



Poročilo o meritvah / Test report

Št. / No.

19-082-M-Arn

Datum / Date

04. 04. 2019

Zadeva / Subject	Pooblastilo / Authorization
Meritve visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (EMS)	Ministrstvo za okolje in prostor 35459-1/2014-2
Vir / Source	Listov / Pages
WiFi dostopna točka in WiFi klienti	10
Lokacija in koordinate / Location and coordinates	Opomba / Remark
Arnes Tehnološki park 18, Ljubljana, 1000 Ljubljana	
Naročnik / Ordered by	Vplivi okolja / Env. Impact
Arnes Tehnološki park 18, Ljubljana, 1000 Ljubljana	Niso prisotni.
Standardi / Standards	Metoda / Method
IEEE Std C95.3: 1991, SIST EN 50492: 2009, SIST EN 61566: 1999	<input checked="" type="checkbox"/> meritve <input type="checkbox"/> računski postopek
Vplivno območje vira / Location classification	Datum in kraj / Date & Place
<input checked="" type="checkbox"/> I. vplivno območje <input type="checkbox"/> II. vplivno območje <input type="checkbox"/> delovno okolje <input type="checkbox"/> obstoječi vir <input checked="" type="checkbox"/> nov vir <input type="checkbox"/> rekonstrukcija <input type="checkbox"/> drugi viri na lokaciji	Ljubljana, 01. 04.2019

Povzetek / Summary

Iz rezultatov meritev je razvidno, da so maksimalne kot tudi povprečne vrednosti električne jakosti polja kot posledica delovanja Wi-Fi dostopne točke presežene samo neposredno ob napravi do razdalje 20 cm. Na vseh ostalih merilnih mestih so maksimalne kot tudi povprečne vrednosti električne jakosti polja pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj za I. območje varstva pred sevanji. Na človeku dostopnih lokacijah na razdalji 100 cm ali več pa vrednosti električne jakosti polja v najbolj neugodnem primeru dosežajo le nekaj odstotkov mejne vrednosti.

Poročilo izdelal / Report preparation

dr. Blaž Valič univ. dipl. inž. el.




Odgovorna oseba / Responsible Authority

doc.dr. Peter Gajšek univ. dipl. inž. el.



1. Uvod

Meritve elektromagnetnih sevanj (EMS) zaradi WiFi dostopne točke Fortinet FortiAP 221E z vgrajenimi oddajnimi antenami in Fortinet FortiAP 223E z zunanjo anteno Mars MA-WC2458 smo opravili v ožjem vplivnem območju obeh naprav na človeku dostopnih mestih.

2. Merilne metode in merilna oprema

Meritve so bile osredotočene na določitev maksimalnih in povprečnih vrednosti električne jakosti polja (v V/m) na človeku dostopnih mestih na različnih oddaljenostih od dostopne točke WiFi, kjer so pričakovane vrednosti polja največje. Maksimalne vrednosti električne jakosti polja so najvišje vrednosti, ki jih zaradi delovanja dostopne točke WiFi izmerimo na posameznem merilnem mestu. Povprečne vrednosti električne poljske jakosti so tiste vrednosti, ki so na posameznem merilnem mestu povprečene v daljšem časovnem obdobju, običajno, skladno z zakonodajo, v intervalu 6 minut.

Pri izboru merilnih mest smo upoštevali določila Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja (UI RS 70/96) in druge pomembne kriterije, kot so oddajna moč in frekvenca, usmerjenost antene, sevalni diagram antene, namembnost in dostopnost lokacije človeku, območje varstva pred EMS in drugi pomembni viri EMS. Merilni postopek je podrobneje določen v internem dokumentu V4001. Merilna negotovost

Pri določanju razširjene merilne negotovosti, ki vpliva na točnost meritev, smo upoštevali vse pomembne vplivne veličine. Merilna negotovost uporabljene merilne opreme je podana v T 1.

T 1: 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 in MI 08-006	Spektralni analizator Narda SRM 3006 in 3D antena Narda 3502	07.09.2016	07.09.2020	±2,6 dB

- Razširjena merilna negotovost velja za frekvenčno območje 2,4 GHz in 5 GHz, kjer delujejo WiFi naprave.

3. Predstavitev vira

Vir elektromagnetnih sevanj predstavlja WiFi dostopna točka in WiFi klienti. Meritve so bile izvedene za dve dostopni točki:

- Fortinet FortiAP 221E z vgrajenimi oddajnimi antenami,
- Fortinet FortiAP 223E z zunanjo anteno Mars MA-WC2458.

