

Antennsystem för amatörradio

SV9RMU/OH2AXE 2024

Jag skrev originaltexten på engelska.
Detta är en lätt redigerad översättning av den engelska versionen.

Språket och terminologin har kontrollerats och korrigerats
av fysikern och min vän Lars Silén från Finland.

Index	sida	sida
Förkortningar för amatörradio	3	
A. Allmänt	4	
B. Antenner i allmänhet	5	
B.1 Lite historia	5	
B.1.a Antenner	5	
B.1.b Sändare	5	
B.1.c Mottagare	5	
B.1.d Några tidiga delmål	5	
B.2 Några grunder för antensystem	6	
Våglängdsformler	7	
B.3 Antennens höjd	10	
Radioutbredning	10	
C. Val och placering av en antenn	12	
C.1 Trådantenn	15	
Trådantennmaterial	15	
Trådantenns löshet	16	
Typer av trådantenn	18	
Tråddipolformler	18	
C.2 "Styva" antenner	22	
Elementlängder för en multielementantenn	23	
a. Vertikaler	23	
b. Riktantenn	25	
Antennpolarisation	25	
1. Antennmatchningsmetoder ..	25	
2. Roterande dipol	26	
3. Enkelbands yagi	27	
4. Flerband yagi	27	
"Skruvmejsel"-antenn	29	
Yagi antenn bomeffekt	29	
VHF- och UHF-riktantenn	29	
Spiralantenn	30	
Log-periodisk antenn	31	
C.3 Andra typer av antenner	32	
Avstämda slingantenn	32	
Konisk monopol	33	
Discone antenn	33	
EH antenn	33	
C.4 Antennstöd	33	
C.5 Antennrotatorer och antenneriktning	34	
C.5.a Hitta exakt norr eller söder	34	
Skillnad mellan geomagnetiska och geografiska riktningar	34	
C.5.b Hitta antenneriktningar till hela världen	36	
C.5.c Rotator och antenninstallation ..	37	
D. Baluns och un-uns	37	
D.1 Spänningsbalun och -un-un	38	
D.1.a Välja kärna för en balun eller un-un	38	
D.1.b Balun eller un-un lindning	39	
D.2 Strömbalun	41	
D.2.a Bifilar lindning på toroidkärna	41	
D.2.b Koaxialkabel på toroidkärna	42	
D.2.c Ferritrör eller snap-ons på koaxialkabel	42	
D.3 Hybrid balun	42	
E. Matningslinjer	43	
E.1 Typer av matningslinjer	43	
E.2 Impedans matchning med matningslinjer	43	
Hastighetsfaktor	44	
Andra matchningssystem	46	
F. SWR och sändningseffekt	46	
F.1 Matningslinjeförluster	48	
Dämpningsvärden för några kabeltyper	49	
F.2 Kablar, kontakter och sändningseffekt	51	
G. Antenntuners	52	
Antenntunerksar	53	
G.1 Antenntuner impedans matchningsområde	55	
G.2 Typer av antenntuner	55	
H. Antennstapling	55	
H.1 Stapling av flerbandsantenn	57	
H.2 Vertikal stapling av riktantenn för olika band, som HF, VHF och UHF	57	
I. Elektrisk säkerhet i en radioamatörstation ..	58	
I.1 Skydd mot farliga spänningar	58	
I.1.a Mekaniskt skydd	58	
I.1.b Säkerhetsjordning	59	
I.2 Skydd mot blixtnedslag	59	
J. Förkortningar	60	
J.1 Formelsymboler	60	
J.2 Multiplikatorer	60	
J.3 Symboler för värden	61	
J.3.a Mekaniska mått	61	
J.3.b Grundsymboler för elektriska värden	61	
J.4 ITU frekvensområden	61	
K. Efterord	62	

Några förkortningar som ofta används i radioamatörsamhället

Dessa förkortningar används i radiokommunikation och/eller i olika texter (inklusive denna) om amatör-radio. Tekniska förkortningar finns i slutet av detta dokument.

AM: "Amplitude Modulation". Överföring av ljud (röst) signaler, ofta med hjälp av en mikrofon, genom att variera sändarens bärvågs amplitud (styrka) enligt ljudsignalen.

CW: "Continuous Wave". Generellt sett av/på-omkoppling av sändarens bärvåg med hjälp av en telegrafnyckel (eller automatisk nyckel) för att sända meddelanden med hjälp av så kallad "Morsekod".

DX: "Distant Location". En plats anses att vara "DX", när det är inte alltid möjligt att ha kontakt dit. Det faktiska avståndet till "DX" beror mycket på den använda sändningsfrekvensen.

EME: "Earth-Moon-Earth". Sändning, där månen används för att reflektera radiosignalen till den mottagande stationen.

F/B: "Front-to-Back" (ratio): I riktantenner förhållandet mellan framåtstrålad effekt och bakåtstrålad effekt, uttryckt i negativ dB, som -20 dB.

FM: "Frequency Modulation". Överföring av ljud (röst) signaler, ofta med hjälp av en mikrofon, genom att variera sändarens bärfrekvens beroende på ljudsignalen.

L/C: Förkortning för en krets, som har en eller flera spolar (L) och kondensatorer (C), ofta (men inte alltid) i en resonator eller ett filter.

OCF: "Off Centre Fed". En trådantenn, där matningspunkten inte är i antennens mitt, utan någonstans mot ena änden av tråden.

PEP: "Peak Envelope Power". Sändarens RF-signals högsta topp effekt vid en enskild RF-cykel av modulerad signal, särskilt för SSB.

Q: "Quality". Q är kvalitetsindikator för spolar och kondensatorer som används i radiokretsar. I princip mäts Q som förhållandet mellan reaktans (X_L eller X_C) och resistans (R) för komponenten, båda i Ω .

QRM: en "Q"-kod. Generellt sett brus på radiofrekvenser som skapas av människor. Den viktigaste QRM-källan är harmoniska frekvenser från olika switchande nättaggregat.

QRN: en "Q"-kod. Generellt sett atmosfäriskt (som blixtnedslag) eller rymdbrus på radiofrekvenser.

QRO: en "Q"-kod. Generellt sett en högeffektssändare, ofta 500 W eller högre uteffekt.

QRP: en "Q"-kod. Generellt sett en sändarstation med låg effekt, vanligtvis med 5 W eller mindre uteffekt.

QSL: en "Q"-kod. I allmänhet bekräftelse på en upprättad amatörradiokontakt, ofta med ett QSL-kort (postkort) eller via en av QSL-sajterna på internet.

QSO: en "Q"-kod. Generellt sett, vilken radiokontakt som helst mellan två radioamatörer.

QTH: en "Q"-kod. I allmänhet platsen för en radioamatörstation (by, stad, land osv.).

RF: "Radio Frequency". Vilken utsänd (= utstrålad) signal som helst oavsett frekvens, i princip från 1 Hz till "ljusfrekvenser".

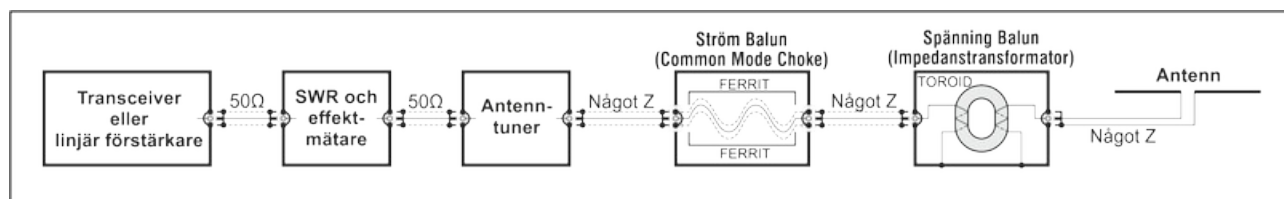
RTTY: "Radio TeleTYpe" (Telex via radio). En av de otaliga digitala moduleringar som används av radioamatörer. Digitala modulationer överförs vanligtvis med hjälp av datorer och deras ljudkort genom att modulera sändaren med ljudsignaler.

SSB: "Single Side Band". Överföring av ljud (röst) signaler, ofta med hjälp av en mikrofon, genom att variera sändarens bärvågs amplitud (styrka) enligt ljudsignalen. Till skillnad från AM-sändning avlägsnas den faktiska bärvågen och ett sidoband från den sända signalen, och endast det andra sidobandet sänds. Det gör att den tillgängliga sändareffekten utnyttjas mycket mer effektivt. I mottagaränden läggs bärvågen tillbaka till signalen av en BFO (Taktfrekvensoscillator). SSB kan vara antingen USB (övre sidoband eller LSB (nedre sidoband)).

SWR: "Standing Wave Ratio" (Stående vågförhållande). SWR är uppmätt indikator på hur väl eller dåligt antennsystemet är anpassad till sändarens utgångsimpedans, vanligtvis 50 Ω .

UTC: "Coordinated Universal Time" (Koordinerad universell tid). Tidsbasen för loggning av alla amatörradiokontakter. Obs! UTC är bara en akronym. Det är inte en direkt förkortning av något ord på något språk. Det överenskomms ursprungligen som en kompromiss mellan engelska och franska språken.

WSPR: "Weak Signal Propagation Reporter". Ett världsomspännande nätverk av automatiska amatörradiofyrstationer (mottagande och sändande) för att i realtid bestämma RF-utbredningsförhållandena på alla amatörradioband till olika delar av världen.



Exempel på ett antensystem

A. Allmänt

För att reda ut saker redan från början: Jag har varit radioamatör i över 55 år och professionellt är jag elektronikdesigner. Jag tog min examen i radio- och TV-system 1970. Det finns mer information om min nuvarande situation med amatörradio på qrz.com-sidan: <https://www.qrz.com/db/sv9rmu> (på engelska).

Med ett "antensystem" menar jag allt mellan transceiverns eller linjärförstärkarens antenkontakt och antennen, inklusive SWR/effektmätare, matningslinje, antenmatchningssystem (tuner), balun(er), själva antennen och alla anslutningar mellan olika utrustningar och delar. Du kanske inte har eller behöver alla delar i exempelritningen ovan. Eller kanske du har ytterligare utrustning.

Jag har i detta dokument försökt samla praktisk information och personliga erfarenheter om antensystem. Jag försöker också reda ut några vanliga missförstånd gällande antensystem. Jag går inte för djupt in på de finare aspekterna av antendesign och försöker hålla matematiken så minimal och enkel som möjligt.

Det verkar som om det i vissa delar av amatörradiogemenskapen finns många missuppfattningar om antenner och antensystem. Av någon anledning tas ett mer eller mindre fungerande antensystem för en station som en universell regel. För det mesta gäller dessa "regler" endast för den specifika stationens antensystem. I allmänhet kan antennuppsättningen av en amatörradiostation inte direkt kopieras till en annan station på grund av olika omgivningar, utrustning, material osv. **Så man *måste alltid tillämpa de grundläggande vetenskapligt bevisade tekniska fakta* på sitt eget antensystem och sedan göra justeringar efter behov för just den installationen!**

Det finns verkligen inget mysterium kring antenner och antensystem. De fungerar alltid enligt fysikens lagar. Man behöver bara veta vad dessa lagar är. I det här dokumentet försöker jag förklara några av de viktigaste grunderna för antenner och antensystem.

Glöm all "misstänkt information" som man kan hitta på internet eller höra via radio och ta följande förklaringar på allvar. De är baserade på verkliga (uppmätta, när tillämpliga) tekniska fakta och stöds av all **tillförlitlig** amatörradio- och facklitteratur, som RSGB- och ARRL-handböckerna, och till exempel ITT:s "Reference Data for Radio Engineers" (utgiven av Howard W. Sams & Co, USA). Jag har den 5:e upplagan (1973) av den manualen.

Detta dokument behandlar endast HF-, VHF- och UHF-antensystem. Utrustningen, materialen och konstruktionsteknikerna för mikrovågsantensystem skiljer sig avsevärt från de som används på lägre frekvenser.

Obs 1! Alla exempel som visas i detta dokument är vanliga, men de utgör INTE en komplett lista över alla möjliga lösningar!

Obs 2! Som elektronikkonstruktör förlitar jag mig enbart på tillverkarnas publicerade specifikationer för all elektronik, inklusive allt som har med antensystem att göra.

Alla foton och ritningar i detta dokument är bara exempel på olika lösningar. De är inte de enda sätten att bygga eller designa dessa delar.

B. Antenner i allmänhet

B.1 Först lite historia

B.1.a Antenner

Den tyske fysikern Heinrich Hertz byggde de första antennerna 1888 för att bevisa existensen av vågor, vilket förutspåddes i James Clerk Maxwells elektromagnetiska teori från 1865. Hertz-antennerna var de första (icke-resonanta) dipolerna eller dubbletterna. Det har citerats att Hertz har sagt: "Jag tror inte att de radiovågorna jag har upptäckt kommer att ha någon praktisk tillämpning". Jag tror att vi alla har en annan åsikt nuförtiden. Från namnet Hertz kommer namnet ("hertz") och förkortningen ("Hz") för frekvens. I engelsktalande länder användes "c/s" eller "cykler i sekunden" för frekvens för många decennier sedan, vilket är exakt samma sak som Hz. Fram till omkring 1960-talet användes ofta våglängd istället för frekvens, särskilt i rundradiomottagare.

Från och med 1895 började Guglielmo Marconi utveckla praktiska antenner för trådlös telegrafi över långa avstånd. Hans antenner var i grunden "monopol" (ungefär som moderna vertikaler i form av "T") med flera trådar uppe i luften och riktig mark som motvikt. Antennteorin har utvecklats avsevärt sedan de tidiga dagarna och moderna antenner är inte baserade på de tidiga experimenten.

B.1.b Sändare

I början användes ett gnistgap över antennterminalerna som sändare. Högspänningsbågen genererade ett brett frekvensband och antennen själv bestämde (dvs. "filtrerade") den "faktiska" sändningsfrekvensen. För att gnistelektroden skulle hålla längre utvecklades roterande gnistgap, vilket lade till modulering (enkeltonsammodulering) till den sända signalen. Dessa hade ett roterande (motordrivet) hjul med flera gnistelektroder och två stationära på motsatta sidor. Senare lades olika låg Q L/C-resonatorer till kretsen för att bestämma sändningsfrekvensen. De sända CW-signalerna var mycket breda. -3 dB (halv effekt) signalbredd var till exempel ± 200 kHz från mittfrekvensen. Moderna sändare har ingenting att göra med en gnistgaps-sändare.

De första sinusvågssändarna (kontinuerlig bärvåg) var:

- 1910 Alexanderson Alternator: Detta är i princip bara en växelströmsgenerator, som har många poler för att kunna mata ut en VLF-frekvens. En av dessa sändare är fortfarande (2024) i drift i Grimeton, Sverige, anropssignal SAQ. Den var konstruerad för 200 kW (!) uteffekt. Några gånger om året slås sändaren på för att skicka speciella CW-meddelanden på 17.2 kHz. Se <https://alexander.n.se/sv/>.
- På 1920-talet vakuümör-sändare: Dessa var baserade på återkopplingsoscillatorer med ett triodrör. De kunde enkelt moduleras för att sända ljudsignaler (AM-modulering).
- 1933 första licens för en FM-station.
- I slutet av 1930-talet första analoga svartvita tv-stationer på låga VHF-frekvenser.

B.1.c Mottagare

I de tidiga dagarna användes en "koherer" detektor för att ta emot RF-signaler. Den baserades på Edouard Branlys upptäckter från 1890. Enheten består av en isolerande kapsel (ofta glas) som innehåller två elektroder med lösa metallspån ("pulver") i utrymmet mellan dem. När en RF-signal appliceras på enheten fastnar metallpartiklarna vid varandra eller "kohererar", vilket minskar enhetens höga initiala motstånd, så en mycket högre likström kan flyta genom den. Strömmen aktiverade en bjällra eller en pappersbandsskrivare. Koherermetallspån förblev ledande efter slutet av RF-signalen, så enheten var tvungen att "avkohereras" genom att mekaniskt knacka på den. Koherer-detektorer förblev i utbredd användning fram till omkring 1907. Senare ersatte känsligare elektrolytiska eller kristalldetektorer koherer-detektorn. Dessa tidiga kretsar var på sätt och vis de ursprungliga direktomvandlingsmottagarna. Elektronik och mottagarteknik har utvecklats oerhört mycket från de tidiga systemen och moderna mottagare har ingenting att göra med dessa kretsar.

B.1.d Några tidiga delmål

Januari 1900: Världens första praktiska radiolänk någonsin, etablerad från ön Hogland (Suursaari) i Finska viken till ön Kuutsalo/Kutsalö nära staden Kotka, Finland (avstånd cirka 40 km). Finland var på den tiden en del av Ryssland. Båda stationernas utrustning byggdes enligt instruktioner från den ryske fysikern Alexander Popov. Sändaren var naturligtvis en med gnistgap.

Slagskeppet "Generalamiral Apraksin" gick på grund på ön Hogland i november 1899. När Apraksin hade lossats från klipporna i slutet av april 1900 hade 440 officiella telegrafmeddelanden hanterats av Hoglands radiostation. Förutom räddningen av Apraksins besättning räddades mer än 50 finska fiskare, som var strandsatta på ett flak drivis i Finska viken, efter nödmeddelanden som skickades via radiotelegrafi.

December 1901: Första transatlantiska sändningen av Guglielmo Marconi från Poldhu, Cornwall, England till Signal Hill, St. John's, Newfoundland, Kanada.

April 1912: Oceanångaren Titanics förlisning. Radiooperatörerna på Titanic var inte alls intresserade av isvarningar som skickats av andra fartyg (inklusive Carpathia och Californian) och sa åt dem att "hålla käften". De hanterade bara betalda meddelanden från och till Titanics passagerare. Dessa operatörer arbetade för Marconi-företaget, inte för Titanics ägare, Five Star Line.

11 december 1921: Den första transatlantiska amatörradiosändningen från 1BCG i Greenwich, Connecticut, USA till Ardrossan, Skottland. 1BGC använde en sändare med 990 W ineffekt (troligen runt 450 W uteffekt) på ungefär 1.3 MHz (nära det moderna 160 m bandet).

11 april 1964: Första helt framgångsrika transatlantiska tvåvägs amatörradio-QSO via EME (månreflektion, jord-måne-jord) på 144 MHz (2 m bandet) mellan W6DNG, Long Beach, Kalifornien, USA och OH1NL, Nakkila, Finland.

B.2 Några grunder för antenssystem

Varje radiooperatör (amatör och andra) behöver ett "antenssystem" för att omvandla den RF-effekt som genereras av sändaren till utstrålad RF-energi, som kan tas emot av andra stationer. Även en mobiltelefon är en radiotransceiver, men i så fall sitter antennen inuti handenheten. Det finns otaliga sätt att bygga ett antenssystem och vissa av dem är mer effektiva än andra. I det här fallet betyder effektiviteten hur mycket av sändarens uteffekt som faktiskt utstrålas av antennen. **Det finns alltid förluster i ett antenssystem:**

- Ett bra antenssystem har en verkningsgrad nära 100 % (vanligtvis runt 98 %). Så, till exempel, från 100 W sändare, utstrålas 98 W av antennen och endast 2 W går förlorad, mestadels som värme. I detta fall är antenssystemets förluster endast -0.088 dB.
- Ett dåligt antenssystem har betydligt lägre verkningsgrad. Till exempel, i ett mycket dåligt fall, från en 100 W sändare, utstrålas 1 W av antennen och 99 W går förlorade, mestadels som värme. I detta fall är antenssystemets förluster mycket höga, -20 dB.
- Observera att antenssystemets effektivitet är densamma i båda riktningarna, dvs. för både mottagning och sändning.
- Av ovanstående kan man se att antenssystemets effektivitet alltid bör vara så bra som möjligt, men det beror också på vad du faktiskt behöver. Om du bara vill kontakta några vänner några kilometer bort och inte vill kommunicera med DX, spelar det egentligen ingen roll hur effektivt ditt antenssystem är.

Antenssystemets effektivitet kan minskas av många faktorer, inklusive:

- Matningsledningens (ofta 50 Ω koaxialkabel) inneboende förlust. Detta beror på kabeltyp, kabellängd och sändningsfrekvens.
- Dålig matchning av antenssystemet. Om själva antennen inte har 50 Ω resistiv impedans (ingen reaktans!) måste antenssystemet matchas så att sändaren "ser" en 50 Ω resistiv belastning. Alla de olika matchningskretsarna har förluster.
- Förluster i själva antennen. Detta kan till exempel orsakas av dålig kvalitet eller olämpliga material, dåliga anslutningar mellan olika antendelar eller till och med dålig antendesign.
- Antennens höjd över marken. Om antennen är mindre än cirka 1/4 våglängd över marken kan förlusterna orsakas på två sätt: 1) Den "riktiga" marken är alltid förlustbehäftad, så en del av den utstrålade RF-effekten går förlorad som värme i marken. 2) Antennens maximala strålning riktas många grader (till exempel 15° ... 20°) över horisonten, vilket inte alls är bra för DX.
- Antennens närhet till andra ledande material, som el- och telefonledningar, armeringsstål inbäddat i betong, metalltak, stuprännor osv. Även trädgrenar är ledande, särskilt när de är våta. Dessa kommer att "suga in" en del av antennens utstrålade effekt.
- Även om alla ovanstående separata förluster (och möjligen andra också) kan vara ganska låga, kan den totala förlusten bli betydande när den läggs samman. Till exempel:

- -1 dB total förlust betyder att 20.6 % (cirka 1/5) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.
- -2 dB total förlust betyder att 36.9 % (över 1/3) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.
- -3 dB total förlust betyder att hälften (50 %) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.

Det verkar för mig som att många radioamatörer inte har förstått grundprincipen för **alla** antenner: För effektivast möjliga strålning av RF **måste själva antennen vara resonant**. För en **resonantantenn är den totala längden alltid en elektrisk ½ våglängd**, eller en multipel därav. När en antenn är resonant har den ingen reaktans ($\pm j = 0 \Omega$) vid sin matningspunkt, och endast impedansens resistiva del ($R \Omega$) är närvarande. Detta är den viktigaste faktorn för en effektivt strålantenn. Den exakta matningspunktsresistansen är inte viktig. Den kan vara från några få Ω till flera hundra Ω . Sedan, om det behövs, kan matchning till exempel till 50 Ω matningslinje enkelt göras med en RF-impedanstransformator, ofta kallad "balun" eller "un-un". Ett par exempel på resonanta antenner:

- En mittmatad dipol (eller inverterad V, beroende på fallet) måste ha exakt samma **1/4 vågs elektriska längd** av tråd (eller annan metall) till båda sidor från matningspunkten för att göra den resonant.
- En vertikal antenn måste vara **elektriskt 1/4-vågs hög** och den måste ha fyra eller fler **1/4-vågs elektriska längd** "radialer" (= RF-jord) från matningspunkten för att bilda den andra halvan av dipolen och göra den resonant.

Den exakta **våglängden i fri luft eller rymd** kan beräknas från den exakta frekvensen som: $\lambda = v / f$, där:

- " λ " är våglängd i meter.
- " v " är utbredningshastigheten ("velocity") för RF i luft och rymd. Hastigheten är ljusets hastighet, dvs. 299'792'458 m/s. Det är ganska nära 300'000 km/s.
- " f " är den exakta frekvensen i Hz (**inte MHz!**).
- För antennberäkningar kan formeln förenklas till:
 - Våglängd i **meter = 300 / MHz** med minst tre (3) decimaler
 - Våglängd i **fot = 984 / MHz** med minst tre (3) decimaler
 - Det resulterande felet är extremt litet och har ingen betydelse för praktisk antenndesign.
 - Observera att formlerna ovan resulterar i en hel våglängd, så dividera resultatet med 2 till exempel för en dipol.

Elektrisk våglängd är inte densamma som RF-signalens våglängd över luften! Varje annan ledare, som antenntråd, koaxialkabel, parallell linje osv. saktar ner signalhastigheten. Frekvensen förblir alltid densamma, vilket gör våglängden kortare när mätt i meter. Skillnaden mellan våglängd över luften och elektrisk våglängd är materialets **hastighetsfaktor** (velocity factor) och uttrycks som en procentandel eller ett decimaltal i förhållande till den fria luftens våglängd. Den fysiska (= elektriska) våglängden behövs för alla typer av antennsystemberäkningar, som antennelementlängder, matningsledningslängder, avstämningstublängder och positioner, matningsledningslängder för impedansmatchningssektioner osv. Ett par exempel på vissa material:

- Fri luft och rymd: 100 % eller 1.00
- Dipolantennens tråd: ca. 95 % eller 0.95, men behöver vanligtvis justering upp- eller nedåt.

När det gäller antennerna själva, förutom våglängden beräknad från frekvensen, påverkar också många andra faktorer den elektriska längden och positionen för deras element, såsom:

- Elementtjocklek (i delar av våglängden).
- Närhet till andra element (reflektor(er), direktör(er), element för andra band) i antenner med flera element.
- Elementinstallationsmetod till bom (isolerad, ansluten, genom bom osv.).
- Närhet till jord (verklig och/eller jordplan).
- Närhet till andra ledande material (el- och telefonlinjer, mast eller torn, plåttak, tråg, avlopp, vattenrör osv.). Även trädgrenar anses vara ledande RF-mässigt, särskilt när de är våta.
- Elementavsmalning.
- osv.

Att designa en fler-elementantenn och särskilt en flerbandsantenn är ett rejält jobb i sig. Förr i tiden designades antenner med hjälp av enkla beräkningar med penna och papper (eller med hjälp av en räknesticka, se bilden på nästa sidan av min sista från slutet av 1960-talet) och "klipp-och-prova"-metoder, vilket tog mycket tid (månader eller till och med år). Det gav inte alltid bästa möjliga resultat, eftersom konstruktören vid någon tidpunkt var tvungen att bestämma att antennen var "tillräckligt bra". National Bureau of Standards of USA

(NBS - USA:s nationella standardbyrå) utförde ett stort experimentellt arbete för att dimensionera yagiantenner. Deras rapport publicerades 1976 - se till exempel:

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/TN/nbstechnicalnote688.pdf>.

Antenner baserade på den rapporten tillverkas än idag (2024).



Lyckligtvis finns det numera datorprogram (antennsimuleringsprogram) för detta ändamål, vilket förenklar (och påskyndar) designprocessen mycket. Generellt sett håller de simulerade resultaten mycket bra också i verkligheten, så länge alla inställningar i programmet görs enligt antennens faktiska konstruktion och installationsituation, såsom material och deras tjocklekar, installationshöjd, jordtyp/konduktivitet etc. Jag har konstruerat ett antal olika antenner och antennggrupper för HF och VHF med hjälp av det kostnadsfria programmet MMANA-GAL (tillgängligt från <http://gal-ana.de/basicmm/en/>) och inga modifieringar har behövts efter att antennerna byggts. Det finns också många andra antennsimuleringsprogram, som EZNEC, NEC-Win Pro, osv.

Kommersiella antenner av hög kvalitet kan vara ganska dyra på grund av de otaliga timmar av design- och testarbete som krävs och på grund av att man använder material av hög kvalitet. **Du får vad du betalar för!** När jag fortfarande gick i skolan brukade min matematiklärare säga: "En fattig man har inte råd att köpa billigt", med vilket han menade att billiga produkter är av dålig kvalitet och man måste köpa en till mycket snart. Var mycket försiktig med antenner som säljs på eBay och andra liknande ställen. Se till att du förstår vad de säljer. Och kom ihåg att det finns inget sätt att veta om säljaren berättar allt om antennen och om det han/hon säger faktiskt är sant!

En antenn kan normalt vara resonant bara på en (1) frekvens, så till exempel är en resonant dipol en enbandsantenn, som är resonant mer eller mindre i bandets mitt, med någon reaktans (SWR) vid bandkanterna. Förhoppningsvis är reaktanserna tillräckligt låga, så att antennens SWR-bandbredd (till exempel 1.2:1 eller 1.5:1 max.) täcker hela bandet. Detta gäller alla frekvenser från botten av 160 m till VHF, UHF och vidare. Om man avviker från den elektriska 1/2 våglängdsdimensionen, är antennen inte resonant och har alltid någon reaktans (+ eller - j Ω) vid matningspunkten. I så fall bör trådantennen inte kallas en "dipol", utan en "dublett". Någon form av L/C-matchningskrets krävs då för att avbryta reaktansen och utföra matchningen till **50 Ω resistiv för sändaren**. Matchningskretsen kan vara fixerad för en specifik antenn eller en "antennturner". **Observera att även dessa L/C-matchningskretsar ibland är ganska smalbandiga och kanske inte täcker ett helt HF-amatörradioband med samma inställningar.**

Antennens reaktans- och motståndsfelmatchning visas av en **SWR-mätare** som ökad SWR-avläsning högre än 1.00:1. "SWR" betyder "Standing Wave Ratio" ("stående våg förhållande").

Om SWR-mätaren (eller faktiskt dess **mätbrygga**) är placerad till exempel bredvid transceivern eller till och med inne i den, som ofta är fallet, och antennen är ansluten till den med en längd av koaxialkabel, är den visade SWR i en felmatchningssituation nästan aldrig SWR för själva antennen. Detta beror på att **allt mellan SWR-mätaren och antennen, inklusive matningslinjen, L/C-matchningskretsen, balun, kontakter osv., fungerar som impedanstransformatörer**. Det är en av anledningarna (förutom ökade matningsförluster osv.), till att antennens impedans, som "ses" vid antennens ände av matningslinjen (med möjligen en balun mellan antennen och matningslinjen), alltid bör vara densamma som den för matningslinjen. Undantag från denna regel kan göras med vissa typer av flerbandsantenner, som matas med högimpedans (och lågförlustiga) matningslinjer, såsom parallell linje eller öppen tråd linje. Observera att en standard 50 Ω SWR-mätare inte kan mäta SWR i en högimpedanslinje. En speciell SWR-mätare måste byggas för det ändamålet.

Å andra sidan, vad gäller sändaren, bör den alltid "se" mer eller mindre 50 Ω impedans. De flesta sändare och transceivrar kan faktiskt arbeta med full effekt i minst 1.5:1 eller 2.0:1 SWR. Detta innebär att impedansen som "ses" av sändaren kan vara 33 ... 75 Ω (1.5 SWR) eller 25 ... 100 Ω (2.0 SWR). I många fall reduceras sändningseffekten automatiskt av sändarens interna skydd, om SWR överskrider värdet som är designat i den utrustningen.

Generellt sett, ju fler element en antenn (yagi, quad osv.) har, desto smalare är dess SWR-bandbredd. Detta beror på att varje antennelement är en slags bandpassresonator och, naturligtvis, betyder fler resonatorer smalare "filterbandbredd". Precis som i ett L/C-filter. Det är dock möjligt att designa riktantenner (yagi, quad osv.) så att deras bandbredd är tillräckligt stor för att täcka hela bandet med tillräckligt låg reaktans (= SWR) vid bandkanterna. Detta görs genom att justera längderna och positionerna för parasitära element (reflektor, direktörer) för att uppnå önskat resultat. Detta liknar diffus stämning av ett mångresonator bandpass-L/C-filter. Av detta följer dock att till exempel antennförstärkningen inte kan vara lika bra som den skulle vara med en enkelresonant antenn. Förstärkningsminskningen är dock vanligtvis bara i -0.1 ... -0.2 dB området, så den lite lägre förstärkningen kompenseras rikligt av bredare bandbredd.

Många olika typer av multibandantenner (med traps, parallella element osv.) har konstruerats för HF-band, men de är alltid kompromisser mellan olika antennparametrar, som impedans och förstärkning på olika band, effekthantering, mekanisk styrka osv. Trådantenner med "slumpmässig längd" (dipol, dublett, OCF, ändmata-de osv.) används också för att täcka många (eller alla) HF-amatörradioband. Dessa matas vanligtvis med parallella linjer med hög impedans och en antenntuner används för matchning.

Var medveten om att de siffror för förstärkning och SWR som anges av kommersiella antenntillverkare kanske inte stämmer i verkligheten, till exempel på grund av:

- Det finns inget sätt att veta hur och i vilken typ av installation de har mätt antennen (inklusive dess strålningsmönster).
- Har de faktiskt gjort några mätningar i verkligheten? Eller är de publicerade värdena kopierade från någon antennsimuleringsprogram, där inställningarna gjordes för bästa möjliga antennprestanda oavsett installation?

Faktum är att **fysikens lagar begränsar den tillgängliga effektförstärkningen** för en antenn av specifik storlek och form. **Det finns inget sådant som en "mirakelantenn"!** Ett par **dåliga** exempel:

- Någon sålde antenner som hade 1.0:1 SWR från 1.5 MHz till 30 MHz. I verkligheten utstrålade eller mottog dessa antenner inte mycket, eftersom de endast var konstgjorda belastningar med ett 50 Ω motstånd över matningspunkten av en orimligt kort radiator.
- En riktantenns förstärkning specificerades orimligt hög när den installerades på en specificerad (låg) höjd över marken. Nåja, till en viss grad kan den angivna förstärkningen vara sann på grund av markreflektion, men vad de glömde att säga var att max. strålningen var cirka 12 till 15 grader över horisonten, vilket är inte alls bra för DX.

För att ha en enda, tillförlitlig referens för jämförelse borde alla antenspecifikationer endast anges för "friutrymmesinstallation", eftersom det är den enda konstanten som gäller alla antenner. Tyvärr är det ofta inte fallet. Ett generellt uttalande som är tillämpligt på varje **antenninstallation** bör aldrig göras. En antenntillverkare kan inte gissa installationssituationen hos sina kunders stationer. Otaliga faktorer påverkar en antens prestanda på den slutliga installationsplatsen.

