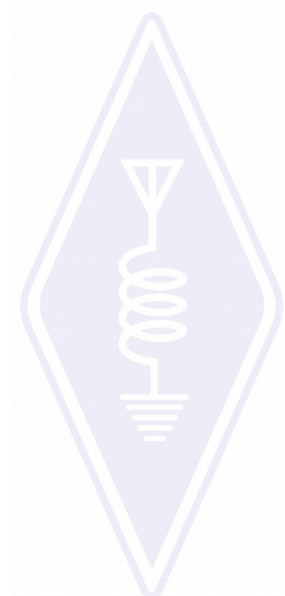
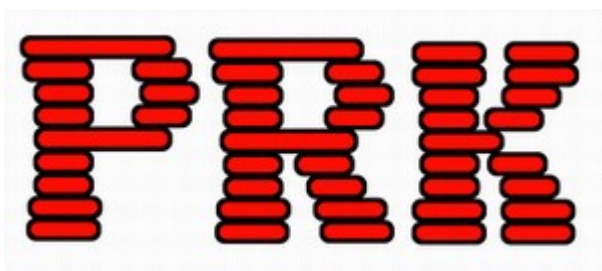


Radioamatöörikurssi 2014

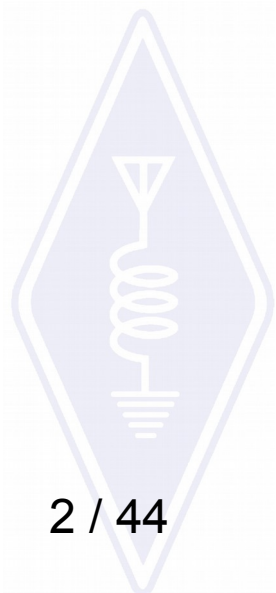
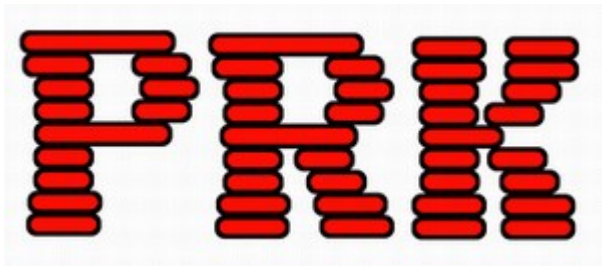
Polyteknikkojen Radiokerho
Siirtojohdot, Antennit ja Eteneminen

10.11.2015
Otto, OH2EMQ



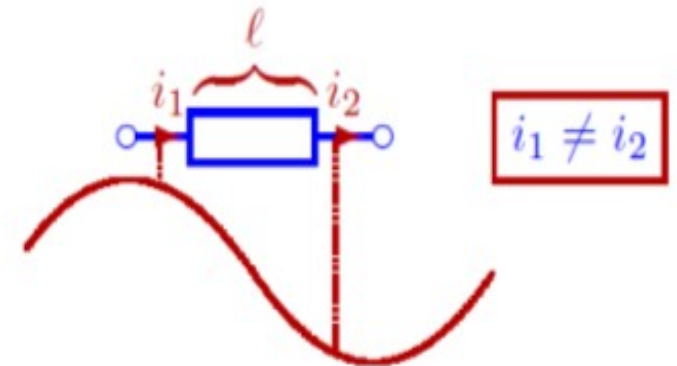
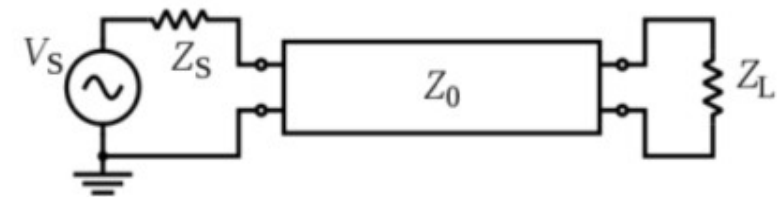
Illan aiheet

- Siirtojohdot
- Antennit
- Radioaaltojen eteneminen

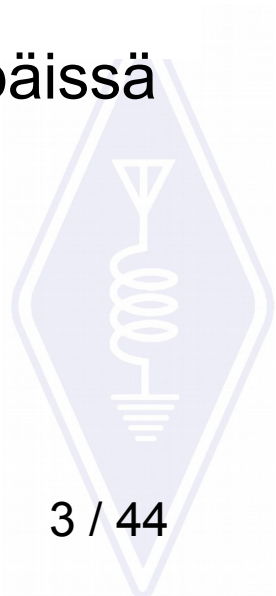
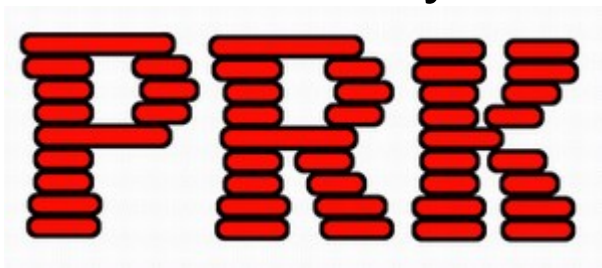


Siirtojohto

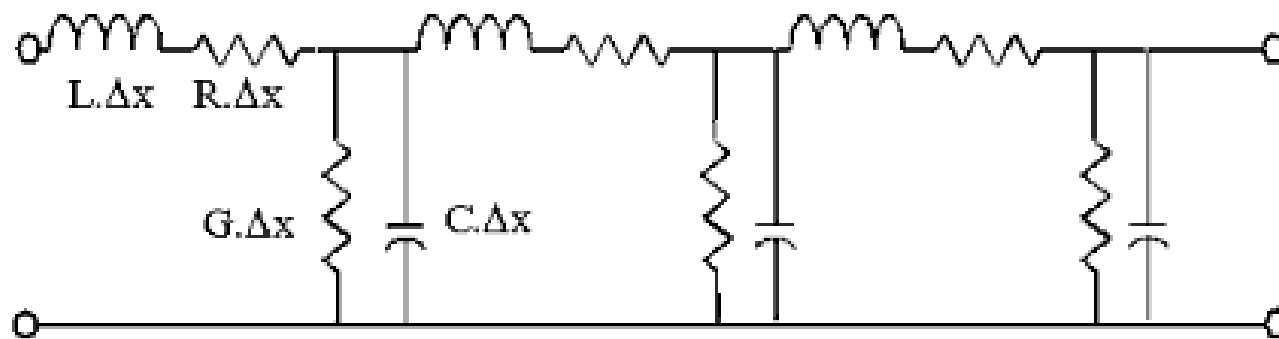
- Mikä on siirtojohto?
 - Siirtää tehoa lähteestä kuormaan
 - Kenttäteoria yhdessä dimensiossa
- Miksi siirtojohto?
 - Aallonpituuden suhde komponentin kokoon



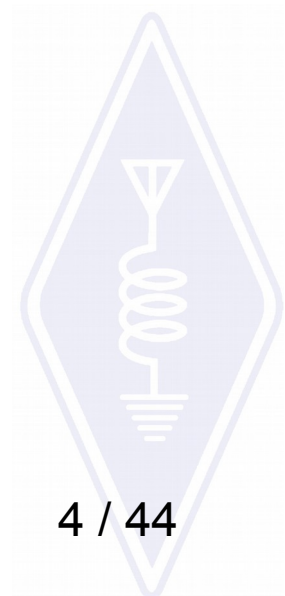
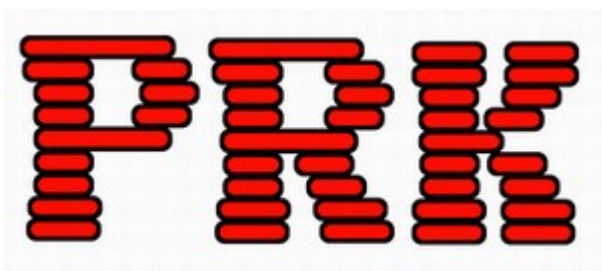
- Jännite ja virta eivät samat komponentin molemmissa päissä
- Virran ja jännitteen suhde nimeltään ominaisimpedanssi
 - Ei liity häviöihin



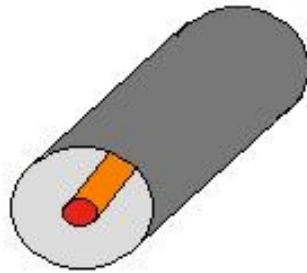
Siirtojohdon sijaiskytkentä



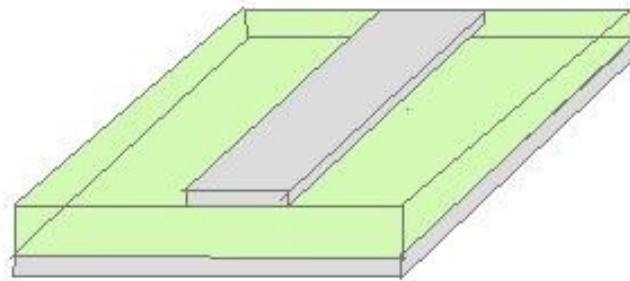
- L ja C johdon rakenteesta riippuvia
- R resistiivinen häviö
- G eristeen häviö
- Häviöt kasvavat taajuuden funktiona



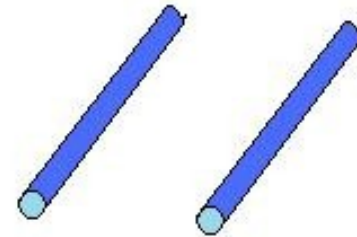
Esimerkkejä siirtojohdoista



Coaxial Cable

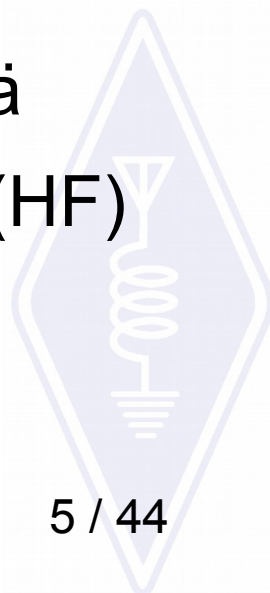
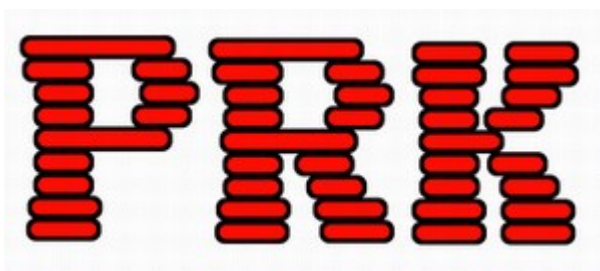


Microstrip Line

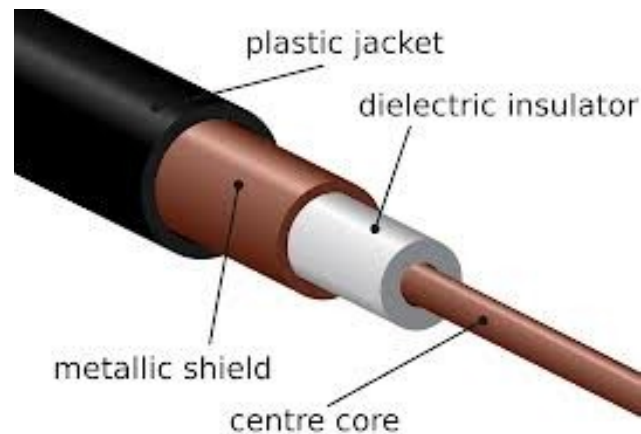


Two-Wire Line

- Koaksiaalkaapeli yleisintä laitteiden välisenä ja sisäisenä kaapelina
- Mikroliuskoja yleensä vain laitteiden sisällä piirilevyllä
- Avojohtoa/parikaapelia lähinnä matalilla taajuuksilla (HF)

