

Uporedna analiza eksperimentalnih rezultata i rezultata simulacije elektromagnetnog polja mobilnog telefona

Radoje B. Jevtić, Jovan T. Ničković

Sadržaj - Rad predstavlja uporednu analizu rezultata dobijenih merenjem pomoću instrumenta Spectran HF 6080 i rezultata dobijenih na osnovu simulacije na računaru u programu HFSS 10 za jačinu električnog polja, jačinu magnetnog polja i SAR-a (Specific Absorption Rate) za mobilni telefon Nokia 2600, kao i upoređivanje dobijenih rezultata sa određenim standardima.

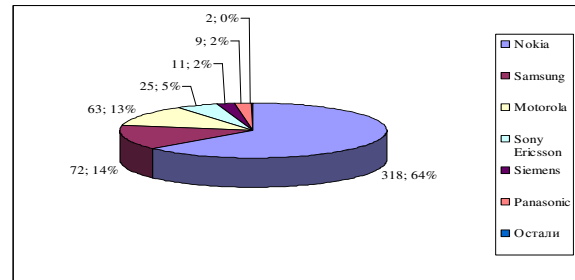
Ključne reči - elektromagnetno zračenje, mobilni telefon, simulacija, program

I. UVOD

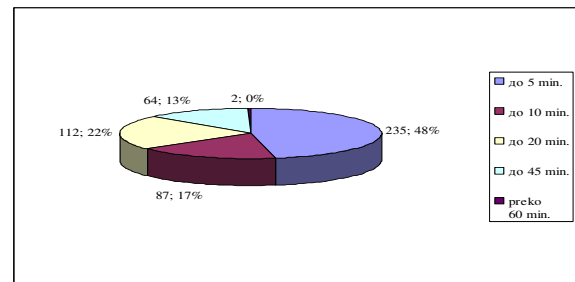
Brz razvoj mobilne telefonije doveo je do povećanog korišćenja mobilnih telefona, a samim tim i do povećanja vremena tokom kojeg se korisnici mobilnih telefona izlažu zračenju svojih aparata. Zbog toga je neophodno izmeriti jačine električnih i magnetnih polja, kao i količinu upijene energije za određeno vreme izloženosti da bi se na osnovu njih moglo diskutovati o eventualnom štetnom delovanju elektromagnetnog zračenja koje stvara mobilni telefon. Postoje mnoge studije koje potenciraju štetnost elektromagnetnog zračenja mobilnog telefona, dok takođe postoje brojne studije koje imaju suprotan stav, a to je da praktično štetnosti nema. Elektromagnetno polje koje mobilni telefon indukuje tokom razgovora je moguće izmeriti pomoću odgovarajućeg mernog instrumenta, dok je prostiranje elektromagnetnih talasa kroz glavu korisnika moguće dobiti pomoću simulacije na računaru u odgovarajućem programu. Dobijeni rezultati se mogu uporediti sa propisanim vrednostima koje su propisane standardima.

II. ISTRAŽIVANJE

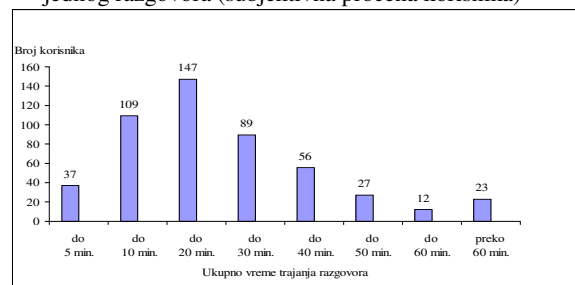
U istraživanju koje je sprovedeno u Nišu tokom 2008. i 2009. godine i koje je obuhvatilo 500 ispitanika korisnika mobilnih telefona različitog godišta i profesija dobijeni su sledeći rezultati o tipu najčešće korišćenog mobilnog telefona, prosečnom vremenu trajanja jednog razgovora, ukupnom vremenu trajanja razgovora u toku jednog dana i broju mobilnih telefona po korisniku:



