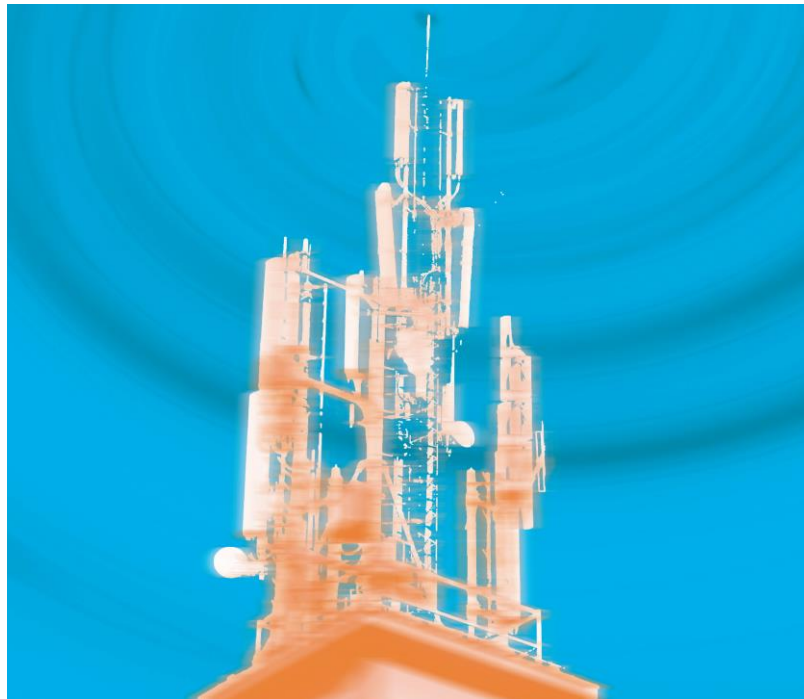




POROČILO O ŠTUDIJI

IZPOSTAVLJENOST OTROK VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM

Faza 1: PREDHODNA ANALIZA MIKROLOKACIJ



oktober 2018

IZPOSTAVLJENOST OTROK VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM

Faza 1: PREDHODNA ANALIZA MIKROLOKACIJI

Poročilo o študiji, oktober 2018

Avtorji

Peter Gajšek, Blaž Valič, Tomaž Trček

Izdajatelj

Inštitut za neionizirna sevanj,

Pohorskega bataljona 215

1000 Ljubljana

Inštitut za neionizirna sevanja (www.inis.si) je kot neodvisna in nevladna organizacija registrirana za raziskave in razvoj na interdisciplinarnem področju problematike neionizirnih elektromagnetnih sevanj. V okviru INIS deluje skupina, ki je usposobljena za najzahtevnejše razvojno-raziskovalne naloge s področja tehniškega, administrativnega, pravnega in zdravstvenega nadzora nad neionizirnimi sevanji. Ker smo mednarodno priznana institucija na področju varstva okolja in varovanja zdravja pred neionizirnimi elektromagnetnimi sevanji, smo s strokovnim kadrom, bogatimi mednarodnimi povezavami in sodobno laboratorijsko opremo vrhunsko usposobljeni, da odgovorimo na vsa vaša vprašanja glede problematike neionizirnih elektromagnetnih sevanj v bivalnem in delovnem okolju. Inštitut za neionizirna sevanja je s strani Slovenske akreditacije akreditirani organ za izvajanje meritev elektromagnetnih sevanj v frekvenčnem območju od 0 Hz do 40 GHz ter optičnih sevanj v območju od 200 - 3000 nm. Je hkrati tudi pooblaščen za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za vire NF in VF elektromagnetnega sevanja s strani Ministrstva za okolje in prostor (Pooblastilo št. 35459-1/2014-2).

Sofinancerji:

- Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji - www.uvps.gov.si
- Projekt Forum EMS – www.forum-ems.si

Sodobne tehnologije za zagotavljanje dostopa do podatkov, spleta in različnih spletnih storitev so pogojene z delovanjem različnih brezžičnih telekomunikacijskih omrežij, ki lahko tovrstne storitve nudijo. Za brezžični prenos zvoka, slike in podatkov so nujno potrebni viri visokofrekvenčnih sevanj. Med najbolj razširjene takšne vire sodijo bazne postaje, radijski in televizijski oddajniki, WiFi dostopne točke in podobne naprave.

Vprašanje, ali lahko elektromagnetna sevanja (EMS), ki jih v svoji okolici ustvarjajo tovrstne naprave, predstavljajo povečano tveganje za pojav določenih vrst raka (še posebej pri otrocih – npr. otroška levkemija), sprememb v obnašanju, Parkinsonove in Alzheimerjeve bolezni ter številnih drugih bolezni, še nima enoznačnega odgovora. Ker pri tem obstaja določena znanstvena negotovost glede zdravstvenega tveganja, so v javnosti prisotni strah, nezaupanje in odpor do tehnologij, kar je vzrok ostrega nasprotovanja umeščanju tovrstnih virov EMS v prostor, kljub temu, da v Sloveniji že od leta 1996 velja uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ul RS 70/96) [1] (v nadaljevanju uredba). Ta določa mejne vrednosti, opredeljuje zahteve lastnikov virov glede izvajanja meritev in druga vprašanja, povezana z viri EMS. Mejne vrednosti, ki so določene v uredbi, izhajajo iz smernic mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji ICNIRP [2] (v nadaljevanju smernice ICNIRP), slednje pa temeljijo na znanstveno dokazanih vplivih na ljudi.

Da bi pridobili podatke o tem, kašne so izpostavljenosti otrok v bližini virov visokofrekvenčnih (VF) RMS, smo izvedli analizo 40 mikrolokacij v bližini virov VF EMS. Meritve je izvedel Inštitut za neionizirna sevanja, ki je akreditiran za izvajanje meritev EMS in je pooblaščen za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za vire nizko in visokofrekvenčnih EMS v okolju. Namen predhodne analize je bil določiti sevalnih obremenitev v okolici virov VF EMS, ki so nato služile za delitev prostovoljcev v skupino izpostavljenih in v kontrolno skupino. Na podlagi 40 izvedenih analiz mikrolokacij so se oblikovali kriteriji, po katerih smo glede na razdaljo posameznika od določenega tipa virov VF EMS (bazna postaja (GSM, UMTS, LTE), Wi-Fi usmerjevalnik, radijski oddajnik, TV oddajnik) oblikovali študijske skupine posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami (h_{ex}), v katero smo na podlagi zbranih podatkov iz vprašalnika razvrstili prostovoljce ($n=10$). Poleg skupine s povišanimi sevalnimi obremenitvami smo oblikovali tudi kontrolno skupino ($n=5$). V nadaljevanju raziskave bodo prostovoljci iz skupne s povišanimi sevalnimi obremenitvami in kontrolne skupine sodelovali v trajnih meritvah izpostavljenosti VF EMS.

Pripravljen je bil tudi podroben vprašalnik o navadah in ravnanju prostovoljcev, ki bo služil za statistično analizo izpostavljenosti sodelujočih.

2 Pregled brezžičnih sistemov

Brezžični sistemi delujejo na različnih frekvencah in z zelo različnimi močmi. Nekatere tehnologije so se že opustile, npr. analogna televizija, ki jo je nadomestila digitalna televizija DVB-T, se pa pojavljajo nove tehnologije. V bližnji prihodnosti lahko pričakujemo uvedbo pete generacije mobilne telefonije, 5G, ki bo zlasti pomembna z vidika zagotavljanja še hitrejšega prenosa podatkov kot četrta generacija mobilne telefonije, LTE ter bo omogočala številne nove storitve.