Många flerbandsriktantenner har olika antal element för olika band, men de annonseras ofta bara med det totala element antalet. Det ger definitivt ett felaktigt intryck hos potentiella köpare (fler element betyder mer förstärkning, i teorin). När du uppskattar den här typen av antens verkliga förstärkning, räkna inte det totala antalet element, eftersom de inte alla används på alla band. Räkna bara de element som används för varje band separat. Dessutom är en flerbandsantenn alltid en kompromiss, eftersom elementen i oanvända band belastar/avstämmer det använda bandets element, så alla elementlängder och positioner måste ha justerats efter behov under antens designfas. Detta innebär nästan alltid att någon antennparameter (förstärkning, F/B-förhållande, SWR, strålningsmönsterform osv.) måste kompromissas för att få antennen att fungera på alla avsedda band. I praktiken har en flerbandsriktantenn vanligtvis mindre förstärkning än en enkelbandsantenn med samma antal (band) element.

Som en tumregel: En 2-elements yagi ger ungefär 3 dB effektförstärkning och en 2-elements quad cirka 6 dB effektförstärkning, båda över en resonant dipol ("dBd"). Varje gång du **fördubblar elementantalet** (oavsett form) får du ytterligare 3 dB mer förstärkning. Så, för en 4-elements yagi skulle förstärkningen vara cirka 6 dBd och för en 4-elements quad cirka 9 dBd. Detta är inte särskilt exakt och den verkliga förstärkningen för just dessa antenner är något (1 - 2 dB) högre, men du får det uppskattade förstärkningsvärdet tillräckligt nära för jämförelseändamål.

I antenner med någon förstärkning (inklusive även en tråddipol) uppnås den ökade utstrålad effekt i en riktning alltid genom att minska strålningen till andra riktningar, eller "genom att flytta den utstrålade effekten från andra riktningar till huvudriktningen". Det görs genom elektrisk fasning av antennens element, dvs. genom att justera längderna och positionerna för dess element.

För att rensa möjliga förväxlingar med "dB"-värdena finns det en enkel tumregel:

- +3 dB (eller helt enkelt "3 dB") betyder att antennens utstrålad effekt **mot maximum i strålningsmönster** är exakt 2 gånger sändarens uteffekt.
- +6 dB (eller helt enkelt "6 dB") betyder att antennens utstrålade effekt **mot maximum i strålningsmönster** är exakt 4 gånger sändarens uteffekt.
- Och så vidare. Varje gång ytterligare +3 dB läggs till förstärkningen fördubblas den utstrålade effekten **mot maximum i strålningsmönster**.
- När det gäller antenner är **"dB"-värdena alltid effektförstärkning** (eller förlust vid negativ dB, som "-3 dB"), inte spännings- eller strömförstärkning. Formeln för att beräkna den utstrålade effekten för andra förstärkningsvärden (dB) är: $P_2 = P_1 \times 10^{(dB/10)}$, där:
 - "P2" är antennens utstrålade effekt **mot maximum i strålningsmönster**.
 - "P1" är sändarens uteffekt som når antennen (dvs. minus matningslinjeförluster osv.).
 - "dB" är effektförstärkning (eller förlust) i dB.
- Observera att för beräkningar av effekttökning (eller minskning) spelar det ingen roll hur dB-värdena anges:
 - "dB" = Tillverkaren har inte specificerat referensen för förstärknings "mätning".
 - "dBd" = Förstärkningen anges i förhållande till förstärkningen i en resonant 1/2-vågsdipol.
 - "dBi" = Förstärkningen anges i förhållande till förstärkningen i en (imaginär) isotropisk antenn.
 - Förstärkningen i "dBd" är **alltid** +2.14 dB högre än förstärkningen i "dBi" **mot maximum i strålningsmönster**. Om en antenntillverkare hävdar något annat, kan det påståendet inte vara sant!
- **"Riktningen för maximal strålning" kan, åtminstone i teorin, vara i vilken riktning som helst från en sfärs centrum**. Det är inte nödvändigtvis önskad riktning mot horisonten.
- Observera också att förstärknings- (eller förlust-) värdena gäller i båda riktningarna, dvs. antennens förstärkning är densamma till och från strålningsmönstrets maximum för både sändning och mottagning.

B.3 Antennens höjd

I allmänhet bör en **horisontell antenn** (tråd eller riktad) installeras så högt som möjligt för att ha låg vertikal vinkel för maximal strålning. Ju lägre en antenn är, desto högre är dess vertikala strålningsvinkel över horisonten. Antennhöjden bör vara minst 1/4 fri luft våglängd över marken eller någon form av metall (som jordplan, armeringsstål etc.) under antennen. Det skulle vara bättre att ha höjden minst 1/2 våglängd för lägre strålningsvinkel och bättre DX.

Antennhöjden kan dock innebära praktiska problem, särskilt på lägre HF-band (160 m - 30 m). 1/4 våglängd för 160 m bandet är cirka 40 meter och 1/2 våglängd cirka 80 meter! För 80 m bandet är 1/4 våglängd cirka 20 meter och 1/2 våglängd 40 meter! För högre HF-band (20 m - 10 m) kan antenner vanligtvis installeras tillräckligt högt med hjälp av rormaster eller torn. På VHF- och UHF-banderna är antennhöjden i allmänhet inte ett problem, eftersom de kan enkelt installeras flera våglängder hög. Till exempel på 2 m bandet är 5 våglängder cirka 10 meter och på 70 cm bandet är 10 våglängder cirka 7 meter.

Markreflektionen för en antenn installerad på "låg" höjd (i våglängder) ökar den vertikala vinkeln för maximal strålning många grader (till exempel 10° - 15°) över horisonten, vilket inte är så bra för DX. Det kan också öka antennens strålningsförstärkning mot den maximala strålningen. Det beror mycket på marktyp, inklusive dess konduktivitet. Den vertikala vinkeln för maximal strålning bör hållas så låg som möjligt (helst mot horisonten) för DX-kontakter. Ionosfärreflektionen (för HF) eller andra reflektionsmedel (för VHF, UHF och högre) är vanligtvis som bäst när signalens ankomstsvinkel till reflektionsskiktet är så liten som möjligt. Observera att det inte finns någon mening med att försöka ha den vertikala strålningsvinkeln under horisonten, eftersom jorden kommer att blockera signalen. Inte för DX-kontakter i alla fall.

Vertikala antenner installeras vanligtvis på marken, eller lyfts ibland på någon höjd med hjälp av en stödmast. På grund av det jordplan de kräver är den vertikala strålningsvinkeln ganska låg, maximalt vanligtvis runt 3 - 5° över horisonten.

I princip all **radiosignalutbredning** över luft eller rymd, oavsett frekvens, sker alltid "i siktlinje". Avståndet kan dock förlängas avsevärt genom olika sätt för RF-reflektion.

Höjden på din QTH (över havet) kan ha en betydande effekt på avståndet till horisonten. Ju längre bort horisonten är, desto lägre är ankomstvinkeln till reflektionsskiktet, vilket innebär betydligt bättre signaler till och från en DX-station. Till exempel:

- 20 m hög antenn vid havsnivå: horisonten är cirka 16 km bort.
- 20 m hög antenn från marken på 100 m över havet (min antennhöjd här på Kreta): horisonten är ca 39 km bort.
- 20 m hög antenn från marken på 200 m över havet (min radioamatörväns antennhöjd här på Kreta): horisonten är ca 53 km bort.

Så som du kan se ovanifrån, ju högre upp din QTH är placerad, desto längre bort är horisonten och desto bättre signaler för DX-kontakter får du. Detta förutsätter naturligtvis att din antens maximala strålning är mot horisonten och att det inte finns något på vägen dit (som byggnader, kullar eller berg) som blockerar eller reflekterar signalen. Avstånden ovan beräknades på <https://www.ringbell.co.uk/info/hdist.htm>.

I allmänhet är "hoppavståndet" på **HF-banden** cirka 3000 ... 6000 km, beroende på reflektionsskiktets höjd i önskad riktning och tidpunkten. Höjden varierar konstant (150 ... 800 km) och **den är inte densamma i olika delar av världen**. "Hoppavståndet" betyder ett enda hopp av radiosignal från TX-stationen till nästa punkt där den träffar jorden:

- Ofta kan signalen hoppa flera gånger mellan jorden och jonosfären innan den når mottagarstationen, och varje hopp ligger inom det avstånd som nämns ovan.
- Om man inte kan kontakta en station i ett önskat (avlägst) område kan ibland DX-kontakten göras genom att vrida antennen i motsatt riktning. Detta kallas "långvägsutbredning" ("long path propagation"), eftersom signalerna går den längre vägen runt jorden.
- I vissa (sällsynta) fall kan signalen till och med cirkulera runt hela jorden en eller flera gånger, i vilket fall sändningsstationen kan ta emot sin egen fördröjda signal (särskilt i CW). Dessa signaler kallas "långt fördröjda ekon" ("long delayed echo").

På grund av reflektion i jonosfären finns det ofta en ganska stor "dödzon" på **HF-band** ungefär halva hoppavståndet (centrum cirka 1500 ... 3000 km bort). Detta beror på att den utsända "markvägen" inte kan nå så långt och "himmelvägen" hoppar över det området. Så inga kontakter kan uppstå där. Storleken och platsen för "dödsonen" varierar mycket, beroende på den allmänna RF-signalutbredning.

Jonosfärens skikt reflekterar inte **VHF- och UHF-frekvenser** som alltså passerar genom dem ut i rymden, vilket gör att "hoppavståndet" är omöjligt att uppskatta på dessa band. VHF- och UHF-reflektionerna (från 6 m-bandet och uppåt) orsakas av många olika mer eller mindre slumpmässiga fenomen. När dessa förhållanden uppstår kan signalvägsdämpningen vara relativt låg, så mottagna signaler kan vara starka. Så även 10 W eller mindre sändareffekt kan ge dig DX-kontakter, beroende på reflektionsmetoden. VHF- och UHF-reflektioner kan orsakas till exempel av:

- I bergsområden sker ofta "knivseggs"-utbredning. Även om en kulle eller ett berg blockerar siktlinjen, kan en "kant" eller ås på vägen faktiskt böja signalen nedåt bakom hindret. Detta kan ofta observeras här på Kreta.
- Väderförhållanden, som en front mellan kall och varm luft, kan reflektera signalerna. Detta är mer av ett sommarfenomen i kallare klimat.
- Atmosfäriska kanaler kan uppstå ibland över havet, när vatten- och lufttemperaturerna skiljer sig avsevärt. Det kan orsaka ett reflekterande skikt, dvs. avsevärt olika lufttemperatur och luftfuktighet på någon höjd ovanför vattnet. VHF- eller UHF-signalen hoppar sedan mellan vattnet och det reflekterande skiktet.
- Ibland reflekterar troposfären signalen i många olika riktningar vilket ger DX-kontakter.
- Troposfären kan ibland återreflektera signalen vilket ger DX-kontakter. Från Helsingfors (Finland) har jag kunnat operera via svenska 2 m repeatrar runt Stockholmsområdet.
- Sporadiskt E skikt (höjd cirka 80 - 120 km) förekommer ibland i jonosfären. Sporadisk E täcker alltid bara ett relativt litet område. Detta kan reflektera signalerna tusentals kilometer bort. Det verkar som om ett kraftigt åskväder någonstans (se väderkartor) ibland följs av ett sporadiskt E "moln" ovanför det. Sporadisk E förekommer också på andra platser. Sporadisk E är mestadels ett fenomen under sommarmånaderna. Från Helsingfors (Finland) har jag kontaktat Sydeuropa och England på 2 m via sporadisk E.
- **Radionorrskan** kan också reflektera VHF- och UHF-signaler ganska långt bort, till och med tusentals kilometer. Observera att **radionorrskan** inte nödvändigtvis betyder att det finns synliga norrsken (eller sydsken). Norrskensreflektionen bryter upp signalen ganska dåligt, så röstsändningar reflekteras inte förstärkt och endast CW kan användas. Även mottagen CW är inte en "enkeltonssignal", utan låter mer som "sss - sss - sssss - sss". Observera också att till exempel i Europa du måste rikta din antenn mer eller mindre mot

- norr, även om du kontaktar stationer söderut från dig. Radionorrsken är endast tillgängligt på platser relativt nära Nord- eller Sydpolen, som de nordiska länderna i Europa. Från Helsingfors (Finland) har jag kontaktat Sverige, Centraleuropa och Ryssland på 2 m via norrskensreflektion.
- Reflektioner från meteorspår uppträder under kraftiga meteorskurar, som Quarantider (topp 2 - 3 januari), Lyrider (topp 21 - 22 april), Capricornider (topp 30 - 31 juli), Perseider (topp 12 - 13 augusti), Taurider (topp 11 - 12 november), Geminider (topp 13 - 14 december) och Ursider (topp 21 - 22 december). Eftersom meteorspår är mycket kortlivade kan inte röstöverföringar gå igenom och CW körs med extremt hög hastighet (1000 - 4000 CPM = tecken per minut) med hjälp av en dator.
 - Transekvatoriell utbredning (dvs. över jordens **magnetiska** ekvator) är relativt vanligt på lägre VHF-band, som 6 m. Detta orsakas av två **lutande** reflektionslager, ett på norra halvklotet och det andra på södra halvklotet. TX-signalen reflekteras "horisontellt" från det första lagret och går genom rymden. Sedan reflekteras den tillbaka till jorden av det andra lagret. Så det är möjligt att ha DX-QSO:er på flera tusen kilometer, till exempel från Central- eller Sydeuropa till Afrika söder om ekvatorn.
 - Månreflektion (EME = Jord - Måne - Jord) kan ge dig globala DX-kontakter på VHF- och UHF-banden. Du behöver en ganska stor antenngrupp och relativt hög sändareffekt (vanligtvis 100 - 200 W eller mer) för EME. Radiovägen är extremt lång (cirka 769 000 km) från jorden till månen och tillbaka till jorden. Signaldämpningen är mycket hög, åtminstone runt -270 dB, delvis på grund av månens dåliga reflektionsegenskaper. Observera att antenngruppen måste följa månen, helst automatiskt (styrd av en dator, till exempel), vilket innebär att antennen måste ha både horisontella och vertikala rotatorer. De mottagna signalerna är mycket svaga. Det är möjligt att använda också röstsändningar (som SSB) via EME, även om CW är mer tillförlitligt. Den mottagna frekvensen har dopplerskift (dvs. frekvensen ändras gradvis under QSO). Det orsakas av skillnaden i jordens rotation (1 varv på 24 timmar = din station) och månens rörelse runt jorden (1 varv på cirka 27 dagar).

C. Val och placering av en antenn

I allmänhet spelar det ingen roll vilken typ av antenn du har så länge du kan mata in RF-effekt i den och kan ta emot andra stationer med den. Varje antenn är alltid dubbelriktad, dvs. den fungerar för både sändning och mottagning. Mer eller mindre vilken matchade antenn som helst (även en liten avstämd rörslinga) kan utstråla den sända effekten ganska effektivt, men för mottagning är en större (dvs. normal storlek) antenn, som en tråd eller dipol, ofta bättre på grund av dess större "fångstområde". För tävlings- och seriöst DX-arbete kanske det inte räcker, och en riktad, roterande förstärkningsantenn behövs.

För de flesta av oss begränsas den typ av antenn vi kan installera och dess installationsplats mestadels av andra faktorer än själva antennen. Till exempel:

1. **Tomtstorlek.** Vanligtvis kan man inte installera en HF-trådanterenn som är längre än tomtens längsta dimension. Ofta måste den vara ännu kortare än så på grund av hinder (byggnader osv.) och/eller brist på stödpunkter (t.ex. träd). Observera att till exempel en 80 m bands resonansdipol är cirka 40 meter lång och en 160 m bands resonansdipol är cirka 80 meter lång! Om du har en vänlig granne kan det vara möjligt att förlänga antennen till hans/hennes sida, men för det mesta är det inte fallet.
2. **Antennens mekaniska storlek** i allmänhet. En full storlek riktad HF-multibandsantenn med hög förstärkning är mycket större än vissa andra typer av antenner (som vertikaler) och kräver en hel del utrymme för installation (mast eller torn + stödkablar). Antennstorleken har också en direkt effekt på dess stödstruktur på grund av vikt och vindbelastning orsakad av de värsta stormarna i ditt område. I Norden kan också snö och särskilt is (= extra vikt och högre vindbelastning) påverka själva antennen, tornet, rotatorn osv.
3. Eventuella **områdesbegränsningar.** Lyckligtvis har vi inget liknande i Europa, men detta kan vara ett problem i vissa andra länder. I Europa, som licensierad radioamatör, har du alltid lagligt tillåtelse att installera en antenn oavsett vad andra säger, så länge den uppfyller lokala mekaniska och elektriska säkerhetsföreskrifter.
4. **RF-strålningsnivåer för allmänheten.** På HF-band är RF-strålningen generellt sett inget problem (förutom möjligen för jordmonterade vertikaler), även när man använder en linjär förstärkare, men det kan begränsa sändningseffekten och/eller antenntförstärkningen på VHF och speciellt UHF och högre frekvenser.

ICNIRP ("Internationella kommissionen för skydd mot icke-joniserande strålning" - "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection") granskar och utvärderar vetenskaplig kunskap och nya upptäckter för att ge vägledning om skydd mot icke-joniserande strålning, dvs. radio, mikrovåg, UV och infraröd. Nationella myndigheter i mer än 50 länder (inklusive Sverige och Finland) och multinationella myndigheter som Europeiska Unionen har antagit ICNIRP:s riktlinjer.

Det finns gratis amatörradioprogram för att beräkna säkra avstånd för RF-strålning för allmänheten. "ICNIRPCalc" av DL9KCE är ett sådant program, som kan laddas ner från:

<https://www.iaru-r1.org/about-us/committees-and-working-groups/emc-committee-c7/links-to-emc-resources/> .

5. **Din närmaste familj.** I mitt fall, till exempel, sa min fru "INGET TORN" med versaler - HI. Så för tillfället har jag en 3 meter hög roterande mast på taket av vårt tvåvåningshus, som stöder en 6-band HF-Hex-beam, matningspunkten för en 16 + 29 = 45 meter lång OCF-dublett för HF och en 2 x 4-element yagi-grupp för 2 meter.
6. **Pengar.** Hur mycket pengar man är beredd att lägga på ett antensystem, inklusive själva antennen, dess stödstruktur, matningsledning, eventuell rotator, balun(er), antenntuner osv. Ofta är antenner billigare att bygga i hemma, men det beror på priset och tillgängligheten av material som behövs, och radioamatörens förmåga och/eller verktyg att faktiskt konstruera antennen.
7. **Störningar för grannar, egen familj osv.** Generellt sett är radio- och TV-störningar inte ett stort problem nuförtiden för HF-bandssändningar, eftersom få människor lyssnar på AM-radio och alla TV-sändningar är digitala och på UHF (åtminstone i Europa). Men det beror mycket på placering, antenninstallation, intern avskärmning och filtrering osv. av radio- (FM) eller TV-antennsystemet och mottagaren. **Så fråga gärna din familj och dina grannar om de upplever radio- eller TV-störningar när du sänder.** Och om de gör det, åtgärda situationen innan relationerna förvärras.
 - Jag har sett en digital TV-apparat slå på och av och byta kanal slumpmässigt bara för att en radioamatör i samma hushåll sände SSB med 100 W på 40 meter. Den TV-apparaten måste ha riktigt dålig avskärmning/filtrering för RF utanför TV-bandet. Detta problem löstes genom att installera en annan amatörradio-antenn på en annan plats.
 - Jag hade också ett problem, eftersom mina WSPR-sändningar med 5 W uteffekt på alla HF-band överbelastade min UHF-TV och FM antennförstärkaren uppe i masten och orsakade att TV:n blev mörk. Dessa enkla bredbandiga antennförstärkare har bara medelmåttig filtrering för att separera de olika publika sändningsbanden och ingen uppmärksamhet har ägnats åt signaler utanför dessa band (som amatörradio). Det löstes med hemmagjorda L/C-filter vid antennförstärkaringångarna som dämpar alla HF-signaler med långt över -110 dB men passerar genom FM-radio- och UHF-TV-frekvenserna med minimal dämpning.
8. **Internetstörningar. Ett stort problem för utstrålad RF,** särskilt på HF-band, kan vara olika nätverksutrustningar, som fasta telefonkablar, bredbands DSL-modem och routrar, Ethernet (LAN) hubbar, switchar och kablar osv., inklusive deras strömförsörjning. Tyvärr är dessa apparater nästan aldrig tillräckligt avskärmade och filtrerade för att hålla extern RF-strålning borta från sina kretsar. Beroende på placering/avstånd mellan amatörradioantennen och nätverksutrustning kan resultatet till exempel vara att internetanslutningen förloras under sändningar. Det kan ta flera minuter efter slut av HF-sändning innan nätverksutrustningen har startat igen och internetanslutningen börjar fungera.

I allmänhet finns det inga enkla lösningar på detta problem. Man kan försöka installera clip-on ferritblock på alla kablar in och ut den berörda utrustningen, men det finns ingen garanti för framgång. Ethernet-kablar är ofta inte skärmade (typ UTP = Unshielded Twisted Pair, oskärmad tvinnat par), så det kan hjälpa att ersätta alla med skärmade kablar (typ CAT5 eller CAT6). I värsta fall kan man behöva ersätta den drabbade utrustningen med mindre känsliga.

Observera att den trådlösa (RF) delen av en internetanslutning (Wi-Fi osv.) vanligtvis inte har problem med HF-störningar, eftersom den arbetar på 2.4 GHz eller 5 GHz bandet. Problemen är alltid relaterade till de fysiska nätverksutrustningen och dess kablar.

9. **Störningar för amatörradiomottagning.** Det största problemet med att ta emot amatörradiosignaler är numera störningar (QRM) som orsakas av switchande nätaggregat. Övertonerna i dessa nätaggregat kan

täcka alla HF-amatörradioband och störa även VHF- och UHF-frekvenser. Sådan utrustning är nästan aldrig skärmd och/eller filtrerad tillräckligt väl för att hålla switchande nätaggregats övertoner inuti enheterna. Även alla energisparlampor (lysrör, LED) har switchande nätaggregat som kapar nätspänningen direkt till en lägre (eller högre) spänning. Det finns också många andra typer av bruskällor som dåliga (bågformade) anslutningar i elledningar, elektriska (likströms- eller växelströms-) motorer, elektrisk svetsutrustning osv. Icke-tekniska personer kanske inte ens är medvetna om bruset, men det är ett verkligt problem för alla som använder radiofrekvenser upp till minst 1 GHz.

Ett exempel: Den switchande nätadaptorn för min radiodators monitor (tillverkad av Samsung) blockerade alla HF-frekvenser från 160 m till 10 m banden. Jag kasserade den nätadaptorn och driver nu monitorn från en linjär 13.8 VDC strömförsörjning.

En annan störningskälla i vissa länder är PLC eller Power Line Connection (elnätsinternetanslutning). Detta är ett system där internet leds till kunder via elnätledning. Liknande utrustning används också för att utöka internetanslutningar inom samma hushåll. Det har visats många gånger att denna typ av dataöverföring är en stor störningskälla för amatörradiomottagning (och för radionätverk av olika myndigheter) och kan ha en effekt flera kilometer från den faktiska ellinjen. Den främsta anledningen är att elnäten är byggda endast för att överföra 50 Hz växelström till hushåll osv. Det är inte alls lämpligt för någon "högfrekvens" (runt 2 ... 30 MHz) överföring och kommer att utstråla dessa frekvenser utan begränsning. På grund av störningarna har denna typ av dataöverföring förbjudits i många länder. Jag vet inte om det är förbjudet i Sverige eller Finland.

Ofta plockar vertikala antenner upp mer brus än horisontella, men det beror på. För det mesta plockar balanserade horisontella antenner (som resonansdipol eller inverterad V) upp minsta konstgjorda störningar.

I princip **ska störningen alltid stoppas vid dess källa**. Det finns inget tillförlitligt sätt att stoppa den någon annanstans eftersom den, när störningen har lämnat den störande utrustningen, sprids på många olika sätt och vägar. Det är relativt enkelt att hitta den störande utrustningen i din egen radiostation eller bostad, bara stäng av olika utrustningar en i taget för att se när störningen försvinner. Men när alla i en stad eller by har dessa utrustningar, kombineras störningar till ett kontinuerligt bredbandigt brus, som kan vara tillräckligt starkt för att förhindra att någonting tas emot, förutom de starkaste amatörradiosignalerna. Störningen sprids av RF-strålning, men leds också genom el- och telefonledningar osv., som också kan utstråla störningen på radiofrekvenser.

I en amatörradiostation **plockas störningarna alltid upp av antennen**. De kan inte gå genom din transceivers strömförsörjning eller andra strömförsörjningar i stationen. I vissa fall är det möjligt att minska störning genom att installera ferritblock på antennens matningslinjen, men ofta hjälper de inte.

Brusreducerande utrustning finns också tillgänglig (som MFJ 1026, Timewave ANC-4, DX Engineering NCC-2, Wimo QRM-Eliminator, X-Phase QRM Eliminator och andra). Dessa enheter är faktiskt diversitetsmottagare som använder två antenner, en "brus"-antenn och den faktiska amatörradioantennen. RF-bruset från en antenn inverteras och det finns flera inställningar för att uppnå önskat resultat. Därefter kombineras RF-signalerna från de två antennerna och resultatet (åtminstone i teorin) är inget brus vid utgången. Beroende på enheten och de antenner som är anslutna till den, kanske den inte faktiskt minskar bruset som förväntat. Dessa enheter installeras alltid mellan antennen/antennerna och stationens mottagare. De kan dock behöva en ytterligare (extern), mycket pålitlig förbikoppling för sändning, annars bränns enheten ut i början av den första sändningen. Observera också att justering av dessa enheter är besvärligt och de kommer att kräva återställning mer eller mindre varje gång du ändrar frekvens eller band.

När storkällan inte finns i ditt eget hus kan det vara mycket svårt att lokalisera den eftersom den kan vara ganska långt borta (upp till flera kilometer). Man kan försöka hitta storkällan genom att använda en bärbar AM- eller SSB-kortvägsmottagare inställd på en annars tom frekvens och gå eller köra runt i närområdet. Den mottagna störningen blir starkare när du närmar dig storkällan. Om du faktiskt hittar huset där störningen kommer ifrån kan dina problem verkligen börja. Beroende på personens mentalitet kan du kanske övertyga honom/henne om att störningen kommer från det huset, men ibland är det inte möjligt och du blir lämnad ensam. I varje land finns det regler som begränsar strålning och ledning av oavsiktliga frekvenser från all utrustning (inte bara radioapparater). Beroende på ditt land kanske du kan kontakta myndigheterna och göra ett klagomål. Men om myndigheterna faktiskt tillämpar reglerna är en annan fråga.

C.1 Trådantenn

Trådantenn har funnits sedan radions födelse och de är fortfarande mycket populära idag, särskilt för de lägre HF-banden (160 m - 30 m), eftersom de är relativt lätta (och billiga) att konstruera i hemma.

I allmänhet används trådantenn endast på HF (och ibland 6 m) bander. För VHF och uppåt används styva antenner (aluminium eller annat metallrör/stav, glasfiber osv.). För HF är trådantennerna lättare att konstruera än andra antenntyper, men de behöver minst två stödpunkter. Stöden kan naturligtvis vara träd eller till exempel rörmaster.

Teoretiskt sett kan vilken HF-trådantenn som helst användas även på VHF- och UHF-frekvenser, så länge man kan matcha den och mata in RF-effekt i den. Å andra sidan, till exempel, skulle även en 100 mm spik kunna fungera även på 160 meter, men på grund av det extremt låga matningspunktsmotståndet (mycket små delar av 1Ω) och den mycket höga kapacitiva ($-j \Omega$) reaktansen, skulle det vara omöjligt att matcha. Observera att dessa två extrema exempel endast **är giltiga för antennernas teoretiska elektriska funktion**. De tar inte hänsyn till hur förlustrika de är för sändning eller hur dåliga de är för mottagning.

För årtionden sedan i Finland testade jag för skojs skull hur liten en antenn kunde vara för att användas för en 2 m FM-kontakt från Äggelby (Helsingfors) till Lahtis (avstånd cirka 85 km). Min radios uteffekt var 10 W (Icom IC-22) och jag anslöt "antennen" direkt till radions kontakt. Med en 100 mm järnspik fungerade kontakten fortfarande, men med en 75 mm spik fungerade den inte längre.

Antenntråden borde vara av **koppar eller kopparpläterat stål** för att minska resistiva förluster. På grund av den så kallade "**skin-effekten**" "**färdas**" **RF alltid på trådens (eller rörets) yttre yta**, eller t.ex. i en koaxialkabel på den yttre ytan av mitt-tråden och skärmens inre yta. Så endast resistansen nära metallytan är viktig. Koppar har den lägsta resistansen (= minst förlust) av vanliga (och ekonomiska) metaller. Lägre frekvenser (som 160 m) tränger lite djupare in i trådens metall och högre frekvenser (som UHF) mycket mindre. Andra metalltrådar (som stål) har mycket högre resistans och kommer att orsaka signalförluster både för sändning och mottagning. Tråden kan också vara isolerad, som elinstallationstråd. Det spelar ingen roll för antennens dimensioner eller prestanda. Bar (oisolerad) koppartråd oxiderar naturligtvis, men kopparoxid är bara ett mycket tunt lager på trådytan och det är en utmärkt isolator, så RF-signalen rör sig bara lite inne i tråden på grund av skin-effekten och gör ingen skillnad för antennens prestanda.

Hur djupt RF penetrerar ledarens metall **beror endast på frekvensen och själva metallen. Det beror inte till exempel på ledarens tjocklek eller den använda sändningseffekten**. Vanligtvis beräknas RF-penetrationdjupet (skin depth) in i ledaren i en situation där RF-strömmen har sjunkit till cirka 1/3 av vad den är på ledarens yttre yta. Djupare än så minskar RF-strömmen logaritmiskt. Exempelen på penetrationsdjupet nedan beräknades på internet på: <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/skin-depth-calculator>:

- **1.8 MHz**: Koppar 48.62 μm , Aluminium 61.15 μm , Silver 47.2 μm
- **7.0 MHz**: Koppar 24.65 μm , Aluminium 31.01 μm , Silver 24.0 μm
- **21.0 MHz**: Koppar 14.23 μm , Aluminium 17.90 μm , Silver 13.8 μm
- **30.0 MHz**: Koppar 11.91 μm , Aluminium 14.98 μm , Silver 11.6 μm
- **50.0 MHz**: Koppar 9.225 μm , Aluminium 11.60 μm , Silver 8.96 μm
- **145.0 MHz**: Koppar 5.417 μm , Aluminium 6.813 μm , Silver 5.26 μm
- **435.0 MHz**: Koppar 3.127 μm , Aluminium 3.934 μm , Silver 3.04 μm
- **1.3 GHz**: Koppar 1.809 μm , Aluminium 2.276 μm , Silver 1.76 μm
- **2.35 GHz**: Koppar 1.346 μm , Aluminium 1.692 μm , Silver 1.31 μm
- **3.4 GHz**: Koppar 1.119 μm , Aluminium 1.407 μm , Silver 1.09 μm

1 μm = 0.001 mm = 0.000 001 m

Som du kan se av ovanstående kunde ledarna även vid de lägsta frekvenserna **teoretiskt sett** vara mycket tunna, t.ex. 0.1 mm, men i praktiken kunde inte tunna trådar tåla någon form av mekaniska eller elektriska (sändningseffekt) påfrestningar. Å andra sidan, vid VHF, UHF och högre frekvenser måste ledarna vara relativt tjocka (t.ex. rör), eftersom högfrekvensen "färdas" i ett mycket tunnare lager på ytan av ledaren och "tvärsnittet" av metallen som faktiskt används måste ökas för att hålla resistiva förluster låga.

Notera! Låt dig inte luras av vissa trådförsäljares påståenden om "högre kvalitet" eller "bättre ledningsförmåga" hos vad de kallar "syrefri koppar". Dessa ledningar är mycket dyrare, men deras

konduktivitet (dvs. metallens motstånd) är exakt densamma som i vanliga (billiga) koppartrådar och de är inte alls bättre för något hushållsbruk, inklusive amatörradioantennerna. Syrefri koppar krävs bara i vissa speciella situationer, som i ett vakuum, och bristen på syre är den enda anledningen att använda den. Inte dess "kvalitet" eller "ledningsförmåga"! Så varför betala extra för något som inte gör någon skillnad.

Observera också att längden på koppartråden ändras beroende på varierande temperatur. Längden är kortast vid låga temperaturer och längst vid höga temperaturer. Koppartråden expanderar 1.0000165 gånger sin längd med varje 1°C temperaturökning och krymper 1.0000165 gånger sin längd för varje 1°C temperaturminskning. Detta innebär att antennens resonansfrekvens går ner eller upp med växlande temperatur. Till exempel med 50°C förändring i temperatur, skiftar antennens resonansfrekvens med 0.0825 %, så:

- I en 160 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 66 kHz
- I en 40 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 16.5 kHz
- I en 10 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 4.125 kHz
- Trådexpansionen eller krympningen har dock vanligtvis ingen betydelse för antennens funktion på HF-band eftersom amatörradiobanden är ganska breda i förhållande till frekvensen och HF-antennerna vanligtvis är inställda för bandcentrum.