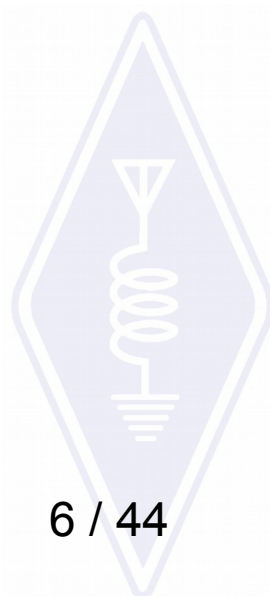
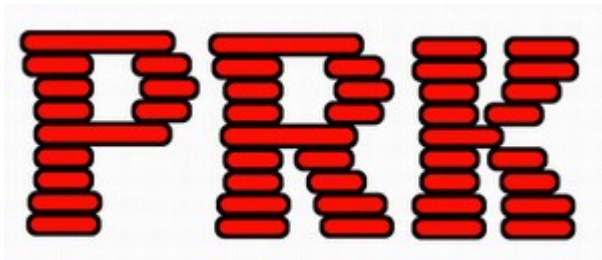


Koaksiaalikaapeli



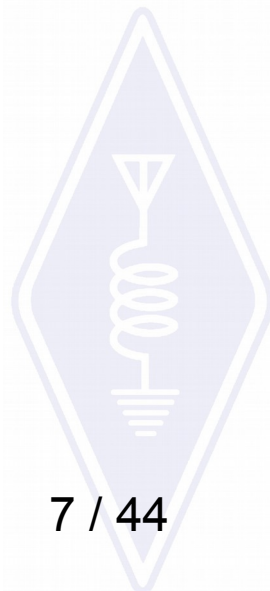
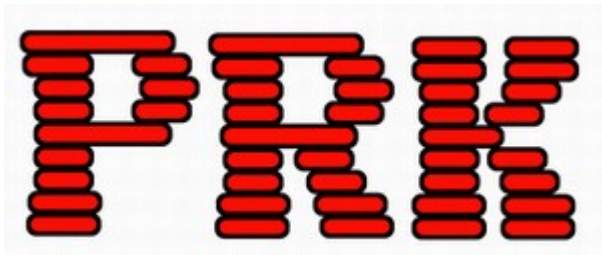
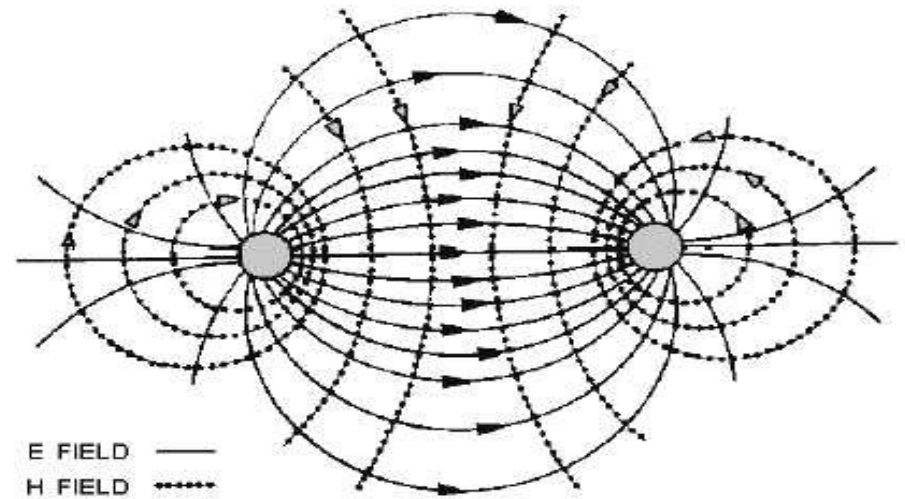
- Ominaisimpedanssi tavallisesti 50Ω tai 75Ω
- Kentät kokonaan kaapelin sisällä
- Eristemateriaali vaikuttaa ominaisuuksiin
- Balansoimaton

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \cdot \frac{\ln\left(\frac{r_u}{r_s}\right)}{2\pi}$$



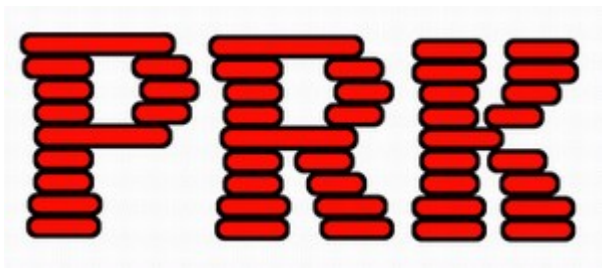
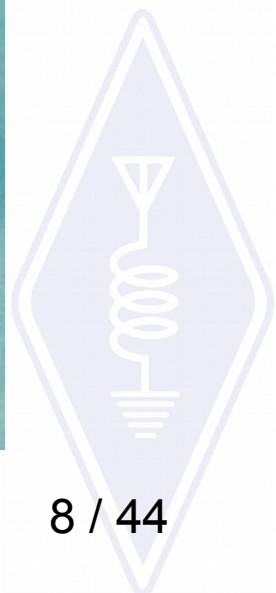
Parikaapeli

- Avoin rakenne, kentät eivät rajattuja
→ Esim. läheiset metallirakenteet vaikuttavat kenttiin
- Tyypillisiä impedansseja
esim. 150Ω , 300Ω , 450Ω
ja 600Ω
- Balansoitu

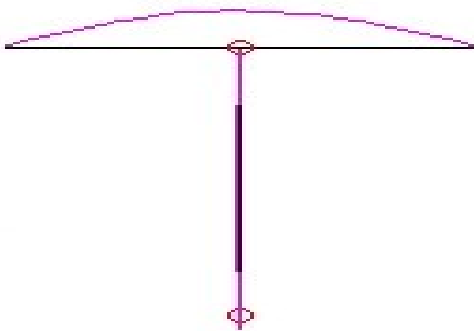
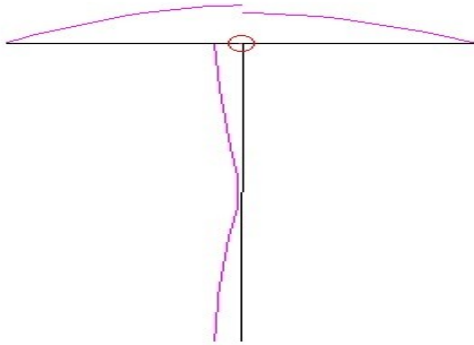


Aaltoputki

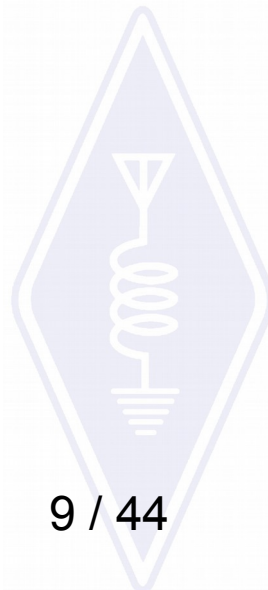
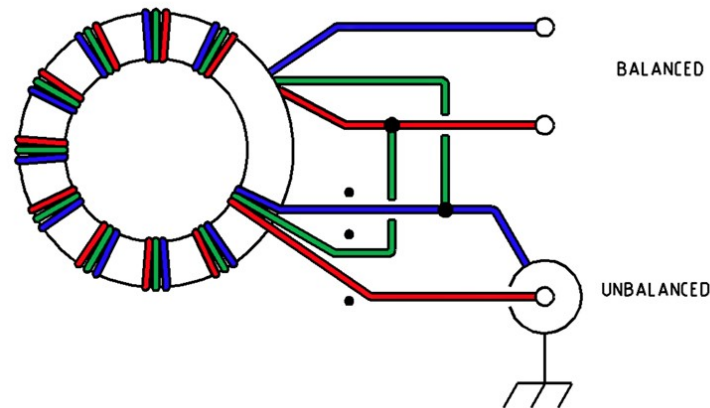
- Metalliputki, jonka sisällä kentät värähtelevät
- Korkeilla taajuuksilla (sivun pituus $> \lambda/2$)
- Pienihäviöinen



Balun



- **Balanced to Unbalanced**
- Antenneissa katkaisee vaippavirrat syöttöjohdosta
- Balansoidun syöttöjohdon ja balansoimattoman antennin välissä



Sovitus

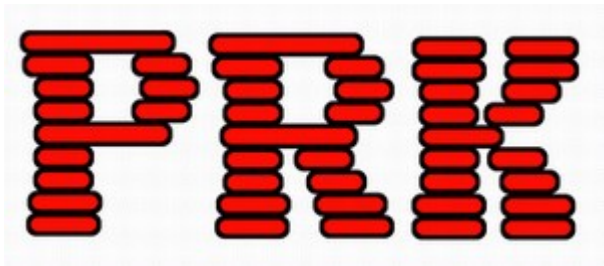
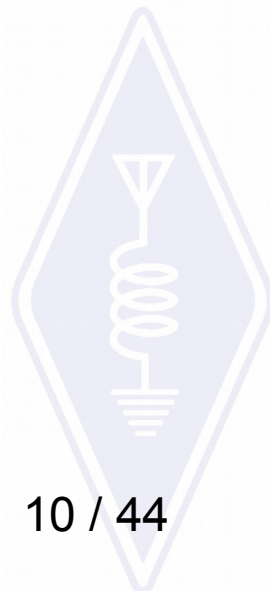
- Ominaisimpedanssin muuttuessa tehoa heijastuu takaisinpäin
- Kuvataan heijastuskeroimella (ρ , S_{11}) tai seisovan aallon suhteella (SAS, SWR)
- Yleensä SWR:llä tarkoitetaan tehojen suhdetta → tulee käyttää heijastuskertoimen neliötä

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

$$SWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

(ρ - kentänvoimakkuuksien suhde,
SWR - suurimman ja pienimmän jännitteen suhde)

$$1 < SWR < \infty$$



Liittimiä

- Radioamatöörikäytössä yleisiä liittimiä esim:



- UHF

(Lukittava banaani)



- BNC

Bayonett Neill-Concelman



- N

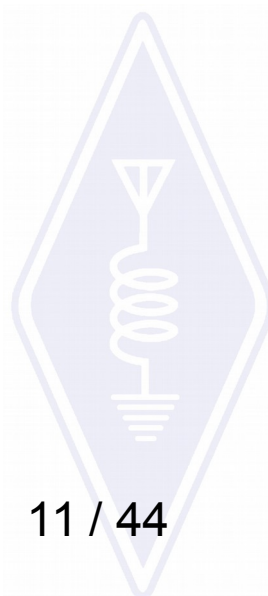
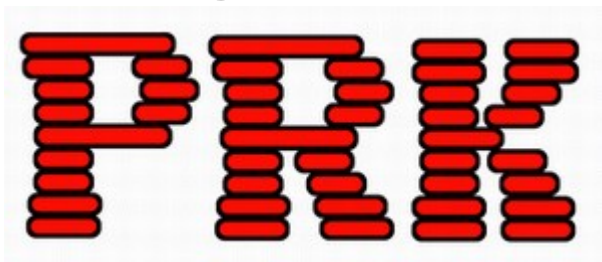
Neill



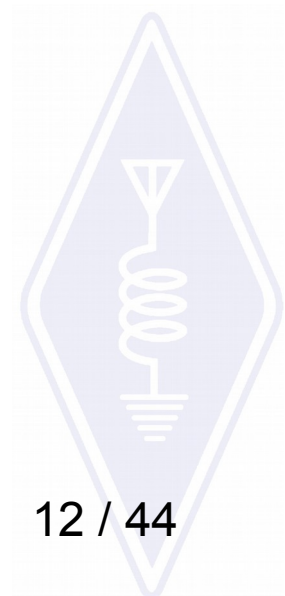
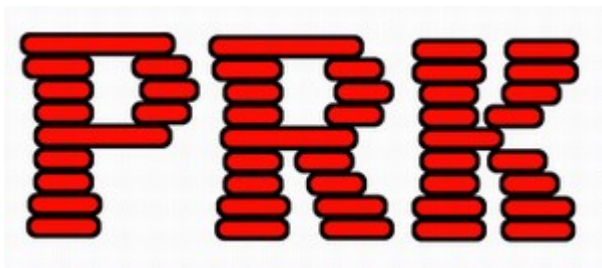
- SMA



