

Широкопојасни приступ мониторингу 5G ЕМ поља

Никола Ђурић¹, Никола Кавечан², Ненад Радосављевић³ и Снежана Ђурић⁴

¹ Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Трг Д. Обрадовића 6, Нови Сад, Србија,

² Falcon-Tech, Браће Рибникара 50, Нови Сад, Србија,

³ Регулаторна агенција за електронске комуникације и поштанске услуге (РАТЕЛ), Палмотићева 2, Београд, Србија,

⁴ Институт БиоСенс, Универзитет у Новом Саду, др Зорана Ђинђића 1, Нови Сад, Србија
ndjuric@uns.ac.rs

Сажетак. Мобилна телефонија последње, пете генерације (5G) је, на светском нивоу, једна од најисчекиванијих технологија, која је праћена снажним полемиком у вези са потенцијално опасним ефектима по здравље. Ова технологија се ослања на емисију електромагнетског (ЕМ) поља, из својих мрежних базних станица, повећавајући тиме постојећи ниво ЕМ поља у окружењу. Сходно томе, ова чињеница је покренула дубоку забринутост јавности, која захтева свеукупну анализу и праћење неизбежне изложености 5G ЕМ пољима. У последњој деценији су се појавиле бежичне сензорске мреже за праћење (мониторинг) ЕМ поља, као иновативни приступ за ефикасну анализу ЕМ поља у окружењу. Последња развијена мрежа јесте српски EMF RATEL систем, који нуди софистицирани приступ мониторинга ЕМ поља по телекомуникационим сервисима. Ова мрежа обавља такозвани широкопојасни мониторинг, узимајући у обзир ЕМ допринос свих активних извора ЕМ поља, у унапред дефинисаном фреквенцијском подопсегу. У овом научном раду је представљен прелиминарни мониторинг ЕМ поља од 5G технологије, при чему су објашњени: технички детаљи коришћеног Narda AMS 8061 мерног сензора, процес прикупљања, анализе и представљања резултата мерења. EMF RATEL систем је замишљен као подршка контроли и управљању ЕМ пољима у предстојећим екосистемима паметних градова, за које се очекује да ће бити праћени интензивним ЕМ зрачењем у животном/радном окружењу, у погледу различитих телекомуникационих сервиса.

Кључне речи: мониторинг ЕМ поља; 5G; бежична сензорска мрежа.

1 Увод

Најновија генерација мобилне телефоније, означена као 5G, се убрзано уводи у свету. Према извештају *Global mobile Suppliers Association* (GSA) [1], закључно са априлом 2020. године: „73 оператора у 41 земљи је покренуло једну или више 5G услуга, компатибилних са 3GPP стандардом, 88 оператора су објавили да су применили 5G технологију у својим мрежама, док је 380 оператора инвестирало у 5G, у облику. тестова, пилот примена, планирања и стварног размештања“.

Иако мобилни оператери препознају предности имплементације 5G-a, снажна контраверза и негативна јавна кампања, без преседана, прати ову технологију, инсистирајући на потенцијално опасним здравственим ефектима њеног високо-фреквентног електромагнетског (ЕМ) поља. Стога, предвиђања су да такво загађивање стварности може бити један од кључних фактора за економично успостављање 5G инфраструктуре [2]. Разлог је увођењу нових 5G базних станица, као потребних ЕМ извора, који ће радити паралелно са сличним и већ постојећим изворима из 2G/3G/4G технологија, што ствара нелагоду општој популацији услед потенцијалног прекорачења допуштених референтних граничних нивоа ЕМ поља [3].

Треба претпоставити да ће јавност увек инсистирати на смањењу снаге базних станица и повезане јачине ЕМ поља. Међутим, то ће се одразити на потребу за гушћом уградњом базних станица, као и повећаним укупним трошковима 5G инфраструктуре. Компромис мора бити постигнут и зато мерење и праћење 5G ЕМ поља постају изузетно важна тема. Од ових испитивања се очекује да делују као уважен и поуздан посредник између јавних потреба за сигурним ЕМ окружењем и потребе оператора да ефикасно развију своју 5G инфраструктуру.

