

ELEKTROMAGNETSKA POLJA U ŽIVOTNOJ SREDINI*

Pregledni naučni rad

*Branislav VULEVIĆ
JP „Nuklearni objekti Srbije”
u Vinči – Beogradu*

Elektromagnetska polja su prisutna u svakodnevnom životu savremenog čoveka. Monitoring elektromagnetskih polja u životnoj sredini zračenja, igra osnovnu ulogu u eko-održivom razvoju urbanih sredina posebno onih namenjenih za stanovanje. Dugogodišnje iskustvo autora ovog rada ukazuje na potrebu sistematskog informisanja i edukovanja stanovništva. Rad je usmeren na naučno objašnjavanje nejonizujućih zračenja i elektromagnetskih polja, kao i na moguće rizike po zdravlje usled izlaganja elektromagnetskim poljima.

Ključne reči: nejonizujuće zračenje, elektromagnetska polja, RF zračenje, monitoring

1. Uvod

ŽIVOT NA ZEMLJI RAZVIO SE I DALJE SE RAZVIJA uz prisustvo permanentnog delovanja električnih, magnetskih i elektromagnetskih polja. Počeo je složenim molekulima, zatim jednoćelijskim organizmima i konačno nastajanjem biljnog i životinjskog sveta.

Od svog postanka čovek živi u elektromagnetskom okruženju. Svetlost i toplota koji potiču od Sunca predstavljaju osnovni vid prirodnog elektromagnetskog zračenja bez koga ne bi bilo života na Zemlji. Brzi tehnološki razvoj u protekle tri

banevul@gmail.com

* Ovaj rad je nastao u okviru *Projekta integralnih i interdisciplinarnih istraživanja* (br. III 43009) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

decenije povećava broj veštačkih izvora elektromagnetskih zračenja koji mogu da uzrokuju nove rizike. Nova „nevidljiva zagađenja” koja se javljaju u životnoj sredini su i tzv. nejonizujuća zračenja (*Non-Ionizing Radiations* – NIR). Čovek ne poseduje čula kojima bi detektovao NIR osim što čulom vida može da registruje uski pojas ovog zračenja - vidljivu svetlost.

U drugoj polovini XX veka započela su intenzivna istraživanja i epidemiološke studije o biološkim efektima nejonizujućih zračenja (NIR). Paralelno sa ovim istraživanjima počeo je da raste i interes javnosti za moguće zdravstvene rizike usled izlaganja veštačkim izvorima NIR, uslovljavajući, uglavnom, negativan stav javnog mnjenja. Uznemirenje javnosti posledica je lošeg i senzacionalističkog informisanja javnosti. Dugogodišnje iskustvo autora ovog teksta ukazuje na potrebu sistematskog informisanja i edukovanja stanovništva (Vulević i Belić 2012, 497–500).

2. Podela nejonizujućih zračenja

Nejonizujuća zračenja (NIR) obuhvataju deo spektra elektromagnetskog zračenja koje nema energiju fotona dovoljnu da izazove jonizaciju u živom tkivu (12,4 eV).

U zavisnosti od talasnih dužina, ili u zavisnosti od frekvencija, nejonizujućim zračenjima u integralnom elektromagnetskom spektru pripadaju:

- ultraljubičasto zračenje (UV),
- vidljiva svetlost
- infracrveno zračenje (IC);
- radiofrekventno zračenje (RF) i
- elektromagnetska polja ekstremno niskih frekvencija (ELF).

Jedan deo spektra nejonizujućih zračenja (UV, vidljivo, IC) može da se manifestuje u obliku koherentnih snopova zračenja (tzv. lasersko zračenje).

Frekvencije i talasne dužine karakteristične za nejonizujuća zračenja date su u tabeli 1.

