

# Uticaj nosača na Yagi Antenu

Dragoslav Dobričić, YUIAW

[dragan@antennex.com](mailto:dragan@antennex.com)

## Uvod

Nosač Yagi antene je neizbežni deo njene konstrukcije. Teorijski, Yagi antena može da radi dobro i bez nosača. Praktično, to je moguće jedino ako je nosač napravljen od električno neprovodnog materijala (drvo, fiberglas, itd.) uz izvesna mehanička i druga ograničenja vezana sa održavanjem i vremenom trajanja.

U stvari, metalni nosač nije deo aktivnog sistema antene koji zrači nego je neizbežan deo njene noseće strukture zbog zemljine gravitacije.

Yagi antena može biti sagrađena tako da su njeni elementi izolovani i udaljeni od metalnog nosača ili da prolaze kroz njega. Ovaj drugi metod može biti izveden na dva načina: prvi, da su elementi električno spojeni za metalni nosač, i drugi, da su elementi izolovani od metalnog nosača. Svi ovi načini montaže elemenata na nosač imaju svojih prednosti i mana kao i različit uticaj nosača na elemente antene.

Kako taj nepotreban ali neizbežan „uljez“ utiče na performanse Yagi antene?

To je pitanje koje me je podstaklo da započnem obiman posao na kompjuterskim simulacijama antena čiji bi rezultati mogli bolje da osvetle ovaj problem.

## Kako uraditi posao?

Programi za simulaciju antena bazirani na Numerical Electromagnetics Code (NEC) i njegovim varijantama su najčešći i najjednostavniji način da se simulira rad Yagi antene i dobiju njene karakteristike. Ti programi koriste matematičku metodu za analizu antena poznatu pod imenom Method of Moments (MoM) koja ima mnogih prednosti ali i nekoliko ograničenja. Neka od tih ograničenja su potpuno neprihvatljiva za simulacije uticaja nosača na performanse Yagi antene.

Najproblematičnija ograničenja su netačne simulacije kada su provodnici na malom međusobnom rastojanju u odnosu na svoju debljinu i potpuna nemogućnost simulacije poprečnih struja koje teku u debelim provodnicima normalno na njihovu osu, kao što je to objašnjeno u Uputstvu za upotrebu NEC-2 programa [1]:

*„ ...samo struje u smeru ose posmatranog segmenta se računaju, i ne uzimaju se u obzir odstupanja zbog struje koja teče po obimu žice “.*

L.B. Cebik u jednom od svojih članaka [2] u poznatoj seriji Modeliranje Antena objašnjava ovaj problem simulacije nosača kod Yagi antena:

*„Jedan od mogućih načina na koji valjanost ovih aproksimacija može biti testirana je modeliranje nosača koji je u električnom kontaktu sa parazitnim elementima Yagi antene. U praksi, električni kontakt ili blisko rastojanje nosača i parazitnih elemenata menja potrebnu dužinu elemenata da bi se očuvale performanse antene. Međutim, u NEC-2 i NEC-4 programima—kada je modeliran u okvirima ostalih ograničenja programa—nosač nema nikakvog uticaja na parazitne elemente antene“.*

Lepa ilustracija nesposobnosti NEC programa da simulira čak i samo prisustvo nosača data je na slikama. Iz rezultata simulacije antene vidimo da nema nikakve razlike u rezultatima za antenu sa i bez nosača. Dijagrami zračenja antene sa i bez nosača se potpuno poklapaju.