2 Мерење нивоа 5G ЕМ поља

Код постојећих базних станица 2G/3G/4G мрежа, мерење емитованог нивоа ЕМ поља се заснива на мерењу временски независног канала и касније процене максималног оптерећења, ради добијања најгорег могућег случаја и највећег нивоа ЕМ зрачења, као што је дефинисано у SRPS EN 50492:2008/A1:2014 [4] и SRPS EN 62232:2017 [5] стандардима.

Анализирајући само једну базу станицу, мерења се обављају помоћу фреквенцијски-селективних мерних инструмената, који омогућавају селективна мерења ЕМ поља у фреквенцијском домену и одређивање нивоа ЕМ поља по јединичним фреквенцијама.

Одређивање максималног нивоа поља у близини GSM базне станице (2G), базира се на *Broadcast Control Channel* (BCCH) сигналу, који се увек емитује са константном и максималном снагом. BCCH ниво се може одредити након подешавања мерне опреме на одговарајућу GSM фреквенцију, на којој се овај сигнал емитује у одређеном ћелијском сектору мобилне мреже. Уобичајено се мери ниво електричног поља, при чему се максимални ниво одређује као:

$$E_{GSM_BS}^{\max} = \sqrt{n_{TRX}} E_{BCCH} \quad (1)$$

где n_{TRX} представља број носилаца а E_{BCCH} измерену вредност електричног поља од само једног BCCH сигнала.

Аналогно, одређивање максималног нивоа ЕМ поља у близини UMTS базне станице (3G) се заснива на мерењу *Primary Code of the Common Pilot Channel* (P-CPICH) сигнала. Мерна опрема мора бити подешена на одговарајућу централну фреквенцију UMTS радио канала, док се P-CPICH сигнал декодира у кодном домену. Након декодирања, максималан ниво електричног поља се одређује про-

ценом максималног саобраћајног оптерећења које преноси UMTS базна станица, према:

$$E_{UMTS_BS}^{\max} = \sqrt{n_{P-CPICH}} E_{P-CPICH}, \quad (2)$$

где $n_{P-CPICH}$ фактор дефинише однос максимално могуће снаге UMTS предајника P_{MAX} и снаге $P-CPICH$ компоненте сигнала $P_{P-CPICH}$. Уобичајено се узима да је фактор $n_{P-CPICH} = 10$ [2], [4], [5].

Одређивање максималног нивоа ЕМ поља у близини LTE базне станице (4G) се заснива се на *Cell-specific Reference Signals* (CRS) сигналу, који се увек преноси у *Physical Downlink Control Channel* (PDSCH) подоквиру, кроз један, два или четири антенска порта LTE базне станице. CRS ниво се може одредити подешавањем мерне опреме на одговарајућу фреквенцију LTE радио канала и затим декодовањем CRS сигнала у кодном домену. Након CRS декодовања, максимални ниво електричног поља, у LTE ћелијском сектору, се одређује као:

$$E_{LTE_BS}^{\max} = \sqrt{n_{CRS}} E_{CRS}, \quad (3)$$

где n_{CRS} фактор дефинише однос укупне снаге зрачења свих активних антенских портова P_{MAX} и снаге CRS компоненте сигнала P_{CRS} . Фактор n_{CRS} зависи од пропусног опсега LTE канала и обично износи: 300 за канал од 5 MHz, затим 600 за 10 MHz канал или 1200 за канал од 20 MHz [2].

2.1 Фреквенцијско-селективни приступ мерењу 5G ЕМ поља

Основни принцип да се мери нивоа поља пилот сигнала, а потом примењује одговарајући фактор екстраполације је стандардизован за 2G/3G/4G технологије, али је још увек у фази истраживања за 5G технологију.

Постоје покушаји да се развије методологија и за 5G, која ће бити у складу са овим основним принципом, користећи технику екстраполације и увођење одговарајућих фактора који ће, током мерења 5G сигнала, узети у обзир бројне карактеристике 5G технологије, као што је *Time Division Duplexing* (TDD) и пребрисавање снопа зрачења [6].