- 7/16

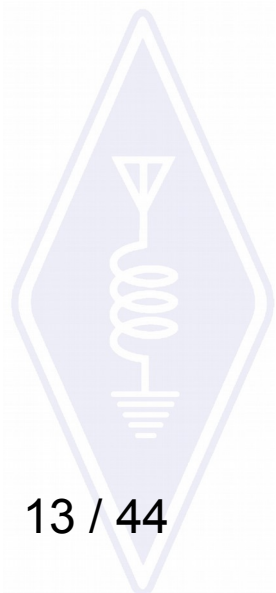
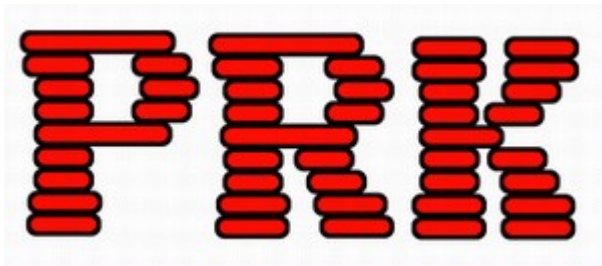


Hengähdystauko



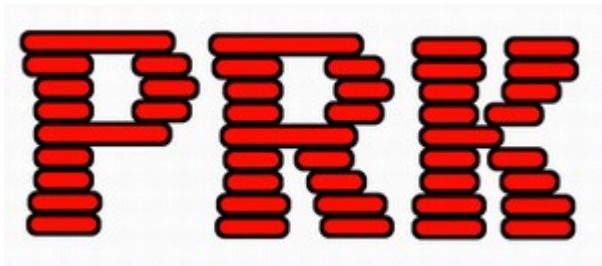
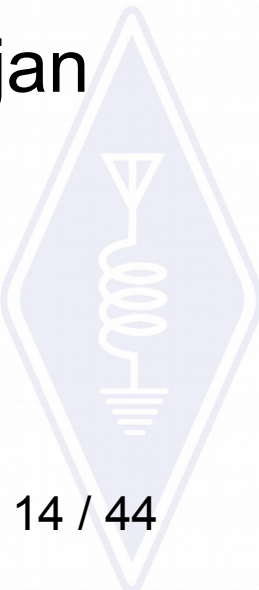
Antenni

- Muuttaa siirtojohdosta ohjatun aallon vapaan tilan aalloiksi
- Ominaisuudet taajuusriippuvia
 - Vahvistus, suuntaavuus, polarisaatio, sovitus...
- Resiprookkinen
 - Ominaisuudet samat lähettäessä ja vastaanottaessa

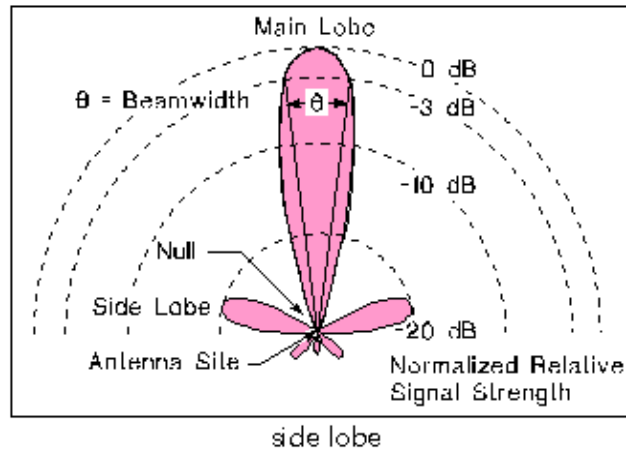


Vahvistus

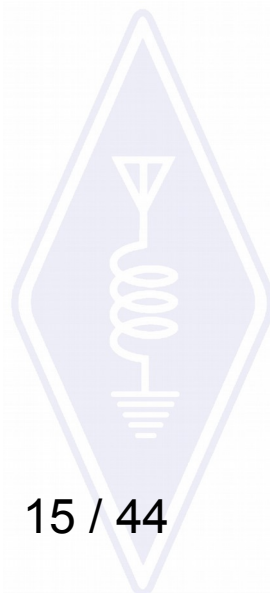
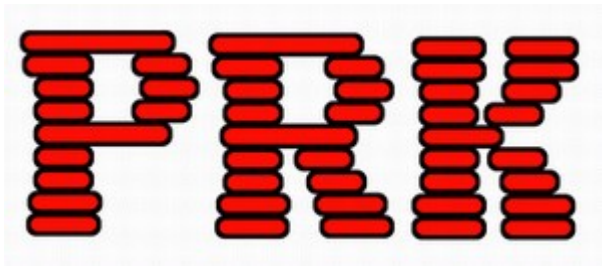
- Antennin tehovahvistus
- Säteilysuunnasta ja taajuudesta riippuva
- Dipolilla $0 \text{ dBd} = 2,15 \text{ dBi}$
 - Huonolla antennilla voi olla negatiivinenkin
- ERP = Säteilyteho
 - Lähettimen teho + antennin vahvistus – siirtolinjan häviöt



Suuntaavuus

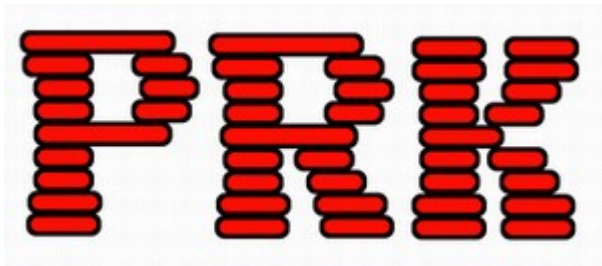
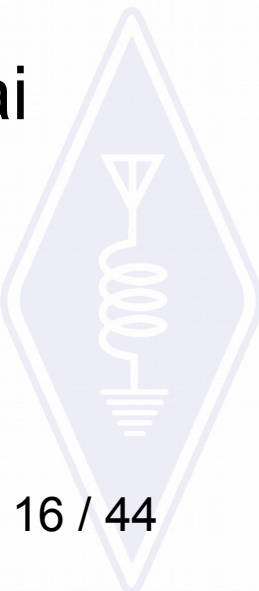


- Suuntaavilla antennneilla yleensä pääkeilan lisäksi myös sivukeiloja
- Etu-taka-suhde (F/B ratio)



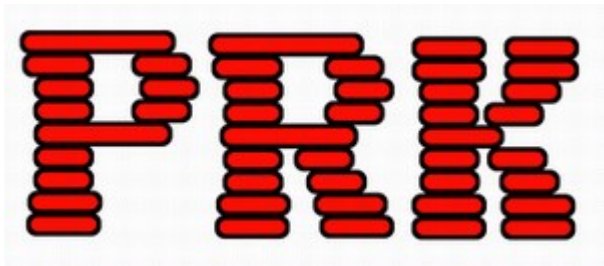
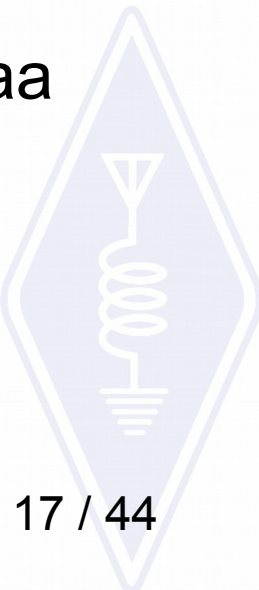
Polarisaatio

- Sähkökentän suunta (kaukana antennista) määrittää polarisaation
- Lineaarinen/ympyrä
 - Liikkuvilla asemilla ja toistinasemilla yleensä lineaarinen pystypolarisaatio
 - Kiinteillä asemilla usein vaakapolarisaatio
 - Satelliiteilla yleensä ympyrä (satelliitin asento tai faraday-kiertymä eivät vaikuta)



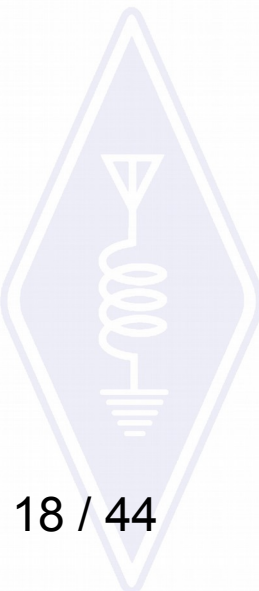
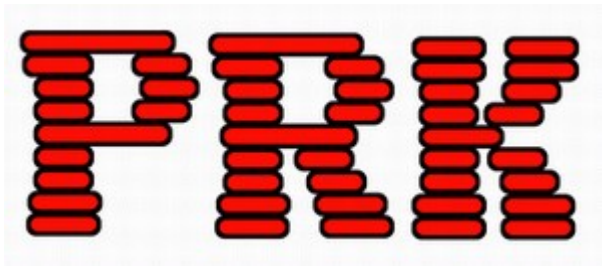
Antennin sovitus

- Resonanssitaajuudella ρ ja SWR minimissä
- Kun $\text{SWR} < 2$ antenni hyvin sovitettu, toimii lähettämiseen ja vastaanottamiseen
- Kun $\text{SWR} < 4$ antenni toimii vastaanottamiseen
- Antennin virityslaitteella sovitetaan epäsovitettu kuorma lähettimeen
 - Lähettäessä: suojaa lähettimen heijastuksilta, parantaa hyötysuhdetta
 - Vastaanotossa: parantaa herkkyyttä



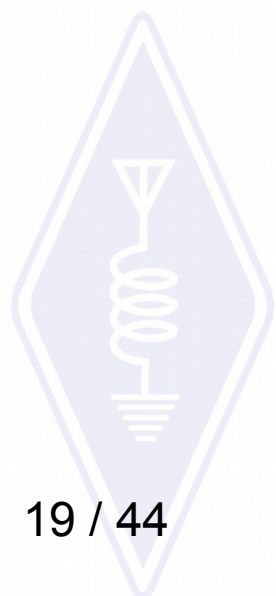
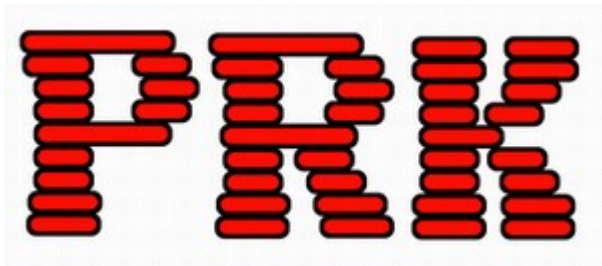
Sovitus vaimentimen/kaapelin läpi nähtynä

- Tentissä kysytään "SAS antennilla on 2, väliin kytketään vaimennukseltaan 1 dB kaapeli, mitä on SAS kaapelin toisella puolella?"
- $SAS = 2 \rightarrow \rho = 1/3$
- $-1 \text{ dB} = 0,8$
- Tehoa heijastuu takaisin $1/3 * 1/3 * 0,8 * 0,8$
- $P_{in} = 1/3 * 0,8$
- $SAS_{in} = 1,72$