WiFi dostopna točka deluje pri frekvencah:

- 2,400 do 2,4835 GHz,
- 5,150 do 5,250 GHz,
- 5,250 do 5,350 GHz,
- 5,470 do 5,725 GHz,
- 5,725 do 5,850 GHz.

Oddajna moč WiFi dostopne točke je pri 2,4 GHz frekvencah 0,20 W, pri 5 GHz frekvencah pa 0,25 W za frekvenčni območji 5,150 do 5,250 GHz in 5,250 do 5,350 GHz ter 1 W za frekvenčni območji 5,470 do 5,725 GHz in 5,725 do 5,850 GHz.

4. Rezultati meritev

Datum in čas: 29. 03. 2019, 10.00 – 15.10.

Temperatura zraka v času meritev: 22°C.

Relativna vlažnost v času meritev: 50 %.



S 1: Meritve WiFi dostopne točke Fortinet FortiAP 221E.

T 2: Seznam merilnih mest.

Merilno mesto	Opis merilnega mesta
1	1 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
2	20 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
3	40 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
4	60 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
5	80 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
6	100 cm od WiFi dostopne točke oziroma antene
7	sredi prostora na višini 100 cm nad tlemi

Meritve na merilnih mestih 1-6 so bile za WiFi dostopno točko Fortinet FortiAP 221E, ki je bila nameščena na stropu prostora, izvedene pod WiFi dostopno točko na različnih oddaljenostih, kakor je označeno v tabeli T 3. Za WiFi dostopno točko Fortinet FortiAP 223E z zunanjo anteno Mars MA-WC2458, ki je bila postavljena na mizo, so bile meritve izvedene pred anteno WiFi dostopne točke na različnih oddaljenostih, kakor je označeno v tabeli T 3.

Merilno mesto 7 se je nahajalo v sredini prostora.

Meritve so bile izvedene za frekvenčno območje 2,4 GHz in za frekvenčno območje 5 GHz, kjer so bile meritve zaradi različnih oddajnih moči izvedene ločeno za delovanje v frekvenčnih območjih 5,150 do 5,250 GHz in 5,250 do 5.350 GHz (označeno z **<5,5 GHz**) ter v frekvenčnih območjih 5,470 do 5,725 GHz in 5,725 do 5,850 GHz (označeno z **>5,5 GHz**).



S 2: Meritve WiFi dostopne točke Fortinet FortiAP 223E z zunanjo anteno Mars MA-WC2458.

T 3: Seznam merjenih scenarijev.

Opis scenarija						Meritev						
	Dostopna točka	Moč [%]	f ₁ [GHz]	f ₂ [GHz]	Obremenitev	1	2	3	4	5	6	7
A	221	100	2,4	>5,5	neobremenjen	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7
B	221	100	2,4	>5,5	30 klientov v prostoru	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7
C	221	100	2,4	>5,5	30 klientov izven prostora	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7
D	221	100	2,4	<5,5	30 klientov izven prostora	D.1	D.2	D.3	D.4	D.5	D.6	D.7
E	223	100	2,4	<5,5	30 klientov izven prostora	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	
F	223	100	2,4	<5,5	8 klientov izven prostora						F.6	

T 4: Dodatni posebni scenariji.

	Dostopna točka	Moč [%]	f ₁ [GHz]	f ₂ [GHz]	Obremenitev	Opis merilnega mesta
G	221	100	2,4	>5,5	8 klientov izven prostora	15 cm od WiFi dostopne točke
H	221	30	2,4	>5,5	8 klientov izven prostora	1 cm od WiFi dostopne točke
I	221	20	2,4	>5,5	8 klientov izven prostora	1 cm od WiFi dostopne točke

T 5: Uporabljeni standardi za meritve.

Zap. številka	Številka standarda	Ime standarda
I.	IEEE Std C95.3: 1991	IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields - RF and Microwave
II	SIST EN 61566: 1999	Measurement of exposure to radio-frequency electromagnetic fields - Field strength in the frequency range 100 kHz to 1 GHz (IEC 61566:1997)
III.	SIST EN 50492: 2009	Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj

4.1. Rezultati

Rezultati meritev so podani v T 6 do T 8. V T 6 so podane maksimalne vrednosti električne jakosti polja za oba tipa dostopnih točk na posameznem merilnem mestu, v T 7 pa za dodatne posebne scenarije. Maksimalne vrednosti predstavljajo najneugodnejše razmere, ki bi nastale v primeru, da dostopna točka neprekinjeno oddaja. V T 8 so podane povprečne vrednosti električne jakosti polja, ki predstavljajo dejanske izpostavljenosti za različne merjene scenarije.

