

## Испитивања високофреквентног електромагнетског поља у животној средини у околини базних станица мобилне телефоније и радио и телевизијских предајника

Маја Грбић<sup>\*1</sup>, Мићо Тодоровић<sup>2</sup>, Александар Павловић<sup>1</sup>, Дејан Хрвић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Електротехнички институт „Никола Тесла”, Косте Главинића 8а, 11000 Београд, Република Србија,

<sup>2</sup> Институт за јавно здравство, Центар за заштиту од зрачења, Јована Дучића 1, 78000 Бања Лука, Република Српска

\* [maja.grbic@ieent.org](mailto:maja.grbic@ieent.org)

**Кратак садржај:** Рад се бави актуелном проблематиком изложености људи високофреквентном електромагнетском пољу у животној средини. У раду су приказани резултати испитивања која су спроведена у зонама повећане осетљивости које се налазе у близини базних станица мобилне телефоније и радио и телевизијских предајника. Добијени резултати су анализирани и упоређени са референтним граничним нивоима прописаним националном регулативом из области заштите становништва од нејонизујућег зрачења.

**Кључне речи:** електромагнетско поље, нејонизујуће зрачење, јачина електричног поља, зона повећане осетљивости, базна станица мобилне телефоније, радио предајник, ТВ предајник.

### 1. Увод

Рад се бави актуелном темом испитивања изложености људи електромагнетским пољима високих фреквенција у животној средини. У циљу оцене изложености људи овим пољима у Републици Србији су спроведена испитивања на великом броју локација у складу са Програмом систематског испитивања нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини за период од 2017. до 2018. године. Испитивања су спроведена у зонама повећане осетљивости које се налазе у околини радио базних станица мобилне телефоније и телекомуникационих предајника радиорелејних система. У раду су приказани резултати поменутих испитивања и извршено је њихово упоређивање са референтним нивоима прописаним националном регулативом.

## 2. Кратак преглед националне регулативе у области заштите становништва од нејонизујућих зрачења

Заштита становништва од нејонизујућег зрачења правно је регулисана у Републици Србији током 2009. године, усвајањем Закона о заштити од нејонизујућих зрачења [1] и шест пратећих правилника, од којих су најзначајнији [2] и [3].

Предмет уређивања Правилника [2] представља ограничење излагања становништва нејонизујућем зрачењу искључиво у тзв. „зонама повећане осетљивости”. Према [2] зоне повећане осетљивости су „подручја стамбених зона у којима се особе могу задржавати и до 24 сата дневно; школе, домови, предшколске установе, породилишта, болнице, туристички објекти, дечја игралишта; површине неизграђених парцела намењених, према урбанистичком плану, за наведене намене, у складу са препорукама Светске здравствене организације”.

Референтни гранични нивои излагања становништва електромагнетском пољу фреквенције 0-300 GHz у зонама повећане осетљивости, прописани Правилником [2], дати су у табели 1.

**Табела 1.** Референтни гранични нивои излагања становништва електромагнетском пољу учестаности 0-300 GHz према Правилнику [2]

Фреквенција $f$	Јачина електричног поља $E$ [V/m]	Јачина магнетског поља $H$ [A/m]	Магнетска индукција $B$ [ $\mu$ T]	Густина снаге (еквивалентног равног таласа) $S_{ekv}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Време упросечења $t$ [min]
< 1 Hz	5.600	12.800	16.000	/	*
1–8 Hz	4.000	12.800/ $f^2$	16.000/ $f^2$	/	*
8–25 Hz	4.000	1.600/ $f$	2.000/ $f$	/	*
0,025–0,8 kHz	100/ $f$	1,6/ $f$	2/ $f$	/	*
0,8–3 kHz	100/ $f$	2	2,5	/	*
3–100 kHz	34,8	2	2,5	/	*
100–150 kHz	34,8	2	2,5	/	6
0,15–1 MHz	34,8	0,292/ $f$	0,368/ $f$	/	6
1–10 MHz	34,8/ $f^{1/2}$	0,292/ $f$	0,368/ $f$	/	6
10–400 MHz	11,2	0,0292	0,0368	0,326	6
400–2000 MHz	0,55· $f^{1/2}$	0,00148· $f^{1/2}$	0,00184· $f^{1/2}$	$f/1250$	6
2–10 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	6
10–300 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	68/ $f^{1,05}$

### 3. Испитивања јачине електричног поља

#### 3.1. Мерена величина

Испитивања су спроведена путем широкопојасних мерења ефективних вредности јачине електричног поља ( $E$ ). Интензитет вектора јачине електричног поља мерен је изотропски, истовременим мерењем све три просторне компоненте вектора поља у дискретним временским тренуцима.

