



Tiiti Kellomäki, OH3HNY

- Aallonpituus
- Siirtojohdot, SWR eli SAS
- Antennien ominaisuuksia
- Yleisiä antennreja



Desibeli





Desibeliasteikko

- Kaikki piirit vahvistavat tai vaimentavat tehoa.

$$A = P_o/P_i = 100000$$

$$B = P_o/P_i = 0.0002$$

- Tehosuhteet voivat olla hyvin suuria tai hyvin pieniä, ja siksi on kätevää käyttää logaritmista asteikkoa.

$$A(\text{dB}) = 10 \log P_o/P_i = 10 \log 100000 = 50 \text{ dB}$$

$$B(\text{dB}) = 10 \log P_o/P_i = 10 \log 0.0002 = -37 \text{ dB}$$

- Positiiviset desibeliluvut tarkoittavat vahvistusta ja negatiiviset vaimennusta.

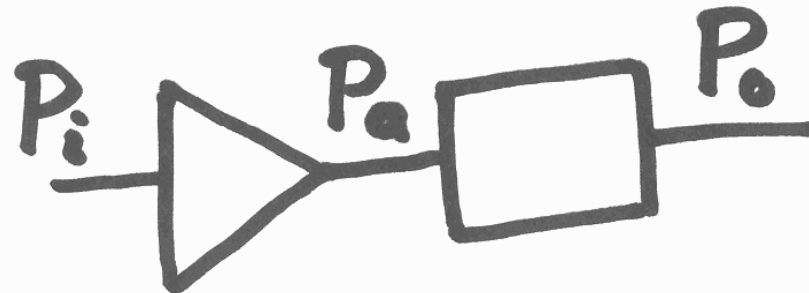


Desibelilaskentaa

- Tehosuhteiden kertominen vastaa desibelilukujen yhteenlaskua.
- Jos ensimmäinen aste vahvistaa 3 dB ja toinen vaimentaa 10 dB, on kokonaisvaikutus -7 dB. Ulostulo on viidesosa sisäänmenosta.

$$P_o/P_i = P_o/P_a \cdot P_a/P_i = 2 \cdot 0.1 = 0.2,$$

or -7 dB.





Desibeliyksiköitä

- Desibeliluvut tarkoittavat aina “tehoa verrattuna johonkin tunnettuun tehoon”, esim. sisäänmenotehoon, kantoaaltotehoon tai kohinatehoon.
- Eräs yleinen dB-yksikkö on dBm, ”desibeliä yli milliwatin”. Yksi watti on $10 \log 1 \text{ W} / 1 \text{ mW} = 10 \log 1000 = 30 \text{ dBm}$.
- Yksi milliwatti ei ole yhtään enempää kuin yksi milliwatti, suhde on siis 1 ja milliwatti dBm:inä on $10 \log 1 = 0 \text{ dBm}$.



Peukalosääntöjä

- Negatiiviset desibelit ovat vaimennusta, positiiviset vahvistusta.
- 0 dB:n lisäys tarkoittaa ykkösellä kertomista.
- 10 dB:n lisäys tarkoittaa x10.
- 3 dB:n lisäys tarkoittaa x2.
- 7 dB = 10 dB – 3 dB, eli $10 \cdot \frac{1}{2} = 5$.
- 24 dB = 10 dB + 10 dB + 10 dB – 3 dB – 3 dB, eli $10 \cdot 10 \cdot 10 / 2 / 2 = 250$.

Aallonpituus

- Aallonpituus = valon nopeus / taajuus:
299 792 458 m/s / 434,950 MHz
- Helpommin pysyt mukana desimaalipilkun paikassa, kun lasket
aallonpituus (m) = 300 / taajuus (MHz)
- Laske aallonpituus! 435 MHz, 28 MHz...
- Laske taajuus! 80 m, 2 m...