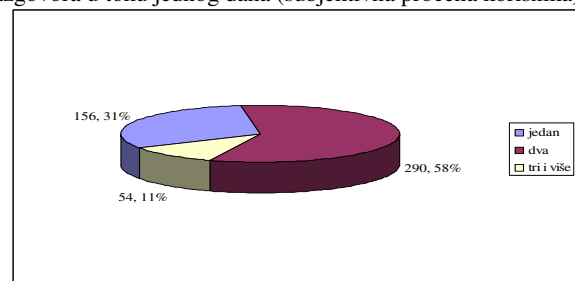
Slika 1. Rezultati istraživanja o najčešće korišćenom tipu mobilnih telefona



Slika 2. Rezultati istraživanja o prosečnom vremenu trajanja jednog razgovora (subjektivna procena korisnika)



Slika 3. Rezultati istraživanja o ukupnom vremenu trajanja razgovora u toku jednog dana (subjektivna procena korisnika)



Slika 4. Rezultati istraživanja o broju mobilnih telefona po korisniku

Radoje B. Jevtić, ETŠ Nikola Tesla, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš; tel. +381-637590193; email: milan.jvtc@gmail.com

Jovan T. Ničković, ETŠ Nikola Tesla, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš; tel. +381-628028175; email: jovan@etstesla.ni.ac.rs

Na osnovu rezultata istraživanja odlučeno da se kao eksperimentalni telefon uzme telefon Nokia 2600 zbog najveće zastupljenosti telefona tipa Nokia među korisnicima.

III. MERENJE I REZULTATI MERENJA

Za merenje električnog i magnetnog polja van glave korisnika upotrebljen je uređaj Spectran HF 6080 firme AARONIA. Merenja su vršena na daljinama vrha antene mernog instrumenta od telefona od 2-22 mm, pri čemu je telefon pomeran od vrha antene mernog uređaja u koracima od po 5 mm, u horizontalnoj ravni i duž ose vrha antene mernog instrumenta. Telefon je svojom prednjom stranom okrenut ka vrhu antene mernog instrumenta tako da njena osa prolazi kroz sredinu telefona. Mernim instrumentom je izmerena približna frekvencija od 900 MHz [1]. Na ovaj način merni instrument praktično predstavlja „glavu“ korisnika. Merenja su vršena za vreme trajanja razgovora od 5 minuta tako što je telefon pozvan od drugog telefona sa udaljene lokacije i između njih uspostavljena veza. „Razgovor“ je ostvaren tako što su se u blizini i jednog i drugog telefona nalazili muzički plejeri koji su emitovali glasnu muziku tako da su i jedan i drugi telefon bili u modu primopredaje signala, da bi se omogućili što realniji i pogodniji uslovi za merenje. Vreme trajanja razgovora od 5 minuta određeno je na osnovu rezultata istraživanja, dok su udaljenosti do 22 mm uzete zbog opadanja razumljivosti razgovora i nemogućnosti merenja jačina polja.

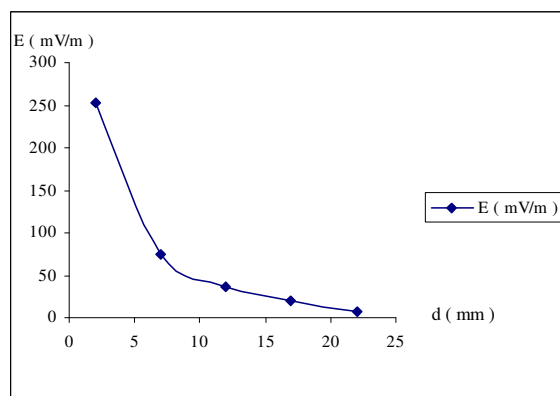


Slika 5. Merni instrument Spectran HF 6080

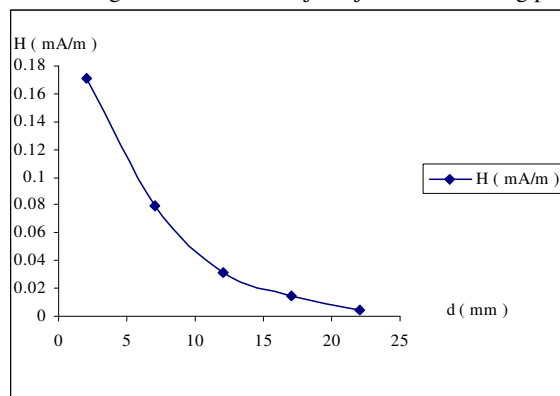
Dobijeni rezultati za jačinu električnog polja i jačinu magnetnog polja merenjem prikazani su u sledećoj tabeli i na sledećim slikama:

