaavuus - antennin häviöt  $G_{ant} = D\eta_{rad}$
- Säteilysuunnasta ja taajuudesta riippuva
- Iso gain → paljon tehoa yhteen suuntaan ja vähemmän muualle



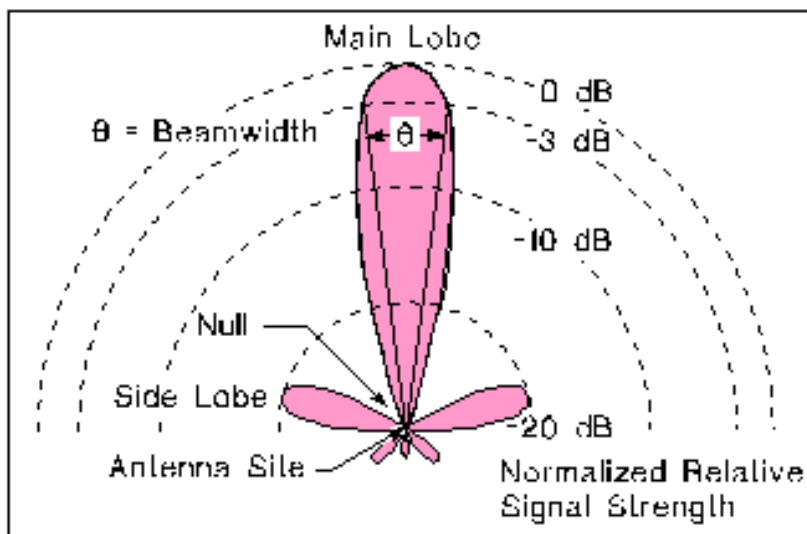


# Eri gainit

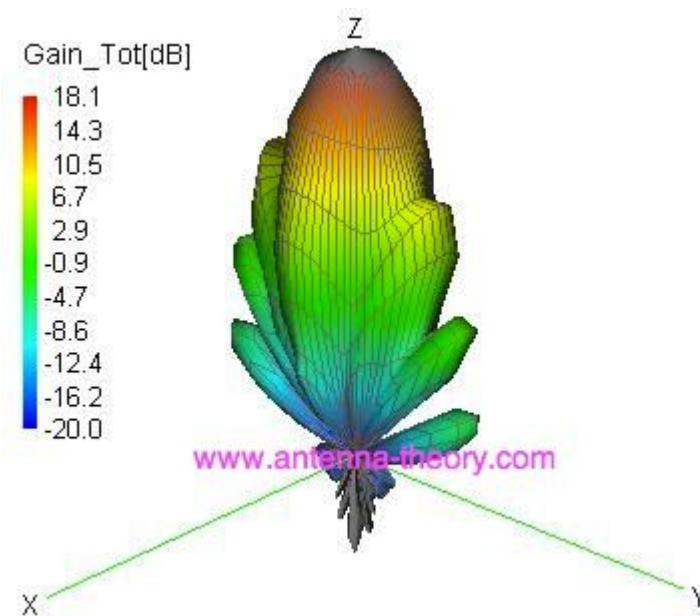
- Antennin efektiivinen pinta-ala/aallon pituus määrää maksimi suuntaavuuden
  - Iso antenni ei silti välttämättä suuntaava
  - Kaikilla antenneilla (jopa lanka-antenneilla) on efektiivinen pinta-ala
- Suuntaavuus
  - Ei ota huomioon mitään häviöitä
- Realized gain
  - Ottaa huomioon sovitushäviöt, antennin resistiiviset häviöt yms.



# Suuntakuvio

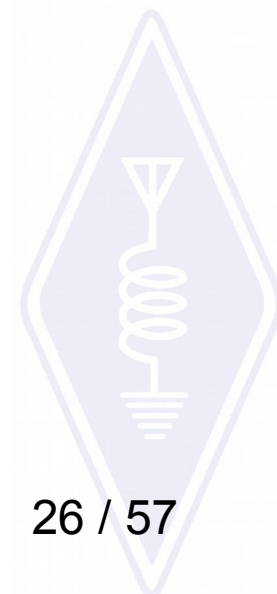
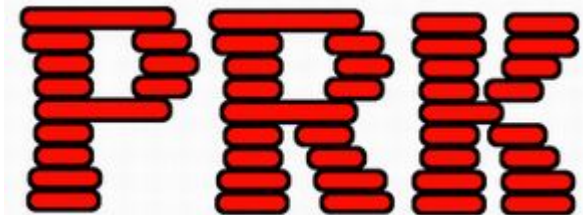


<http://trizuckr.com/radiation-pattern-of-antenna-ppt/>



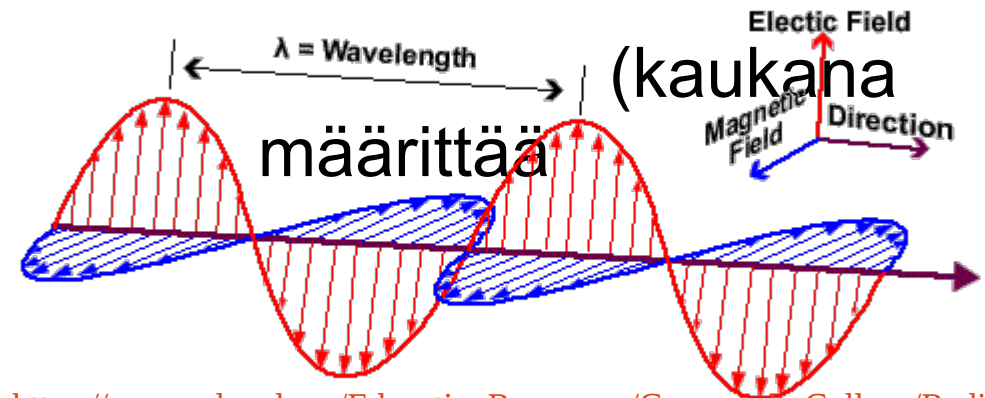
<http://www.antenna-theory.com/antennas/aperture/horn3.php>

- Keilanleveys = kulma  $-3\text{dB}$  pisteiden välillä
- Suuntaavilla antenneilla yleensä pääkeilan lisäksi myös sivukeiloja ja minimejä
- Etu-taka-suhde (F/B ratio)



# Polarisaatio

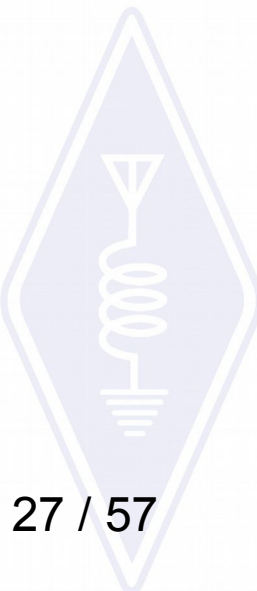
- Sähkökentän suunta antennista) polarisaation
- Lineaarinen/ympyrä



<https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/RadiationSafety/Theory/Chapter15.cfm>

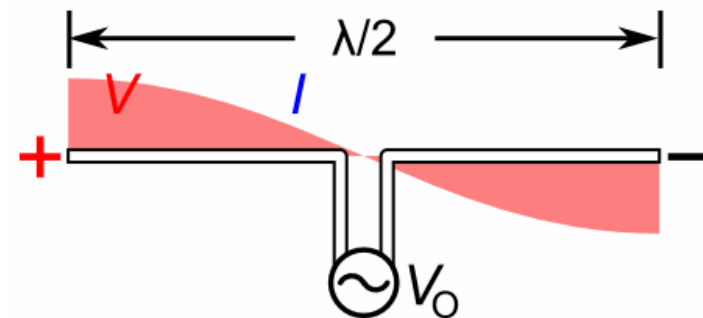
- Liikkuvilla asemilla ja toistinasemilla yleensä pystypolarisaatio
- Kiinteillä asemilla usein vaakapolarisaatio
- Satelliiteilla yleensä ympyrä (satelliitin asento tai faraday-kiertymä eivät vaikuta)
- Väärän polarisaation käyttö heikentää vastaanottoa huomattavasti
- Heijastukset, sironnat yms. tekijät yleensä tasaavat tehoa polarisaatioiden välillä