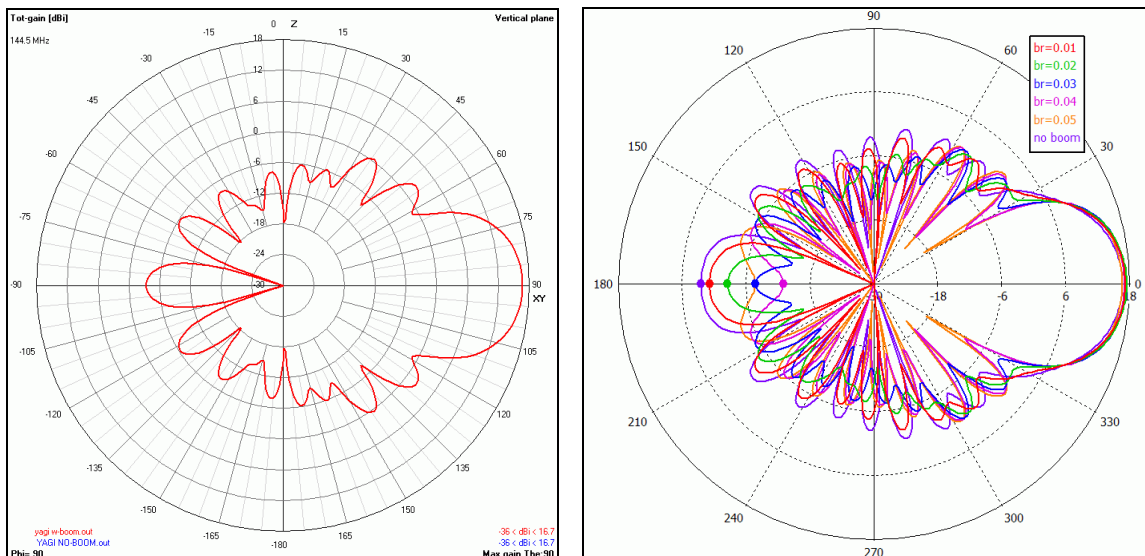
Nosač postavljen u osu antene je potpuno „nevidljiv“ za NEC (MoM) bazirane programe. Ništa se ne menja ako su elementi koji prolaze kroz nosač spojeni ili izolovani od njega. Takođe, nema nikakvog uticaja na dijagram i ostale rezultate simulacije da li je nosač postavljen blizu ose antene, malo iznad ili malo ispod elemenata, kao što je to slučaj kod antena sa izolovanim elementima.

Imajući to u vidu odlučio sam da koristim programe koji su bazirani na drugačijim metodama rešavanja elektromagnetnih osobina antene.

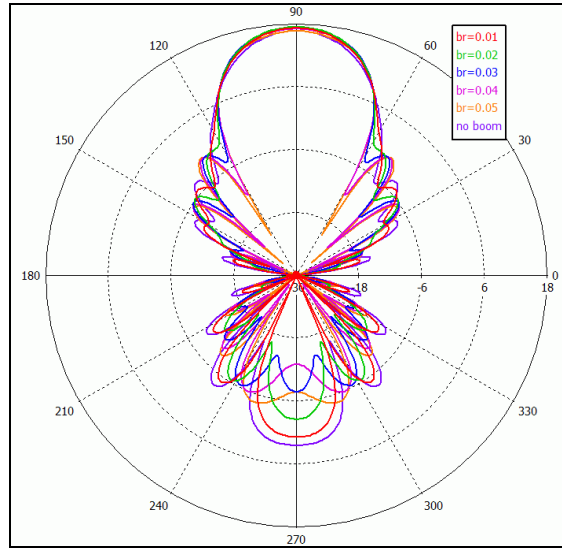
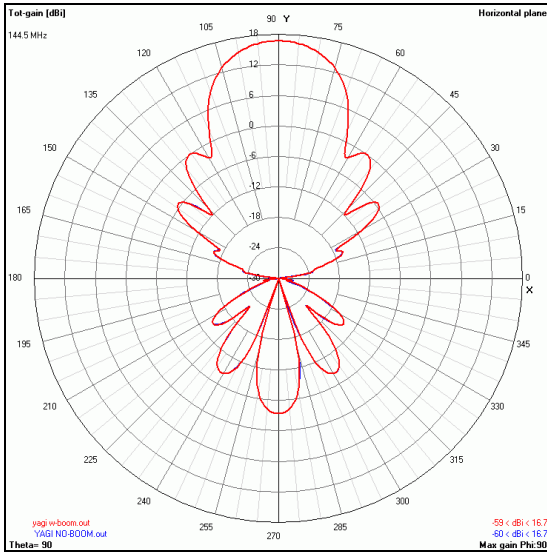
Programi bazirani na Finite Difference Time Domain (FDTD) metodi ili Finite Integration Technique (FIT) metodi, koji koriste sistem prostorne diskretizacije (podele na konačne elemente) za rešavanje različitih elektromagnetnih problema, daju mnogo podesnije mogućnosti za uspešne i mnogo ispravnije simulacije i odgovore na mnoga pitanja.