Tabela 1: Pregled rezultata merenja za jačinu električnog i magnetnog polja

Telefon	Jačina polja	Daljina (mm)				
		2	7	12	17	22
Nokia 2600	E (mV/m)	253.01	73.79	36.97	20.71	8
	H (mA/m)	0.171	0.079	0.031	0.014	0.004



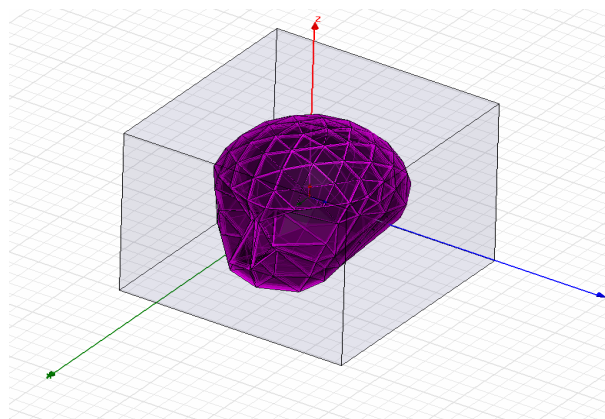
Slika 6. Pregled rezultata merenja za jačinu električnog polja



Slika 7. Pregled rezultata merenja za jačinu magnetnog polja

IV. SIMULACIJA

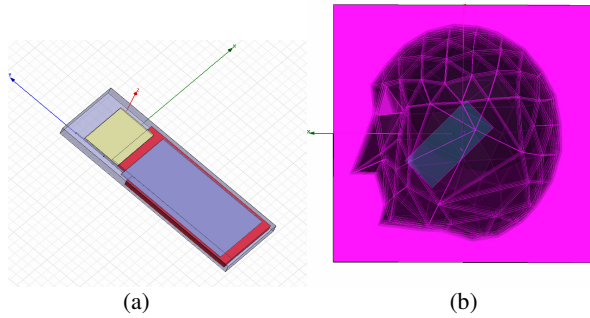
Za simulaciju prostiranja elektromagnetnog polja kroz glavu korisnika korišćen je program HFSS 10. Glava korisnika je modelovana kao višeslojna struktura elipsoidnog oblika čije su dimenzije 19,08x18,2x20,8 cm³, sastavljena od slojeva kože, podkožnog masnog tkiva, mišića glave, kostiju lobanje i mozga. Svi slojevi imaju svoje električne, magnetne i provodne karakteristike. Ušna šupljina je modelovana kao kupa poluprečnika 4 mm i visine 22 mm.



Slika 8. Prikaz višeslojnog trodimenzionalnog objedinjenog simulacionog modela

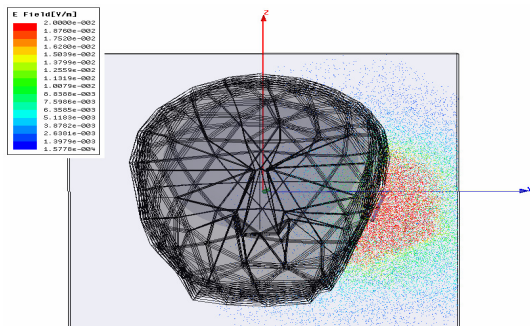
Telefon se takođe modeluje sa nekoliko različitih slojeva sa svojim karakterističnim električnim, magnetnim i

provodnim karakteristikama, pri čemu se antena mobilnog telefona modeluje kao Hercov dipol sa odgovarajućim dimenzijama [2].

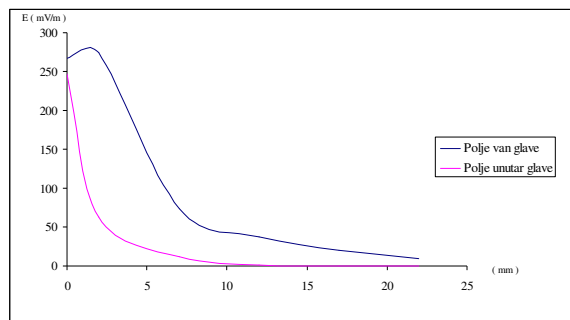


Slika 9. Simulacioni model mobilnog telefona (a) i njegov položaj u odnosu na simulacioni model glave (b)