T 6: Maksimalne vrednosti električne jakosti polja na posameznih merilnih mestih za različna frekvenčna območja in različne dostopne točke.

Vir	Merilno mesto	1	2	3	4	5	6	7
	f [GHz]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]	E_{max} [V/m]
FortiAP 221E	2,4	34,25	13,25	10,14	5,34	4,28	3,07	2,18
	<5,5	11,59	3,12	2,47	1,61	1,62	1,41	0,68
	>5,5	41,42	13,04	7,17	5,76	4,65	4,21	2,43
FortiAP 223E	2,4	11,21	6,52	3,84	2,40	2,08	1,22	/
	<5,5	7,59	8,42	4,60	2,39	2,00	1,33	/

- Meritve so bile izvedene z merilno opremo iz T 1 ter po standardih iz T 5.
- Meritve so bile izvedene ločeno za delovanje dostopne točke v območjih 5,150-5,250 GHz in 5,250-5,350 GHz (<5,5) ter v območjih 5,470-5,725 GHz in 5,725-5,850 GHz (>5,5).

T 7: Maksimalne vrednosti električne jakosti polja na posameznih merilnih mestih za meritve dodatnih posebnih scenarijev.

Scenarij	E_{max} [V/m]	
f [GHz]	2,4	>5,5
G	13,96	17,02
H	22,60	19,86
I	14,15	22,13

- Meritve so bile izvedene z merilno opremo iz T 1 ter po vseh standardih iz T 5.

T 8: Povprečne vrednosti električne jakosti polja na posameznih merilnih mestih za različne scenarije.

Scenarij	Merilno mesto	1	2	3	4	5	6	7
	f [GHz]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]	E_{pov} [V/m]
A	2,4	2,53	1,15	0,41	0,81	0,40	0,28	/
	>5,5	1,07	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09	/
B	2,4	9,80	3,42	2,06	2,36	1,70	0,79	0,67
	>5,5	17,8	5,22	2,89	0,88	2,02	1,34	1,14
C	2,4	11,42	4,81	2,55	2,05	1,26	0,88	0,68
	>5,5	14,57	5,42	2,75	2,67	2,04	1,74	1,35
D	2,4	13,03	6,20	2,80	2,41	1,59	1,12	0,87
	<5,5	4,05	1,67	1,34	1,31	1,30	0,91	0,30
E	2,4	3,63	1,62	1,46	0,80	0,54	0,29	/
	<5,5	3,35	3,07	1,82	1,26	1,11	0,88	/
F	2,4	/	/	/	/	/	0,40	/
	<5,5	/	/	/	/	/	0,92	/
G	2,4	4,39	/	/	/	/	/	/
	>5,5	5,68	/	/	/	/	/	/
H	2,4	8,02	/	/	/	/	/	/
	>5,5	6,52	/	/	/	/	/	/
I	2,4	4,02	/	/	/	/	/	/
	>5,5	9,94	/	/	/	/	/	/

- Meritve so bile izvedene z merilno opremo iz T 1 ter po vseh standardih iz T 5.
- Meritve so bile izvedene ločeno za delovanje dostopne točke v območjih 5,150-5,250 GHz in 5,250-5,350 GHz (<5,5) ter v območjih 5,470-5,725 GHz in 5,725-5,850 GHz (>5,5).

5. Skladnost z mejnimi vrednostmi

Mejne vrednosti izpostavljenosti EMS so določene v Uredbi o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96), kjer je prav tako opredeljeno, katera območja sodijo v I. območje varstva pred sevanji in katera v II. območje.

T 9: Mejne vrednosti za posamezno frekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