#### 3.2. Мерна опрема

За мерење јачине електричног поља коришћен је уређај *NBM-550* (*Narda Safety Test Solutions*) са сондом за широкопојасно мерење јачине електричног поља *EF-0691* (слика 1). Мерни инструмент са сондом је током мерења био постављен на сталак од изолационог материјала (слика 2). Мерна сонда је изотропска, што значи да обезбеђује истовремено мерење све три просторне компоненте вектора поља, тако да инструмент као резултат приказује резултантну вредност вектора јачине електричног поља. Коришћени мерни систем омогућава мерење јачине електричног поља у опсегу од 0,38 V/m до 650 V/m у фреквенцијском опсегу од 100 kHz до 6 GHz.



Слика 1. Уређај *NBM-550* и сонда за широкопојасно мерење јачине електричног поља *EF-0691* (*Narda Safety Test Solutions*)



*Слика 2. Мерни систем постављен на сталак од изолационог материјала*

### **3.3. Избор локација и опис примењених поступака при испитивању**

Локације на којима су вршена испитивања одређене су Програмом систематског испитивања нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини за период од 2017. до 2018. године, који је утврђен Уредбом [4]. Поменути програм предвиђено је да се испитивања у високофреквентном подручју врше у околини радио базних станица мобилне телефоније и телекомуникационих предајника радиорелејних система. Испитивања су спроведена на 25 локација које се налазе у околини радио базних станица мобилне телефоније и на 21 локацији у околини телекомуникационих предајника радиорелејних система. На свим локацијама испитивања су вршена у неколико зона повећане осетљивости за које је, на основу њиховог положаја и растојања у односу на извор поља, закључено да су најизложеније пољу које потиче од испитиваног извора.

Испитивања су спроведена према методама описаним у стандардима [5-7]. У свакој изабраној зони повећане осетљивости извршено је прелиминарно скенирање у циљу одређивања места на коме је ниво поља највиши. У тачки у којој је прелиминарним

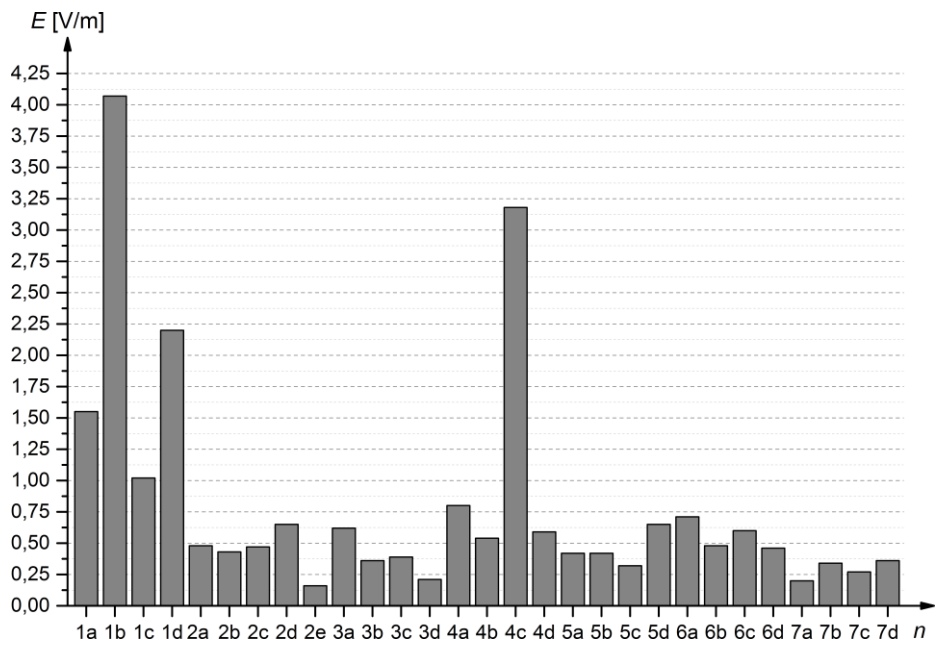
скенирањем добијена највећа вредност поља спроведено је мерење у трајању од 6 минута. Уређај за мерење је подешен тако да меморише резултат на сваких пет секунди током трајања мерења. Као репрезентативан резултат узета је средња вредност јачине електричног поља током шестоминутног временског интервала.