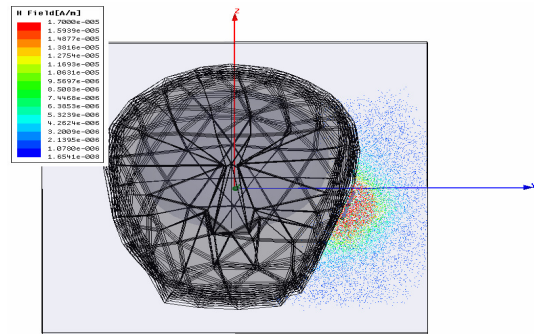
Po završenom modelovanju elemenata simulacije, pristupa se određivanju uslova i parametara simulacije, pri čemu je pre početka simulacije moguće utvrditi grešku validacijom samog modela. Simulacija je izvršena za frekvenciju od 900 MHz. Program za proračun koristi metod konačnih elemenata, što zahteva dosta operativne memorije i vremena za kompletnu simulaciju. Simulacija ovog modela trajala je oko četiri časa. Po završenoj simulaciji dobija se kompletan grafički prikaz prostiranja elektromagnetnog zračenja kroz simulacioni model sa numeričkim vrednostima određenih parametara, kao i odgovarajući grafici u dve i tri dimenzije. Takođe, mogu se dobiti grafički prikaz i vrednosti za SAR. Vrednosti za jačine električnog i magnetnog polja unutar i van glave mogu se uporedno predstaviti [3], [4].



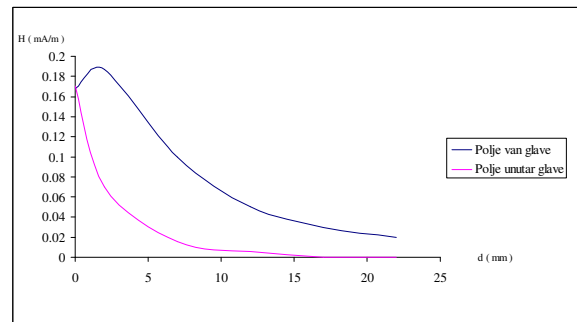
Slika 10. Prikaz raspodele jačine električnog polja unutar i van glave



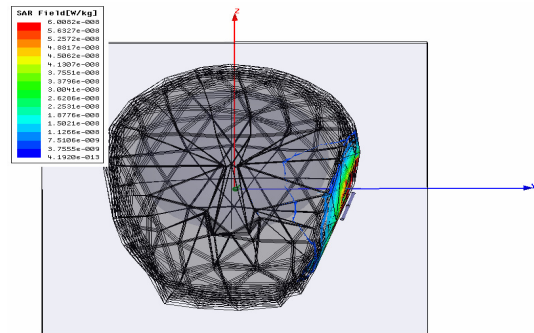
Slika 11. Uporedni prikaz raspodele jačine električnog polja van glave i u glavi korisnika



Slika 12. Prikaz raspodele jačine magnetnog polja unutar i van glave

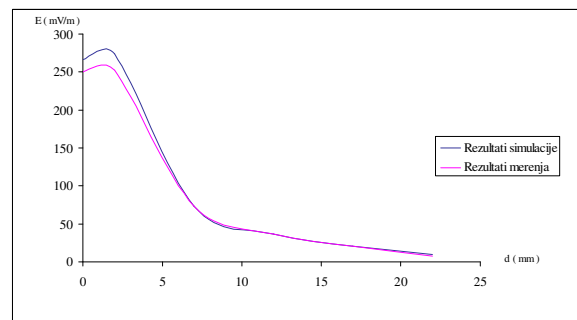


Slika 13. Uporedni prikaz raspodele jačine magnetnog polja van glave i u glavi korisnika

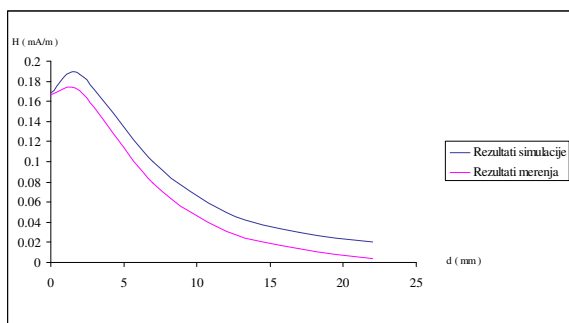


Slika 14. Raspodela SAR-a u glavi korisnika

V. UPOREDNA ANALIZA REZULTATA SIMULACIJE I REZULTATA MERENJA



Slika 15. Uporedni prikaz rezultata simulacije i rezultata merenja za raspodelu jačine električnog polja van glave