Viri visokofrekvenčnih (VF) EMS, ki so posledica delovanja brezžičnih sistemov v našem okolju, so predvsem:

- FM radijski oddajniki, ki delujejo v frekvenčnem območju do 87 do 108 MHz,
- DAB digitalni radijski oddajniki, ki delujejo v frekvenčnem območju od 174 do 230 MHz,
- zveze, namenjene službam za reševanje in zaščito, policiji in vojski, ki delujejo v frekvenčnem območju od 380 do 470 MHz,
- DVB-T digitalni televizijski oddajniki, ki delujejo v frekvenčnem območju od 470 do 790 MHz,
- bazne postaje 800 MHz, ki delujejo v frekvenčnem območju od 790 do 862 MHz,
- bazne postaje GSM-R, namenjene profesionalni komunikaciji na železnici, ki delujejo v frekvenčnem območju od 920 do 925 MHz,
- bazne postaje 900 MHz, ki delujejo v frekvenčnem območju od 925 do 960 MHz,
- bazne postaje 1800 MHz, ki delujejo v frekvenčnem območju od 1805 do 1880 MHz,
- bazne postaje 2100 MHz, ki delujejo v frekvenčnem območju od 2110 do 2170 MHz,
- WiFi, ki deluje v frekvenčnem območju od 2400 do 2484 MHz,
- bazne postaje 2600 MHz, ki delujejo v frekvenčnem območju od 2620 do 2690 MHz.

T 1: Posamezne VF tehnologije in frekvenčni pasovi, kjer te tehnologije obratujejo.

frekvenčni pas	začetna frekvenca [MHz]	končna frekvenca [MHz]
FM radio	87	108
DAB radio	174	230
zveze	380	470
DVB-T	470	790
800	790	862
GSM-R	920	925
900	925	960
1800	1805	1880
2100	2110	2170
WiFi	2400	2484
2600	2620	2690

V frekvenčnih pasovih, ki se uporabljajo za bazne postajah mobilne telefonije in so označeni z 800, 900, 1800, 2100 in 2600, ni točno določeno, za katero tehnologijo oziroma generacijo mobilnega omrežja je posamezen frekvenčni pas uporabljen. V Sloveniji se v 800 in 2600 frekvenčnem pasu uporablja LTE tehnologija, v 2100 frekvenčnem pasu se uporablja UMTS tehnologija, v frekvenčnem pasu 900 se uporabljata tako GSM kot tudi UMTS tehnologija, v frekvenčnem pasu 1800 pa GSM in LTE tehnologija.

frekvenčno območje	generacija mobilne tehnologije	800	900	1800	2100	2600
GSM	II.					
UMTS	III.					
LTE	IV.					
frekvenca [MHz]		790-862	925-960	1805-1880	2110-2170	2620-2690

S 1: Frekvenčna območja, kjer v Sloveniji delujejo posamezne mobilne tehnologije oziroma posamezne generacije mobilne telefonije.



3 Izvedba meritev VF EMS

Meritve EMS so potekale od začetka meseca decembra 2017 do konca meseca avgusta 2018 na skupno 40 lokacijah po celotni Sloveniji. Meritve so potekale v okolici baznih postaj, RTV oddajnikov ter v okolici WiFi usmerjevalnika. Posebna pozornost je bila posvečena izbiri lokacije in sicer so bile pretežno izbrane takšne lokacije, kjer so bile pričakovane visoke sevalne obremenitve. 19 merilnih mest je bilo izbranih v okolici baznih postaj, 15 v okolici RTV oddajnikov in 6 v okolici WiFi usmerjevalnika. V okolici baznih postaj in v okolici RTV oddajnikov so bile meritve izvedene na različnih oddaljenostih (od 0 do 515 m) na človeku dostopnih lokacijah 1 m nad tlemi, običajno v smeri glavnih snopov anten, kjer so pričakovane najvišje sevalne obremenitve. Na vsakem merilnem mestu so bile meritve izvedene po 'sweep' protokolu, ki predvideva pregled vrednosti na manjšem območju (vsaj območje velikosti 1 x 1 m). Na pregledanem območju se kot rezultat meritev shrani največja izmerjena vrednost. Meritve so bile izvedene med 9. in 16. uro, ko je promet baznih postaj pričakovano velik. V okolici WiFi usmerjevalnika so bile meritve izvedene v območju od 0 do 2 m od usmerjevalnika. Na vseh merilnih mestih so bile izvedene meritve v najpomembnejših frekvenčnih pasovih (FM radio, DAB radio, zveze, DVB-T, 800, GSM-R, 900, 1800, 2100, WiFi in 2600). Meritve so potekale v skladu s standardom SIST EN 50492 [3]. Na vsaki lokaciji je bila za vsak frekvenčni pas izmerjena električna poljska jakost E [V/m].

3.1 Merilna oprema

Meritve so bile izvedene z najsodobnejšo merilno opremo za merjenje EMS, s selektivnim spektralnim analizatorjem Narda SRM-3006 s pripadajočo triosno merilno sondo za merjenje električne poljske jakosti v frekvenčnem področju od 27 MHz do 3 GHz. Razširjena merilna negotovost celotnega merilnega sistema znaša $\pm 2,5$ dB. Merilni sistem je posebej prilagojen za merjenje baznih postaj mobilnih sistemov vseh treh generacij (GSM, UMTS in LTE) in drugih VF virov EMS.

Pri določanju razširjene merilne negotovosti, ki vpliva na točnost meritev, smo upoštevali vse pomembne vplivne veličine. Merilna negotovost uporabljene merilne opreme je podana v tabeli T 2.

T 2: Podatki o uporabljeni merilni opremi, kalibraciji in razširjena merilna negotovost.

zap. številka	oznaka	opis (ime in proizvajalec)	datum kalibracije	kalibracija veljavna do	razširjena merilna negotovost
1	MI 05-003 MI 08-005	Spektralni analizator Narda SRM 3006 s 3D anteno Narda 3501	07.09.2016	07.09.2020	$\pm 2,5$ dB

3.2 Vrednotenje sevalnih obremenitev

Izmerjene vrednosti električne poljske jakosti so bile ovrednotene glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Mejne vrednosti so frekvenčno odvisne in so za I. in II. območje varstva pred sevanji podane v tabeli T 3. V I. območje varstva pred sevanji spadajo tista območja, ki so namenjena bivanju oziroma kjer se prebivalstvo zadržuje dalj časa (stanovanja, šole, bolnišnice...), zato tu veljajo strožje mejne vrednosti. II. območje pa predstavlja ostala območja (gozdovi, njive, transportna in industrijska območja...).

T 3: Mejne vrednosti za električno polje za najpomembnejše visokofrekvenčne tehnologije oziroma vire.



frekvenčni pas	mejne vrednosti za električno poljsko jakost [V/m]	
	I. območje	II. območje
FM radio	8,60	27,50
DAB radio	8,60	27,50
zveze	8,60-9,32	27,50-29,70
DVB-T	9,32-12,09	29,70-38,51
800	12,09-12,62	38,51-40,22
GSM-R	13,04-13,08	41,55-41,67
900	13,08-13,32	41,67-42,45
1800	18,27-18,64	58,20-59,40
2100	19,00	61,40
WiFi	19,00	61,40
2600	19,00	61,40

Postopek določanja skupnih sevalnih obremenitev, ki upošteva prispevek vseh tehnologij oziroma virov na določeni lokaciji, je opredeljen v Prilogi 2 uredbe. Skupne sevalne obremenitve se določajo s pomočjo enačbe E 1

$$E 1 \quad SI = \sum_i \left(\frac{E_i}{L_{E,i}} \right)^2 \quad 680 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz} ,$$

