

Materijali za izradu antena

Aluminijum

Kako izabrati cijev od alumnijuma za antenu - Standardne dimenzije cijevi - Kako spojiti dvije cijevi – Treba li alumnijum zaštititi od korozije-

Metal srebrnasto bijele boje, male specifične težine, ne hrdja, dobar provodnik električne struje pa prema tome dobar i za antene , kod nas se teško nalazi u slobodnoj prodaji a kad ga ima onda je uglavnom skuplji nego što očekujemo, glavni izvor ipak – Otpad . To bi trebali da znamo skoro svi . Ideja ovog članka je da cijenjenom čitateljstvu kažemo još ponešto što se možda ne zna ili se znalo pa se zaboravilo ili nešto na što se manje obraća pažnja a možda i nešto što ste uvijek htjeli da znate ali niste imali gdje da pročitate ili da nekoga upitate. Naravno, tu se krije opasnost da ne zalutamo previše u dubine hemije ili metalurgije koje se ne mogu potpuno zaobići kad se govori o Aluminijumu ali ćemo se truditi da što je moguće manje tamo zalazimo.

Aluminijum - hemijski znak Al , prvi put dobijen tek prije nešto više od 140 godina za razliku od nekih drugih metala otkrivenih prije nekoliko hiljada godina kao što su bakar i željezo. Alumnijum je danas jedan od najrasprostranjenijih hemijskih elemenata na Zemlji – odmah iza kiseonika i silicijuma. Čini oko 7% Zemljine kore skriven u rudama, uglavnom u boksitu. Najveća svjetska nalazišta su u USA, Rusiji, Gvajani, Madjarskoj a tu bi se negdje mogla svrstati i BiH sa svojim nalazištem boksita kod Vlasenice.

Ima gustoću od 2700 kg/m³ ili odprilike jednu trećinu gustoće željeza što znači da je tri puta lakši od željeza, dobro se obradjuje, ne otrovan, nemagnetičan, postojan na vazduhu (iako nije potpuno otporan na koroziju - o tome malo kasnije) jer uz prisustvo kiseonika brzo formira zaštitni oksidni sloj Al₂O₃ , može se ispolirati do visokog sjaja, lahko se obradjuje pa je zbog toga vrlo popularan. Ako je velikog procenta čistoće (99.99%) ima malu čvrstoću (oko 49 MPa) i generalno slabe mehaničke osobine. Zbog toga, kao takav nema velike praktične vrijednost za nas radioamatere. Dodavanjem neki drugih elemenata kao što su

Mangan, Cink, Bakar, Magnezijum, Silicijum itd u procesu proizvodnje aluminijuma mijenjaju se značajno karakteristike aluminijuma. U zavisnosti od toga koliko je procentualno i kojeg elementa dodano, zavisice i karakteristika dobivenog aluminijuma odnosno aluminijumske legure u smislu poboljšanja mehaničkih osobina- obradivosti, zatezne čvrstoće, tvrdoće, elastičnosti itd. Zatezna čvrstoća se kreće u rasponu od 49 MPa za vrlo čisti Aluminijum pa do 700 Mpa za legirani i termički doradjeni. Naknadnom termičkom obradom, kalenjem i starenjem se dodatno poboljšavaju mehaničke osobine. Osim termičke dorade koristi se i hladna dorada kao što je kovanje ili neki drugi postupak kojim se sabija medjumolekularna struktura i time poboljšavaju mehaničke osobine. A sada pitanje koje nas najviše interesuje: - koja vrsta aluminijuma je najbolja za antene i kako mi sad da znamo napraviti razliku izmedju onog koji je dobar za antenu a koji nije,?

5454	5454	AlMg2.7Mn	AlMg3Mn	A5454	5454			9005/3		38-345
5754		AlMg3	AlMg3		5754	2584	4125			38-339
6005		AlMgSi0.7	AlSiMg		6005A			9006/6		38-349
6060	6063	AlMgSi0.5	AlMgSi	A6063	6060		4103	9006/1	17310	38-350
6061	6061	AlMg1SiCu	AlMg1SiCu	A6061	6061			9006/2		38-342
6063	6063	AlMgSi0.5	AlMg0.7Si	A6063		2591	4104		17310	38-337
6082	6082	AlMgSi1	AlSi1MgMn		6082	2593	4212	9006/4	17305	38-348
6101	6101	AlMgSi0.5	AlMgSi	A6101			4102	9006/3		38-343
6351			AlSi1Mg0.5Mn						17305	38-334
6463	6463									
7010	7010		AlZn4.5Mg1					9007/4		
7020	7020	AlZn4.5Mg1	AlZn4.5Mg1	A7N01	7020	2596	4425	9007/1	17410	38-374
7075	7075	AlZnMgCu1.5	AlZn5.5MgCu	A7075	7075			9007/2		38-371

