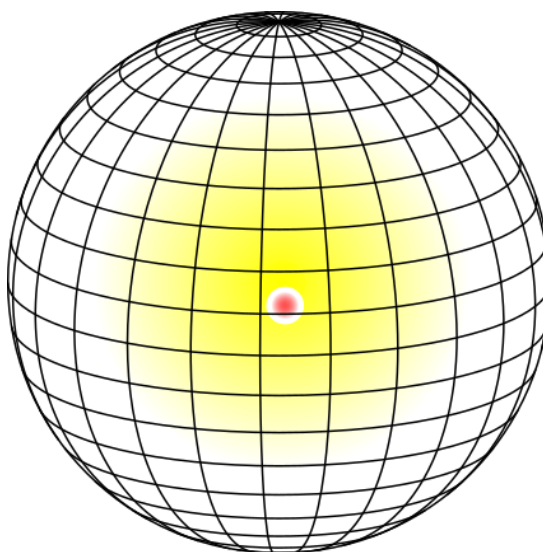


USMJERENOST ZRAČENJA ANTENE

Usmjerenost zračenja pokazuje kako antena distribuira energiju u prostoru. Stvarna antena ne zrači energiju, (radioval), jednako u svim smjerovima. U nekim smjerovima zrači bolje, u nekim slabije. Ponekad nam treba antena koja će zračiti podjednako u svim smjerovima, a vrlo često želimo da antena većinu energije zrači u željenom smjeru.

Antena je recipročni uređaj, što znači da u smjeru u kojem bolje zrači iz toga smjera bolje prima i obratno. U smjeru u koji najslabije zrači iz toga smjera i najslabije prima.

IZOTROPSKA ANTENA

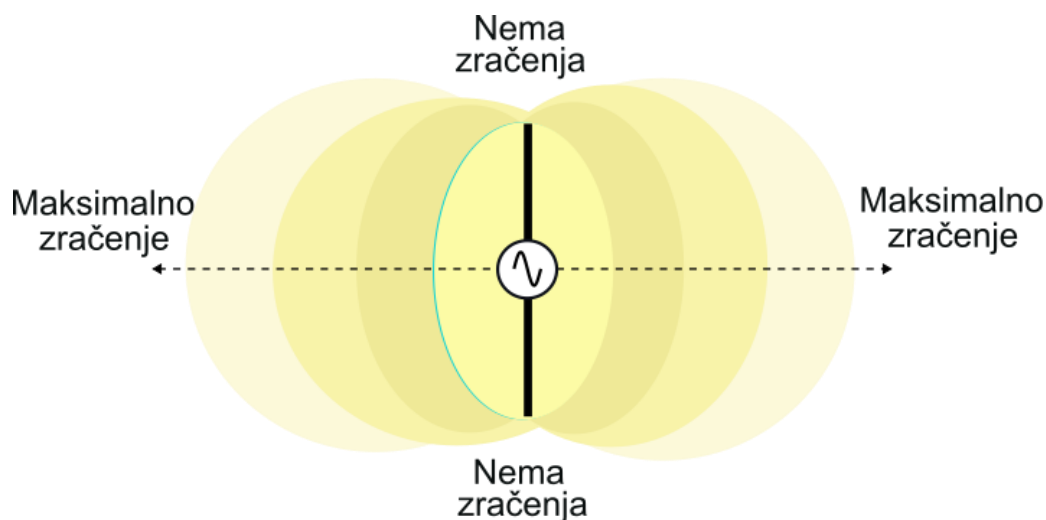


Sl. 12. Izotropna antena

Izotropna antena je teoretska antena koja zrači u svim smjerovima jednako. Zamislite veliku kuglu, sl. 12. u središtu koje se nalazi antena koja u svim smjerovima zrači jednako. Takva antena u stvarnosti ne postoji. Izotropna antena je model koji nam služi kao **referenca za uspoređivanje s zračenjem stvarne antene** da bi vidjeli koliko stvarna antena u nekom smjeru zrači bolje, a u drugom slabije.

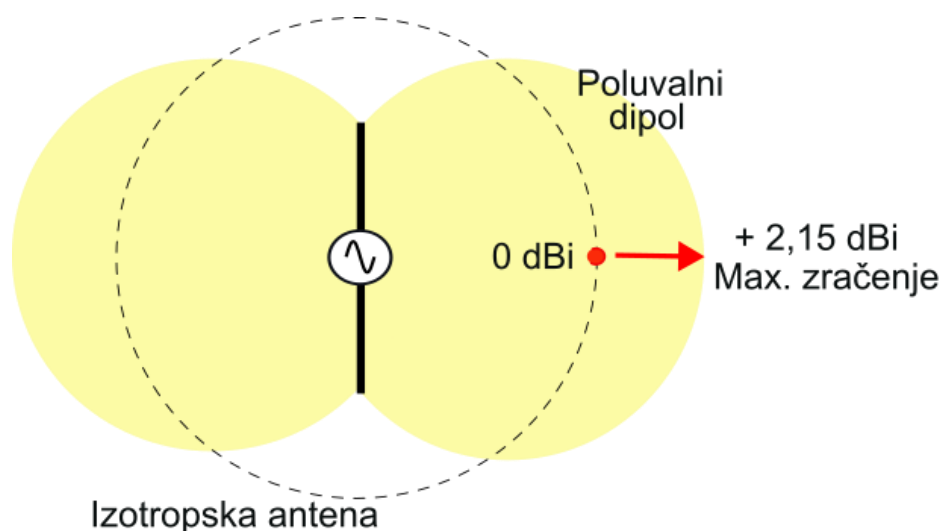
Pogledajmo prikaz zračenja idealnog poluvalnog dipola, slika 13. Vidimo da dipol ne zrači u svim smjerovima jednako. Dipol koncentrira izračenu snagu okomito na žicu, dok je u drugim smjerovima zračenje slabije.

Idealni poluvalni dipol u slobodnom prostoru ne zrači uzduž žice, nego samo okomito na žicu. Poluvalni dipol iznad zemlje najjače zrači okomito na žicu i slabije uzduž žice. Dakle, stvarni dipol iznad tla zrači i uzduž žice.