Tabela 1. Osnovna podela zračenja

Vrsta zračenja	Frekvencija(f)	Tal. dužina (λ)
Jonizujuća zračenja	> 3000 THz	< 100 nm
NEJONIZUJUĆA ZRAČENJA		
UV zračenje	3000–750 THz	100–400 nm
Vidljivo	750–385 THz	400–780 nm
IC zračenje	385–0,3 THz	0,78–1000 μ m
ELEKTROMAGNETSKA POLJA		
RF zračenje	300 GHz–300 Hz	1mm–100 km
ELF polja	< 300 Hz	> 1000 km

Elektromagnetska polja

Elektromagnetska (EM) polja nastaju kao posledica naelektrisanja i električnih struja. Svako naelektrisanje „koje miruje” u svojoj okolini stvara elektrostatičko polje. Vremenski konstantne električne struje prouzrokuju stvaranje magnetskog polja. Vremenski promenljive električne struje prouzrokuju osim magnetskog i vremenski promenljivo električno polje (tzv. indukovano električno polje).

Naelektrisanja i električne struje izazivaju u okolnom prostoru EM polje koje karakterišu, u užem smislu, dve osnovne vektorske veličine:

- **E** = jačina električnog polja; jedinica je volt po metru (V/m);
- **B** = magnetska indukcija; – jedinica je tesla (T).

Imajući u vidu podelu zračenja iz tabele 1, pojam „elektromagnetska polja” podrazumeva:

- električna i magnetska polja ekstremno niskih frekvencija (ELF) i
- radiofrekvencijska (RF) zračenja.

3.1. Električna i magnetska polja ELF

Elektromagnetska polja ELF ($f < 300$ Hz, $\lambda > 1000$ km) predstavljaju vremenski sporo promenljiva elektromagnetska polja (kvazistatička EM polja). EM polje je u nekom domenu „kvazistatičko“ (vremenski sporo promenljivo) ukoliko je brzina promene struja i naelektrisanja u toku vremena takva da se, približno, komponenta magnetnog polja i ona komponenta električnog polja koja potiče od naelektrisanja mogu računati po formulama za statička polja i to u svakoj tački domena i u

svakom trenutku. Važno je uočiti da se ne postavljaju nikakva ograničenja što se tiče indukovane komponente promenljivog električnog polja. U stvari, upravo ta komponenta čini da se osobine kvazistatičkog polja bitno razlikuju od osobina statičkog polja. Kako se radi o talasima velike talasne dužine ($\lambda > 1000$ km) koje su značajno velike u odnosu na dimenzije ljudskog tela, granice izlaganja izražavaju se odvojeno za električno i magnetsko polje (Vulević 2002, 7–20).

Izvore električnih i magnetskih polja ELF, prema poreklu, delimo na prirodne i veštačke tj. tehnološke (Vulević 2002, 7–20).

Klasična podela prirodnih izvora je na prirodna električna i prirodna magnetska polja.

- *Prirodna električna polja* grubo možemo podeliti na dve komponente:

a) *Stacionarno električno polje*

i

b) *Promenljiva električna polja*

a) Stacionarno prirodno električno polje se nalazi u blizini Zemljine površine a nastaje usled električnog naboja koji postoji između atmosfere i tla i ima jačinu od oko 130 V/m. Njegova vrednost se smanjuje sa povećanjem visine i recimo na visini od oko 9000 m iznosi oko 5 V/m. Treba naglasiti da na njegovu jačinu bitno utiču dnevne promene u atmosferi kao što su olujna pražnjenja, pri kojima vrednost jačine prirodnog električnog polja može dostići vrednosti od 3 do 20 kV/m.

b) Promenljiva prirodna električna polja vezana su za aktivnost olujnih pražnjenja i za magnetske pulsacije koje stvaraju struje iz Zemljine unutrašnjosti (Tellurske struje). Njihova jačina zavisi od dnevnih i godišnjih promena i prostire se u frekvencijskom opsegu 0,001–5 Hz. Lokalne varijacije zavise od atmosferskih uslova i varijacija u magnetskom polju.