Tabela 2

U svijetu aluminijuma dominiraju američke oznake (prema ANSI) kao najvećih proizvođača koje su usvojene od strane Aluminium Associate, pa ćemo stoga govoriti malo više o kvalitetima aluminijuma prema američkom načinu označavanja. Aluminijum je svrstan u 8 grupa četverbrojčanih oznaka kojim obično prethode dva slova A (AA- Aluminium Associates) 1 do 8 (1XXX,2XXX,3XXX,4XXX,5XXX,6XXX,7XXX i 8XXX gdje su XXX brojevi koji zavise hemijskog sastava aluminijuma). Evropski standard (EN) ima dvostruki sistem označavanja , jedan prema hemijskom sastavu (kao ISO ili DIN) i drugi numerički uz prefix EN koji je ekvivalent AA (Aluminium Assotiaion).

Reći ćemo ponešto o svakoj grupi.

- 1XXX predstavlja čisti aluminijum sa 99.0 % ili više aluminijuma. Ima vrlo dobru obradivost, veliku otpornost na koroziju, odličnu toplotnu i električnu provodljivost i slabe mehaničke osobine.
- 2XXX Glavni legirajući element aluminijuma ove serije je Bakar (Cu) a sekundarni je magnezijum (Mg). Uz dodatnu termičku obradu i vještačko starenje može se značajno povećati čvrstoća. Ima slabu otpornost prema koroziji.
- 3XXX Glavni legirajući element je Mangan (Mn) s tim da je ograničen procenat mangana koji se može dodavati (max do 1.5%). Obično se ne doradjuje termički., manje zatezne čvrstoće
- 4XXX Glavni legirajući element je Silicijum (Si) kojeg može biti do 12 % čime se značajno smanjuje tačka topljenja a da se pri tom ne povećava krtoš tako da se uglavnom koristi kao materijal za elektrode za varenje. Ne doradjuje se termički.
- 5XXX Glavni legirajući element Magnezijum (Mg). Ima dobru čvrstoću do vrlo dobru čvrstoću i vrlo široku primjenu, ima vrlo dobre osobine kod varenja, dobru otpornost prema koroziji i postojanost u morskoj vodi. Ne doradjuje se termički.
- 6XXX Glavni legirajući element su Magnezijum (Mg) i Silicijum (Si) i to u približnom omjeru tako da formiraju magnezijum silikat, ima dobru obradivost, relativno dobre zatezne čvrstoće uz dobru otpornost prema koroziji i zadovoljavajuću provodljivost. Termičkom doradom se poboljšavaju mehaničke osobine. U širokoj je upotrebi i najinteresantniji za nas za izradu antena.

- 7XXX Glavni legirajući elemenat je Cink (Zn) u količini od 1% do 8% a kad se tu doda još malo magnezijuma i bakra pa se termički doradi, onda se dobije vrlo velika tj najveća čvrstoća. Ima odličnu obradivost i otpornost prema koroziji. Upotrebljava se najviše u avionskoj industriji (naročito 7049, 7050 i 7075) i tamo gdje su dijelovi izloženi ekstremnim naprezanjima.
- 8XXX Neki drugi elementi kao npr Aluminijum-Litijum

Druga cifra predstavlja modifikaciju u leguri, ako je drugi broj 0 onda se radi o originalnoj leguri. Treći i četvrti broj nemaju neko posebno značenje predstavljaju samo različite vrste u istoj grupi.

Osim četverocifrenih oznaka mogu da stoje i oznake F, O, Hx i Tx a one predstavljaju:

F- onako kako je prizveden (bez naknadne obrade)

O- okaljen

T- Termički obradjen najbolji kvalitet daju T3, T6 i T9

H- poboljšan hladnim postupkom (kovanjem npr) ,veći broj znači čvršći

Ovdje bi sad došlo i ovakvo podpitanje : - Našli smo cijev na otpadu medjutim nema nikakve oznake - je li dobra za antenu ili nije ?? Nažalost, ovdje je teško dati jednostavan odgovor i bez detaljnog laboratorijskog ispitivanja (u prvom redu mislim na prekidnu čvrstoću a onda i ispitivanje hemijskog sastava) ne može se znati o kojoj vrsti alumnijuma se radi. Za jednostavnije projekte kao što je vertikalna antena nema problema šta god da nadjemo. Medjutim za ozbiljnije projekte kao što su multielementne antene pogotovo za niže frekvencije gdje su dimenzije veće a ulaganja znatna, bio bi preveliki rizik uzimati cijevi nepoznatog kvaliteta.