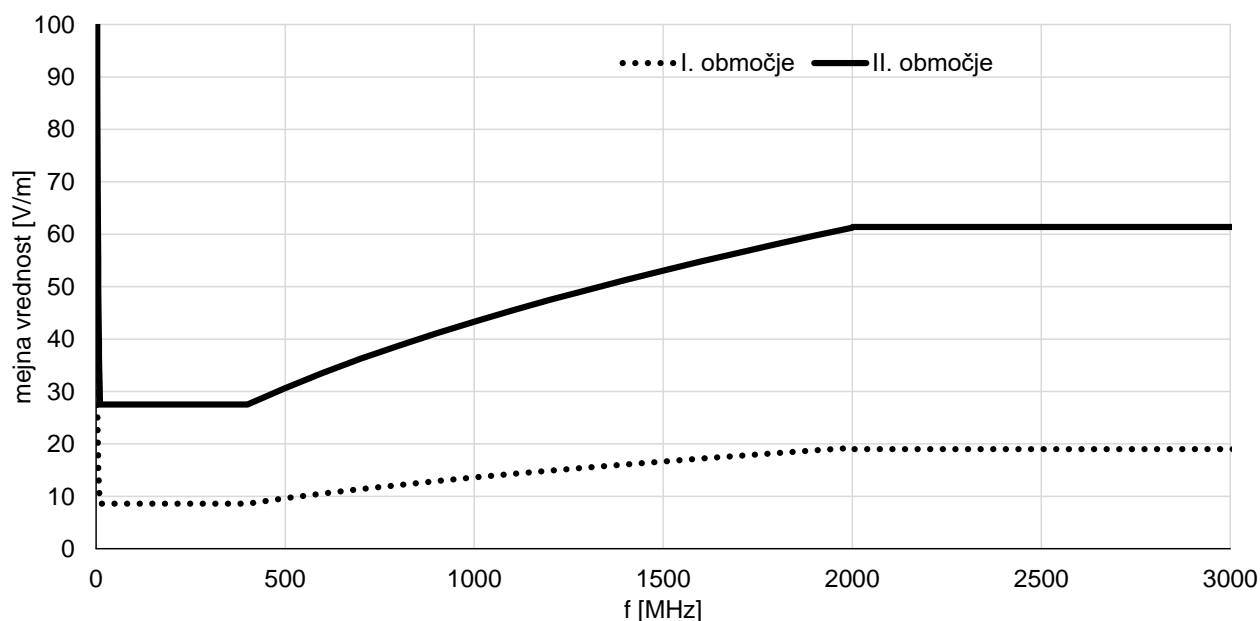
kjer je:

f – frekvenca signala,

E_i – električna poljska jakost i tega vira oziroma i te frekvence in

$L_{E,i}$ – i temu frekvenčnemu območju ustrezna mejna vrednost.

Vse izmerjene vrednosti električne poljske jakosti so bile ovrednotene glede na mejne vrednosti za I. območje.



S 2: Prikaz mejnih vrednosti v območju do 3000 MHz, kjer delujejo brezžični sistemi.



4 Rezultati meritev

4.1 Skupni povzetek rezultatov

Meritev predstavljajo trenutne sevalne obremenitve kot posledico delovanja vseh visokofrekvenčnih virov EMS na lokaciji in njeni okolici vključno z merjeno bazno postajo. V tem primeru se upoštevajo vsi viri v določenem frekvenčnem območju, njihove vrednosti pa se ne ekstrapolirajo za primer polne zasedenosti in odražajo trenutno celotno obremenjenost okolja z EMS.

Iz izmerjenih vrednosti električnega polja smo izračunali sevalne obremenitve glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji. Nadalje smo rezultate obdelali in izračunali maksimalne in povprečne vrednosti. Pri izračunih maksimalnih in povprečnih vrednosti nismo upoštevali meritev WiFi usmerjevalnika, saj so le te meritve potekale v laboratoriju, kjer meritve zunanjih signalov zaradi baznih postaj in RTV oddajnikov niso smiselne.

Maksimalne in povprečne vrednosti smo izračunali posebej za vse meritve (brez WiFi), za meritve, kjer je bil glavni merjeni vir bazna postaja ter za meritve, kjer je bil glavni merjeni vir RTV oddajnik.

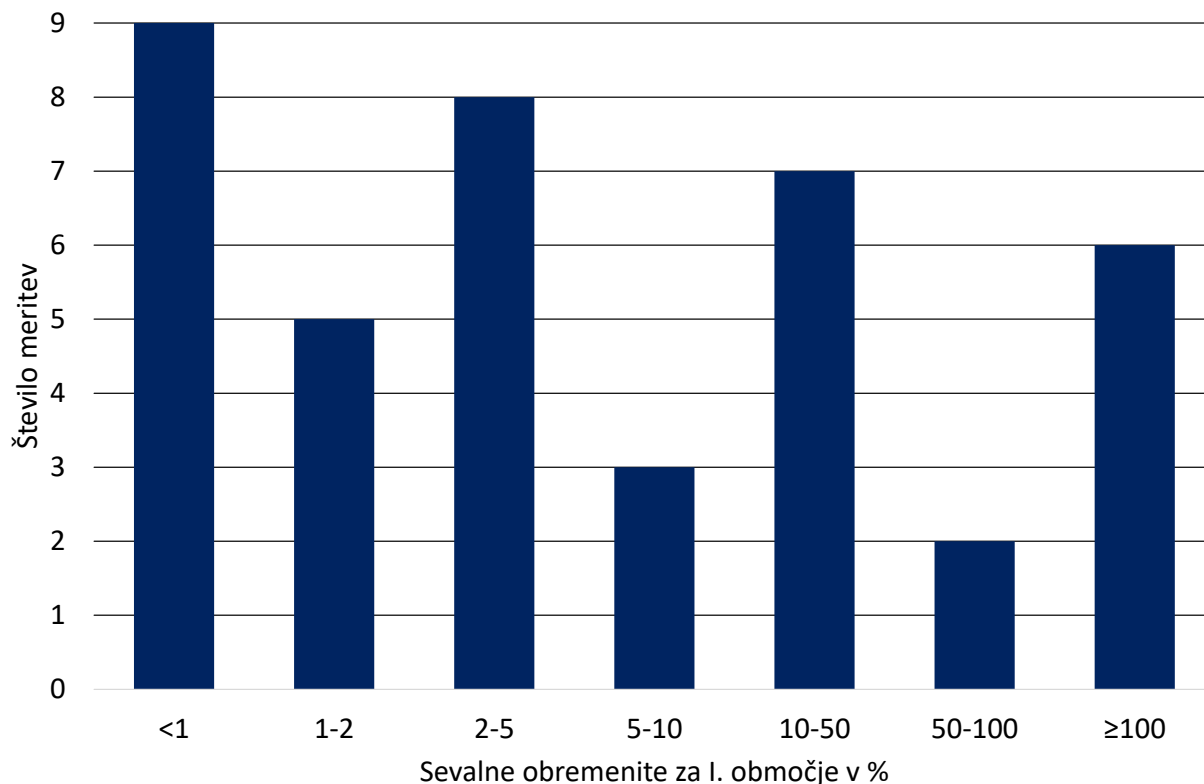
Rezultati meritev so podani v tabeli T 4 in T 5.

