

## PREGLED RF SIGURNOSNIH STANDARDIA IZLAGANJA AN OVERVIEW OF RF SAFETY EXPOSURE STANDARDS

Darko Šuka, *Elektrotehnički fakultet Istočno Sarajevo*  
Mirjana Simić, *Elektrotehnički fakultet Beograd*

**Sadržaj** – Nagli razvoj elektronskih uređaja, opreme i sistema doveli su do toga da ljudi danas žive u okruženju u kojem je elektromagnetska interferencija sve izraženija. U cilju da se elektromagnetska interferencija kontroliše i svede na najmanju mjeru, u svijetu je razvijen veliki broj standarda i preporuka. Svi ovi standardi i preporuke u svojoj osnovi propisuju granice maksimalnog izlaganja ljudi elektromagnetskoj emisiji nejonizujućih izvora (zračenja koja imaju energiju fotona manju od 12.4eV) u RF opsegu. Ovaj rad obuhvata kratak pregled nekoliko najpoznatijih svjetskih standarda i preporuka: FCC, IEEE, Kanadski Sigurnosni Kod 6, ARPANSA i ICNIRP. Izbor pomenutih standarda učinjen je na osnovu činjenice da se preporuke za granice maksimalnog izlaganja elektromagnetskoj emisiji u najvećem broju zemalja u svijetu baziraju na nekom od tih standarda. Osim pregleda pomenutih standarda, u radu je dat i pregled stanja u Bosni i Hercegovini po pitanju RF ograničenja, kao i granice maksimalnog izlaganja u nekoliko drugih zemalja.

**Abstract** – The sudden development of electronic devices, equipment and systems had led to a fact that people now live in an environment where electromagnetic interference is more pronounced. In order to control electromagnetic interference and reduce it to a minimum, many standards and recommendations have been developed. All these standards and recommendations basically prescribe the limits of maximum human exposure to nonionizing electromagnetic emission sources (radiation having photon energy less than 12.4eV) in the RF range. This paper includes a brief overview of some well known international standards and recommendations: FCC, IEEE, Canadian Safety Code 6, ARPANSA and the ICNIRP. The choice of these standards has been made on the basis that the recommendations for maximum limits of exposure to electromagnetic emissions in most countries in the world are based on some of these standards. In addition to viewing these standards, the paper also presents an overview of the situation in Bosnia and Herzegovina regarding to RF limits and boundaries for maximum exposure in several other countries as well.

**Ključne riječi** – RF (Radio Frequency) standard. Izloženost zračenju. Granice izlaganja. Pregled standarda u BiH.

**Key words** – RF (Radio Frequency) standard. RF Exposure. Exposure limits. An overview of standards in BiH.

### 1. STANDARDI ZA IZLOŽENOST ZRAČENJU

Upotreba uređaja koji emituju elektromagnetska polja značajno je povećana u posljednjih nekoliko godina. Njihovo prisustvo je uticalo na skoro svaki aspekt svakodnevnog života, u kući, za vrijeme putovanja, u školi, na fakultetu, na poslu. Do sada, najznačajniji uticaj je bio kroz ekspanziju mobilnih komunikacija i bežičnih mreža za prenos govora, multimedijalnog sadržaja, internet pristup i druge aplikacije za prenos podataka. Dok su prednosti ovih tehnologija široko prihvaćene od strane društva, značajna zabrinutost u vezi sa posljedicama usljed povećane izloženosti ljudi elektromagnetskoj emisiji koja od njih potiče i dalje postoji, a posebno o potencijalno nepovoljnim zdravstvenim efektima. RF/MW (*RadioFrequency/Microwave*) standardi u oblasti zaštite od zračenja (elektromagnetske emisije) u suštini se odnose na propise, preporuke i granične vrijednosti kojima se određuju maksimalno dozvoljene granice izlaganja elektromagnetskoj emisiji, a u cilju zaštite ljudskog zdravlja. Tako su se 1953. godine pojavili prvi, na naučnoj osnovi bazirani standardi, kojima je *Schwan* za granicu zračenja odredio vrijednost srednje gustine snage od  $10\text{mW/cm}^2$  [1]. Ova vrijednost je rezultat eksperimenta na termičkom modelu, kojim je ograničen porast unutrašnje temperature izloženog pojedinca do najviše  $1^\circ\text{C}$ , ako je apsorbovana polovina upadne energije. Mnoge organizacije su i usvojile vrijednost od  $10\text{mW/cm}^2$  za srednju gustinu snage kako bi je prilagodile svojim potrebama i ograničenjima, koja su se kretala od  $100\text{ }\mu\text{W/cm}^2$  pa do  $100\text{mW/cm}^2$ . Prvi projekat o standardima pojavio se 1960 godine.