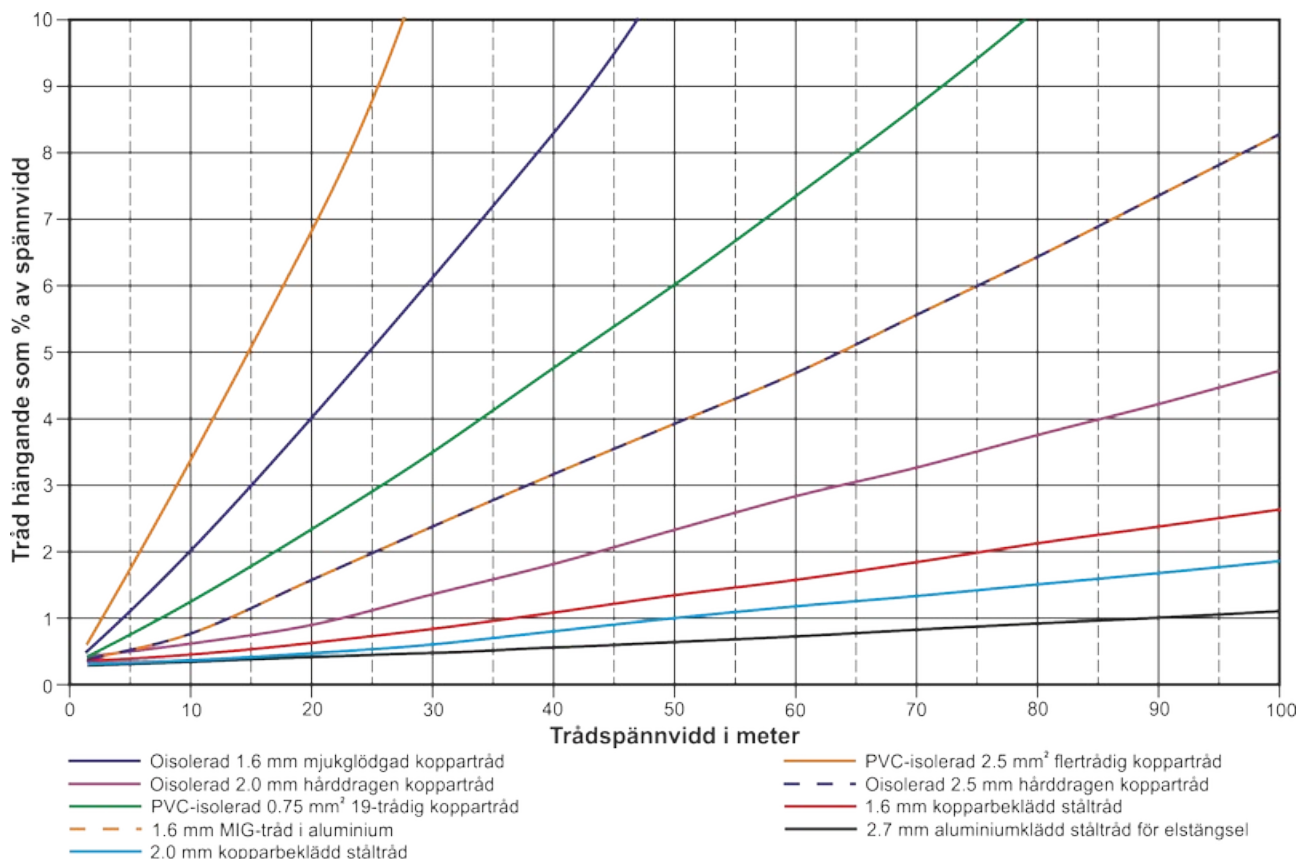
Aluminium **tråd** skulle också vara elektriskt mycket bra (och lättare) för antenner, men det har några allvariga nackdelar:

- Det är omöjligt att löda med vanliga radioamatörverktyg. För att löda aluminium behöver du speciell fluskärna lödtråd för aluminium (som "Alu 1" tillverkad av Stannol, Tyskland) och en kraftfull lödkolv (som 100 W) för att värma upp **aluminiumtrådet** till tillräckligt hög temperatur (+350 ... +400°C).
- Det oxiderar mycket snabbt (på en sekund eller mindre i luft), så alla tryckkontakter (som skruvar, klämmor osv.) kopplar ur sig själva på nolltid.
- Den är inte lika resistent mot mekaniska påfrestningar som koppartråd, eftersom den är styvare.
- Den får inte vara i kontakt med någon annan metall, eftersom aluminium bildar ett fint batteri med den (upp till 0.7 V, beroende på annan metall), särskilt när den är våt, och kontakten kommer att korrodera på nolltid. Den andra metallen "emigrerar" till aluminiumytan.

Antenntrådens tjocklek har ingen elektrisk betydelse på HF-band eftersom den alltid kommer att vara mycket små delar av en våglängd. De enda kraven är att tråden tål de mekaniska påfrestningar den utsätts för (spänningen, vindbelastningen osv.) och att den klarar sändningseffekten utan uppvärmning. Tjockare tråd är förstärkt, men den är också tyngre, vilket man måste ta hänsyn till speciellt i långa antenner för de lägsta banden (160 m, 80 m). Enligt min erfarenhet kommer $\varnothing 1.6$ mm isolerad elinstallationstråd, som har en enda kopparsträng, att hålla i årtionden i alla typer av HF-trådsantennerna under alla väderförhållanden, som vid stormar och minst -30°C ... +40°C temperaturer. Den kan också lätt ta minst 1500 W HF-sändningseffekt. Vanligtvis kan antenner konstruerade av tråder, istället av aluminiumrör, klara mycket högre vindar utan att gå sönder.

Dra dock inte antenntrådarna för hårt, annars börjar de vibrera som en gitarrsträng i kraftiga vindar och går sedan sönder på grund av metalltrötthet. Antenntrådarna ska alltid hänga lite löst och fästas i stödpunkter med längder av UV-beständiga plastrep för flexibilitet. Kurvorna på nästa sida ger en uppfattning om den erforderliga nedböjningen. De beräknades med hjälp av VK2OMD:s (Owen Duffy) "Antenna wire catenary calculator" på <https://owenduffy.net/calc/awcc/awcc.htm>.

VK2OMD:s sajt (<https://owenduffy.net/rigging/sag.htm>) har också kurvor för trådhäng, **men de är för 60 m/s (= 216 km/h = 12 Beaufort) vindstyrka**, vilket är löjligt högt för dessa ändamål. Med största sannolikhet skulle inget amatörradioantennsystem, inklusive antennstöden osv., överleva en sådan orkan!



Observera att de beräknade kurvorna ovan är för:

- 28 m/s (= 100.8 km/h = 10 Beaufort) max. vindhastighet.
- Australien, så de är för relativt höga temperaturer (över +15 °C). De gäller inte för låga temperaturer (ned till -30 eller -40 °C).
- **Fritt hängande** spann av antenntråd.
- Säkerhetsfaktor 3.5.
- Kurvorna tar inte hänsyn till ytterligare snö eller is på antenntråden.
- Kurvorna tar inte hänsyn till extra vikt orsakad av till exempel en koaxialkabel ansluten till antennens matningspunkt.
- Använd därför kurvorna endast som riktlinjer och tillämpa också dina lokala förhållandena för den erforderliga trådnedhängningen.

Hängningen som behövs för att en trådentenn ska överleva beror på många faktorer, som:

- Antenntråden själv (tjocklek, material). Tjockare tråd är starkare och kopparbeklädd stål är starkare.
- **Maximal** lokal vindhastighet. Högre vindhastigheter kräver mer häng.
- **Lägsta** lokal temperatur. Alla metaller krymper när temperaturen sjunker och någon häng måste bibehållas även i de lägsta lokala temperaturerna (ned till -30 ... -40 °C i Norden). Snö och is på antenntråden kan öka dess vikt en hel del.
- "Styvhet" av antenntöd. Träd svajar mycket i hårda vindar. Master och torn rör sig inte mycket i hårda vindar, men det beror på deras stödkablar. Vissa människor föreslår att man använder en remskiva med tyngd lina för att hålla antennen under spänning, men erfarenheten har visat att repet inte håller så länge, speciellt i trädstöd, på grund av konstant rörelse. Den går sönder och antennen faller ner.
- Man bör överväga det faktum att alla olika faktorer som påverkar trådentenns överlevnad kan uppträda samtidigt.

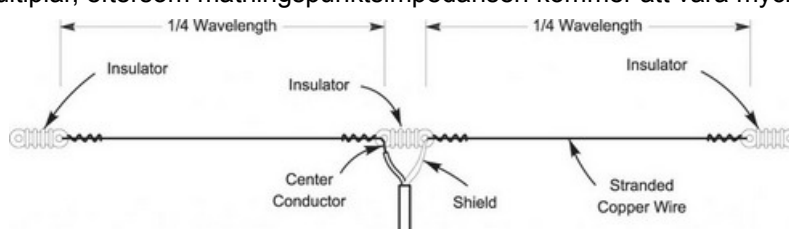
För VHF, UHF och högre frekvenser måste man i allmänhet använda mycket tjockare antenntledare (vanligtvis rör), till exempel Ø 6 mm ... 12 mm, för att minska motståndet för RF-signaler. På grund av skin-effekten "färdas" RF på ett mycket tunnare lager från metallens yttre yta, så "tvärsnittet" av metall, som faktiskt används av RF, måste ökas för att hålla de resistiva förlusterna låga.

Alla anslutningar till en trådantenn **måste lödas**. Alla typer av tryckanslutningar (skruvar, klämmor, osv.) kommer att rosta eller oxidera med tiden och kontakten kommer så småningom att gå förlorad. Det skulle också vara en bra idé att täcka alla lödfogar med krympslang, självsamlade gummitejp eller silikon.

En trådantenn med slumpmässig längd kan fungera nästan lika bra som en resonansdipol, men till skillnad från en dipol kan den användas på flera (eller alla) amatörradio HF-banden.

Det finns många olika **typer av trådantenner**:

- a. **Centermatad resonansdipol**. Detta är den mest grundläggande trådantennen för ett enda HF-band, men den kan möjligen användas också på udda multiplar av resonansfrekvens: en 40 m dipol på 15 meter ($3 \times 7 \text{ MHz} = 21 \text{ MHz}$) eller 80 m dipol på 30 meter ($3 \times 3.5 \text{ MHz} = 10.5 \text{ MHz}$). Det kommer inte att fungera på jämna frekvensmultiplar, eftersom matningspunktsimpedansen kommer att vara mycket hög.



"Insulator" = Isolator

"Center conductor" = Mitt tråd (av koaxialkabel)

"Shield" = Skärm (av koaxialkabel)

"Stranded Copper Wire" = Strändad koppartråd

Resonansdipolens teoretiska matningspunktsimpedans är cirka 73Ω i fritt utrymme men eftersom den på HF-band är installerad ganska nära jord (ofta mindre än $1/4$ våglängd) är den faktiska matningspunktsimpedansen närmare 50Ω .

Ofta installeras en dipol rak, i vilket fall antennen har djupa smala nollor mot antenntrådernas ändar. Det horisontella strålningsmönstret ser ut som en "8" vinkelrätt mot antenntråden. Men för begränsat utrymme och/eller på grund av brist på lämpliga stödpunkter kan en dipol också installeras i en vinkel vid matningspunkten, antingen lutande nedåt (vilket kallas ett "inverterat V") eller horisontellt. I båda fallen reduceras de djupa nollorna mot antenntrådsändarna och strålningsmönstret blir mer cirkulärt. **Gör inte vinkeln mellan ledningarna mindre än ca 120° , annars blir matningspunktsimpedansen för låg!** Installera inte inverterade V ändar så nära jord att människor kan röra ledningarna. Vid sändning kan RF-spänningen i trådsändarna vara mycket hög, eventuellt flera kV!

"Standard" formlerna för en dipolantenns totala längd är:

- Längd i meter: $L = 143 / \text{MHz}$ med minst tre (3) decimaler

- Längd i fot: $L = 468 / \text{MHz}$ med minst tre (3) decimaler

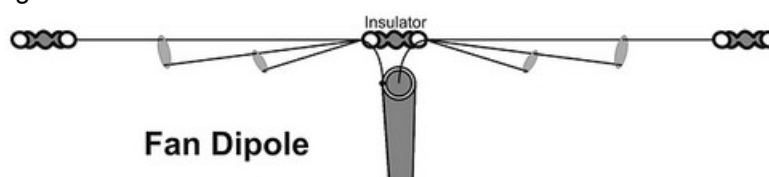
- Dela längden på formlerna ovan med 2 för att få längden för varje sida av en dipol.

- **Obs: I de flesta fall måste längden från formlerna ovan justeras**, dvs. antennen måste göras längre eller kortare, eftersom t.ex. antennens höjd över marken också påverkar dess längd. Så gör först antenntråden lite längre (till exempel ca. 0.5 eller 1 %), lyft upp antennen och kontrollera SWR. Förkorta sedan båda ändarna lika mycket i små steg, tills du når cirka 1.0:1 SWR.

Normalt är det inte klokt att använda någon form av balun vid en resonansdipols matningspunkt. Det tillför bara förluster till antensystemet. Koaxialkabeln bör dock gå i rak vinkel (90° , vertikalt, horisontellt eller i lämplig vinkel nedåt) från matningspunkten i minst $1/4$ våglängd. Om matningsledningen inte kan vinklas 90° från matningspunkten, bör man använda en 1:1 **strömbalun** (Common Mode-drossel) vid matningspunkten för att stoppa RF från att komma tillbaka till stationen på den yttre ytan av koaxialkabelns skärm. Balunen måste ha tillräckligt hög common mode-impedans (minst 5000Ω) på den använda frekvensen.

- b. Det är också möjligt att parallellkoppla dipoler för olika band till en enda matningspunkt. Dessa antenner kallas **solfjäder dipoler** eller helt enkelt **parallella dipoler**. Eftersom ledningar för ett band är laddade och avstämde av ledningarna för alla andra band, kan man inte använda standard dipolformeln. Det krävs oftast en hel del trimning och justeringar för att antennen ska fungera så bra som möjligt. Och självklart

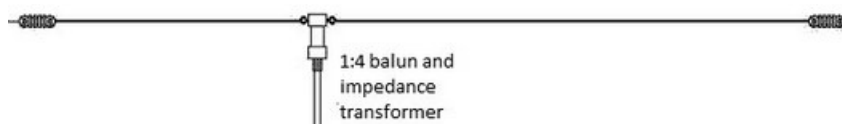
måste justeringarna göras för antennens slutliga installationshöjd, så en hel del höjning och sänkning är också inblandad. Närliggande mark avstämmer varje antenn. Även efter alla dessa ansträngningar behövs ofta en antenntuner för den slutliga matchningen. Man kan till exempel använda MMANA-GAL för preliminär antensimulering.



"Fan Dipole" = Solfjäder Dipol

- c. **Osymmetriskt matade (OCF = Off Center Fed) antenner.** Dessa är i huvudsak flerbandsantennerna. Antennens matningspunkt kan vara nästan var som helst på trådlängden, men inte för nära ena änden. Det enda kravet är att den totala antennlängden ska vara ungefär $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd på den lägsta frekvens antennen användas för. Matningspunktsimpedansen varierar beroende på dess position på tråden och beror också på frekvensen. Det är dock möjligt att beräkna en eller flera matningspunkter, som har nästan samma impedans, till exempel 200 eller 300 Ω (**inte 50 Ω !**), på alla band som antennen används för. Då behövs bara en balun (1:4, 1:6, 1:9 eller vad som helst) för att matcha antennen till 50 Ω . Det kan dock fortfarande behövas en antenntuner för att matcha antennen till sändarens 50 Ω utgång på alla band. Det finns gratis kalkylatorprogram på internet för just detta ändamål. Jag har med framgång använt DLØHST:s "Stromsummen-Antennen-Berechnung" ("Summan av strömmar antennberäkning") program, tillgänglig från: <https://www.dl0hst.de/stromsummenantennenberechnung.htm>. Programmet är på tyska, men inte svårt att förstå.

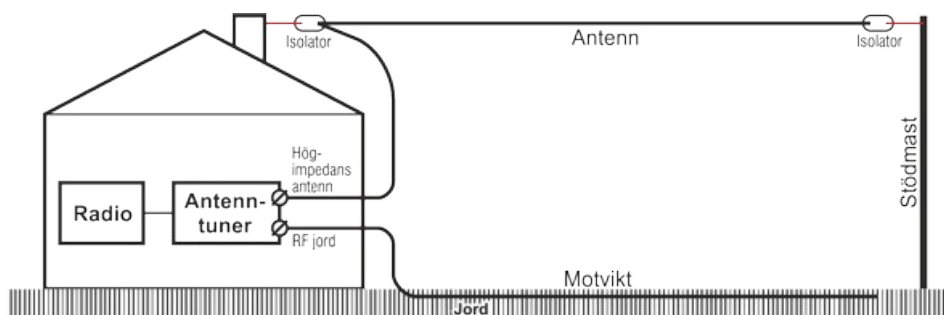
"1:4 balun and impedance transformer" = 1:4 balun och impedanstransformator



För tillfället har jag en $29 + 16 = 45$ m lång OCF-dublett vid min QTH för alla HF-band (160 m till 10 m). Eftersom den totala längden är för kort för 160 meter, finns det en laddningsspole med förbikopplingskondensator (detta är inte en trap) i antennens kortare sida. Jag matar den genom en 4:1 hybrid balun på taket och använder en antenntuner för slutlig matchning.

Jag hade också en parallell (4 tråd) OCF-dublett flera år i Finland. Jag designade den så att den var resonant på alla HF-band (160 m - 10 m) och matades med en 600 Ω öppen tråd linje. 160 m bandet hade linjär belastning, så antennens totala längd var densamma som en 80 m dipol. En antenntuner behövdes för slutlig matchning. Den var ganska tung, så den behövde tre (3) stödpunkter, i båda ändar och en vid matningspunkten.

- d. **Ändmatade trådantennerna** är generellt flerbandsantennerna. Den totala trådlängden bör vara ungefär $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd på den lägsta frekvensen den ska användas för. Den vanligaste formen för en ändmatad tråd är inverterat L. Det spelar dock ingen roll vilken form antennen har. Den kan till och med sicksacka efter behov i det tillgängliga utrymmet. Antennmatningspunkten är i ena änden av tråden (ofta direkt vid antenntunerns kontakt), med den andra änden öppen. En ändmatad antenn kräver alltid en motvikt, dvs. någon form av tråd eller annan metall på eller under marken mer eller mindre under antennen. Motvikten sänker ändmatad tråds matningspunktsimpedans till något som antenntunern (eller sändaren) kan hantera. Annars skulle matningspunktsimpedansen vara mycket hög, möjligen flera kohm, beroende på frekvens. Antenntunerns (eller transceiver antenntutgångens) jord är ansluten till denna motvikt och RF-signalen till antenkabeln.



- e. **Quad-antenn** är mycket bra riktade trådantenn för HF-band, men de är 3-dimensionella och kan vara ganska stora. Det gör installation på mast eller torn svårare, eftersom hälften av antennen är under rotatorns antenninstallationspunkt och kan störa stödkablar. Quad-elementen kan vara antingen kvadratiska eller diamantformade (dvs. roterade 45°), det gör ingen skillnad för antennens prestanda. Fyrkantiga radiatorer matas normalt i mitten av den nedre horisontella tråden. Diamantradiatorer matas normalt i det nedre hörnet av diamanten. På grund av storleken är Quad-antenn vanligtvis bara tillverkade för 20 meter och uppåt. De minsta HF Quad antennerna har bara två trådelement (reflektor och radiator). Den totala radiatoromkretsen är ungefär en full elektrisk våglängd. Reflektorn är lite större och ytterligare riktare är något mindre. Till exempel är förstärkningen av en 2 element quad en hel del högre (ungefär 3 dB) än för en 2 element yagi. Detta beror på att i en quad finns det faktiskt dubbelt så många 1/2 våg "dipoler" jämfört med en yagi, men drivs genom samma matningspunkt. Trådelementspridarna måste vara av isolerande material. Traditionellt användes bambu på HF-band för dessa, men numera är glasfibrer en bättre lösning.



Det är möjligt att konstruera enkel- eller flerbands HF-quads med upp till 4 eller 5 element per band, vilket ger mycket förstärkning (cirka 10 till 12 dB över dipol). Ännu större quads (upp till 15 till 30 element och mer) används på VHF- och UHF-band, men på grund av storleken är dessa mekaniskt omöjliga att bygga för HF. När de är korrekt dimensionerade är varje bands matningspunktsimpedans nära 50 Ω , men: de olika bandradiatorerna kan inte alltid parallellkopplas! En multibandsquad kan behöva ett fjärrstyrt omkopplingsarrangemang (med reläer) i själva antennen, som endast ansluter det erforderliga bandets radiator till 50 Ω matningslinjen. Alla andra radiatorer måste kopplas bort och avstämns med kortslutna längder av koaxial (eller annan) matningsledning.

- f. Elementen i en **riktad HF-trådantenn** behöver inte vara kvadratiska. Element har till exempel tillverkats i form av en triangel ("delta loop" = grekisk bokstav Δ "delta" upp och ner). En "delta"-antenn har något mindre förstärkning än en quad med samma antal element, men den mekaniska strukturen kan vara enklare. De två diagonala upprättstående sidorna av triangeln kan till och med vara gjorda av metallrör (aluminium, osv.). Parasitiska element kan anslutas elektriskt till bommen. Beroende på radiatorns matningssystem (till exempel gammamatchning) kan den också anslutas till bommen. De diagonala rören stöder den övre horisontella tråden. Hela antennen är ovanför rotatorns installationspunkt, så mastens stödkablar hindrar inte antennen från att vridas. Å andra sidan används quads med cirkulära element flitigt, till exempel i 23 cm bandet.



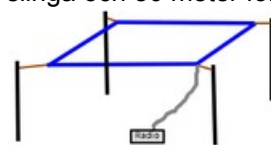


g. **Hexbeam**-antennerna är i grunden tvåelement yagis, men konstruerade med trådar. Den kombinerade formen av radiator- och reflektorelementen är en sexkant (hexagon), därav namnet. Antennens förstärkning är lite lägre, men dess vändradie är mycket mindre och den är mycket lättare än en fullstor tvåelement yagi.

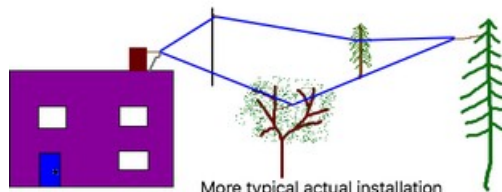
Den har sex glasfiberspridare och de drivna elementen + reflektorelementen bildar en hel "cirkel". Radiator- och reflektorändarna är separerade med korta bitar plastrep. De andra radiatorändarna är anslutna till en 50 Ω matningslinje, ofta gjord av aluminiumrör.

Dessa antenner tillverkas kommersiellt, vanligtvis för flera HF-amatörband, men kan också ganska enkelt byggas i hemma. För tillfället har jag en 6-bands (20 m - 6 m) Hexbeam på mitt tak och det fungerar ganska bra. En Hexbeam är en riktantenn, så den kräver alltid en antenntrotator.

h. **Horisontella slingantennerna** (horizontal loop) är också multibandantennerna. De är ganska bra för både sändning och mottagning. Slingomkretsen bör vara 1 **full elektrisk våglängd** för det lägsta bandet som antennen är avsedd för. Så ungefär 160 meter tråd behövs för en 160 m slinga och 80 meter för en 80 m slinga. Denna typ av antenn behöver minst fyra (4) stödpunkter (en i varje hörn). Slingans form kan vara nästan allt från hel kvadrat till rektangulär till cirkulär, men förhållandet mellan längd och bredd bör inte vara mindre än 2:1. Matningspunkten kan vara på vilken lämplig plats som helst i slingan, till exempel vid en av stödpunkterna. En horisontell slinga behöver alltid en balun vid matningspunkten och en antenntuner för slutlig matchning. Balunens impedansomvandlingsförhållande beror mycket på hur högt upp slingan är installerad, på grund av belastning orsakad av den faktiska marken. Högre slingor behöver baluner med högre förhållande (som 9:1 eller till och med 12:1), medan en lägre slinga kan vara okej med bara en 4:1 eller 6:1 balun.



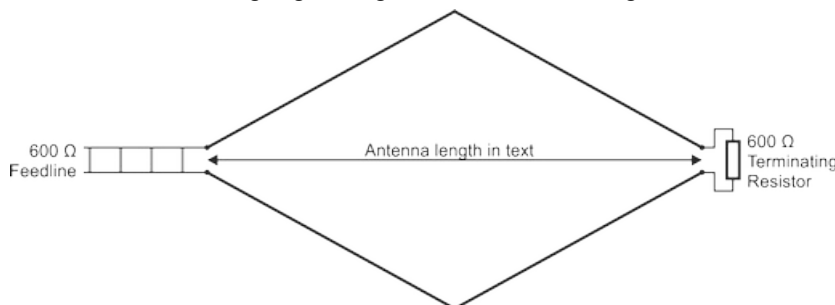
Typical drawing of a horizontal loop.



More typical actual installation

"Typical drawing of a horizontal loop" = Typisk ritning av en horisontell slinga
 "More typical actual installation" = Mer typisk faktisk installation

i. **Rombiska antenner** (rhombic antennas) är riktade flerbandsantennerna med hög förstärkning. De är dock **väldigt stora**, så de kan inte roteras och är inte särskilt praktiska för amatörradioanvändning. Längden på en rombisk antenn måste vara minst 5 våglängder för att ha någon förstärkning, men vanligtvis är de från 10 till 20 våglängder långa. Så en 20 meter (och högre) band rombisk antenn skulle vara cirka 200 - 400 meter lång! Observera att denna längd är från antennens matningspunkt till den andra änden med termineringsmotstånd och att antennen också har en hel del bredd. Detta är inte längden på den rombiska slingans tråd som skulle vara cirka 3 gånger längre än antennens längd.



"600 Ω Feedline" = 600 Ω Matningslinje
 "Antenna length in text" = Antennlängd i text
 "600 Ω Terminating Resistor" = 600 Ω termineringsmotstånd

För många år sedan byggde jag en roterande rombisk trådanter för 2 m band, men den var ganska besvärlig och alldeles för stor för den tillgängliga förstärkningen. En 12-element yagi var mycket bättre.

Första gången jag såg rombiska antenner var på 1970-talet vid "Helsinki Radio" sjöfartsradiostation nära Helsingfors, Finland. Det var deras sändarstation. Mottagningsstationen var placerad cirka 50 km bort för att undvika störningar. De hade flera rombiska antenner i olika riktningar, som täckte ett område på cirka 1 kvadratkilometer (100 hektar).

- j. **Vertikala trådanter** är i grunden enkelbands 1/4-vågsantenner med ett jordplan på 4 eller fler 1/4-vågsradialer. För permanent installation är vertikaler normalt gjorda av metallrör (aluminium), men för portabelt bruk är trådversioner mycket mer praktiska. Till exempel kan trådänden lyftas upp till någon form av stöd, som en trädgren. En annan möjlighet är att skaffa ett tillräckligt långt fiskespö av glasfiber och fästa tråden inuti spön endast vid den övre (tunna) änden. Då kan antennen snabbt monteras och demonteras efter behov och är fortfarande enkel att transportera.
- k. Det finns också många andra typer av HF-trådsantenner, till exempel slopers, inverterade Vs, burdipoler, Beverages, T-antennar, spindel- och Moxon-antennar, fasstyrbara dipol grupper, resande våg antenner osv. Ovan har jag bara beskrivit några av de vanligare.

C.2 "Styva" antenner

Med en "styv" antenn menar jag allt som är gjort av rör, stavar eller andra styva material istället för trådar. Det vanligaste **materialet** för själva antennen är aluminiumrör, eftersom:

- Det är mycket lättare än andra metaller.
- Det är en utmärkt elledare, nästan lika bra som koppar.
- Det finns speciella aluminiumlegeringar i form av rör, stavar osv. som är mycket styvare än ren (mjuk) aluminium och tål vindbelastning mycket bra.
- För UHF- och mikrovågsfrekvenser är aluminium mycket tyst (för mottagning) eftersom dess inneboende termiska brus är mycket lägre än i andra metaller (som koppar). På HF- och VHF-bandet spelar "tystnaden" ingen roll, eftersom det atmosfäriska och andra bakgrundsbruset är mycket starkare än antennbruset.
- Aluminium oxiderar mycket snabbt, men aluminiumoxid är bara ett tunt lager på ytan, en utmärkt isolator och ganska hård, vilket skyddar metallen inuti riktigt bra.

Det finns några nackdelar med aluminiumrör också:

- Aluminium är omöjligt att löda med vanliga radioamatörverktyg. För att löda aluminium behöver du speciell flusskärna lödtråd för aluminium (som "Alu 1" tillverkad av Stannol, Tyskland) och en kraftfull lödkolv (som 150 ... 300 W) för att värma upp **aluminiumet** till tillräckligt hög temperatur (+350 ... +400°C).
- Aluminium oxiderar mycket snabbt. Så även anslutningen av två aluminiumdelar måste säkras med skruvar, bultar, klämmor osv. för att säkerställa att kontakten förblir intakt i många år framöver. Beroende på form och hållfasthetskrav på två sammankopplade aluminiumbitar har jag ibland framgångsrikt använt aluminium blindnitar ("Pop" nitar) för att hålla ihop bitarna.
- Den ska inte vara i kontakt med någon annan metall, eftersom aluminium bildar ett fint batteri med den och den andra metallen (oftast stål) kommer att korrodera på nolltid, speciellt om den blir blöt. I praktiken innebär detta att alla 2-metallkontakter med aluminium (bultar, skruvar, klämmor osv.) måste vara väderskyddade på ett eller annat sätt. Jag har framgångsrikt använt rostskyddande färg eller silikon runt alla 2-metallkontakter. Det finns sannolikt andra metoder för att uppnå samma resultat.
- På grund av styvhet kan aluminiumelementen i en yagiantenn, som är fästa vid bommen i mitten, ha **mekaniska resonanser** och börja vibrera i någon vindhastighet. Vinden behöver inte vara så stark. Jag såg detta hända för många år sedan i en 20 m yagiantenn med fyra element. Reflektorändarna rörde sig med mer än 50 cm amplitud och så småningom bröts cirka 1 meter av från båda ändarna. Antennen reparerades och för att förhindra att det händer igen installerades ett tjockt plastrep inuti alla elementrör. Repet dämpar vibrationerna men ökar inte vikten särskilt mycket.

Styva antenner används på alla amatörradioband ända upp till mikrovågor. För lägre frekvenser är vertikala antenner normen men från 20 m och uppåt är yagi-antennar ett vanligt val. För VHF, UHF och uppåt används ofta yagi-antennar, men fler-element quads och olika hybridantennar kan också konstrueras av aluminium- eller kopparrör osv. med utmärkta resultat. Men: Några finska radioamatörer byggde en fullstor 3-element yagi för 160 m (!) på ett 100 m högt roterande torn på deras tävlingsstation OH8X ("Radio Arcala")! Se

till exempel <http://www.radioarcala.com/> och G7VJR:s blogg på <https://g7vjr.org/2013/02/radio-arcala-visit-oh8x-finland/>. Så allt är möjligt med tillräcklig pengar och arbetskraft.

Vänligen förstå att alla element i en multi-element antenn fortfarande är 1/2 elektriska våglängds dipoler, men de parasitära elementen (reflektor, direktörer) är anslutna till matningslinjen genom RF-fältet som skapas av det drivna elementet! Det spelar ingen roll vilken form elementen har eller hur de är installerade. I vissa antenner (som quad, quagi, delta osv.) kan några eller alla elementlängder vara multiplar av 1/2 elektrisk våglängd, vilket i praktiken innebär att det finns två eller fler dipoler med 1/2 elektrisk våglängd i serie. I flerelementsantennerna uppnås förstärkningen genom korrekt fasning av RF-signaler i varje element, dvs. genom att göra reflektorn lite längre och direktören (-er) lite kortare än det drivna elementet och genom att justera avståndet mellan elementen.

Antennelementets tjocklek börjar att ha liten betydelse redan på 20 meter, eftersom de använda rören måste vara ganska tjocka för att klara de mekaniska påfrestningarna, så de utgör en något betydande del av våglängden. På HF-frekvenser är elementrören också ofta avsmalnande för att minska vikten och elementets hängande (dvs. tjockare rör i mitten och sedan minskande storlekar efter behov mot elementändarna). Betydelsen av elementtjockleken ökar ju högre i frekvens vi går. Förutom andra faktorer påverkar elementets tjocklek i förhållande till våglängden dess fysiska längd. I alla fall måste alla rör och alla skarvar i en styv antenn klara alla krafter (inklusive vindbelastning) de utsätts för.

Styva antenner är normalt gjorda för ett specifikt amatörradioband. De är inte allbandsantennerna. En styv antenn kan dock fås att fungera på flera band genom att använda frekvensfällor, separata element för olika band eller genom att ha element med variabel längd.

Det finns många olika typer av styva antenner:

a. Vertikaler

På HF-banden installeras vertikala antenner vanligtvis på marken, men ibland höjs de också upp till någon höjd med ett maströr. På VHF, UHF och högre frekvenser installeras de vertikala antennerna nästan aldrig på marken.

Fördelen med vertikala antenner är att de är rundstrålande, så de behöver inte en antenntrotator och vanligtvis är det utrymme de upptar mindre än med vissa andra typer av antenner. Nackdelen är att man inte kan få ut mycket förstärkning av dem, särskilt på HF-band.