Nažalost, ovi profesionalni programi su mnogo zahtevniji u pogledu kompjuterske snage, vremena potrebnog za simulacije i odgovarajuće obučenosti i znanja korisnika, od programa baziranih na MoM metodi. To je jedan od glavnih razloga, pored njihove visoke cene, koji sprečava njihovu mnogo češću primenu u dizajniranju radio amaterskih antena.

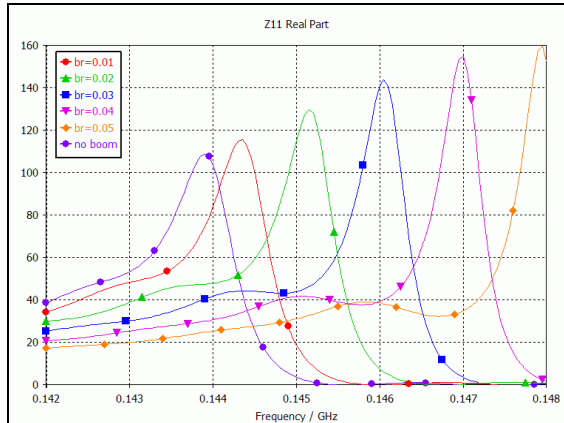
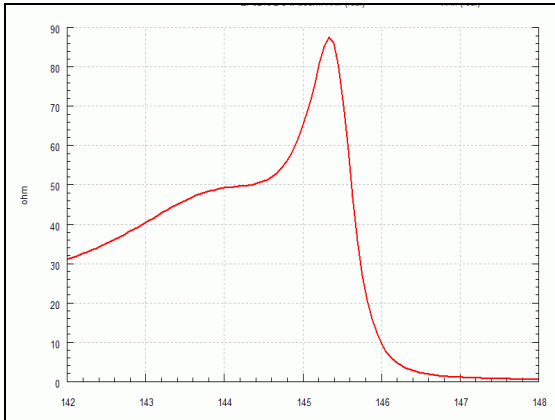
Simulacije nekoliko Yagi antena sa i bez nosača urađenih sa ovakvim profesionalnim programom pokazuju jasnu razliku i sve uticaje nosača na performanse Yagi antene, kao što se to vidi na uporednim dijagramima.



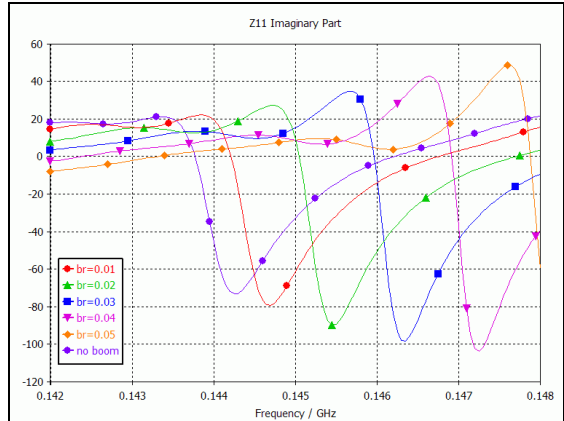
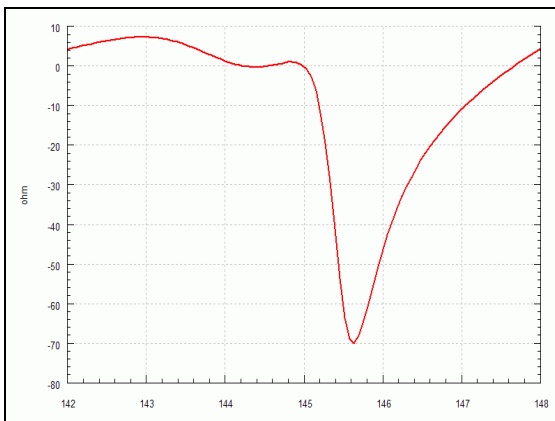
***Dijagram Yagi antene u H-ravni sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***