Objavila ga je Američka asocijacija za standarde, ASA (*American Standards Association*) koja je kasnije postala Američki institut za nacionalne standarde, ANSI (*American National Standard Institute*). 1982. godine pojavio se prvi standard o frekvencijskoj zavisnosti parametra SAR (*Specific Absorption Rate*). SAR ili specifična brzina apsorbovane energije definiše se kao mjera brzine apsorpcije energije po jedinici mase biološkog tkiva. Zbog razlika u brzini apsorpcije, SAR se definiše za cijelo tijelo i za dijelove tijela. SAR za cijelo tijelo se koristi kao mjera termičkih efekata izlaganja zračenju. SAR za dijelove tijela koristi se za procjenu izlaganja dijelova tijela u slučajevima specijalnih uslova izlaganja (osobe izložene bliskom polju zračenja antene). Godine 1991. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) komitet SCC-28 (*Standards Coordinating Committee 28*) objavio je novi *IEEE C95.1-1991* standard [2], koji je zatim 1992. godine ANSI usvojila za američki nacionalni standard. Godine 1999. SCC-28 daje dopunu *IEEE C95.1-1991* standarda. Za razliku od prethodnih, standard IEEE iz 1991. godine sadrži dvije preporuke u vezi ograničenja frekvencijskog opsega (između 1 MHz i 3 GHz), koje potiču od različitosti okruženja u kojima se javlja zračenje. Tako se za izloženost zračenju opšte populacije, kao što je npr. izloženost zračenju na javnim mjestima, preporučuje 1/5 granice koja je data za izloženost zračenju kod profesionalne izloženosti. Standardi zaštite od RF/MW zračenja baziraju se na rezultatima kritičkih procjena i interpretacija značajnih naučnih istraživanja. Pri tom su u razmatranje uzeta sva laboratorijska i

epidemiološka istraživanja koja prouzrokuju ma kakvu biološku reakciju, bilo da su to kratkoročne ili dugoročne ekspozicije. Na osnovu ovih procjena usvojena je granična vrijednost za SAR i to za najniži intenzitet zračenja pri kome je zabilježena reakcija, koja bi mogla biti štetna po ljude bez obzira na prirodu interakcionog mehanizma. Da bi se uzela u obzir i nepouzdanost pojedinih podataka i da bi se osigurali da su postavljene granice daleko ispod nivoa zračenja pri kojima bi se mogli pojaviti bilo kakvi negativni efekti, dobijene granične vrijednosti su umanjene za neki proizvoljan zaštitni faktor, tako da su to najčešće vrijednosti 10–50 puta niže od uočene granične vrijednosti (bar što se tiče *IEEE* standarda). Tako je određena granica za poremećaj u ponašanju, koja za srednju vrijednost SAR za cijelo tijelo i za životinjske vrste iznosi od 2–9 W/kg. Ovu graničnu vrijednost prati i porast temperature tijela, najčešće za oko 1°C. Svi pomenuti standardi vezani za izloženost RF/MW zračenju baziraju se na promjenama u ponašanju i bilježe za graničnu vrijednost SAR od 4 W/kg u širokom opsegu frekvencija od 100KHz do 10GHz. Faktor sigurnosti 10 (redukcioni faktor koji pokazuje koliko puta se umanjuju granične vrednosti zračenja pri kojima su zabilježene prve negativne promene kod ljudi) uzet je za zračenje pri profesionalnoj izloženosti, npr. na radnom mjestu, a dodatni faktor 5 za izloženost zračenju opšte populacije. Tako se u pomenutim standardima za maksimalnu srednju SAR za cijelo tijelo navodi vrijednost od 0.4 W/kg za profesionalce i 0.08W/kg za opštu populaciju. Jedva primjetne razlike u ograničenjima, koje su postavile različite organizacije, iskorišćene su da bi se odredio parametar MPE (*Maximum Permissible Exposure*) zbog postojanja ljudi znatno osjetljivijih na elektromagnetska zračenja. Nezavisno od standarda, danas su maksimalne granice izlaganja elektromagnetskoj emisiji nejonizujućih izvora postavljene uzimajući u obzir dva potvrđena efekta koja nejonizujuća radijacija ima na ljudski organizam: termički i stimulativni efekat. Termički efekat zasniva se na promjeni (povećanju) temperature dijela tijela izloženog povećanoj koncentraciji elektromagnetske emisije (tkivo se zagrijava). Efekat je izraženiji u onim dijelovima tijela u kojima postoji manja gustina krvnih sudova, obzirom da su krvni sudovi i sami regulatori tjelesne temperature. Stimulativni efekti manifestuju se nadražajem mišićnih i nervnih ćelija (povećana razdražljivost i umor). Treba naglasiti da su stimulativni efekti manje izraženi na učestanostima iznad 10MHz. Zbog razlika u tumačenju uticaja termičkih i stimulativnih efekata na ljudski organizam, jedna od glavnih aktivnosti Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) jeste harmonizacija postojećih standarda i razvoj jedinstvenog naučno-baziranog svjetskog standarda.