T 4: Maksimalne in povprečne vrednosti električnega polja v V/m za vseh 40 izvedenih meritev po posameznih frekvenčnih pasovih. Rezultati so predstavljeni za meritve vseh virov razen WiFi (vsi viri), za meritve v bližini baznih postaj (glavni vir BP), v bližini RTV oddajnikov (glavni vir RTV oddajnik) in v bližini WiFi usmerjevalnika (samo WiFi).

frekvenčni pas	E_{maks} [V/m]				E_{povp} [V/m]			
	vsi viri	glavni vir BP	glavni vir RTV oddajnik	samo WiFi	vsi viri	glavni vir BP	glavni vir RTV oddajnik	samo WiFi
FM radio	24,530	0,193	24,530		2,927	0,066	6,550	
DAB radio	5,550	0,153	5,550		0,233	0,029	0,491	
zveze	1,649	0,123	1,649		0,131	0,030	0,258	
DVB-T	2,196	0,177	2,196		0,335	0,041	0,707	
800	6,150	6,150	3,787		1,019	1,160	0,840	
GSM-R	0,459	0,459	0,258		0,068	0,065	0,072	
900	8,758	8,758	2,706		1,452	1,749	1,076	
1800	3,725	3,725	1,917		0,870	0,897	0,835	
2100	4,886	4,886	3,742		0,577	0,708	0,412	
WiFi	0,342	0,184	0,342	26,000	0,053	0,044	0,065	6,867
2600	0,410	0,283	0,410		0,064	0,050	0,080	
SKUPAJ	24,69	12,08	24,69	26,00	4,78	2,70	7,41	6,87

T 5: Maksimalne in povprečne sevalne obremenitve v odstotkih glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje varstva pred sevanji za vseh 40 izvedenih meritev po posameznih frekvenčnih pasovih. Sevalne obremenitve so predstavljene za meritve vseh virov razen WiFi (vsi viri), za meritve v bližini baznih postaj (glavni vir BP), v bližini RTV oddajnikov (glavni viri RTV oddajnik) in v bližini WiFi usmerjevalnika (samo WiFi).

frekvenčni pas	I. območje _{maks} [%]				1. območje _{povp} [%]			
	vsi viri	glavni vir BP	glavni vir RTV oddajnik	samo WiFi	vsi viri	glavni vir BP	glavni vir RTV oddajnik	samo WiFi
FM radio	813,6	0,1	813,6		51,2	0,0	116,1	
DAB radio	41,6	0,0	41,6		1,3	0,0	2,9	
zveze	3,7	0,0	3,7		0,2	0,0	0,4	
DVB-T	5,6	0,0	5,6		0,4	0,0	1,0	
800	25,9	25,9	9,8		1,8	2,3	1,1	
GSM-R	0,1	0,1	0,0		0,0	0,0	0,0	
900	44,8	44,8	4,3		2,6	3,9	1,0	
1800	4,2	4,2	1,1		0,4	0,5	0,3	
2100	6,6	6,6	3,9		0,4	0,5	0,3	
WiFi	0,0	0,0	0,0	187,3	0,0	0,0	0,0	34,6
2600	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	
SKUPAJ	821	80	821	187	58	7	123	35



S 3: Histogram skupnih sevalnih obremenitev glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje varstva pred sevanji za vseh 40 izvedenih meritev.



Meritve so pokazale, da so izmerjene vrednosti sevalnih obremenitev glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje varstva pred sevanji lahko presežene.

Maksimalne izmerjene sevalne obremenitve so znašale 821 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Izmerjene so bile na lokaciji RTV oddajnika Trstelj, kjer sicer veljajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji. Na lokaciji Trstelj je nameščen antenski stolp, na katerem so nameščene antene FM oddajnika, DVB-T oddajnika ter baznih postaj. Antene FM oddajnika, ki je prispeval večino sevalnih obremenitev (814 odstotkov) so nameščene precej nizko, prisotnih je več FM oddajnikov, oddajne moči pa so velike, saj je oddajna lokacija ključna za pokrivanje širše okolice. Sevalne obremenitve za I. območje varstva pred sevanji so bile presežene še v okolici nekaterih drugih RTV oddajnikov ter neposredno ob WiFi usmerjevalniku.

Sevalne obremenitve v okolici baznih postaj niso bile presežene v nobenem primeru. Kljub temu so bile najvišje sevalne obremenitve v okolici baznih postaj visoke. Najvišje izmerjene sevalne obremenitve v okolici baznih postaj so znašale 80 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Izmerjene so bile na lokaciji Vršič. Na omenjeni lokaciji je na strehi objekta nameščenih več anten baznih postaj dveh operaterjev. Antene so nameščene zelo nizko, le 6 m nad tlemi. Merilno mesto je bilo izbrano za objektom na manjšem hribčku, oddaljeno 6 m od anten ter skoraj v višini anten bazne postaje.

Povprečne vrednosti so pokazale visoke sevalne obremenitve. Znašale so 58 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Tako visoke povprečne sevalne obremenitve v okolju so v splošnem zelo neobičajne in so posledica izbire lokacij in merilnih mest. Lokacije in merilna mesta so bila namenoma izbrana tako, da so bile pričakovane visoke sevalne obremenitve. Želeli smo namreč poiskati lokacije, kjer so lahko prisotne visoke ali tudi čezmerne sevalne obremenitve.

Nadaljnja analiza povprečnih sevalnih obremenitev je pokazala tudi, da so le te visoke predvsem zaradi RTV oddajnikov in ne zaradi baznih postaj. Povprečne sevalne obremenitve zaradi baznih postaj so znašale 7 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Tudi v tem primeru so povprečne sevalne obremenitve visoke in tako visokih povprečnih sevalnih obremenitev v okolici baznih postaj v splošnem ne moremo pričakovati. Tipične sevalne obremenitve znašajo do 1 odstotek mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji [4].

4.2 Pregled meritev na posameznih merilnih mestih

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati meritev po posameznih lokacijah na vseh 40 merilnih mestih. V tabeli T 6 so predstavljeni podatki o merilnih mestih in merjenih virih na posameznem merilnem mestu. V tabeli T 7 so predstavljeni rezultati meritev trenutnih vrednosti električnega polja za frekvenčna področja, kjer delujejo najpogostejši viri EMS v okolju. Vrednosti za vsak sistem so podane kot izmerjena vrednost električne poljske jakosti v enotah V/m. V tabeli T 8 so podane izračunane sevalne obremenitve glede na mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, izražene v odstotkih mejne vrednosti.

T 6: Podatki o merilnih mestih.