- *Prirodna magnetska polja* grubo možemo podeliti na dve komponente:

a) *Unutrašnje magnetsko polje* i

b) *Spoljašnja magnetska polja*

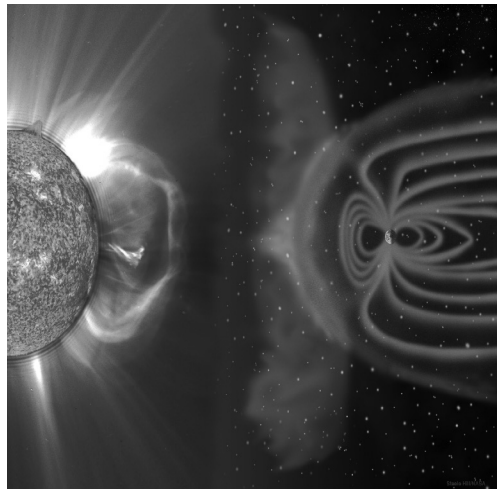
a) Unutrašnje prirodno magnetsko polje čini sama planeta Zemlja koja deluje kao džinovski magnet sa dva suprotna pola. Njegova vrednost zavisi od geografskog položaja na Zemlji. Na Ekvatoru se vrednost jačine ovoga polja kreće oko 28A/m (što odgovara gustini magnetskog fluksa od oko $35\mu\text{T}$), na polovima 56A/m (oko $70\mu\text{T}$). Na našim geografskim prostorima se jačina ovog polja iznosi

Linije magnetskog polja se protežu između severnog i južnog pola kao između polova stalnog magneta. Na severnom polu Zemlje, linije magnetske indukcije su usmerene ka Zemlji, a na južnom polu su usmerene od Zemlje. Naelektrisane čestice bivaju zarobljene ovim poljem formirajući magnetosferu, koja predstavlja deo svemira blizu Zemlje, odmah iznad jonosfere. Zemljina magnetosfera predstavlja dinamički pojas plutajuće plazme vođene magnetskim poljem, koja ponekad dolazi u dodir sa Sunčevim magnetskim poljem. Magnetosfera se prostire u svemiru od Zemlje otprilike od 80 do 60.000 km sa strane prema Suncu, odnosno do 300.000 km udaljenosti na strani okrenutoj od Sunca. U magnetosferi se nalazi hladna plazma koja potiče iz jonosfere, vruća plazma koja potiče sa spoljašnje strane Sunčeve atmosfere i još toplija plazma ubrzana do velikih brzina, koja se može usijati na gornjim slojevima Zemljine atmosfere stvarajući polarnu svetlost bilo na južnoj ili severnoj hemisferi.

b) Spoljašnja magnetska polja imaju višestruko poreklo i međusobno se znatno razlikuju po svojim spektralnim i energetske svojstvima. Ona se ciklički menjaju svakih 11 godina a uzrokovana su prvenstveno pojavom Sunčevih pega. Za vreme intenzivnih solarnih aktivnosti u toku pojave Sunčevih pega magnetska polja dostižu intenzitete od $5 \cdot 10^{-7} \text{T}$.



Slika 1. Izgled Zemljinog magnetskog polja¹



Slika 2. Prikaz magnetnog repa²

1 Preuzeto sa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetosphere>

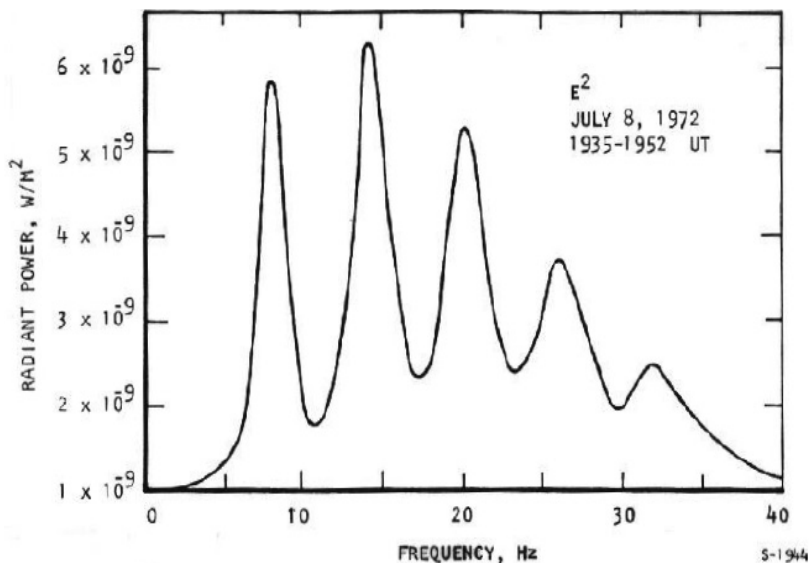
2 Preuzeto sa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetosphere>