## 2. FCC STANDARD

FCC (*Federal Communications Commission*) regulative su zasnovane na postavljanju granica za ljudsku izloženost elektromagnetskoj emisiji. Ograničenja su slična, ali ne i identična, granicama nekoliko drugih velikih standarda. FCC je usvojila prvi frekvencijsko-zavisni standard, ANSI C95.1-1982, 1986. godine. U aprilu 1993, FCC je izdala prijedlog izrade Pravila (*Docket 93-62*), što je ukazivalo da je planirano usvajanje novog IEEE standarda. Nakon tri izmjene, FCC je konačno izdao svoj novi propis 5. avgusta 1996. Novi propisi su zapravo hibrid, uzimajući prvenstveno NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measure-ments*) izveštaj 86 (stav "D") za svoje ograničenje polja, ali uzimajući i određene aspekte 1991 IEEE standarda (stav "C"). FCC je prvi standard u Sjedinjenim Državama koji je javno podržan od

strane svih glavnih federalnih zdravstvenih agencija - EPA (*US Environmental Protection Agency*), OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) i NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*).

### 2.1 Granice izlaganja

Prilikom razmatranja granica izloženosti elektromagnetskoj emisiji, FCC razlikuje dva slučaja izloženosti: (a) Profesionalna (kontrolisana) izloženost (tehničko osoblje); (b) Izloženost opšte populacije (nekontrolisana). Maksimalno dozvoljene granice izlaganja elektromagnetskoj emisiji su veće u slučaju normi za tehničko osoblje nego kod granica opšte ljudske populacije. Razlog je taj što profesionalna upotreba podrazumijeva da je tehničko osoblje upoznato sa mogućim opasnostima od prekomjernog izlaganja elektromagnetskoj emisiji i da je preduzelo sve propisane mjere u cilju zaštite od prekomjernog izlaganja.

### 2.2 Profesionalna (kontrolisana) izloženost naspram izloženosti opšte populacije/nekontrolisane izloženosti

FCC daje granične nivoe za dvije vrste izloženosti i pokušava da definiše kada se one primjenjuju. Pojednostavljen prikaz jeste taj da se primjenjuju restriktivnija ograničenja za opštu populaciju/nekontrolisano izlaganje, osim ako: (a) organizacija radi pod pisanim RF bezbjednosnim programom i (b) su pojedinci, koji mogu biti izloženi nivoima iznad granica za opštu populaciju/nekontrolisano izlaganje, prošli RF bezbednosnu obuku. Planirano obavještenje o Predloženoj izradi pravila ima za cilj da dodatno definiše kada organizacija može da koristi veće MPE granice za profesionalnu/kontrolisanu izloženost. Izrazi „u potpunosti svjesni” i „ostvarivanje kontrole” su povezani sa tekućom FCC regulativom prilikom definisanja zahtjeva za određivanje da li izloženost određuje upotrebu viših MPE granice za Profesionalnu/kontrolisanu izloženost. Obavještenje dalje definiše ova dva važna uslova. Fraza „u potpunosti svjesni” odnosi se na radnike koji: (a) su dobili i pismene i usmene informacije u vezi sa RF zračenjem; (b) su prošli obuku koja uključuje kako da se kontroliše ili ublaži izlaganje RF zračenju. Fraza „u stanju da vrši kontrolu (ostvarivanje kontrole)” odnosi se na radnike koji: (a) razumiju kako da koriste administrativne pristupe da bi smanjili nivo izloženosti. Administrativni pristup obuhvata prosječno vreme izlaganja; (b) razumiju kako se koriste inženjerski pristupi da bi se smanjio nivo izloženosti. Inženjerski pristup obuhvata ličnu zaštitnu opremu PPE (*Personal Protective Equipment*), posebno RF lične mjerače ekspozicije i RF zaštitnu odjeću.

### 2.3 Granice električnog polja

FCC MPE granice za pomenute klase izloženosti prikazane su u tabelama 1. i 2. Period usrednjavanja iznosi 6 minuta. Vremenski prosječno izlaganje nije dozvoljeno za mnogo strožije MPE granice izlaganja za Opštu populaciju/ nekontrolisanu izloženost. Zanimljiv je podatak da se granične vrijednosti izlaganja za opštu ljudsku populaciju u opsegu rada ćelijskih sistema druge generacije (900MHz) starog jugoslovenskog standarda JUS N.NO.205 (Pravilnik br. 06/01-93/178 od 8.8.1990., Sl. list SFRJ br. 50/90) poklapaju sa graničnim vrijednostima koje propisuje FCC (27.5V/m). U ostalim frekvencijskim opsezima se razlikuju, jer su granične vrijednosti u slučaju FCC promjenljive i zavise od frekvencije, dok JUS standard ima jedinstvenu granicu od 27.5V/m čitavom u opsegu od 30MHz do 300GHz i gustinu srednje snage od 2W/m<sup>2</sup>.