PRK

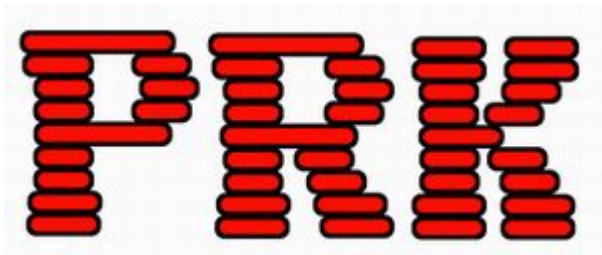


# Dipoli

- Puolen aallon dipoli on yksinkertaisin antenni
  - Skaalautuu ”helposti” kaikille taajuuksille
  - Resonanssissa myös parittomilla harmoonisilla →  $3\lambda/2, 5\lambda/2, \dots$  Suuntakuvio kuitenkin muuttuu
  - Kaistanleveys n. 10% keskitaajuudesta
  - Impedanssi  $\sim 73\Omega$  → voi ajaa suoraan  $50\Omega$ :sta
  - ympärisäteilevä
- Balansoitu → tarvitsee balunin koaksiaalikaapelilla syötettäessä
- Variantteja mm. taittodipoli, OCF-dipoli, häkkidipoli

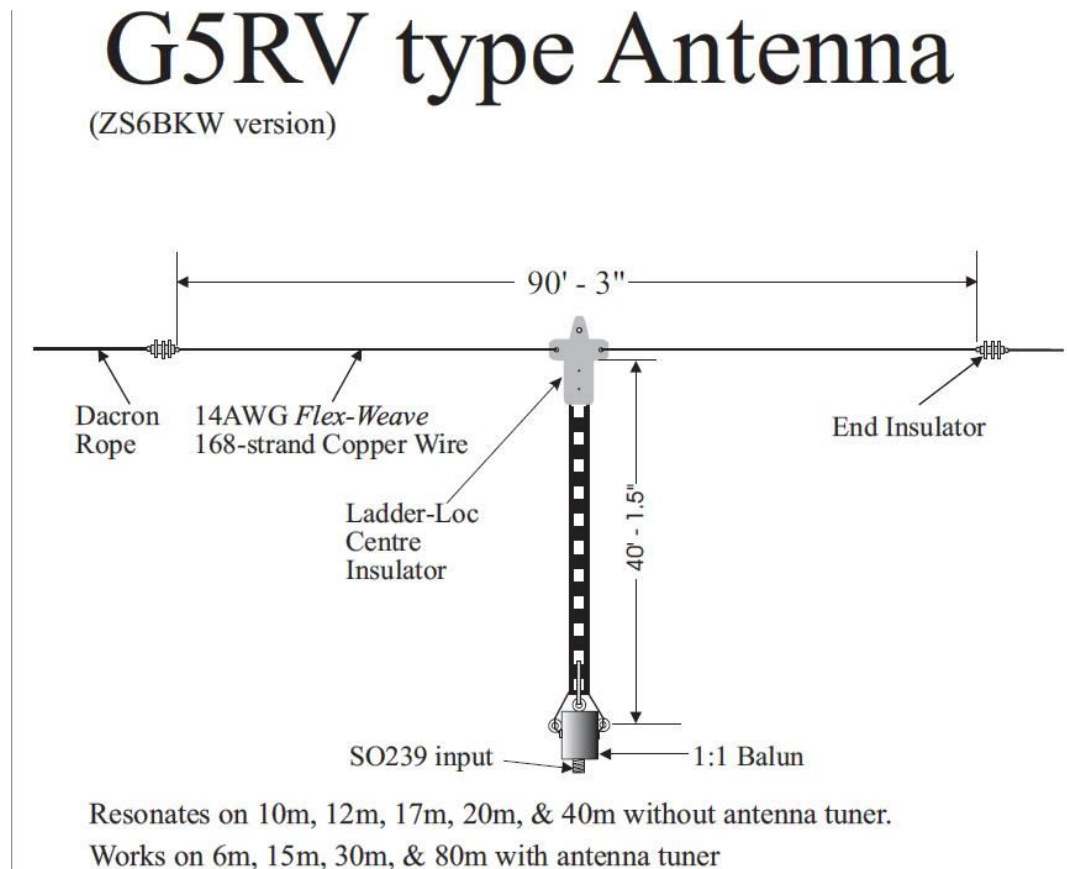


[https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna)

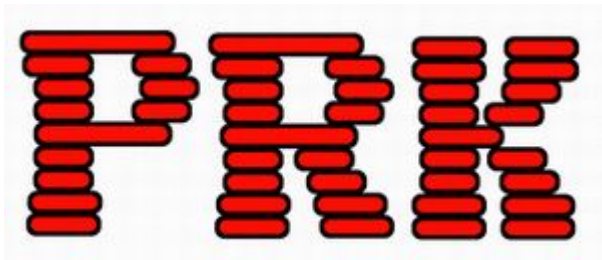


# Lanka-antennit

- Yleensä laajakaistaisia ja vaativat sovituksen
- Ok yleisantenneja
- Pitkälanka-antenni
  - suuntaava
- G5RV
  - Avolinjalla sovitettu 50Ω:iin



<https://www.ar15.com/archive/topic.html?b=10&f=22&t=678615>



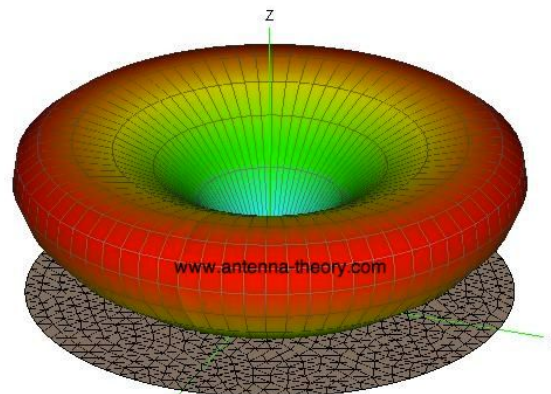


# Monopoli – Ground Plane (GP)

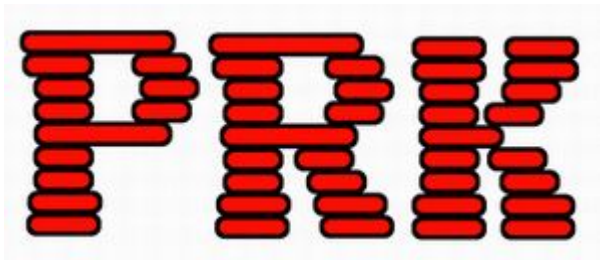
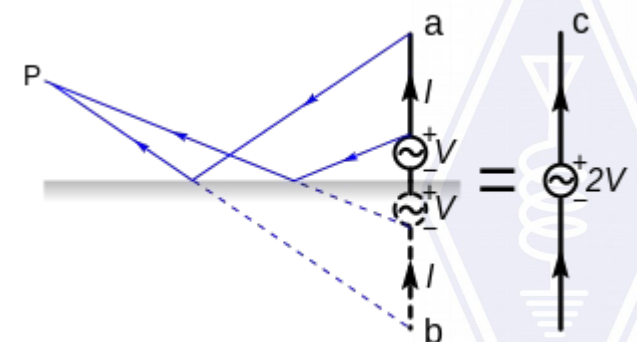
- Dipolin toinen viiksi korvataan maatasolla
- Balansoimaton → voidaan syöttää suoraan koaksiaalikaapelilla
- Yleensä pituudeltaan  $\lambda/4$  tai joskus  $5\lambda/8$
- Autoantennit



[https://en.wikipedia.org/wiki/Monopole\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Monopole_antenna)

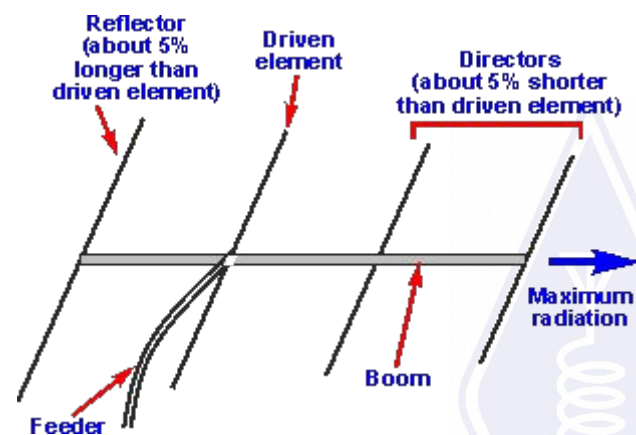


<http://www.antenna-theory.com/antennas/monopole.php>

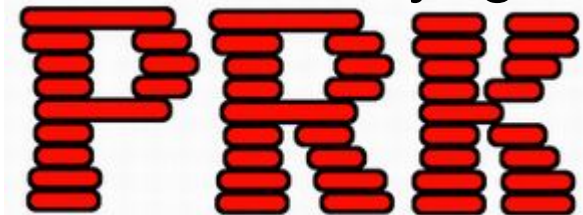


# Yagi-Uda - tuttavallisemmin Yagi

- Yleinen suunta-antenni
- Yleensä dipoli säteilijänä, yksi heijastin sekä suuntaajia
- Vahvistukseen ja suuntaavuuteen vaikuttavat sekä elementtien määrä että puomin pituus
- Vahvistus yleensä 4...20+ dBi
- Usein yageista antenniryhmiä
  - Tuplaamalla antennit +3 dB
  - Ristiyagilla ympyräpolarisaatio