## **4. Резултати испитивања**

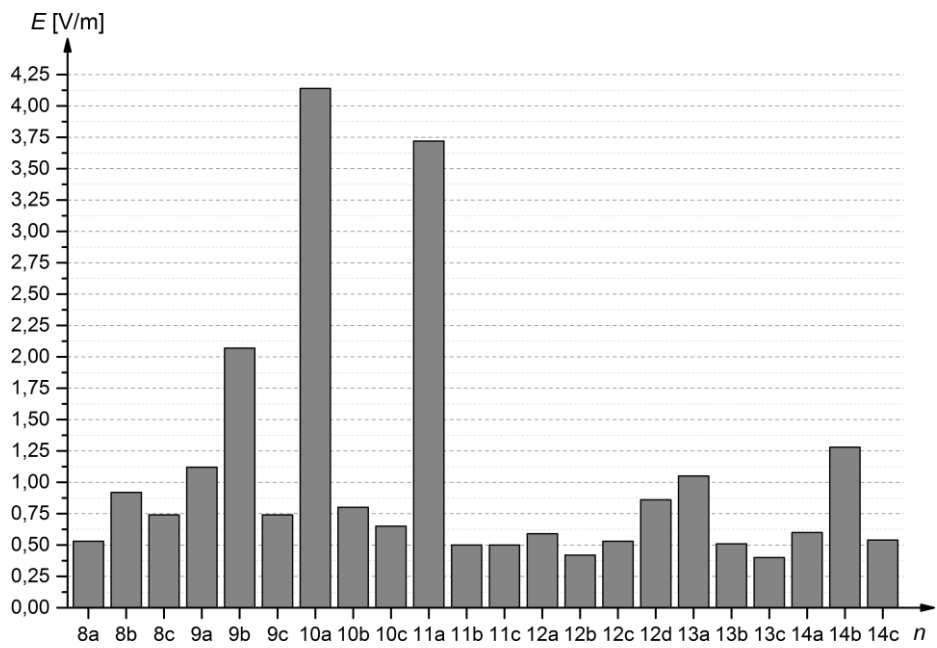
### **4.1. Резултати испитивања у околини радио базних станица мобилне телефоније**

Испитивања у околини радио базних станица мобилне телефоније спроведена су на укупно 25 локација које се налазе у Београду, Аранђеловцу, Шапцу, Крагујевцу, Смедереву, Пожаревцу, Лозници, Ваљеву, Ужицу, Краљеву, Врњачкој Бањи, Чачку, Пожеги, Прибоју, Новом Пазару, Јагодини, Зајечару, Бору, Крушевцу, Нишу, Лесковцу, Пироту, Врању, Бујановцу и Прешеву [8]. На свакој локацији извршена су мерења у неколико најизложенијих зона повећане осетљивости.