| Frequency (MHz) | Electric Field Strength (V/m) | Power Density (mW/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 0.03–3.0        | 614                           | 100                                 |
| 3.0–30          | 1842/f                        | 900/f <sup>2</sup>                  |
| 30–300          | 61.4                          | 1.0                                 |
| 300–1500        | 61.4                          | f/300                               |
| 1500–100000     | 61.4                          | 5.0                                 |

f = učestanost u MHz

**Tabela 1.** MPE granice za krofesionalnu/kontrolisanu izloženost, FCC

| Frequency (MHz) | Electric Field Strength (V/m) | Power Density (mW/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 0.03–1.34       | 614                           | 100                                 |
| 1.34–30         | 824/f                         | 180/f <sup>2</sup>                  |
| 30–300          | 27.5                          | 0.2                                 |
| 300–1500        | 27.5                          | f/1500                              |
| 1500–100000     | 27.5                          | 1.0                                 |

f = učestanost u MHz

**Tabela 2.** MPE granice za izloženost opšte populacije/nekontrolisanu izloženost, FCC

## 2.4 Granice indukovane i kontaktne struje

Iako FCC je najavio planove da izda ograničenja za izlaganja o indukovanim i kontaktnim strujama kada su ograničenja jačina polja stupila na snagu 1997. godine, nije bila preduzeta nikakva dalja akcija. Dio problema su poteškoće u vršenju mjerenja. Mnogo je teže da se izvrše mjerenja struje nego mjerenja jačine polja. Takođe, nedostatak interesovanja primorao je velikog proizvođača te opreme, *Narda Safety Test Solutions*, da prekine proizvodnju uređaja za mjerenje struje.

## 3. IEEE STANDARD

Glavni IEEE standardi koji se odnose na RF zračenje: (a) IEEE C95.1-2005 je standard za izloženost ljudi. (*Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*); (b) IEEE C95.3-1999 je standard prakse mjerenja. Oba IEEE standarda imaju dvojne oznake kao ANSI standard, odnosno ANSI C95.1-2005. Standard za izloženost ima ograničenja za električna i magnetska polja usrednjena u nekom vremenskom intervalu i za slučaj cijelog tijela. Prvi ANSI standard koji pokriva izloženost zračenju radiofrekventnih talasa, bio je izdat 1966. godine. Imao je četiri strane i preporučivao da izlaganje bude ograničeno na polje visokog nivoa ne veće od gustine srednje snage od 10mV/cm<sup>2</sup>. Granice izloženosti su bile izražene u formi priručnika, tzv. RFPG (*Radio Frequency Protection Guides*). Na osnovu ANSI pravila, odbori su se morali sastajati svakih pet godina da preispitaju standard, bilo da ga potvrde ili izmjene po potrebi na osnovu najnovijih dostupnih informacija. Prva velika promjena bila je u verziji 1982. ANSI C95.1-1982 je postao prvi SAR standard na bazi izloženosti ljudi u svijetu. Svi vodeći standardi u svijetu danas su slični i imaju karakteristična frekventno-zavisna ograničenja izloženosti. Postoje neke bitne razlike, ali granice izlaganja za električna i magnetska polja su zasnovana na istim konceptima zagrijavanja tijela i elektrostimulacije. Ipak, današnje mnogo veće grupacije ponovo počinju proces preispitivanja standarda. Usred atmosfere zabrinutosti oko pitanja odgovornosti, nadležnost standarda sa ANSI je prešao na IEEE. IEEE je veća, jača organizacija međunarodnog obima. Tako je sljedeće ažuriranje standarda, koje je unijelo nekoliko većih promjena, bio IEEE C95.1-1991 standard. Godinu dana kasnije, bio je ratifikovan od strane ANSI. Najnovija verzija predstavlja skromne izmjene i pojašnjenja tog standarda.

## 3.1 Granice izlaganja

IEEE standard sadrži granice izlaganja za električna i magnetska polja koja su usrednjena u nekom vremenskom intervalu i data su za slučaj cijelog tijela. Granice su izražene u

pogledu maksimalno dozvoljene izloženosti, tj. MPE. MPE granice za magnetsko polje su smanjene ispod 100MHz, pošto su granice izlaganja na nižim frekvencijama zasnovane na elektrostimulacijama, a ne na zagrijavanju tijela, i obje, i indukovane i kontaktne struje, se odnose na jačinu električnog polja. Tu su i ograničenja za indukovane i kontaktne struje.

## 3.2 Ograničenja električnog polja

IEEE MPE ograničenja za dva okruženja su prikazana u tabelama 3. i 4. Granice su date za cijelo tijelo, a usrednjavanje je vršeno za vremenski interval od 6 minuta. Prosječno vrijeme za nekontrolisano okruženje je 30 minuta. Prosječna vremena se smanjuju na frekvencijama iznad 3GHz, usljed zabrinutosti zbog oštećenja očiju.