Siirtojohdot

Siirtojohdot

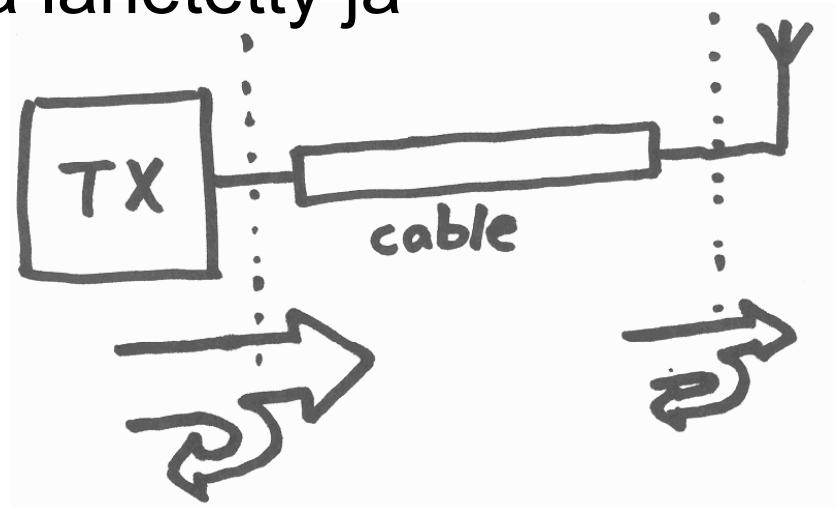
- RF-aallonpituus on melko lyhyt (useimmille radioamatööreille 80 metristä 23 cm:iin, taikka millimetrejä). Johdot ovat siksi pitkiä aallonpituuteen nähden.
- Jännitetaso johdolla vaihtelee nopeasti sekä ajan että paikan suhteen.
- Useimpia johtoja pitääkin ajatella siirtolinjoina.

Ominaisimpedanssi

- Ominaisimpedanssi kertoo johdolla etenevän jännitteen suhteen virtaan.
- 50-ohmisella johdolla yksi voltti aiheuttaa 20 milliampeerin virran.
- Tämä impedanssi ei liity mitenkään häviöihin.
- Radioamatöörit käyttävät 50-ohmista johtoa. Kaapeli-tv on 75-ohminen.

Epäsovitus

- Koko järjestelmässä pitäisi olla sama ominaisimpedanssi: lähettimen, johdon ja antennin pitäisi kaikkien olla 50-ohmisia. Jos näin ei ole, teho ei siirry kunnolla.
- Tehoa heijastuu jokaisesta impedanssiepäjatkuvuudesta.
- Joissakin paikoissa johdolla lähetetty ja heijastunut jännite summautuvat ja joissakin kohdissa heikentävät toisiaan. Muodostuu kylmiä ja kuumia pisteitä.



Seisovan aallon suhde

$$SAS = SWR = VSWR$$

- Seisovan aallon suhde on johdolle muodostuneiden “kuuman” jännitemaksimien ja “kylmän” minimien suhde.
- $SWR = 1$ tarkoittaa, että järjestelmässä ei ole heijastuksia ollenkaan.
- $SWR = 2$ tarkoittaa, että 10 % tehosta heijastuu.
- $SWR = 3$ tarkoittaa, että 25 % tehosta heijastuu.
- $SWR = \infty$ tarkoittaa, että teho heijastuu kokonaan takaisin eikä kuormaan siis mene mitään.
- Heijastusten välttämiseksi voidaan käyttää sovituspäiriä, jolla saadaan lähetin näkemään 50 ohmin kuorma.

Koaksiaalijohto



- Koaksiaalijohdossa on kaksi sisäkkäistä putkea.
- Johtimien välissä on eristeainetta.
- Kaikki sähkö- ja magneettikentät pysyvät johdon sisällä.
- Lähellä olevat metalliesineet tai taivutus eivät vaikuta koaksiaalilin ominaisuuksiin.
- 50 ohmin koaksiaalijohto on kaikkein yleisin radioamatöörien käyttämä syöttöjohto.

Parijohdot: lapamato ja avojohto

- Parijohdon sähkö- ja magneettikentät leviävät johdon ulkopuolelle, koska siinä ei ole suojaavaa vaippaa.
- Parijohdot säteilevät, eikä niitä voi käyttää ollenkaan HF-alueen yläpuolella (30 MHz).
- Metalliesineet ja peltikatot muuttavat parijohdon ominaisuuksia.
- Lapamadossa kaksi johtoa on upotettu muovieristeeseen. Sen ominaisimpedanssi on yleensä 240 tai 300 ohmia.
- Avojohto on käytännössä ilmaeristeistä ja yleensä 450-ohmista.



Balansoitu vai balansoimaton?