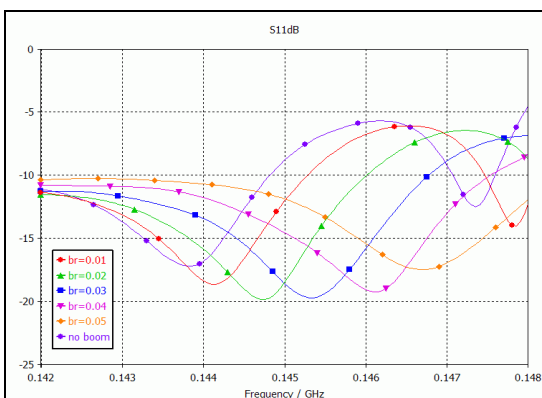
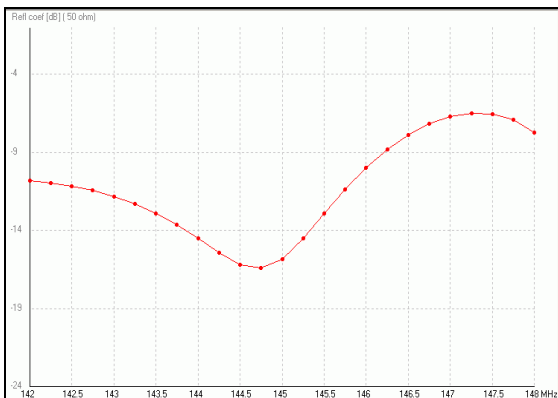
***Dijagram Yagi antene u E-ravni sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***



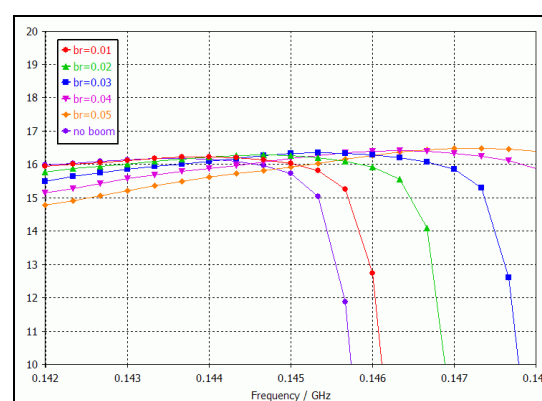
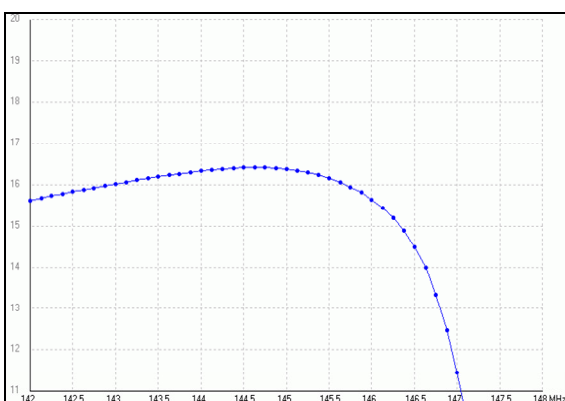
***Aktivna ulazna otpornost Yagi antene sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***



***Reaktivna ulazna otpornost Yagi antene sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***



***Ulazno prilagođenje Yagi antene sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***



***Širokopojasna direktivnost Yagi antene sa različitim poluprečnicima nosača (br), kao i bez nosača, simuliranim u MoM (levo) i FIT (desno) programu***

### **Poređenje rezultata**

Yagi antene za 144 MHz su prvo simulirane bez nosača a onda im je dodat nosač od okrugle metalne cevi. Nosač je postavljen ispod ose antene i elemenata tako da je rastojanje između gornje najbliže površine nosača i ose elemenata uvek 7 mm. Zatim je menjan poluprečnik nosača od 10 do 50 mm.