Процена максималног нивоа 5G електричног поља се предлаже као производ три фактора [6]:

$$E_{5G_BS}^{\max} = \sqrt{N_{sc}(B, \mu) \cdot F_{TDC}} \cdot E_{RE}^{\max}, \quad (4)$$

где је $N_{sc}(B, \mu)$ укупан број подносилаца 5G носиоца, F_{TDC} је детерминистички фактор скалирања који представља радни циклус сигнала, односно део сигналног оквира резервисаног за пренос долазне везе, E_{RE}^{\max} представља максималан ниво електричног поља измерен за један *Resource Element* (RE), тј. за најмању јединицу ресурсне мреже коју чине један подносилац у фреквенцијском домену и један OFDM симбол у временском домену [6].

Да би се хармонизовали 4G и 5G екстраполациони методи, предложени пилот канал за 5G је *Physical Broadcast Channel* (PBCH) *Demodulation Reference Signal*

(PBCH-DMRS), који је део *Synchronization Signal/Physical Broadcast Channel* (SSB), а његова физичка локација је одређена *Physical Cell ID*. Према предлогу [6], максимални ниво ЕМ поља за појединачни RE се може дефинисати као:

$$E_{RE}^{\max} = E_{RE}^{PBCH-DMRS} \sqrt{\frac{F_{beam}}{R}}, \quad (5)$$

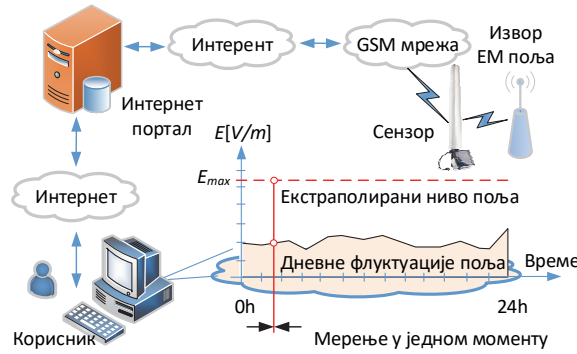
где је $E_{RE}^{PBCH-DMRS}$ просек примљеног нивоа електричног поља за PBCH-DMRS, за један RE, R је дефинисан као однос просечне детектоване снаге свих SSB-ова у емитованом скупу и снаге најјачег SSB-а у скупу (овај параметар урачунава ефекат пребрисавања снопа зрачења на примљени ниво електричног поља свих SSB у скупу и омогућава прецизну процену максималног примљеног нивоа поља за PBCH-DMRS, почевши од директне процене $E_{RE}^{PBCH-DMRS}$), параметар F_{beam} узима у обзир ефект потенцијалног појачања саобраћајних снопова, у односу на максимални ниво електричног поља примљеног из пилот канала, због ефекта обликовања снопа услед употребе *Multi-User Multiple Input Multiple Output* (MU-MIMO) антена [6].

Може се приметити да процена максималног нивоа 5G ЕМ поља, употребом фреквенцијски-селективног мерења, неће бити ни тако лак, ни стандардан задатак. Стога би требало размотрити неке друге приступе, попут континуалног широкопојасног мерења ЕМ поља у 5G фреквенцијском подопсегу.

2.2 Континуални широкопојасни приступ мерења 5G ЕМ поља

Иако је екстраполациони приступ широко прихваћен и већ стандардизован, треба нагласити да он може довести до прецењених нивоа ЕМ поља. У многим ситуацијама, базна станица емитује мањом снагом од максималне, па је реални ниво поља уобичајено нижи од максималног, који се разматра екстраполацијом.

У том смислу, континуални мониторинг поља, који се користи у EMF RATEL систему [7], [8], може пружити бољи увид у флукуацију нивоа поља, као што је приказано на слици 1.



Слика. 1. Екстраполирани ниво поља у односу на континуални мониторинг.

Континуални мониторинг се може обављати и над фреквенцијским подопсегом, на начин да узима у обзир допринос свих активних извора ЕМ поља у том подопсегу. Он је познат и као широкопојасно мерење/мониторинг, при чему као резултат даје кумулативне вредности поља, без обзира на појединачни допринос било ког извора.

Нажалост, такав приступ не разликује фреквенције и стога не може понудити ниво поља по фреквенцијама, као што то може фреквенцијски-селективно мерење. Међутим, овај приступ има своје предности, будући да је брзина мерења веома велика, посебно када се захтева кумулативни ниво поља, као што је случај са испитивањем ЕМ поља на локацији са непознатим изворима поља у околини.