Zbog svojih prosječno dobrih mehaničkih i električnih karakteristika uz zadovoljavajuću otpornost na koroziju alumnijum oznake 6061 se najčešće susreće u upotrebi u Americi dok se u Europi najčešće koristi 6082. Treba zapamtiti oznaku 6061-T6 alumnijuma kojise najčešće koristi za izradu antenna. A najveću zateznu čvrstoću imaju grupe 2xxx, 6xxx i 7xxx

Debljina zida cijevi ili stijenka cijevi igra važnu ulogu pri odabiru cijevi za antenu. Od toga zavisi ukupna težina antene, ukupna čvrstoća , progib elemenata kao i način spajanja cijevi.

Postoji više načina spajanja cijevi. Na slici 1 se vidi nekoliko načina kako se dvije cijevi koje ulaze jedna u drugu , spajaju (nastavljaju). Najbolji spoj i mehanički i električni se ostvaruje varenjem. Za varenje se koriste razni metodi a dva najvažnija postupka varenja su TIG (Tungsten Inert Gas) i MIG (Metal Inert Gas). Varenje alumnijuma se izvodi specijalnim postupkom postupkom gdje se kompletan proces varenja odvija u zaštitnoj atmosferi nekog inertnog gasa (da bi se spriječio kontakt sa kiseonikom iz vadauha kao što je argon. Odlučite li da demontirate ovako spojene elemente – samo vam pila može pomoći.

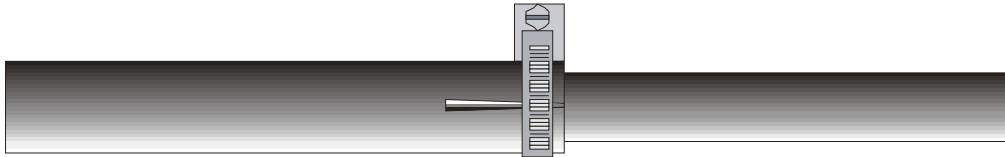
Slijedeći način spajanja je uz pomoć obujmice od nehrdjajućeg čelika koja omogućava podešavanje dužine (naravno uz uslov da su i šarafi nehrdjajući). U ovom slučaju se mogu spajati cijevi kod kojih je vanjski prečnik tanje cijevi i puno manji od unutrašnjeg prečnika deblje cijevi. Pri tome se cijev većeg prečnika razreže na mjestu spajanja. Spajanje obujmicom obezbjedjuje kasnije jednostavnu promjenu dužine odnosno poštivanje tako da obujmicu treba obavezno upotrijebiti

barem na jednom mjesto tamo gdje elemenat završava zbog podešavanja na rezonantnoj frekvenciji. Spajanje zavrtnjima sa maticom se izvodi tako što se ubaci tanja cijev u deblju a onda se izbuše rupe za zavrtnj kroz obadvije cijevi. Ovdje je bitno da je zazor između cijevi što manji (npr ako je cijev vanjskog prečnika $\varnothing 25\text{mm}$ a debljina stijenke zida cijevi 1.5mm znači da je unutrašnji prečnik $\varnothing 22\text{mm}$ – slijedeća tanja cijev treba imati vanjski prečnik $\varnothing 22\text{mm}$). Zazor rupe i zavrtnja također treba biti što manji odnosno skoro isti. Zavrtnj se fiksira maticom koja se mora obezbjediti protiv samoodvrtanja tako što se koriste posebne vrste podloški koje su nazubljene ili se koriste matice sa osiguračem od samoodvrtanja (lahko se prepozna po plastičnom prstenu na jednoj strani matice). Umjesto zavrtnjeva sa maticom mogu se koristiti i zavrtnji za lim koji imaju specifičnu konstrukciju koja obezbjeđuje dobar spoj,