Sl. 13. Zračenje dipola

Ako usporedimo smjerove zračenja izotropske antene i dipola vidimo da dipol u nekim smjerovima zrači jače od izotropske antene, a u nekim smjerovima slabije, slika 14.



Sl. 14. Iscrtkano izotropska antena, svjetloplavo poluvalni dipol

U usporedbi s izotropskom antenom, poluvalni dipola ima dobitak (*eng. gain*) od 2,15 dBi. To znači da u smjeru maksimalnog zračenja dipol zrači 2,15 dB više snage od izotropske antene. Čini se kao da dipol "pojačava" zračenje. Odakle "višak" snage? Nema viška! Dipol, kao i svaka druga stvarna antena, preraspodjeljuje izračenu snagu tako da u nekim smjerovima zrači slabije, a u drugim jače. Dobitak antene (*eng. gain*) pokazuje koliko puta antena u smjeru maksimalnog zračenja zrači bolje (ili slabije) u odnosu na zračenje referentne antene. Kao referentnu antenu uzimamo izotropsku antenu ili poluvalni dipol.

DECIBEL, dB

Decibel je mjerna jedinica kojom uspoređujemo vrijednosti dviju fizikalnih veličina, npr. dvaju snaga. Decibel za snagu je definiran kao logaritamski omjer dviju snaga, točnije kao 10 logaritamskih omjera dviju snaga. Jedna snaga je referentna, a druga snaga je ona za koju želimo znati koliko je veća ili manja od referentne snage.

$$\text{decibel (dB)} = 10 \log \frac{P}{P_{\text{ref}}}$$

Znamo da je logaritam **eksponent** kojim potenciramo bazu da bi dobili zadanu vrijednost. Baza logaritma za decibel je 10. Zaključak:

Decibel je 10 eksponenata baze 10

Primjer 1: Koliko je pojačanje u decibelima ako na ulazu pojačala imamo snagu od 1 mW, a na izlazu dobijemo snagu od 20 mW ?

Uspoređujemo 20 mW sa 1 mW. Logaritam od $20 : 1 = \log 20$. U Windows znanstvenom kalkulatoru upišemo 20 i kliknemo na tipku *log*. Rezultat je 1,3 koji množimo sa 10 i dobijemo decibele tj. 13 dB. Dakle, pojačalo ima pojačanje od 13 dB.

Primjer 2: Ako linearno pojačalo pobuđujemo sa 40 W i na izlazu dobijemo 900 W, koliko je to dB?

$$900 : 40 = 22,5$$

$$10 * \log 22,5 = 10 * 1,35 = 13,5 \text{ dB}$$

Primjer 3: Yagi antena ima dobitak od 7 dB u odnosu na izotropsku antenu. Koliko puta je zračenje yagi antene (u smjeru maksimalnog zračenja) jače od zračenja izotropske antene?

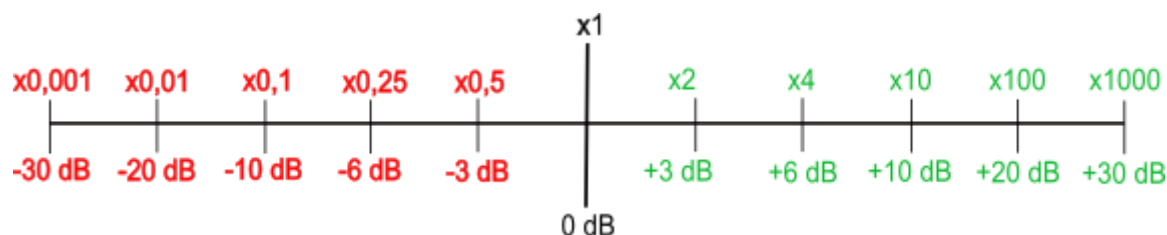
Decibel je 10 eksponenata po bazi 10. Dakle, 7 dB dijelimo sa 10. $7 : 10 = 0,7$. Dobili samo eksponent kojim treba potencirati broj 10. Za izračun $10^{0,7}$ u Windows znanstvenom kalkulatoru upišemo 0,7 i kliknemo na tipku 10^x . Rezultat je 5, što znači da u smjeru maksimalnog zračenja ova yagi antena zrači 5 puta više od izotropske antene.

Decibel može imati negativni predznak. Sa negativnim decibelima mjerimo gubitke (snaga na izlazu je manja od snage na ulazu).

Da bi točno znali što je referentna veličina, oznaci dB dodajemo slovo koje označava referencu, za izotropsku antenu dBi, za dipol dBd, za snagu odašiljača dBW (referenca je 1 W) i sl.

S decibelima računamo tako da ih jednostavno zbrajamo. Npr. ako znamo da pojedini dijelovi nekog sustava imaju +2 dB, pa +6 dB, pa -4 dB onda je ukupno pojačanje $2+6-4 = 4$ dB ili za snagu povećanje od 2 puta.

Koliko puta je neka snaga veća ili manja od referentne ilustrira slika 15.



Sl. 15. Koliko puta je neka snaga veća ili manja od referentne

Za računanje **snage** sa decibelima dobro je zapamtiti da +3 dB znači dvostruko više, a -3 dB je upola manje.

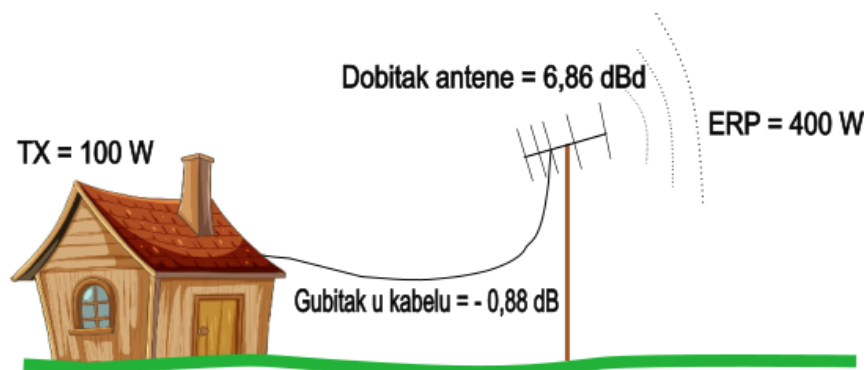
Primjer 4: Proizvođač neke yagi antene deklarira antenski dobitak od 9 dBi. To znači da ta antena ima dobitak od 9 dB u usporedbi s izotropskom antenom. Pitanje je koliko ta antena ima dobitak u usporedbi s dipolom? Dakle, referenca je dipol. Znamo da dipol ima dobitak od 2,14 dB u usporedbi s izotropskom antenom, pa lako izračunamo da dobitak yagi antene u usporedbi s dipolom iznosi $9 - 2,14 = 6,86$ dBd.