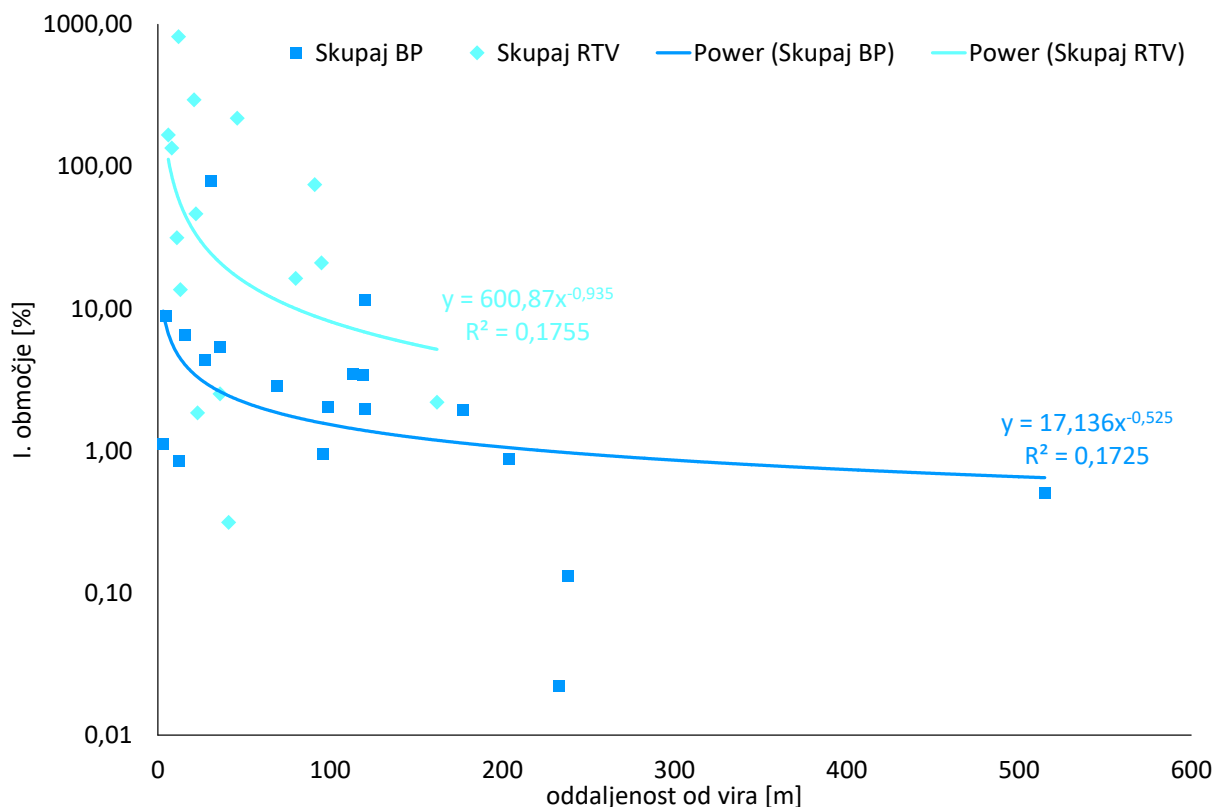
merilno mesto	tip vira	namestitvev anten	višina anten	oddaljenost od vira	tip okolja
1	BP	na strehi	25	177	kraj
2	BP	na strehi	20	120	kraj
3	BP	v zvoniku	9,5	27	podeželje
4	BP	na dimniku	29	204	kraj
5	BP	na strehi	13	16	kraj
6	BP	na DV stebru	14	120	podeželje
7	BP	na DV stebru	18	3	mesto
8	BP	na DV stebru	10	5	podeželje
9	BP	na strehi	19	36	mesto
10	BP	na strehi	27	119	mesto
11	BP	na strehi	12	99	mesto
12	BP	na drogu	18	69	mesto
13	BP	na strehi	26	12	mesto
14	BP	na stolpu	20	233	podeželje
15	BP	na dimniku	45	515	kraj
16	BP	na stolpu	18	238	podeželje
17	BP	na strehi	6	31	podeželje
18	BP	na strehi	25	96	kraj
19	BP	na stolpu	23	113	kraj
20	RTV	na stolpu	ni podatka	91	podeželje
21	RTV	na stolpu	ni podatka	21	kraj
22	RTV	na stolpu	ni podatka	12	podeželje
23	RTV	na stolpu	ni podatka	22	mesto
24	RTV	na stolpu	ni podatka	95	kraj
25	RTV	na stolpu	ni podatka	13	podeželje
26	RTV	na stolpu	ni podatka	6	podeželje
27	RTV	na stolpu	ni podatka	162	podeželje
28	RTV	na drogu	ni podatka	8	podeželje
29	RTV	na strehi	ni podatka	36	kraj
30	RTV	na drogu	ni podatka	23	podeželje
31	RTV	na stolpu	ni podatka	80	podeželje
32	RTV	na stolpu	ni podatka	11	kraj
33	RTV	na drogu	ni podatka	41	podeželje
34	RTV	na stolpu	ni podatka	46	kraj
35	WiFi	/	/	0	stanovanje
36	WiFi	/	/	0,1	stanovanje
37	WiFi	/	/	0,2	stanovanje
38	WiFi	/	/	0,5	stanovanje
39	WiFi	/	/	1	stanovanje
40	WiFi	/	/	2	stanovanje

T 7: Izmerjene vrednosti električnega polja v V/m.

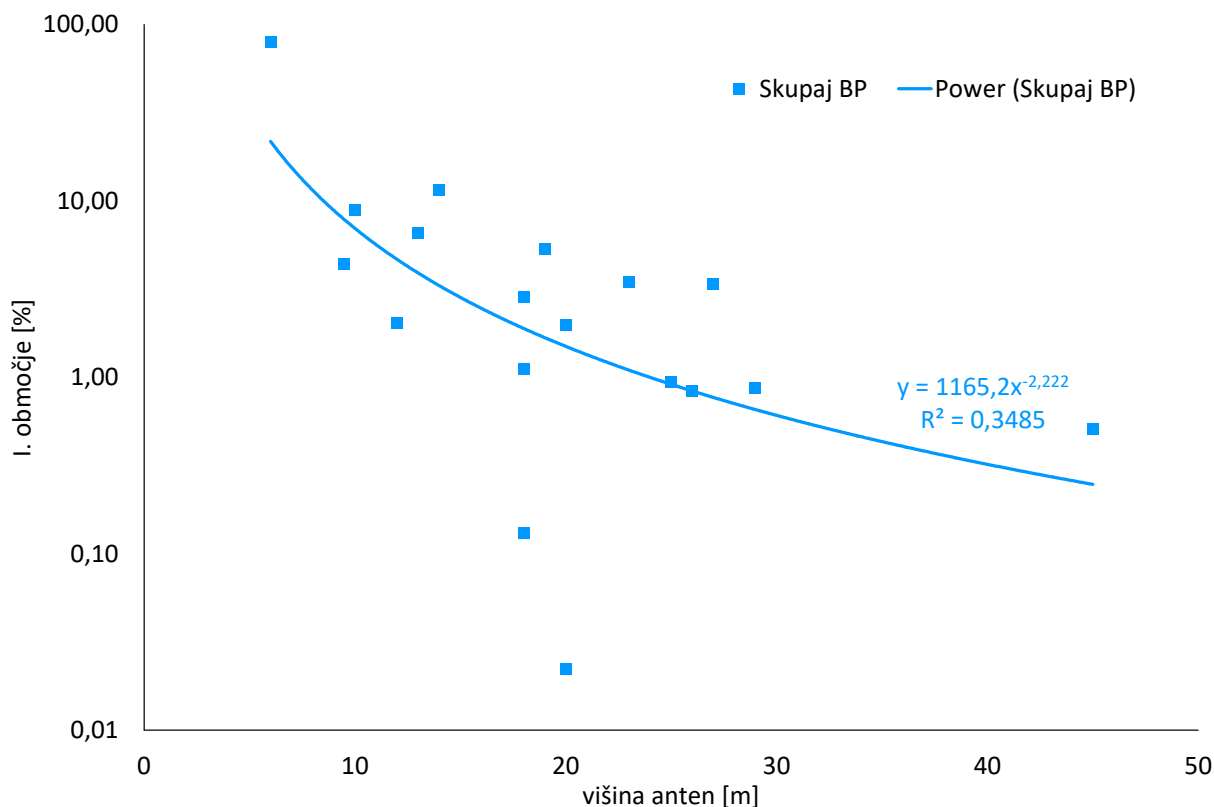
merilno mesto	FM radio	DAB radio	zveze	DVB-T	800	GSM-R	900	1800	2100	WiFi	2600	SKUPAJ
1	0,064	0,017	0,012	0,020	0,549	0,090	1,547	0,898	0,519	0,018	0,022	1,95
2	0,022	0,015	0,013	0,025	0,040	0,004	1,813	0,384	0,230	0,017	0,021	1,87
3	0,047	0,017	0,019	0,048	2,071	0,003	1,560	0,040	0,016	0,020	0,022	2,59
4	0,016	0,016	0,013	0,023	0,836	0,005	0,820	0,026	0,018	0,067	0,022	1,17
5	0,043	0,015	0,012	0,035	1,809	0,003	2,714	0,019	0,015	0,095	0,021	3,26
6	0,037	0,035	0,029	0,044	2,861	0,103	3,011	1,462	0,029	0,041	0,051	4,41
7	0,113	0,015	0,112	0,025	0,681	0,058	0,992	0,730	0,284	0,017	0,021	1,45
8	0,075	0,032	0,026	0,043	1,127	0,018	3,670	0,717	0,024	0,036	0,045	3,91
9	0,137	0,033	0,027	0,047	0,416	0,039	0,917	3,725	1,432	0,088	0,040	4,12
10	0,077	0,026	0,020	0,023	1,796	0,089	1,134	0,868	0,803	0,035	0,283	2,45
11	0,057	0,016	0,018	0,026	0,255	0,049	1,246	1,749	0,728	0,043	0,021	2,28
12	0,031	0,020	0,021	0,027	0,209	0,018	1,702	0,883	1,787	0,044	0,028	2,63
13	0,071	0,016	0,059	0,028	0,130	0,038	0,813	0,590	1,084	0,038	0,021	1,49
14	0,022	0,019	0,013	0,020	0,113	0,003	0,131	0,054	0,037	0,017	0,022	0,19
15	0,023	0,015	0,013	0,045	0,455	0,044	0,585	0,599	0,435	0,017	0,022	1,05
16	0,044	0,016	0,016	0,035	0,268	0,034	0,276	0,320	0,070	0,017	0,022	0,51
17	0,157	0,153	0,123	0,177	6,150	0,459	8,758	2,656	4,886	0,184	0,226	12,08
18	0,193	0,062	0,016	0,073	0,163	0,145	0,848	1,072	0,570	0,018	0,023	1,51
19	0,025	0,016	0,014	0,020	2,120	0,033	0,703	0,254	0,488	0,018	0,023	2,30
20	7,302	0,083	0,209	0,950	0,835	0,017	1,262	0,059	0,062	0,102	0,122	7,52
21	13,400	5,550	0,086	1,357	1,583	0,146	1,735	1,418	3,742	0,122	0,154	15,29
22	24,530	0,265	0,322	2,196	0,685	0,051	0,803	1,244	0,217	0,342	0,410	24,69
23	5,425	1,130	1,649	1,020	0,104	0,050	0,190	0,110	0,079	0,044	0,055	5,88
24	1,391	0,038	1,164	1,133	3,787	0,201	2,706	1,783	0,049	0,039	0,049	5,43
25	3,018	0,016	0,012	0,038	0,563	0,121	1,004	1,247	0,092	0,017	0,021	3,47
26	11,060	0,044	0,037	0,611	0,780	0,085	0,798	0,713	0,033	0,049	0,063	11,16
27	1,242	0,015	0,012	0,311	0,014	0,010	0,025	0,029	0,022	0,018	0,021	1,28
28	9,725	0,084	0,069	0,461	1,867	0,258	2,296	1,917	0,063	0,095	0,121	10,36
29	0,133	0,016	0,038	0,762	0,077	0,004	1,406	0,935	1,200	0,017	0,021	2,21
30	0,042	0,019	0,012	0,380	0,781	0,042	1,382	0,634	0,284	0,016	0,021	1,78
31	3,338	0,014	0,013	0,028	0,628	0,039	0,531	1,638	0,011	0,016	0,021	3,81
32	4,801	0,016	0,024	0,027	0,146	0,026	0,734	0,438	0,213	0,017	0,020	4,88
33	0,170	0,015	0,013	0,199	0,348	0,021	0,447	0,299	0,066	0,017	0,022	0,70
34	12,670	0,056	0,209	1,135	0,405	0,016	0,823	0,065	0,044	0,065	0,082	12,76
35										26,000		26,00
36										7,100		7,10
37										3,900		3,90
38										2,500		2,50
39										1,200		1,20
40										0,500		0,50