## 4. REGULATIVA SIGURNOSNI KOD 6 (KANADA)

Biro za zaštitu zdravlja od zračenja u Kanadi izdao je seriju sigurnosnih kodova. Kanadski Sigurnosni Kod 6 (*Canadian Safety Code 6*) je nazvan "*Granice izloženosti ljudi radiofrekventnoj elektromagnetskoj energiji u frekventnom opsegu od 3 kHz do 300 GHz*." Zvanični broj dokumenta je HC Pab: 091029.

## 4.1 Granice izlaganja

Najnovija verzija Sigurnosnog Koda 6 i dalje nudi dva seta nivoa izloženosti radiofrekventnim talasima koje su nudile i ranije verzije, ali postoji velika promjena u nomenklaturi. Ranije verzije su upućivale na više nivoe kao "*RF i Mikrotalasni radnik*" ("*RF and Microwave Worker*"), dok je restriktivniji nivo upućivao na lica koja nisu klasifikovana kao RF ili mikrotalasni radnik, kao i za širu javnost. Nije bilo definicija ili specifičnih kvalifikacija koje definišu ko se naziva RF radnikom. Ažurirana verzija Sigurnosnog Koda 6 ima granice za maksimalnu dozvoljenu ekspoziciju MPE za kontrolisano, kao i za nekontrolisano okruženje i pruža razumnu definiciju kontrolisanog radnog okruženja. Ažuriranje iz 2009. godine nije donijelo promjene u granicama izloženosti. Ograničenja za električno polje su slična ograničenjima FCC regulative iz 1997. godine. Razlika se javlja između 1 i 30MHz. Sigurnosni Kod 6 i ICNIRP standard imaju promjenljive granice od 1 do 10MHz za električno polje. Svi američki standardi (*IEEE, ANSI, FCC,...*), kao i standardi *NATO-a* imaju promjenljive granice od 3 do 30MHz. Sigurnosni Kod 6 obuhvata niže, tj. tolerantnije granice za magnetska polja ispod 30MHz.

| Frequency (MHz) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------------------|
| 0.1–1.0         | 9000                              |
| 1.0–30          | 9000/f <sup>2</sup>               |
| 30–300          | 10                                |
| 300–3000        | f/30                              |
| 3000–300000     | 100                               |

f = učestanost u MHz

**Tabela 3.** MPE granice za kontrolisana okruženja, IEEE.

| Frequency (MHz) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------------------|
| 0.1–1.34        | 1000                              |
| 1.34–30         | 1800/f <sup>2</sup>               |
| 30–400          | 2.0                               |
| 400–2000        | f/200                             |
| 2000–100000     | 10                                |
| 100000–300000   | Increases from 10 to 100          |

f = učestanost u MHz

**Tabela 4.** MPE granice za nekontrolisana okruženja, IEEE.

On, takođe, uključuje i ograničenja za indukovane i kontaktne struje. Ministarstvo zdravlja Kanade je izdalo i drugi dokument koji daje smjernice pod nazivom "*Technical Guide for Interpretation and Compliance Assessment of Health Canada's Radiofrequency Exposure Guidelines*". Takođe, Biro za telekomunikacije Kanade ima dokumenta koja se bave načinom

mjerjenja RF emisija pod nazivom "Smjernice za mjerenje radiofrekventnih polja na frekvencijama od 3kHz do 300GHz".

## 4.2 Granice električnog polja

Granice izlaganja za električno polje prikazane su u tabelama 5. i 6.

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|
| 0.003–1.0       | 600                  |                                   |
| 1.0–10.0        | 600/f                |                                   |
| 10–300          | 60                   | 10                                |
| 300–1500        |                      | f/30                              |
| 1500–15000      |                      | 50                                |
| 15000–150000    |                      | 50                                |
| 150000–300000   |                      | 3.33 x 10 <sup>-4</sup> f         |

f = učestanost u MHz

**Tabela 5.** Granice izlaganja za kontrolisana okruženja, Canadian Safety Code 6

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|
| 0.003–1.0       | 280                  |                                   |
| 1.0–10.0        | 280/f                |                                   |
| 10–300          | 28                   | 2                                 |
| 300–1500        |                      | f/150                             |
| 1500–15000      |                      | 10                                |
| 15000–150000    |                      | 10                                |
| 150000–300000   |                      | 6.67 x 10 <sup>-5</sup> f         |

f = učestanost u MHz

**Tabela 6.** Granice izlaganja za nekontrolisana okruženja, Canadian Safety Code 6

Vremenski interval usrednjavanja iznosi 6 minuta. Granice za magnetsko polje su daleko ispod 30 MHz. Tu su i ograničenja za izloženost za indukovane i kontaktne struje.

## 5. ICNIRP

Preporuke međunarodnog savjeta za zaštitu od nejonizujućih zračenja, ICNIRP (*International Council on Non-Ionizing Radiation Protection*) pružaju dva seta nivoa za RF granice izlaganja. ICNIRP standard se koristi u većini evropskih zemalja.