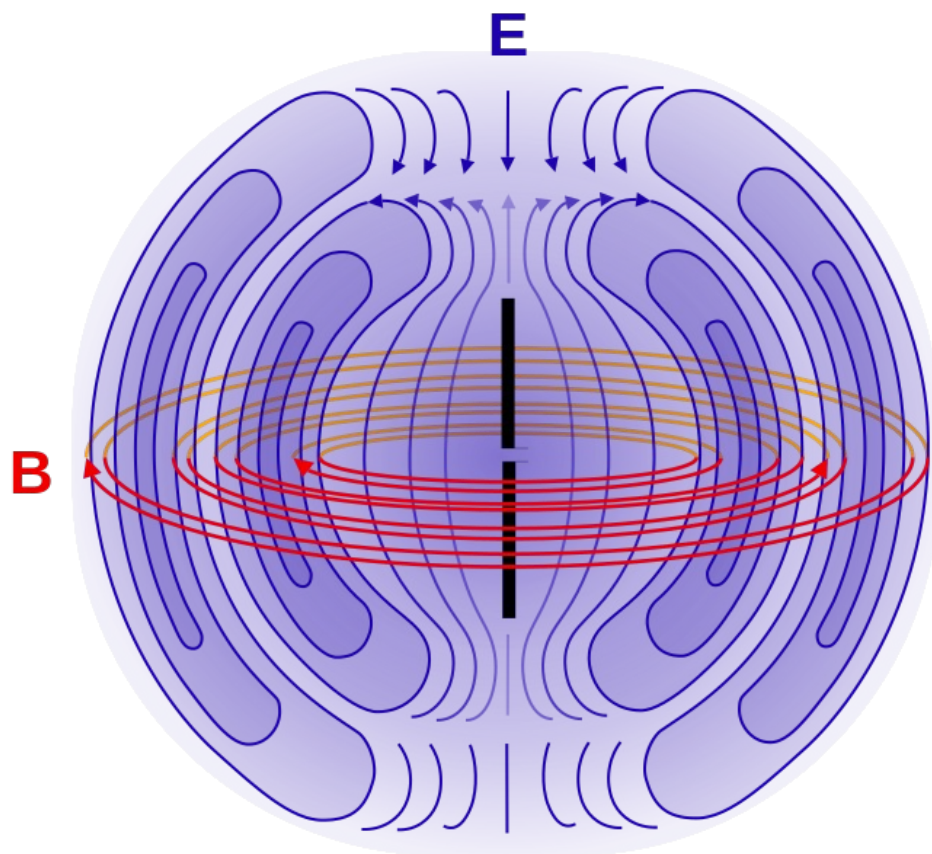


Dipoli

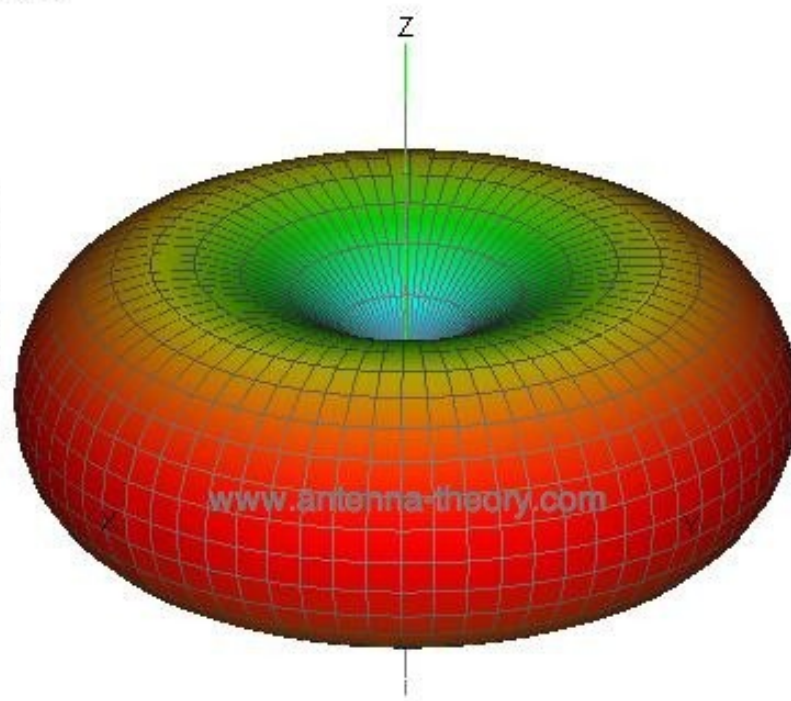
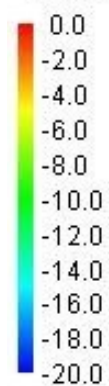
- Perusantenni etenkin HF:llä, mutta käytetään myös useiden monimutkaisempien antennien syöttöelementtinä
- Yleensä $\lambda/2$ pituinen
- Monikerratkin resonanssitaajuuksia
- Balansoitu → tarvitsee balunin koaksiaalikaapelilla syötettäessä
- Vapaan tilan impedanssi $\sim 73\Omega$



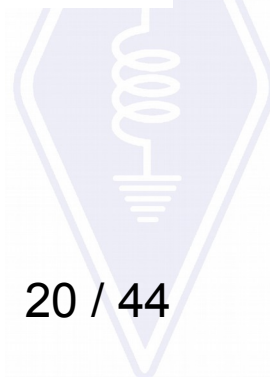
Dipoli



Gain_Tot[dB]

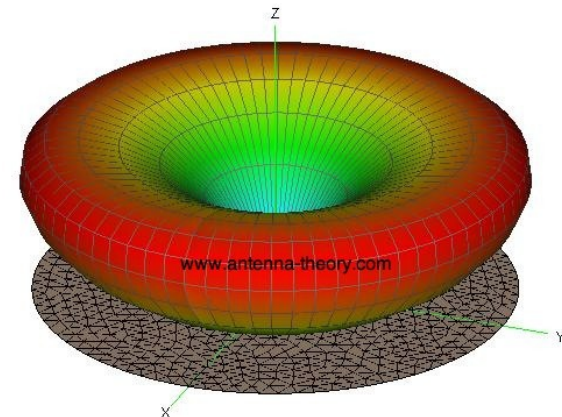
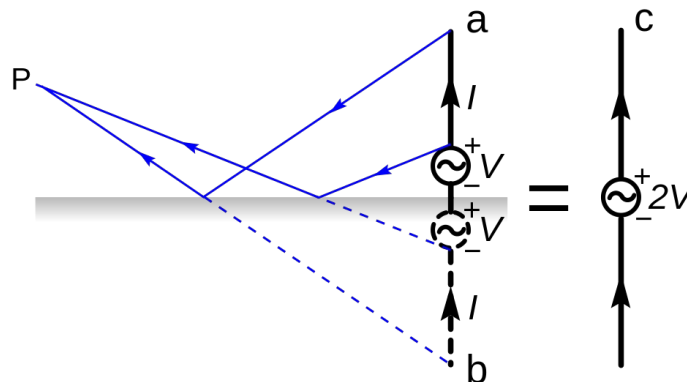
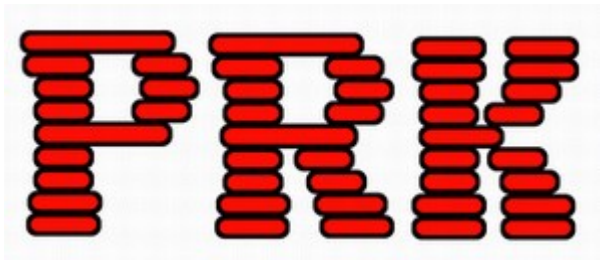


PRK



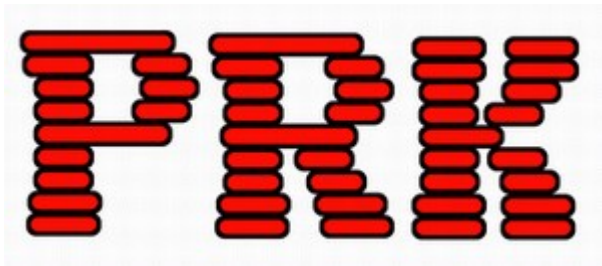
Monopoli – Ground Plane (GP)

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



Yagi-Uda - Yagi

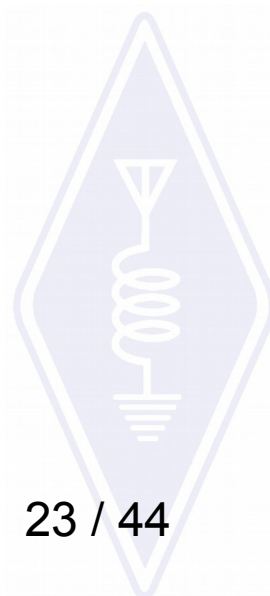
- Yleinen suunta-antenni
- Yleensä dipoli säteilijänä, yksi heijastin sekä suuntaajia
- Vahvistukseen ja suuntaavuuteen vaikuttavat sekä elementtien määrä että puomin pituus
- Vahvistus yleensä 4...20+ dBi
- Myös kerrostamalla lisägainia
 - Tuplaamalla antennit +3 dB



Yagi

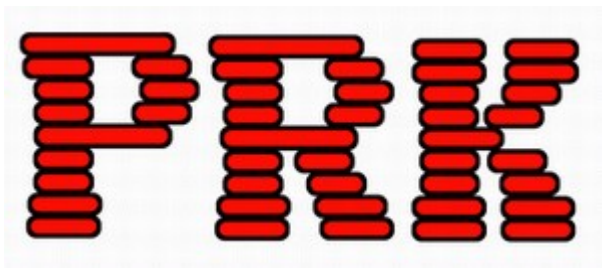
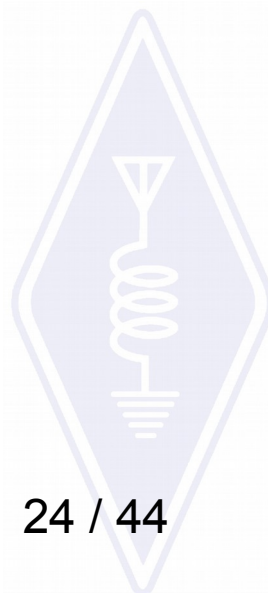


PARK



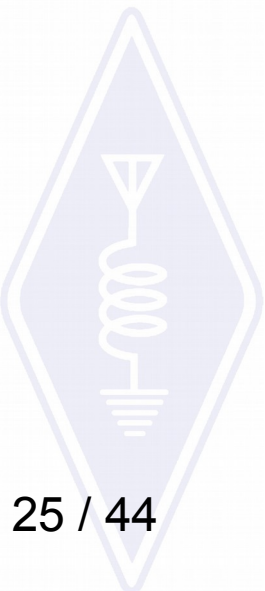
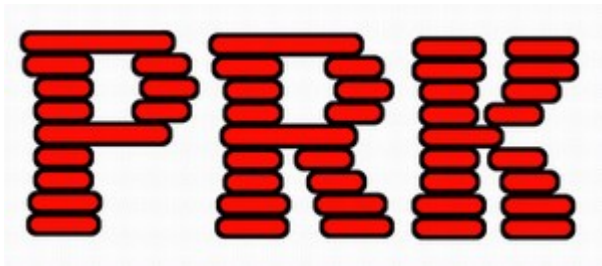
Heijastinantennit