- Jos toinen puoli johdosta on ”maa”, johto on epäsymmetrinen (unbalanced).
- Esimerkiksi koaksiaalijohto on epäsymmetristä.
- Jos taas johdon molemmat puolet ovat samanlaiset, johto on symmetrinen (balanced).
- Parijohdot ovat balansoituja.
- Symmetrisiä antennoja pitää syöttää symmetrisellä syöttöjohdolla tai käyttää symmetrointielintä eli balunia, bal(anced-to-)un(balanced)



Antennit

Antennit

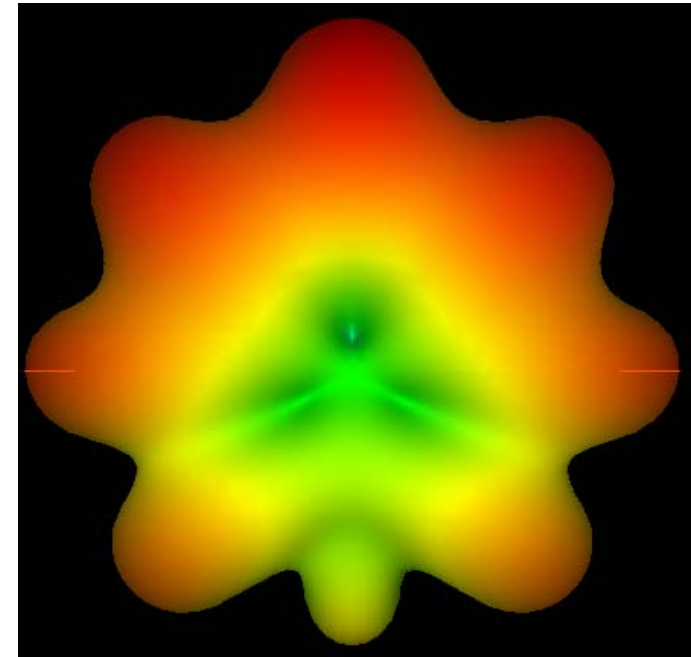
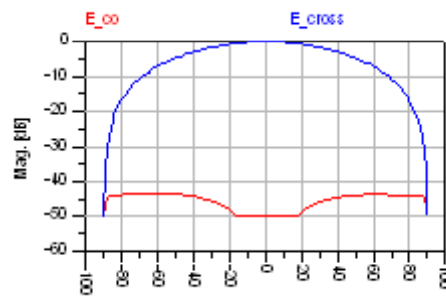
- Antenni on järjestelmän se osa, joka muuttaa virtaa ja jännitettä sähkömagneettiseksi säteilyksi tai päinvastoin.
- Antenni toimii samalla tavalla riippumatta siitä, käytetäänkö sitä lähetyksessä vai vastaanotossa.
- Antennin polarisaatio tarkoittaa, minkä suuntaisen sähkökentän se tuottaa.
 - Lähettäjällä ja vastaanottajalla pitäisi olla sama polarisaatio, esim. vaaka+vaaka.

Antenni kuormana

- Kun antenni on kiinni lähettimessä, se näyttää kuormalta, impedanssilta – kuin vastukselta.
- Antennin sisäänmenoimpedanssi ja siten sen SWR (SAS) riippuu voimakkaasti käytetystä taajuudesta.
- Resonanssitaajuus on se taajuus, jolla antenniin saa parhaiten tehoa “sisään”.
- Antennin kaistanleveys voidaan määritellä esimerkiksi SWR:n avulla: antennista saa heijastua vain vähän tehoa takaisin – eli SWR:n pitää olla parempi kuin 2 (tai 3).

Antennien ominaisuuksia

- Säteilukuviossa on kuvattuna antennin säteilemä teho eri suuntiin.
- ”Isotrooppinen antenni” säteilee joka suuntaan yhtä paljon.
- Antennin suuntaavuus kertoo, miten paljon antenni säteilee maksiminsa suuntaan, yleensä verrattuna isotrooppiseen anteeniin (dBi).
- Suuntaavuutta voidaan verrata myös puolialtrodipoliin (0 dBd = 2 dBi).