### 5.1 Granice izlaganja

ICNIRP smjernice imaju granice izlaganja za električna i magnetska polja za slučaj cijelog tijela, usrednjena u nekom propisanom vremenskom intervalu. Viši nivo se odnosi na profesionalnu izloženost, dok se restriktivniji nivo odnosi na opštu ljudsku populaciju. Ograničenja za električno i magnetsko polje su veoma slična ograničenja FCC regulative iz 1997. godine. Razlike se javljaju u dvjema prelaznim oblastima: između 1 i 30 MHz, i između 300 i 2000 MHz. Na nižem frekventnom prelazu, Sigurnosni Kod 6 i ICNIRP standard imaju promjenjive granice od 1 do 10 MHz. Svi američki standardi (*IEEE, ANSI, FCC,...*), kao i standardi *NATO-a* imaju promjenjive granice od 3 do 30 MHz. I dok svi sjevernoamerički standardi imaju promjenjive granice od 300 do 1500 ili 3000 MHz, u zavisnosti od ograničenja u mikrotalasnoj oblasti, ICNIRP standard ima promjenjive granice od 400 do 2000 MHz. Granice izlaganja se daju do 300 GHz. Granice izlaganja za magnetsko polje su snižene ispod 100 MHz, pošto su granice izlaganja na nižim frekvencijama više zasnovane na elektrostimulacija nego na zagrijavanju tijela i indukovane i kontaktne struje su vezane za jačinu električnog polja.

### 5.2 Granice električnog polja

Granice izlaganja za električno polje po preporuci ICNIRP prikazane su u tabelama 7. i 8. Tabele ne uključuju granice ispod 65 kHz.

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|
| 0.065–1.0       | 610                  | -                                 |
| 1.0–10.0        | 610/f                | -                                 |
| 10–400          | 61                   | 10                                |
| 400–2000        | 3f <sup>1/2</sup>    | f/40                              |
| 2000–300000     | 137                  | 50                                |

f = učestanost u MHz

**Tabela 7.** Referentni nivoi za profesionalnu izloženost, ICNIRP

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m)   | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0.15–1.0        | 87                     | -                                 |
| 1.0–10.0        | 87/f <sup>1/2</sup>    | -                                 |
| 10–400          | 28                     | 2.0                               |
| 400–2000        | 1.375 f <sup>1/2</sup> | f/200                             |
| 2000–300000     | 61                     | 10                                |

f = učestanost u MHz

**Tabela 8.** Referentni nivoi za izloženost opšte populacije, ICNIRP

Granice za magnetsko polje su daleko ispod 1 MHz. Tu su i ograničenja izloženosti za indukovane i kontaktne struje.

## 6. ARPANSA

Diskusija na temu standarda po pitanju propisivanja granica izloženosti elektromagnetskoj emisiji nejonizujuće radijacije ne bi bila kompletna ukoliko se ne bi pomenuo još jedan važan predstavnik, a to je australijska ARPANSA (*Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*). Ovo je agencija koja već godinama vrši intenzivna ispitivanja po pitanju uticaja elektromagnetske emisije na zdravlje ljudi. U samoj Australiji, za potrebe ovih ispitivanja ulažu se i velika finansijska sredstva. Granične vrijednosti intenziteta električnog polja i srednje gustine snage za tehničko osoblje i opštu ljudsku populaciju po preporuci ARPANSE dati su u tabelama 9. i 10., respektivno.

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m) | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|
| 0.065–1.0       | 610                  | -                                 |
| 1.0–10.0        | 610/f                | -                                 |
| 10–400          | 61                   | 10                                |
| 400–2000        | 3f <sup>1/2</sup>    | f/40                              |
| 2000–300000     | 137                  | 50                                |

f = učestanost u MHz

**Tabela 9.** Referentni nivoi za profesionalnu izloženost, ARPANSA

| Frequency (MHz) | Electric Field (V/m)   | Power Density (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0.15–1.0        | 87                     | -                                 |
| 1.0–10.0        | 87/f <sup>1/2</sup>    | -                                 |
| 10–400          | 28                     | 2.0                               |
| 400–2000        | 1.375 f <sup>1/2</sup> | f/200                             |
| 2000–300000     | 61                     | 10                                |

f = učestanost u MHz

**Tabela 10.** Referentni nivoi za izloženost opšte populacije, ARPANSA

## 7. PREGLED STANDARDA I PROPISA U BIH

Ministar zdravlja i socijalne zaštite Republike Srpske je donio „Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja do 300 GHz“, (Sl. glasnik RS broj 112 od 14. 12. 2007.), [8], prema kojem se razlikuju dvije grupe normi: (a) za tehničko osoblje i (b) za opštu ljudsku populaciju. Prema ovom pravilniku granične vrijednosti intenziteta električnog polja, magnetskog polja i srednje gustine snage Sekv u slučaju kontinualnog izlaganja elektromagnetskom polju za tehničko osoblje i opštu ljudsku populaciju date su u Tabelama 11. i 12. Ove vrijednosti, u slučaju izlaganja impulsnom elektromagnetskom polju ne smiju prelaziti više od 1000 puta granične vrijednosti navedene u Tabelama 11. i 12. Takođe, Regulatorna agencija za komunikacije (Zakon o komunikacijama *BiH*, Službeni glasnik *BiH*, broj 31/03), [4], usvojila je referentne propise i standarde u cilju ograničavanja izlaganja ljudi elektromagnetskom zračenju