<http://www.radio-electronics.com/info/antennas/yagi/yagi.php>





# Yageja käytännössä



<http://www.k5dhy.net/Ham/QSL/oh8x.html>



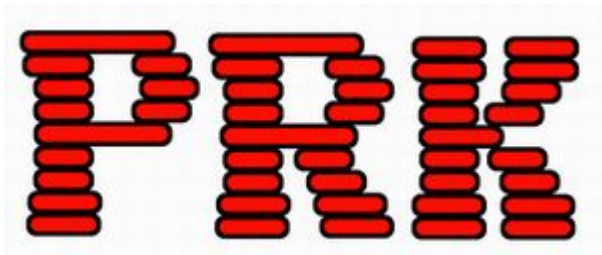


# Silmukka-antennit (loop)

- Magneettinen silmukka
  - Huomattavasti aallonpituutta pienempi
  - Hetkellisesti kapea kaista, viritettävissä laajan kaistan sisällä
  - Aukon suunnassa minimi
- Kokoaallon silmukka
  - vrt. taittodipoli levitettäisiin auki
  - Aukon suunnassa säteilymaksimi
- Big wheel antenna
  - Ympärisäteilevä
  - Helposti pinottava → isompi gain

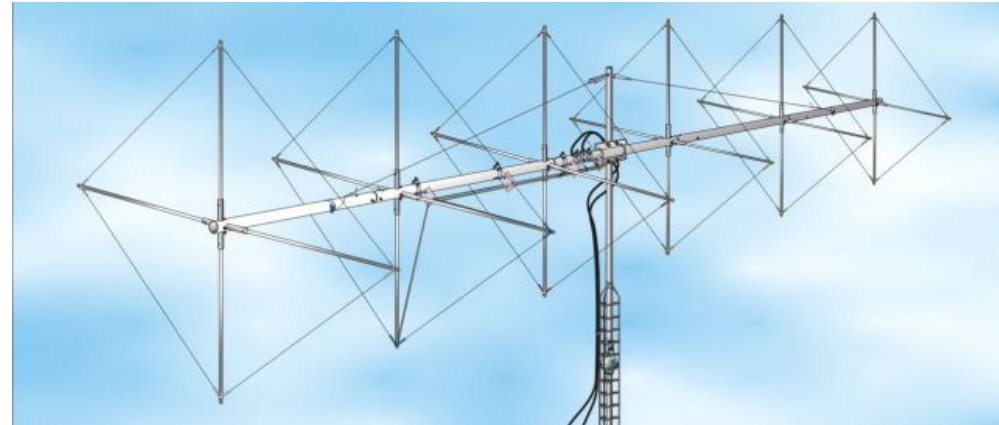


[http://www.wimo.com/big-wheel-antennas\\_e.html](http://www.wimo.com/big-wheel-antennas_e.html)

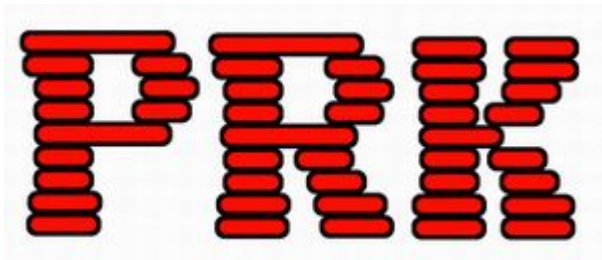


# Quadit

- Melkein kuin Yagi, mutta elementit silmukoita eivätkä dipoleja
- Vahvistusta pari dB enemmän kuin vastaavalla Yagilla
- Sisäkkäiset Quadit (eri taajuuksille) eivät häiritse toisiaan.
- Lineaarinen polarisaatio
- Syöttöpiste määrittää polarisaation



<http://www.lightningantennas.com/>

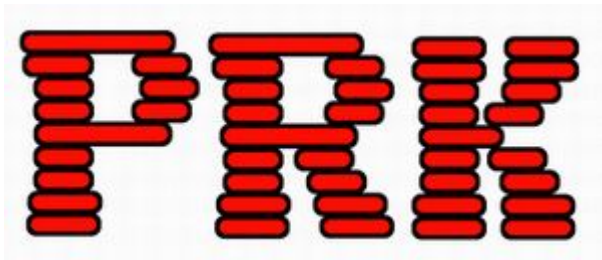


# Heijastinantennit

- Halkaisija iso, mielellään vähintään  $10\lambda$ 
  - Lähinnä gigahertseille
- Paljon vahvistusta
- Ei juurikaan sivukeiloja
- EME-yhteydet



[http://www.radio-electronics.com/info/antennas/parabolic/parabolic\\_reflector.php](http://www.radio-electronics.com/info/antennas/parabolic/parabolic_reflector.php)



# Helix

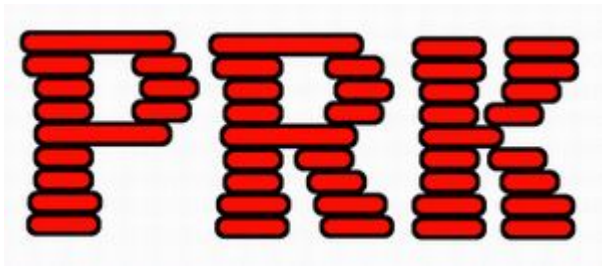
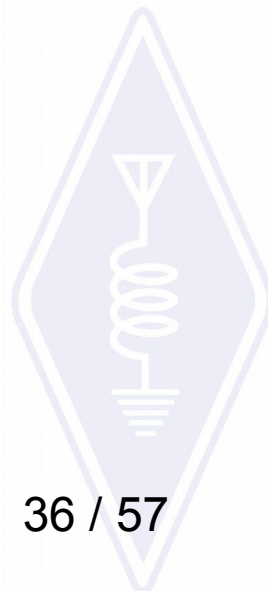
- Normaali moodi: kuin monopoli
  - $\pi D < \lambda$
  - Käsikapulat
  - Sähköisesti pidempi kuin vastaava monopoli
- Axialinen moodi: kuin ympyrä polarisoitu yagi
  - $\pi D \approx \lambda$
  - Satelliittiyhteydet
  - Polarisaation kätisyyttä ei voi vaihtaa
  - vertaa risti-yagi



[https://en.wikipedia.org/wiki/Helical\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Helical_antenna)



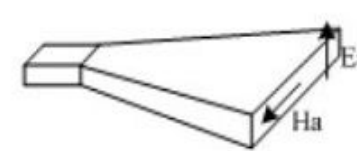
[https://en.wikipedia.org/wiki/Helical\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Helical_antenna)



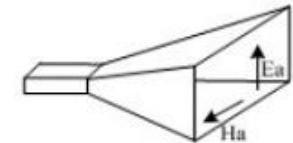
# Torviantenni

- Laajakaistainen kynnystaajuuden yläpuolella
- Käytännössä koon puolesta UHF ja ylöspäin

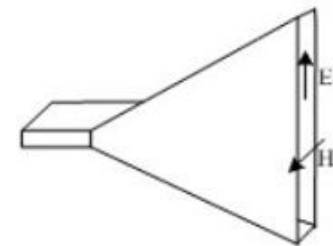
## DIFFERENT TYPES OF HORN ANTENNA



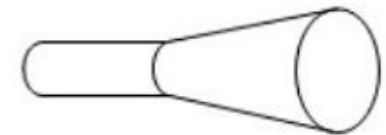
H-plane sectoral horn



Pyramidal horn

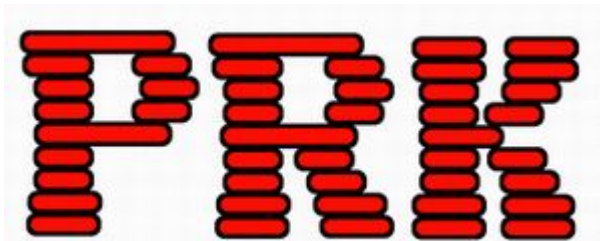
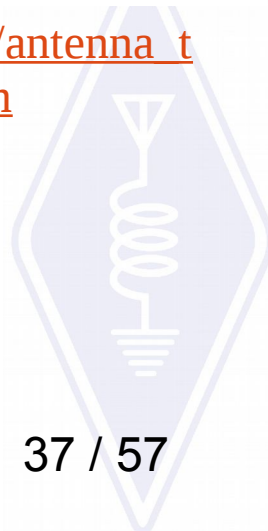