T 8: Sevalne obremenitve v % mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

merilno mesto	FM radio	DAB radio	zveze	DVB-T	800	GSM-R	900	1800	2100	WiFi	2600	SKUPAJ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,4	0,2	0,1	0,0	0,0	2
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1
5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7
6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	5,3	0,6	0,0	0,0	0,0	12
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	1
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	7,9	0,2	0,0	0,0	0,0	9
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,5	4,2	0,6	0,0	0,0	5
10	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,8	0,2	0,2	0,0	0,0	3
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,1	0,0	0,0	2
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,2	0,9	0,0	0,0	3
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0	1
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	1
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	0,1	44,8	2,1	6,6	0,0	0,0	80
18	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	1
19	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	3
20	72,1	0,0	0,1	1,0	0,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	75
21	242,8	41,6	0,0	2,1	1,7	0,0	1,8	0,6	3,9	0,0	0,0	295
22	813,6	0,1	0,1	5,6	0,3	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	821
23	39,8	1,7	3,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46
24	2,6	0,0	1,8	1,5	9,8	0,0	4,3	1,0	0,0	0,0	0,0	21
25	12,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	14
26	165,4	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	167
27	2,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
28	127,9	0,0	0,0	0,2	2,4	0,0	3,1	1,1	0,0	0,0	0,0	135
29	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,2	0,3	0,4	0,0	0,0	3
30	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	2
31	15,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	16
32	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	32
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0
34	217,0	0,0	0,1	1,5	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	219
35										187,3		187
36										14,0		14
37										4,2		4
38										1,7		2
39										0,4		0
40										0,1		0



S 4: Prikaz odvisnosti izmerjenih sevalnih obremenitev od oddaljenosti za bazne postaje in za RTV oddajnike skupaj s prikazom trendov.



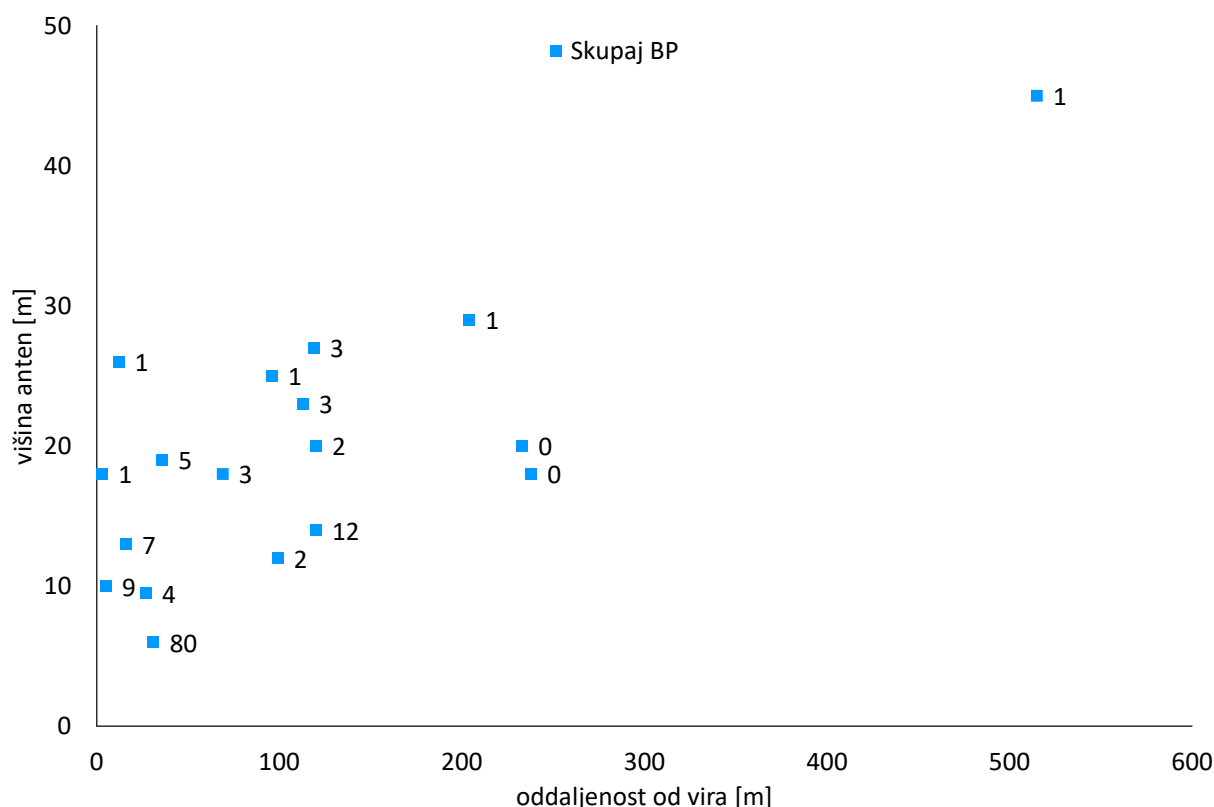
S 5: Prikaz odvisnosti izmerjenih sevalnih obremenitev od višine anten za bazne postaje skupaj s prikazom trendov.