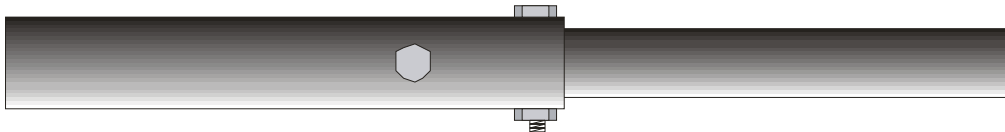
Spajanje varenjem



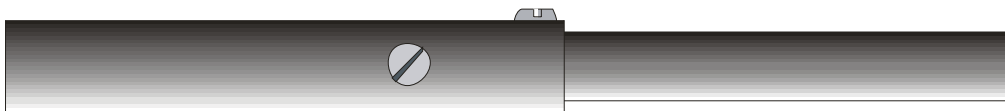
Spajanje obujmicom



Spajanje sa zavrtnjem i maticom



Spajanje sa zavrtnjem za lim



Spajanje sa nitnama



Slika 1

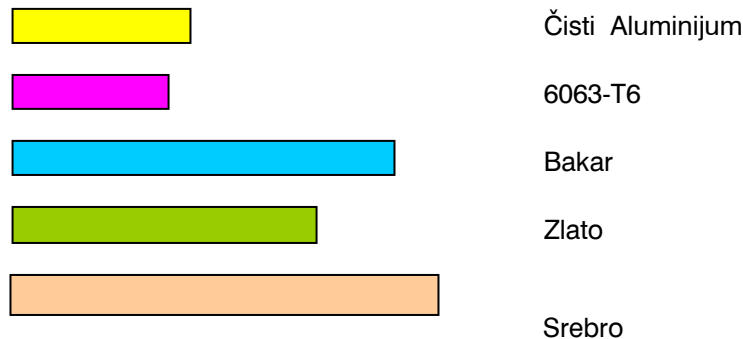
Naravno i za zavrtnje važi da moraju biti od nehrđajućeg čelika. Od ostalih krutih spojeva najpouzdaniji je spoj sa aluminijumskim nitnama. Takav spoj je stalan i koristi se ako se ne planira

rastavljanje antene. Prilikom spajanja cijevi vrlo je bitno da je spoj čvrst i bez zazora. Svaki zazor ostavlja mogućnost vibriranja antena i na najmanjem povjetarcu što na kraju može rezultirati pucanju usljed zamora materijala. Prije spajanja dvije cijevi potrebno je očistiti mjesto spajanja brusnim papirom i premazati sa masti koja poboljšava provodljivost (Pentrox, Noalox.).

Da li je potrebno zaštititi aluminiyum ? Rekli smo već da čisti aluminiyum reaguje sa kisikom iz vazduha i formira vrlo tanak oksidni sloj Al_2O_3 koji je postojan i otporan na koroziju. Pitanje je da li je taj sloj Al_2O_3 dovoljan da potpuno zaštiti aluminiyum od korozije. Odgovor je ne a da bi smo razumjeli i zašto rećićemo nešto više o koroziji. Ako sredina u kojoj se nalazi aluminiyumima pH vrijednost manju od 4 (kiselina) ili veću od 8.5 (alkalije ili baze) oksidni sloj će postepeno slabiti i aluminiyum će počiti da nagriza korozija. To se može desiti na cijeloj površini ako je okolina jako agresivna ili lokalno ako je na pojedinim djelovima oslabio oksidni sloj Al_2O_3 . U nekim vrlo specijalnim slučajevima može se javiti tzv Mikrobna korozija usljed mikroba i bakterija ako okolina sadrži neke sulfate. Znači da je potrebno preduzeti određene mjere na zaštiti od korozije. To su: farbanje raznim zastitnim premazima, bjacovanjem, izbjegavanjem direktnog kontakta aluminiyuma sa nekim plemenitim metalima zbog mogućnosti galvanske korozije (Al predstavlja katodu, a plemeniti metal anodu u elektrolitičkom procesu koji se može desiti).