3 EMF RATEL мониторинг 5G ЕМ поља

EMF RATEL систем је покренула Регулаторна агенција за електронске комуникације и поштанске услуге (РАТЕЛ) [9], 2017. године, као иновативан приступ за дугорочно праћење нивоа ЕМ поља. Ова мрежа је успостављена на просторно распоређеним, бежичним сензорима за праћење ЕМ поља, који обављају мониторинг поља на територији Републике Србије, како би благовремено информисали јавност о тренутном нивоу ЕМ поља [7], [8].

3.1 Концепт EMF RATEL сензорске мреже

Ова мрежа користи аутономне сензоре за мониторинг поља, инсталиране у зонама од посебног интереса или зонама високе осетљивости, при чему су они повезани у јединствену мрежу бежичних сензора, као што је приказано на слици 2.



Слика. 2. Концепт EMF RATEL сензорске мреже.

Ови сензори прикупљају резултате мерења дневних нивоа ЕМ поља и периодично их шаљу, преко постојеће мреже мобилне телефоније, у централизовану базу података Интернет портала EMF RATEL система.

Тренутно је четрдесет и три сензора активно у већим градовима Србије [8], док је циљ да се до 2021. године достигне број од стотину инсталираних сензора.

3.2 Широкопојасни мониторинг ЕМ поља базиран на сервисима

EMF RATEL систем користи Narda AMS 8061 сензор за мониторинг [10], који омогућава савремени ЕМ мониторинг по телекомуникационим сервисима, односно широкопојасно праћење у фреквенцијским подопсезима.

Сам сензор и његове главне карактеристике су приказане на слици 3.



- ITU-T K.83 компатибилан.
- Мониторинг индивидуалних, програмабилних фреквенцијских подопсега.
- Интерни модем за бежичну комуникацију.
- USB/Ethernet пренос података.
- SD меморијска картица.
- Сензор температуре/влажности ваздуха.
- PC софтвер са функцијама аларма.
- Аутономни извор напајања помоћу соларног панела.

Слика. 3. Narda AMS 8061 сензор за мониторинг по фреквенцијским подопсезима.

Narda AMS 8061 сензор покрива широки фреквенцијски распон од 100 kHz - 6 GHz, подржавајући одвојени и истовремени мониторинг електричног поља, у до двадесет програмабилних фреквенцијских подопсега, у овом главном опсегу фреквенција [10]. Тренутно је EMF RATEL програмиран да обавља мониторинг по сервисима, у фреквенцијским подопсезима представљеним у табели 1.

Табела 1. EMF RATEL мониторинг по фреквенцијским подопсезима.

Бр.	Фреквенцијски подопсег	Телекомуникациони сервис
1.	87 MHz – 108 MHz	FM радио
2.	430 MHz – 470 MHz	Функционалне радио везе
3.	470 MHz – 790 MHz	Дигитална ТВ (DVB-T2)
4.	790 MHz – 821 MHz	Мобилна телефонија 4G DL
5.	832 MHz – 862 MHz	Мобилна телефонија 4G UL
6.	880 MHz – 915 MHz	Мобилна телефонија 2G/3G UL
7.	925 MHz – 960 MHz	Мобилна телефонија 2G/3G DL
8.	1710 MHz – 1780 MHz	Мобилна телефонија 2G/4G UL
9.	1800 MHz – 1880 MHz	Мобилна телефонија 2G/3G DL
10.	2110 MHz – 2170 MHz	Мобилна телефонија 3G DL
11.	2400 MHz – 2500 MHz	WiFi
12.	2520 MHz – 2660 MHz	Мобилна телефонија 4G – NSA 5G UL/DL
13.	3400 MHz – 3800 MHz	Мобилна телефонија 5G DL/UL
14.	5200 MHz – 5800 MHz	WiFi

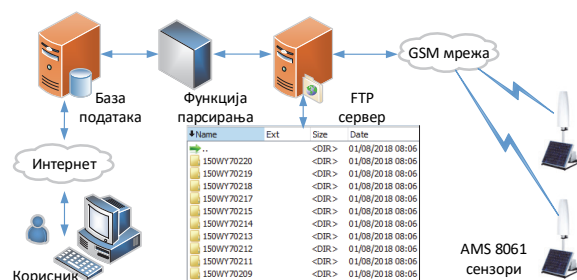
Ови подопсези су дефинисани са стране РАТЕЛа, у односу на постојећу алокацију спектра у Републици Србији. Додатно, РАТЕЛ је доделио и фреквенцијски подопсег од 3400 MHz до 3800 MHz за тестирање 5G пилот мреже.