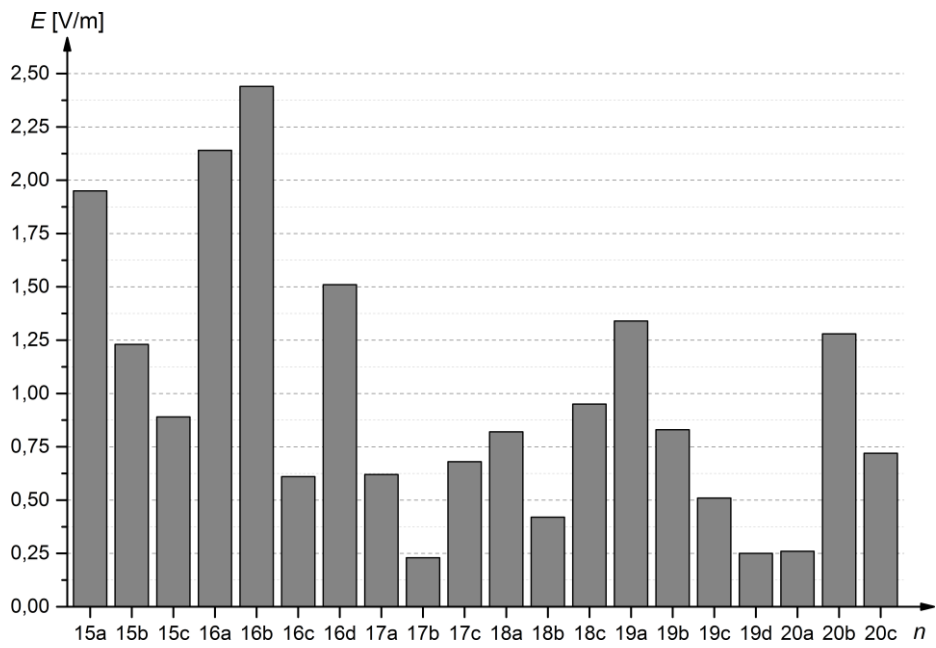
Резултати мерења на наведеним локацијама приказани су на графиконима 1-4. На овим графиконима  $E$  [V/m] означава средњу вредност резултата мерења јачине електричног поља у шестоминутном временском интервалу, а  $n$  представља ознаку мерног места. Места на којима су извршена мерења јачине електричног поља означена су редним бројевима (1–25) који представљају бројеве локација, односно извора поља и словима ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , итд.) која означавају зоне повећане осетљивости у околини датих извора.



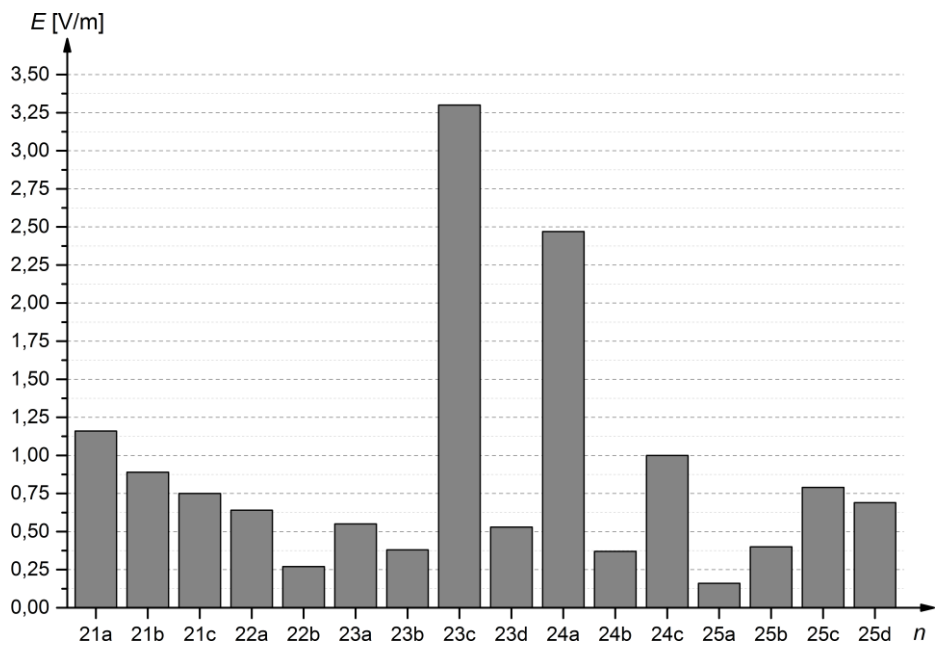
**Графикон 1.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 1-7)