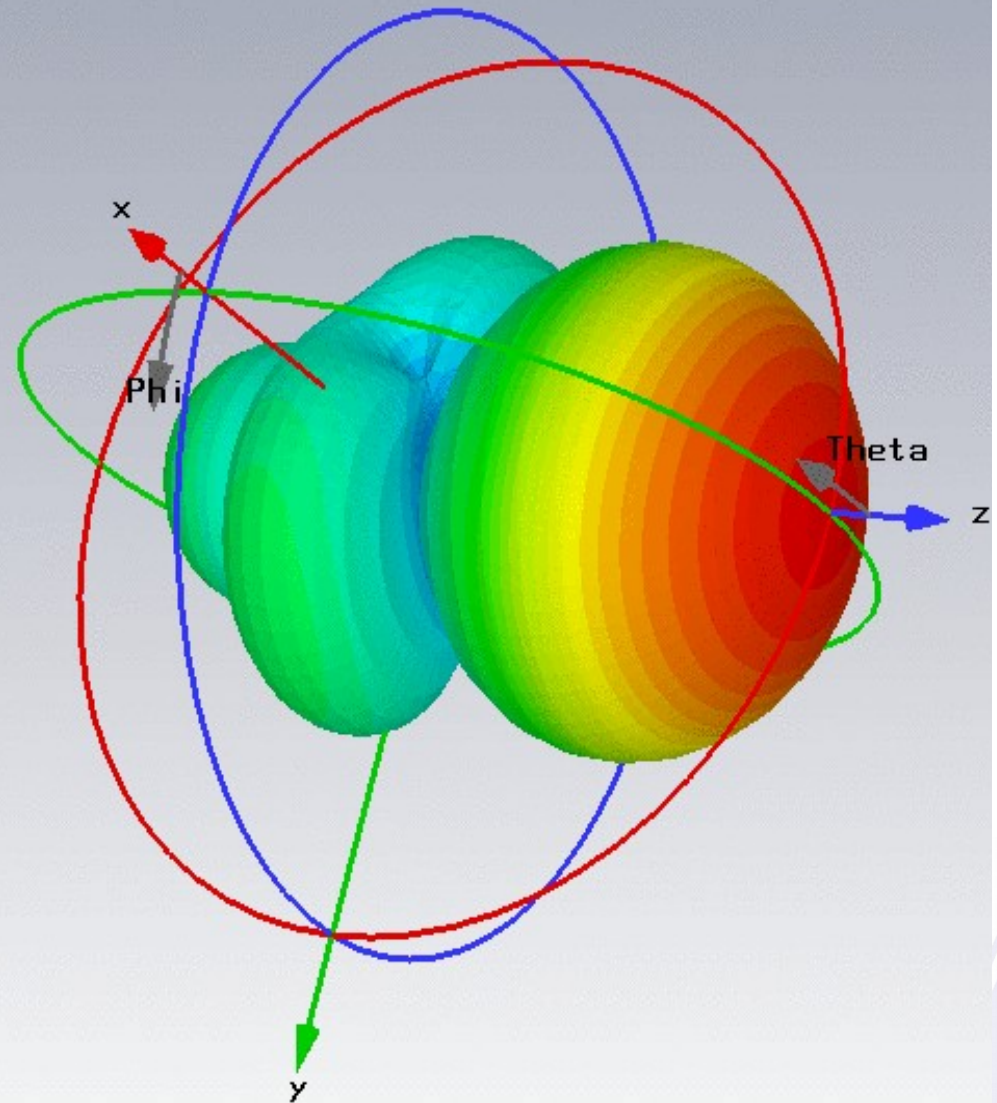
- Halkaisija iso, mielellään vähintään 10λ
→ Lähinnä korkeille taajuuksille
- Paljon vahvistusta



Quadit

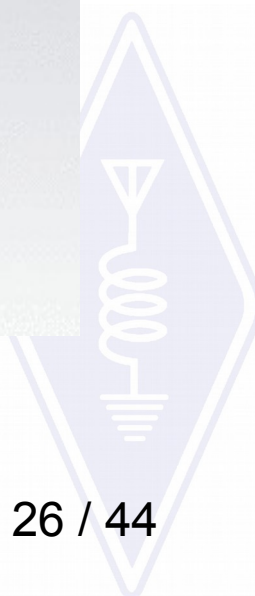
- Melkein kuin Yagi, mutta elementit silmukoita eivätkä dipoleja
- Vahvistusta pari dB enemmän kuin vastaavalla Yagilla
- Sisäkkäiset Quadit (eri taajuuksille) eivät häiritse toisiaan.
- Lineaarinen polarisaatio





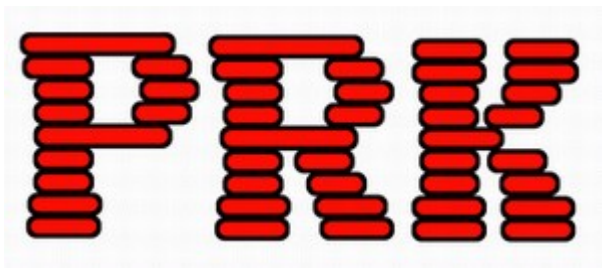
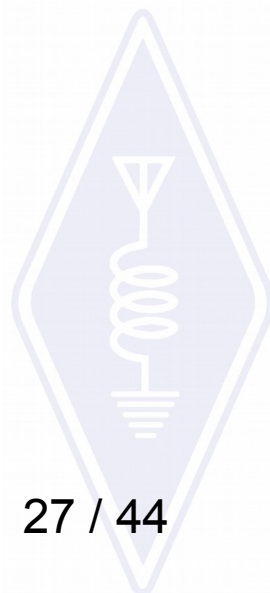
Type	Farfield
Approximation	enabled ($kR \gg 1$)
Monitor	farfield (f=450) [1]
Component	Abs
Output	Directivity
Frequency	450
Rad. effic.	-0.007106 dB
Tot. effic.	-0.7537 dB
Dir.	10.80 dBi

PARK

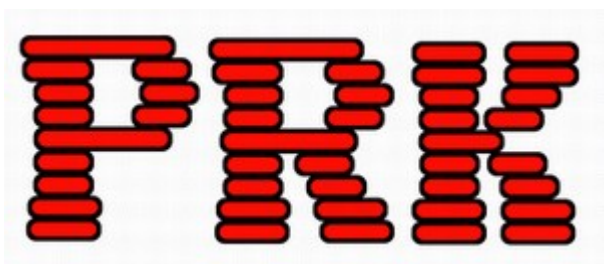
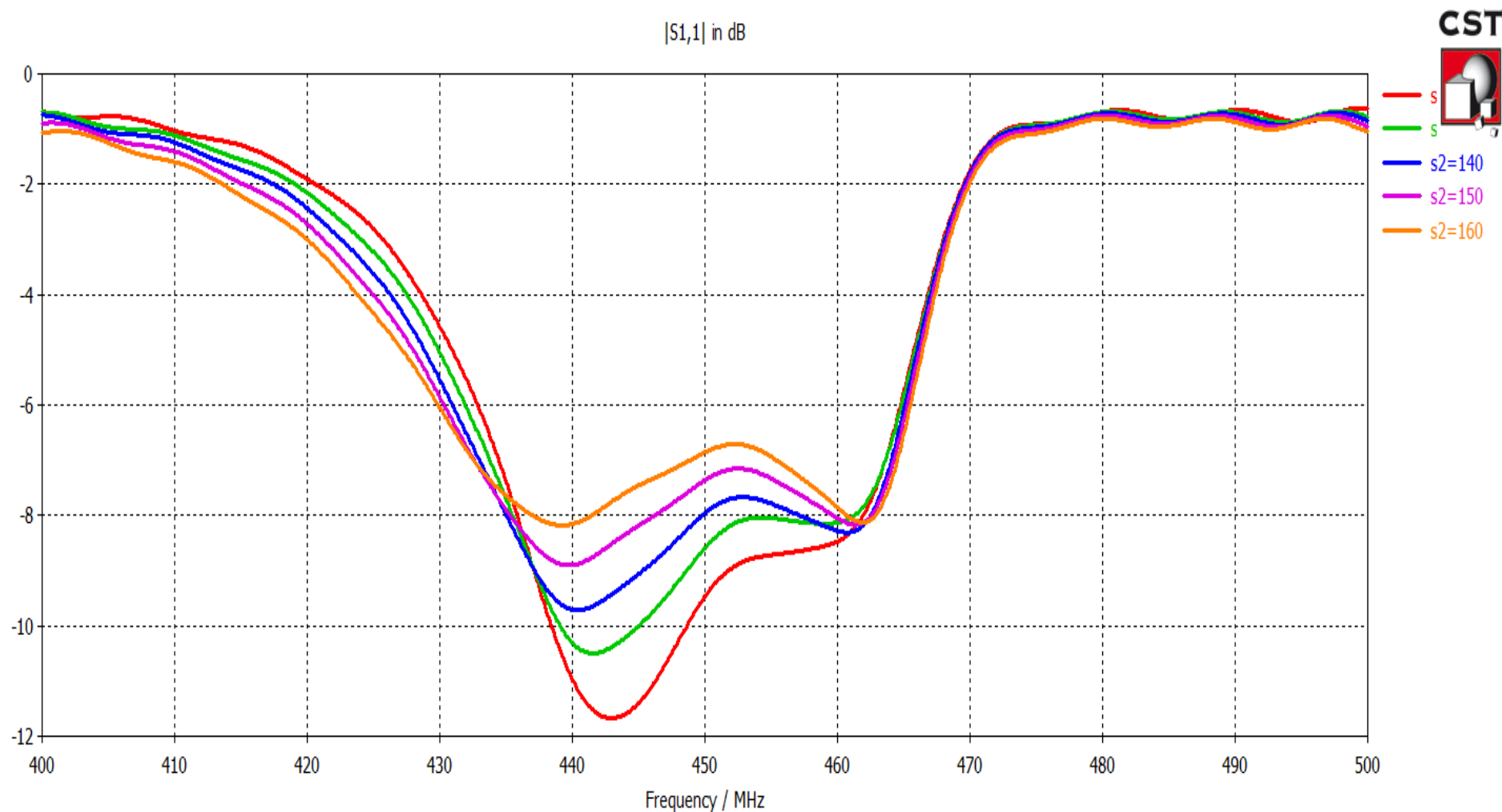


Helix

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

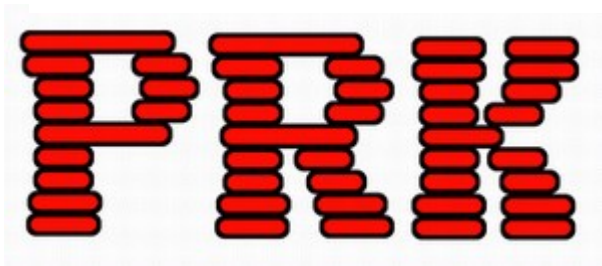
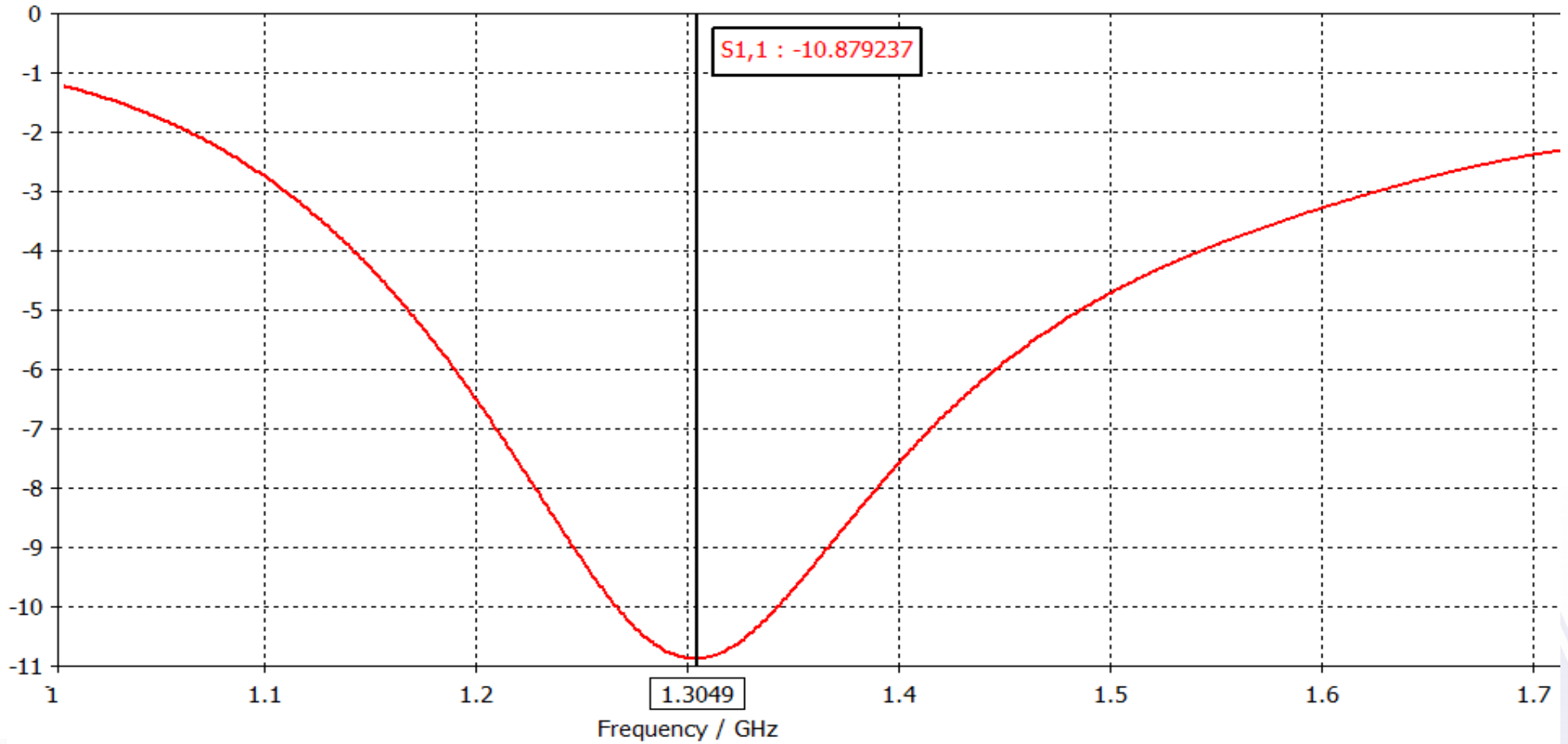