Slika 16. Uporedni prikaz rezultata simulacije i rezultata meranja za raspodelu jačine magnetnog polja van glave

Uporednom analizom je pokazano da se rezultati koji su dobijeni eksperimentalnim merenjem u odnosu na rezultate koji su dobijeni simulacijom razlikuju što je i bilo očekivano kada se uzmu u obzir tehničke poteškoće za ostvarivanje što je moguće tačnijih eksperimentalnih rezultata i matematički algoritam softvera. Ukoliko se ovi rezultati uporede sa propisanim vrednostima nekih standarda (ICNIRP kao primer) ili sličnih radova, može se zaključiti da se oni nalaze daleko ispod propisanih i merenih vrednosti za sve tri veličine. Ovo se naročito odnosi na SAR [5], [6].

Tabela 2: ICNIRP propisane vrednosti za jačinu električnog polja, jačinu magnetnog polja i SAR

Veličina	Frekvencija	Vrednosti
E(V/m)	400-2000 MHz	$1,375 \sqrt{f}$ V/m
		$3,000 \sqrt{f}$ V/m
H(A/m)	400-2000 MHz	$0,0037 \sqrt{f}$ A/m
		$0,0080 \sqrt{f}$ A/m
SAR(W/kg)	10MHz-10GHz	0,08 - 4 W/kg

VI. ZAKLJUČAK

Rezultati rada su pokazali da je uporedna analiza dobar način za merenje elektromagnetnog polja kroz ljudsko telo i da je simulacijom moguće dobiti rezultate jačina električnog i magnetnog polja, kao i drugih važnih parametara elektromagnetnog zračenja unutar ljudskog tela. Autorima rad predstavlja jednu od polaznih referenci čiji će rezultati biti upotrebljeni za kompleksnija ispitivanja kao što su: uporedno merenje i simulacija elektromagnetnog polja mobilnog telefona za više različitih tipova mobilnih telefona, merenje i simulacija elektromagnetnog polja mobilnog telefona na različitim frekvencijama, simulacija elektromagnetnog polja mobilnog telefona frekvencije 900 MHz u raznim tkivima itd..

Literatura

- [1] Spectran manual, AAronia AG, 2005.
- [2] Nokia 2600 manual, Nokia, 2007.
- [3] HFSS manual issue, Ansoft, 2003.
- [4] R. Jevtić, "Raspodela elektromagnetnog polja frekvencija mobilnih komunikacija u čoveku", magistarska teza, unpublished.

- [5] M. Burkhardt. and N. Kuster, " Appropriate modeling of the ear for compliance testing of handheld MTE with SAR safety limits at 900/1800 MHz", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 48, pp. 1927-1934, 2000.
- [6] J. Wang and O.Fujiwara, "Comparison and evaluation of electromagnetic absorption characteristics in realistic human head models of adult and children for 900 MHz mobile telephones", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 51, pp 996-971, 2003.

Abstract

This work has been written to show the possible distribution of the electromagnetic field in a human body, especially in the region of a head, because that region is the region which is absorbing the most quantity of radiation . For the needs of this work, the type of mobile phone that have been tested was Nokia 2600 and the distribution of the electric field, magnetic field and SAR-Specific Absorption Rate are presented on their characteristics. The results are presented on graphic and numeric way.

The whole work is divided into six sections.

The first part of work is an introduction part.

The second part is the research part where the results of researching were presented.

The third part is the part where experimental measurements on mobile phone are presented.

The forth part is the part where the simulations for tested mobile phone were done.

The fifth part is a discussion part where the results achieved in work are presented.

The sixth part is a conclusion part.

The seventh part is the part where all the referencies used in work are presented.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESULTS AND RESULTS OF THE SIMULATION ELECTROMAGNETIC FIELD OF MOBILE PHONE

Radoje B. Jevtić, Jovan T. Ničković