Поред тога, како би се у потпуности искористиле могућности AMS 8061 сензора, покривени су и фреквенцијски подопсези за 2G/3G/4G технологије, као и подопсези за FM радио, дигиталну телевизију и WiFi технологију.

Намера је била да се направи и поређење између нивоа ЕМ поља за 2G/3G/4G и 5G технологије, имајући у виду да се друштвеним мрежама шире непоуздане информације о томе да ће ниво ЕМ поља од 5G технологије бити драстично већи. Стога је употребљена функционалност EMF RATEL система, да обавља мониторинг по телекомуникационим сервисима, како би се разјасниле сумње у ЕМ допринос постојећих сервиса, истовремено пружајући компетентне резултате мерења и валидне техничке информације за јавну расправу о нивоима присутног поља и њиховом потенцијалном утицају на здравље популације.

3.3 Пренос података са AMS 8061 сензора у EMF RATEL систем

Имплементирани AMS 8061 сензор је опремљен GSM модемом [10], који омогућава интернет везу преко постојеће мреже мобилне телефоније. Резултати мерења сензора се прикупљају бежично и свакодневно се преносе у централизовану базу података EMF RATEL система [11], као што је приказано на слици 4.



Слика. 4. Пренос података са AMS 8061 сензора у EMF RATEL систем [11].

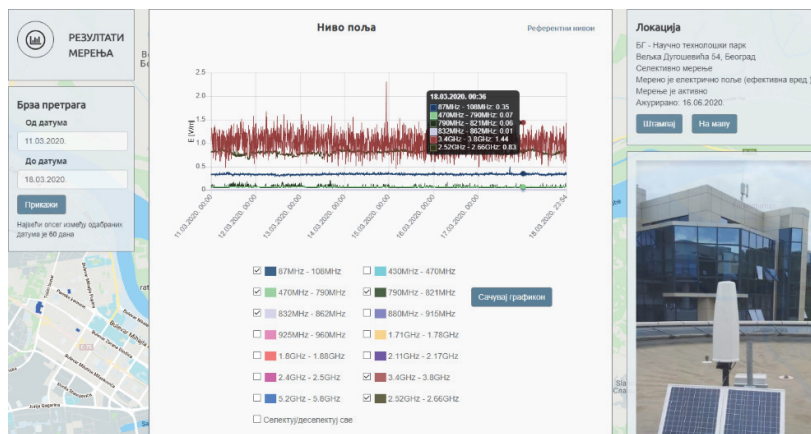
Narda AMS 8061 сензор комуницира са наменским FTP сервером, који представља централизовано место за складиштење података, за све EMF RATEL сензоре за мониторинг поља. Резултати мерења се пакују у посебно форматиране „D61“ бинарне фајлове [10], [11] и заједно са другим подацима се пребацују у лични FTP директоријум сензора [11].

Да би се добили читљиви подаци, пренесени „D61“ фајлови се обрађује наменском функцијом за парсирање [11], која извлачи података из свих записа и шаље их на чување у одговарајућу базу података. Ови подаци и мерни резултати се објављују и нуде заинтересованим корисницима за слободно коришћење.

4 EMF RATEL мониторинг 5G ЕМ поља

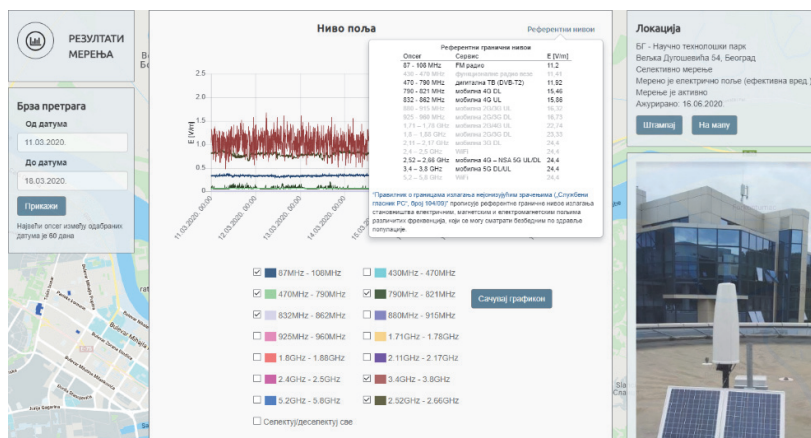
Прва тестна 5G базна станица је била постављена на згради научно-технолошког парка у Београду. Стога је сензор AMS 8061 инсталиран у близини ове 5G

базне станице, где је обављао мониторинг нивоа електричног поља, као што је приказано на слици 5.