Primjer 5: U Zahtjevu za izdavanje dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi traži se dobitak antenskog sustava u dBd i ERP (*Effective Radiated Power* tj. efektivno izračena snaga u smjeru najjačeg zračenja).

Dobitak antenskog sustava u dBd je deklarirani dobitak antene (može biti u dBi ili dBd) umanjen za gubitke u koaksijalnom kabelu. Kabel RG213 na 28 MHz ima gubitak od oko 0,035 dB po metru, pa na 25 m toga kabla gubimo oko 0,88 dB. Ukupni dobitak antenskog sustava je deklarirani dobitak antene u dBd umanjen za gubitke u kabelu. Za antenu koja ima dobitak 6,86 dBd ukupan dobitak antenskog sustava je $6,86 - 0,88 = 5,97$ dBd.

Drugi podatak koji se traži je deklarirana snaga odašiljača, npr. 100 W.

Na kraju trebamo izračunati i ERP. Efektivno izračena snaga jednaka je snazi odašiljača pomnoženo s dobitkom antenskog sustava, sl. 16. Dobitak antenskog sustava je 5,97 dBd tj. oko 4 puta. $ERP = 100 \text{ W} \times 4 = 400 \text{ W}$.

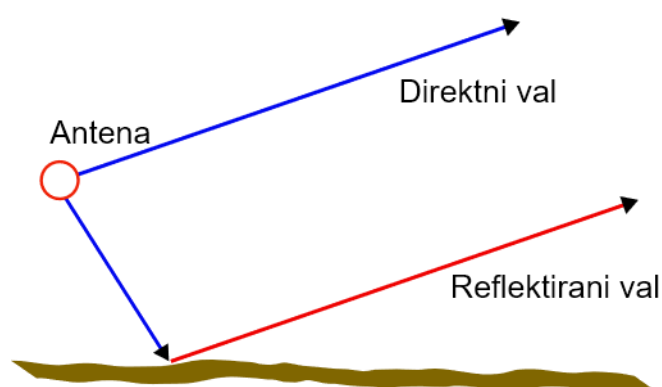


Sl. 16. ERP = dobitak antenskog sustava pomnožen sa snagom odašiljača

UTJECAJ TLA NA ZRAČENJE ANTENE

Dielektrična konstanta, vodljivost tla i okolnih objekata te visina antene iznad tla i okolnih objekata presudno utječu na dijagram zračenja i impedanciju u točki napajanja antene. Osim toga kod vertikalnih antena na zemlji, povratna struja do antenskog priključka teče kroz zemlju i značajno utječe na impedanciju koju vidi prijenosni vod.

Dio radiovala iz antene odbija se od površine zemlje slično kao što se svjetlost odbija od ogledala. Taj reflektirani val interferira sa direktnim valom i može ga poništiti ili pojačati ovisno o valnoj duljini i kutu elevacije.



Sl. 17.

Faktori koji utječu kako će uzajamno djelovati direktni i reflektirani val su visina antene iznad tla, duljina antene, električne karakteristike tla (vodljivost i dielektrična konstanta) i polarizacija vala.

Od tla reflektirani val utječe i na impedanciju antene tako što inducira električnu struju u anteni. Osim struje iz odašiljača, u anteni imamo i struju koju inducira od tla reflektirani val. Znamo da je impedancija $Z = U / I$. Ako se promijenila jakost struje, mora se promijeniti i impedancija!

DIJAGRAM ZRAČENJA ANTENE

Dijagram zračenja je prikaz raspodjele izračene energije iz antene u prostoru udaljenom nekoliko valnih duljina od antene.

Svaka antena zrači u svim smjerovima: lijevo-desno-gore-dolje, ali ni jedna antena ne zrači u svim smjerovima jednako. U nekim smjerovima zrači bolje, a u nekim slabije.

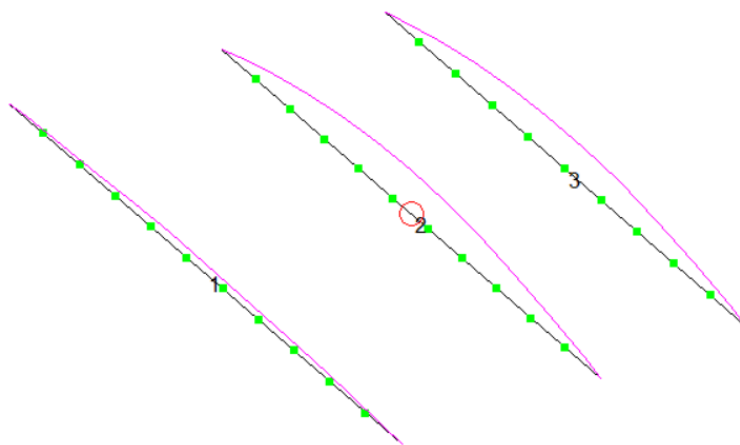
U bliskoj okoline antene postoji reaktivno blisko polje (*eng. reactive near field*), u kojem antena slabo zrači, ali tlo i okolni objekti imaju utjecaj na impedanciju, otpor zračenja i u konačnici na efikasnost antene. Blisko polje postoji na udaljenosti nekoliko valnih duljina od antene.

Većina izračene energije iz antene postoji u dalekom polju antene (*eng. radiating far field*). Daleko polje antene formira se tek na nekoliko valnih duljina udaljeno od antene, na udaljenosti u kojem se može zanemariti utjecaj bliskog polja.

U dalekom polju antene, tlo ima presudni utjecaj na oblik zračenja antene. Utjecaj tla zavisi i od polarizacije antene. Za horizontalno polarizirane antene, kao što su naši dipoli i yagi antene, oblik dijagrama zračenja prvenstveno zavisi o visini antene iznad tla. Za vertikalno polarizirane antene (GP, vertikalne antene), i oblik i jačina zračenja presudno zavise o vrsti tla kao i o visini antene iznad zemlje.