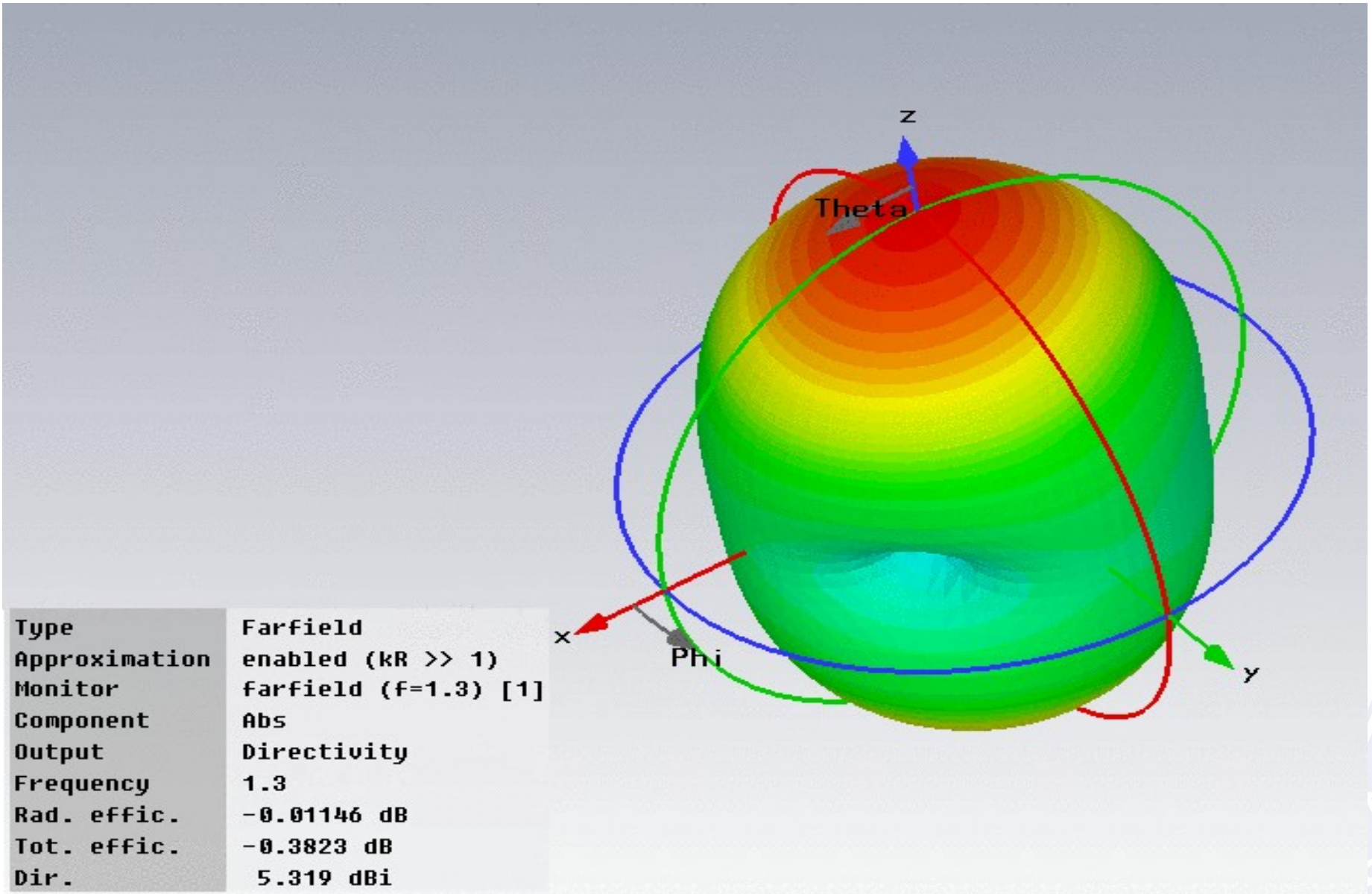
Sovitus vs. heijastajan paikka



Biquadi

S-Parameter Magnitude in dB

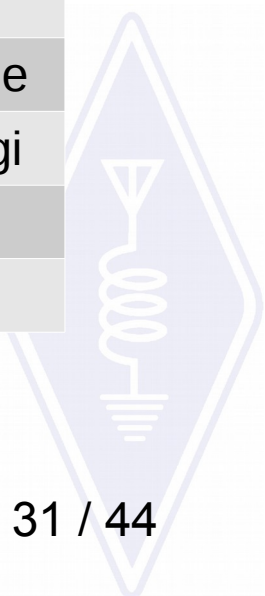
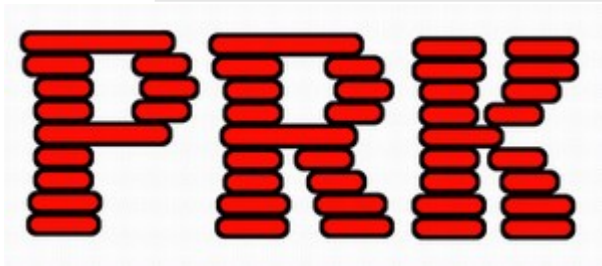




PARK

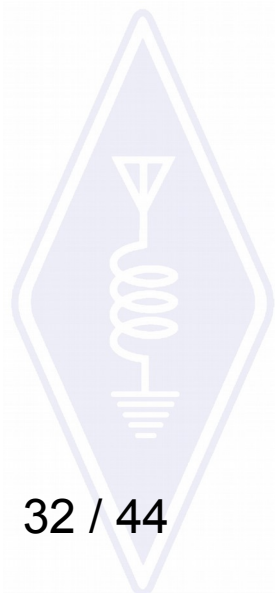
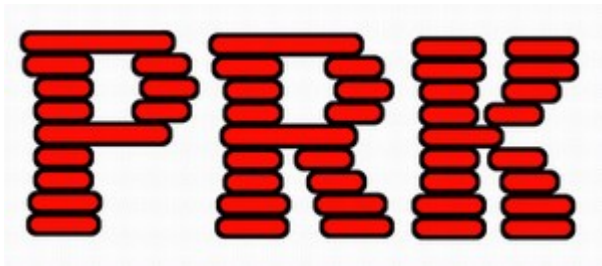
Antennien ominaisuuksia

Antenni	Impedanssi	Huomioita
Puoliaalto dipoli	73Ω	Yksinkertainen ratkaisu melkein mihin vain
Taittodipoli	300Ω	Laajempi kaista kuin puoliaaltodipolissa
Neljännesaalto monopoli	36Ω	Vaatii maatasen
Helix, normaali moodi	36Ω	Hieman lyhyempi kuin neljännesaalto
Helix, axiaalinen moodi	n. 100 – 200Ω	
Yagi	n. 20 – 50Ω	Hyvä suuntaavuus VHF:lle ja ylemmäs
Pitkälanka	> 200Ω	Hyvä suuntaavuus HF:lle
Log-periodinen antenni	Yleensä 189Ω	Kuin laajakaistainen yagi
Kokoaallon silmukka	100Ω	"magneettinen dipoli"
5/8 piiska	50 – 150Ω	Yleinen ajoneuvoissa

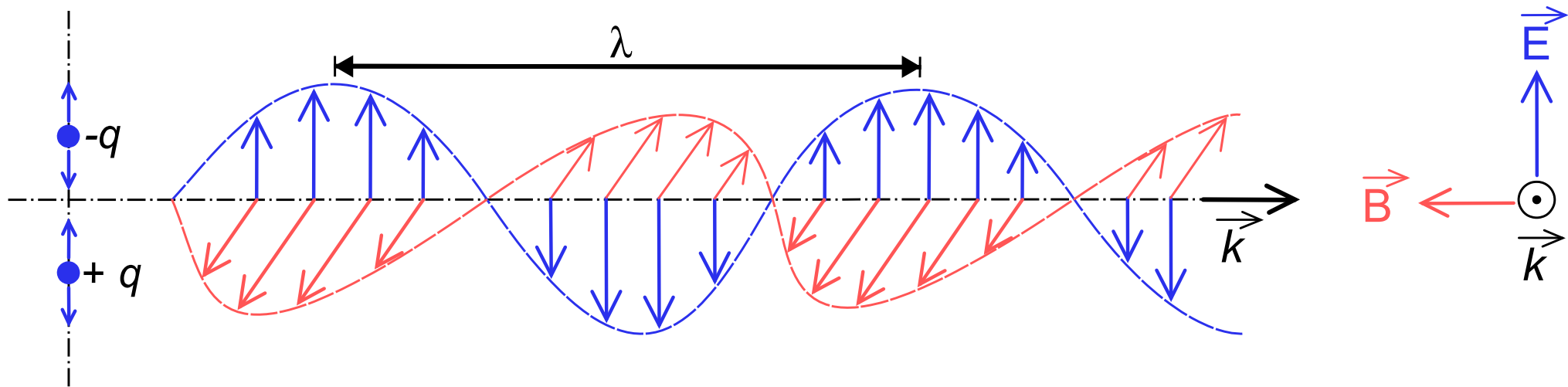


Radioaaltojen eteneminen

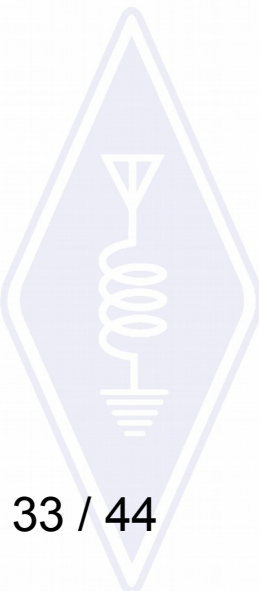
- Pinta-aalto
- Ionosfääriheijastus
- Troposfäärieteneminen
- Näköyhteyseteneminen
- Riippuu taajuudesta, vuorokaudenajasta, etäisyydestä yms.
- Vaimennus korkeilla taajuuksilla suurempi