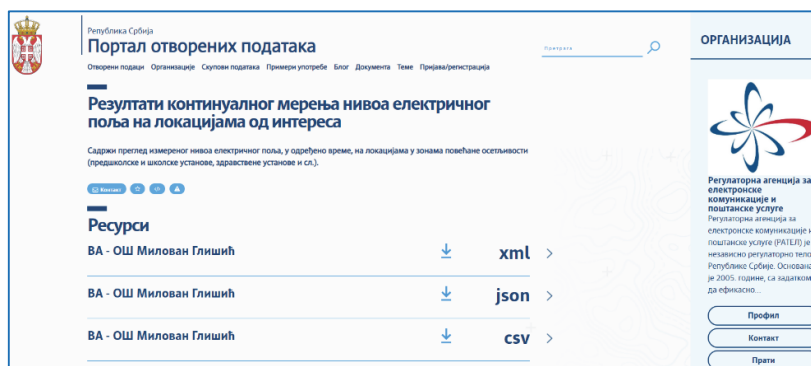
Слика. 5. Представљање резултата EMF RATEL мониторинга заснованог на сервисима.

EMF RATEL је намењен транспарентном и правовременом информисању јавности о тренутним нивоима ЕМ поља, користећи наменски Интернет портал [8]. Резултати мерења су илустровани графиконима, нудећи детаљне информације о флукуацији нивоа поља. Додатно, на интернет порталу је уведено неколико услуга прилагођених корисницима, које им омогућавају да анализирају резултате мерења по телекомуникационим сервисима, у изабраном временском периоду. Када је реч о практичном раду, корисници могу да селектују одређени сервис и могу да виде прописане референтне вредности поља, дефинисане националним законодавством за општу популацију [12], као што је приказано на слици 6.



Слика. 6. Прописане референтне вредности поља за општу популацију, по сервисима.

Бројне додатне функције се могу наћи на EMF RATEL Интернет порталу [8], омогућавајући корисницима да анализирају резултате мерења, заједно са снимањем и штампањем. Поред тога, прикупљени резултати мерења су бесплатно доступни и преко националног Портала отворених података [13], који је централно место где се објављују подаци од јавног интереса, из свих јавних институција у Србији, као што је приказано на слици 7.



Слика. 7. Део портала отворених податка са резултатима мониторинга ЕМ поља.

4.1 Анализа резултата мониторинга заснованог на сервисима

Коришћени AMS 8061 сензор је обављао мониторинг 5G ЕМ поља, сваких шест минута, како је дефинисано стандардом SRPS EN 50413:2010/A1:2014 [14], током периода од 1. новембра 2019. до 19. марта 2020. године, у којој је тестирана 5G мрежа мобилног оператора Теленор.

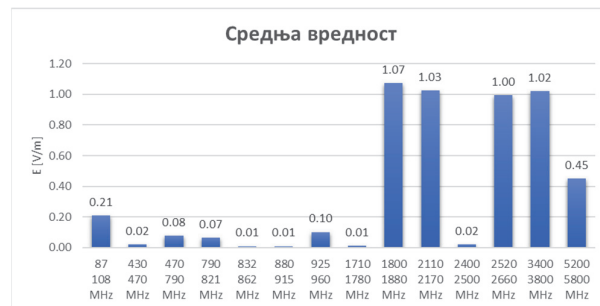
Основна анализа резултата мерења је приказана у табели 2.

Табела 2. Анализа података за EMF RATEL локацију „БГ – Научно-технолошки парк“.