Dijagram zračenja antene nastaje međudjelovanjem radiovalova emitiranih iz različitih dijelova antene koji se nađu istovremeno u istom prostoru stvarajući prostornu raspodjelu energije. Međudjelovanje (interferencija) može biti konstruktivno i destruktivno. Konstruktivna interferencija pojačava zračenje u nekim smjerovima, (stvara latice maksimalnog zračenja), dok destruktivna interferencija djelomično ili potpuno poništava zračenje (tvori nule ili minimume). Fizički dizajn antene, uključujući njezine dimenzije u odnosu na valnu duljinu, broj i vrstu elemenata te elemente za usmjeravanje ili reflektiranje, utječe na konačni dijagram tako da pojačava zračenje u željenom smjeru na račun slabljenja u drugim smjerovima.

Osim elemenata antene na formiranje dijagrama zračenja utječu radiovalovi koji se reflektiraju od zemlje (ispod antene i na udaljenosti više valnih duljina od antene) kao i zračenje svih vodljivih objekata u okolini antene uključujući i druge antene koje trenutno ne koristimo (koje ne emitiraju!)



Sl. 18. Raspodjela jakosti struje na 3-el Yagi anteni

Na slici 18. vidimo EZNEC model 3-el Yagi antene. Ljubičasta krivulja pokazuje jakost struje tj. zračenje svakog elementa antene. Koaksijalni kabel je spojen samo na element broj 2 (crveni kružić). Zračenje elementa broj 2 nastaje zbog struje koju tjera odašiljač spojen koaksijalnim kabelom samo na element broj 2. Struje u elementima broj 1 i 3 nastaju indukcijom iz elementa 2 (na koji je spojen odašiljač). Inducirane struje također zrače. Duljina i udaljenost elemenata 1 i 3 od elementa 2, napravljeni su tako da se međusobna zračenja podudaraju (konstruktivna interferencija!) i time pojačava ukupno zračenje u smjeru elementa broj 3, a slabi u svim drugim smjerovima.

Isto tako kako se inducira struja u elementima antene, inducira se struja u svim vodljivim objektima u okolini antene, npr. u antenskom stupu i čeličnim sidrenim sajlama koje drže antenski stup, u olucima, drugim antenama i sl. Ti objekti također zrače i utječu na dijagram zračenja.

Dio radiovala iz antene odbija se od površine zemlje slično kao što se svjetlost odbija od ogledala. Taj reflektirani val interferira sa direktnim valom i utječe na dijagram zračenja.

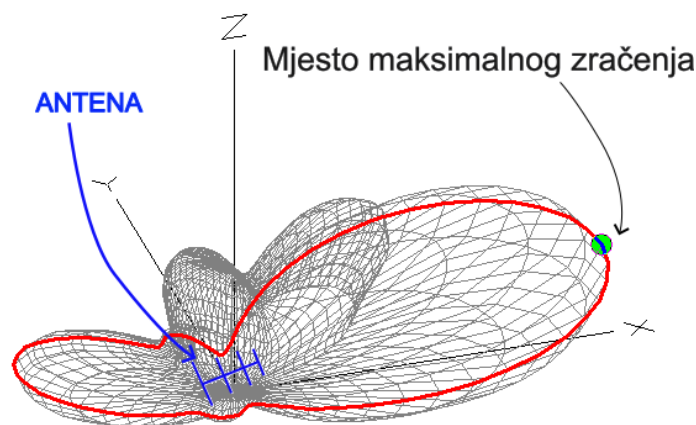
Dijagram zračenja u prostoru je trodimenzionalnog oblika, ali nas uglavnom zanima maksimalno zračenje u nekom smjeru (azimut) i maksimalnog zračenje u vis pod nekim kutom u odnosu na ravninu zemlje (elevacija). Maksimalno zračenje u nekom smjeru ili pod nekim kutom crtamo kao dvodimenzionalni dijagram.

Postoje dvije vrste dijagrama zračenja:

- horizontalni dijagram zračenja (azimut)
- vertikalni dijagram zračenja (elevacija)

HORIZONTALNI DIJAGRAM ZRAČENJA

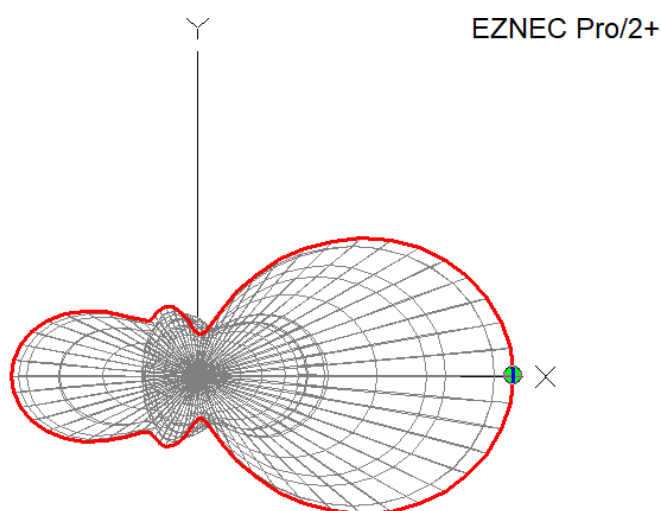
Horizontalni dijagram zračenja je prikaz iz kojeg vidimo u kojem horizontalnom smjeru antena najbolje zrači. Taj smjer nazivamo azimut. Azimut je kut između sjevera, ili nekog drugog referentnog smjera i smjera prema objektu u horizontalnoj ravnini. Mjerimo ga u smjeru kazaljke na satu tako da je 0° sjever, 90° istok, 180° jug i 270° zapad.



Sl. 19. 3D Dijagram zračenja yagi antene u prostoru udaljenom nekoliko valnih duljina od antene sa označenim horizontalnim dijagramom zračenja (crvena krivulja)

Na slici 19. vidimo trodimenzionalni dijagram zračenja yagi antene. Ovakav oblik zračenja postoji u prostoru na udaljenosti nekoliko valnih duljina dalje od antene. To je udaljenost od koje se radioval počinje širiti u prostor bez utjecaja antene koja ga je stvorila!