**Графикон 2.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 8-14)



**Графикон 3.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 15-20)



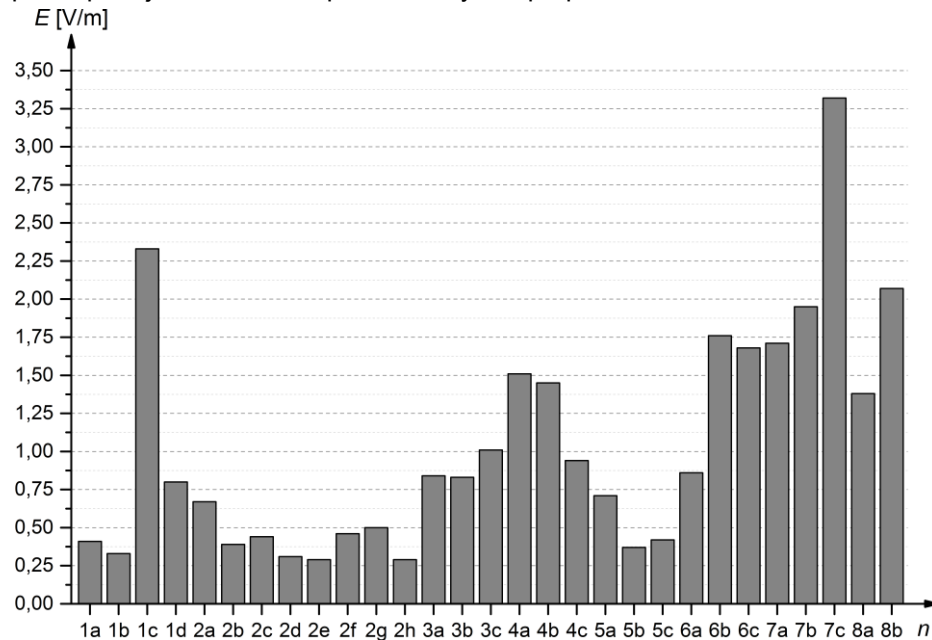
**Графикон 4.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 21-25)

Као што је речено у претходном поглављу, испитивања су спроведена у фреквенцијском опсегу од 100 kHz до 6 GHz. Као што се види из табеле 1, у интервалу фреквенција од 100 kHz до 6 GHz постоји неколико фреквенцијских опсега на које се примењују различити референтни гранични нивои јачине електричног поља. Према захтеву стандарда [6], у случају када се врше широкопојасна мерења, добијене резултате је потребно упоредити са најнижим референтним граничним нивоом из опсега који покрива мерна сонда. На тај начин се постиже да је закључак у погледу усаглашености са референтним нивоом на страни сигурности. У конкретном случају, најнижи референтни ниво јачине електричног поља у опсегу од 100 kHz до 6 GHz износи 11,2 V/m, тако да је ова вредност коришћена за оцену изложености становништва.

На основу резултата приказаних на графиконима 1-4 закључује се да измерене вредности јачине електричног поља нису прекорачиле референтни ниво од 11,2 V/m ни на једном мерном месту. Највећа вредност јачине електричног поља добијена је на мерном месту 10а и износи 4,14 V/m.