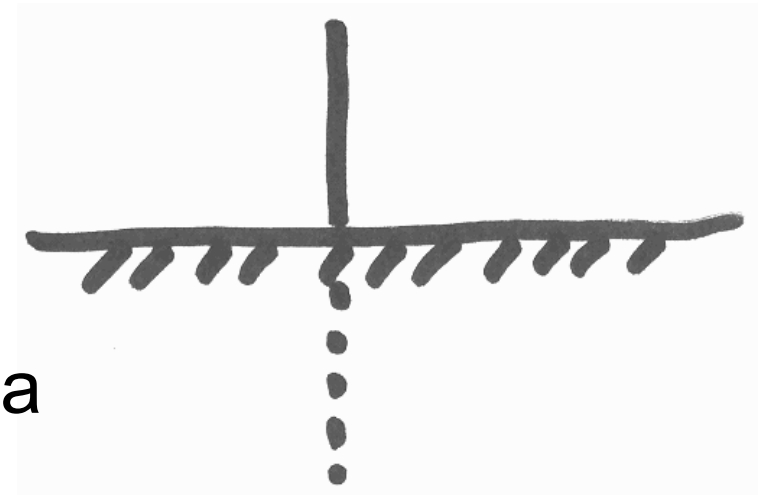
Antennien ominaisuuksia

- Vahvistus (gain) on suuntaavuus kerrottuna hyötysuhteella.
- Myös vahvistuksen yksikkö on dBi tai dBd.
- (Säteily)hyötysuhde kertoo, miten paljon syötetystä tehosta päätyy säteilyksi. Jos hyötysuhde on 73 %, hukkuu 27 % lämmöksi, koska antenni on häviöllinen.
- Jos suuntaavuus on 10 dBd ja hyötysuhde 50 %, vahvistukseksi saadaan $10 \text{ dBd} - 3 \text{ dB} = 7 \text{ dBd}$ (puolet alkuperäisestä).

Dipolit

- Puoliaaltodipoli on hyvin yksinkertainen antenni.
- Dipolia käytetään yleisesti HF:llä.
- Dipolia on balansoitu. Sitä pitää syöttää balunilla, muuten syöttöjohto saattaa säteillä (ja vastaanottaa, yleensä häiriöitä!).
- Puoliaaltodipolin sisäänmenoimpedanssi on 73 ohmia, ja sen voi huoletta kytkeä 50 ohmin radioon.
- Kaistanleveys riittää mihin tahansa HF-alueeseen.
- Vahvistus on 2 dBi = 0 dBd (aika pieni).
- Dipoli voi myös olla kokoaallon mittainen tai 2...

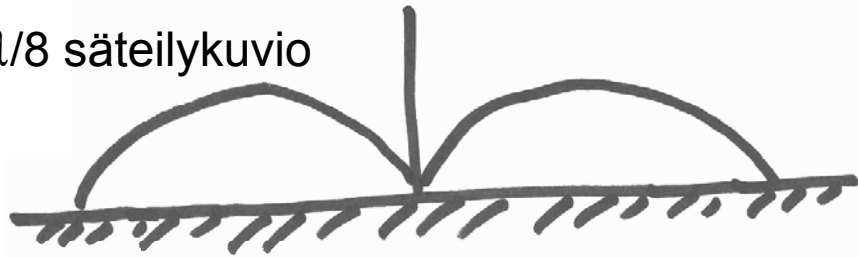
Monopolit



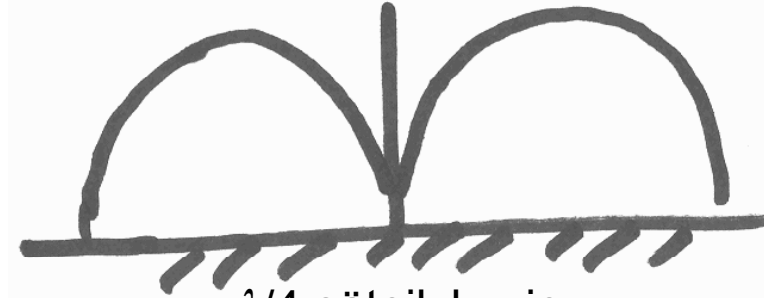
- Monopoli on puolikas dipolia ja maataso.
- Monopoli ja sen peilikuva muodostavat dipolin.
- Yleisiä mittoja ja yksi ovat $\lambda/4$ (vahv. 0 dBd), $5\lambda/8$ (vahv. 2 dBd), $1/2\lambda$ ja yksi λ .
- Mitä pidempi monopoli, sitä isompi vahvistus.
- Monopoleja käytetään HF:llä (yläbandeilla), V/UHF:llä ja käsiradioissa.
- Monopoli on balansoimaton. Maataso kytketään koaksiaalivaippaan. Monopolin voi myös tehdä koaksiaalista ja parista metallitikusta.