På VHF och UHF kan vertikala antennens förstärkning ökas genom att seriekoppla två eller flera 1/2-vågsektioner och invertera signalfasen vid varje sektionsskarv (= kollinjära antenner, collinear antennas). Ett enkelt sätt att tillverka en kollinjär antenn är att använda till exempel 5 till 10 stycken 1/2-vågsektioner av 50 Ω koaxialkabel i serie. Korskoppla mitt-tråden och skärmen vid varje sektionsskarv. Häng sedan hela enheten uppifrån och mata den genom en impedansmatchningssektion längst ner. Det finns flera andra sätt att uppnå samma resultat. Se detaljerade instruktioner i antennböcker eller på internet.

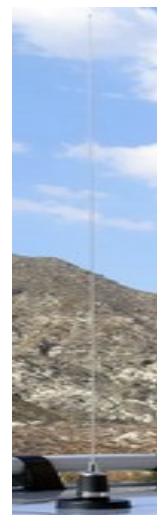


Det finns många typer av vertikala antenner som ofta används:

1. **1/4 våglängds vertikaler** är enkelbandsantennerna med ett jordplan av 4 eller fler 1/4 våglängds radialer.
 - På HF-band är den vertikala delen vanligtvis gjord av aluminiumrör (möjligen avsmalnande). Jordplanet är ofta tillverkat av koppartrådar (eller annan metall) på (eller under) marken, eller möjligen upphöjt ovanför marken upp till antennens matningspunkt.
 - På VHF och högre frekvenser kan den vertikala delen vara ett aluminiumrör eller stav. Jordplanet är ofta gjort av aluminiumstavar eller rör som sticker ut från antennens bas.
 - För VHF och UHF mobil användning är den vertikala delen ofta gjord av flexibel rostfri ståltråd eller glasfiberpinne med inre koppartråd och jordplanet är egentligen fordonets plåttak.

2. **5/8 våglängds vertikaler** är också enkelbandsantennerna med ett jordplan av 4 eller fler 1/4 våglängds radialer.

- 5/8-vågs vertikaler används mestadels på VHF- och UHF-frekvenser, men kan också tillverkas för högre HF-band. De har relativt liten förstärkning (cirka 1.5 - 2 dB) i förhållande till en 1/4-vågs vertikal, men de är också mycket (2.5 gånger) högre. Denna typ av antenn behöver en matchande spole med uttag mellan den vertikala delen och jordplanet. 50 Ω -matningslinjen är ansluten till spolens uttag och jordplanet.
- På HF-band är den vertikala delen vanligtvis gjord av aluminiumrör (möjligen avsmalnande). Jordplanet är ofta gjord av koppar (eller annan metall) tråd på (eller under) jord, eller möjligen förhöjd över marken upp till antennens matningspunkt.
- På VHF och högre frekvenser kan den vertikala delen vara ett aluminiumrör eller stav. Jordplanet är ofta gjort av 1/4 våglängds aluminiumstavar eller rör som sticker ut från antennens bas.
- För mobilanvändning på VHF och UHF är den vertikala delen vanligtvis gjord av flexibel rostfri ståltråd eller glasfiberpinne med inre koppartråd och jordplanet är egentligen fordonets tak. I mobilantennerna är den matchande spolen ofta en stålfjäder, som böjs vid körning, och koaxialen kopplas till den med en liten metallklämma.



3. **Flerbands vertikaler.** I princip kan en enkel vertikal HF-antenn användas för flera amatörradioband, precis som en ändmatad trådantenn. Den vertikala delens höjd måste dock vara ungefär 1/4 elektrisk våglängd på antennens lägsta avsedda frekvens. Radialerna måste också vara ungefär 1/4 elektrisk våglängd långa på den lägsta frekvensen som antennen används för. Denna typ av vertikaler kommer alltid att kräva en antenntuner för att matcha impedansen till 50 Ω . Beroende på antennens exakta höjd är det kanske inte möjligt att matcha den på ett eller flera amatörband på grund av mycket hög SWR.

HF vertikala antenner är också gjorda för att fungera på flera amatörband genom att använda frekvensfällor eller separata linjära avstämningssektioner. Vanligtvis kan denna typ av antenner matas direkt med 50 Ω koaxialkabel.



4. **J-pole** (J-stake) vertikala antenner används numera mest på VHF- och UHF-band, men de har också konstruerats för högre HF-band. Antennen är i princip en ändmatad $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd dipol i serie med en 1/4 elektrisk våglängd kortsluten "öppen tråd linje" avstämningssubb (gjord av samma rör som antennen genom att böja den till "J"-form), som matchar antennimpedansen till exempel för 50 Ω matningslinje. Antennens förstärkning är densamma som i en dipol (dvs. 0 dBd eller +2.14 dBi), vilket är 1 - 1.5 dB mer än i en 1/4 våglängds vertikal. Denna antenn uppfanns 1909 och användes ursprungligen som tyska Zeppelin luftfartygs släpande trådantenn.



5. **HF mobila vertikaler.** Många vertikala antenner har konstruerats för mobila operationer på HF-band från 80 meter och uppåt. De är alltid enbandsantennerna. Det största problemet för dem är den mycket begränsade höjden för att förhindra att de slår i något under körning (som över hängande trädgrenar, broar osv.). På grund av låg höjd (i våglängder) är dessa antenner inte de bästa för sändning eller mottagning, men de är okej för sitt avsedda ändamål. Ändå måste även dessa antenner vara **elektriskt 1/4 våglängd** höga, så den elektriska längden måste ökas med en laddningsspole, antingen vid antennens bas eller någonstans i mitten. Ett annat problem är att fordonets metallkaross måste användas för jordplan och i nästan alla fall är den för liten för ändamålet. Fordonets kapacitans till verklig mark hjälper lite med jordplansproblemet, men beror mycket på markens konduktivitet (som torr eller våt asfalt, sand, jord etc.).

I praktiken orsakar allt detta ganska lågt motstånd ($R \Omega$) och hög reaktans ($-j \Omega$) vid antennens matningspunkt, så någon form av justerbar L/C-matchningskrets måste placeras vid antennens bas. Den låga matningspunktsimpedansen gör också att RF-strömmarna vid antennens mat-

ningspunkt är mycket höga och speciellt jordanslutningen till fordonets kaross måste bindas extremt väl med kortast möjliga längd av **tjock** tråd. Någon form av bred kopparfläta (liknande koaxialkabelns skärm) används ofta för detta ändamål.

De mobila vertikala HF-antennerna (inklusive deras matchande krets) är alltid mycket smalbandiga och täcker endast en liten del av amatörradiobandet som antennen är designad för.

7. **Riktade vertikaler** är enkelbandiga HF-antenngrupper. Du kan få ut en hel del förstärkning av dessa, men de upptar mycket yta. I princip installeras 3 eller 4 1/4 elektriska våglängds vertikaler med t.ex. 1/4 fri luft våglängd från varandra i en triangel eller kvadrat. Därefter ändras strålningsriktningen i steg med relästyrda koaxial fasningskablar till enskilda antenner.

b. Riktantenner

Det engelska uttrycket "beam antenna" kommer sannolikt från idén att till skillnad från en vertikal eller dipol-antenn, som strålar åt alla håll som en vanlig glödlampa gör med ljus, en beam ("strål") antenn strålar till "en" riktning som en ficklampa eller bilens strålkastare.

"Styva" riktantenner tillverkas vanligtvis endast för 20 meter och upp till VHF- och UHF-frekvenser. Några människor använder till och med 40 m yagis, men de är mycket stora och mekanisk konstruktion kräver speciella lösningar.

Fördelen med riktantenner är att de har effektförstärkning jämfört med dipoler eller vertikaler. På HF-band är de styva riktantennerna vanligtvis horisontellt **polariserade**, men för VHF och UHF kan de ha antingen polarisering (horisontell eller vertikal) eller till och med cirkulär polarisering. På HF-band gör antennpolarisering ingen praktisk skillnad, eftersom polariseringen kan rotera åt vilket håll som helst när signalen reflekteras från jonosfären. Förutom jonosfärens ständigt föränderliga reflektionsegenskaper orsakar polarisationsrotation "fädning" eller QSB i de mottagna signalerna. På VHF och uppåt blir antennpolarisering viktig, eftersom även för DX-kontakter roterar signalpolariseringen inte mycket. VHF- och UHF-signalreflektionerna orsakas av andra fenomen, som troposfärisk spridning, kanalisering eller refraktion, sporadiskt E-lager, norrskens- eller meteorspärsreflektion osv. Dämpningen för en mottagen signal med fel polarisering är minst -20 dB.

För stationära VHF- och UHF-stationer är horisontell polarisering mycket att föredra, eftersom antennerna vanligtvis är installerade ganska högt (i våglängder) och markreflektionen har minimal effekt, så strålningen är alltid mer eller mindre mot horisonten.

Generellt sett används vertikal polarisering för VHF- och UHF-mobiloperationer (inklusive repeatrar) på grund av enklare antenninstallation i fordon.

Utöver diverse vertikala "piskor" har jag också byggt många horisontellt polariserade, rundstrålande 2 m mobilantennerna, som halo, "Big Wheel" (klöverblad - se foto), korsad dipol och slot ("Abe Lincoln", "soptunna"). Big Wheel var utmärkt även för DX med fasta stationer, vanligtvis upp till 300 - 400 km bort, men ibland till långt över 1000 km avstånd **när jag körde**. Den är dock mekaniskt stor och var svår att hålla på biltaket i 120 km/t på motorväg.



1. **Antennmatchning**. Beroende på antennenmatningssystemets konstruktion kan en balun behövas eller inte:

- **Enkel (delad) dipol** som det drivna elementet i en yagi: Delade dipoler används sällan i HF-bandantennerna, på grund av mekaniska problem i elementets centrum. En 1:1-balun kan vara användbar vid HF-antennens matningspunkt, men är ofta inte nödvändig om matningspunktens impedans är 50 Ω. En delad dipol kan användas i VHF- och UHF-yagis, men man bör inte använda en balun på grund av dess förluster.

- **Gammamatchning** (från grekiska bokstaven "Γ" = stor "gamma"): Dessa används på alla amatörradioband från HF till VHF och UHF. Gammamatchningen har en konden-



sator (två överlappande rör av olika storlekar, det ena inne det andra och isolerat från varandra) och en induktor (en kortslutningsstång från det inre röret till det drivna elementet) i serie. På grund av den obalanserade naturen hos en gammamatchning måste koaxialkabeln anslutas direkt till den, utan någon form av balun. Gammamatchningen justeras (både kondensatorn och induktorn) för att få 50 Ω impedans vid antennens matningspunkt.



- **T-matchning** (från bokstaven "T"): Dessa matchningssystem används på alla amatörradioband från HF till VHF och UHF. T-matchningen justeras för att få 50 Ω impedans vid antennens matningspunkt genom att flytta kortslutningsstångerna mellan T-sektionen och det drivna elementet.

En 1:1-balun kan vara användbar vid antennens matningspunkt men är ofta inte nödvändig. I VHF- och UHF-yagis bör man inte använda en balun på grund av dess förluster. *Obs! T-matchningen på bilden är alldeles för bred och fungerar som en vikt dipol (se nedan).*

- **Deltamatchning** (från grekiska bokstaven " Δ " = stor "delta"): Dessa matchningssystem används huvudsakligen på VHF- och UHF-antennerna. För HF-band de vore mekaniskt för stora. Deltamatchningen omvandlar det drivna elementets impedans till 50 Ω eller 200 Ω och justeras genom att ändra placeringen av deltamatchningstrådarna på det drivna elementet. Om den matchade impedansen är 50 Ω bör man inte använda en balun på VHF och UHF på grund av dess förluster. Om den matchade impedansen är 200 Ω kan en 4:1 koaxial "balun" med låg förlust (= 1/2 elektrisk våglängds slinga av 50 Ω -kabel) kan användas för impedansmatchning till 50 Ω .



- En **vikt dipol** ökar antennens matningspunktsimpedans och används huvudsakligen som radiator-element i VHF- och UHF-yagis. Impedansomvandlingsförhållandet beror på **materialtjockleksförhållandet** mellan den drivna delen och den vikta delen av radiator. Se en kalkylator på: <https://owenduffy.net/calc/fdsurc.htm>.

Oftast är materialtjockleken densamma för båda delarna, i vilket fall impedansomvandlingsförhållandet är 1:4. Så hela radiatorelementet tillverkas av ett rör eller en stång av lämplig längd genom att böja det. Detta kan utnyttjas på två sätt:

- För att öka matningspunktsimpedansen till 50 Ω i en antenn, som annars (med en vanlig dipolradiator) skulle ha 12.5 Ω impedans.
- För att öka antennens matningspunktsimpedans till exempel från 50 Ω till 200 Ω , så att en parallell linje kan användas för att mata antennen. Detta kan vara användbar i en 4 x antenngrupp så att när antennerna är parallellkopplade med lika långa 200 Ω matningskablar, blir den totala impedansen 50 Ω .

Även om den vikta dipolen är en balanserad radiator, bör man i VHF- och UHF-yagier inte använda en balun på grund av dess förluster. En koaxial 1:4 "balun" med låg förlust (= 1/2 elektrisk våglängds slinga av 50 Ω -kabel) kan användas för impedansmatchning från 200 Ω till 50 Ω .

Det finns många typer av styva antenner i vanligt bruk:

2. **Roterande dipol**. Jag ser inte mycket mening med dessa HF-antennerna, eftersom en dipols strålmönster nästan är en cirkel, med djupa, skarpa nollriktningar mot elementens ändar. De skulle bara kunna vara användbara om man måste minska störningar från en viss källa genom



att vrida en antennända mot den. Du behöver en antennotator för dessa, men om du redan har en, varför inte installera en riktantenn på den istället.

3. **Enkelbands yagi** är förmodligen den mest använda riktanten-
nen. De byggs vanligtvis för HF från 20 meter och uppåt, och
för VHF, UHF och uppåt. På grund av riktförstärkningen kräver
dessa antenner alltid en antennotator. De är ganska enkla att
designa för 50 Ω matningspunktsimpedans, så impedans-
matchningskretsar behövs inte.



Ju fler element (direktorer) det finns i en enkelbands yagi, desto mer effektförstärkning har den. För HF-band är det maximala element antalet normalt begränsat till 4 eller 5, på grund av mekaniska problem med att bygga större antenner. På HF-band måste antennerna också vanligtvis göras något kortare (dvs. för att ha en kortare bom) än vad som skulle krävas för maximal förstärkning tillgänglig från element antalet. Det minskar antennens effektförstärkning lite. VHF, UHF och högre band har vanligtvis inte sådana begränsningar för antennens längd, så det är möjligt att ha till exempel 15, 20, 30 eller fler element för att öka förstärkningen. Förstärkningen ökas med ungefär **+3 dB varje gång antennens element antal fördubblas**, så till slut når man punkten med minskande avkastning för tillsatta element.

Ofta är det bättre att öka antennförstärkningen genom att stapla två eller fler antenner av samma typ vertikalt och/eller horisontellt. Återigen ökar förstärkningen med ungefär **+3 dB varje gång antenn antalet fördubblas**. Förstärkningsökningen påverkas också av staplingsavstånden. För månreflektion (EME = jord-måne-jord, månen används som reflektor) har man till och med byggt grupper av åtta 15 element yagis för VHF och sexton 30 element yagis för UHF. Dessa antenner behöver också tvåaxliga rotatorer - horisontellt och vertikalt. Se mer nedan under "H. Antennstapling".

4. **Flerbandsyagi** är förmodligen den mest populära riktanten-
nen att använda på flera HF-band. De är inte
så praktiska för VHF- och UHF-frekvenser. HF-flerbandsyagier är vanligtvis byggda för att täcka 20 meter och två eller fler högre band. På grund av riktningförstärkningen kräver dessa antenner alltid en antennotator. Flerbandsyagier är ganska svåra att designa, eftersom elementen i ett band laddas och avstäms av elementen för alla andra band. En hel del trimning, inställning och justeringar krävs i designstadiet för att antennen ska fungera så bra som möjligt. Det är också svårt att designa en flerbandsyagi för att ha 50 Ω matningspunktsimpedans på alla använda band, så ofta inkluderar den tillverkade antennen ett lämpligt matchningssystem.

Det finns tre vanliga sätt att få en yagi att fungera på flera band:

- a. **Frekvensfällor** (trap): Varje yagielement är
uppbyggt av flera sektioner, separerade av fre-
kvensfällor. Fällorna är enkla parallella L/C-re-
sonanskretsar, som stoppar de högre frekven-
serna men passerar genom de lägre frekven-
serna. Varje fälla är utformad för en specifik
frekvensdelning. Så, till exempel, en yagi av-
sedd för 20 m, 15 m och 10 m bander har fällor
enligt följande:



- Närmast bommen finns 10 m / 15 m delningsfällorna på båda sidor om varje element, så för 10 meter bandet har elementen elektriskt korrekt längd.
- Nästa (när räknat från bommen) är 15 m / 20 m delningsfällor på båda sidor om varje element, så för 15 meter bandet har elementen elektriskt korrekt längd (= 10 m elementsektion + 10 / 15 m fälla + 15 m elementsektion).
- Resterande elektriskt korrekta elementlängder används för 20 m bandet (= 10 m elementsektion + 10 / 15 m fälla + 15 m elementsektion + 15 / 20 m fälla + resten av elementlängden).

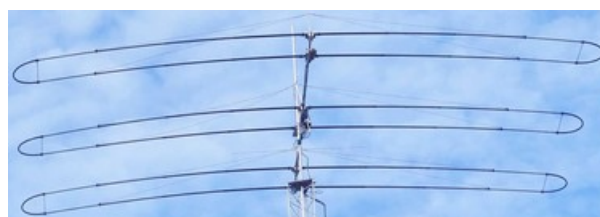
Trap (fälla) yagier är generellt något mindre och lättare än vissa andra typer av multiband yagier. Elementlängderna är mekaniskt kortare, eftersom trap-spolarna gör varje element elektriskt längre än de faktiskt är. Trap yagier kan vanligtvis matas med en enda 50 Ω koaxialkabel. Men de har dock också vissa nackdelar:

- Antennen är alltid en kompromiss, eftersom samma elementpositioner på bom används för alla band. På de flesta band ger den positionen inte bästa möjliga förstärkning. I praktiken innebär det att vissa antennparametrar, som förstärkning, SWR, F/B-förhållande osv. måste ha balanserats mellan olika band för att antennen ska fungera. Som resultat kan en trap yagi vanligtvis inte ha lika bra förstärkning på alla band som en enkelband yagi med samma element antal skulle ha.
- Fällkondensatorerna och -spolarna måste vara avsedda för högspänning, eftersom en dipolända (som i det här fallet är fällan på den högre frekvensen) har mycket hög RF-spänning. Beroende på sändareffekten kan den vara flera kV.
- Mekaniska problem är många, eftersom fällorna måste fästas bara på element (vanligtvis aluminiumrör) på ett eller annat sätt och olika elementsektioner måste isoleras elektriskt från varandra av fällans hölje. Det är mycket svårt att bygga en fälla som mekaniskt kan motstå naturens krafter i många år, som sol, vind, regn, snö, is osv. Dessa problem är den främsta anledningen till att en trap yagi måste tas ner och repareras någon gång.
- Fällorna har förluster, främst för att RF-signalen måste passera genom fällans spole för att nå den lägre frekvensdelen av elementet.

b. **Separata element** för olika band: Denna typ av yagiantenner är ganska vanliga på HF-band (oftast täcker de 20 m till 10 m bander). 2-bands yagiantenner har också byggts för att täcka 2 m och 70 cm bander på samma bom, matade med separata kablar. HF-flerbands yagi har en eller flera radiatorer (möjligen med fällor) anslutna till samma 50 Ω matningslinje och separata parasitelementer (reflektor och direktorer) för olika band. Olika band kan då ha det maximala element antalet (direktorer) som passar på bommen med optimala avstånd. Antennen är i grunden utformad som separata enkelbands yagiantenner installerade på samma bom. På så sätt kan varje band ha rätt elementlängder och avstånd för bästa förstärkning. Men på grund av belastning och avstämning för ett bands element orsakad av de oanvända elementen i alla andra band, är antennen fortfarande något av en kompromiss mellan olika band. Belastnings- och avstämningseffekter måste ha tagits med i beräkningen vid designen av antennen.

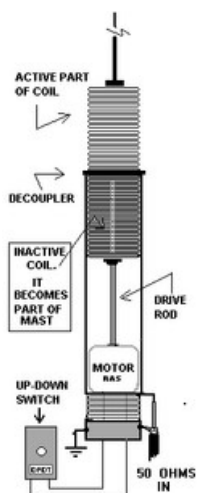


c. **Element med variabel längd**: Denna typ av HF-yagiantenner tillverkas kommersiellt och så vitt jag vet med max. 3 element (reflektor, radiator och en direktor). Elementavståndet är fast, men elementlängderna kan justeras kontinuerligt för att få bästa möjliga förstärkning och 1.0:1 SWR på vilken frekvens som helst antennen är avsedd för.



Grundtanken är att elementmaterialet är längsgående styvt men flexibel metall (något liknande ett metallmåttband). Elementen är installerade inne icke-ledande rör, ofta vikta bakåt för att göra antennens bredd mindre. Annars skulle plaströren inte kunna hantera starka vindar. Så, utifrån ser elementen ut som vikta dipoler, men det är de inte. Elementhalvorna är upprullade i antennens mitt (bom) och drivs av motorer via växellådor. Kugghjulen har olika utväxlingar för olika element, så att samma styrning kan användas för alla. På så sätt kan elementen förkortas och förlängas kontinuerligt efter behov för varje frekvens från botten av det lägsta bandet (ofta 20 meter) och uppåt.

För HF, VHF och UHF har man också byggt "skruvmejsel" (screw driver) -antenn (mestadels vertikala), där elementlängden justeras med en 2-vägs fjärrkontroll ("UPP" - stopp - "NER") till en likströmsmotor, som vrider en lång skruv genom en växellåda. En batteridriven skruvmejsel (med sin inbyggda växellåda) används ofta som motordel, därav namnet.



"ACTIVE PART OF COIL" = AKTIV DEL AV SPOLEN
"DECOUPLER" = AVKOPPLARE
"INACTIVE COIL. IT BECOMES PART OF MAST" = INAKTIV SPOLE. DET BLIR EN DEL AV MAST
"DRIVE ROD" = DRIVSTÅNG (skruv)
"MOTOR" = MOTOR
"UP-DOWN SWITCH" = UPP-NER BRYTARE
"50 OHMS IN" = 50 OHM INGÅNG

Nackdelen med alla dessa typer av antenner är att på grund av många mekaniskt rörliga delar krävs reparationer ibland.

En sak att komma ihåg om antenner med **yagi element**, särskilt på VHF- och UHF-banden, är att **hur elementen installeras på bommen påverkar elementlängderna**:

- När elementen isoleras från bommen blir det ingen effekt.
- När element fästs på bomrörets "sida" (vanligtvis ovsidan) måste de vara något längre än isolerade element skulle vara, eftersom bommen delvis kortsluter antennelementet.
- När element installeras genom bomröret och ansluts till det, måste de vara betydligt längre än isolerade element skulle vara, eftersom bommen kortsluter en del av antennelementet.
- Elementförkortningseffekten beror på bomrörets tjocklek och form. En rund bom förkortar elementen något mindre än en fyrkantig (eller rektangulär) bom, eftersom avståndet RF måste "färdas" runt bommen är något kortare.
- Antennsimuleringsprogram har inte alltid inställningar för bomstorlek, form eller elementinstallationsmetod och det finns inget enkelt sätt att beräkna skillnaden mellan isolerade och oisolerade elementlängder.

Många radioamatörer har dock gjort experiment med "bomkorrigering" ("boom correction"). Se till exempel:

- http://dg7ybn.de/BC_numbers/BC.htm
- <http://www.sm5bsz.com/antennas/sa/others.htm>
- https://www.qsl.net/yu1aw/Misc/yagi_boom_correction.pdf
- http://www.yu7ef.com/boom_correction.htm

Det finns många andra typer av "styva" **riktantenn**, särskilt för **VHF- och UHF-banden**. De flesta VHF- och UHF-antenn matas med 50 Ω koaxialkabel. När de används i antengrupper kan de enskilda antennerna ha mycket högre matningspunktsimpedans för att kunna mata dem parallellt med 50 Ω koaxialkabel. Några exempel:

- **Quad**: För VHF- och UHF-banden är dessa antenner oftast gjorda av aluminiumrör (eller ibland kopparrör) eller relativt tjocka stänger. Quad-antennen har cirka 3 dB mer förstärkning än en yagi med samma antal element.

Medan jag bodde i Lusaka (Zambia - 9J) i början av 1980-talet byggde jag en roterande bambu/tråd quad med fyra element för TV DX-användning på VHF I bandet (europeiska analoga TV-kanaler 2 - 4, 47 - 68 MHz). Vi hade inte 6-meter bandet ännu, och man kunde inte få en zambisk radioamatörlicens på den tiden. Med hjälp av den antennen var det då och då möjligt att titta på även spansk TV via transekvatorial utbredning, avstånd cirka 6700 km.



- **Quagi:** Dessa antenner är en hybrid av quad- och yagielementer. Vanligtvis är reflektorn och radiatorn av quad typ och alla direktorer är yagi elementer. Quagin har cirka 3 dB mer förstärkning än en yagi med samma element antal.



- **Dipolgrupp** (dipolmatta): Dessa antenner har ett antal dipoler (som 4, 8, 16 osv.) över en reflektorskärm, som antingen är gjord av yagi typ elementer eller som en kombinerad reflektor av någon form av nät (som hönsnät). Förstärkningen kan vara ganska hög och beror på dipol antalet.

- **Hörnreflektor** (Corner reflector): Denna antenn är i grunden en yagi, men reflektorn är i form av en vikt skärm, gjord av rör, stänger, nät eller metallplåt. Denna typ av reflektor ökar antennens förstärkning något och förbättrar dess F/B-förhållande avsevärt.



- **Hybrid dubbel quad:** Denna antenn har två diamantformade quad radiatorer ovanpå varandra gjorda som en enda dubbelslinga och matade med 50 Ω kabel i mitten. Reflektorn är tre (3) yagi-typ rör ovanpå varandra bakom radiatorm. En enkel hybrid dubbel quad har cirka 8 dB förstärkning över dipolen i en relativt liten storlek. Jag hade en grupp av fyra (4) 2-meter bands hybrid dubbel quads (förstärkning cirka 14 dBd) i många år i Finland och jag fick höra att min signal var starkast överallt (inklusive DX), när jag körde 50 W RF in i den. Bilden till vänster visar en hybrid dubbel quad av min grupp av fyra. Denna antenn designades av D. Roggensack (DL7KM) och den introducerades först i den tyska (Östtyskland = DDR) Funk-Technik tidskrift nr. 9, maj 1974.

- **Korsad yagi** (Crossed yagi): Denna antenn har i princip två yagis på samma bom, en horisontell och en vertikal. De två yagis har separata matningspunkter. Den korsad yagi kan användas på två sätt:

- För att växla antennpolarisering mellan horisontell och vertikal för att kontakta fasta (horisontella) eller mobila (vertikala) stationer.
- För att uppnå vänster eller höger cirkulär polarisering när de två antennerna fhasas korrekt med korta koaxialkabelängder. Ofta kan även riktningen av cirkulär polarisering reverseras. Cirkulär polarisering är särskilt användbar för EME-operationer (jord-måne-jord), eftersom signalpolariseringen roterar längs vägen och antenner med linjär polarisering (horisontell eller vertikal) kommer att förlora den mycket svaga signalen (som också har dopplerskift) när den mottagna polariseringen råkar vara fel. Så är inte fallet med cirkulär polarisering.



5. **Spiralantenner** (Helical antenna) är inte så vanliga för amatörradioanvändning, men de har byggts för att uppfylla specifika antenkrav. Beroende på typ används de på HF eller VHF, UHF och högre frekvenser. En axiell helix skulle vara alldeles för stor för alla HF-band. En spiralantenn ser ut som en stor spole, men funktionsprincipen är inte som i en spole, till exempel i en resonanskrets eller ett L/C-filter. Det finns två typer av spiralantenner:

- a. **Normal helix** (Normal mode helix). Dessa antenner strålar vinkelrätt mot helixaxeln. Avståndet mellan "spol"-varven är mycket mindre än $1/4$ våglängd. Man har byggt dessa till exempel som korta vertikaler för 160 m och 80 m användning. Denna typ av antenn behöver alltid ett jordplan och en L/C-matchningskrets. De har inte mycket förstärkning, men om höjden är begränsad finns det inte mycket att välja på.

Dessa antenner används också mycket till exempel i handhållna transceivrar på 2 m-bandet (145 MHz). Inne i gummiantennen finns en normal helix. Jordplanet är transceiverns chassi plus din hand och kropp.

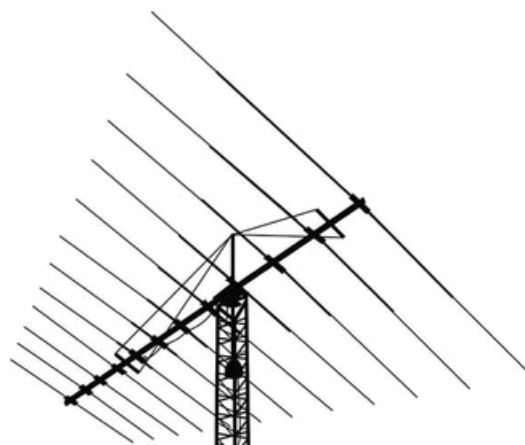


- b. **Axial helix** (Axial mode helix). Dessa antenner strålar mot slutet av helixaxeln och kan ha hög förstärkning. Denna antenn kräver en reflektor (metallskärm eller platta) vid matningspunkten. Varje "spol"-varv är ungefär en hel våglängd vid den frekvens som används. Avståndet mellan "spol"-varven måste vara 0.23 våglängder vid den frekvens som används. Denna typ av antenn utstrålar alltid cirkulär polarisering. Polariseringens rotationsriktning bestäms av "spol"-lindningens riktning. Denna typ av antenn kan också ta emot linjär polarisering (vertikal eller horisontell) med cirka -3 dB dämpning. Eftersom det är en riktantenn kräver den alltid en antennotator. Beroende på applikationen kan rotatorn behöva rotera antennen både horisontellt och vertikalt.

Dessa antenner har byggts för satellit- och EME-operationer (jord-måne-jord) på 2 m (145 MHz) och 70 cm (435 MHz) band. De används också ofta för trådlösa nätverk (Wi-Fi etc.) på 2.4 GHz- och 5 GHz-banden.

Min första erfarenhet av en axial helix: Vi använde en för att ta emot vädersatellitbilder på VHF när jag arbetade i Helsingfors Tekniska Högskola (Finland) i början av 1970-talet. Satelliterna befann sig i ganska låg omloppsbanan, för att spåra satelliten måste antennen kontinuerligt vridas (azimut och elevation) manuellt på taket med hjälp av hörlurar anslutna till mottagaren i labbet. Bilderna skickades till Finlands Meteorologiska Institut och distribuerades till många tidningar.

6. **Logperiodiska antenner** (Log-periodic Dipole Array, LPDA) är bredbandsriktantennerna. Vanligtvis har de en serie halv-vågsdipolelement (rör) av olika längd installerade på en dubbelbom, som också fungerar som antennens interna matningsledning. Antennen kan dock också konstrueras av trådelement och lämpliga repstöd, om man inte behöver vrida den. Alla element är radiatorer, anslutna till samma (dubbelbom) matningsledning. Elementen är placerade med intervaller som följer en logaritmisk funktion av frekvensen. Längden på successiva element och avståndet mellan dem minskar gradvis längs antennens längd. Beroende på design kan bandbredden för en logperiodisk antenn vara ganska stor, till exempel täcka alla frekvenser från 40 m till 10 m band.



Generellt sett fungerar den logperiodiska designen vid vilken frekvens som helst ungefär som en Yagi-antenn med tre element. Dipolelementet närmast resonansen vid den använda frekvensen fungerar som radiator, med de två intilliggande elementen på vardera sidan som direktor och reflektor för att öka förstärkningen. Det kortare elementet framför fungerar som direktor och det längre elementet bakom som reflektor. Systemet är dock mer komplicerat än så och alla element bidrar i viss mån, så förstärkningen för vilken frekvens som helst är högre än en Yagi-antenn med tre element. Vanligtvis är förstärkningen för en

LPDA cirka 7 dBd, fram/bak förhållandet cirka -22 dB och SWR cirka 1.5:1 max. **genom hela designfrekvensområdet.**

För amatörradio används LPDA-antennerna huvudsakligen på högre HF-band, till exempel 20 m och uppåt. Generellt sett är de relativt stora men det kompenseras av att man inte behöver mer än en riktantenn för alla band. De kan konstrueras även från 40 m och uppåt men lägre frekvenser gör antennen mycket större (bredare och längre).

Första gången jag såg en logperiodisk antenn på nära håll var när jag arbetade i Lusaka (Zambia - 9J) i början av 1980-talet. Den finska ambassaden hade en på taket av byggnaden för att kunna kontakta Finland. De använde också Drakes amatörradioutrustning för ändamålet men inte på amatörradioband. En gång reparerade jag deras linjära förstärkare.