E-plane sectoral horn



Conical Horn Antenna

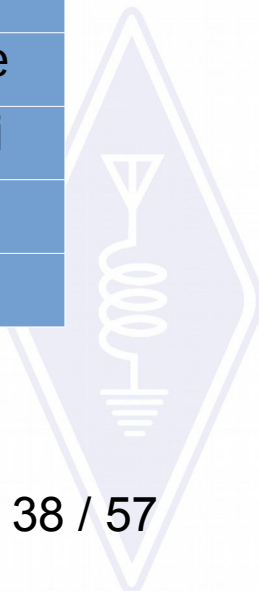
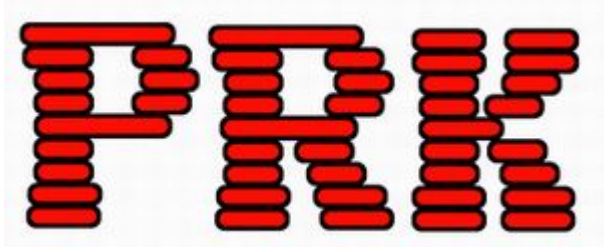
[https://www.tutorialspoint.com/antenna\\_theory/antenna\\_theory\\_horn.htm](https://www.tutorialspoint.com/antenna_theory/antenna_theory_horn.htm)



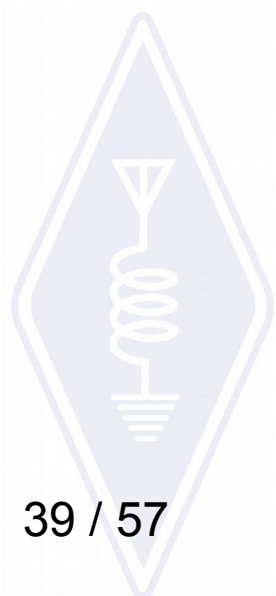
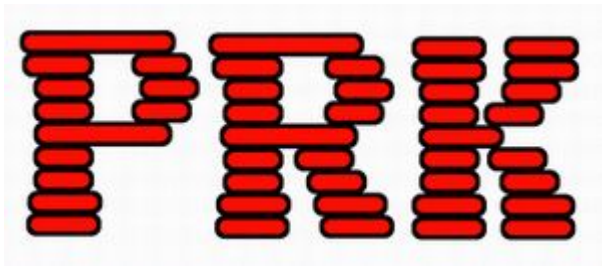


# Antennien ominaisuuksia

Antenni	Impedanssi	Huomioita
Puoliaalto dipoli	73 $\Omega$	Yksinkertainen ratkaisu melkein mihin vain
Taittodipoli	300 $\Omega$	Laajempi kaista kuin puoliaaltdipolissa
Neljännesaalto monopoli	36 $\Omega$	Vaatii maatason
Helix, normaali moodi	36 $\Omega$	Hieman lyhyempi kuin neljännesaalto
Helix, axiaalinen moodi	n. 100 – 200 $\Omega$	Kiertopolarisaatio
Yagi	n. 20 – 50 $\Omega$	Hyvä suuntaavuus VHF:lle ja ylemmäs
Pitkälanka	> 200 $\Omega$	Hyvä suuntaavuus HF:lle
Log-periodinen antenni	n. 200 $\Omega$	Kuin laajakaistainen yagi
Pieni silmukka	<< 10 $\Omega$	"magneettinen dipoli"
5/8 piiska	50 – 150 $\Omega$	Yleinen ajoneuvoissa

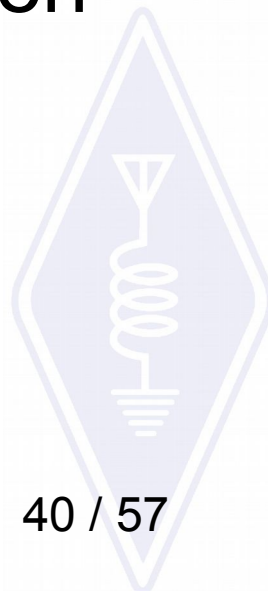
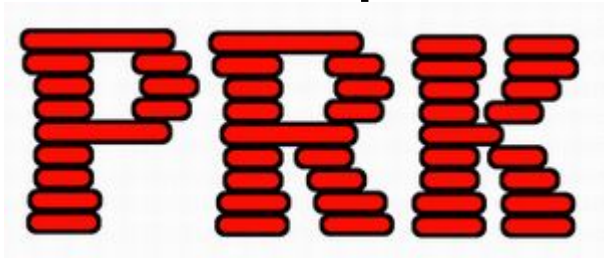


# 3. Radioaaltojen eteneminen



# Radioaaltojen etenemisestä

- Perus etenemismenetelmä näköyhteys (LOS)
  - Toimii ns. aina kaikilla bandeilla
- Muut menetelmät riippuu taajuudesta, vuorokaudenajasta, etäisyydestä yms.
- Korkeat taajuudet vaimenevat väliaineessa nopeammin (niin ilmassa kuin kaapelissakin)
- Vastaanotettu signaali useaa reittiä saapuneen signaalin summa → polarisaatio voi kääntyä
- Short path = suorin yhteys, long path = maapallon ympäri



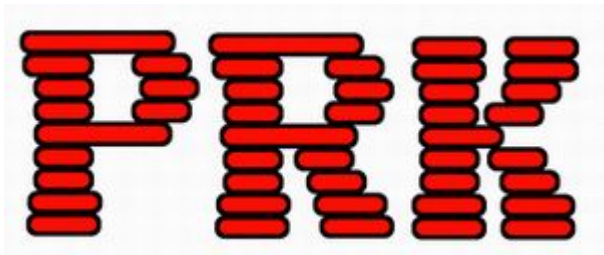
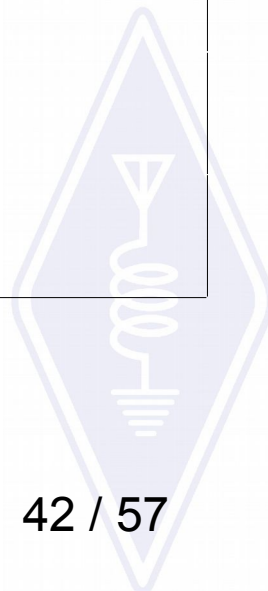


# Etenemismuodot eri bandeilla

Bandi	1. Etene- mistapa	Yhteys-pituus	2. Etene- mistapa		3. Etene- mistapa	
160m	Pinta-aalto	<200km	NVIS			
80m	NVIS	<500km				
40m	Ionosfääri	<4000km				
20m	Ionosfääri	Maapallon ympäri				
10m	Ionosfääri	<4000km			Aurora	
6m					Aurora	
4m					Aurora	
2m	LOS		Tropo		Aurora	
70cm	LOS		Tropo		Aurora	
23cm	LOS		Tropo			
13cm	LOS		Tropo			

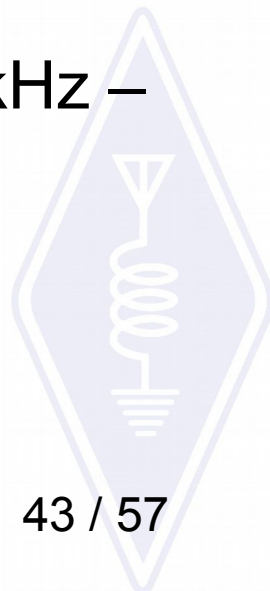
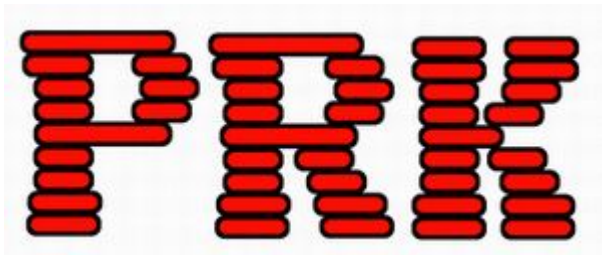
# Eteneminen eri taajuuksilla

<b>Bandi</b>	<b>Taajuusalue</b>	<b>Pääasialliset etenemismuodot</b>
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