V splošnem z oddaljenostjo od vira VF EMS tako električno polje kot tudi sevalne obremenitve upadajo. Delno tovrstno upadanje sevalnih obremenitev z razdaljo nakazuje tudi analiza 40 meritev v okolici različnih tipov virov (bazna postaja, RTV oddajnik, WiFi usmerjevalnik). Kakor je razvidno iz slik S 4 in S 5, pa še posebej v bližini vira (tudi do nekaj 100 m od vira) ni vedno tako

in razdalja od vira ni vedno najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na velikost sevalnih obremenitev. Da povezava z oddaljenostjo ni izrazita, kaže tudi nizka vrednost koeficienta R^2 na sliki S 4, ki podaja ujemanje trenda, predstavljenega na sliki s krivuljo, z izmerjenimi vrednostmi, prikazanimi na sliki s točkami. Vrednost koeficienta 1 bi pomenila popolno ujemanje trenda z izmerjenimi vrednostmi, vrednost koeficienta 0,17 pa kaže na šibko ujemanje. Sevalne obremenitve v okolici vira so odvisne tudi in za nekatere tipe vira celo predvsem od višine anten nad tlemi oziroma od razlike v višini anten in višini merilnega mesta ter od karakteristike anten in njene usmeritve. Še posebej je višina anten in usmerjenost anten pomembna pri tistih virih, ki imajo usmerjene oddajne antene. To so predvsem bazne postaje, deloma pa tudi večji DVB-T oddajniki, medtem ko so antene FM virov znatno manj usmerjene.

Iz slike S 5, kjer je prikazana odvisnost izmerjenih sevalnih obremenitev od višine anten za bazne postaje je razvidno, da je trend nižanja sevalnih obremenitev z naraščanjem višine anten izrazitejši kot zaradi oddaljenosti, kar kaže tudi višja vrednost koeficienta R^2 , ki znaša 0,34. To pomeni, da obstajajo manjša odstopanja izmerjenih vrednosti od trenda, na sliki S 5 prikazanega s krivuljo.

V skupini RTV oddajnikov so mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji lahko presežene. Najvišje sevalne obremenitve povzročajo FM oddajniki, medtem ko DVB-T oddajniki povzročajo znatno nižje sevalne obremenitve. Znatno višje sevalne obremenitve FM oddajnikov v primerjavi z DVB-T oddajniki so predvsem posledica slabše usmerjenosti FM anten od DVB-T anten, deloma pa tudi najnižjih mejnih vrednosti v frekvenčnem območju delovanja FM oddajnikov, kjer mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji znašajo 8,6 V/m, v območju delovanja DVB-T oddajnikov pa znašajo med 9,32 in 12,09 V/m.



S 6: Prikaz odvisnosti izmerjenih sevalnih obremenitev od višine anten in oddaljenosti od vira za bazne postaje. Številke predstavljajo sevalne obremenitve v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

V skupini baznih postaj so sevalne obremenitve v splošnem nizke. V posameznih primerih pa lahko dosežejo ali celo presežejo mejne vrednosti. Visoke sevalne obremenitve se pojavijo v primerih, ko so antene baznih postaj nameščene zelo nizko oziroma tako, da imajo ljudje dostop v območje, ki je blizu višinam anten ali celo neposredno v okolico samih anten (slika S 6).

5 Kriteriji za oblikovanje »h_ex« skupine

V skupino posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami (h_ex) bo v študiji vključenih 10 prostovoljcev, v kontrolni skupini pa 5 prostovoljcev. Glede na analizo izvedenih meritev bodo kriteriji za oblikovanje skupine posameznikov s povišanimi sevalnimi obremenitvami naslednji:

- WiFi usmerjevalnik lahko sicer v svoji neposredni bližini povzroča znatne sevalne obremenitve, vendar je to območje omejeno na minimalno območje tik ob napravi. Že na oddaljenosti 1 m so sevalne obremenitve znatno nižje od 1 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Tudi v primeru, da se znotraj stanovanjskega bloka nahaja več WiFi usmerjevalnikov ali znotraj ene bivalne enote dva usmerjevalnika, je možnost, da bo posameznik povprečno znatno izpostavljen sevanju WiFi usmerjevalnikov, minimalna. Zato bližina WiFi usmerjevalnika ne bo pogoj za oblikovanje skupine posameznikov s povišanimi sevalnimi obremenitvami;
- v bližini RTV oddajnikov se sevalne obremenitve manjšajo z oddaljenostjo, razlika v višini anten in višini bivališča je tudi pomembna, a ne tako zelo kot pri baznih postajah, saj so antene DVB-T in še posebej FM oddajnikov manj usmerjene kot antene baznih postaj. V skupino posameznikov s povišanimi sevalnimi obremenitvami bomo vključili tiste posameznike, ki bivajo do oddaljenosti 150 m od RTV oddajnika,
- v bližini baznih postaj so sevalne obremenitve znatno odvisne od razlike v višini anten in mestom opazovanja, zato je poleg oddaljenosti pomembno upoštevati tudi to višinsko razliko. Če je razlika v višini anten in višini stalnega prebivališča manj kot 20 m, potem bodo v skupino posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami sodili tisti posamezniki, ki bivajo do 150 m od bazne postaje, če pa znaša razlika v višini anten in višini stalnega prebivališča več kot 20 m, bodo v skupino posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami sodili tisti posamezniki, ki bivajo do 50 m od bazne postaje.

6 Izbor posameznikov



6.1 Povabilo za sodelovanje

S povabilom na spletni strani INIS ter Forum EMS smo v obdobju med 1. 6. in 31. 10. 2018 zbirali prostovoljce za sodelovanje v raziskavi. Posebej so bili vabljeni tisti posamezniki, ki bivajo v bližini virov VF EMS, kot so bazne postaje, radijski oddajniki, televizijski oddajniki in podobno. Skupno se je na povabilo odzvalo 25 posameznikov.

6.2 Pregled prijav

Vsem prijavljenim je bil poslan kratek vprašalnik in obrazec s soglasjem za sodelovanje v raziskavi. V vprašalniku smo želeli pridobiti osnovne informacije o sodelujočem, kot so ime in priimek, naslov, starost ter tudi osnovne podatke o virih elektromagnetnih sevanj v bližini. Podatki so bili pregledani in glede na naslov stalnega bivališča so bile na podlagi podatkov o virih visokofrekvenčnih virov v okolju (<http://www.inis.si/index.php?id=347>) določene oddaljenosti posameznikov do najbližjih virov VF EMS.

6.3 Razdelitev v skupine

Na podlagi predhodnih kriterijev za oblikovanje skupine posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami, je bilo v to skupino izbranih 10 kandidatov, od katerih:

- 3 otroci živijo v bližini FM oddajnika,
- 1 otrok živi v bližini radioamaterske postaje,
- 6 otrok živi v bližini bazne postaje mobilne telefonije,
- spalnice najmanj 3 otrok, ki živijo v bližini bazne postaje, se nahaja v višini anten bazne postaje,
- oddaljenosti otrok od vira visokofrekvenčnih sevanj so med 20 in 150 m,
- 5 otrok živi v mestu,
- 5 otrok živi na podeželju,
- starost otrok je med 8 in 15 let.

V kontrolni skupino je razvrščenih 5 otrok s primerljivo razporeditvijo starosti in stalnega prebivališča kot v skupini posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami.