Kad govorimo o antenama onda možemo reći da se antene u 99% slučajeva prave ili od žice ili od cijevi. Ako se prave od žice onda se koristi uglavnom bakar. Ako se prave od cijevi onda je sigurno aluminiyum nezamjenjiv i to poaprije zbog svoje male specifične težine i relativno dobre provodljivosti. Da odmah razjasnimo šta je to relativno dobra provodljivost. Bakar ima dvostruko bolju provodljivost električne struje od aluminiyuma (!) Medjutim ako se upoređuje ili uz malo matematike $Provodljivost = 1/Otpornost$, tj recipročna vrijednost otporu. $Otpornost = Specifični otpor X Poprečni presjek / Dužina provodnika$ - onda se dolazi do zaključka da je Provodljivost aluminiyuma po jedinici težine duplo veća od bakra kao što je to prikazano u Tabeli 3

Poredjenje provodljivosti materijala



Provodljivost po jedinici težine



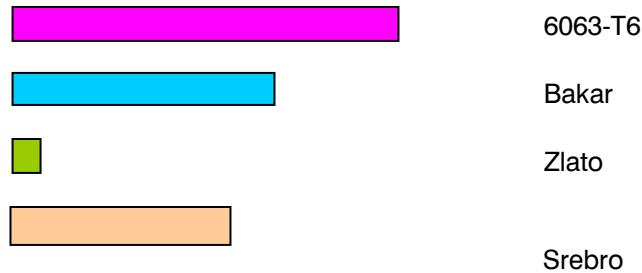


Tabela 3

To što alumnijum ima puno slabiju provodljivost odnosno veći specifični otpor od bakra ne utiče značajno na efikasnost antene s obzirom da je ukupna efikasnost antene predstavlja odnos između otpora zračenja i ukupnog otpora a ukupni otpor se sastoji od otpora zračenja, otpora provodnika i dielektrika i otpora uzemljenja pri čemu je otpor provodnika puno manji u odnosu na druga tako da se skoro može zanemariti a što znači da nema velikog uticaja na efikasnost antene. Cijenjeno čitateljstvo može pogledati rad W4RNL na www.cebik.com (A note on Wire Size and Material) na ovu temu gdje eksperimentalno pokazao da je efikasnost antene od alumnijuma samo 2% manja od bakarne.

Rekli smo već da se alumnijum oznake 6061 uglavnom upotrebljava za izradu antena pa ćemo dati malo više podataka o njemu tako da se može eventualno vršiti poredjenje sa nekim drugim kvalitetima

	Zatezna čvrstoća MPa	Granica plastičnosti MPa	Produljenje %	Tvrdoća HB
6061-T6	240-310	270-330	8-12%	85-105

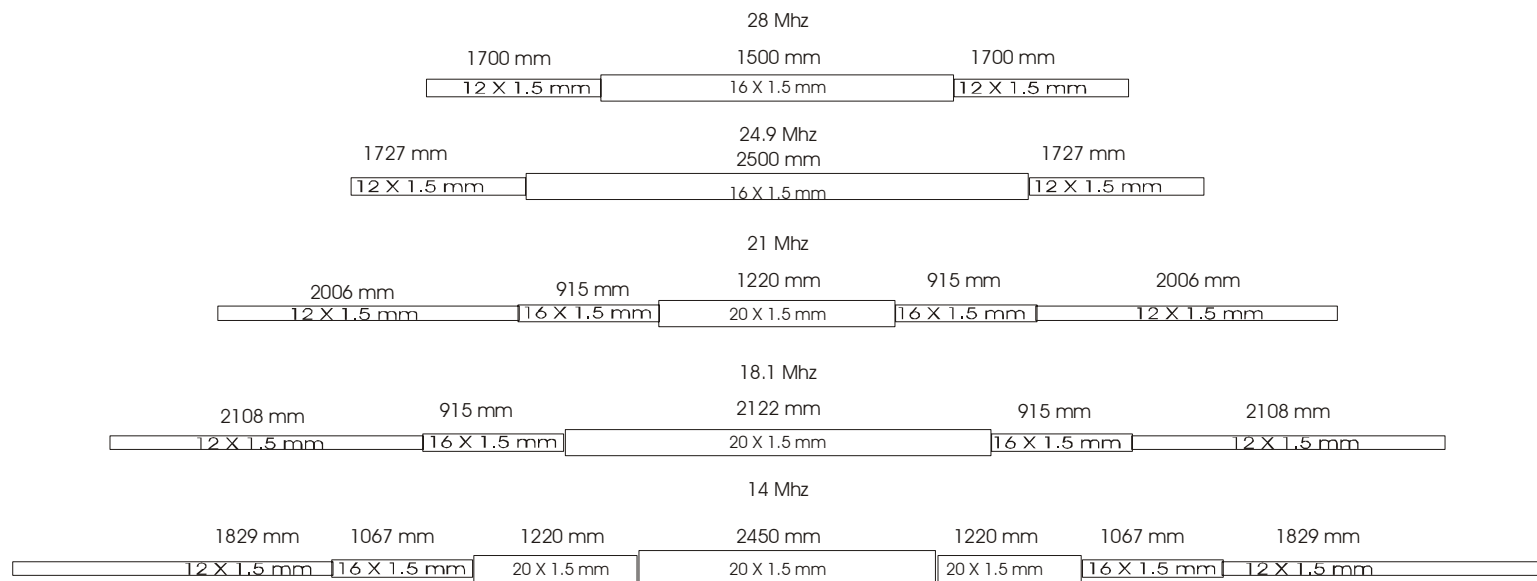
Zatezna čvrstoća 6061 je u granicama od 200-310 Mpa a što uglavnom zavisi od naknadne termičke obrade, tako bi za 6061 T4 bila oko 200 Mpa a za 6061 T6 oko 300 Mpa. Tvrdoća po Brinnelu (HB) bi bila oko 85-105.