C.3 Andra typer av antenner

Många typer av okonventionella antenner har också byggts. Vissa av dem fungerar bättre än andra, särskilt för sändning, men beroende på deras storlek kanske de inte är så bra för mottagning. Några exempel:

1. **Avstämda slingantenn** (Tuned Loop): Dessa HF-antennerna kallas också "magnetslingor" (magnetic loop). RF-strömmen i dem är mycket hög, så folk ser dem som elektriska RF-magneter, även om de (liksom alla andra antenner) utstrålar både ett magnetfält ("H") och ett elektriskt fält ("E"). Strålningsmönstret har djupa nollor vinkelrätt mot slingplanet. Några radioamatörer använder dessa eftersom de inte har plats för en fullstor antenn. Se de många resurserna på internet.

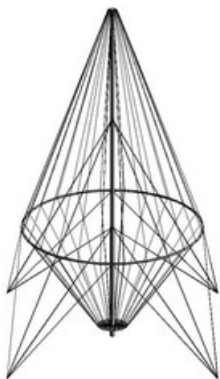


I grund och botten är antennen en serieresonanskrets som består av en 1-varvs spole (diameter till exempel 50 cm ... 1.5 m, beroende på frekvens) gjord av ganska tjockt kopparrör (till exempel 20 ... 50 mm) och vanligtvis en variabel kondensator. Dessa antenner har mycket högt Q, så de är mycket smalbandiga. Nästan varje gång du ändrar frekvens måste antennen ställas om. Observera att justeringen kan göras enkelt genom att maximera det mottagna brus eller RF-signalen på den använda frekvensen. Beroende på slingstorlek och frekvens kan bandbredden vara så liten som 5 kHz (dvs. en enda SSB-kanal), och är sannolikt inte mer än 20 - 25 kHz. I praktiken innebär detta att antennen måste ha fjärrstyrning bredvid radion som driver den variabla kondensatorns motor. Det är också möjligt att skapa ett automatiskt justeringssystem för antennen.

Den avstämde slingantennen kan göras för att fungera på flera HF-band. Det beror huvudsakligen på den variabla kondensatorns minsta och högsta kapacitans. Observera att RF-spänningen över kondensatorn är ganska låg när antennen är inställd för den använda frekvensen. **Men när antennen inte är inställd på den använda frekvensen kan RF-spänningen över kondensatorn vara extremt hög, till och med flera kV**, beroende på din sändningseffekt och frekvens. En variabel luftkondensator med 1 mm plattavstånd kan klara upp till cirka 50 W, men för högre effekt behöver du en variabel vakuumpkondensator med 5 ... 10 kV hållspänning. Antennen är ganska okej för sändning, men inte den bästa för mottagning. Antennens strålnings effektivitet beror mycket på den använda frekvensen (dvs. bandet) och är lägst på låga frekvenser men inte heller så bra på höga frekvenser.

Det finns flera sätt att matcha den avstämde slingantennen till 50 Ω koaxialkabel:

- En liten kopplingslinga
- En L-match
- En Gamma-match
- En T-match
- osv.



2. **Konisk monopol** (Conical monopole). Dessa är bredbandiga vertikala antenner som behöver ett jordplan. Beroende på storlek kan den täcka till exempel 3.5 MHz ... 30 MHz på HF eller till exempel VHF-banden (145 + 220 MHz) och UHF-banden (435 + 1260 MHz). För HF är de byggda med ett antal trådar och för högre frekvenser (VHF och uppåt) kan man använda metallplåt. Strålningsvinkeln för dessa antenner är ganska låg, nära horisonten, så de är ganska bra för DX. De är relativt stora jämfört med andra typer av antenner. Jag vet inte om någon faktiskt har byggt en av dessa antenner för HF-amatörradio men de används mycket av AM-kortvågs rundradiostationer på HF.

3. **Discone antenn** (Discone - "Disc Cone"). Dessa är också bredbandiga vertikala antenner. I grund och botten är det en konisk monopol (se 2. ovan) upp och ner, så att jordplanet är överst. Eftersom jordplanet är ovanför antennen finns det ingen strålning ovanför det horisontella planet. På grund av formen är dessa antenner mycket svåra att konstruera för HF-band, men de används på VHF och uppåt. Bandbredden kan vara upp till cirka 10 gånger den lägsta frekvensen (dvs. 10:1). Dessa antenner måste installeras på en mast med minst 1/4 våglängd över allt ledande (inklusive jord) vid den lägsta använda frekvensen.



4. **EH-antenn**. Dessa är en "senare" utveckling i försöken att tillverka mycket korta vertikala antenner för lägre HF-band. Namnet kommer från de två fält som utstrålas av alla antenner: E-fält (elektriskt fält) och H-fält (magnetfält). Enligt min åsikt är dessa antenner helt värdelösa, men några radioamatörer har gjort anspråk på viss framgång med dem. I grund och botten är antennen en mycket kort dublett gjord av två korta och tjocka cylindrar ovanpå varandra. På grund av den extremt korta längden för användningsfrekvens är antennen bara en "stor" kondensator med mycket hög kapacitiv reaktans. För att matcha den till 50 Ω kabel måste den matas genom ett komplext spol- och kondensatorsystem med ganska höga förluster. Den är också sannolikt att ha höga RF-nivåer (vilket orsakar brännskador) genom koaxialkabelns skärm till stationen. Antennen kan kanske fungera med höga förluster för sändning, men för mottagning är den mycket dålig på grund av sin liten storlek och höga förluster. Jag skulle under inga omständigheter rekommendera denna antenn till någon.

C.4 Antennstöd

Trådantenner behöver minst två stödpunkter, men de behöver inte vara särskilt starka. Ofta används träd eller rormaster för detta ändamål. Master behöver stagas för att hålla dem upprätta, men för det mesta är plastrep tillräckligt bra för dem, eftersom de inte belastas så mycket. Beroende på marken kan du behöva lägga en sten eller en liten betongplatta under röret för att förhindra att det sjunker ner i marken, speciellt när

marken blir våt i regn. Till exempel stöds min 45 meter långa OCF-dublett i båda ändar av 5 m höga aluminiumrör, stagade med 6 mm plastrep och den har stått uppe i cirka 10 år nu. Antennmatningspunkten är fäst vid den roterande aluminiumrörsmasten på mitt tak.

Riktantenner behöver någon form av mast eller torn för att stödja dem. Det vanligaste stödet är en rörmast eller ett triangulärt torn, som hålls upprätt med tre (3) stagtrådar. Stagtrådarna ska fästas i marken på ett avstånd av 1/3 eller mer av mastens eller tornets höjd från stödets bas. Stagtrådarnas fästen behöver inte vara så starka, eftersom de inte belastas särskilt mycket. Till exempel, för en 15 m hög aluminiumrörmast med en grupp av fyra hybrid dubbel quads ovanpå, använde jag längder av \varnothing 10 mm betongarmeringsstål som hamrades i lämplig vinkel ner i marken. Masten stagades med tre \varnothing 6 mm plastrep.

Det enklaste sättet att hålla en mast eller ett torn upprätt är med plastrep. Om det behövs, kan den vara ganska tjock, till exempel 10 eller 12 mm. Alla plastrep sträcker sig, så de kan behöva spännas regelbundet. Det finns också speciell icke-ledande, glasfiberkärnad stagtråd, som inte sträcker sig, men den är dyrare. Man kan också använda till exempel \varnothing 6 mm stålvajer för ändamålet. Metallstag kan dock vara resonanta på ett eller flera använda band, så de kan behöva delas upp i två eller flera sektioner med hjälp av isolatorer. Detta beror mycket på den faktiska stagvajerns längd.

Vissa radioamatörer överväger eller använder fristående master eller torn för att undvika behovet av stagtrådar. Det kan vara en möjlighet, men beror på många faktorer, till exempel:

- Mekanisk belastning för masten eller tornet. Antennstödet måste vara riktigt starkt, eftersom den högsta belastningen som orsakas av vind (vilket inkluderar både antennen och masten eller tornet) är vid basen. **Man måste beräkna den maximala belastningen som orsakas av de värsta stormarna i ditt område.** Om stödet är för svagt kommer det troligtvis att böjas eller gå sönder nära basen. Då faller hela antensystemet ner, vilket eventuellt kan orsaka skador på ditt eget eller din grannes hus, bil osv.
- Marken under masten eller tornet. Om marken bara är jord måste man ha ett stort betongblock för att hålla stödet upprätt. Beroende på marktyp (hur mjuk den är och hur blöt den kan bli vid kraftigt regn) kan blocket behöva bestå av flera kubikmeter betong. I Norden fryser marken på vintern (ända ner till över 2 meters djup) och det kommer att skapa ytterligare problem. Om marken är sten kan masten eller tornet bultas fast direkt på den, men det beror återigen på stentypen. Granit är mycket starkt, men till exempel kalksten håller nästan ingenting.

C.5 Antennrotatorer och antennriktning

C.5.a Att hitta exakt norr eller söder

Det är viktigt att veta antennernas **geografiska riktningar**, speciellt för de roterande, annars är det inte möjligt att rikta dem mot önskat område. Att ta reda på någon exakt riktning (till exempel norr eller söder) från din QTH kanske inte är så lätt. Det finns flera sätt att försöka göra det:

- **Magnetisk kompass** är det sämsta tänkbara sättet att hitta geografiska riktningar. Beroende på omgivningen och platsen för din QTH kommer den magnetiska kompassen sannolikt att ha stora fel:
 - Alla magnetiska metaller i närheten, som armeringsstål inbäddat i betong, stålörsmaster osv., kommer att påverka kompassnålen och det finns inget sätt att veta hur stort och åt vilket håll felet kommer att vara.
 - Beroende på din plats de **geomagnetiska** nord- och sydriktningarna (som visas av kompassen) och de **geografiska** nord och syd kan vara i helt olika riktningar och du **behöver riktningen mot geografisk nord eller syd**. De geomagnetiska polerna är inte på samma platser som de geografiska polerna och de geomagnetiska polerna rör sig också hela tiden. För närvarande (2024) ligger den geomagnetiska nordpolen vid 80.8°N / 72.6°W (Ellesmere ön i norra Kanada) och den geomagnetiska sydpolen ligger vid 80.8°S / 107.4°E (i Antarktis, mot Australien från den geografiska sydpolen). När man använder radio på Kreta (Grekland) är skillnaden mellan geomagnetisk och geografisk riktning cirka 11°. I Sverige är skillnaden från Helsingborg ca. 17°, ca. 18° från Stockholm, ca. 20° från Umeå och ca. 23° från Kiruna. I Finland är skillnaden, ca. 17° från Helsingfors, ca. 20° från Uleåborg och ca. 25° från Utsjoki.
- **GPS**: De flesta GPS-mottagare (Global Positioning System) har också en funktion för att visa geografisk norr (och söder). Se dock till att visningsnoggrannheten är bättre än cirka $\pm 2^\circ$, annars är felet i den detekterade riktningen för stort för antennens riktningar. Till exempel hjälper en noggrannhet på 45° (= 1/8 av en hel cirkel) inte alls! Så länge GPS-mottagaren kan synkronisera med satelliter påverkas den inte av omgiv-

ningen. "Kompass"-riktningsnoggrannheten för min GPS-fordonsnavigator (tillverkad av Garmin) är bara $\pm 22.5^\circ$, så den var inte alls användbar.

- **Karta:** Beroende på din plats kan du använda en karta för att bestämma geografisk nord. Rakt uppåt på de flesta kartor är norr. Jag har med framgång använt Google Maps med "satellit"-visning, eftersom den också visar allt på marken, som träd, vägar, andra byggnader osv. Beroende på din plats kan Google Maps webbplats skilja sig från den jag använder (<https://www.google.co.uk/maps/>). Norr i Google Maps är alltid rakt uppåt.

Jag använde Google Maps för mina amatörradioantennor, eftersom deras -3dB strålbredd är ganska stor ($\pm 20^\circ$ till $\pm 40^\circ$) och hög riktningnoggrannhet inte behövs.

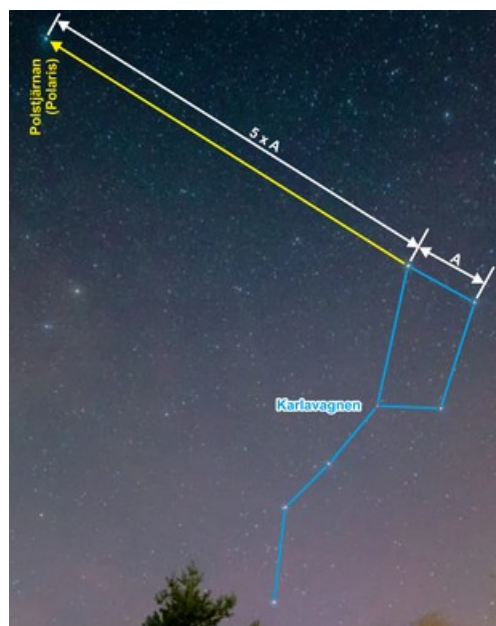
- **Soltid:** Solen står precis rakt söderut vid middagstid på norra halvklotet och rakt norrut på södra halvklotet, men: **Du måste veta vilken lokal tid motsvarar klockan 12:00 i soltid!** I flesta länder är den lokala tiden och soltiden inte exakt desamma. Det finns online-kalkylatorer för detta ändamål. En av dem är: <https://koch-tcm.ch/en/uhrzeit-sonnenzeit-rechner/> ("Lokal till soltid kalkylator"). Sidan är på engelska. För att beräkna soltid behöver du:
 - Din longitud i grader, inklusive alla decimaler, öst (E) eller väst (W). Latitud behövs inte.
 - Aktuellt lokalt datum (Date).
 - Din tidszon (Time zone). Till exempel Storbritannien = "0", Sverige = "+1", Finland = "+2", New York, USA = "-5". "+" betyder före UTC-tid, "-" betyder bakom UTC-tid och antalet är timmar. UTC = "Koordinerad universell tid", som alltid måste användas för att logga amatörradiokontakter. Observera också att UTC är en 24-timmars klocka (**inte 12-timmars morgon/kväll**).
 - Lokal tid (Time). Noggrannheten bör vara bättre än ± 30 sekunder.
 - Om sommartid ("Daylight Saving Time") gäller eller inte vid aktuellt datum.
 - Klicka på knappen "Calculate result" så beräknas den aktuella soltiden.
 - Ändra sedan den **lokala tiden** tills den beräknade soltiden är exakt "12:00" efter att du klickat på knappen "Calculate result". **Nu vet du vilken lokal tid som motsvarar 12:00 i soltid.** Skriv ner **den lokala tiden**.

Du kommer att behöva någon form av exakt vertikal pinne, som kommer att visa en skugga på marken (eller taket eller var som helst). Beroende på din plats och årstid, dvs. hur högt solen står runt middagstid, kan pinnen behöva vara några meter hög för att få en tillräckligt lång skugga. Om du redan har installerat antennmasten eller tornet kan du använda det för ändamålet. **Vänta sedan tills den lokala tiden är exakt som inställd i beräkningen ovan** (dvs. den **lokala tiden** som motsvarar klockan 12:00 soltid) och markera riktningen för solskuggan på marken (eller taket eller var som helst). Till exempel, tryck in en sticka i marken, sätt en bit tejp på taket osv. Skuggan pekar exakt mot geografisk norr.

Observera att skuggriktningen som nämns ovan gäller för norra halvklotet. På södra halvklotet pekar skuggan söderut och norr är exakt i motsatt riktning (dvs. 180° från skuggan).

Jag använde den här metoden för installation av min roterande, polarmonterade satellit-TV parabol med 1.8 m diameter, vilket kräver bättre riktningnoggrannhet än $\pm 1^\circ$.

- **Polstjärnan (Polaris):** På natten på norra halvklotet, när himlen är klar, är det möjligt att hitta norr genom att lokalisera Polstjärnan (Polaris) på himlen. Polstjärnan är exakt ovanför den geografiska nordpolen:
 - Montera ca. 1 m lång rörbit ($\varnothing 10 - 25$ mm) till exempel på ett kamerastativ.
 - Hitta polstjärnan på himlen.
 - Titta igenom röret och justera stativet så att Polstjärnan är centrerat i röret.
 - Lås kamerastativs justeringar så att de inte rör sig. Lämna stativet med sitt rör där för resten av natten.



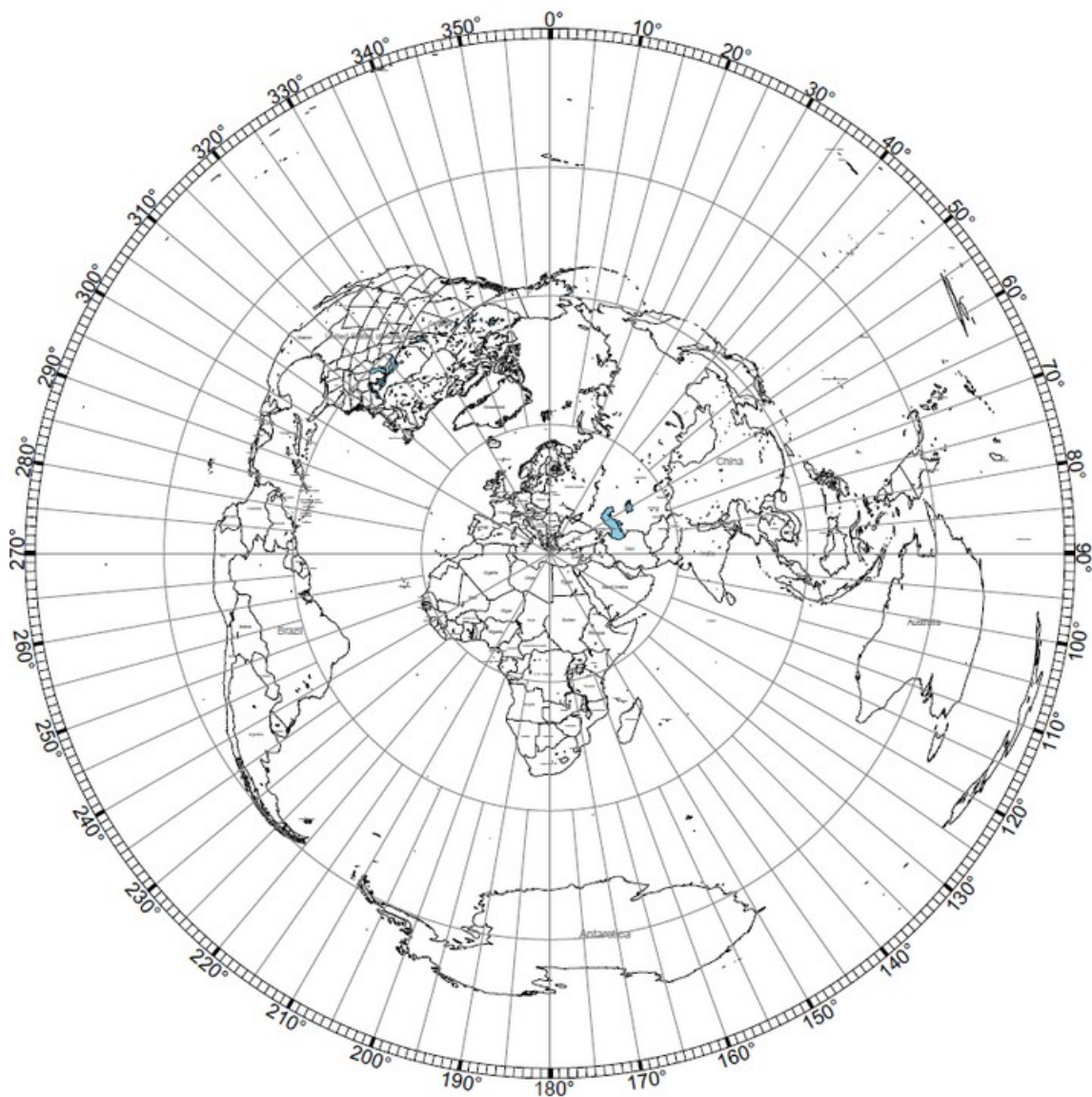
- Kontrollera rörets horisontella (azimut) riktning nästa dag. Norr är precis åt det hållet. Riktningssnoggrannhet är kanske inte bättre än cirka $\pm 3^\circ$, men den är tillräckligt bra för alla amatörradioantennerna.

C.5.b Hitta antennriktningar till hela världen

En annan viktig sak för korrekt antennriktningar är att ha en storcirkelkarta (azimutkarta) över hela världen, centrerad i din stations QTH. Eftersom jorden är en sfär ("boll") kan du utan en storcirkelkarta rikta din antenn åt helt fel håll. Till exempel: När du använder radio på Kreta, Grekland, är USA mot nordväst (inte mot väst, som man kan förvänta sig) och Japan är mot nordost (inte mot öst, som man kan förvänta sig). I båda fallen är skillnaden cirka 45° ! Alaska och Finland ligger direkt i norr och Sydafrika direkt i söder från Kreta. Det finns gratisprogram på internet, som låter dig skriva ut en karta enligt dina specifika behov. Vissa program kan du ladda ner till din egen dator och köra den där. Andra webbplatser skapar kartan online, som sedan kan kopieras och skrivas ut. Några storcirkelkartor från internet:

- NS6T, som kan användas på <https://ns6t.net/azimuth/azimuth.html>.
- SM3GSJ's "GcmWin", som kan laddas ner från <https://www.qsl.net/sm3gsj/>.
- VE6EP's "Azimuth3", som kan laddas ner från <https://www.qsl.net/ve6yp/index.html>.
- W4ENE's "Pizza", som kan laddas ner från <https://tonnesoftware.com/pizza.html>.

Nedan finns en storcirkelkarta med lika avstånd centrerad i mitt QTH nära Chania på Kreta, Grekland. Kart-cirklar är med 5000 km intervall.



C.5.c Rotator och antenninstallation

De flesta antennotatorer är gjorda på ett sådant sätt att "0"-positionen i **styrenheten** är mot norr. Med "0"-position menar jag den riktning över vilken antennen inte kan roteras. I praktiken är rotatorskalorna markerad i grader så att räkningen ökar medurs:

- Nord ("N") = 0°
- Nordost ("NE") = 45°
- Öst ("E") = 90°
- Sydost ("SE") = 135°
- Syd ("S") = 180°
- Sydväst ("SW") = 225°
- Väst ("W") = 270°
- Nordväst ("NW") = 315°
- Nord ("N") igen = 360°

Detta innebär att antennen måste monteras på rotatorn på ett sådant sätt att den alltid pekar åt rätt håll.

När du installerar rotatorn och antennen:

1. Innan du installerar rotatorn, gör en tillfällig (kort) anslutning mellan styrenheten och rotatorn. Kör sedan rotatorn så att styrenheten visar exakt nord (dvs. 0°). Se rotatorns instruktioner om hur du gör detta.
2. Koppla bort den tillfälliga kabeln och koppla bort rotatorstyrenheten från strömmen för att säkerställa att styrenheten inte av misstag körs till någon annan position. Styrenheten har strömförsörjning till själva antennotatorn. De flesta antennotatorer fungerar på så sätt att själva rotatorn alltid vrids till det läge som är inställt i styrenheten, också efter kabeln är återansluten. *Kontrollera dock rotatorns manual för funktion!*
3. Installera rotatorn i tornet eller masten. Anslut rotatorns kontrollkabel till rotatorn.
4. Montera antennen/antennerna på rotatorn så att de pekar mot norr, enligt bestämt i avsnitt C.4.a ovan.
5. Installera koaxialkabel (-lar) på antennen/antennerna. **Gör minst 2 eller 3 MYCKET LÖSA kabelvarv runt rotatorn och/eller dess antenninstallationsrör för att säkerställa att koaxialkablarna inte dras åt när rotatorn vrids antennen/antennerna.**
6. Fäst styr- och koaxialkablarna till masten eller tornet. Du kan använda buntband eller till exempel bitar av styv isolerad tråd varje 30 cm eller så för detta. Tanken är att kablarna inte får flaxa i vinden mot masten eller tornet.
7. Anslut rotatorns styrkabel till styrenheten.
8. Anslut ström till styrenheten.
9. Testa antennotatorsystemet genom att vrida antennen hela vägen åt båda hållen och kontrollera att ingenting träffar någonting eller går sönder när antennen/antennerna vrids. Detta är enklast att göra om det finns en annan person som kör styrenheten och du tittar själv på antennerna.
10. Anslut koaxialkabeln (kablar) till din radioapparat(er).

D. Baluns och un-uns

Det finns två helt olika typer av baluner: en spänningsbalun och en strömbalun. De kan inte användas omväxlande på grund av deras olika design. De är avsedda för olika ändamål:

- En **spänningsbalun** används för **impedanstransformation** och linjebalansering.
- En **strömbalun** är egentligen inte en balun (impedanstransformator), utan en common mode drossel, som **stoppas** RF-signalen på den yttre ytan av koaxialkabelns skärm. Signalen kunde till exempel återvända till stationen. Framåtsignalen mot antennen "färdas" inne i koaxialkabeln, mellan mitt tråden och den inre ytan av kabelskärmen.

- Det finns inget sådant som en "bal-bal" (balanserad till balanserad) enhet. Om du behöver impedanstransformation mellan två balanserade linjer måste du använda en riktig RF-transformator med två separata lindningar.

D.1 Spänningsbaluner och -un-uner

Alla spänningsbaluner och un-uner är RF-**impedanstransformatorer**. Skillnaden mellan de två är att en balun (balanserad till obalanserad) också utför den balanserade till obalanserade transformationen, medan un-un (obalanserad till obalanserad) är obalanserad både vid ingång och utgång. Alla spänningsbaluner är lindade på en kärna (som i vissa fall kan vara enbart luft) som en **autotransformator**, dvs. med en enda lindning med en eller flera ytterligare anslutningar någonstans i mitten. Impedansomvandlingsförhållandet beror på balunens eller un-unens design, från 1:1 och upp till 16:1 eller ännu mer. För HF-frekvenser är dessa enheter vanligtvis tillverkade på en kärna (ofta en pulverjärn- eller ferritoroid) med en enda lindning med en eller flera uttag, som i en autotransformator. I allmänhet används inte baluner eller un-uner på VHF och högre frekvenser på grund av svårigheter att designa en och deras relativt höga förluster. Vid VHF- och UHF-frekvenser utförs de nödvändiga impedansomvandlingarna med korta matarledning (oftast koaxialkabel), vilket har betydligt lägre förluster - se avsnitt E.2 nedan.

Obs! För det mesta kan du inte använda en balun, om en un-un behövs eller vice versa, på grund av deras olika designprinciper!

Många olika baluner och un-uner tillverkas kommersiellt, men många radioamatörer tillverkar dem också själva enligt sina egna krav. Det finns flera faktorer att tänka på när man köper eller tillverkar en balun eller un-un:

- **Impedanstransformationsförhållande.** Detta beror endast på dina specifika krav, dvs. på impedansen, som måste omvandlas till 50 Ω . För alla amatörradiobaluner och un-uner är referensen 50 Ω koaxialkabel till sändare, så ena sidan av enheten måste vara konstruerad för 50 Ω . Den andra sidan måste ha mer eller mindre den erforderliga impedansen. Observera att beroende på balun eller un-un design kan impedansomvandlingen vara uppåt eller nedåt. Till exempel kan en 4:1-balun vara antingen från 200 Ω till 50 Ω , **EL- LER** från 12.5 Ω till 50 Ω , **men inte båda**. Observera också att baluner och un-uner inte kan konstrueras för varje omvandlingsförhållande. De vanligaste förhållandena är 1:1, 2:1, 4:1, 6:1, 9:1 och 12:1.
- **RF-effekthantering.** Detta beror huvudsakligen på kärnans storlek och material, men också på trådtjockleken. Högre (genomsnittlig) effekt kräver en större kärna och tjockare tråd. Om man överskrider den angivna effektnivån mättas kärnan och den förlorar sina magnetiska egenskaper. Både kärnan och tråden kan då hettas upp så mycket att kärnan splittras. Kommersiella baluner är generellt specificerade endast för topp-effekt (PEP), dvs. för SSB och CW. Kom ihåg att SSB-signalens genomsnittliga effekt (vilket orsakar balun-uppvärmning) bara är cirka 15 till 25 % av kontinuerlig bärvågseffekt, så till exempel kan en kommersiell 1 kW balun användas med endast 250 W maximal effekt när man använder digital modulering (som RTTY) eller FM.
- **Frekvensområde.** Detta beror mycket på balun eller un-un design, inklusive kärnmaterialet. Det är relativt svårt att tillverka en balun eller un-un, som täcker till exempel hela HF-spektrumet från 160 m till 10 m utan impedansomvandlingsförhållande- eller förlustvariationer, särskilt för högre effektnivåer (upp till 1500 W). För låga frekvenser är det största problemet kärnmaterialet och dess storlek. För höga frekvenser är det största problemet strökapacitans mellan lindningsvarv. Ofta måste man kompromissa och acceptera lite högre förluster vid de lägsta och högsta frekvenserna.

D.1.a Att välja kärna för en balun eller un-un

Storleken och materialet för en baluns eller un-uns kärna beror huvudsakligen på önskad RF-effekt och frekvensområde. Högre effekt och/eller lägre frekvenser kräver en större kärna. Traditionellt har man använt "underdimensionerade" pulverjärn kärnor för hög effekt eftersom de mättas vid högre temperaturer än ferritkärnor. Det har ibland lett till baluners smälta plastlåda även om själva balunen fortfarande fungerade. Numera är de flesta hemmagjorda baluner lindade på ferritoroider på grund av deras högre permeabilitet, vilket resulterar i färre trådvarv och lägre strökapacitans i balunens eller un-uns lindning vilket innebär ett bättre hög-frekvensområde. **Observera att eftersom detta är en RF-transformator måste kärnan kunna hantera din maximala sändningseffekt utan att värmas upp!** Detta räcker för en enbandsbalun. **Men om balunen är avsedd för en flerbandsantenn kan den OCKSÅ behöva hantera upp till 10:1 SWR på antensidan!**

Det är allmänt accepterat att en spänningsbalunlindnings induktiva reaktans, vid den lägsta frekvens som balunen ska användas för, måste vara minst fyra (4) gånger impedansen som balunlindningen är ansluten till. Till exempel för en 50 Ω koaxialkabel måste lindningens induktiva reaktans vara minst 200 Ω. I praktiken innebär detta att en ganska stor kärna krävs för 160 - 10 m och 1500 W. Några mindre kärnor av samma material kan staplas ovanpå varandra och lindningen göras genom hela stapeln. Använd dock inte kärnor som är för små, annars kan din lindning inte gå igenom mitthålet. **Observera att den tillgängliga induktansen för samma varv antal fördubblas varje gång du fördubblar antalet kärnor.** Å andra sidan behöver du färre varv på kärnstapeln för att få samma induktans. Så, till exempel, om induktansen för 16 varv på en (1) kärna är 0.96 µH:

- Induktansen för två (2) staplade kärnor är 1.92 µH, så du behöver bara 8 varv för 0.96 µH.
- Induktansen för fyra (4) staplade kärnor är 3.84 µH, så du behöver bara 4 varv för 0.96 µH.
- Induktansen för åtta (8) staplade kärnor är 7.68 µH, så du behöver bara 2 varv för 0.96 µH.

Det finns inget enkelt sätt att välja en kärna för en balun eller un-un. Jag har dock framgångsrikt använt F1FRVs kalkylblad som kan laddas ner från: http://f1frv.free.fr/main3c_Baluns.html. Sidan är på franska. Scrolla hela vägen ner till raden "Téléchargement des feuilles de calculs et de quelques docs:" ("Ladda ner kalkylbladen och tillhörande dokument:") och klicka på länken "BALUNS.ZIP". Spara *.ZIP-filen i en lämplig mapp på din dator och extrahera sedan de komprimerade filerna till samma mapp. Öppna filen "Baluns_rev0b2 -.XLT", som är för toroidkärnbaluner. Du kan också använda filen "Binocular_Baluns_rev2b2-.xlt", som är för kikareliknande (2 hål) baluner. Dessa är Excel-kalkylblad både på engelska och franska. Det finns också flera andra filer och mappar i BALUNS.ZIP. Observera dock att även om dessa kalkylblad till stor del är självförklarande, behöver du fortfarande ha en viss grundläggande förståelse för RF-transformatordesign, annars kommer du att få en balun som inte fungerar som avsett. En viktig sak är att se till att lindningen täcker någorlunda jämnt ungefär 75 ... 80 % av kärnans omkrets. Så antalet varv måste vara någorlunda rimligt. Till exempel är 2 varv alldeles för få, men 5 eller 6 varv eller mer är okej.

Många har experimenterat med olika RF-effektnivåer på kärnor av olika storlekar och material, men vanligtvis bara i "laboratoriemiljö" och med perfekt avslutning för balunen eller un-unen. Det verkar som om den bästa ferriten för bredbandiga HF-baluner och un-uner (160 m till 10 m och till och med 6 m) numera är material #61 (Micrometals/Amidon). Det erbjuder bättre prestanda överallt än material #43 som användes i tidigare konstruktioner. Du kan dock också använda andra material beroende på dina frekvens- och bandbreddskrav.

Obs! Utöver F1FRV:s kalkylblad som nämns ovan har jag inte kunnat hitta några vettiga rekommendationer för att välja en ferritkärna för spänningsbalun eller un-un. Det finns många baluninstruktioner till exempel på internet, men de nämner ALDRIG balunens frekvensområde eller effekthanteringskapacitet. Å andra sidan anger kommersiella tillverkare balunens effekthantering och frekvensområde, men de anger ALDRIG kärnans storlek och material. Så tyvärr kan jag inte ge dig fler instruktioner om detta ämne.