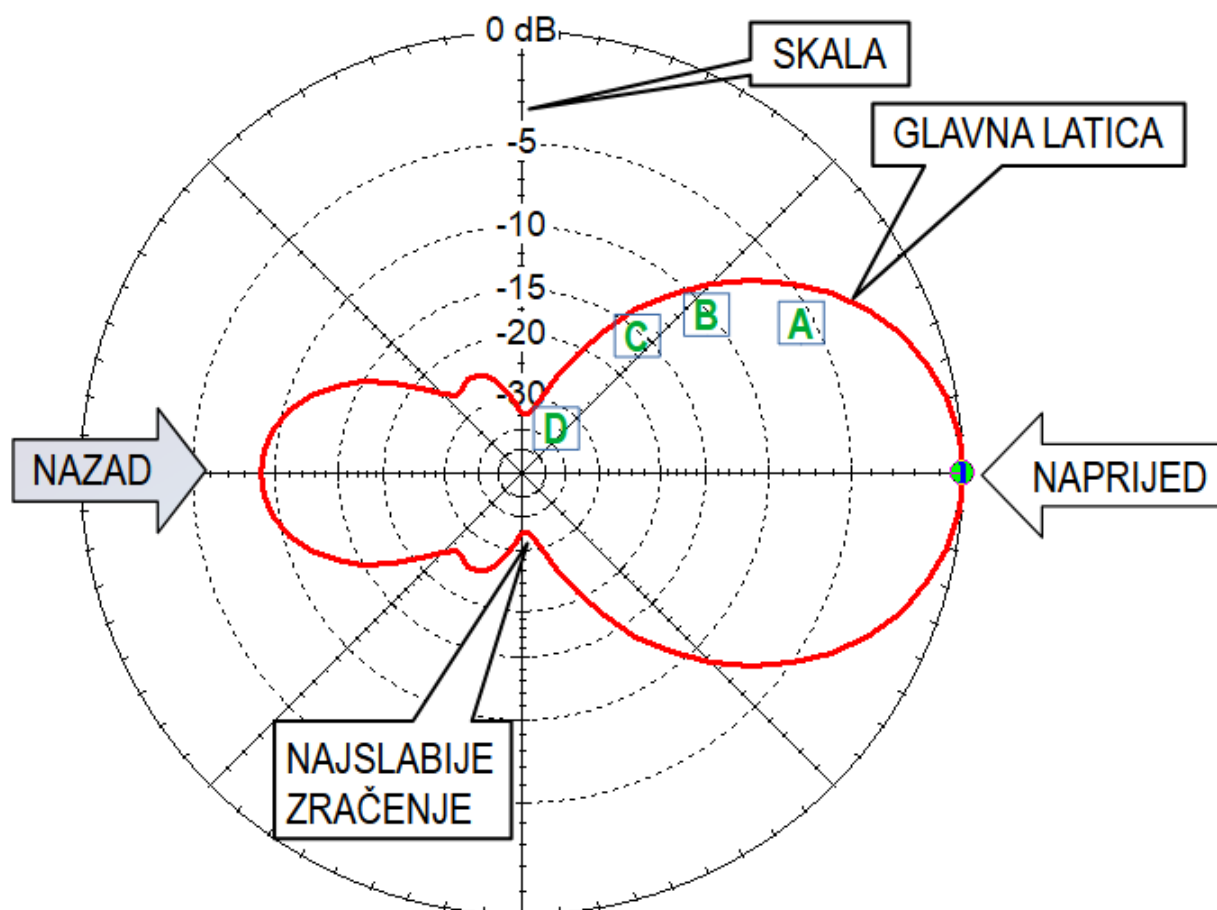
Ako gledamo 3D dijagram odozgo, okomito na ravninu, horizontalni dijagram zračenja je projekcija 3D dijagrama na horizontalnu površinu, sl. 20.



Sl. 20. Horizontalni dijagram zračenja yagi antene sa slike 18. nastao kao projekcija pogleda odozgo na 3D dijagram

Zelena točka označava mjesto maksimalnog zračenja. Na svim drugim mjestima u prostoru, zračenje prikazane antene je slabije.

Primijetite da maksimalno zračenje nije paralelno s ravinom zemlje, sl. Antena bolje zrači pod nekim vertikalnim kutom (elevacija) iznad zemlje nego paralelno s ravinom zemlje. Smjer maksimalnog zračenja na sl. 19. i 20. označen je zelenom točkom.



Sl. 21. Horizontalni (azimut) dijagram zračenja 3el yagi antene

Horizontalni dijagram zračenja crtamo u dvije dimenzije unutar kružnice na obodu koje je skala u stupnjevima. Sa skale očitavamo jakost zračenja antene po azimutu. Mjesto maksimalnog zračenja označeno je zelenom točkom.

EZNEC kao referencu jakosti zračenja uzima izotropsku antenu, što znači da je referentna vrijednost na obodu kružnice 0 dBi. Sve druge vrijednosti na crvenoj krivulji dijagrama zračenja su za neki iznos u decibelima slabije od 0 dBi. Koliko slabije možemo očitati sa skale uz pomoć iscrtanih unutarnjih kružnica. Na primjeru sa slike 19. vidimo da u točki "A" antena zrači -5 dB slabije (ili oko 3 puta slabije) od maksimalnog zračenja. Točka "B" je -10 dB, točka "C" je -15 dB (oko 32 puta slabije), dok je točka "D" -30 dB (100 puta slabije!).

Ako nas zanima zračenje u odnosu na poluvalni dipol, onda očitane vrijednosti umanjimo za oko 2,15. Npr. točka A je (5 – 2,15) tj. -2,85 dBd ili u tom smjeru oko 1,9 puta slabije zračenje od maksimalnog zračenja poluvalnog dipola.

Glavna latica je prikaz smjera maksimalnog zračenja "prema naprijed", (*eng. front*). Suprotno od smjera "naprijed" je zračenje "prema nazad" (*eng. back*). Želimo da zračenje "nazad" bude što slabije. Dobra usmjerena antena ima veliki omjer zračenja "naprijed-nazad" (*eng. front to back ratio*), a što izražavamo u decibelima.