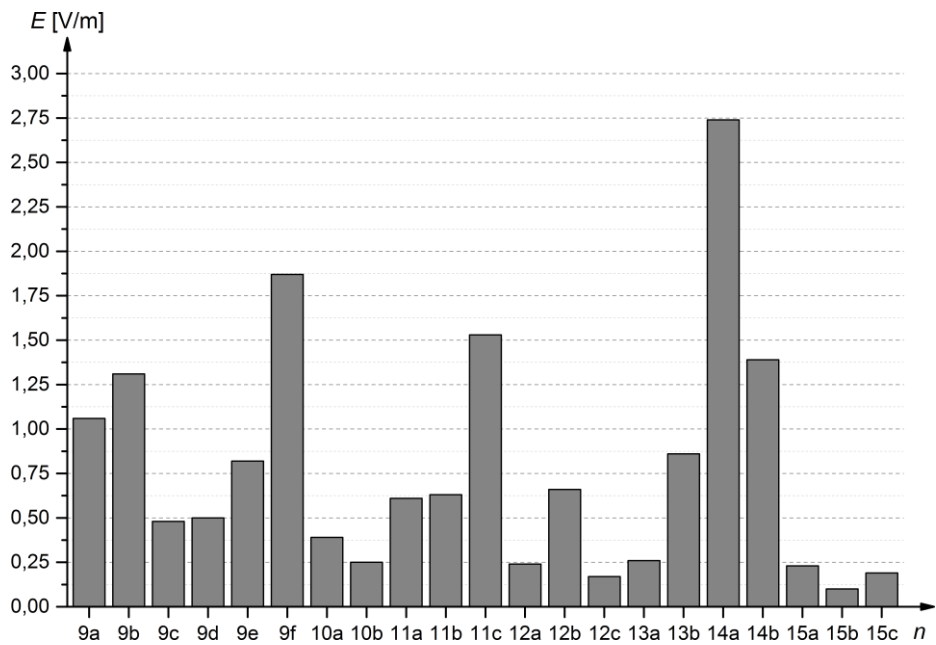
#### 4.2. Резултати испитивања у околини телекомуникационих предајника радиорелејних система

Резултати мерења у околини телекомуникационих предајника радиорелејних система приказани су на графиконима 5-7.

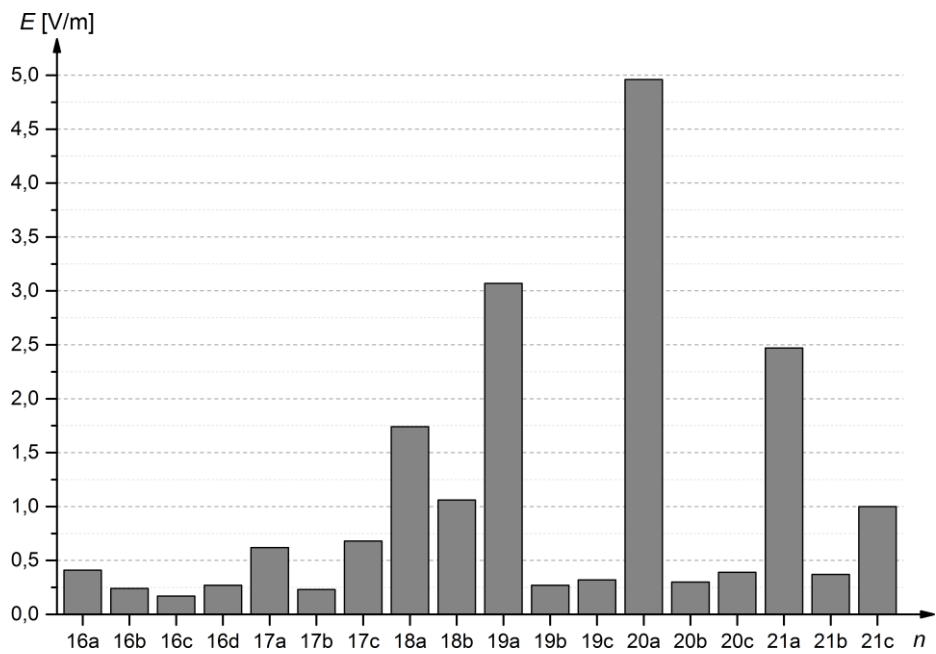


Графикон 5. Резултати мерења јачине електричног поља (локације 1-8)





**Графикон 6.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 9-15)



**Графикон 7.** Резултати мерења јачине електричног поља (локације 16-21)

Испитивања у околини телекомуникационих предајника радиорелејних система спроведена су на укупно 21 локацији која се налази у Београду, Аранђеловцу, Шапцу, Крагујевцу, Смедереву, Пожаревцу, Лозници, Малом Зворнику, Ваљеву, Ужицу, Краљеву, Чачку, Пожеги, Прибоју, Новом Пазару, Јагодини, Зајечару, Бору, Нишу, Лесковцу и Бујановцу [9]. На свакој локацији извршена су мерења у неколико најизложенијих зона повећане осетљивости.