Mnoga merenja električnih i magnetskih polja po lepom vremenu (visokom atmosferskom pritisku) okarakterisana su signalima ELF reda veličine nekoliko herca (približne frekvencije bioritma čoveka) čije poreklo ne pripada niti lokalnim niti spoljašnjim izvorima (Grandolfo i Vecchia 1985, 49–70). Navedeni signali potiču od sistema površina Zemlje – jonosfera koji se ponaša kao šuplji rezonator širine 140km iznad površine Zemlje. On je formiran jer obim Zemlje (41.000 km) odgovara talasnoj dužini na frekvenciji oko 7,5 Hz. Sferni oblik granica neznatno modifikuje faznu brzinu tako da se prvih nekoliko frekvencija, uzimajući u obzir gubitke provodljivosti na delu granice prema jonosferi, može prikazati izrazom:

$$f_n \approx 8 (n(n+1)/2)^{1/2} [\text{Hz}] \quad (n = 1,2,..) \quad (1)$$

Kif, Ecold i Polk (Keefe, Etzold i Polk) su 1973. godine merenjima električnog polja došli do energetskog spektra prikazanog na slici 3, koji predstavlja seriju pikova na određenim frekvencijama (7,8; 14,4; 20,3; 26,4 i 32,5 Hz) tzv. *Schumann-ovim rezonancama*.

Schumann-ova polja spadaju u slaba polja. Vrednost električne komponente je oko 0,01V/m dok se gustina magnetskog fluksa kreće od 1–10nT.



Slika 3. Spektar *Schumann-ovih* rezonanci (Grandolfo i Vecchia 1985, 49–70)

Veštačka električna i magnetska polja ELF u životnoj sredini predstavljaju uglavnom promenljiva (naizmenična) polja koja nastaju u toku prenosa, distribucije i upotrebe električne energije. Frekvencija ELF polja zavisi od izvora polja.

Iako su dominantne frekvencije od 50 i 60 Hz, ljudi su uglavnom izloženi mešavini frekvencija, od kojih neke mogu biti i mnogo veće. Na primer, nelinearne karakteristike električnih uređaja mogu da dovedu do stvaranja značajnih harmonika na frekvencijama od nekoliko kHz.

Električna polja se stvaraju u uređajima koji su uključeni u instalacijske mreže, ali ti uređaji ne moraju biti u pogonu. Od električnih polja se lako može zaštititi ili se njihova jačina može promeniti raznim lako dostupnim jeftinim materijalima. Stavljanjem u rad uređaja nastaje struja koja proizvodi magnetska polja.

Magnetska polja prolaze kroz Zemlju, ljude, i najveći deo materijala. Njih je teško ograničiti. Jačina ELF magnetskog polja opada sa rastojanjem od izvora. Na primer, za jedan provodnik jačina magnetskog polja je obrnuto proporcionalna udaljenosti od izvora. Jačina magnetskog polja opada sa kvadratom rastojanja od izvora koji se sastoji od više provodnika. Jačina magnetnog polja opada sa trećim stepenom rastojanja od izvora koji je oblika navojka ili kalema. Ove relacije su značajne kada govorimo o slabljenju magnetnog polja u oblasti zaštite od EM polja (Vulević 2010).

Sa stanovišta zaštite, *glavni veštački izvori električnih i magnetskih polja ELF* su prenosne linije (dalekovodi), uređaji i postrojenja visokog napona (preko 35 kV) pri tzv. industrijskim frekvencijama 50 Hz, koji se koriste u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne energije.

Ostale veštačke izvore, ništa manje značajne, predstavljaju sve vrste vodova i električnih uređaja koji se koriste u svim oblastima čovekovog rada (industrija, medicina, nauka) uključujući i one u domaćinstvu.

3.2. RF zračenje

Prema poreklu, izvore RF zračenja delimo na: prirodne i veštačke (Vulević i Belić 2012, 497–500).