Mono- ja dipolien kuvia

$5\lambda/8$ säteilykuvio



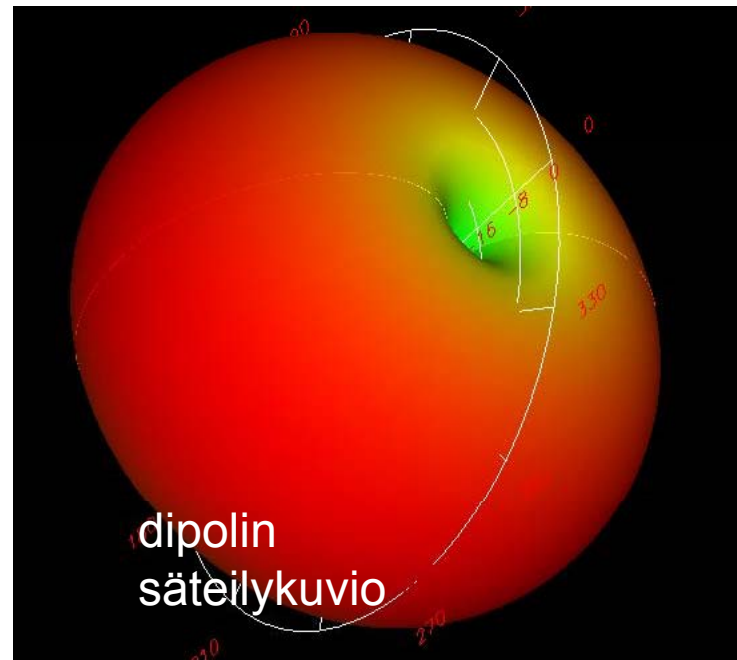
$\lambda/4$ säteilykuvio



taittodipoli



dipolin
säteilykuvio

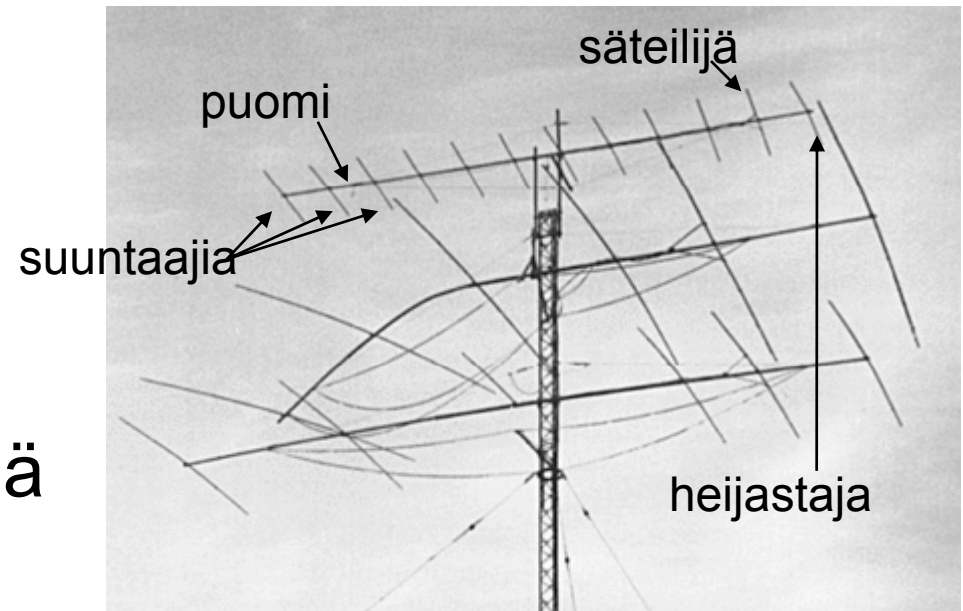




Silmukat eli luupit

- Yleisin silmukka-antenni on yhden aallon silmukka.
- Silmukka säteilee reiän suuntaan.
- Silmukoita käytetään HF:llä. Ne ovat yleensä maan suuntaisia (vrt. aitaus) ja melko lähellä maata. Säteilökuvio onkin nyt horisonttia kohti maan takia.
- Silmukka voi olla minkä muotoinen vain.
- Kokoaallon silmukalla on pieni vahvistus, 1 dBd. Silmukka on balansoitu.