Sähkömagneettinen säteily

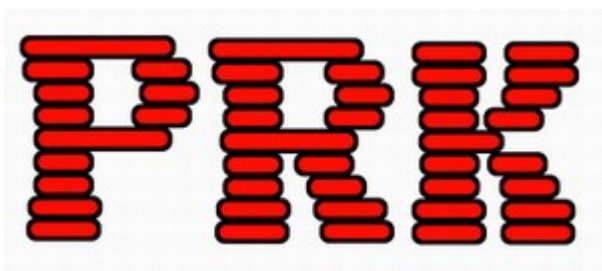
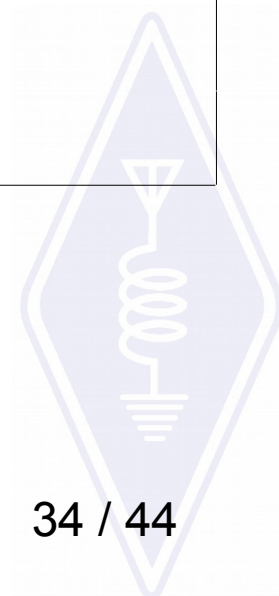


PRK



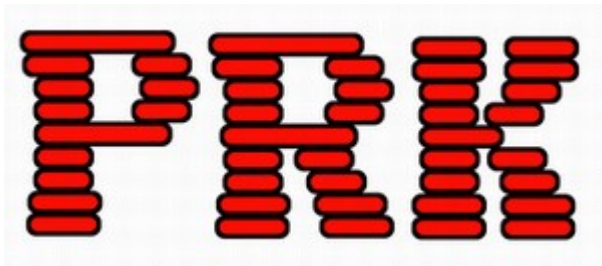
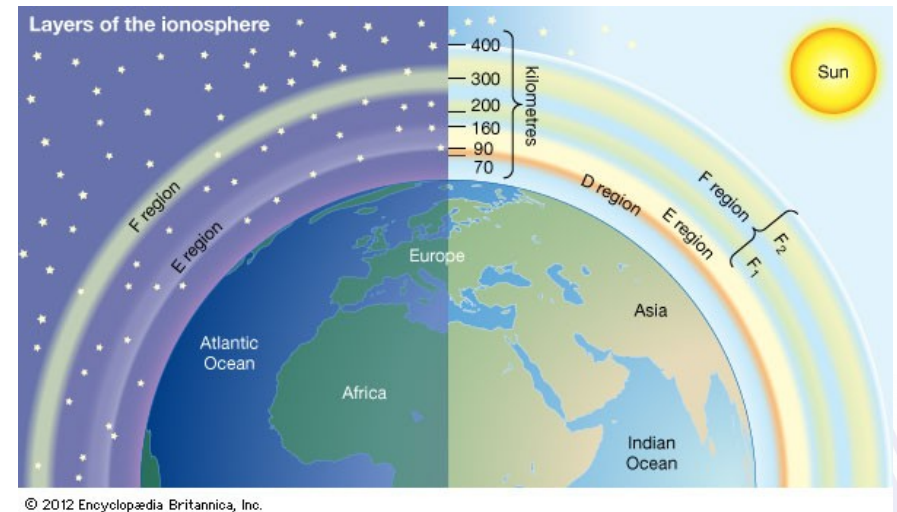
Eteneminen eri taajuuksilla

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



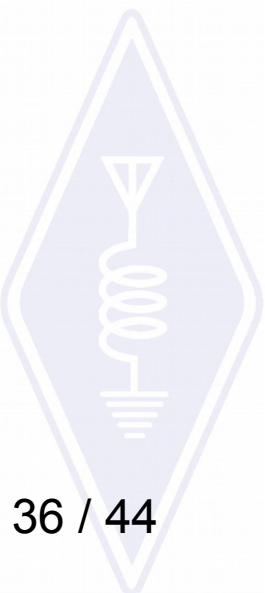
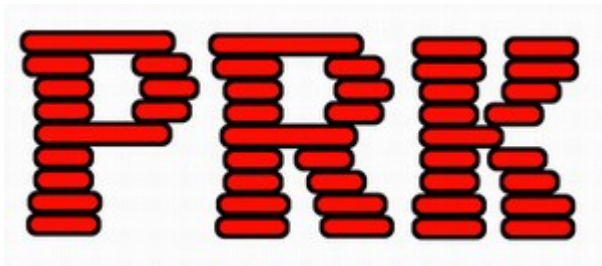
Ionosfääri

- Auringon säteily ionisoi ilman molekyylejä → johtavuus → johtava pinta heijastaa
- Auringon aktiivisuus vaikuttaa (vaihtelee 11 vuoden jaksonajalla)
- Alimpana kerroksena D
 - 55-90 km korkeudessa
 - Vaimentaa 1.8 – 10 MHz
 - Vain päivällä



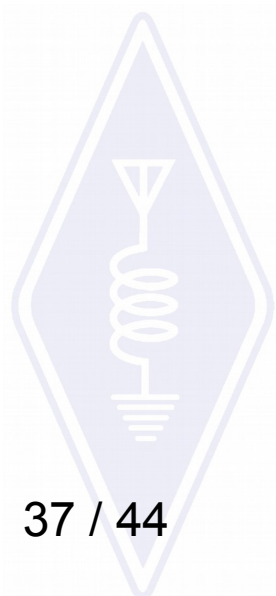
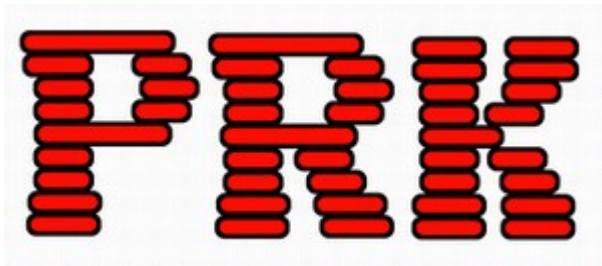
E-kerros

- 90 – 150 km
- Vain päivällä
- Voi heijastaa
- Muitankin mielenkiintoisia ilmiöitä
 - Sporadinen E
 - Aurora → VHF/UHF
 - Meteoriitti → VHF, hyvin lyhyt yhteys



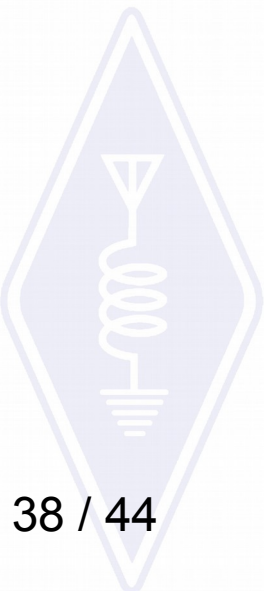
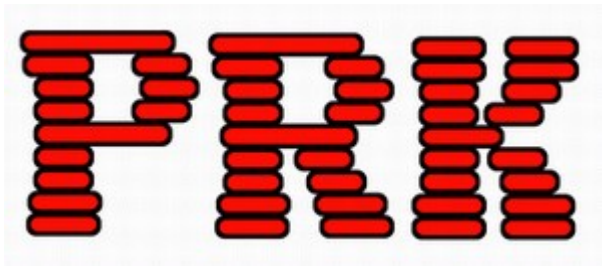
F-kerros

- HF-etenemiselle tärkeä
- Aalto voi heijastua maan ja ionosfäärin välillä useastikin
- Skippi = hypyn pituus
 - Pieni lähtökulma → pitkä hyppy
- Kuollut alue = pinta-aallon ja
- Long path



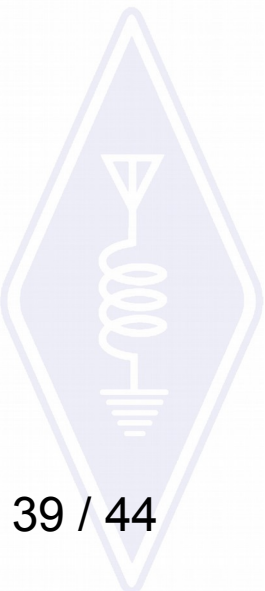
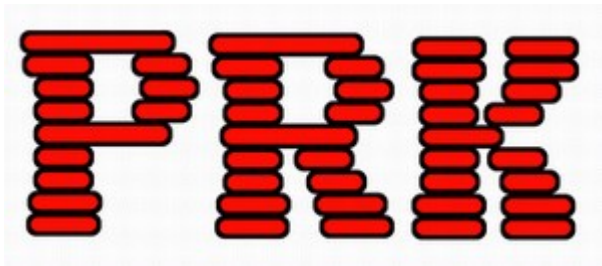
Troposfääri

- VHF, UHF ja korkeammat
- Kanavoituminen: aalto taittuu erilämpöisistä kerroksista (taitekerroin n muuttuu)
- Siroaminen: heijastuminen pienistä partikkeleista, vesihöyry, pilvet, sade



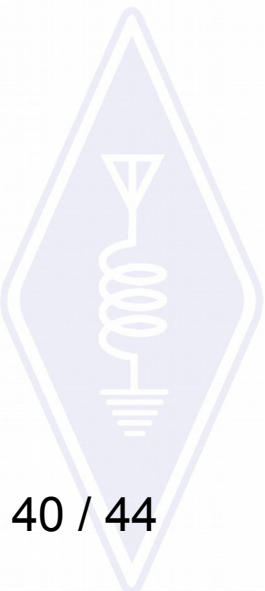
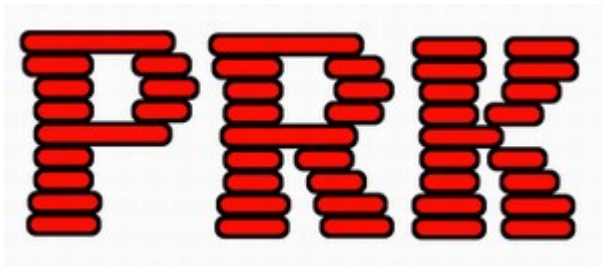
Ääniä avaruudesta

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



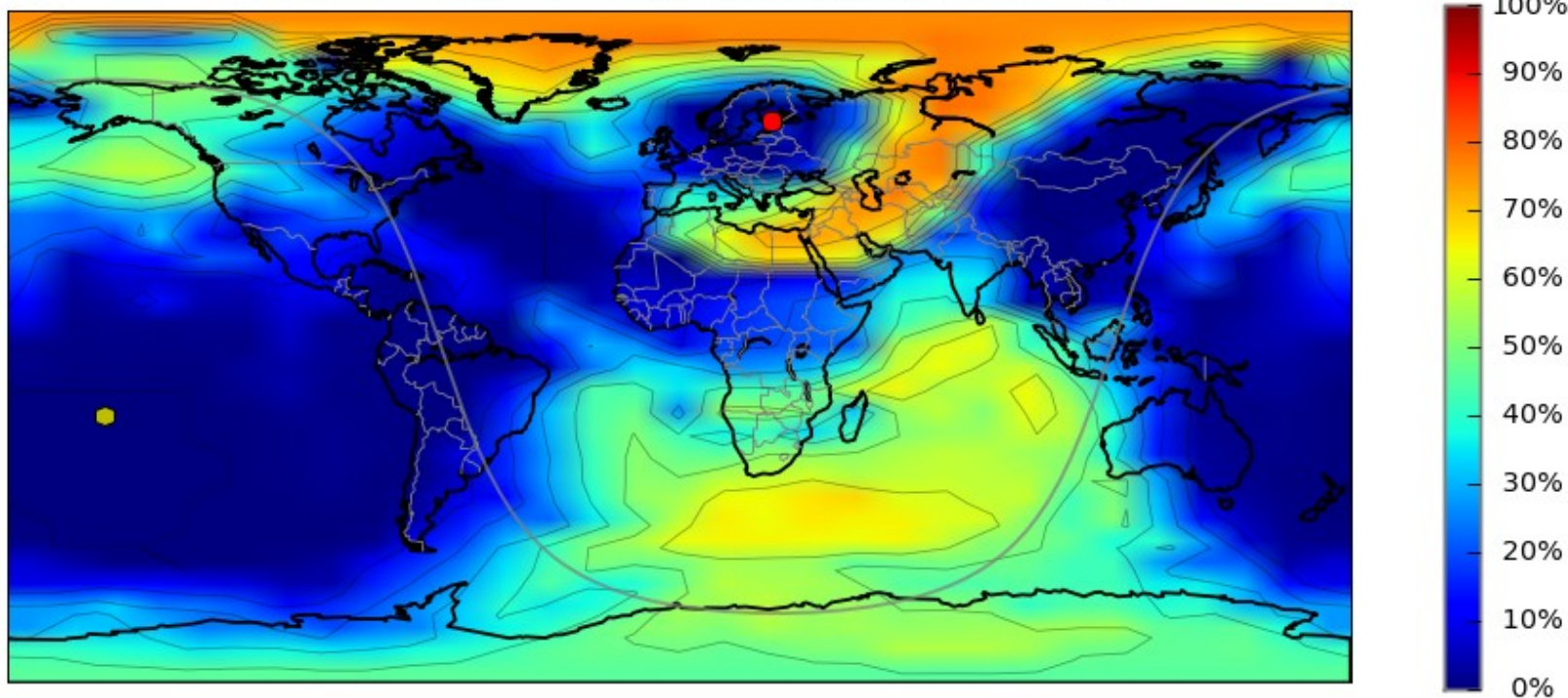
Pinta-aalto

- Matalat taajudet sitoutuvat johtavaan maatasoon → seurailee maapalloa horisontin taakse
- Tasainen ja johtava maa (merivesi) ovat hyviä.
- Vain matalilla taajuuksilla
 - 160 m (1,8 MHz) ja alle