To predstavlja simulaciju Yagi antene sa izolovanim elementima od nosača, koji su montirani na različite prečnike nosača (20-100 mm) pomoću plastičnih izolatora sa vrlo malom relativnom dielektričnom konstantom i na konstantnoj visini iznad nosača.

Na slikama na levoj strani prikazani su rezultati simulacija sa MoM baziranim programom koji ne pokazuju bilo kakvu razliku i sve krive se međusobno potpuno preklapaju. Na slikama na desnoj strani prikazani su rezultati simulacija sa FIT baziranim programom. Na njima možemo videti različite krive za antenu bez nosača, kao i sa različitim poluprečnicima (**br**) nosača.

Očigledno je da prisustvo metalnog, električno provodnog nosača i vrednost njegovog prečnika imaju uticaja na Yagi antenu i menjaju njen dijagram i ulaznu impedansu. Iz teorijskih proračuna i praktičnih merenja poznato je da prisustvo debelog provodnog nosača u blizini pasivnih elemenata ima tendenciju da skрати efektivnu dužinu elemenata i zbog toga pomeri performanse antene na višu frekvenciju.

Na prikazanim dijagramima možemo videti da se krive aktivne i reaktivne ulazne otpornosti pomeraju na višu frekvenciju simultano sa povećanjem prečnika nosača. Kao posledica toga rezonantna frekvencija i krive ulaznog prilagođenja (povratnog slabljenja) se takođe pomeraju ka višim frekvencijama. Kao što je očekivano i krive širokopojasne direktivnosti se takođe pomeraju na više frekvencije.

Interesantno je da uticaji nosača na antenu vrše pomeranje performansi na višu frekvenciju, što je obrnuto od uticaja koje vrši vlaga na elementima antene.

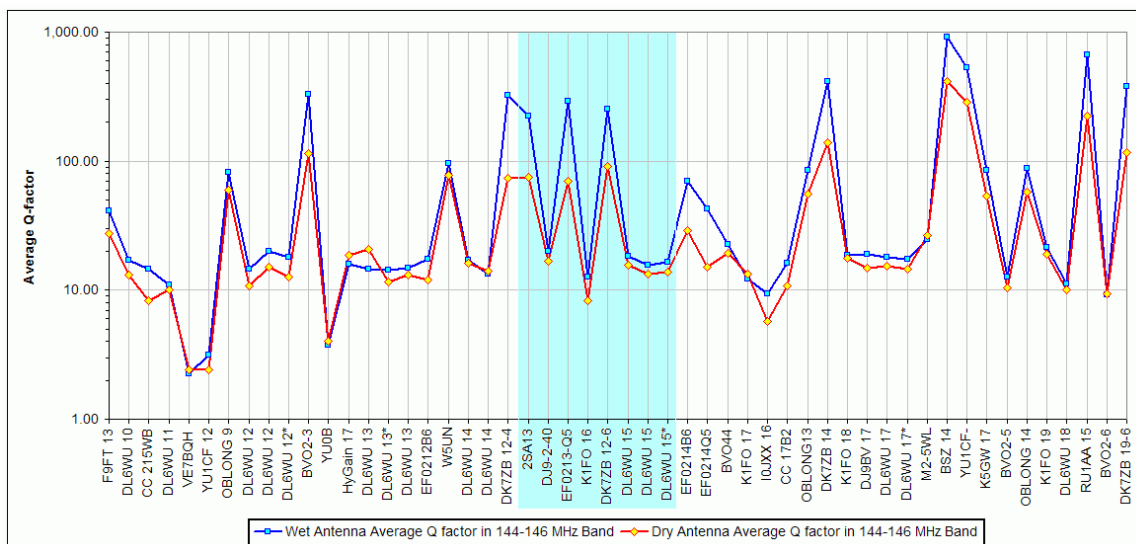
### Korekcija dužine elemenata

U slučaju pomeranja performansi antene po frekvenciji neophodno je izvršiti kompenzaciju dužinom elemenata da bi se očuvale performanse antene na željenoj frekvenciji. Način montaže elemenata, prečnici nosača i elemenata, kao i njihovo međusobno rastojanje određuju veličinu uticaja nosača i neophodnu korekciju dužine elemenata.