Pogledajmo trodimenzionalni dijagram zračenja, slika 19. Crvena krivulja prolazi kroz točku maksimalnog vertikalnog zračenja (kut elevacije). Dakle, prije prikaza horizontalnog dijagrama zračenja moramo odrediti (tj. zadati EZNEC-u) za koji kut elevacije želimo horizontalni dijagram. Iako nas najčešće zanima horizontalni dijagram pod vertikalnim kutom maksimalnog zračenja, EZNEC nudi opciju prikaza horizontalnog dijagrama zračenja pod bilo kojim kutom.

EZNEC računa i prikazuje podatke o dijagramu zračenja kao na slici 22.

Azimuth Plot		Cursor Az	0,0 deg.
Elevation Angle	14,0 deg.	Gain	12,96 dBi
Outer Ring	12,96 dBi		0,0 dBmax
Slice Max Gain	12,96 dBi @ Az Angle = 0,0 deg.		
Front/Back	21,81 dB		
Beamwidth	63,8 deg.; -3dB @ 328,1, 31,9 deg.		
Sidelobe Gain	-8,85 dBi @ Az Angle = 180,0 deg.		
Front/Sidelobe	21,81 dB		

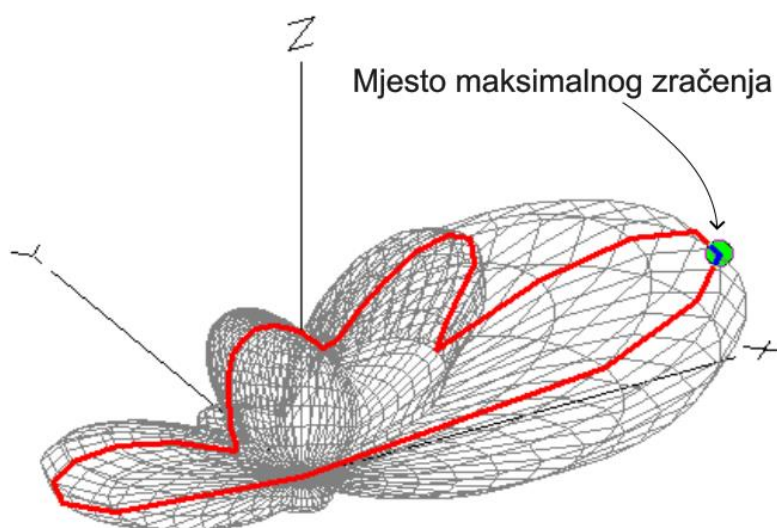
SI. 22. Podaci iz EZNEC horizontalnog dijagrama zračenja

Elevation Angle	- vertikalni kut, u stupnjevima. Pod kojim će vertikalnim kutom biti prikazan horizontalni dijagram zračenja određujemo u glavnom EZNEC prozoru (opcija Elevation Angle).
Cursor Az	- azimut kursora na horizontalnom dijagramu zračenja.
Gain	- dobitak antene za promatrani azimut.
Outer Ring	- maksimalno zračenje u odnosu na izotropsku antenu.
Front/Back	- omjer naprijed-nazad je omjer jakosti zračenja između smjera maksimalnog zračenja i smjera 180° suprotno od smjera maksimalnog zračenja.
Beamwidth	- kut u stupnjevima između točki glavne latice gdje snaga pada na polovicu maksimalne snage (točke -3 dB).

VERTIKALNI DIJAGRAM ZRAČENJA

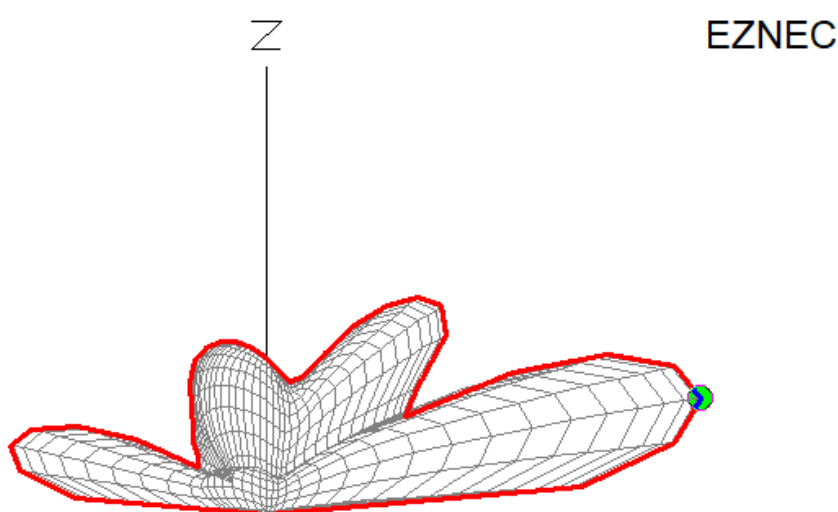
Vertikalni dijagram zračenja (eng. *elevation*) je graf jačine signala u vertikalnim smjerovima, sl. 23. i 24. Ovakav oblik zračenja postoji u prostoru udaljenom nekoliko valnih duljina od antene. To je udaljenost od koje se radioval počinje širiti u prostor bez utjecaja antene koja ga je stvorila!

Zbog načina prostiranja radiovalova na kratkom valu i za daleke veze, želimo KV antenu sa što manjim vertikalnim kutom maksimalnog zračenja.