D.1.b Lindning av en balun eller un-un

Det finns olika sätt att linda en balun eller un-un, delvis beroende på vilket impedanstransformationsförhållande som krävs. För mer information om lindning, se RSGB- eller ARRL-antennhandböckerna eller de många internetkällorna.

Balun eller un-un lindningen måste ha tillräckligt hög impedans, dvs. induktiv reaktans, vid den lägsta frekvensen som balunen kommer att användas. Generellt sett accepteras det att om 50 Ω-sidan har ungefär 4 gånger den erforderliga impedansen ($4 \times 50 \Omega = 200 \Omega$) vid lägsta frekvens, kommer enheten att fungera tillräckligt bra på alla frekvenser den är konstruerad för. Impedansen för den andra sidan måste beräknas enligt impedanstransformationsförhållandet. **Observera att impedanstransformationsförhållande INTE ÄR lindningens varvförhållande!** Beräkningarna är relativt enkla:

1. Som ett exempel för en 4:1-balun, beräkna den erforderliga induktansen för 50 Ω-sidan:

$L = X_L / (2 \times \pi \times f)$, där:

- L = den erforderliga induktansen i Henry (H). Konvertera värden till microHenry (µH) genom att multiplicera resultatet med 1000000 (= 1 miljon).
- X_L = induktiv reaktans, **200 Ω i detta fall.**
- "2" är bara en multiplikator.

- π = matematisk konstant π ($\pi = 3.14159$)
 - f = den lägsta frekvensen balun eller un-un måste fungera **i Hz**. Till exempel "1800000" Hz (= 1.8 MHz) i detta exempel.
 - Induktansen behövs för att beräkna antalet trådvarv som krävs på din valda kärna.
 - I detta exempel är den erforderliga induktansen 21 μH .
2. Beräkna det erforderliga varv antalet för 50 Ω -sidan. Om du bara använder kärntillverkarens publicerade data blir beräkningarna något komplicerade. Det är mycket enklare att använda ett PC-program som är avsett för just detta ändamål. Jag har framgångsrikt använt den kostnadsfria "mini Ring Core Calculator" skriven av Wilfried Burmeister, DL5SWB (SK), tillgänglig från:
<https://mini-ring-core-calculator.software.informer.com/1.2/>.
Programmet kan naturligtvis också användas för alla möjliga andra spolberäkningsändamål. Det fungerar på tyska, engelska och franska:
- a. Välj vilken typ av kärna du har från flikarna högst upp:
 - "Iron powder T" = Amidon (Micrometals) T-kärnor (järnpulver)
 - "Ferrite FT" = Amidon (Micrometals) FT-kärnor (ferrit)
 - "SIFERRIT" = Ferritkärnor tillverkade av TDK / Epcos
 - "Ferroxcube" = Ferritkärnor tillverkade av Ferroxcube
 - "Unknown Cores" = Kärnmaterialet är okänt. Kräver användning av verktyg som ingår i programmet ($R_L ? \mu_r$, fönstrets övre vänstra hörn).
 - "Air Cores" = Luftlindade spolar
 - I det här exemplet väljer du "Ferrite FT"
 - b. Välj kärnstorlek från rullgardinsmenyn FT50 ...
 - I det här exemplet väljer du "FT114".
 - c. Välj kärnmaterialet från rullgardinsmenyn 43 ...
 - I det här exemplet väljer du "61".
 - d. Ange induktansen som beräknades i steg 1 ovan i rutan "Inductance" och använd rullgardinsmenyn μH ... för att välja induktansmultiplikatorn ("nH", " μH ", "mH" eller "H").
 - I det här exemplet anger du "21" (μH) och väljer " μH " som multiplikator.
 - Resultaten är:
 - Rutan "Turns" visar antalet trådvarv (7 i detta exempel). **Obs! Toroidkärnans varv räknas EN-DAST när tråden passerar genom kärnans mitthål. Tråd utanför mitthålet räknas inte som varv!**
 - Rutan "Length (wire)" visar den erforderliga trådlängden för denna lindning i centimeter (cm), 18 i detta exempel. Använd något längre tråd för spolanslutningar.
 - Rutan "max. D (wire)" visar den maximala tråddiametern för denna lindning i millimeter (mm), 5.76 i detta exempel. **Obs! Använd inte denna trådtjocklek för balun- eller un-un-lindning! Kärnan kommer också att ha en eller flera andra lindningar, så mycket tunnare tråd måste användas!**
 - e. Ange den lägsta frekvensen i rutan "Frequency" och använd rullgardinsmenyn MHz ... för att välja frekvensmultiplikatorn ("Hz", "kHz", "MHz" eller "GHz").
 - I det här exemplet anger du 1.8 (MHz) och väljer MHz som multiplikator.
 - f. Kontrollera att den induktiva reaktansen är mer eller mindre korrekt i rutan "XL =".
 - I det här exemplet visar rutan "237.504 Ω ", vilket är mycket bra för en 50 Ω matningslinje, som kräver 200 Ω reaktans. Det är alltid bättre att avvika mot högre reaktans.
3. Beräkna varv antalet för icke-50 Ω -sidan av balun eller un-un. I det här exemplet är den erforderliga impedansen för icke-50 Ω -sidan 200 Ω , dvs. vi designar en 4:1 balun. Formeln är ganska enkel:
 $T = \text{SQR}(Z1 / Z2)$, där:
- T = varv **förhållande** för icke-50 Ω sidan.
 - "SQR" är kvadratrot
 - $Z1$ = impedansen på sidan med högre impedans (200 Ω i detta exempel)
 - $Z2$ = impedansen på sidan med lägre impedans (50 Ω i detta exempel)

Så: $Z1/Z2 = 200 / 50 = 4$ och kvadratroten ur $4 = 2$. **I det här exemplet behöver du 2 gånger lågimpedanssidans varv antal för högimpedanssidan**, dvs. 14 varv (från steg 2.d ovan).

Kom dock ihåg att detta är en balun eller un-un, som **är kopplad som en autotransformator**. Så i det här fallet behöver du faktiskt två (2) parallella 7-varvslindningar på kärnan, som är seriekopplade. 50 Ω -sidan är kopplad över en av lindningarna och 200 Ω -sidan över båda seriekopplade lindningarna. Då har du det erforderliga varvförhållandet på 2:1 (= impedansförhållande 4:1).

- I en **balun** är 50 Ω koaxialkabelns skärm ansluten till lindningens mittuttag och mitt tråden till ena änden av lindningen. 200 Ω -sidan är ansluten över hela den seriekopplade lindningen.
- I en **un-un** är 50 Ω koaxialkabelns skärm ansluten till ena änden av lindningen och mitt tråden till mittuttaget. 200 Ω -sidan är ansluten över hela den seriekopplade lindningen.

D.2 Strömbalun

Dessa enheter är endast avsedda för att **förhindra** att RF kommer in i den koaxiala matningslinjens skärms **yttre yta**, där den kan ledas till radiostationen och orsaka problem där. Strålning från matningslinjen kan också orsaka problem (störningar) för annan närliggande utrustning. En strömbalun har normalt 1:1 impedanstransformationsförhållande. De har dock också tillverkats för att omvandla matningsledningens 50 Ω impedans till 200 Ω . Denna typ av strömbalun måste använda två (2) separata kärnor och lindningar.

Eftersom huvudsyftet med en strömbalun (common mode drossel) är att **stoppa** RF-signaler på den lägsta använda frekvensen, måste den ha en ganska hög induktiv reaktans. Det är allmänt accepterat att reaktansen vid den lägsta använda frekvensen måste vara minst 100 gånger linjeimpedansen. För en 50 Ω koaxialkabel betyder det att reaktansen vid den lägsta frekvensen måste vara minst 5000 Ω . Eftersom ingen RF-efekt går genom strömbalunens kärna kan den vara ganska liten, men tråden eller kabeln måste kunna hantera maximal sändningseffekt. Kom ihåg att all sändningseffekt går genom lindningen och färdas mellan parallell lindningens trådar eller **inne** i koaxialkabeln.

Det finns flera sätt att uppnå den nödvändiga 5000 Ω reaktansen, som:

- Bifilarlindning på en eller flera ferritoroider.
- Lindning av en tunn koaxialkabel på en eller flera ferritoroider.
- Flera ferritror eller snap-ons installerade på en bit koaxialkabel.
- Eller en kombination av ovanstående.

D.2.a Bifilar lindning på toroidkärna

Du måste göra en 50 Ω parallell transmissionslinje, som är lindad på kärnan. **Parallella (inte koaxiala!) 50 Ω kablar tillverkas inte**. Denna linje måste kunna hantera din maximala sändningseffekt utan uppvärmning. Den måste också vara tillräckligt lång (dvs. för att ha tillräckligt många varv) för att uppnå 5000 Ω impedansmålet **för båda trådarna** på den lägsta använda frekvensen, när den är lindad på ferritkärnan. Det kan dock finnas tre problem med själva parallell linjen:

- Det är ganska svårt att göra en parallell linje med 50 Ω impedans, eftersom trådavståndet måste vara mycket litet. Tunna trådar resulterar i alldeles för hög linjeimpedans, så ganska tjocka trådar behövs för att uppnå 50 Ω impedans.
- Parallell linjen måste vara mycket väl isolerad från kärnan och trådarna från varandra, eftersom den maximala RF-spänningen vid linjens antennände, beroende på sändningseffekt, frekvens och antennens verkliga impedans, kan vara 1000 V eller mer. Trådarna måste därför isoleras separat med teflon (PTFE) slang (eller lindas med teflonisolerad tråd) för att förhindra överslag till kärnan och mellan trådarna. Den extra isoleringen ökar trådseparationen, vilket i sin tur ökar linjeimpedansen avsevärt.
- Avståndet mellan trådpåren måste hållas konstant för hela lindningen. Varvpåren separeras sedan från varandra efter behov, för att täcka till exempel 80 % till 90 % av kärnans omkrets.
- Ett exempel: Om \varnothing 2.0 mm (AWG #12) lackerad tråd används, uppnås 50 Ω när centrum-till-centrum avståndet mellan trådarna är 2.176 mm, så det återstår 0.176 mm mellan trådarna. Men efter att båda trådarna har isolerats med \varnothing 3.0 mm teflonslang (vägg tjocklek 0.5 mm) är den parallella linjens impedans över 82 Ω !

D.2.b Koaxialkabel på toroidkärna

När riktig koaxialkabel används för strömbalunlindning kommer du inte att ha problem med själva linjen. Men:

- Kabeln måste kunna hantera maximal sändningseffekt utan uppvärmning. RG-213 kan hantera vilken amatörradioeffekt som helst, men den är mycket styv. RG-58 kan hantera upp till 150 W eller så och är lite mer flexibel. Det finns också relativt tunna teflon (PTFE) isolerade 50 Ω koaxialkablar, som kan hantera ganska hög sändningseffekt. De är relativt enkla att linda på en ferrittoroid, eller om det behövs en stapel av dem, för att uppnå målet på 5000 Ω reaktans. Till exempel:
 - **RG-142**: Diameter 4.95 mm. 3.2 kW upp till 30 MHz till 50 Ω belastning.
 - **RG-316**: Diameter 2.5 mm. 430 W upp till 30 MHz till 50 Ω belastning.
 - **RG-402**: Diameter 3.6 mm. 2.5 kW upp till 30 MHz till 50 Ω belastning.
- **Obs! Använd ingen form av skumisolerad kabel för lindning på en toroidkärna!** Det kommer att kortsluta förr eller senare, eftersom den mjuka skumisoleringen inte kan hålla mitt-tråden på plats i de mycket snäva hörnen av en toroidkärna.
- Beroende på sändningseffekt, frekvens och antennens faktiska impedans kan den högsta RF-spänningen vid linjens antennände vara 1000 V eller mer. Därför kan kabeln behöva isoleras med teflon (PTFE) slang för att förhindra överslag från kabelskärmen till kärnan.

D.2.c Ferritrör eller snap-ons på koaxialkabel

Detta är förmodligen det enklaste sättet att göra en strömbalun. Skjut bara ferritrör av lämplig storlek över en bit koaxialkabel eller installera snäppferriter på den. Troligtvis kommer du att behöva mer än ett rör eller snäpp för att uppnå 5000 Ω reaktansmålet vid den lägsta använda frekvensen. Om du har en L/C-mätare, mät induktansen **mellan de två ändarna av koaxialkabelns skärm** och beräkna reaktansen:

$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$, där:

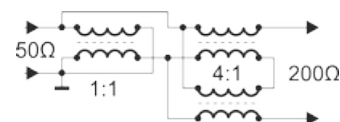
- X_L = Induktiv reaktans. Det ska vara runt 5000 Ω.
- "2" = bara en multiplikator.
- π = Matematisk konstant π ($\pi = 3.14159$)
- f = Den lägsta använda frekvensen **i Hz** (till exempel 1.8 MHz = 1800000 Hz)
- L = Den uppmätta induktansen **i Henry (H)**, till exempel 53 μH (microHenry) = 0.000 053 H (Henry).

Om (dvs. när) den här typen av balun installeras utomhus, vore det en bra idé att väderskydda den, till exempel med krympslang och/eller silikon. Ferritmaterialet är ju järnbaserat, och det kommer så småningom att rosta om det blir blött. Jag har ingen aning om hur mycket, om alls, korrosionen skulle påverka balunens prestanda.

D.3 Hybrid balun

Både spännings- och strömbalunen har sina begränsningar i RF-avkänning, främst inom frekvensområdet, impedansstabilitet och common mode avviking. Hybridbalunen löser de flesta av dessa problem, men den är mycket mer komplicerad än en enkel spännings- eller strömbalun. Den beskrevs först av Andrew Roos (ZS1AN) i QEX september/oktober-numret 2005. PDF-filen kan laddas ner från: http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/QEX_Sep_2005_p29-34.pdf

I princip har en hybridbalun en spänningsbalun och en symmetrisk strömbalun kopplade i serie. Spänningsbalunen sitter på 50 Ω matningslinjessidan och strömbalunen sitter på sidan med "högre impedans" (se diagrammet till höger):



- 1:1-spänningsbalunen är lindad på en enda ferritkärna och ansluten enligt diagrammet.
- Den balanserade 4:1 strömbalunen är lindad på **två separata** ferritkärnor, som var och en har en 1:1 strömbalun. Den är ansluten till spänningsbalunen enligt diagrammet.

Jag har byggt en 1500 W 4:1 hybridbalun med tre staplar av fyra FT240-43 kärnor (jag hade inte #61-kärnor då). Den står på mitt tak i en plastlåda, vädertätad förstås, och matar min 45 m långa OCF-dubbel (Off Centre Fed). Den fungerar mycket bra. När den termineras till 200 Ω på högimpedanssidan och mäts med en antennanalysator på matningssidan av spänningsbalunen, förblir impedansen på 50 Ω ($\pm 0.1 \Omega$) hela vägen från 1.8 MHz till 30 MHz. Inga impedansdippar eller -toppar vid någon frekvens.

E. Matningslinjer

En vanlig missuppfattning verkar vara att en matarlinje måste ha en viss längd eller att den inte får ha en viss längd. **Dessa "regler" är i allmänhet inte sanna!** De är endast tillämpliga i vissa specialfall, där själva matarlinjen används som en impedanstransformator. (Se "E.2 Impedansmatchning med matarlinjer" nedan). Normalt kan varje matchad matarlinje ha vilken längd som helst.

Grundkravet är att matningslinjen måste avslutas **i båda ändrar** (sändare och antenn) till linjens nominella impedans, till exempel 50 Ω för de vanligaste koaxialkablarna. Då är effektöverföringen från sändare till antenn mest effektiv och kabeln kan vara av vilken längd som helst, inom rimliga gränser. På HF-band finns det vanligtvis inga begränsningar för matchad kabellängd, såvida inte kabeln är många hundra meter lång. För VHF- och UHF-frekvenser måste kabelns dämpning (förlust) beaktas. Det är till exempel meningslöst att värma kabeln med hälften av sändarens uteffekt, om kabelns dämpning på den använda frekvensen är -3 dB.

E.1 Typer av matningslinjer

Den vanligaste matningslinjen som används i amatörradiosystem är 50 Ω koaxialkabel. Det finns också många andra vanliga matningslinjetyper:

- 75 Ω (eller 73 Ω) koaxialkabel: Dessa kablar är standarden för TV- (och radio-) antenner och kabel-TV nätverk, men de kan också användas för amatörradio, särskilt om sådan impedans behövs för impedansmatchning. Generellt sett har 75 Ω kablar något lägre dämpning än 50 Ω kablar med samma diameter.
- Parallell linje ("ladder line", "window line"): Dessa är balanserade matningskablar som tillverkas med minst 300 Ω och 450 Ω impedanser. De har betydligt lägre förluster än koaxialkablar, men de måste avslutas med balanserade matningar i båda ändrar (som en vikt dipol radiator i antennen och en balun i sändaränden). För många år sedan användes 300 Ω (eller 240 Ω) parallella linjer för analoga (svartvita) TV-antenner. Nackdelen med parallella linjer är att de måste hållas minst 3 gånger kabelns bredd bort från allt elektriskt ledande, som maströr, rännor, metalltak, träd (när de är våta) osv.
- Öppen tråd linje ("Open Wire Line"): Dessa är balanserade linjer med "hög impedans" och de har betydligt lägre förluster än koaxialkablar. De bör avslutas med mer eller mindre balanserade matningar och ledningens "nominella" impedans i båda ändrar. Generellt sett tillverkas öppen tråd linjer i hemma genom att använda två parallella trådar (elinstallationstrådar är helt okej) och hålla dem isär med 10 cm (+/- mycket) långa isolatorbitar med till exempel 30 cm mellanrum. I de flesta fall är linjens exakta impedans inte så kritisk, eftersom de huvudsakligen används för att mata flerbands HF-trådanterner, vars matningspunktsimpedans kan variera mycket mellan olika band. Så öppen tråd linjens impedans kan till exempel vara från 400 Ω till 1000 Ω . Jag tror att den vanligaste impedansen är cirka 600 Ω . Det finns online-kalkylatorer för balanserade och andra typer av matningslinjer. En kalkylator för öppen tråd linje finns på:
<http://www.smrcc.org.uk/tools/OpenWire.htm>.
Nackdelen med öppen tråd linje är att den måste hållas minst 3 gånger linjens bredd från allt elektriskt ledande, som maströr, rännor, metalltak, träd (när de är våta) osv.
- Det finns också kablar för andra impedanser. De som nämns ovan är bara de vanligaste för amatörradio.

E.2 Impedans matchning med matarlinjer

Varje längd av varje matningslinje fungerar som en impedanstransformator, **när den inte är terminerad till linjens nominella impedans** i ena änden eller i båda ändarna. Linjens längd spelar ingen roll för själva impedanstransformationen. Men om matningslinjen, istället för en balun, faktiskt används för impedanstransformationsändamål för att matcha ett antensystem, bör matchningssektionens längd vara så kort som möjligt. Detta beror på att själva matchningssektionen har den högsta SWR i hela antensystemet med tillhörande höga förluster.

Impedanstransformation med matningslinjesektion(er) är vanligt på VHF, UHF och högre band, eftersom deras förluster är mycket lägre än i andra typer av matchande kretsar. Ibland kallas dessa matchningskablar "koaxiala baluner". De används dock också i vissa typer av flerbands HF-antenner istället för en balun. För många år sedan tillverkade jag en 4:1 HF koaxialbalun genom att linda RG-213 på en sektion av \varnothing 11 cm PVC-avloppsrör för att mata 600 Ω öppen tråd linje till min parallell OCF-dublettantenn på alla HF-band (160 m - 10 m), se <https://pa0fri.home.xs4all.nl/Ant/Balun/balun%20eng.htm>. Den balunen fungerade mycket bra. I allmänhet beräknas matchningssektionens längd som en del av den **elektriska våglängden** på den använda frekvensen.

Elektrisk våglängd är inte densamma som RF-signalens våglängd över luften!

Alla andra material, som koaxialkabel, parallell linje osv., saktar ner RF-signalens hastighet, vilket gör våglängden kortare mått i meter. Skillnaden mellan våglängden i luften och den elektriska våglängden kallas "**hastighetsfaktor**" (Velocity Factor) och uttrycks som en procentandel eller ett decimaltal i förhållande till våglängden i luften. Den fysiska (= elektriska) våglängden behövs för alla typer av antensystemberäkningar, som matningslinjelängder för impedanstransformationssektioner, avstämningstublängder och positioner, antennfasningslinjer osv. Exempel på hastighetsfaktorer för några materialer:

- Luft och rymd: 100% eller 1.00
- 50 Ω koaxialkabel med fast polyeten (PE) isolering (RG-58, RG-213): 66% eller 0.66
- 50 Ω koaxialkabel med skumpolyetenisolering (Ecoflex 10) : 85% eller 0.85
- 75 Ω koaxialkabel med fast polyeten (PE) isolering (RG-59): 82% eller 0.82
- 75 Ω koaxialkabel med skumpolyetenisolering (RG-6): 85% eller 0.85
- 300 Ω parallell linje ("window line", "ladder line"): 91% eller 0.91
- 450 Ω parallell linje ("window line", "ladder line"): 90% eller 0.90
- 600 Ω öppen tråd linje: 98% eller 0.98

Så, som du kan se ovan, är den **elektriska våglängden** i de flesta fall mycket kortare än våglängden i luft, särskilt i koaxialkablar, vilket innebär att också de faktiska kabellängderna är fysiskt kortare. **Observera att det finns betydande variationer i hastighetsfaktorn mellan olika kabeltyper och i samma typ av kablar tillverkade av olika fabriker!** Så om en matningslinje måste ha en specifik längd (i våglängder), kontrollera specifikationerna för den specifika kabeln du använder (lita inte på listan ovan) och använd dess angivna hastighetsfaktor för beräkning av kabellängden. Observera också att den uppmätta längden måste inkludera eventuella kabelkontakter. Detta är inte så kritiskt på HF-band eftersom kontaktens "längder" är mycket små delar av våglängden, men det är viktigt på VHF- eller UHF-frekvenser och uppåt, där kontaktens "längder" är betydande delar av våglängden.

Om till exempel en antens matningspunktsimpedans inte är 50 Ω, vilket krävs av koaxialkabeln till sändaren, kan impedansmatchningen göras med längden/längder av transmissionslinje istället för en (förlustbehäftad) balun. Speciellt på VHF- och UHF-frekvenser är matchning med korta kabellängder också mekaniskt mycket enklare att göra än att använda andra typer av matchningskretsar. Det finns dock ett problem med matchande matningslinjer, särskilt på HF-band: Matchningssektionen är alltid relativt smalbandig och beräknas vanligtvis för bandets mitt. Den fungerar bara på ett band. I allmänhet behöver varje amatörradioband en separat matchningssektion, men de kan inte anslutas parallellt eller i serie. Av detta följer att matningslinje matchningssektioner endast kan användas med enkelbandsantennerna. Men om matchningssektionen är gjord av högimpedansledning, som parallell linje eller öppen tråd linje (som i Windom-antennerna, till exempel), kan matchningen fungera på flera amatörradio HF-band.

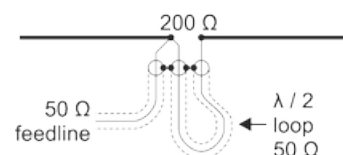
Ofta kan en 1/4 elektrisk våglängd av koaxial (eller annan) kabel användas för impedansmatchning. I så fall kan **impedansen för denna seriematchningssektion** beräknas för vilken antenn- och matningslinjeimpedans som helst med hjälp av formeln **$Z_0 = \text{SQR}(Z_s \times Z_l)$** , där:

- Z_0 = Impedans för 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion.
- SQR = Kvadratrot
- Z_s = Källimpedans (matningslinjen till sändare).
- Z_l = Belastningsimpedans (antennens matningspunktimpedans).

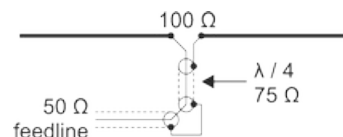
Observera att om det behövs för att täcka det mekaniska avståndet mellan matningspunkter för separata antenner i en grupp, är det möjligt också att använda udda multiplar av 1/4 elektrisk våglängd (som 3/4, 5/4 osv.) för impedansmatchnings kabelsektionerna. Använd inte jämna multiplar av 1/4 elektrisk våglängd (som 2/4, 4/4 osv.) för matchningssektioner. De kommer inte att fungera som avsett!

För koaxialkabel matchningssektioner vore det bäst att använda kabelstycken med så låg förlust som möjligt för att minska förluster orsakade av hög SWR i dessa sektioner, oavsett matningslinjetyp till sändaren och individuella antennkablar i en grupp. Några vanliga exempel för impedansmatchning med koaxialkabellängder:

- a. **Antennimpedansen är 200 Ω och matningslinjen är 50 Ω:** Använd en 1/2 elektrisk våglängds slinga (loop) av 50 Ω kabel för att matcha antennen.

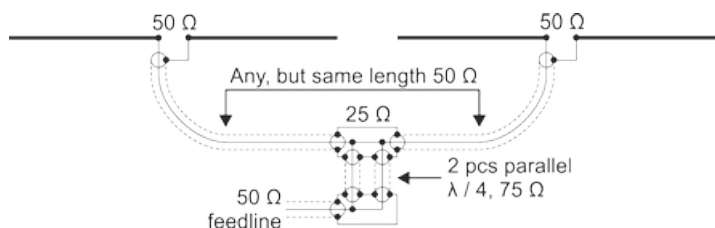


- b. **Antennimpedansen är 100 Ω och matningslinjen är 50 Ω:** Använd 1/4 elektrisk våglängds matchande sektion av 75 ohm kabel i serie från antennens matningspunkt och antennen är matchad till 56 Ω. Till 50 Ω matningslinje är då SWR 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för matchande sektion, skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ω för matningslinjen och en SWR på 1.02:1.



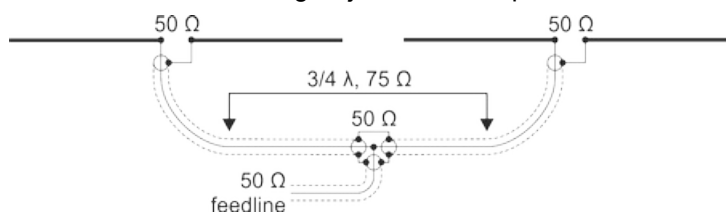
- c. **Du har en grupp med två (2) 50 Ω antenner och 50 Ω matningslinje till sändaren.** I det här fallet behöver du en impedanstransformation från 25 Ω till 50 Ω. Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 35.4 Ω. Den typen av kabel är inte tillgänglig, men om du parallellkopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 75 Ω kablar är den kombinerade kabelimpedansen 37.5 Ω. Till 50 Ω matningslinje är då SWR 1.06:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för matchningssektionen skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49.4 Ω för matningslinjen och SWR på 1.01:1.

"Any, but same length 50 Ω" =
Vilken som helst, men samma längd 50 Ω.



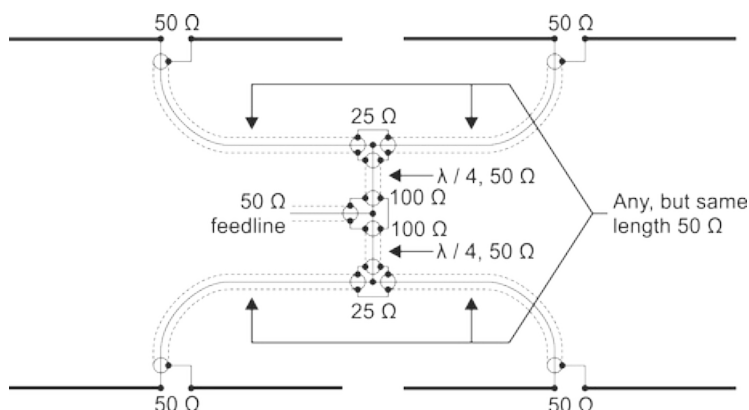
Det finns också ett annat sätt att uppnå samma resultat. I det här fallet behöver du en impedanstransformation från 50 Ω till 100 Ω. Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängdsmatchningssektion är impedansen 70.7 Ω.

Använd två **3/4 elektriska våglängds** matchande sektioner av 75 Ω kabel från båda antennens matningspunkt och gruppen matchas till 56 Ω. Till 50 Ω matningslinje är då SWR 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för matchningssektionen skulle matchningen vara ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ω för matningslinjen och SWR på 1.02:1.



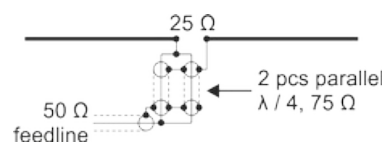
Jag använder detta matchningssystem för 2 x 4-element yagigruppen för 2 m på taket. Jag designade mina antenner för 56 Ω matningspunktsimpedans, så matchningen för 50 Ω matningslinje är 50 Ω och SWR är 1.0:1.

- d. **Du har en grupp med fyra (4) 50 Ω antenner och en 50 Ω matningslinje till sändaren.** Om alla fyra antennerna är parallellkopplade, skulle den kombinerade impedansen vara endast 12.5 Ω och SWR skulle vara 4:1! Så gör inte det, utan anslut de fyra antennerna tillsammans som i ritningen på nästa sida. Matchningssystemet kan utökas med samma princip, till exempel för en uppsättning med 8 eller 16 antenner.

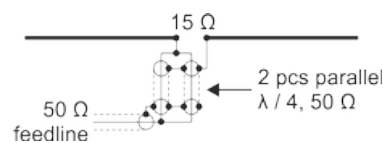


"Any, but same length 50 Ohm" =
Vilken som helst, men samma längd 50 Ohm.

- e. **Antennimpedansen är 25 Ohm och matningslinjen är 50 Ohm:** Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 35.4 Ohm. Den typen av kabel finns inte, men om man kopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 75 Ohm kablar parallellt är den kombinerade kabelimpedansen 37.5 Ohm och för två 70 Ohm kablar 35 Ohm. Med 75 Ohm parallella matchningskablar är SWR till 50 Ohm matningsledning 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ohm kabel tillgänglig för den matchningsektionen, skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ohm för matningslinjen och SWR på 1.02:1.



- f. **Antennimpedansen är 15 Ohm och matningslinjen är 50 Ohm:** Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 27.4 Ohm. Den typen av kabel finns inte, men om du kopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 50 Ohm kablar parallellt så är den kombinerade kabelimpedansen 25.0 Ohm. Då impedansen till 50 Ohm matningslinjen är 54.8 Ohm och SWR är 1.10:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål.



- g. **Andra matchningssystem:** Det finns också många andra sätt att använda matningslinjer för impedansmatchning, som:
- Två kabelsektioner med olika impedanser i serie. Den ursprungliga webbplatsen har försvunnit, men du kan ladda ner kalkylatorn från <https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Series-Matching-Calculator.shtml>.
 - Pawsey balun (se till exempel <https://owenduffy.net/blog/?p=14882>)
 - Matchande stubb: En öppen eller kortsluten matarlinjestubb kan användas för att matcha vilka impedansförhållanden som helst (som alla antennimpedanser till 50 Ohm matningslinje). Jag försökte hitta en fungerande kalkylator för matchning stubbar på internet utan framgång, men det finns många andra resurser med formler och Smith-diagram.

F. SWR och sändningseffekt

SWR ("Standing Wave Ratio", Stående Våg Förhållande) är kvalitetsindikation för antensystemets matchning.

SWR borde mer korrekt förkortas till VSWR ("Voltage Standing Wave Ratio", Spänning Stående Våg Förhållande), eftersom det vanligtvis mäts som spänningar relaterade till framåtriktad och reflekterad effekt. 1.0:1 SWR betyder att antensystemet är perfekt matchat och varje avläsning högre än så (till exempel 1.5:1 eller 2.3:1) betyder att det finns någon felmatchning i antensystemet. **Men observera: en SWR-mätare mäter matchningssituationen endast vid den punkt i antensystemet där dess mätbrygga är placerad.** Så i en felmatchad situation gäller läsningen som visas av en SWR-mätare endast för den specifika punkten i antensystemet och är ofta inte den faktiska SWR vid antennens matningspunkt eller vid sändarens utgång. **Observera också att en SWR-mätare endast visar impedansförhållandet till 50 Ohm. Den visar inte om**

impedansen är högre eller lägre än 50 Ω. SWR-avläsningen är alltid 1.00:1 eller högre. Den kan aldrig vara mindre än 1.00:1.

Obs! Håll alltid ett öga på din SWR-mätare när du sänder! Detta är särskilt viktigt om du använder en linjär förstärkare! Sändarens RF-utgångseffekt måste gå någonstans och kan orsaka skador vid hög SWR! Om SWR är högre än normalt betyder det att något har hänt med ditt antensystem!

Till exempel:

- Antennmatningslinjen är skadad eller fränkopplad.
- Antenntunern är feljusterad.
- Själva antennen är skadad.
- En balun i matningslinjen är skadad.
- osv.