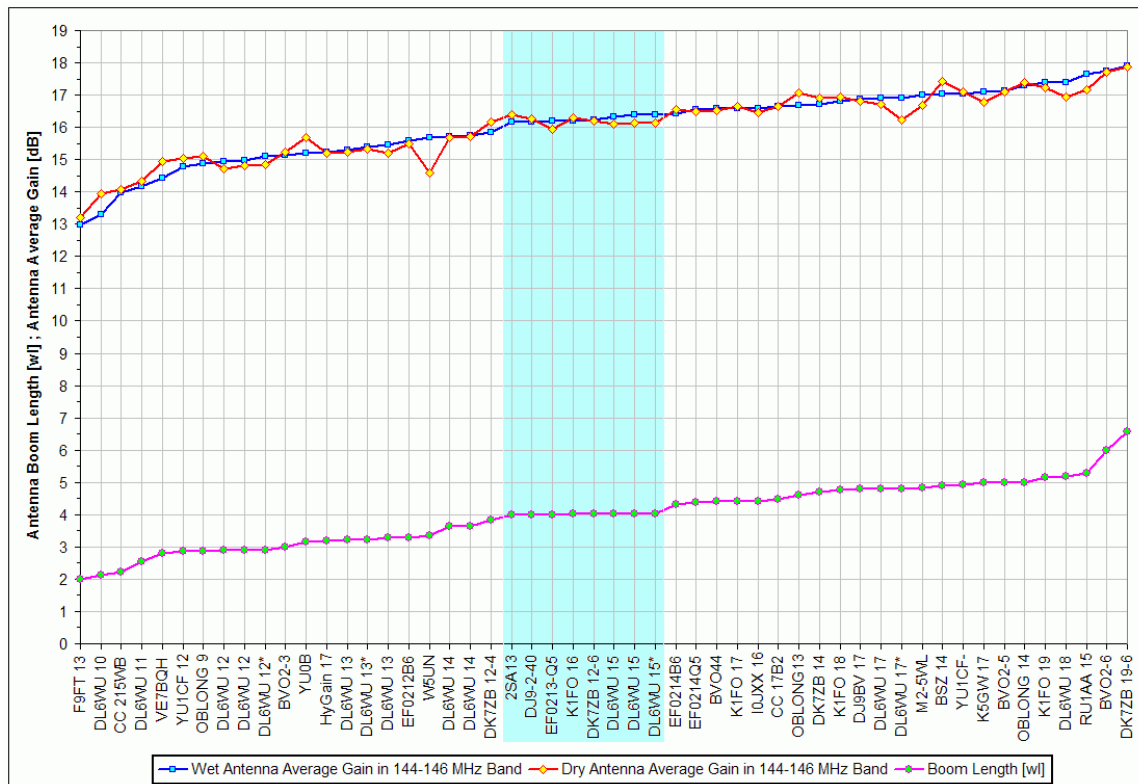
Korekcija dužine elemenata montiranih iznad nosača je proporcionalna prečnicima nosača i elemenata kao i njihovom međusobnom rastojanju. Empirijsko pravilo na 144 MHz opsegu je da, za elemente montirane neposredno iznad gornje površine nosača ali električno izolovane od nosača, korekcija iznosi oko 25% od prečnika nosača. Za elemente montirane na većoj visini iznad gornje površine nosača, korekcija dužine se smanjuje da bi pri visini od polovine prečnika nosača bila nepotrebna zbog zanemarljivog uticaja nosača na efektivnu dužinu elemenata.