Frekvenčno območje [MHz]	mejna vrednost električne jakosti polja [V/m]		mejna vrednost gostote pretoka moči [W/m ²]	
	I.območje	II.območje	I.območje	II.območje
87 – 108 (FM)	8,60	27,50	0,20	2,00
174 – 230 (VHF)	8,60	27,50	0,20	2,00
380 – 470 (Zveze)	8,60-9,32	27,50-29,70	0,20-0,24	2,00-2,35
470 – 790 (UHF)	9,32-12,09	29,70-38,51	0,24-0,40	2,35-3,95
790 – 862 (800 MHz)	12,09-12,62	38,51-40,22	0,40-0,43	3,95-4,31
920 – 925 (GSM-R)	13,04-13,08	41,55-41,67	0,46	4,60-4,63
925 – 960 (900 MHz)	13,08-13,32	41,67-42,45	0,46-0,48	4,63-4,80
1805 – 1880 (1800 MHz)	18,27-18,64	58,20-59,40	0,90-0,94	9,03-9,40
1880 – 1900 (DECT)	18,64-18,74	59,40-59,72	0,94-0,95	9,40-9,50
2110 – 2170 (2100 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
2400 – 2484 (WiFi)	19,00	61,40	1,00	10,00
2620 – 2690 (2600 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
5150 – 5875 (WiFi 5G)	19,00	61,40	1,00	10,00

Za ugotavljanje skladnosti z mejnimi vrednostmi podajamo **Indeks izpostavljenosti (EI), ki je za** obravnavani vir podan v T 10 do T 12. **EI** je določen na podlagi mejnih vrednosti iz T 9 in enačb iz Priloge 2 Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

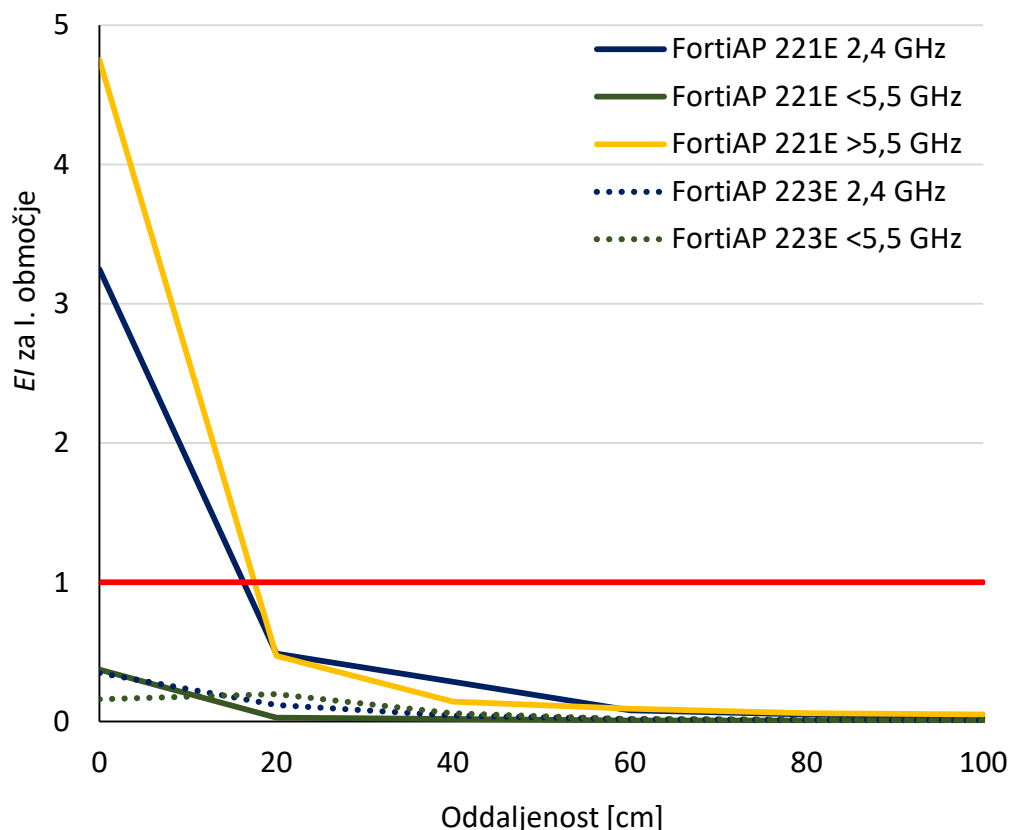
Glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) so sevalne obremenitve čezmerne, če vsota vseh prispevkov na posameznem merilnem mestu ter s tem ustrezen **indeks izpostavljenost presega skupno vrednost 1**.

T 10: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za maksimalne vrednosti na posameznih merilnih mestih za različna frekvenčna območja in različne dostopne točke.