Yagit



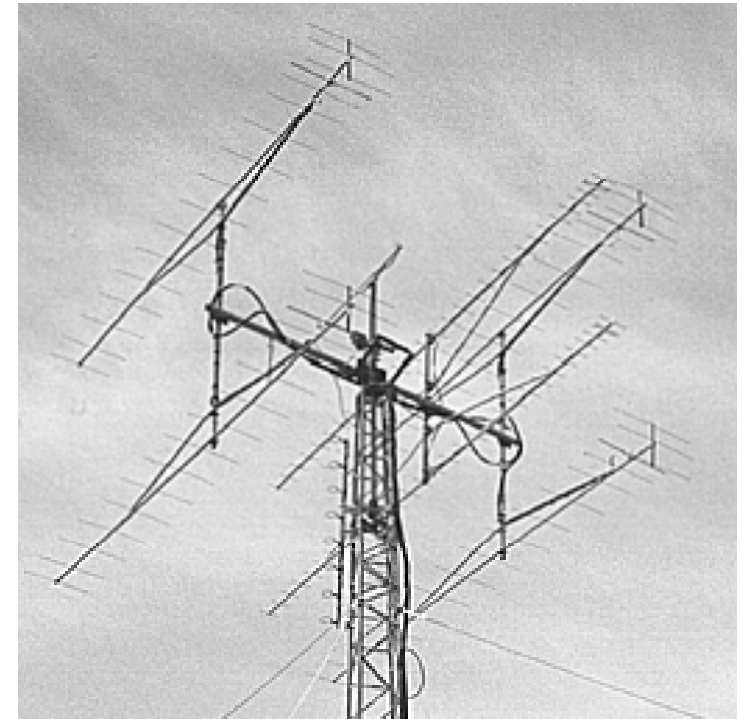
- Yagi-Uda-antenni on dipoli, jonka ympärillä on muita dipoleita.
- Puoliaaltodipoli syötössä säteilee. Sen takana on pidempi heijastaja ja edessä yksi tai useampia suuntaajia.
- Yagi on suunta-antenni. Sillä on vahvistusta 2–20 dBd.
- Vahvistusta voi lisätä lisäämällä elementtejä.
- Mitä isompi antenni, sitä enemmän vahvistusta.

ylikurssia!



Yagit

- Yageja käytetään HF:llä 14 MHz:n yläpuolella ja 1200 MHz:iin asti.
- Yagi pitää suunnitella kunnolla, erityisesti syöttö.
- Kaksi tai useampia yageja voidaan kerrostaa eli "stäkätä"
 - jos ne laitetaan vierekkäin, keila kapenee vaakasuunnassa,
 - päällekkäin kapenee pystysuuntainen keila.



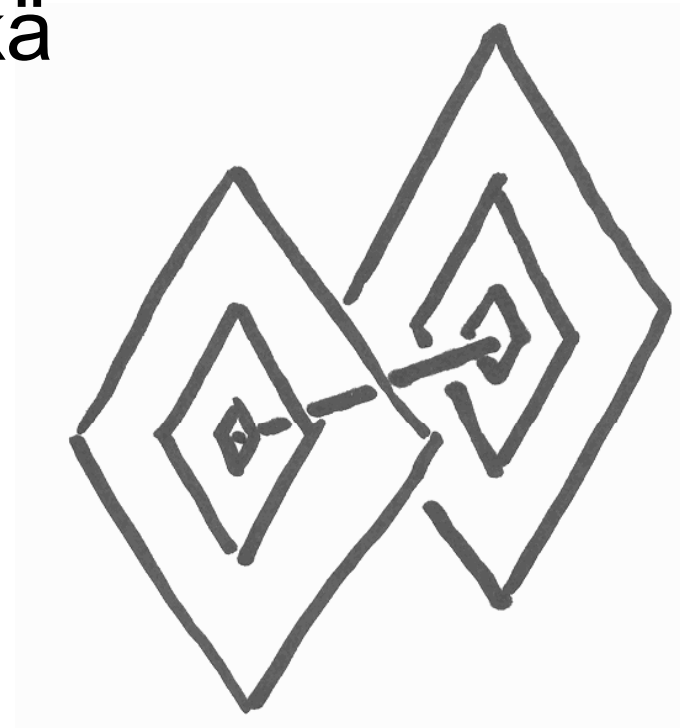
ylikurssia!



Quadit



- Quadi on kuin yagi, mutta sen elementit ovat silmukoita dipolien sijasta.
- Eri taajuuksien (eri kokoisia) silmukoita voi laittaa sisäkkäin, eivätkä ne häiritse toisiaan.
- Quadeja käytetään HF:llä ja VHF:llä.
- Vahvistusta 4–10 dBd.
- Hallilassa on iso quadi.