Za elemente koji prolaze kroz nosač i električno su spojeni sa njim, korekcija dužine elemenata je oko 25-45% zavisno od prečnika nosača, a za elemente koji prolaze kroz nosač i izolovani su od njega korekcija je oko 15-25% prečnika nosača, za uobičajene prečnike nosača (20-50 mm). Za nosače sa većim prečnikom potreban je viši procenat korekcije zbog mnogo izraženijeg uticaja nosača na antenu.

Na višim frekvencijama procenat korekcije je mnogo viši i na 432 MHz je oko dva puta viši nego na 144 MHz.



Srednji Q-faktor za *suve* i *vlažne* (0.1 mm) Yagi antene različitih autora



**Dužina nosača i srednje pojačanje za suve i vlažne (0.1 mm) Yagi antene različitih autora**

### Uticaj nosača i dizajn antene

Antene pokazuju različitu osjetljivost na uticaje okoline zavisno od svog dizajna, i zbog toga sam očekivao da antenski nosač kao nepoželjni element može proizvesti različite uticaje na antene različitog dizajna.

Da bih napravio koliko god je moguće pravično i korektno poređenje, odlučio sam da uzmem 6 Yagi antena različitih autora koje imaju istu dužinu nosača, vrlo približno pojačanje ali različitu osjetljivost na uticaje okoline zbog različitog Q faktora. Ovih 6 antena (markiranih svetlo plavom bojom) dato je na slikama koje pokazuju njihovu dužinu nosača, pojačanje i Q faktor kada su suve i vlažne [3]. Kao što se sa slika može videti one sve imaju istu dužinu nosača od 4 talasne dužine, pojačanje oko 16 dBi, ali Q faktore za suhu i vlažnu antenu koji se razlikuju više od 10 puta! Na istoj dužini nosača tih 6 antena imaju različit broj elemenata, između 12 i 16.

Jedna od antena (DL6WU-15) ima tri različite verzije (zavisno od programa sa kojim su računane njene dimenzije) ali sve daju veoma slične rezultate. U ovoj analizi će biti simulirana i upoređivana verzija antene izračunate pomoću G3SEK programa označene kao DL6WU 15\*.

Svih 6 antena će biti simulirane pod potpuno jednakim uslovima i sa najvećom razumnom preciznošću koja je prihvatljiva sa stanovišta snage kompjutera i neophodnog procesorskog vremena.

Samo kao ilustracija obima ovog posla neka posluži sledeći podatak: veoma moćan računar sa maksimalnom veličinom RAM memorije koju podržava operativni sistem, utrošio je stotine i stotine sati procesorskog vremena, pretežno tokom noći i preko vikenda u periodu od 5 meseci, do sada! I još nije sve završeno pošto se sa svakim novim rezultatom pojavljuju nova pitanja i rađaju nove ideje. ☺

U sledećih nekoliko nastavaka časopisa „*antenneX*“ prezentiraću rezultate različitih simulacija i napraviti poređenja ovih 6 Yagi antena.

Pored različitog uticaja prečnika nosača, biće istraživani i uticaj različitog rastojanja elemenata od nosača.

Takođe, biće simuliran i upoređen uticaj nekih slučajnih greški u simetričnoj montaži elemenata, kao i razlike između okruglog i kvadratnog preseka nosača.

Na kraju, biće podvrgnute simulaciji i međusobno upoređene različite metode montaže elemenata na nosač.

#### **References:**

1. **NEC-2 Manual**, Part III: User's Guide, Section II – Structure Modeling Guidelines, Wire Modeling, pages 7-9.

[http://wireless.ictp.it/school\\_2005/download/nec2/](http://wireless.ictp.it/school_2005/download/nec2/)

2. L. B. Cebik, W4RNL, **When Not to Use NEC for Antenna Modeling**,

<http://guests.antennex.com/rooms/w4rnl/col1008/amod128.htm>

3. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Design Sensitivity in Practice**, *antenneX*, November 2008, Issue No. 139.

Prevedeno na srpski:

Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Osetljivost Yagi antena u praksi**,

[http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/yagi\\_design\\_sens.pdf](http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/yagi_design_sens.pdf)