На основу приказаних резултата закључује се да измерене вредности нису прекорачиле референтни гранични ниво од 11,2 V/m ни на једном мерном месту. Највећа вредност јачине електричног поља од 4,96 V/m добијена је на мерном месту 20а.

## **5. Закључак**

У раду су приказани резултати испитивања високофреквентног електромагнетског поља у животној средини, која су спроведена у околини базних станица мобилне телефоније и телекомуникационих предајника радиорелејних система, у складу са Програмом систематског испитивања нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини за период од 2017. до 2018. године. Испитивања су спроведена путем широкопојасног мерења јачине електричног поља у зонама повећане осетљивости које се налазе у околини наведених извора поља. Испитивања су спроведена у околини 25 базних станица мобилне телефоније у укупно 87 зона повећане осетљивости, при чему је највећа измерена вредност износила 4,14 V/m. Испитивања су такође спроведена у околини 21 предајника радиорелејних система у укупно 68 зона повећане осетљивости, а највећа вредност добијена мерењима износила је 4,96 V/m. На основу приказаних резултата закључује се да ни у једној од 155 зона повећане осетљивости није измерена вредност јачине електричног поља која прекорачује референтни ниво од 11,2 V/m, који је прописан националном регулативом из области заштите становништва од нејонизујућег зрачења.

## **Захвалница**

Рад је настао као резултат истраживања у оквиру пројекта бр. 42009, који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и као резултат систематских испитивања нивоа нејонизујућих зрачења високих учестаности за потребе Министарства заштите животне средине Републике Србије.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 36/09 од 15. 05. 2009. године.
- [2] Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 104/09 од 16. 12. 2009. године.
- [3] Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 104/09 од 16. 12. 2009. године.
- [4] Уредба о утврђивању Програма систематског испитивања нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини за период од 2017. до 2018. године, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 2/2017 од 13. 01. 2017. године.
- [5] SRPS EN 50413:2010: „Основни стандард за процедуре мерења и израчунавања излагања људи електричним, магнетским и електромагнетским пољима (од 0 Hz до 300 GHz)” и измена SRPS EN 50413:2010/A1:2014.
- [6] SRPS EN 50492:2010: „Основни стандард за мерење јачине електромагнетског поља на лицу места у односу на излагање људи у близини базних станица” и измена SRPS EN 50492:2010/A1:2014.
- [7] SRPS EN 61566:2009: „Мерење излагања радиофреквенцијским електромагнетским пољима - Јачина поља у опсегу фреквенција од 100 kHz до 1 GHz”.
- [8] Извештај Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 318412-Л: „Систематска испитивања нивоа нејонизујућих зрачења високих учестаности у животној средини – радио базне станице мобилне и фиксне бежичне телефоније”, наручилац: Министарство заштите животне средине Републике Србије, 2018. година.
- [9] Извештај Електротехничког института „Никола Тесла” бр. 318600-Л: „Систематска испитивања нивоа нејонизујућих зрачења високих учестаности у животној средини – телекомуникациони предајници радиорелејних система”, наручилац: Министарство заштите животне средине Републике Србије, 2018. година.

**Abstract:** The topic of the paper is related to the ongoing issue of exposure of the general public to high frequency electromagnetic field in the environment. The results of testings carried out in the areas of increased sensitivity located in the vicinity of base stations and radio and TV transmitters are shown in this paper. The obtained results are analyzed and compared to reference levels prescribed by the national legislation referring to the protection of the general public from non-ionizing radiation.

**Keywords:** electromagnetic field, non-ionizing radiation, electric field strength, area of increased sensitivity, base station, radio transmitter, TV transmitter.

## **Testing of High Frequency Electromagnetic Field in the Environment in the Vicinity of Base Stations and Radio and TV Transmitters**

Maја Grbić, Mićo Todorović, Aleksandar Pavlović, Dejan Hrvić

Рад примљен у уредништво: 03.11.2019. године

Рад прихваћен: 05.12.2019. године