Alumnijum se uglavnom koristi za izradu Yagi antenna, Log periodic, HB9CV, Moxon i td. Tamo gdje se antene sastoje od dipola i jedan ili više parazitnih elemenata. Postoje neki iskustveni podaci provjereni u praksi o veličini cijevi koje treba koristiti. Prije svega veličina srednje noseće cijevi ili buma mora biti pažljivo dimenzionisana jer od nje zavisi ukupna stabilnost antene. Prečnika buma će zavistiti od nekoliko faktora a to su težina, ukupan broj elemenata i ukupna dužina. Tako npr cijev prečnika 32mm će bez problema nositi 3 elementa Yagi za 10m ili 2 elementa za 15m. Prečnik od 50mm će biti dovoljan za 5-6 elemenata na 10m, 4 elementa na 15m i 3 elementa na 20m. Pri tome se ne preporučuje da dužina buma bude veća od 7m. Prema ARRL-ovoj knjizi o antenama, za bum dužine 7m i preko najbolja je cijev prečnika 60-80mm i takav bum može nositi 5 elemenata za 20m. Debljina stijenke je 1.5mm.

Elementi napravljeni od jedne cijevi istog prečnika nisu vrlo praktični zbog velikog opterećenja na krajevima i pri tom savijanja krajeva cijevi. Zbog toga se elementi prave teleskopski tj od više cijevi različitih prečnika tako što se cijevi uvlače jedna u drugu kao što je prikazano na Slici 2. Na taj način se smanjuje ukupna težina antene, poboljšava mehanička stabilnost i naravno smanjuje cijena koštanja. Električna dužina elementa od cijevi iz jednog komada i elementa od dvije cijevi teleskopski nastavljene koje imaju isti ekvivalentni srednji prečnik $(d1+d2/2)$ neće biti ista znači da

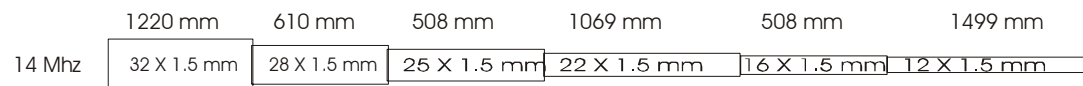
neće rezonovati na istoj frekvenciji. Nastavljene cijevi moraju imati veću dužinu pa zhtjevaju proračun korekcije dužine.

Na Slici 2 je prikazan primjer spajnja cijevi različitog prečnika za različite frekvencije od 14 MHz do 28 MHz. Predstavljene su približne vrijednosti dužina elemenata i svakako za svaki konkretan slučaj treba izvršiti proračun. Danas se to uglavnom ne radi "pješke" nego uz pomoć računara a poznat je program YO - Yagi optimizer koji se može naći besplatno na internetu na <http://www.qsl.net/wb6tpu>. Program će za odredjenu frekvenciju izvršiti proračun i optimizaciju dimenzija elementa, pojačanja, odnosa naprijed-nazad kao i korekcije usljed različitih prečnika.



Slika 2

Ili druga varijanta samo za 14 MHz prikazana na Slici 3. Sam jedna polovina elementa je prikazana i ovakva konstrukcija će biti sigurno stabilnija u uslovima jačih vjetrova, uz uslov da su svi spojevi dobro uradjeni.



Slika 3

Izvori:

ARRL Antenna Handbook

www.alfed.org.uk

www.stosc.stsci.edu

www.blecha.at

<http://rf.rfglobalnet.com>

www.cebik.com

www.alu-info.dk

www.aluminium-components.hydro.com

www.epma.com