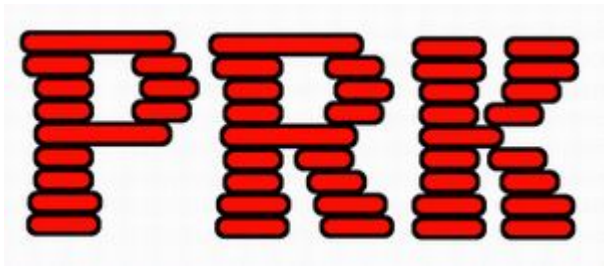
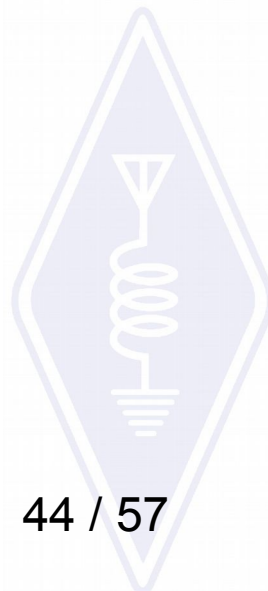
# Pinta-aalto

- Matalat taajuudet sitoutuvat johtavaan maatasoon → seurailee maapalloa horisontin taakse
- Tasainen ja johtava maa (merivesi) ovat hyviä.
- Yhteys ennustettavissa
- Edellyttää pystypolarisaatiota
- Vaikutukset:
  - Dominoiva etenemistapa <150 kHz
  - Tasavertainen etenemistapa ionosfäärin kanssa 150 kHz – 1,8MHz
  - Yhteydet satoja kilometrejä



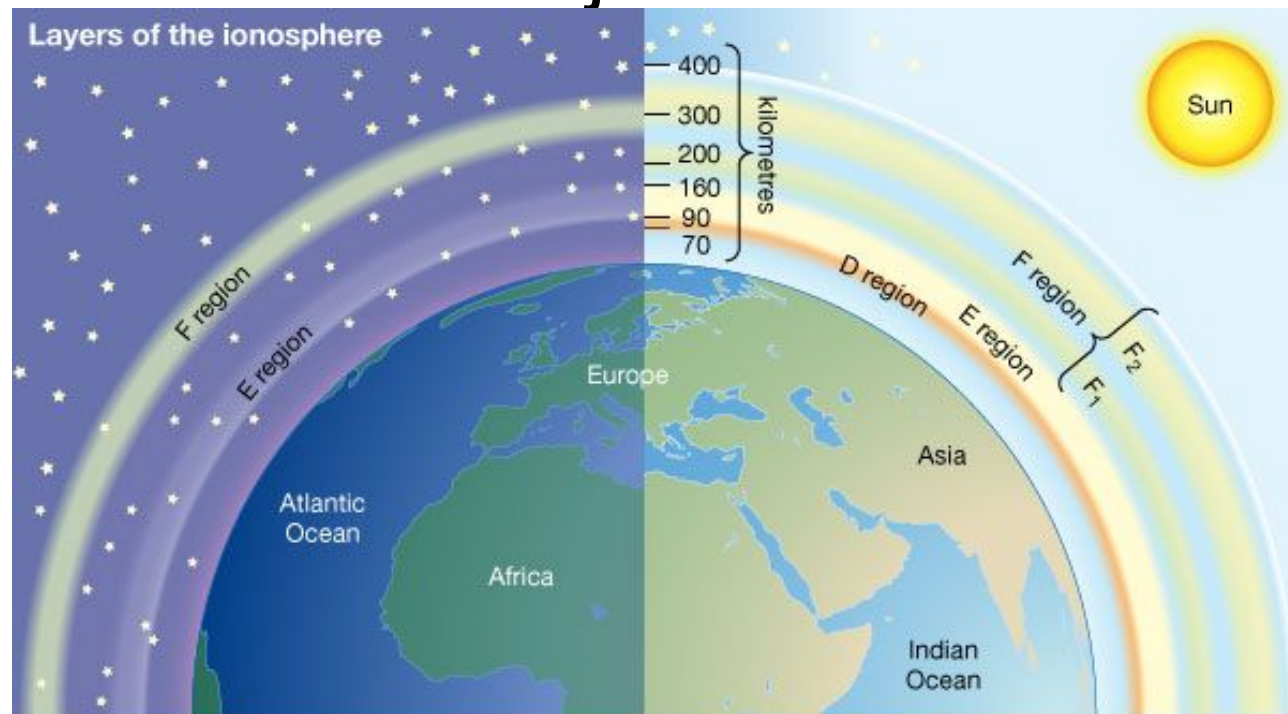
# Troposfääri

- Ilmiöt n. 9 – 17 km korkeudessa
  - Troposfääri alkaa jo maan pinnasta
- Sääilmiöt troposfäärissä
- Kanavoituminen: aalto taittuu tai heijastuu erilämpöisten ilmakerrosten (inversiokerrokset) välissä jopa useita kertoja
- Siroaminen: ”hajaantuminen” pienistä partikkeleista, vesihöyry, pilvet, sade, lentokoneiden vanat
- Vaikutukset:
  - Jatkuva radioaaltojen kaartuminen
  - Vaikeasti ennustettavat, normaalia huomattavasti pidemmät yhteydet VHF:llä, UHF:llä ja ylempänä.
  - Sateen vaimennus UHF:llä ja ylempänä

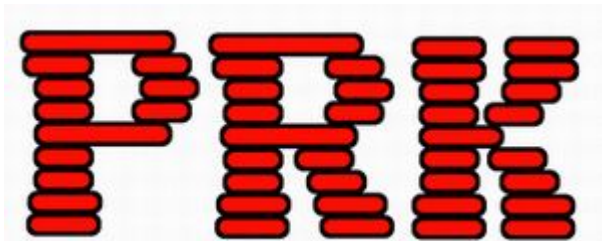


# Ionosfääri

- Auringon säteily ionisoi ilman molekyylejä → johtavuus → johtava pinta heijastaa
- Auringon aktiivisuus vaikuttaa (vaihtelee 11 vuoden jaksonajalla)
- Pisimmät yhteydet ionosfääriheijastuksilla maapallon ympäri
- HF:n suosion syy
- Useita kerroksia

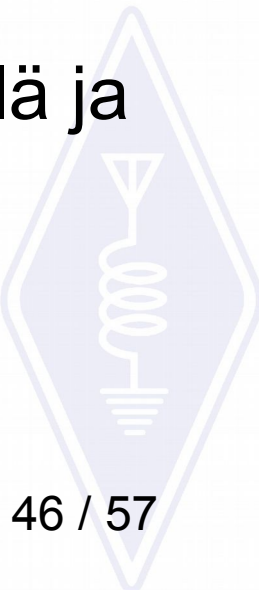
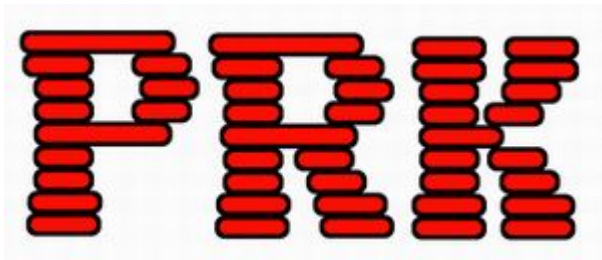


© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.



# D-kerros

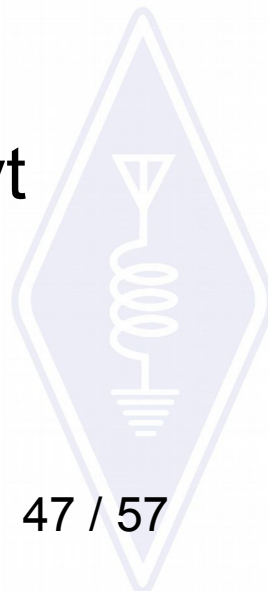
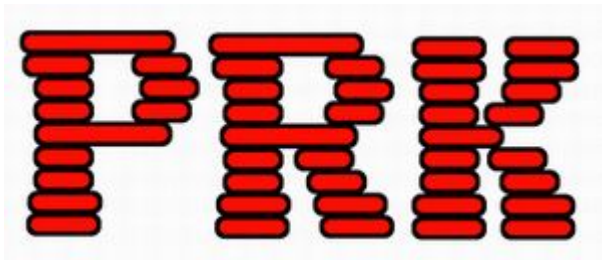
- 65–95 km korkeudessa
  - Ionosfäärin alin kerros
- Aktiivinen päivällä
- Vaikutukset:
  - Estää ylemmille ionosfäärin kerroksille pääsyn päivällä ala HF:llä (n. 1.8 – 10 MHz)
  - Signaalin yö/päivä-suhde luokkaa 1:1000 kesällä ja 1:10 talvella