Бр.	Фреквенцијски подопсег	Телекомуникациони сервис	$E [V/m]$		
			Мах	Средња	Лимит
1.	87 MHz – 108 MHz	FM радио	1.65	0.21	11.20
2.	430 MHz – 470 MHz	Функционалне радио везе	0.61	0.02	11.41
3.	470 MHz – 790 MHz	Дигитална ТВ (DVB-T2)	1.45	0.08	11.92
4.	790 MHz – 821 MHz	Мобилна 4G DL	2.24	0.07	15.46
5.	832 MHz – 862 MHz	Мобилна 4G UL	0.08	0.01	15.86
6.	880 MHz – 915 MHz	Мобилна 2G/3G UL	0.10	0.01	16.32
7.	925 MHz – 960 MHz	Мобилна 2G/3G DL	0.18	0.10	16.73
8.	1710 MHz – 1780 MHz	Мобилна 2G/4G UL	0.20	0.01	22.74
9.	1800 MHz – 1880 MHz	Мобилна 2G/3G DL	4.93	1.07	23.33
10.	2110 MHz – 2170 MHz	Мобилна 3G DL	2.00	1.03	24.40

11.	2400 MHz – 2500 MHz	WiFi	0.21	0.02	24.40
12.	2520 MHz – 2660 MHz	Мобилна 4G – NSA 5G UL/DL	3.28	1.00	24.40
13.	3400 MHz – 3800 MHz	Мобилна 5G DL/UL	4.48	1.02	24.40
14.	5200 MHz – 5800 MHz	WiFi	0.72	0.45	24.40

У табели су приказане максималне детектоване вредности по сервисима, као и најважнија, средња вредност јачине електричног поља, која открива да на локацији „БГ – Научни-технолошки парк“ доминирају услуге мобилне телефоније, као што је приказано на слици 8.



Слика. 8. Средња вредност поља за локацију „БГ – Научно-технолошки парк“.

Може се уочити да је ниво поља 5G технологије веома сличан нивоима за 2G/3G/4G технологије. Иако су то вредности прикупљене током периода тестирања, може се претпоставити да ће нивои бити исти током пуне употребе 5G-а. Међутим, 5G тек треба да се имплементира у Републици Србији, током 2021. године, када ће се спровести додатна кампања мониторинга ЕМ поља, како би се добили нивои у реалном времену и у оквиру потпуно функционалне 5G услуге.

Упоређујући добијене нивое поља, може се приметити да су они далеко од прописаних и дозвољених референтних нивоа у Републици Србији [12], као што је приказано на слици 9.



Слика. 9. Средње вредности поља у односу на прописане референтне нивое [12].

Треба нагласити да се национално законодавство, у домену ЕМ зрачења, заснива на међународно прихваћеним ICNIRP „Смерницама за ограничавање изложености временски променљивим електричним, магнетским и електромагнетским пољима (до 300 GHz)“, објављеним 1998. године [15], чији су референтни нивои додатно смањени 2,5 пута за употребу у Републици Србији.

Имајући у виду ову чињеницу, локација „БГ – Научно-технолошки парк“, на којој је тестирана 5G технологија, се може сматрати локацијом са ниским нивоом електричног поља високих фреквенција, која потичу од постојећих телекомуникационих сервиса.

Међутим, такав закључак се мора верификовати и будућим кампањама за мониторинг, поготово када се 5G у потпуности примени у Републици Србији. За такве активности, могућности EMF RATEL система да прати нивое ЕМ поља по сервисима ће представљати одличну основу за сва будућа свеобухватна испитивања ЕМ поља по присутним телекомуникационим сервисима.

5 Закључак

5G технологија, као природна еволуција мобилне телефоније, нуди низ функционалности које ће радикално побољшати техничке могућности приступа Интернету и преносу података. Међутим, 5G технологију прати досад невиђена негативна кампања у јавности, која инсистира на високим нивоима поља и опасним здравственим ефектима њеног високофреквентног поља.

Сходно томе, развијају се одговарајуће методологије за мерење нивоа 5G ЕМ поља, како би се разјасниле сумње у реалне нивое 5G поља. Предложено је неколико техника мерења, где су неке од њих у складу са стандардизованим мерењима ЕМ поља за 2G/3G/4G технологије.