Prirodni izvori RF zračenja obuhvataju širok opseg frekvencija i njima smo izloženi tokom celog svog života. O ulozi i značaju ovih zračenja za život na Zemlji saznanja su još uvek nedovoljna. Osnovna podela prirodnih izvora RF zračenja obuhvata:

- a) atmosferska polja;
- b) elektromagnetska zračenja planete Zemlje;
- c) kosmička polja.

Atmosferska polja nastaju usled prirodnih električnih fenomena (električna pražnjenja u atmosferi) na frekvencijama ispod 30 MHz. Jačine ovih polja i opseg frekvencija zavise od više faktora (geografski položaj, doba dana, godišnja doba itd.). Neke promene su sistematske, a neke su slučajne. Najveće vrednosti (amplitude) atmosferskih polja nalaze se na frekvencijama između 2 i 30 kHz. Generalno, nivo atmosferskih polja opada sa porastom frekvencije. Geografska zavisnost je takva da su najveći nivoi prisutni u ekvatorijalnoj oblasti a najmanji na polovima.

Planeta Zemlja „emituje” elektromagnetska zračenja kao i sve sredine čija je temperatura različita od „apsolutne nule” ($T = 0$ K). U RF opsegu dobija se „termički šum” Zemlje koji iznosi (za $T \approx 300$ K) $0,3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, kada se integrali po svim frekvencijama do 300GHz. Ovde treba napomenuti da i ljudsko telo prosečne površine od $1,8 \text{ m}^2$ „izrači” snagu od $0,0054 \text{ W}$ do gornje granične frekvencije od 300 GHz.

Zemljina atmosfera, jonosfera i magnetosfera formiraju “prirodni štit” koji razdvaja našu planetu od kosmičkih izvora nejonizujućih zračenja. Elektromagnetski talasi koji su sposobni da prodru kroz ovaj štit ograničeni su na dva frekventijska prozora. Jedan je optički, a drugi se nalazi **u frekvencijskom opsegu od 10 MHz do 37,5 GHz**. Radio-talase iznad 37,5 GHz apsorbujaju određeni molekuli u atmosferi (pre svega O_2 i H_2O).

Veštački (tehnoški) izvori RF zračenja su mnogobrojni a u poslednjih tri-deset godina, kao posledica ljudskih aktivnosti, doživljavaju veliku ekspanziju. Sa gledišta zaštite od nejonizujućih zračenja, najvažniji predstavnici ovih izvora su predajne antene radio i TV stanica, bazne stanice mobilne telefonije, radari i, po zastupljenosti među stanovništvom, mobilni telefoni.

Skoro da je nemoguće napraviti valjanu integralnu podelu ovih izvora. Uobičajena je podela veštačkih izvora RF zračenja po gustini snage.

U zavisnosti od gustine snage veštački izvori RF zračenja mogu se podeliti na: izvore velike snage i izvore male snage.

Izvori velike snage se definišu kao izvori RF zračenja koji, na rastojanju 100 m od izvora zračenja, mogu u glavnom snopu da proizvedu gustinu snage od $1 \text{ W}/\text{m}^2$.

U ovu grupu izvora spadaju:

- radio i TV predajnici;
- radari za kontrolu vazdušnog saobraćaja;
- radari za kontrolu kopnenih granica i priobalnih pojaseva;
- meteorološki radari;

- sistemi komunikacija (zemaljske veze sa satelitima i kosmičkim brodovima);
- radarski teleskopi (merenje udaljenosti bližih nebeskih tela od Zemlje).

Izvorima male snage smatraju se svi izvori kod kojih ne važi gore navedeni uslov za izvore velike snage.

U ovu grupu izvora, između ostalih, spadaju:

- policijski radari;
- relejni mikrotalasni radari (kablovska TV);
- mikrotalasne peći;
- antenski sistemi u javnoj mobilnoj telefoniji.

Brzina razvoja, primene i mogućnosti novih „digitalnih tehnologija” uopšte, dostižu takav stepen da se skoro ne mogu pratiti a uz to prouzrokuju ogromne promene u svim oblastima ljudskog društva. Elektronske sisteme bazirane na radio-tehnologijama koji će po primeni sve više biti prisutni u okruženju opšte populacije, „grubo” možemo svrstati u tri velike grupe:

- I Mobilne komunikacije (GSM, UMTS, TETRA...);
- II Digitalni prenos radio i TV signala (DAB, DVB...);
- III Individualne radio-veze (WLAN, Bluetooth...).