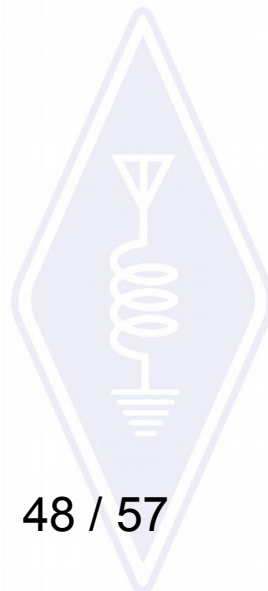
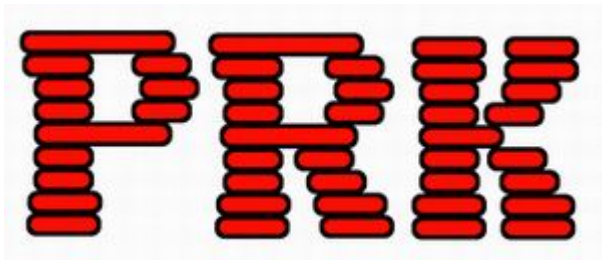
# E-kerros

- 90–125 km korkeudessa
- Aktiivinen päivällä
- Heijastaa ylä HF-taajuuksia
- Skippi = hypyn pituus <2500 km
- Sporadinen E
  - Paikallinen hyvin heijastava kerros
- Aurora → VHF/UHF
  - Meteoritiien ionisoimat vanat → VHF, hyvin lyhyt yhteys



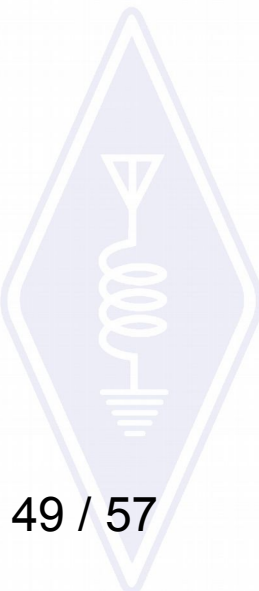
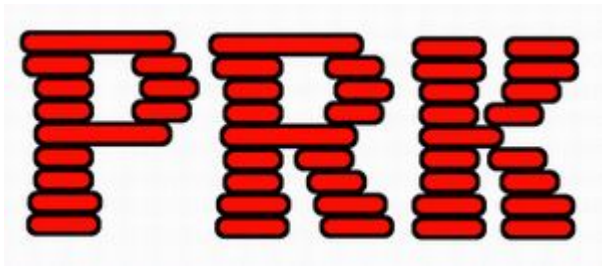
# F-kerros

- Yöllä 200–400 km korkeudessa
- Päivällä eriytyy F1 ja F2 -kerroksiksi (160–180 km ja 200–400 km)
- HF:n etenemiselle tärkeä
- Aalto voi heijastua maan ja ionosfäärin välillä useastikin
- Skippi = hypyn pituus n. 1000–4000 km
  - Pieni lähtökulma → pitkä hyppy
- Kuollut alue = suoran yhteyden ja hypyn väli
- NVIS-yhteydet → kattavat Suomen, Matalalla lähtökulmalla pidempiä yhteyksiä



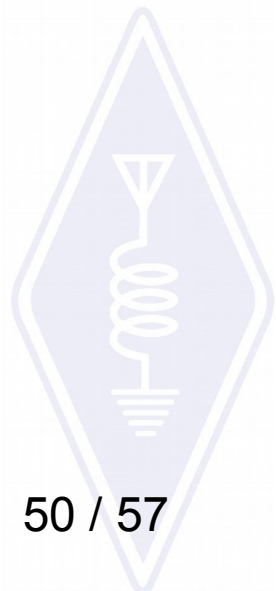
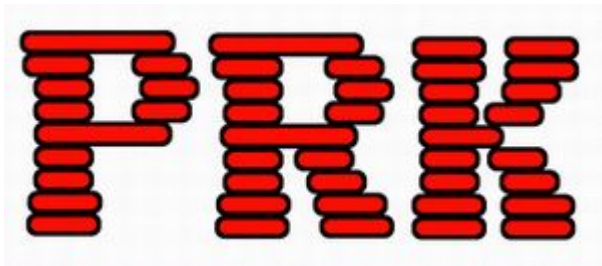
# Yhteydet avaruuteen

- Radioaalto voi heijastua Kuusta (EME)
  - Isoja antennreja ja paljon tehoa.
- Satelliitit toistinasemina
  - Esim: 2m uplink / 70 cm downlink.
  - Varattu spektriä usealla bandilla
  - ks. <http://www.amsat.org/>



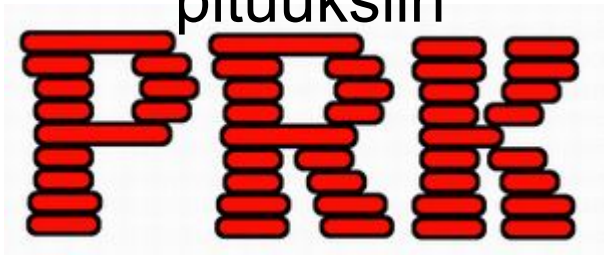
# Muita etenemistapoja

- Aurora, revontulet
  - n. 30 – 70 MHz (tai jopa 430MHz), vaihtelee
  - Antenni aina pohjoista kohti
- Siroaminen terävästä huipusta
  - Yhteys vuoren taakse



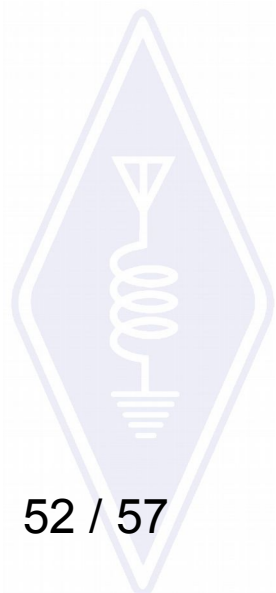
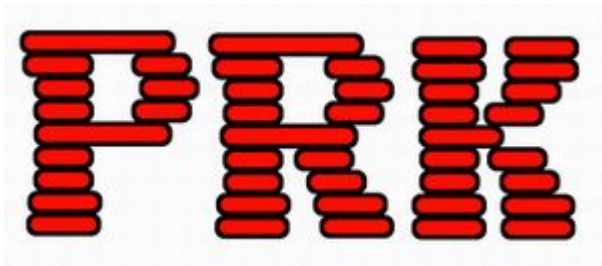
# Nyrkkisääntöjä etenemisestä

- Ala-HF ”aukeaa” yöllä, ylä-HF päivällä
- Pisimmät yhteydet maailmalle 10 – 30 MHz
  - Ionosfäariheijastukset matalilla kulmilla
- Yhteydet Eurooppaan
  - Troposfäärin kanavoituminen: VHF/UHF
  - Ionosfäärillä: 3 – 30 MHz, ”lähes aina” yhteys jollakin taajuudella
- Kotimaan yhteydet
  - VHF/UHF: n. 200 km aina hyvillä antenneilla
  - 80m: 300 km aina, yöllä koko maa
  - 40m: 600 – 1500km, yöllä Pohjois-Suomi
- Huom. antenneilla ja pohjakohinalla suuri vaikutus yhteyksien pituuksiin