Sl. 23. Dijagram zračenja 3el yagi antene u prostoru udaljenom nekoliko valnih duljina od antene sa označenim vertikalnim dijagramom zračenja

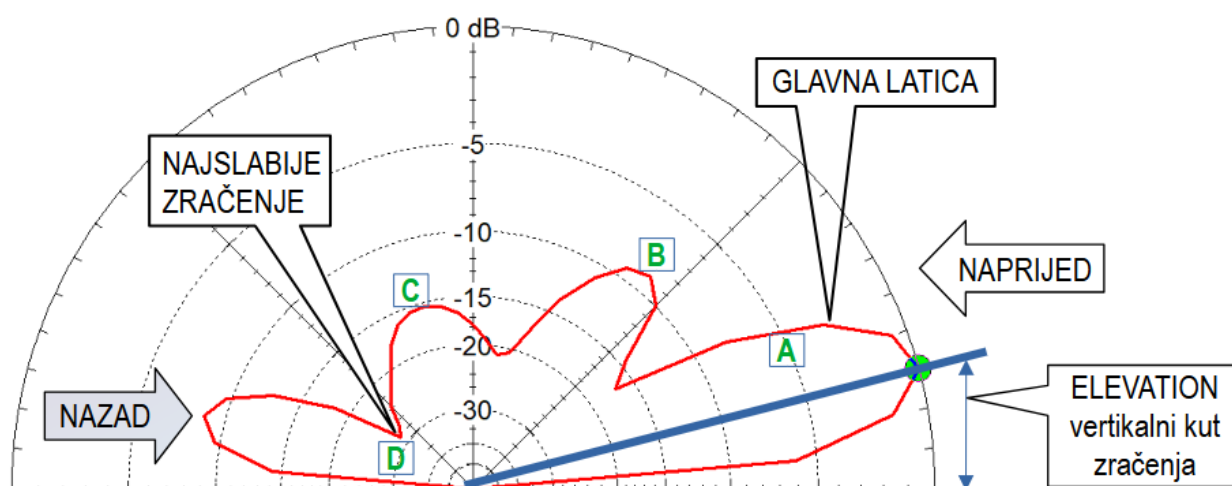
Ako gledamo 3D dijagram sa strane, bočno, vertikalni dijagram je projekcija 3D dijagrama na ravnu, vertikalnu, površinu, sl. 24.



Sl. 24. Vertikalni dijagram zračenja yagi antene sa slike 18. nastao kao projekcija pogleda sa strane na 3D dijagram

Za razliku od horizontalnog dijagrama zračenja koji nam prikazuje kako antena zrači "lijevo – desno", vertikalni dijagram zračenja prikazuje kako antena zrači "u nebo, prema gore". Mjesto maksimalnog vertikalnog zračenja označeno je zelenom točkom.

Polukružnica oko dijagrama vertikalnog zračenja je skala podijeljena na stupnjeve radi određivanja kuta vertikalnog zračenja nekog mjesta na dijagramu. Referenca, 0° , je ravnina zemlje.



Sl. 25. Vertikalni dijagram zračenja - ELEVATION

Sa dijagrama na slici 25. vidimo da je kut elevacije oko 15 stupnjeva. Kut elevacije (vertikalni kut zračenja) je kut koji antena zatvara sa zemljom i točkom maksimalnog zračenja.

Slično kao i na horizontalnom dijagramu zračenja, sa krivulje vertikalnog dijagrama zračenja možemo vidjeti kako i koliko antena slabije zrači prema gore u usporedbi s točkom maksimalnog zračenja. Tako npr. točka "A" = -5 dB, točka "B" = -12 dB, točka "C" = -15 dB i točka "D" = -32 dB.

Kao i za horizontalni dijagram, ispod vertikalnog dijagrama zračenja, EZNEC računa podatke o vertikalnom dijagramu zračenja, sl. 26

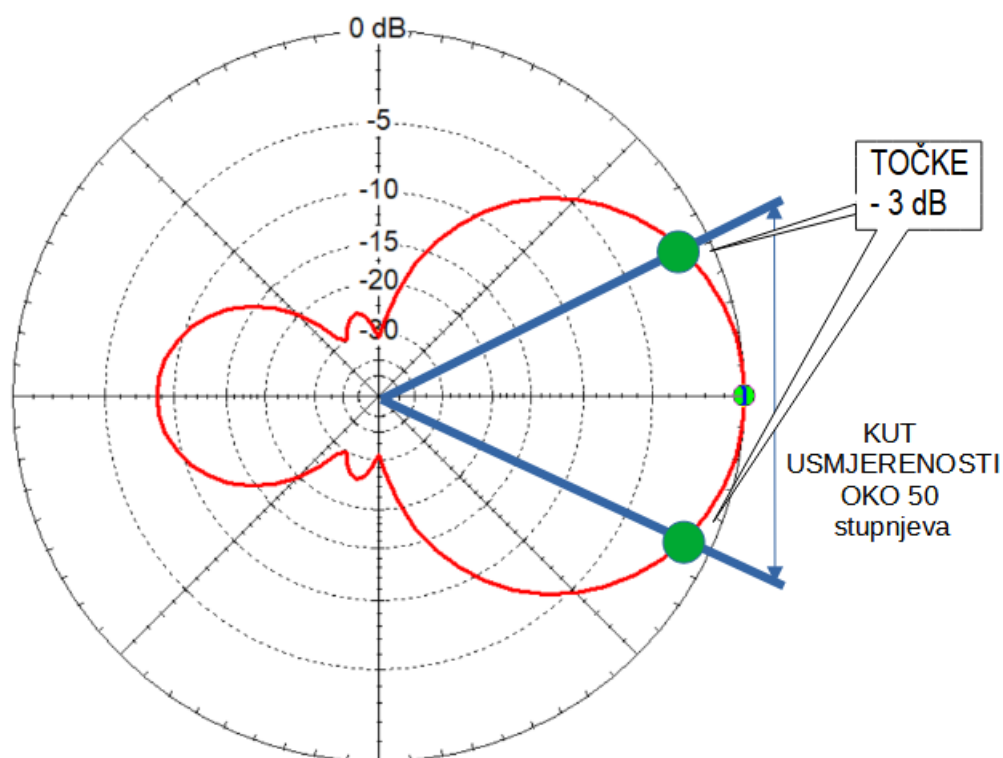
Elevation Plot		Cursor Elev	15,0 deg.
Azimuth Angle	0,0 deg.	Gain	12,95 dBi
Outer Ring	12,96 dBi		0,0 dBmax
Slice Max Gain	12,96 dBi @ Elev Angle = 14,0 deg.		
Beamwidth	15,5 deg.; -3dB @ 7,0, 22,5 deg.		
Sidelobe Gain	9,32 dBi @ Elev Angle = 49,0 deg.		
Front/Sidelobe	3,64 dB		

Sl. 26. Podaci iz EZNEC horizontalnog dijagrama zračenja

Cursor Elev	- vertikalni kut maksimalnog zračenja.
Gain	- dobitak antene pod kutom maksimalnog zračenja.
Outer Ring	- maksimalno zračenje u odnosu na izotropsku antenu.
Beamwidth	- kut u stupnjevima između točki glavne latice gdje snaga pada na polovicu maksimalne snage (točke -3 dB).