Voacap.com, 20m, 22:00 UTC

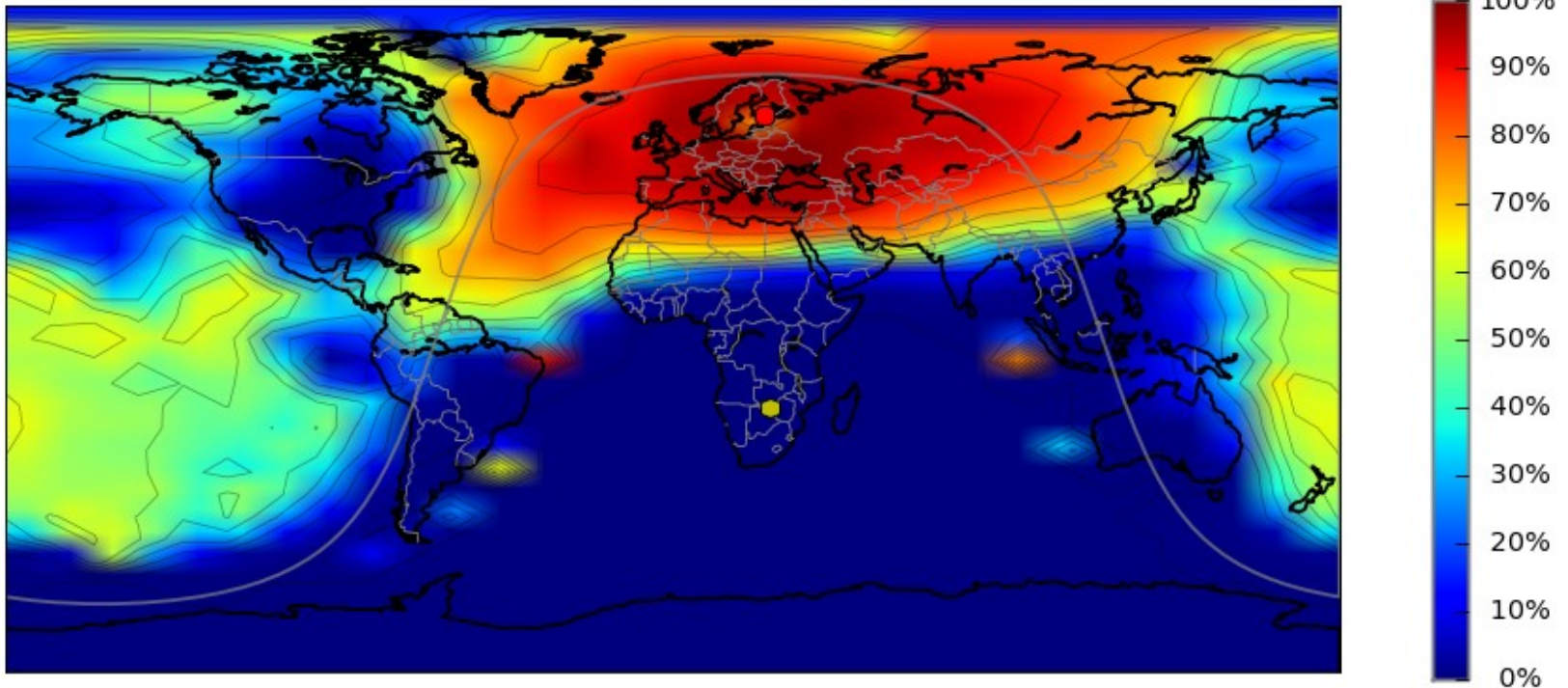
Espoo, finland (60.40N, 24.80E), Nov, 22 UTC, 14.100 MHz, 80 W, SSN 78, Mode: CW
TX Ant: [voaant/d10m.ant], RX Ants: [voaant/d10m.ant]



PRK

Voacap.com, 20m, 10.00 UTC

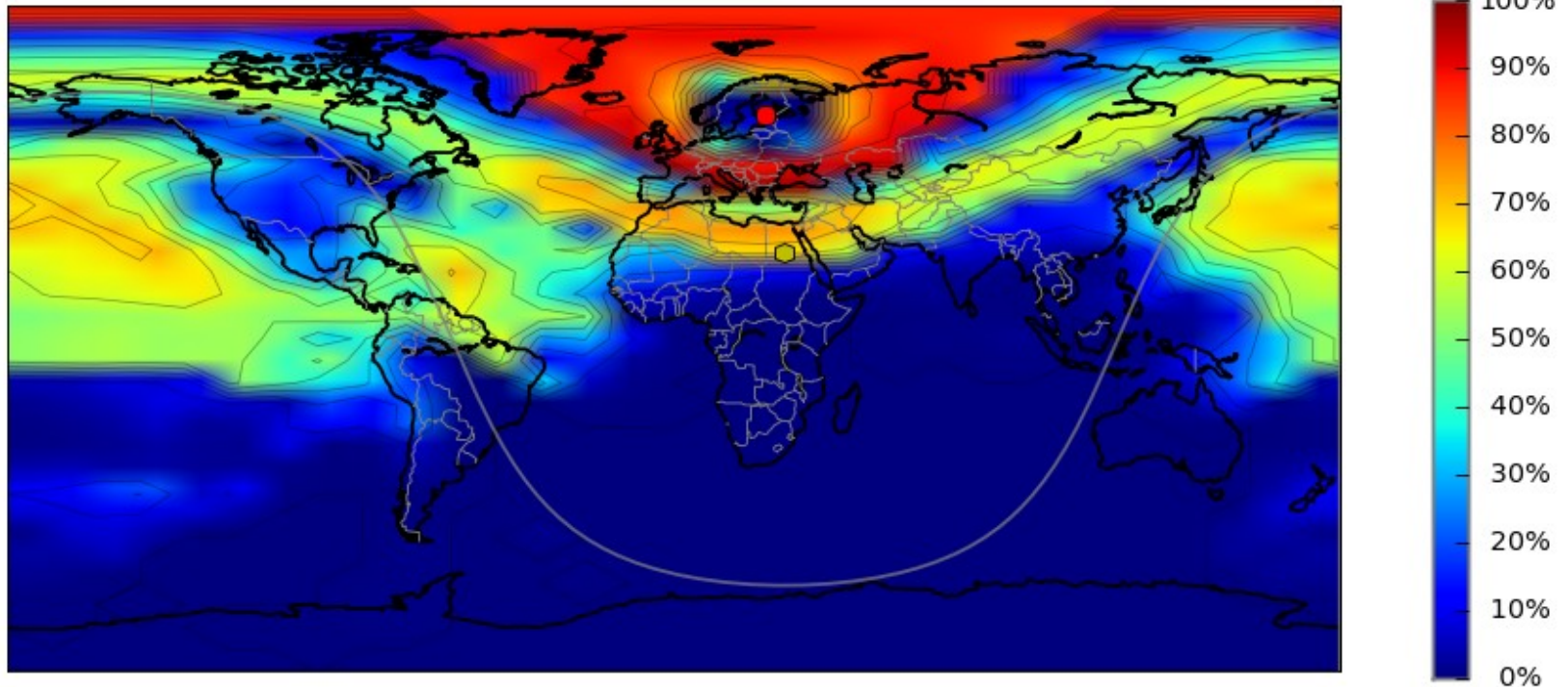
Espoo, finland (60.40N, 24.80E), Nov, 10 UTC, 14.100 MHz, 80 W, SSN 78, Mode: CW
TX Ant: [voaant/d10m.ant], RX Ants: [voaant/d10m.ant]



PRK

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]

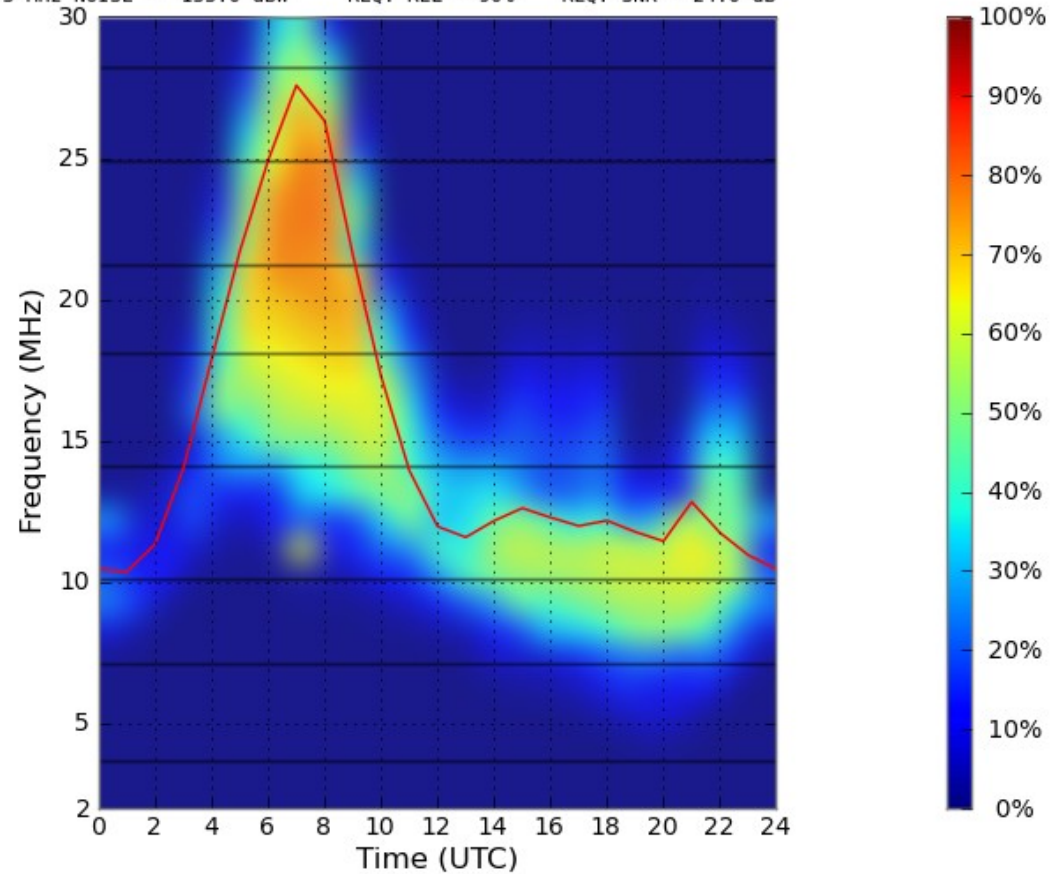


PRK

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



PARK