Det är mycket enkelt att beräkna SWR, om du känner till de två impedanserna vid en felmatchad skarv, till exempel matningslinjeimpedansen och antennens matningspunktsimpedans. Generellt sett är matningslinjeimpedansen alltid känd: 50 Ω för de vanligaste koaxialkablarna. Beroende på antennens matningspunktsimpedans, använd följande två formler:

- Antennens matningspunktsimpedans är **högre** än kabelimpedansen: **SWR = Z_a / Z_c** , där:

- SWR = SWR som decimaltal
- Z_a = Antennens matningspunktsimpedans
- Z_c = Kabelns nominella impedans
- Till exempel: Antennimpedans är 135 Ω, matningslinjeimpedans 50 Ω: SWR = 135/50 = 2.70:1 **eller** antennimpedans är 50 Ω, matningslinjeimpedans 50 Ω: SWR = 50/50 = 1.00:1

- Antennens matningspunktsimpedans är **lägre** än kabelimpedansen: **SWR = Z_c / Z_a** , där:

- SWR = SWR som decimaltal
- Z_c = Kabelns nominella impedans
- Z_a = Antennens matningspunktsimpedans
- Till exempel: Antennimpedans är 28 Ω, matningslinjeimpedans 50 Ω: SWR = 50/28 = 1.79:1 **eller** antennimpedans är 50 Ω, matningslinjeimpedans 50 Ω: SWR = 50/50 = 1.00:1

När antensystemet inte är perfekt matchat (dvs. SWR är högre än 1.0:1) reflekteras sändareffekten (= framåteffekt) delvis tillbaka från antennens matningspunkt (= reflekterad effekt). Vid sändaränden reflekteras den reflekterade effekten återigen delvis mot antennen, eftersom sändaren "ser" en impedans som skiljer sig från dess angivna lastimpedans (50 Ω i de flesta fall). De två reflektionerna sker upprepade gånger tills all effekt från den RF-vågen har försvunnit antingen genom strålning från antennen eller förlust i matningslinjen.

Varje matningslinje har någon förlust (även om den kan vara ganska låg), vilket beror på linjens inneboende förlust (per meter), kabelns längd och den använda frekvensen. Ju längre en linje är, desto mer förlust har den och ju högre vi går i frekvens, desto mer förlust har den (per meter). Så varje gång "samma RF-våg" färdas genom kabeln förloras en del av effekten som värme.

Tyvärr finns det inom amatörradiovärlden en vanlig missuppfattning att den reflekterade effekten "absorberas" av sändarens utgångskretsar och kan orsaka skador där. **I allmänhet är det inte sant!** I princip all sändareffekt (minus förlust orsakad av fram-och-tillbaka-reflektioner i matningslinjen) utstrålas alltid av antennen. Matningslinjeförlust är den främsta anledningen till att sträva efter låg SWR, eftersom med högre SWR måste RF-signalen "färdas" längs matningslinjen ett större antal gånger innan den utstrålas av antennen, och varje "resa" ökar effektförlusten. För lägre SWR-avläsningar kanske förlusten inte är signifikant. För mer förtydligande, se till exempel K5DVW:s artikel "Understanding SWR by Example" (Förstå SWR genom exempel), tillgänglig på: <https://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/q1106037.pdf>.

I vissa specifika fall med mycket höga SWR-avläsningar (t.ex. 5.0:1 eller mer) finns det en **teoretisk** möjlighet till skador på sändaren:

- Lastimpedansen som sändaren "ser" är extremt låg, i området för enstaka Ω. I så fall kan sändarens utgångssteg behöva leverera mer RF-ström än det är konstruerat för. Detta kan leda till överhettning och skador på utgångssteget.
- Lastimpedansen som sändaren "ser" är extremt hög, i Ω-området på tre eller fyra siffror. I så fall kanske sändarens effektförstärkare inte kan hantera den mycket höga RF-spänningen och överspänningsgenombrott kan uppstå i utgångssteget.

--- !!! MEN !!! ---

- Alla moderna sändare, som använder bipolära eller MOSFET-**transistorer**, **har internt skydd mot för hög SWR** och de börjar minska uteffekten för att skydda effektförstärkaren när SWR överstiger designgränsen (ofta 2.0:1). Linjära förstärkare med hög effekt har vanligtvis en ALC-utgång ("Automatic Level Control", "Automatisk nivåreglering") till transceiver och transceiver tar själv hand om att minska driveffekten till den linjära förstärkaren (dvs. den sänker RF-spänning och -ström).
- **Rörsändare** har vanligtvis inte inre skydd, men de är också **mer toleranta mot höga SWR**. Linjära rörförstärkare har också ofta en ALC-utgång till transceiver:
 - Rörets inre resistans är relativt hög och det kan helt enkelt inte leverera mycket mer RF-ström till en låg-impedansbelastning än vad slutsteget är konstruerat för. Av detta följer att RF-spänningen vid sändarens utgång sjunker och uteffekten blir lägre med lägre lastimpedans.
 - Rör används med ganska hög anodspänning och kan vanligtvis motstå tillfälliga RF-spänningar som är många gånger högre än anodspänningen. Om den högimpedans belastningen fortsätter under lång tid (vid sändning) kan rörets anod börja överhettas, vilket kan skada själva röret mekaniskt (glasbulben smälter eller det keramiska höljet spricker). Detta beror på att röret inte kan avge all RF-utgångseffekt till antennen, så överskottseffekten måste förloras som värme i anoden.

F.1 Matningslinjeförluster

Även när matningslinjen är avslutad till sin nominella impedans i båda ändar (dvs. uppmätt SWR är 1.0:1), **har den fortfarande en inneboende förlust**, vilket beror på kabeltyp och använd frekvens. RF-förlusten i matningsledningen omvandlas till värme, mestadels i kabelns interna isoleringsmaterial. I koaxialkablar med låg förlust är den interna isoleringen mestadels luft, i kablar med högre förlust vanligtvis någon form av solid plast (ofta polyeten). På HF-band är förlusten vanligtvis inte signifikant, men på VHF, UHF och högre frekvenser måste man hålla matningslinjen så kort som möjligt. Till exempel är det inte klokt att värma kabeln med hälften av sändarens uteffekt, om själva kabeln från sändare till antenn har en förlust på -3 dB. Om den uppmätta SWR är högre än 1.0:1, finns kabelns inneboende förlust fortfarande kvar, men den totala förlusten ökar på grund av RF-signalens reflektioner fram och tillbaka. *Observera att dämpningssiffror som anges av alla kabeltillverkare alltid gäller endast för ett matchat tillstånd, dvs. när SWR är 1.0:1. Dämpningen ökar med ökande SWR.*

Speciellt på VHF- och UHF-frekvenser måste man också överväga följande situation:

- SWR-mätaren är vid sändarens ände av matningslinjen.
- Koaxialkabel har naturligtvis någon förlust, låt oss säga till exempel -3 dB.
- I det här fallet kan själva antennen ha en ganska hög SWR (till exempel 5:1), men på grund av matningsledningsförlust, som döljer antennens SWR, kan den SWR som visas av mätaren vara nästan perfekt (dvs. 1.0:1). **Så SWR-mätaren visar ett felaktigt värde**. Signalen som utstrålas av antennen kommer att vara mycket lägre än vad som är tillgängligt från sändaren och den förlorade delen av effekten omvandlas till värme i själva koaxialkabeln.
- Här är ett extremt exempel: Ta en 100 m rulle RG-58. Anslut ena änden via en SWR/effektmätare till utgången på till exempel en 100 W, 70 cm (UHF) sändare. Lämna den andra kabeländan öppen. Sändaren arbetar glatt med full effekt och 1.0:1 SWR till kabeln, även om det finns ingenting i andra änden. Efter ett tag börjar kabeln värmas upp (du kan känna det med handen, till exempel), eftersom all sändareffekt går förlorad i kabeln.

Dämpningsvärden för några kabeltyper**Se också de två anteckningarna efter tabellen nedan!**

I tabellen nedan anges dämpningen för olika frekvenser för 100 meter ("m") / 100 fot ("ft") kabellängder, när kabeln är avslutad till sin nominella impedans i båda ändar.

Kabeltyp	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)
RG-58C/U (50 Ω)	5	2.7 / 0.82	400	30.0 / 9.15
	10	4.1 / 1.25	600	37.9 / 11.6
	50	9.7 / 2.96	1000	51.8 / 15.8
	100	13.9 / 4.24	1500	65.6 / 20.0
	200	20.4 / 6.22	-	-
RG-213/U (50 Ω)	5	1.2 / 0.82	400	13.7 / 4.18
	10	1.8 / 0.37	600	15.9 / 4.85
	50	4.3 / 1.31	1000	23.1 / 7.04
	100	6.4 / 1.95	1500	30.4 / 9.27
	200	9.5 / 2.90	3000	48.9 / 14.9
RG-59B/U (75 Ω)	5	2.4 / 0.73	450	25.7 / 7.84
	55	8.4 / 2.56	600	30.3 / 9.24
	187	16.1 / 4.91	1000	40.0 / 12.2
	300	20.7 / 6.31	-	-
RG-11A/U (75 Ω)	50	4.2 / 1.28	500	15.5 / 4.73
	100	6.2 / 1.89	600	17.1 / 5.21
	200	9.3 / 2.84	860	21.1 / 6.43
	400	13.8 / 4.21	1000	23.4 / 7.13
300 Ω parallell linje (DX Engineering)	5	0.43 / 0.13	Ingen data för högre frekvenser!	
	10	0.49 / 0.15		
	50	0.89 / 0.27		
450 Ω parallell linje (Wireman 552)	5	0.39 / 0.12	400	4.66 / 1.42
	10	0.56 / 0.17	600	6.07 / 1.85
	50	1.35 / 0.41	1000	8.57 / 2.61
	100	2.00 / 0.61	1500	11.4 / 3.76
	200	3.02 / 0.92	3000	19.0 / 4.88
RG-62A/U (93 Ω)	5	1.9 / 0.58	400	17.0 / 5.17
	10	2.4 / 0.73	600	21.1 / 6.41
	50	5.8 / 1.76	1000	27.8 / 8.45
	100	8.2 / 2.49	1500	34.7 / 10.6
	200	11.8 / 3.59	3000	52.6 / 16.0

Kabeltyp	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)
Ecoflex 10 (50 Ω)	5	0.76 / 0.23	432	8.46 / 2.57
	10	1.14 / 0.35	500	9.12 / 2.77
	50	2.66 / 0.81	1000	13.5 / 4.14
	100	3.80 / 1.16	1500	17.0 / 5.17
	200	5.51 / 1.68	3000	25.4 / 7.72
RG-6 (75 Ω)	67.5	6.29 / 1.91	750	19.8 / 6.02
	100	7.25 / 2.20	1000	23.3 / 7.08
	143	8.46 / 2.57	1500	30.0 / 9.12
	270	11.3 / 3.44	2000	34.9 / 10.6
	540	16.2 / 4.92	-	-
1/2" (12.7 mm) Heliac (50 Ω)	10	0.67 / 0.21	800	6.46 / 1.97
	50	1.52 / 0.46	1250	8.23 / 2.51
	150	2.67 / 0.82	1500	9.09 / 2.77
	300	3.84 / 1.17	2000	10.7 / 3.25
	450	4.80 / 1.45	3000	13.4 / 4.09

Obs 1! Dämpningsvärdena för matningslinjer ovan har hämtats från datablad av olika tillverkare och är endast för referens. Ta dem inte som absoluta värden för alla kablar med samma typnummer! Använd alltid databladsvärdena från tillverkaren av din kabel!

Obs 2! Jag har märkt att en del människor inte förstår vad kabeldämpningsvärdena som anges i databladet faktiskt betyder för deras specifika kabellängd. Databladsvärdena GÅLLER INTE för alla kabellängder! De gäller endast för de angivna längderna på 100 m eller 100 fot! Matematiken är väldigt enkel: Multiplicera databladsdämpningsvärdet som anges för **din använda frekvens med kabellängden **I FÖRHÅLLANDE** till längden på 100 m eller 100 fot som anges i databladet i samma längdenheter. Så, till exempel:**

- Din kabel är 15 m lång: $15 \text{ m} / 100 \text{ m} = 0.15$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 m längd multiplicerat med 0.15: Datablad 9.8 dB/100 m x 0.15 = 1.47 dB.
- Din kabel är 150 m lång: $150 \text{ m} / 100 \text{ m} = 1.5$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 m längd multiplicerat med 1.5: Datablad 9.8 dB/100 m x 1.5 = 14.7 dB.
- Din kabel är 35 fot lång: $35 \text{ ft} / 100 \text{ ft} = 0.35$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 fot längd multiplicerat med 0.35: Datablad 2.96 dB/100 ft x 0.35 = 1.036 dB.
- Din kabel är 200 fot lång: $200 \text{ ft} / 100 \text{ ft} = 2.0$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 fot längd multiplicerat med 2.0: Datablad 2.96 dB/100 ft x 2.0 = 5.92 dB.

Det finns också andra 50 Ω koaxialkablar med mycket lägre dämpning än vad som listas ovan, som 7/8" (Ø 22.2 mm) och 1-1/4" (Ø 31.7 mm) Heliac och andra ännu tjockare. De används mestadels i högeffekt radio- och TV-sändare. De är mycket dyrare än de vanligare typerna och kräver speciella (dyra) kontakter. I värsta fall kan de till och med behöva trycksättas med torr kvävgas för att hålla all fukt borta från kabelns insida. Fukt ökar dämpningen. Men om matningslinjeförlusten vid den använda frekvensen är ett verkligt problem, som i 50 kW UHF TV-sändarens antennkabel upp ett 200 m högt torn, har man inte mycket att välja på.

När du väljer en kabel till ditt antensystem finns det också ett par andra viktiga saker att komma ihåg:

- Kabelns **minsta böjningsradie** (minum bending radius) anges i kabelns datablad. Du **får inte böja** kabeln till skarpare "hörn" eller tätare spiraler än vad som anges, eftersom om det görs kommer något i kabeln (särskilt nominell impedans) inte att uppfylla specifikationerna och något (som kabelskärm och/eller mitt-tråd) kan till och med gå sönder i den utan att något syns utanför kabeln.

- Fast isolerade koaxialkablar (som RG-213) är mekaniskt mycket **starkare**, men de har också högre dämpning. Skumisolerade koaxialkablar (som Ecoflex 10) har lägre dämpning, men de är också mekaniskt **svagare**. Skumisolerade kablar har en tendens att kortsluta, särskilt i för snäva böjar nära kontakter, eftersom det mjuka isoleringsskummet inte kan hålla mitt-tråden på plats i kabelns centrum. Om lödning krävs, till exempel i en kabelkontakt, smälter skumisoleringen mycket lättare än fast isolering och en kortslutning kan uppstå redan i det skedet.

F.2 Kablar, kontakter och sändningseffekt

Det finns begränsningar för hur mycket RF-effekt en kabel och tillhörande kontakter kan hantera. Den maximalt tillåtna effekten beror också mycket på sändningsfrekvens och SWR i kabelns längd.

Att mäta en **sändares exakta uteffekt** kan vara lite problematiskt. Generellt sett är RF-effekt- och SWR-mätare som säljs för amatörradioändamål inte välkalibrerade och deras noggrannhet är ofta inte bättre än $\pm 10\%$. Noggrannheten varierar också mycket beroende på frekvens och kan vara ännu sämre än så, till exempel $\pm 15\%$ eller $\pm 20\%$. I praktiken innebär detta att om mätaren till exempel visar 100 W, kan sändarens verkliga uteffekt ligga någonstans mellan 80 W och 120 W. Ytterligare fel orsakas om mätaren har "traditionella" visarmätare, eftersom man inte kan vara säker på skalans noggrannhet och att avläsa en mätarens visare ökar felet. Vanligtvis är en siffervisning i effekt-/SWR-mätaren mer exakt än en visarmätare, men det beror återigen på mätarens kalibreringsnoggrannhet. Professionella effektmätare är i allmänhet mer exakta, men se specifikationerna. Till exempel är den välkända Bird 43 specificerad för endast $\pm 5\%$ noggrannhet och även om visarmätarens skala sannolikt är korrekt, kommer avläsning av den lilla mätaren att orsaka mer fel.

Några exempel på max. tillåten effekt för olika kablar, när de är anpassade till nominell impedans i båda ändar:

- **RG-58** (50 ohm): 150 MHz = 210 W, 450 MHz = 150 W
- **RG-213** (50 ohm): 50 MHz = 1860 W, 150 MHz = 1074 W, 450 MHz = 620 W, 1000 MHz = 416 W
- **RG-59** (75 ohm): 50 MHz = 452 W, 150 MHz = 261 W, 450 MHz = 151 W, 1000 MHz = 101 W
- **RG-11** (75 ohm): 10 MHz = 2800 W, 100 MHz = 810 W, 200 MHz = 450 W, 400 MHz = 370 W, 1000 MHz = 110 W
- **Ecoflex 10** (50 ohm): 10 MHz = 3100 W, 100 MHz = 960 W, 500 MHz = 410 W, 1000 MHz = 285 W
- **RG-6** (75 ohm): 10 MHz = 1500 W, 30 MHz = 750 W. Ingen info om högre frekvenser.

Obs 1! De maximalt tillåtna effektvärdena ovan har hämtats från datablad av olika tillverkare. Ta dem inte som absolut effekt för alla kablar med samma typnummer! Använd alltid databladsvärdena från tillverkaren av din kabel!

Obs 2! Om det finns betydande SWR (t.ex. över 1.5:1) i kabellängden måste den maximalt tillåtna effekten minskas mycket eftersom RF-spänningen och/eller -strömmen överstiger kabelns designvärden. Som en tumregel: dividera det angivna effektvärdet med SWR-avläsningen. Till exempel: SWR = 1.5:1, specificerad maxeffekt är 150 W, så tillåten maxeffekt är i detta fall $150 / 1.5 = 100$ W. Generellt sett är detta inget problem för matchade matningslinjer, men det är viktigt för impedansmatchande kabelsektioner (se D.2 ovan) och till exempel matningslinjer från antenntuner till antenn, eftersom SWR i dessa kablar kan vara ganska hög.

Några exempel på RF-effekt som kontakterna själva kan hantera, när den anslutna kabeln inte har någon SWR (dvs. SWR är 1.0:1). Den maximalt tillåtna effekten genom kontakterna minskar med ökande frekvens. Observera att **en kontakts RF-effekthantering vanligtvis inte specificeras**. Det som specificeras är max. (DC) spänning och max. (DC) ström, men du kan inte bestämma RF-effekthanteringen från dessa värden på grund av skin-effekt:

- **UHF (PL-259 / SO-239)**: 100 MHz = 500 W.

Obs! UHF-kontakter är inte 50 Ω kontakter, även om de används mycket i amatörradioutrustning. Teoretiska impedansen är cirka 35 Ω , så dessa kontakter bör endast användas på HF-, 6-meter och eventuellt 2-meter band, där kontaktens "längd" är en liten del av våglängden och inte påverkar SWR särskilt mycket. **Använd aldrig UHF-kontakter på 70 cm och uppåt.** Vissa radioamatörer kallar UHF-kontakten en "bepansrad banankontakt". Observera också att koaxialkabelns skärm alltid ska lödas fast på UHF-kontakten. Olödda skärmslutningar är ganska opålitliga i dessa kontakter och kan orsaka oväntat beteende i antensystemet. UHF-kontakten designades på 1930-talet, då alla frekvenser över 30 MHz ansågs att vara UHF.

- **BNC (50 Ω):** 1000 MHz = 316 W.
- **BNC (75 Ω):** 1000 MHz = 316 W.
- **N (50 Ω):** 20 MHz = 5000 W, 2000 MHz = 500 W.
- **F (75 Ω):** Dessa kontakter används huvudsakligen i TV- och satellitantenn nätverk upp till över 2 GHz. De är snabba och enkla att installera på kablar. Jag har inte hittat några effektspecifikationer för dem. Men eftersom koaxialkabelns mitt-tråd (ofta vanlig koppar) används som hankontaktens mittstift, med någon opålitlig kontakt till honuttaget, kan effekttåligheten inte vara så hög. Som en gissning max. 100 W på HF-band och max. 10 W på VHF.
- **Alla kabelanslutningar utomhus måste vara vädertätade** för att förhindra att fukt och vatten kommer in i kontakter och kablar. Vilken mängd vatten som helst kommer att orsaka korrosion och ökar avsevärt kabel-förlusterna. Jag använder självvulkaniserande gummitelj och/eller silikon för detta ändamål.

Obs 1! De maximalt tillåtna effektvärdena ovan har hämtats från datablad av olika tillverkare. Ta dem inte som absolut effekt för alla kontakter av samma typ! Använd alltid databladsvärdena från tillverkaren av dina kontakter!

Obs 2! Om det finns någon betydande SWR (t.ex. över 1.5:1) i kabellängden, måste den maximalt tillåtna effekten genom kontakten minskas avsevärt, eftersom RF-spänningen och/eller-strömmen överstiger de värden som kontakten är konstruerad för. Som en tumregel: dividera det angivna effektvärdet med SWR-avläsningen. Till exempel: SWR = 1.5:1, specificerad max-effekt är 500 W, så tillåten maxeffekt i detta fall är $500 / 1.5 = 333$ W. I allmänhet är detta inte ett problem för matchade matningslinjer, men det är viktigt för impedansmatchnings kabelkontakter (se D.2 ovan) och till exempel matningslinjeanslutningar från antenntuner till antenn, eftersom SWR i dessa kablar kan vara ganska hög.

Vissa radioamatörer säger att de använder alla ovan nämnda kablar och kontakter (förutom RG-6 och F-typ) med 1500 W (och högre) RF-effekt på HF- och VHF-frekvenser utan problem. Det finns dock inget sätt att veta hur deras antensystem har konstruerats och vilken typ av mekaniska och elektriska påfrestningar kablar och kontakterna själva faktiskt utsätts för. Och vad menar de med 1500 W effekt?:

- Förstärkarens **ineffekt**? Denna effekt drar förstärkaren från elnätet och den har inte mycket att göra med förstärkarens utgångs RF-effekt, vilken behövs för kablar och kontakter. Man kan uppskatta att RF-utgångs-effekten är cirka 40 % till 50 % av ineffekten. Den teoretiska verkningsgraden för ett högeffektsförstärkarsteg är cirka 58 %, men i verkligheten är det aldrig möjligt att uppnå den verkningsgraden på grund av krets-förluster.
- Toppeffekt för SSB (PEP)? I de flesta fall är den **genomsnittliga** SSB RF-effekten ungefär 15 % till 25 % av SSB:s toppeffekt. Genomsnittlig effekt orsakar uppvärmning i antensystemet, inte toppeffekt.
- Så den faktiska **genomsnittliga** RF-effekten de använder kan vara bara 90 W!

Hur som helst är det bättre att ta dessa påståenden med en nypa salt innan man tillämpar dem på sitt eget antensystem. Jag har inte kunnat hitta några andra **tillförlitliga RF-effektspecifikationer** (dvs. från tillverkare) förutom de få värden som anges ovan.

Mina personliga val för matningskablar och RF-kontakter är:

HF-band: - RG-58 för upp till 100 W eller 150 W sändningseffekt.

- RG-213 för högre sändningseffekt (upp till 1500 W).

- UHF (PL-259 / SO-239) kontakter.

VHF: - RG-213 för upp till 100 W eller 150 W sändningseffekt, om kabeln är tillräckligt kort för att ha mindre än -1 dB förlust och UHF (PL-259 / SO-239) kontakter.

- Heliac eller Ecoflex 10 för längre kablar och upp till 1500 W sändningseffekt. N-kontakter gjorda för just den kabeln.

UHF: Heliac eller Ecoflex 10 för alla sändningseffekter och kabellängder. N-kontakter gjorda för den specifika kabeln.

G. Antenntuners

Antenntuners används endast på HF-banden. De skulle vara mycket svåra att konstruera för VHF och UHF och behövs i allmänhet inte där, eftersom antennerna själva är anpassade till 50 Ω.

Antenntuners är mycket användbara för att få sändaren att "se" 50 Ω belastningen de är designade för, speciellt när man använder någon form av "all-band" eller flerbandsantenn. Observera att även om dessa enheter kallas "antenntuners", **så stämmer de inte antennen, utan matchar antennsystemet så att sändaren belastas med resistiva 50 Ω**. När en antenntuner har justerats korrekt är också de mottagna signalerna så bra som möjligt.

Varning! Använd ALDRIG två antenntuners i serie till samma matningslinje! Bådas funktion kommer att störas, eftersom det inte finns något sätt att veta vilka impedanser var och en av dem försöker att matcha. Så om du har en extern antenntuner, **se absolut till att din transceivers interna tuner är avstängd (avaktiverad)!** Annars blir resultatet i de flesta fall en impedans som din transceiver inte kan hantera.

Obs! I allmänhet är kommersiellt tillverkade antenntuners endast specificerade för topp SSB-effekt (PEP)! De kommer att gå sönder om de används med den angivna mängden kontinuerlig bärvågseffekt! För att använda dessa tuners med kontinuerlig bärvåg, som FM, många digitala moduleringar osv., är max. tillåten sändningseffekt cirka 1/3 eller 1/4 av den specificerade PEP-effekten.

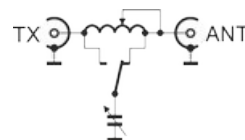
Det finns också tillverkare (till exempel MFJ), som specificerar antenntuners effekthantering på ett riktigt konstigt sätt. Till exempel en tuner säljs som 3000 W tuner. Men dessa 3000 W betyder den **topp ineffekten för en linjär förstärkare!** Eftersom en förstärkares verkningsgrad är 50 % eller mindre kan antenntuner hantera kanske 1500 W eller mindre RF-toppeffekt. I verkligheten kanske den bara kan hantera cirka 375 W kontinuerlig bärvågs RF-effekt. En ganska stor skillnad mellan den specificerade och den verkliga effektkapaciteten! Jag har själv varit tvungen att reparera och modifiera en sådan antenntuner (MFJ-986, som tillhör min amatörradiövän här) flera gånger, eftersom den inte ens klarar 500 W SSB-effekt på 20 m!

En antenntuner är i grunden en passiv L/C-krets med en eller flera variabla kondensatorer och en variabel spole. Många typer av antenntuners tillverkas och görs även i hemma. De kan antingen vara manuella eller automatiska och placeras inne i transceivern, i en låda på stationsposition, eller fjärrstyras. De har alltid en SWR-mätare, som visar SWR vid tuners sändarkontakt ("TX"). **Observera att SWR som visas av antenntunern ENDAST är för tuners sändaranslutning, dvs. för matningslinjen mellan sändare och tuner. Det är INTE matningslinjens SWR från tuner till antenn!** Om du behöver en antenntuner för matchning av antennsystem betyder det att antennens matningslinje alltid har relativt hög SWR (till exempel mer än 1.5:1). Impedansmatchningsområdet mellan olika antenntuners kan variera mycket, även när kretsen ("nätverket") är densamma.

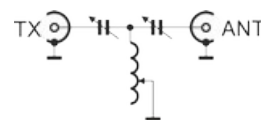
Det verkar som om vissa radioamatörer tror att endast variabla kondensatorer och rullspolar är OK för en "seriös" antenntuner. Med sådana kan man justera matchningen kontinuerligt, förstås, men de är oftast större i storlek och kostar mycket mer pengar än "stegvisa" tuners, särskilt de automatiska för högffekt. **Generellt sett behöver du inte kontinuerligt justerbara kondensatorer och spole i en antenntuner!** En "stegvis" antenntuner kan alltid matcha ett antennsystem tillräckligt bra, såvida inte själva antennen är löjligt kort för användningsfrekvensen. En kontinuerligt justerbar tuner kommer också att ha problem med den typen av antenner! **Du BEHÖVER INTE ha 1.00:1 SWR på sändarsidan!** 1.50:1 SWR eller mindre är alltid okej för alla sändare, och en stegvis tuner kan nästan alltid matcha antennsystemet till bättre än 1.05:1 SWR. De ytterligare matningsförlusterna som orsakas av en SWR på 1.05:1 eller upp till 1.50:1 är också obetydliga.

Några vanliga antenntunerkretsar:

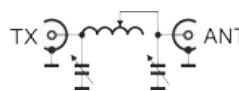
- **L-nätverk:** Dessa tuners har en variabel kondensator och en variabel spole. Ena änden av kondensatorn är ansluten till jord. Spolen är ansluten mellan sändaranslutningen och antennanslutningen. Kondensatorns position kan väljas för sändaranslutning eller till antennanslutning för alla speciella matchningskrav.



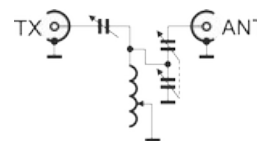
- **T-nätverk:** Dessa tuners har två variabla kondensatorer och en variabel spole. En kondensator är i serie med sändaranslutningen och den andra i serie med antennanslutningen. Spolen är ansluten till jord mellan de två kondensatorerna.



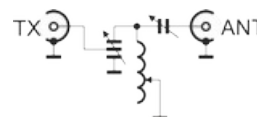
- **PI-nätverk** (från grekiska "Π" = stor pi): Dessa tuners har två variabla kondensatorer och en variabel spole. En kondensator är ansluten till jord från sändaranslutningen och den andra till jord från antennanslutningen. Spolen är ansluten mellan sändar- och antennkontaktarna.



- **SPC-nätverk** (Series Parallel Capacitor, Serie Parallell Kondensator): Dessa tuners har en variabel kondensator, en dubbel variabel kondensator och en variabel spole. Den enkla kondensatorn är seriekopplad från sändaranslutningen till mittuttaget på den dubbla variabel kondensator. Den dubbla kondensatorn är ansluten från antennanslutningen till jord. Spolen är ansluten från dubbelkondensatorns mittuttag till jord.



- **Ultimate Transmatch**: Dessa tuners har en dubbel "fjäril" variabel kondensator, en enkel variabel kondensator och en variabel spole. "Fjäril"-kondensatorns mittuttag är anslutet till sändaranslutningen. Ena änden av "fjäril"-kondensatorn är ansluten till jord. Den andra änden av "fjäril"-kondensatorn är ansluten till spolen och ena änden av den enskilda kondensatorn. Spolens andra ände är ansluten till jord. Den andra änden av enkel kondensator är kopplat till antennanslutningen.



Det finns många varianter av kretsarna som nämns ovan och andra typer av antenntuners har också tillverkats, vanligtvis för något speciellt ändamål.

I varje antenntuner krets finns det tre möjligheter för spolen:

- En rullspole, som kan justeras steglöst från min. till max. I automatiska antenntuners drivs rullspolen med en motor.
- En spole med mittanslutningar. Anslutningarna väljs med en flerlägesbrytare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners används relästyrning.
- En serie separata seriekopplade spolar. Spolarna väljs med en flerlägesomkopplare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners är spolinduktansvärdena i en "binär" serie (1, 2, 4, 8, 16 osv. gånger minsta induktans). På så sätt behövs det minsta antalet kontroll-linjer (vanligtvis 8) för spoleval. Med 8 styrledningar får du 256 olika induktansvärden i steg av lägsta induktans (till exempel 0.05 eller 0.1 μH). Spolarna är seriekopplade (eller förbikopplade) efter behov med relästyrning.

Observera dock att beroende på rull- eller tappade spolens konstruktion och hur den är ansluten i tunerkretsen, kan spolen ha ett stort problem. Vanligtvis är ena änden av spolen ansluten till tunerkretsen, rullen eller tappningen är ansluten till jord och den andra spoländen är inte ansluten någonstans. Så, beroende på önskad matchning och frekvens, fungerar spolen som transformator för att öka RF-spänningen och kan ha extremt hög RF-spänning (möjligen flera kV) i den öppna änden. Spänningen kan båga till jord eller någon annan del av tunern. Tillverkare av denna typ av tuners använder någon form av omkoppling för att förhindra transformationsfunktionen. Till exempel kallar MFJ den kretsen en "självresonansdödare", men transformatorfunktionen har ingenting att göra med "självresonans". Observera också att en tuner med en uppsättning separata spolar inte har detta problem, eftersom alla oanvända spolar är kortslutna och spolarna själva är installerade på ett sådant sätt att de inte påverkar varandra, till exempel i 90° vinklar från varandra.

I varje antenntuner krets finns det två möjligheter för kondensatorn/kondensatorerna:

- I manuella antenntuners används variabla kondensatorer (luft eller vakuum). I automatiska antenntuners drivs dessa kondensatorer med motorer.
- En serie av separata högspänningskondensatorer. Kondensatorerna väljs med en flerlägesbrytare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners används relästyrning.
- I automatiska antenntuners är den vanligaste kretsen L-nätet. Kapacitansvärdena är i en "binär" serie (1, 2, 4, 8, 16 osv. gånger lägsta värdet). På så sätt behövs det minsta antalet styrledningar (vanligtvis 8) för kapacitansval. Med 8 styrledningar får du 256 olika kapacitansvärden i steg av lägsta kapacitans (till exempel 5 eller 10 pF). Kondensatorerna kopplas parallellt till jord vid behov med relästyrning.

I många antenntuners finns det flera möjligheter för antenssidans anslutningar:

- 50 Ω koaxialkabel.
- 200 Ω anslutning genom en 4:1 balun för balanserade matningslinjer (parallell linje, öppen tråd linje).
- Ändmatad trådantennkoppling med tillhörande jord, ofta genom en 4:1 balun.