USMJERENOST - BEAMWIDTH

Usmjerenost zračenja antene mjerimo kutom usmjerenosti, (*eng. beamwidth*), na horizontalnom dijagramu zračenja, sl. 28. **Kut usmjerenosti** je kut oko glavnog smjera zračenja (glavne laticice) nakon kojega snaga zračenja pada ispod pola maksimalne snage. U dB to opisujemo kao točke -3 dB.



Sl. 28. Horizontalni dijagram zračenja i kut usmjerenosti – BEAMWIDTH.
U ovom primjeru kut usmjerenosti iznosi oko 50 stupnjeva

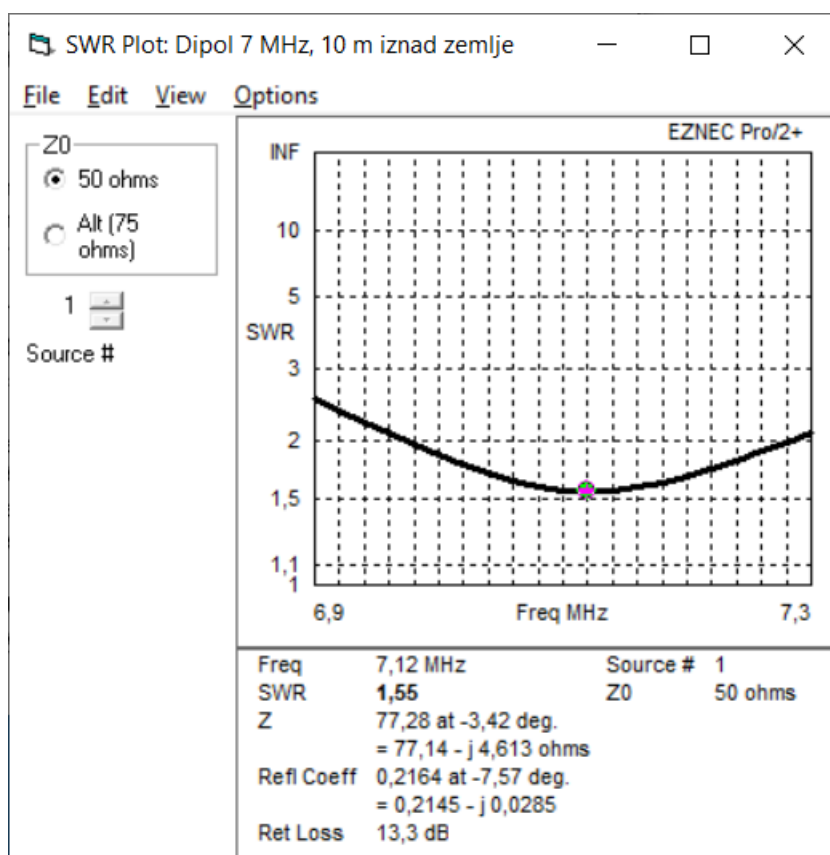
SWR

SWR je predmet bezbrojnih radioamaterskih rasprava i, na žalost, velikom većinom pogrešnih. Ukratko, SWR je mjera prilagođenja impedancija **na mjestu mjerenja** i ne govori ništa o efikasnosti antene niti o drugim važnim svojstvima antene i antenskog sustava.

SWR, koji mjerimo SWR metrom odmah iza TX-a, je važan radi zaštite odašiljača i sposobnosti odašiljača da preda optimalnu snagu u antenu (optimalna snaga je snaga za koju je odašiljač dizajniran).

Budući da radioamateri rade na širokom području frekvencija, nemoguće je imati "skoro idealan" SWR na svim frekvencijama. S praktične točke gledišta, kad smo postigli SWR manji od 2, možemo biti zadovoljni. Svako daljnje poboljšanje ne donosi primjetnu korist.

EZNEC računa SWR za zadani model antene i prikazuje ga grafički kao na slici 29.



Sl. 29. Graf SWR-a dipola za 40 m na visini od 10 m iznad zemlje

KOAKSIJALNI KABEL I SWR

SWR koji **računa EZNEC** je onaj **SWR koji postoji na mjestu na kojem je kabel priključen na antenu** i razlikuje se od SWR-a koji mjerimo sa SWR metrom u sobi sa radiostanicom! U stvarnosti je često izmjereni SWR na početku kabela (na onom kraju koji spajamo na radiostanicu) **varljiv** podatak.

Idealno bi bilo kad bi stvarni SWR mogli mjeriti na završetku kabela (na onom kraju koji je spojen na antenu). To nije praktično moguće, a nije ni potrebno, osim, eventualno, prilikom prvog podizanja antene. Nakon što je antena dobro podešena, mjerenje SWR-a u radnoj sobi je dovoljna informacija o ispravnom radu antenskog sustava.

Direktno mjerenje SWR-a na anteni moguće je sa nanoVNA tako da nanoVNA kalibriramo sa koaksijalnim kabelom koji će biti spojen na antenu. Početak koaksijalnog kabela spojimo na nanoVNA, a na drugi kraj priključimo kalibracijske elemente. Ovakva kalibracija eliminira utjecaj kabela na rezultate mjerenja – nanoVNA sada vidi antenu kao da koaksijalni kabel ne postoji.

Druga metoda koja eliminira utjecaj kabela na mjerenje je posrednim putem, ali tada moramo znati točnu duljinu kabela i njegov "faktor skraćanja" (eng. velocity factor).

POLARIZACIJA ANTENE

Polarizaciju antene definira položaj električnog polja radiovala u odnosu na ravninu zemlje.

Električno polje horizontalno postavljene dipol antene je horizontalno. Dakle, horizontalni dipol i yagi (beam) su horizontalno polarizirane antene.

Električno polje vertikalno postavljene antene (vertikalne antene ili vertikalno postavljeni dipol) je vertikalno u odnosu na zemlju, pa su to vertikalno polarizirane antene.

Horizontalna i vertikalna polarizacija su najjednostavniji oblici polarizacije antene. Polarizacija antene može imati bilo koji položaj između horizontalnog i vertikalnog, a može biti i kružna.