# Yhteyden pituuden arvointi

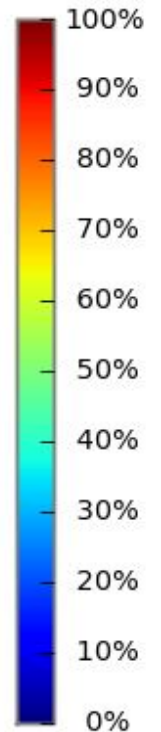
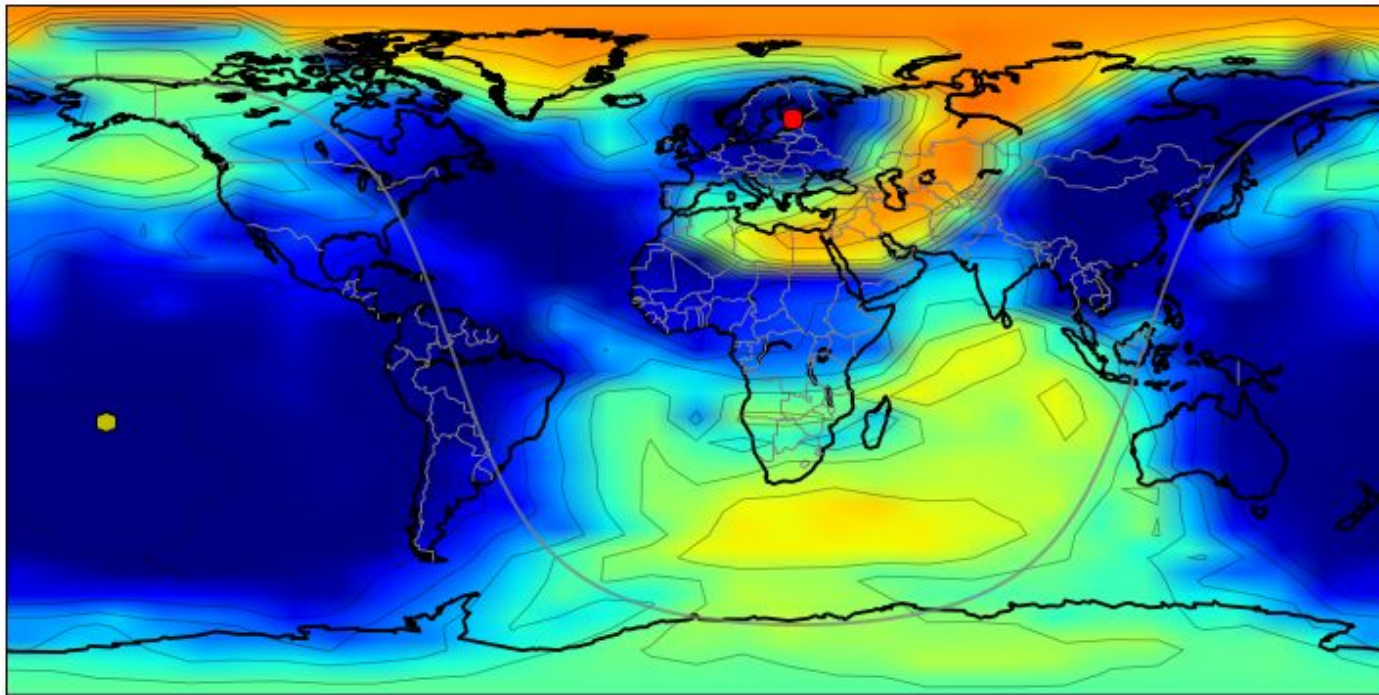
- HF: Voacap.com
- Ylempänä
  - Friisin kaava
  - Toinen potenssi pätee vain vapaassa tilassa → kannattaa käyttää 3-4
- 
- 



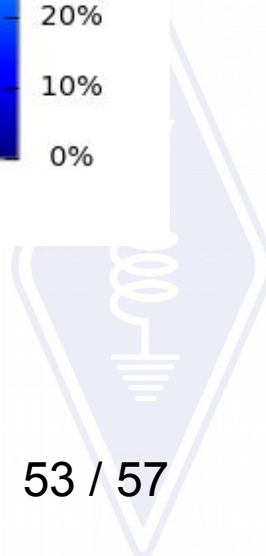


# Voacap.com, 20m, 22:00 UTC

Espoo, finland (60.40N, 24.80E), Nov, 22 UTC, 14.100 MHz, 80 W, SSN 78, Mode: CW  
TX Ant: [voaant/d10m.ant ], RX Ants: [voaant/d10m.ant ]

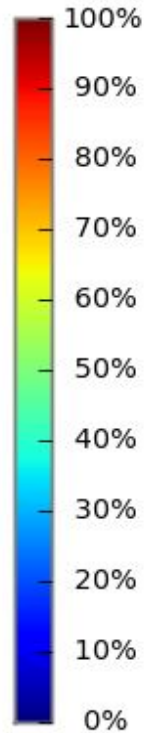
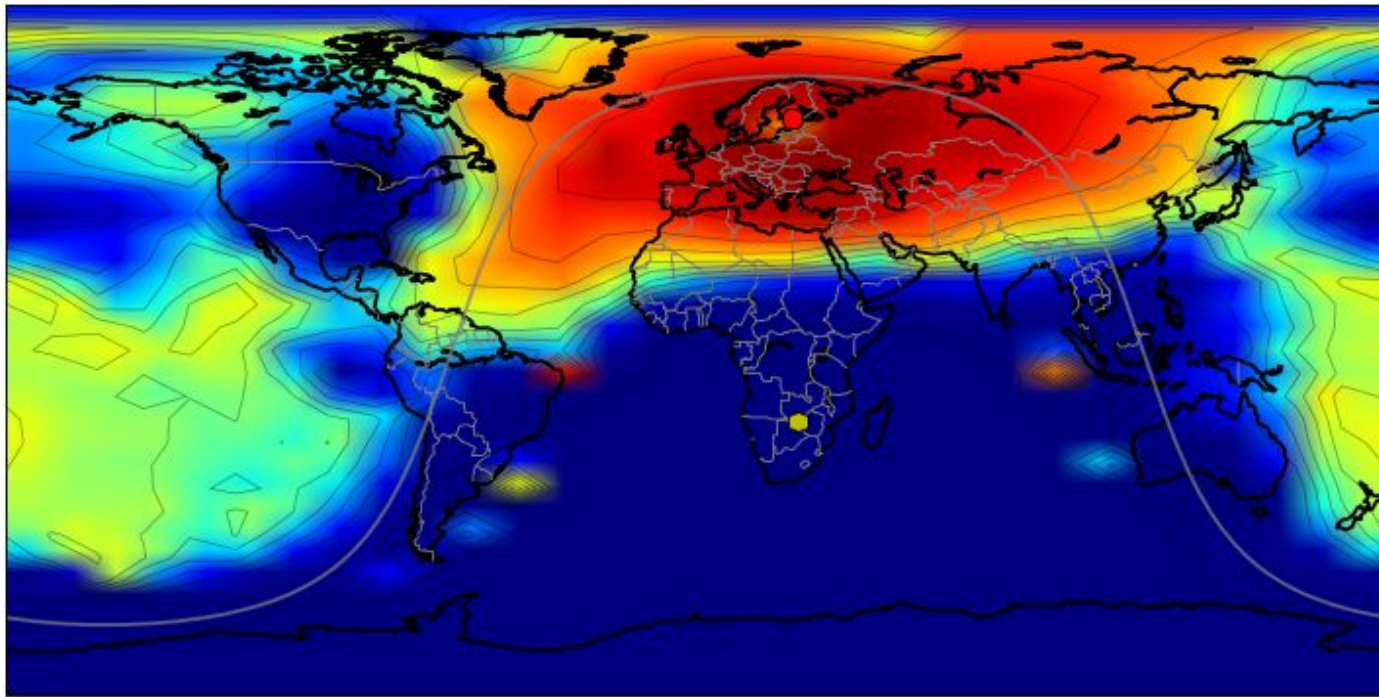


**PARK**

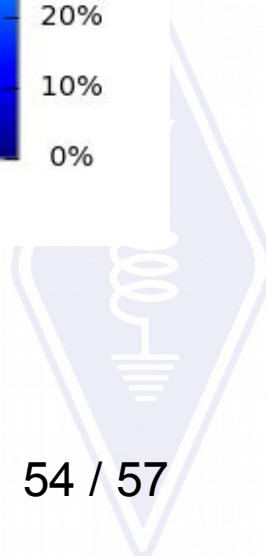


# Voacap.com, 20m, 10.00 UTC

Espoo, finland (60.40N, 24.80E), Nov, 10 UTC, 14.100 MHz, 80 W, SSN 78, Mode: CW  
TX Ant: [voaant/d10m.ant ], RX Ants: [voaant/d10m.ant ]