(Preporuka Vijeća EU 1999/519/EC o ograničavanju izlaganja ljudi elektromagnetskim poljima (0 Hz-300 GHz)).

| Frekvencija     | $E$ (V/m)             | $H$ (A/m)              | $S_{ekv}$ (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| (3 – 100) KHz   | 87                    | 5                      | /                             |
| (100 – 150) KHz | 87                    | 5                      | /                             |
| (0.5 – 1) MHz   | 87                    | 0.73/f                 | /                             |
| (1 – 10) MHz    | 87/f <sup>1/2</sup>   | 0.73/f                 | /                             |
| (10-400) MHz    | 28                    | 0.073                  | 2                             |
| (400-2000) MHz  | 1.375f <sup>1/2</sup> | 0.0037f <sup>1/2</sup> | f/200                         |
| (2-10) GHz      | 61                    | 0.16                   | 10                            |
| (10-300) GHz    | 61                    | 0.16                   | 10                            |

f = učestanost u MHz

**Tabela 11.** Granične vrijednosti intenziteta električnog, magnetskog polja i srednje gustine snage, za područja prof. izloženosti kontinualnom elektromagnetskom polju, RS.

| Frekvencija     | $E$ (V/m)             | $H$ (A/m)               | $S_{ekv}$ (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| (3 – 100) KHz   | 34.8                  | 2                       | /                             |
| (100 – 150) KHz | 34.8                  | 2                       | /                             |
| (0.5 – 1) MHz   | 34.8                  | 0.292/f                 | /                             |
| (1 – 10) MHz    | 34.8/f <sup>1/2</sup> | 0.292/f                 | /                             |
| (10-400) MHz    | 11.2                  | 0.0292                  | 0.326                         |
| (400-2000) MHz  | 0.55 f <sup>1/2</sup> | 0.00148f <sup>1/2</sup> | f/1250                        |
| (2-10) GHz      | 24.4                  | 0.064                   | 1.6                           |
| (10-300) GHz    | 24.4                  | 0.064                   | 1.6                           |

f = učestanost u MHz

**Tabela 12.** Granične vrijednosti intenziteta električnog, magnetnog polja i srednje gustine snage, u slučaju kontinualnog izlaganja opšte ljudske populacije elektromagnetnom polju, RS.

| Frekvencija f   | SAR cijelo tijelo (W/kg) | SAR glava i trup (W/kg)             |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| (9 – 100) kHz   | –                        | –                                   |
| (0.1 – 10) MHz  | 0.08                     | 2                                   |
| (0.01 – 10) GHz | 0.08                     | 2                                   |
| (10 – 300) GHz  | –                        | –                                   |
| Frekvencija f   | SAR udovi (W/kg)         | Gustina snage S (W/m <sup>2</sup> ) |
| (9 – 100) kHz   | –                        | –                                   |
| (0.1 – 10) MHz  | 4                        | –                                   |
| (0.01 – 10) GHz | 4                        | –                                   |
| (10 – 300) GHz  | –                        | 10                                  |

**Tabela 13.** Vrijednosti osnovnih ograničenja SAR, BiH

Vijeće Regulatorne agencije za komunikacije donijelo je i „Pravilo 37/2008 o ograničavanju emisija elektromagnetskog zračenja“ (Službeni glasnik BiH, br. 80/08 od 06.10.2008. god.). Ovim pravilom su propisane gotovo iste granične vrijednosti kao u „Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja do 300GHz“, u Republici Srpskoj. Razlika je samo u formi tabela i što Pravilo ne propisuje granične vrijednosti za frekventni opseg od 1Hz do 9KHz. Takođe, Pravilo propisuje vrijednosti osnovnih ograničenja za SAR (Tabela 13.) što nema u Pravilniku. Poređenjem nivoa u ICNIRP tabelama i Tabelama 10. i 11. može se uočiti da su granične vrijednosti propisane u BiH i RS niže 3 do 4 puta od istih propisanih od strane ICNIRP-a.