Pored navedenog, ne treba zanemariti i veliki broj ostalih radio-tehnologija koji nisu dostupni opštoj populaciji (satelitski i radarski sistemi). Tu se, pre svega, ubrajaju specijalni radarski sistemi koji se primenjuju u vojne svrhe kao i razne tehnologije nastale razvojem energetske elektronike u oblasti kontrole i upravljanja procesima u raznim granama industrije.

4. EM polja i zdravlje ljudi

Zbog naglog rasta broja izvora RF zračenja u životnoj sredini u poslednje dve dekade, posebno u domenu mobilnih telekomunikacija, javlja se zabrinutost javnosti o mogućim štetnim posledicama po zdravlje. Informacije koje se mogu dobiti na tu temu uglavnom su kontraverzne,³ u zavisnosti od autora i gledišta koje isti zastupa. Naučni stav po pitanju uticaja nejonizujućih zračenja na ljude, objavljuju nezavisne naučne međunarodne ili nacionalne organizacije, među kojima glavnu ulogu ima Međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućih zračenja (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP).

³ Preuzeto sa: <http://www.microwavenews.com>

Pitanja koja sadrže mogućnost dugotrajnih efekata EM polja na ljudski organizam, uglavnom su vezana za kancerogena oboljenja. Jedan od glavnih problema u epidemiološkim studijama jeste, kao i kod kratkotrajnih efekata, procena izlaganja.

Međunarodna Agencija za istraživanje kancera (IARC), koja predstavlja deo svetske zdravstvene organizacije (WHO), klasifikovala je magnetska polja ELF (IARC 2002) i RF zračenje (IARC 2011, 2013) u tzv. »grupu 2B« (»moguće kancerogen za ljude«). Navedena klasifikacija znači da je broj dosadašnjih ispitivanja uticaja na zdravlje ljudi još uvek mali za donošenje pouzdanih zaključaka i da treba da su potrebna dalja istraživanja.

5. Procena izlaganja EM poljima

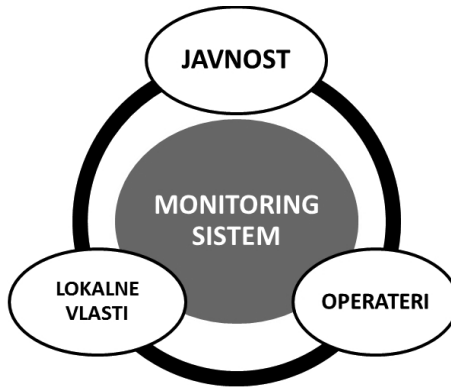
U velikom broju zemalja širom sveta realizuju se različiti projekti u cilju rešavanja izuzetno kompleksnog problema - procene izlaganja ljudi EM poljima. Glavni cilj trenutno aktuelnih programa širom EU je informisanje stanovništva. U cilju edukacije stanovništva, sve je veći broj informacionih brošura i izveštaja sa merenja koji su dostupni preko interneta. Pored toga, jedan od ciljeva različitih nacionalnih programa je podrška razvoju zakonske regulative od planiranja do postavljanja novih izvora EM polja u životnoj sredini. Za određivanje stepena izloženosti ljudi, potrebno je proceniti nivoe EM polja u radnoj i životnoj sredini, imajući u vidu nagli skok broja novih veštačkih izvora u čovekovom okruženju. Osnovno sredstvo za procenu nivoa polja predstavljaju odgovarajuća merenja.

U poslednjih nekoliko godina, u cilju određivanja izlaganja ljudi RF zračenju, sve više se razvijaju metode lične dozimetrije i sistemi za kontinualna merenja (monitoring sistemi) (Vulević i Belić 2012, 497–500).