G.1 Antenntuner impedansmatchningsområde

När du väljer en HF-antenntuner för din station är de första sakerna att tänka på dess **effekthanteringskapacitet** och **SWR-matchningsområde**. Den maximala effekten (SSB-topp = PEP) anges vanligtvis och det samma gäller SWR-matchningsområdet. Se dock till att du förstår:

- Vad menar tillverkaren egentligen med "effekthantering"? Generellt sett anges endast topp effekt, men om du använder digital modulation (som RTTY) eller FM, se till att välja en tuner för minst tre eller fyra gånger (3 x, 4 x) din maximala sändningseffekt, annars **KOMMER tunern att skadas** under kontinuerliga bärvågs-sändningar (som RTTY eller FM).
- För det mesta anges SWR-matchningsområdet endast som ett gemensamt värde (som 3.0:1) för alla frekvenser vid den angivna maximala (topp) effekten, men det berättar inte hela historien. Det finns några begränsningar som varje antenntuner har svårigheter med att hantera:
 - **Minsta kapacitansvärde** är viktigt speciellt för 10 m och 12 m band. Minsta kapacitans **kan aldrig vara "0"** på grund av betydande strökapacitanser och i fallet med variabla kondensatorer deras minimikapacitans.
 - **Maximalt kapacitansvärde** är viktigt speciellt för 80 m och 160 m band. Den maximala kapacitansen begränsas alltid av tunerns maximala kapacitans. Vid variabla kondensatorer deras maximala kapacitans.
 - **Minsta induktansvärde** är viktigt speciellt för 10 m och 12 m band. Minsta induktans **kan aldrig vara "0"** på grund av betydande ströinduktanser och i fallet med en rullspole dess minsta induktans.
 - **Maximalt induktansvärde** är viktigt speciellt för 80 m och 160 m band. Den maximala induktansen begränsas alltid av tunerns maximala induktans. I fallet med en rullspole dess maximala induktans.

Av ovanstående följer att varje tuners matchningsområde, särskilt på 160 m, 80 m, 12 m och 10 m band, kan vara kraftigt begränsat till ännu mindre än vad som specificeras (t.ex. 3.0:1). Ett annat stort problem är att matcha en mycket låg impedans på vilket band som helst till 50 Ω, eftersom det lägsta induktansvärdet är för högt och det maximala kapacitansvärdet för lågt. I allmänhet är det inga problem att matcha höga impedanser (t.ex. minst upp till 3 kΩ) till 50 Ω på alla "mellersta" band (dvs. 80 m till 15 m), eftersom det alltid finns tillräckligt med induktans och tillräckligt låg kapacitans tillgänglig.

G.2 Typer av antenntuner

En antenntuner kan givetvis vara antingen manuell eller automatisk. Manuell inställning tar vanligtvis längre tid än automatisk inställning, men det beror på situationen.

Transceiverns interna antenntuner är alltid automatisk och "lokal". Externa antenntuners kan vara antingen manuella eller automatiska. En manuell tuner är alltid "lokal". En automatisk tuner kan vara antingen "lokal" eller "fjärr".

- En "lokal" antenntuner installeras vanligtvis vid radiopositionen nära sändaren. I detta fall matchas hela **antennsystemet** av tuner till 50 Ω för sändaren. **Antennsystemet** innehåller allt från tunerns antennanslutning till själva antennen. Det kan vara ganska hög SWR i matningslinjen från tuner till antenn med tillhörande extra förluster (se "D. SWR och sändningseffekt" ovan). Detta beror på hur bra eller dåligt själva antennen är matchad till 50 Ω matningslinjen vid den använda frekvensen.
- En "fjärr" antenntuner är alltid automatisk och vanligtvis installerad så nära antennen som möjligt (i torn, mast osv.) för att minimera förluster orsakade av hög SWR i matningslinjen. I detta fall matchas **antennsystemet** av tuner till 50 Ω för matningslinjen till sändaren. Den är ansluten till SWR osv. mätaren vid radioposition, antingen genom matningslinjen eller via en separat kabel. Någondera kabeln har både data-anslutning och strömförsörjning till fjärrantenntuner. Fjärrantenntuners är dyrare än manuella ("lokala"), speciellt för hög effekt, men om det överhuvudtaget är möjligt är de en mycket bättre lösning för vilket antennsystem som helst, eftersom det inte finns några extra förluster i den långa matningslinjen mellan sändare och tuner.

H. Antennstapling

Förstärkningen i ett antennsystem är ofta lättare att öka genom att installera mer än en antenn istället för en större antenn (= längre bom), särskilt på HF-band. Alla antenner i ett flerantennsystem måste vara av samma typ och placerade på ett visst avstånd från varandra antingen vertikalt eller horisontellt. Detta kallas

"stapling". Varje gång du fördubblar antalet antenner får du cirka 3 dB mer effektförstärkning. Vertikal stapling minskar antengruppens vertikala strålbredd och horisontell stapling minskar den horisontella strålbredden.

På HF-band staplas antenner vanligtvis endast vertikalt, eftersom horisontell stapling är mekaniskt nästan omöjlig att göra. Man behöver dock ett mycket högre torn än för en enda antenn för att uppnå bästa resultat, och tornet måste rotera. För mer eller mindre maximal förstärkning bör den nedre antennen vara minst 1/2 våglängden upp från marken och den övre antennen staplingsavståndet ovanför den nedre antennen.



Både vertikal och horisontell stapling används på VHF- och UHF-banden, eftersom antennerna är mycket mindre och horisontell stapling inte orsakar några större mekaniska problem. För det mesta kan VHF- eller UHF-antennsystem enkelt konstrueras på ett sådant sätt att de kan installeras på själva rotatorn, så det finns inget behov för en roterande mast eller torn.

Alla antenner i en grupp måste matas i samma fas och kombinationen måste matchas till (vanligtvis) 50 Ω matningslinjen. För några matchningslösningar, se "E.2 Impedansmatchning med matningslinjer" ovan. Det finns många andra sätt att uppnå samma resultat.

Många äldre amatörradioböcker rekommenderar fasta staplingsavstånd som "halva våglängden", "5/8-våglängden", "halva bomlängden" osv. Många av dessa "regler" är inte mycket mer än gissningar. De är felaktiga för moderna antenkonstruktioner.

Först, några grunder om antenstapling:

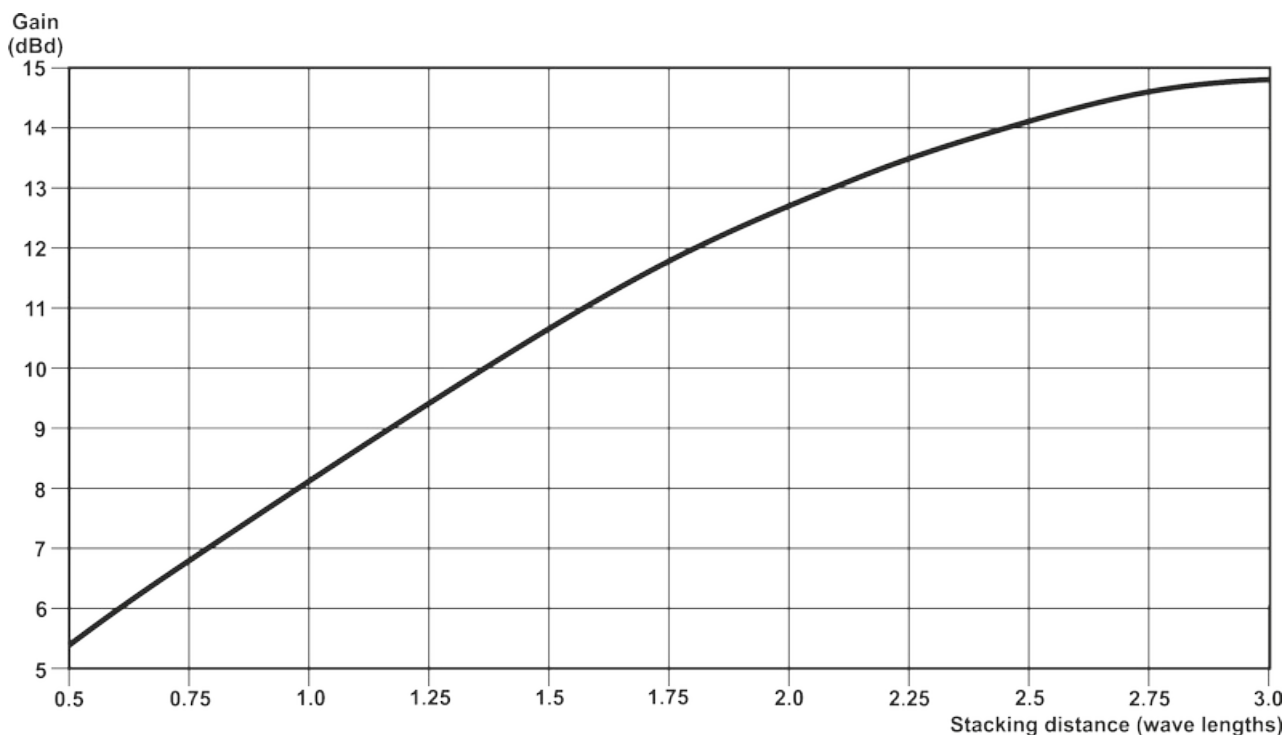
1. De optimala horisontella och vertikala staplingsavstånden för att uppnå maximal tillgänglig förstärkning **beror mycket på förstärkningen hos enskilda antenner** (dvs. deras horisontella och vertikala strålbredder). För HF-antenner med "låg förstärkning" är staplingsavstånden **i friluftsvåglängder** mindre och för VHF- och UHF-antenner med "hög förstärkning" större.
2. Staplingsavstånden **måts** alltid i friluftsvåglängder (eller delar därav) från mitten av varje antenn, vilket i fallet med yagis är antenbommen. För quads och andra "3-dimensionella" antenner är det den mekaniska mitten av varje antenn.

Det finns inget enkelt sätt att beräkna det optimala staplingsavståndet för antenner, om du inte känner till den "verkliga världen" horisontella och vertikala -3 dB strålbredden för en enskild antenn. I så fall är formeln:

D = 57 / BW, där:

- D = Optimalt staplingsavstånd, vertikalt **eller** horisontellt, **i våglängder**.
- "57" = Konstant för beräkning av staplingsavstånd
- BW = -3dB strålbredd, vertikal **eller** horisontell, **i grader**.
- **Observera att många riktantenner har olika strålbredder i horisontellt och vertikalt plan**, så staplingsavståndet kommer också att vara olika horisontellt och vertikalt.

Annars kan du använda grafen på nästa sida för att uppskatta staplingsavståndet för maximal förstärkning för din antengrupp, baserat på en **individuell antens förstärkning över dipol (dBd)**. Grafen är inte alltid korrekt, eftersom antenförstärkningen också beror på strålningsmönstrets sidolober i horisontellt och vertikalt plan, men den bör ligga tillräckligt nära som ett startvärde för alla praktiska ändamål. Grafen kopierades från DK7ZB:s sida på: <https://www.qsl.net/dk7zb/Stacking/stacking.htm>.



"Gain (dBd)" = Förstärkning (dBd = över dipol)

"Stacking distance (wave lengths)" = Staplingsavstånd (våglängder)

Det finns **ytterligare en justering** som måste göras för att få de slutliga staplingsavstånden. Med resultaten av både formeln och grafen ovan får du maximal tillgänglig förstärkning för antenner. Men med den staplingen ökar antennens sidolobnivåer avsevärt, vilket ofta inte är bra. Sidolober är RF-strålning till oönskade riktningar på varje sida av huvudloben (= avsedd strålning). Speciellt under mottagning kan sidoloberna plocka upp alla slags störningar. Men om du minskar staplingsavståndet lite förlorar du väldigt lite antennförstärkning, men sidolobnivåerna minskas avsevärt. Så **multiplitera staplingsavstånden** (i våglängder) från formeln eller grafen ovan med till exempel:

- 0.95: Förstärkningsreduktion -0.1 dB, sidolobsidolobsreduktion -13 dB.

- 0.9: Förstärkningsreduktion -0.2 dB, sidolobsidolobsreduktion -16 dB. *Detta är den bästa kompromissen!*

- 0.85: Förstärkningsreduktion -0.4 dB, sidolobsidolobsreduktion -22 dB.

Så, till exempel för antenner med 8.1 dBd förstärkning är staplingsavståndet från grafen 1.0 våglängd. Multiplitera det med 0.9 och det **slutliga staplingsavståndet är 0.9 våglängder**.

H.1 Stapling av flerbandsantenn

Det är något problematiskt att stapla flerbandsantenn, som HF fäll- (trap) yagis eller flerbands-quads. Det är möjligt att ha optimalt staplingsavstånd endast för ett band och alla andra band är mycket fel, vilket i allmänhet innebär mindre gruppförstärkning och ökade sidolobnivåer på dessa band. Men om du måste göra det, hitta det optimala staplingsavståndet för ett av banden (din favorit) och nöj dig sedan med mindre förstärkning och högre sidolober för alla andra band.

H.2 Vertikal stapling av riktantenn för olika band, som HF, VHF och UHF.

Vanligtvis installeras den högre frekvens antennen (till exempel VHF) ovanför den lägre frekvens antennen (till exempel HF) för att hålla de mekaniska påfrestningarna på rotatorn, masten, tornet osv. så låga som möjligt.



- a. Den bästa lösningen vore att ta reda på staplingsavståndet (se "H. Antennstapling" ovan) för den lägre frekvens antennen (HF i detta exempel) och installera den högre frekvens antennen (VHF i detta exempel) med det staplingsavståndet ovanför den lägre frekvens antennen. Det skulle dock innebära att den roterande masten ovanför den lägre frekvens antennen måste vara riktigt hög och kan orsaka mekaniska problem.

Detta är inte ett stort problem när man staplar VHF- och UHF-antennar, eftersom det mekaniska avståndet inte är så stort.

- b. Det är dock möjligt att minska staplingsavståndet avsevärt: Ta reda på staplingsavståndet (se "F. Antennstapling" ovan) för antennen med högre frekvens (VHF i det här exemplet) och installera den med det staplingsavståndet ovanför antennen med lägre frekvens. Detta kan göras eftersom:
- Antennen med lägre frekvens (HF i det här exemplet) är inte alls resonant på VHF-frekvenserna och när den är placerad på VHF-antennens avstånd, påverkar den inte funktionen på VHF-frekvenser.
 - Antennen med högre frekvens (VHF i det här exemplet) är inte alls resonant på HF-frekvenserna och när den är placerad på VHF-antennens avstånd, påverkar den inte funktionen på HF-frekvenser.
- c. Det finns en nackdel med det "smala" antennavståndet: Man kan inte använda de två antennerna samtidigt så att den ena sänder och den andra tar emot. Den utsända signalen, som fångas upp av mottagningsantennen, är med stor sannolikhet så hög att mottagarens RF-ingång är överbelastad och mottagaren är "död" eller producerar konstiga ljud under sändningar. Det beror mycket på kvaliteten på RF-filtreningen i mottagarens frontend. Det är dock mycket osannolikt att något faktiskt förstörs i mottagaren. För att kunna använda en radio för sändning och den andra för mottagning samtidigt kan man använda externa L/C-filter vid antennanslutningarna på de två transceiverna:
- Ungefär 40 MHz lågpasfilter för HF-radion. Detta filter måste kunna hantera transceiverns (*inte linjära förstärkarens!*) fulla sändningseffekt i alla HF-band.
 - Ungefär 120 MHz högpassfilter för VHF (145 MHz) radion. Detta filter måste hantera transceiverns (*inte linjära förstärkarens!*) fulla sändningseffekt i VHF-bandet.

Båda antennerna kunde naturligtvis alltid användas för samma ändamål (dvs. antingen mottagning eller sändning) samtidigt.

I. Elektrisk säkerhet för en radioamatörstation

Denna del handlar huvudsakligen om att skapa en säker radioamatörstation, och antensystemet är naturligtvis en del av elsäkerheten. Varje amatörradiostation måste skyddas mot elektriska stötar och överspänningar. Det finns två delar för att garantera stationens säkerhet:

- Skydd för farliga spänningar.
- Skydd för blixtnedslag.

I.1 Skydd mot farliga spänningar

Spänningsskydd gäller främst radiooperatören själv och alla som besöker stationen, inklusive familjemedlemmar. Tanken är att det inte får finnas något sätt för någon att vidröra delar som har farliga spänningar (inklusive 230 VAC elektriska ledningar).

I.1.a Mekaniskt skydd

All utrustning på en radioamatörstation måste täckas med lådor (kapslas in)! Det spelar ingen roll om utrustningen är tillverkad eller hemmagjord. Lådorna är oftast gjorda av metall, men de kan också vara gjorda av plast. **Lådorna får inte ha för stora hål** för ventilation osv. Kom ihåg att ett litet barn kan sticka in ett finger genom ett 5 mm hål.

Det mekaniska skyddet måste fungera för höga AC- och DC-spänningar, naturligtvis, men också för höga RF-spänningar. **RF kan orsaka allvarliga brännskador!** Till exempel är utgångsspänningen från en 1500 W linjär förstärkare till 50 Ω belastning (SWR 1.0:1) cirka 275 V_{RMS} eller 388 V topp eller 775 V topp-till-topp. Till 100 Ω belastning (SWR 2.0:1) vore RF-spänningen cirka 387 V_{RMS} eller 546 V topp eller 1091 V topp-till-topp.

I.1.b Säkerhetsjordning

All amatörradiostationsutrustning, som har en nätspänningsingång **MÅSTE vara säkerhetsjordad!** Det spelar ingen roll om utrustningen är tillverkad eller hemmagjord. Inne i utrustningen **MÅSTE jordningen alltid vara ansluten till metall-lådan eller chassit!** För det mesta görs säkerhetsjordningen genom nätsladden, som **MÅSTE ansluts till ett säkerhetsjordat vägguttag!**

När det gäller RF finns det dock ett stort problem med säkerhetsjordning i elnätet: Eftersom RF-jorden för de flesta amatörradioutrustningar är metalllådan eller chassit, som alltid måste vara anslutet till säkerhetsjord, **KOMMER elnätets säkerhetsjordledningar att vara en del av antensystemet**, vilket inte är en bra idé. Det kan leda till att den sända RF-signalen sprider sig överallt och orsakar störningar för annan elektronisk utrustning. Det kan också orsaka problem med antennmatchning på grund av oavsiktliga ledningar. Jag använder alltid en RF-drossel lindad över en ferritoroid i säkerhetsjordtråden på min stations kombinerade 230 VAC kabel, vilket separerar stationens RF-jord från elnätets säkerhetsjord. En 97 μH drossel har en reaktans på 1097 Ω vid 1.8 MHz och 18294 Ω vid 30 MHz. Drosseln bryter dock inte nätsäkerhetsskyddet eftersom dess kombinerade resistans och reaktans vid 50 Hz nätfrekvens är extremt låg (cirka 0.04 Ω).

Observera att de flesta amatörradiostationers 13.8 VDC strömförsörjning ansluter DC-sidans negativa (-) pol till transceiver chassit. Om man mäter med en ohmmeter mellan strömförsörjningens negativa utgång och dess metalllåda, finns det nästan alltid en öppen krets. MEN: Inne i strömförsörjningen kan det finnas en ganska stor keramisk kondensator från den negativa utgången till strömförsörjningslådan, vilket är en direkt RF-väg för transceiverns antennutgångs jord (= chassi) till elnätets säkerhetsjord.

All amatörradioutrustning som har en nätspänningsingång, oavsett om den är tillverkad eller hemmagjord, **bör ha nätspänningssäkringar FÖR BÅDA LEDNINGARNA (fas och retur)!** Tyvärr har de mesta tillverkade utrustningen bara en enda nätsäkring. Det är inte ett problem i vissa länder (till exempel England och USA), där nätkontakten bara kan sättas in på ett sätt i vägguttaget och säkringen alltid sitter i fasledningen. Det är dock ett problem i större delen av Europa eftersom nätuttagen (ofta av "schuko"-typ) inte har någon mekanisk polarisering och nätkontakten kan sättas in på båda hållen. Så det finns inget sätt att veta vilken tråd är fas eller retur inne i utrustningen och antingen kan göra en kortslutning i utrustningslådan. En säkring måste alltid gå i båda fallen.

I.2 Skydd mot blixtnedslag

Eftersom de flesta amatörradioantennerna installeras utomhus och ganska högt upp, kan de vara känsliga för blixtnedslag. **Observera dock att inget slags skydd fungerar mot ett direkt blixtnedslag!** På grund av extremt hög spänning och ström **kommer allt i blixstens väg att FÖRSTÖRAS HELT!** Det inkluderar själva antennen, dess mast eller torn, matningslinje, all radioutrustning och möjligen till och med ditt hus. Observera också att ett blixtnedslag kan hoppa flera meter genom luften och fortsätta förstörelsen på nästa plats. Även om det finns en åskledare i huset finns det inga garantier för att blixten "vill" slå ner exakt där.

Lyckligtvis är det ganska sällsynt att blixten slår direkt ner i en amatörradioantenn. De mycket höga sändningstornen (AM, TV, FM) är en helt annan sak. Du behöver dock skydd för närliggande blixtnedslag. Även ett nedslag flera hundra meter bort kan orsaka skador på amatörradiostationen på grund av mycket höga spänningar som induceras i antennen.

Som ett första skydd bör antennens metallmast eller torn jordas till riktig jord. Bra jordning kan ibland vara ganska svår på grund av jordtypen, dvs. dess konduktivitet. Observera att jordning inte behöver vara bra i RF-bemärkelse, men det bör vara bra för AC och DC. I princip bör "jordanslutningen" bara vara i storleksordningen ett par Ω , men hur kan man mäta den? Jordens konduktivitet varierar också mycket beroende på dess fukthalt. Torr mark kan nästan vara en isolator, men när den är våt, som under ett åskväder, kan den ha en ganska låg resistans. I princip är sten alltid en isolator.

Nästa skyddsmetod kunde vara ett överspänningsskydd i antennens koaxialkabel, **men kan det verkligen skydda din station?** Överspänningsskydd för amatörradiobruk har UHF-kontakter för ingång och utgång och en gasfylld "kapsel" som överspänningsskydd. Överspänningsskydd är vanligtvis specificerade för maximal effekt, **men endast i 50 Ω kretsar**. Om koaxialkabeln har en hög impedans (till exempel SWR är mer än 1.5:1), måste gaskapselns "tändspänning" beräknas från den angivna effekten och impedansen (= 50 Ω): **Up = 1.41 x SQR (P x Z)**. Till exempel, i ett 2000 W överspänningsskydd är toppspänningen i en 50 Ω matnings-

linje 445 V. Du måste se till att toppspänningen (inte RMS eller topp till topp) för din RF-signal aldrig överstiger detta värde. Till exempel: för en belastning på 100Ω (SWR = 2.0:1) är den maximalt tillåtna effekten för ett 2000 W överspänningsskydd endast 996 W: $U = U_p / 1.41$ och $P = U^2 / Z$. Annars triggas också RF-signalen gaskapseln, vilket orsakar splatter och eventuella skador på sändaren. När gaskapseln leder är den praktiskt taget en kortslutning. **Överspänningsskyddet måste alltid jordas direkt till stationens gemensamma RF-jordpunkt.** Observera dock också att **överspänningsskyddet kanske inte kan skydda mottagarens frontände från blixtnedslag i närheten.** Vanligtvis är gaskapseln "tändspänning" för hög (flera hundra volt) och mottagarens frontände tål inte sådana spänningsspikar.

Den sista försvarslinjen skulle vara att koppla bort antennkablarna när ett åskväder närmar sig. Placera dock de fränkopplade kabelkontaktarna på en sådan plats där eventuella överspänningsspikar (dvs. gnistor från kontakten) inte kan orsaka problem. När jag gick i skolan hade jag en slags dipol (ca. 40 m lång) för kortvåg AM SWL. Den matades med en 300Ω parallell linje. När kabeln kopplades bort från mottagaren var gnistorerna mellan ledningsändarna cirka 100 - 150 mm långa, även om åskvädet inte var direkt ovanför.

När jag fortfarande var i Finland orsakade ett blixtnedslag på en kulle cirka 100 m bort skador på min K2/100-radio. I mitt fall var det bara SWR-detektordioderna på 100 W linjärförstärkaren (KPA100) som brändes och K2 RX-delen var fortfarande OK.

Nu använder jag ett "automatiskt" åskskydd med ett effektrelä. Reläet får ström direkt från transceiverns 13.8 VDC strömförsörjning. Så när strömförsörjningen är AVSTÄNGD kopplar reläet bort antennen från transceivern och dess normalt slutna (NC) kontakt kortsluter antenn koaxialkabelns mitt-tråd till stationens gemensamma RF-jordpunkt. Kabelskärmen är naturligtvis alltid ansluten till RF-jord. När strömförsörjningen är PÅ aktiveras reläet och transceivern ansluts till matningslinjen via reläets normalt öppna (NO) kontakt. Om du är på banden kan du höra det annalkande åskvädet på många kilometers avstånd, när mottagarens ljud börjar spraka. När blixtar börjar synas på himlen är det dags att stänga av stationen. I alla fall vore det ganska svårt att skapa kontakter på grund av mycket starka störningar.

J. Förkortningar

Det finns många förkortningar som används inom radioteknik och mer allmänt inom elektronik. I början använde alla sina egna förkortningar, så för att underlätta informationsutbyte har de internationellt standardiserats för många decennier sedan. De används i olika formler och som symboler för olika värden. Nedan är exempel på de vanligaste:

J.1 Formelsymboler

- U (i vissa länder V) = Elektrisk spänning
- I = Elektrisk ström
- R = Elektriskt motstånd
- P = Elektrisk kraft (effekt)
- Z = Elektrisk impedans (AC "motstånd"). Blanda inte ihop detta med motstånd (R). De är inte samma sak.
- λ (liten grekisk bokstav "lambda") = Våglängd
- +j = Induktiv reaktans (AC-reaktans för en spole)
- -j = Kapacitiv reaktans (AC-reaktans för en kondensator)
- $^\circ$ = Fasvinkel i grader. Vinkeln för en sinusvåg vid en viss tidpunkt. Grader används också till exempel för fasskillnad mellan två AC-signaler.
- rad = Fasvinkel i radianer. 1 rad = 57.2958 grader

J.2 Multiplikatorer

Multiplikatorerna används för alla typer av värden för att göra textens längd kortare:

- p = "piko" = $1/1'000'000'000'000$ = 1000 miljarder delen
- n = "nano" = $1/1'000'000'000$ = 1 miljarddel
- μ = (liten grekisk bokstav my) "mikro" = $1/1'000'000$ = 1 miljonte delen
- m = "milli" = $1/1000$ = 1 tusendels del. **Blanda INTE detta med "M" = "mega"!**
- " " (ingen multiplikator) = En (1) gång
- k = "kilo" = 1000 gånger

- M = "mega" = 1 000 000 gånger. = 1 miljon gånger. **Blanda INTE detta med "m" = "milli"!**
- G = "giga" = 1 000 000 000 gånger = 1 miljard gånger
- T = "tera" = 1'000'000'000'000 gånger = 1000 miljarder gånger

Till exempel:

- "120 pF" = 0.000'000'000'12 F (farad)
- "560 Ω" = 560 Ω (ohm)
- "14.25 MHz" = 14'250'000 Hz (hertz)

För mig verkar det som om att, till exempel i USA, vet folk fortfarande inte (år 2024) hur man använder multiplikatorerna korrekt, vilket resulterar i misstag och icke förnuftiga värden.

Notera! Multiplikatorerna i listan är de vanligaste inom elektronik och radioteknik! Det finns också många "mellanliggande multiplikatorer" som inte nämns i listan. Se t.ex.:
https://en.wikipedia.org/wiki/Metric_prefix

J.3 Symboler för värden

Multiplikatorerna ovan används för alla värden.

J.3.a Mekaniska mått

- mm = millimeter = 1/1000 meter (= 0.03937 inch). I allmänhet används millimeter (mm) i alla europeiska mekaniska ritningar.
- m = meter (= 39.37 inch = 3.28084 fot).
- km = kilometer = 1000 meter = 0.621371 miles
- " (eller in) = tum (25.4 mm)
- mil = 1/1000 tum (0.0254 mm)
- ft = fot (304.8 mm)
- yd = yard (0.9144 m)
- mi = mile (1609.34 m = 1.60934 km)
- ° = vinkel i grader. Rätt vinkel är 90°.
- ² (upphöjt "2") = kvadrat (yta). Till exempel 100 mm² = en yta på 100 kvadratmillimeter.
- ³ (upphöjt "3") = kub (volym). Till exempel 100 mm³ = en volym på 100 kubikmillimeter.

I länder där det imperialistiska mätsystemet används (särskilt USA), är omvandlingarna mellan olika dimensioner komplicerade. Jag har flera gånger märkt att till exempel datorprogram baserade på det imperialistiska mätsystemet inte kan konvertera dimensioner korrekt till och från det metriska systemet.

J.3.b Grundsymboler för elektriska värden

- V = Volt (för spänning)
- A = Amper (för ström)
- W = Watt (för effekt)
- Ω (grekisk stor bokstav "omega") = Ohm (för motstånd, impedans eller reaktans)
- F = Farad (för kapacitans)
- H = Henry (för induktans)
- Hz = Hertz (för frekvens)
- DC = Likström
- AC = Växelström
- VDC = Likspänning
- VAC = Växelspänning

J.4 ITU frekvensområden

Enligt konvention delar ITU (Internationella telekommunikationsunionen inom FN) radiospektrumet i 12 frekvensband, som vart och ett täcker ett decennium av frekvenser. Varje band har sitt eget namn. Särskilt förkortningar som "HF", "VHF", "UHF" osv. används ofta i alla typer av dokument som hanterar radiofrekvenser:

- ELF (Extremely Low Frequency, extremt låg frekvens) = 3 ... 30 Hz
 - Inga amatörradioband
- SLF (Super Low Frequency, superlåg frekvens) = 30 ... 300 Hz
 - Inga amatörradioband
- ULF (Ultra Low Frequency, ultralåg frekvens) = 300 Hz ... 3 kHz
 - Inga amatörradioband
- VLF (Very Low Frequency, mycket låg frekvens) = 3 ... 30 kHz
 - Inga amatörradioband
- LF (Low Frequency, låg frekvens, "Långvåg") = 30 ... 300 kHz
 - Radioamatörer: 2200 m, 135.7 ... 137.8 kHz
- MF (Medium Frequency, medelfrekvens, "Medelvåg") = 300 kHz ... 3 MHz
 - Radioamatörer: 630 m (472 ... 479 kHz), 160 m (1.81 ... 2.00 MHz)
- HF (High Frequency, hög frekvens, "Kortvåg") = 3 ... 30 MHz
 - Radioamatörer: 80 m (3.5 ... 3.8 MHz), 60 m (5.3515 ... 5.3665 MHz), 40 m (7.0 ... 7.2 MHz), 30 m (10.10 ... 10.15 MHz), 20 m (14.00 ... 14.35 MHz), 17 m (18.068 ... 18.168 MHz), 15 m (21.00 ... 21.45 MHz), 12 m (24.89 ... 24.99 MHz), 10 m (28.0 ... 29.7 MHz)
- VHF (Very High Frequency, mycket hög frekvens) = 30 ... 300 MHz
 - Radioamatörer: 6 m (50 ... 52 MHz, Europa), 4 m (70.0 ... 70.5 MHz, Europa), 2 m (144 ... 146 MHz, Europa)
- UHF (Ultra High Frequency, ultrahög frekvens) = 300 MHz ... 3 GHz
 - Radioamatörer: 70 cm (430 ... 440 MHz, Europa), 23 cm (1.24 ... 1.30 GHz, Europa), 13 cm (2.30 ... 2.45 GHz)
- SHF (Super High Frequency, superhög frekvens) = 3 ... 30 GHz
 - Radioamatörer: 9 cm (3.400 ... 3.475 GHz), 6 cm (5.65 ... 5.85 GHz), 3 cm (10.0 ... 10.5 GHz), 12 mm (24.00 ... 24.25 GHz)
- EHF (Extremely High Frequency, extremt hög frekvens) = 30 ... 300 GHz
 - Radioamatörer: 4 mm (75.5 ... 81.5 GHz), 2 mm (122.25 ... 123.00 GHz), 134.0 ... 141.0 GHz, 241.0 ... 250.0 GHz
- THF (Tremendously High Frequency, enormt hög frekvens, "Terahertz") = 300 GHz ... 3 THz
 - Inga amatörradioband

Radioutbredningsegenskaperna ("DX") för banden som listas ovan skiljer sig avsevärt från varandra. Det har varit den ursprungliga anledningen till bandindelningen. Frekvensgränserna för banden har ändrats många gånger, tills ovanstående indelning godkändes av den internationella radiokonferensen i Atlantic City, NJ, USA 1947. Så, till exempel, som du kan se i listan ovan, är 6 m bandet (50 ... 52 MHz) faktiskt VHF, även om det ofta ingår i moderna HF-transceivrar.

K. Efterord

Jag hoppas att detta dokument hjälper till att förstå de många aspekterna av antensystem och hur de påverkar varandra. Jag vet att det finns mycket information här att komma ihåg, men jag har egentligen inte skrivit så mycket om de finare aspekterna av effektivt fungerande antensystem. Den här texten handlar mer om allmänna regler.

Jag hoppas att denna text är tillräckligt förståelig för svensktalande. Svenska är inte mitt modersmål. Jag studerade "obligatorisk" svenska i 6 år i skolan i Finland, men det var ungefär 65 år sedan. Jag använde Google Translate för att översätta det mesta av texten från engelska till svenska. Generellt sett är Google Translate väldigt dålig på tekniska översättningar och verkar vara ännu sämre med svenska än andra språk.

På grund av dessa översättningsproblem bad jag min svensktalande vän, fysikern Lars Silén (inte en radioamatör) från Finland att kontrollera språket och korrigera terminologin. Jag anser att den här översättningen är mycket bättre nu än min ursprungliga.

73, Jukka - SV9RMU och OH2AXE
e-post: oh2axe@gmail.com