## 8. ZAKLJUČAK

Brojna istraživanja uticaja EM zračenja u oblasti RF i MW frekvencija, a posebno na frekvencijama koje se primjenjuju kod savremenih GSM sistema, pokazuju da postoje određeni efekti zračenja na organizme koji predstavljaju

složenu strukturu, sastavljenu od skupova organa i sistema na koje EM zračenje različito utiče. Količina apsorbovane energije je funkcija snage zračenja elektromagnetskog polja, frekvencije, položaja organizma u odnosu na pravac polja, itd. U suštini razlikuju se dvije vrste efekata EM zračenja – termički i netermički. Termički efekti su dosta dobro proučeni i dokazani. Sa druge strane, u vezi postojanja netermičkih efekata postoje kontradiktorna mišljenja i zabrinutosti tako da se očekuje dalji istraživački rad u ovoj oblasti koji će dokazati ili opovrgnuti zasnovanost ovih efekata. Postojeći standardi bazirani su na naučnim saznanjima iz ove oblasti, a posebno uzimaju u obzir termičke efekte. Razlike koje danas postoje među standardima posljedica su različitih interpretacija naučnih saznanja. Mnoge zemlje se ne pridržavaju ovih standarda, već primjenjuju svoje nacionalne standarde i uvode neke redukcione faktore. Cilj je objedinjavanje različitih standarda u jedan jedinstveni. Pravilnici propisani u BiH i RS su za referencu imali gore navedene standarde EU.

## 9. PRILOG

| Zemlja            | Frekvencija          | Intenzitet el. polja [V/m]                                       | Gustina snage [W/m <sup>2</sup> ] |
|-------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Zemlje EU</b>  | RF opseg (do 300GHz) | <b>ICNIRP</b>                                                    | <b>ICNIRP</b>                     |
| <b>Australija</b> | 100kHz - 300GHz      | <b>ARPANSA</b>                                                   | <b>ARPANSA</b>                    |
| <b>Japan</b>      | 300MHz - 1.5GHz      | <b>1.585 f<sup>1/2</sup></b>                                     | <b>f/150</b>                      |
| <b>USA</b>        | 300MHz - 1.5GHz      | <b>FCC</b>                                                       | <b>FCC</b>                        |
| <b>Kanada</b>     | 300MHz - 1.5GHz      | <b>CSC 6</b>                                                     | <b>CSC 6</b>                      |
| <b>Rusija</b>     | 30MHz - 300MHz       | <b>3</b>                                                         | <b>-</b>                          |
|                   | 0.3GHz - 30GHz       | <b>-</b>                                                         | <b>0.1</b>                        |
| <b>Kina</b>       | 30MHz - 3000MHz      | <b>12</b>                                                        | <b>0.4</b>                        |
| <b>Poljska</b>    | 0.3GHz - 300GHz      | <b>6.14</b>                                                      | <b>0.1</b>                        |
| <b>Italija</b>    | 0.1MHz - 300GHz      | <b>6</b>                                                         | <b>-</b>                          |
| <b>Belgija</b>    | 0.4GHz - 2GHz        | <b>0.686 f<sup>1/2</sup></b>                                     | <b>f/800</b>                      |
| <b>Luksemburg</b> | 900MHz               | <b>3</b>                                                         | <b>0.02</b>                       |
|                   | 1800MHz              | <b>6</b>                                                         | <b>0.1</b>                        |
| <b>Francuska</b>  | 900MHz               | <b>2</b>                                                         | <b>0.01</b>                       |
|                   | 1800MHz              | <b>6</b>                                                         | <b>0.1</b>                        |
| <b>Srbija</b>     | (0.4-2) GHz          | <b>16.5</b> (u zoni povećane osjetljivosti), <b>ICNIRP</b> inače | <b>f/1250</b>                     |

Tabela 14. Prikaz graničnih vrednosti u nekim zemljama sveta.

## LITERATURA

- [1] Mumford WW. Some technical aspects of microwave radiation hazards, Proc. IRE, Feb. 1960; 427–47.
- [2] Safety Level with respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 300 kHz to 100 GHz, ANSI Standard C95.1-1982, 1982.
- [3] Dejan D. Krstić, Vera V. Marković, Nataša M. Nikolić: "Biološki efekti zračenja bežičnih komunikacionih sistema", Acta Medica Medianae 2004, Vol 43.
- [4] Zakon o komunikacijama BiH ("Službeni glasnik BiH", broj 31/03).
- [5] Alastair McKinlay: "Emerging EMF technologies action on possible health risks", Verlag France and UK Health Protection Agency 2008.
- [6] P. Mededović, Đ. Kolonić, Procjena izlaganja ljudskog tijela zračenju radiofrekventnih elektromagnetskih polja Institut zaštite, ekologije i informatike, B. Luka, 6.2009
- [7] Vijeće Regulatorne agencije za komunikacije, „Pravilo 37/2008 o ograničavanju emisija elektromagnetskog zračenja“ (Službeni glasnik BiH, broj 80/08 od 06.10.2008. god.).
- [8] Ministarstvo zdravlja i socijalne zaštite, "Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja do 300GHz", Sl. Glasnik RS br.112, od 14.12. 2007. god.