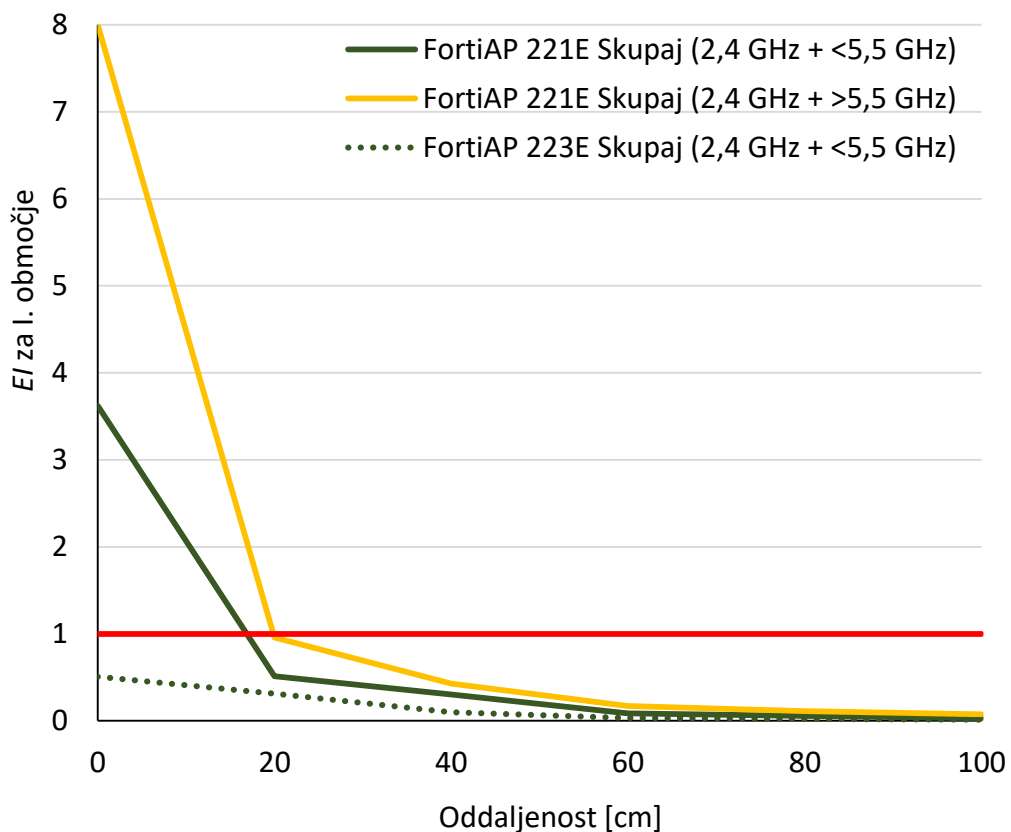
Vir	Merilno mesto	1	2	3	4	5	6	7
	<i>f</i> [GHz]	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje	<i>EI_{max}</i> I. območje
FortiAP 221E	2,4	3,249	0,486	0,285	0,079	0,051	0,026	0,013
	<5,5	0,372	0,027	0,017	0,007	0,007	0,006	0,001
	>5,5	4,752	0,471	0,142	0,092	0,060	0,049	0,016
	Skupaj (2,4 + <5,5)	3,622	0,513	0,302	0,086	0,058	0,032	0,014
	Skupaj (2,4 + >5,5)	8,002	0,957	0,427	0,171	0,111	0,075	0,030
FortiAP 223E	2,4	0,348	0,118	0,041	0,016	0,012	0,007	/
	<5,5	0,160	0,196	0,059	0,016	0,011	0,005	/
	Skupaj (2,4 + <5,5)	0,508	0,314	0,099	0,032	0,023	0,013	/

T 11: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za maksimalne vrednosti za meritve dodatnih posebnih scenarijev.

Scenarij	f [GHz]	EI_{max} I. območje
G	2,4	0,540
	>5,5	0,802
	Skupaj (2,4 + >5,5)	1,342
H	2,4	1,415
	>5,5	1,093
	Skupaj (2,4 + >5,5)	2,507
I	2,4	0,555
	>5,5	1,357
	Skupaj (2,4 + >5,5)	1,911