Monitoring sistemi predstavljaju kompletno rešenje za daljinsko nadgledanje nivoa električnih, magnetskih i elektromagnetskih polja u životnoj sredini. Vrš se, dakle, permanentno praćenje na bilo kojoj željenoj lokaciji. Sistem obezbeđuje jasne i pouzdane rezultate čak i u slučaju izuzetno malih vrednosti nivoa. Kontrolni softver omogućava potpuno automatizovan sistem rada sa širokim izborom podešavanja, koje definiše korisnik. Različiti pragovi za oglašavanje alarma se takođe mogu podešavati, tako da se pri pojavi alarma, poruka o alarmu automatski šalje kontrolnom centru sistema i/ili odgovornom rukovodiocu na terenu. Komunikacioni protokol je optimiziran za pouzdan rad. Rezultati se obično snimaju automat-

ski i periodično, na primer, svaka 24 časa, što zavisi od individualnog podešavanja. Podaci o maksimalnoj jačini polja u zadatom periodu se mogu slati na bilo koji mobilni telefon u vidu kratkog izveštaja. Zahvaljujući ugrađenom kalendaru, rezultati se mogu u svako vreme jednostavno razvrstati po datumu, nedeljama i sl. Podaci se dalje mogu eksportovati, radi eventualnih drugačijih primena, na primer formiranja baza podataka i sl. Moguće primene bi mogle obuhvatiti izveštavanje i internet prezentacije.

Ogromna prednost monitoring sistema je ta što se ostvaruje brza komunikacija svih učesnika „u trouglu”: Javnost - Lokalne vlasti – Operateri mobilnih komunikacija (slika 4.), što će u budućnosti predstavljati ogromnu prednost u prevazilaženju niza svakodnevnih problema. Razvoj monitoring sistema u poslednjem petogodišnjem periodu nagoveštava „neslućene mogućnosti”, posebno u oblasti praćenja niskih nivoa električnih i magnetskih polja u životnoj sredini (Vulević 2006).



Slika 4. Partneri u razvoju monitoring sistema

5. Zaključak

Rezultati dosadašnjih istraživanja koja se sprovode od strane naučnika širom sveta još uvek ne daju jasan odgovor na pitanje mogućih rizika po zdravlje usled izlaganja elektromagnetskim poljima.

Monitoring veličina elektromagnetskih polja u životnoj sredini sve više igra glavnu ulogu u ozbiljnim istraživanjima od procene izlaganja do epidemioloških studija. Ogromna prednost monitoring sistema u odnosu na sve dosadašnje metode ispitivanja nivoa je ta što se ostvaruje nezavisni, objektivni i brzi prenos informacija o nivou elektromagnetskih polja u posmatranom okruženju.

Literatura:

- Grandolfo, M. i P. Vecchia. 1985. "Natural and man-made environmental exposures to static and ELF electromagnetic fields." U *Biological Effects and Dosimetry of Static and ELF Electromagnetic Fields*, uredili M. Grandolfo, S. M. Michaelson i A. Rindi, 49–70. New York and London: Plenum press.
- IARC. 2002. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon: IARC Press. 2011. *IARC CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS*. Lyon: IARC Press. 208.
2013. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon: IARC Press. 102.
- ICNRP. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection <http://www.icnirp.de>
- Vulević, Branislav. 2002. „Zaštita od nejonizujućih zračenja – Problem budućnosti.“ *Bilten Vinča* 1–4 (7): 7–20.
- . 2006. „Određivanje nivoa RF zračenja u okolini GSM baznih stanica mobilne telefonije.“ Magistarska teza, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu.
- . 2010. „Procena merne nesigurnosti kod određivanja nivoa elektromagnetskih polja u životnoj sredini.“ Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Vulević, Branislav i Čedomir Belić. 2012. „Određivanje nivoa radiofrekvencijskog zračenja u životnoj sredini.“ *Ecologica* 67: 497–500.

Summary:

Electromagnetic Fields in the Environment

Electromagnetic fields are present in the everyday life. Monitoring of electromagnetic fields in the environment, plays a fundamental role in sustainable development of urban areas especially designated for housing. Many years of experience of the author of this paper points to the need for systematic informing and educating the population.

Key words: non-ionizing radiation, electromagnetic field, RF radiation, monitoring

*Rad prijavljen: 4. 9. 2014.
Rad recenziran: 19. 9. 2014.
Rad prihvaćen: 8. 10. 2014.*