Heliksit



- Kaksi tapaa käyttää heliksiä:
 - jos säde on aallonpituuksina pieni, heliksi näyttää dipolilta tai monopolilta,
 - jos säde on iso, heliksi säteilee osoittamaansa suuntaan ja ympyräpolarisaatiossa.
- Ensimmäistä käytetään käsiradioissa, jälkimmäistä UHF:stä ylöspäin esimerkiksi satelliittiyöskentelyssä.

ylikurssia!



Heijastinantennit

- Tosi isoja vahvistuksia haluttaessa voidaan käyttää heijastinantenneja.
- Heijastimen halkaisijan pitää olla useita aallonpituuksia.



- Heijastinantenneja käytetään mikroaaltotaajuuksilla, SHF.
- Vahvistusta voidaan saada esimerkiksi 30 dBd.

Tenttikysymys!

Rakentelet 432 MHz:n lähetinantennia. Mikä on oikea valinta?

- ? 43 cm puoliaaltodipoli
- ? 34 cm puoliaaltodipoli
- ? 43 cm $5/8$ aallon monopoli
- ? 34 cm monopoli ja maataso

Tenttivastaus!

Rakentelet 432 MHz:n lähetinantennia. Mikä on oikea valinta?

- – 43 cm puoliaaltodipoli
- + 34 cm puoliaaltodipoli
- + 43 cm $5/8$ aallon monopoli
- – 34 cm monopoli ja maataso

Toinen tenttikysymys!

Koaksiaalijohdolle on ominaista, että

- ? se ei säteile, koska sähkömagneettinen kenttä pysyy johdon sisällä
- ? sen ominaisimpedanssiin vaikuttaa johtimien välinen välimatka
- ? sen voi asentaa peltikatolle
- ? sen voi taivuttaa jyrkälle mutkalle (minimisäde $5D$)
- ? se vaatii symmetrisen virityslaitteen

Toinen tenttivastaus!

Koaksiaalijohdolle on ominaista, että

- + se ei säteile, koska sähkömagneettinen kenttä pysyy johdon sisällä
- + sen ominaisimpedanssiin vaikuttaa johtimien välinen välimatka
- + sen voi asentaa peltikatolle
- + sen voi taivuttaa jyrkälle mutkalle (minimisäde $5D$)
- – se vaatii symmetrisen virityslaitteen

Kolmas tenttikysymys!

Keski-Suomessa sijaitsevalle radioamatööri-
asemalle rakennetaan 80 m puolialtrodipoli.
Jotta se toimisi parhaiten kotimaan yhteyksissä,

- ? sen kokonaispituus on noin 21 m
- ? se on asennettava niin, että dipolin päät osoittavat itä-länsisuuntaan
- ? sen kokonaispituus on noin 42 m
- ? se on asennettava niin, että dipolin päät osoittavat pohjois-eteläsuuntaan

Kolmas tenttivastaus!

Keski-Suomessa sijaitsevalle radioamatööri-
asemalle rakennetaan 80 m puolialtrodipoli.
Jotta se toimisi parhaiten kotimaan yhteyksissä,

- – sen kokonaispituus on noin 21 m
- + se on asennettava niin, että dipolin päät osoittavat itä-länsisuuntaan
- + sen kokonaispituus on noin 42 m
- – se on asennettava niin, että dipolin päät osoittavat pohjois-eteläsuuntaan

Vastaa SASSiin!

Seisovan aallon suhde on pieni, kun

- ? syöttöjohto on mahdollisimman vähähäviöistä
- ? antennin hyötysuhde on hyvä
- ? antennielementti on mahdollisimman paksu
- ? syöttöjohdon ja antennin impedanssit ovat samansuuruiset

SASSiin vastattiin

Seisovan aallon suhde on pieni, kun

- – syöttöjohto on mahdollisimman vähähäviöistä
- – antennin hyötysuhde on hyvä
- – antennielementti on mahdollisimman paksu
- + syöttöjohdon ja antennin impedanssit ovat samansuuruiset

Kysy.

- Kysy nyt lisää.
- Kerholla on hyviä antennikirjoja:
 - ARRL Antenna Book
 - Antennisuunnittelu-kurssin pruju
 - Simple and Fun Antennas for Hams