7 Potek meritev

Izvajanje trajnih meritev osebne izpostavljenosti bo potekalo tako, da bo vsak sodelujoči najmanj 2 dni pri sebi nosil osebni dozimeter, ki meri VF EMS. Izvajanje meritev se bo začelo in zaključilo z obiskom strokovnega osebja izvajalca pri posamezniku.

7.1 1. obisk

Prvi obisk je namenjen temu, da se staršem in otroku predstavi namen študije in potek izvajanja meritev ter da se podajo ustrezna navodila za izvajanje. Obenem se tudi na terenu preverijo dejanske oddaljenosti do virov visokofrekvenčnih EMS v bližini.

V navodilih se poudari, da sodelujoči ves čas vse elektronske naprave, tudi mobilne telefone, uporabljajo tako, kot jih tudi sicer.

Podajo se informacije o tem, kaj meri osebni dozimeter, kje se ga nosi in kako se z njim ravna. Prav tako se predstavi delovanja GPS naprave. Podajo se tudi ustrezna navodila, kako z napravami ravnati ponoči (polnjenje GPS, osebni dozimeter ob postelji) in v šoli (na mizi ali v torbi).

Staršem in otrokom se predstavi pomen izpolnjevanja dnevnika in se jim poda navodila, kako se dnevnik izpolnjuje. Dnevnik je namenjen temu, da se beleži dnevne aktivnosti sodelujočih, in sicer se aktivnosti delijo v naslednje skupine:

- DOMA (vse razen spanja),
- V ŠOLI (pouk, druge šolske dejavnosti),
- NA POTI (peš avto, avtobus, vlak, kolo),
- NA PROSTEM,
- RAZNO,
- SPANJE.

7.2 2. obisk

Drugi obisk je namenjen temu, da se prevzame merilne naprave ter skupaj s starši in otroci izpolni vprašalnik o poteku meritev in drugih podatkih, ki bodo uporabljeni za nadaljnjo obdelavo.

8 Priprava vprašalnika

Vprašalnik bo namenjen pridobivanju podatkov o poteku trajnih meritev osebne izpostavljenosti ter drugih podatkov, ki bi lahko bili pomembni pri nadaljnji analizi izpostavljenosti sodelujočih.

Vprašalnik bo razdeljen na več sklopov:

- osebni podatki:
 - ime in priimek,
 - prebivališče,
 - datum rojstva;
- podatki o prebivališču:
 - naslov prebivališča,
 - tip okolja: veliko mesto, mesto, kraj, vas, podeželje,
 - mikrotip: strogi center, center, obrobje, izven
 - tip objekta: samostojna hiša, dvojček, vrstna hiša, stanovanjski blok < 20 stanovanj, stanovanjski blok >20 stanovanj,
 - prevladujoč gradbeni material za nosilno konstrukcijo: opeka, les, železobetonski,
 - tip strešne kritine: kovinska, nekovinska,
 - tip fasade: kovinska, nekovinska,
 - število ljudi, ki živi v skupnem gospodinjstvu,
 - skupno število nadstropij objekta,
 - nadstropje, kjer je otroška spalnica;
- podatki o napravah doma:
 - WiFi usmerjevalnik: ali je nameščen v prebivališču, mesto namestitve, kaj je ponoči z WiFi usmerjevalnikom (vključen, izključen),
 - stacionarni telefon: če da, tudi število in trajanje klicev,
 - brezvrvični telefon: če da, tudi število in trajanje klicev,
 - računalnik: če da, tudi način priključitve v mrežo ter trajanje dnevne uporabe,
 - prenosni računalnik: če da, tudi način priključitve v mrežo in trajanje dnevne uporabe,
 - tablica: če da, tudi način priključitve v mrežo in trajanje dnevne uporabe,
 - druge naprave, ki uporabljajo WiFi: če da, tudi trajanje dnevne uporabe,
 - televizijski sprejemnik,
 - mikrovalovna pečica;
- podatki o uporabi mobilnega telefona:
 - znamka in model mobilnega telefona,
 - povprečno dnevno število klicev, SMS in MMS, sporočil preko aplikacij za komuniciranje (WhatsApp, Viber, iMessage...), trajanje klicev,
 - način opravljanja klicev: ob ušesu, žična slušalka, bluetooth, zvočnik,
 - uporaba internetne telefonije (Skype, Viber): trajanje in število klicev,
 - trajanje rabe interneta na dan: (WhatsApp, google, facebook, youtube, internetne aplikacije, novice na spletu, splošno brskanje po internetu...),
 - delež podatkovne povezave: WiFi - prenosa podatkov,
 - koliko časa dnevno je vključena podatkovna povezava (WiFi ali prenos podatkov),
 - kako pogosto se mobilni telefon uporablja za pregledovanje e-pošte,
 - ali uporabljate storitev, ki vas opozori na novo sporočilo (push mail) in če da, za koliko aplikacij,
 - kaj storite ponoči z mobilnim telefonom (v spalnici vključen, v drugi sobi vključen, v letalskem načinu, izključen),
 - kje telefon nosite čez dan: v torbici/nahrbtniku, v hlačnem žepu, v žepu jakne,
 - kakšna so pravila o uporabi mobilnega telefona v vaši šoli;
- podatki o poteku trajnih meritev:
 - začetek in konec trajnih meritev,
 - podatek o tem, ali so med izvajanjem trajnih meritev spali doma ali kje drugje,
 - podatek o tem, ali so med izvajanjem meritev obiskovali šolo, in če da, naslov šole,



- podatki o uporabi mobilnega telefona in drugih naprav posebej za čas trajnih meritev.

9 Zaključek

Izvedene meritve visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj so omogočile analizo pregleda izpostavljenosti in postavitev kriterijev za oblikovanje skupine posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami. V to skupino bodo izbrani tisti sodelujoči v raziskavi, kjer so pričakovane višje sevalne obremenitve. V skupino bodo vključeni tisti, ki:

- ki bivajo do oddaljenosti 150 m od RTV oddajnika,
- ki bivajo do 50 m od bazne postaje,
- ki bivajo do 150 m od bazne postaje, če znaša razlika v višini anten in višini stalnega prebivališča manj kot 20 m.

Na podlagi predhodno določenih kriterijev je bila oblikovana skupina konkretnih posameznikov, ki so se odzvali na naše javno povabilo za sodelovanje v raziskavi in izpolnjujejo zahteve za uvrstitev v skupino posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami. V teh skupini od 10 kandidatov:

- 3 otroci živijo v bližini FM oddajnika,
- 1 otrok živi v bližini radioamaterske postaje,
- 6 otrok živi v bližini bazne postaje mobilne telefonije,
- spalnice najmanj 3 otrok, ki živijo v bližini bazne postaje, se nahaja v višini anten bazne postaje,
- oddaljenosti otrok od vira visokofrekvenčnih sevanj so med 20 in 150 m,
- 5 otrok živi v mestu,
- 5 otrok živi na podeželju,
- starost otrok je med 8 in 15 let.

V kontrolni skupino je razvrščenih 5 otrok s primerljivo razporeditvijo starosti in stalnega prebivališča kot v skupini posameznikov s povišanimi sevalnim obremenitvami.

Prav tako je bil pripravljen vprašalnik, ki bo služil za zbiranje informacij o posameznikih, ki bodo sodelovali v raziskavi. Podatki, pridobljeni z vprašalnikom, bodo služili za nadaljnjo analizo izmerjenih podatkov, tako z vidika preverjanja izmerjenih vrednosti kot tudi z vidika statistične analize rezultatov.

10 Literatura

- [1] Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/1996.
- [2] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74: 494-522, 1998.
- [3] SIST EN 50492:2009 – Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj.
- [4] Gajšek P, Valič B, Trček T. Meritve izpostavljenosti visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem brezžičnih sistemov v različnih mikrookoljih v Sloveniji. Inštitut za neionizirna sevanja, 2017.