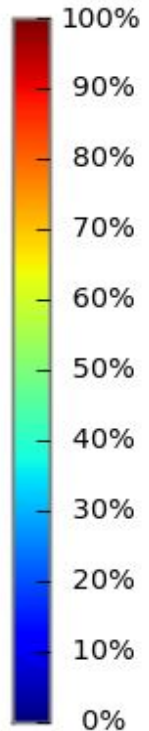
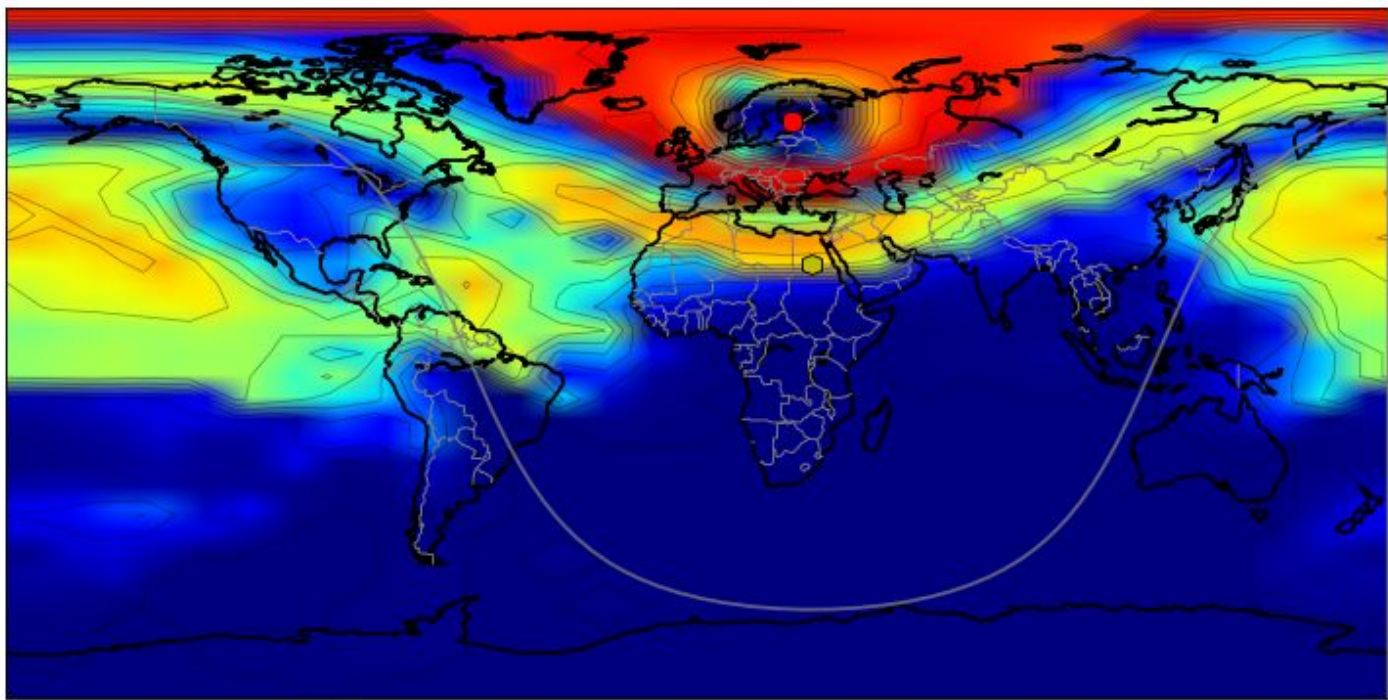
**PARK**



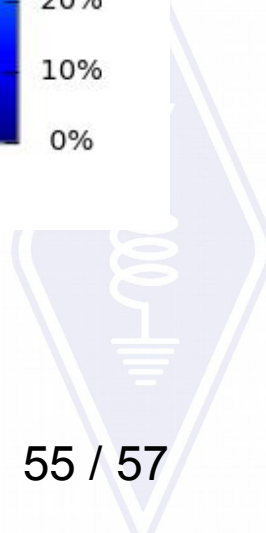


# 20m, kesällä, 10:00 UTC

Espoo, finland (60.40N, 24.80E), Jun, 10 UTC, 14.100 MHz, 80 W, SSN 70, Mode: CW  
TX Ant: [voaant/d10m.ant ], RX Ants: [voaant/d10m.ant ]



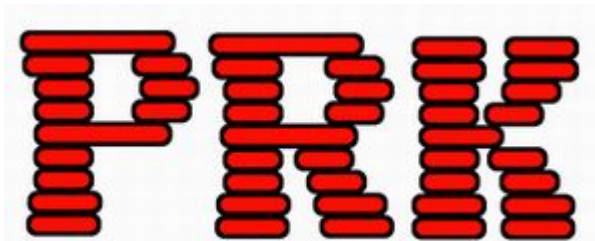
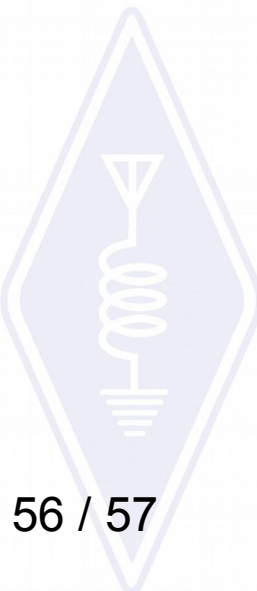
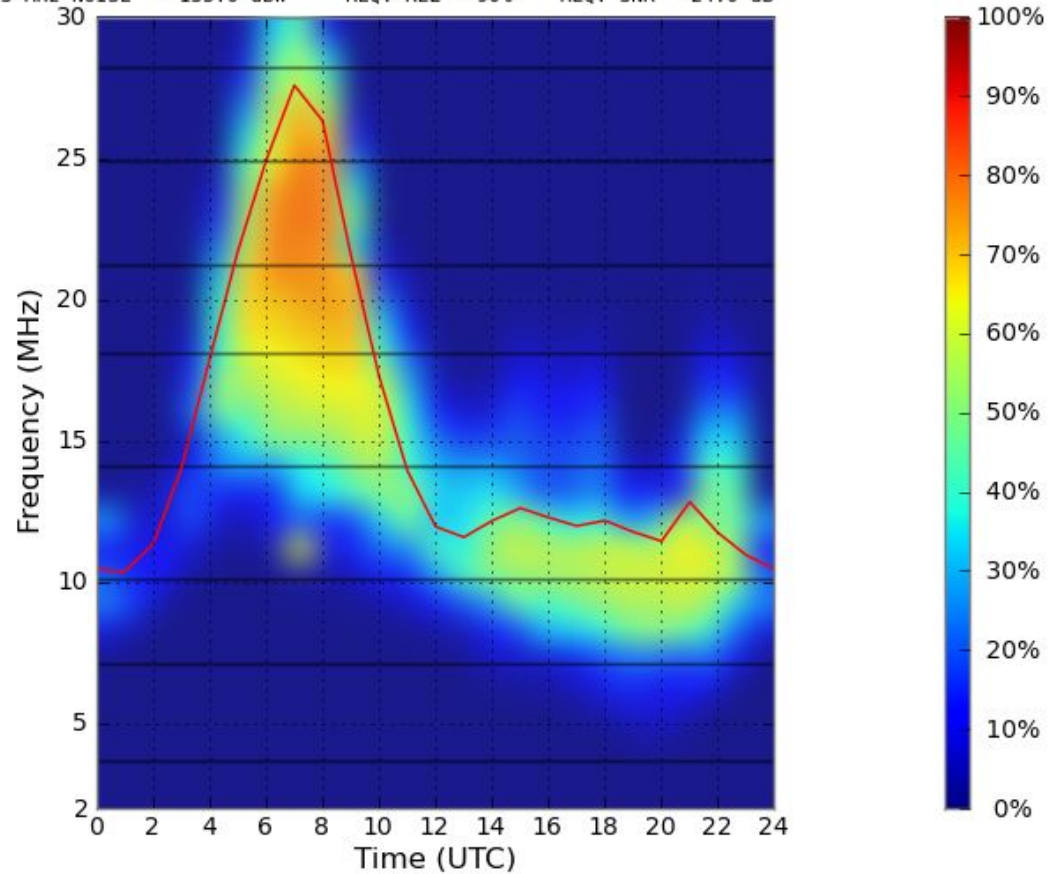
**PARK**



# Espoo → Japani

Circuit Reliability (%)

Nov 2011 SSN = 80. Minimum Angle= 0.100 degrees  
TX RX AZIMUTHS N. MI. KM  
60.24 N 24.87 E - 38.55 N 140.98 E 49.11 331.33 4098.9 7590.6  
XMTR 2-30 2-D P-to-P[voaant/d10m.ant ] Az= 0.0 OFFaz= 49.1 0.080kW  
RCVR 2-30 2-D P-to-P[voaant/d10m.ant ] Az= 0.0 OFFaz=331.3  
3 MHz NOISE = -155.0 dBW REQ. REL = 90% REQ. SNR = 24.0 dB



# Lähteet / suositeltavaa luettavaa

- Kalvot pohjautuvat Juha OH2EAN:n kalvoihin
- Radiotekniikan perusteet, Antti Räisänen
  - Löytyy Aallon kirjastoista
- Radioaaltojen eteneminen, Ismo Lindell
  - Löytyy Aallon kirjastosta
- Antenna theory and design, Warren L. Stutzman & Gary A. Thiele
  - ”Saattaa löytyä netistä”
- Microwave engineering, David M. Pozar
  - ”Saattaa löytyä netistä”