Међутим, национални EMF RATEL систем нуди иновативни, континуални и широкопојасни приступ ЕМ мониторингу, по телекомуникационим сервисима, урачунавајући допринос свих извора по фреквенцијским подопсезима. Такав приступ је заснован на сервисима и може се користити за 5G, као и за 2G/3G/4G технологије, пружајући истовремено поређење њихових нивоа ЕМ поља.

У овом раду су представљени прелиминарни резултати мониторинга поља за тестирање 5G технологије у Србији, коришћењем функционалности AMS 8061 сензора. Прелиминарна мерења, обављена током периода испитивања од пет месеци, на локацији „БГ – Научно-технолошки парк“, показују да су нивои 5G ЕМ поља веома слични постојећим нивоима поља 2G/3G/4G технологија.

Поред тога, сви ови нивои су далеко испод прописаних националних референтних нивоа, при чему се може видети да су за неке телекомуникационе сервисе добијени нивои ЕМ поља двадесет и више пута мањи од дозвољених. Међутим, у будућности су потребне додатне кампање мониторинга, посебно након што се технологија 5G у потпуности примени у Републици Србији.

EMF RATEL мониторинг ЕМ поља по сервисима може спремно да дочека 5G у Републици Србији, помажући у разјашњавању ЕМ доприноса овог или неких других телекомуникационих сервиса, истовремено пружајући валидне техничке

податке о мерењима за јавну расправу о присутним нивоима ЕМ поља и њиховом утицају на здравље.

Овај систем и таква функционалност могу послужити као одговарајући посредник између сасвим нормалних захтева опште популације, за сигурним ЕМ окружењем у животном и радном простору и комерцијалних мобилних оператера којима је потребна инсталација додатних извора ЕМ поља, у циљу побољшања њихове телекомуникационе инфраструктуре.

Референце

1. Global mobile Suppliers Association (GSA) – April 2020 Report, https://www.ratel.rs/uploads/documents/empire_plugin/GSA5G.pdf, last accessed 2020/05/20.
2. R. Pawlak, P. Krawiec and J. Żurek, “On Measuring Electromagnetic Fields in 5G Technology”, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 29826-29835, 2019, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2902481.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz)”, *Health Physics*: May 2020, volume 118, issue 5, p 483-524, DOI: 10.1097/HP.0000000000001210.
4. “Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations”, SRPS EN 50492:2008/A1:2014, 2014.
5. “Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure”, SRPS EN 62232:2017, 2017.
6. D. Franci, S. Coltellacci, E. Grillo, S. Pavoncello, T. Aureli, R. Cintoli and M.D. Migliore, “Experimental Procedure for Fifth Generation (5G) Electromagnetic Field (EMF) Measurement and Maximum Power Extrapolation for Human Exposure Assessment”, *Environments* 2020, 7, 22, DOI:10.3390/environments7030022.
7. N. Djuric, N. Kavecan, M. Mitic, N. Radosavljevic and A. Boric, “The Concept Review of the EMF RATEL Monitoring System,” 22nd International Microwave and Radar Conference – MIKON 2018, May 15-17, 2018, Poznań, Poland, pp. 1-3.
8. EMF RATEL Internet portal, <http://emf.ratel.rs>, last accessed 2020/05/20.
9. Regulatory Agency for Electronic Communications and Postal Services (RATEL), <https://www.ratel.rs/en/>, last accessed 2020/05/20.
10. User's Manual Narda AMS 8061 Area Monitor Selective, 2015, https://www.narda-sts.us/pdf_files/AMS8061EN-71006-1.22.pdf, last accessed 2020/05/20.
11. N. Djuric, N. Kavecan, D. Kljajic, G. Mijatovic and S. Djuric, “Data Acquisition in Narda's Wireless Stations based EMF RATEL Monitoring Network”, International Conference on Sensing and Instrumentation in IoT Era – ISSI 2019, August 29-30, 2019, Lisbon, Portugal, pp. 1-6.
12. “The rulebook on the limits of exposure to non-ionizing radiation”, Official gazette of the Republic of Serbia, no. 104/09, <http://www.sepa.gov.rs/download/strano/pravilnik5.pdf>, last accessed 2020/05/20.
13. The Serbian Open Data Portal, <https://data.gov.rs/sr/>, last accessed 2020/05/20.
14. “Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)”, SRPS EN 50413:2010/A1:2014, 2014.
15. “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP, 1998, <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>, last accessed 2020/05/20.