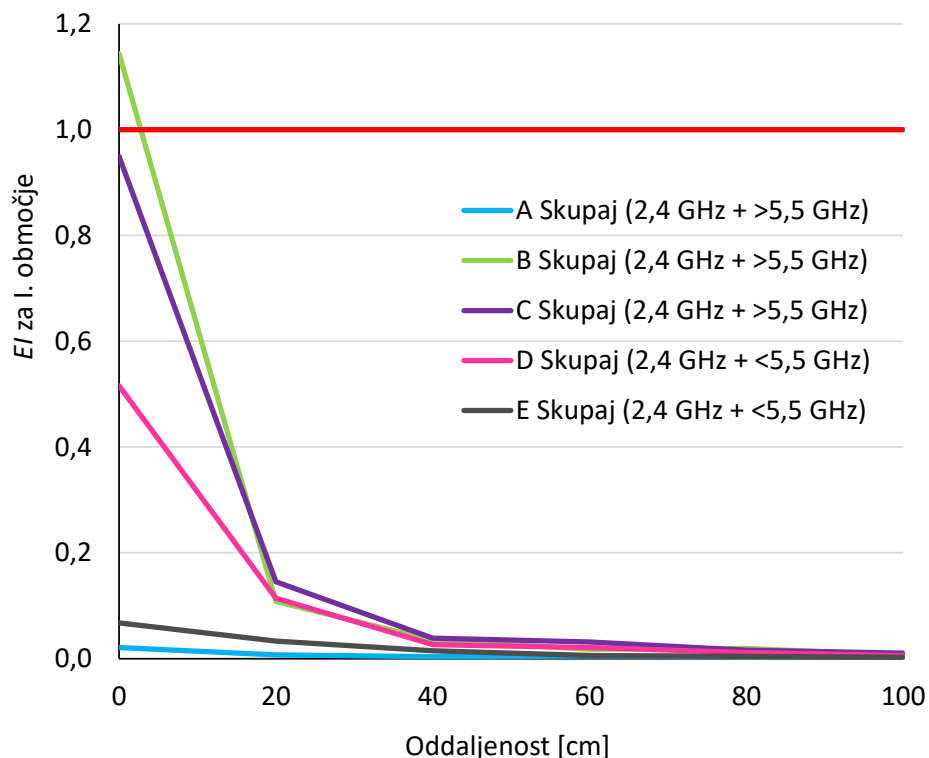
S 3: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za maksimalne vrednosti za različna frekvenčna območja in različne dostopne točke.



S 4: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za maksimalne vrednosti za različna frekvenčna območja in različne dostopne točke.

T 12: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za povprečne vrednosti na posameznih merilnih mestih za različna frekvenčna območja in različne scenarije delovanja dostopne točke.

Scenarij	Merilno mesto f [GHz]	1	2	3	4	5	6	7
		EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje	EI_{pov} I. območje
A	2,4	0,018	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	/
	>5,5	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	/
	Skupaj (2,4 + >5,5)	0,021	0,007	0,004	0,005	0,004	0,004	/
B	2,4	0,266	0,032	0,012	0,015	0,008	0,002	0,001
	>5,5	0,878	0,075	0,023	0,002	0,011	0,005	0,004
	Skupaj (2,4 + >5,5)	1,144	0,108	0,035	0,018	0,019	0,007	0,005
C	2,4	0,361	0,064	0,018	0,012	0,004	0,002	0,001
	>5,5	0,588	0,081	0,021	0,020	0,012	0,008	0,005
	Skupaj (2,4 + >5,5)	0,949	0,145	0,039	0,031	0,016	0,011	0,006
D	2,4	0,470	0,106	0,022	0,016	0,007	0,003	0,002
	<5,5	0,045	0,008	0,005	0,005	0,005	0,002	0,000
	Skupaj (2,4 + <5,5)	0,516	0,114	0,027	0,021	0,012	0,006	0,002
E	2,4	0,037	0,007	0,006	0,002	0,001	0,000	/
	<5,5	0,031	0,026	0,009	0,004	0,003	0,002	/
	Skupaj (2,4 + <5,5)	0,068	0,033	0,015	0,006	0,004	0,002	/
F	2,4	/	/	/	/	/	0,000	/
	<5,5	/	/	/	/	/	0,002	/
	Skupaj (2,4 + <5,5)	/	/	/	/	/	0,003	/
G	2,4	0,053	/	/	/	/	/	/
	>5,5	0,089	/	/	/	/	/	/
	Skupaj (2,4 + >5,5)	0,143	/	/	/	/	/	/
H	2,4	0,178	//	/	/	/	/	/
	>5,5	0,118	/	/	/	/	/	/
	Skupaj (2,4 + >5,5)	0,296	/	/	/	/	/	/
I	2,4	0,045	/	/	/	/	/	/
	>5,5	0,274	/	/	/	/	/	/
	Skupaj (2,4 + >5,5)	0,318	/	/	/	/	/	/



S 5: Indeks izpostavljenosti EI za I. območje varstva pred sevanji za povprečne vrednosti na posameznih merilnih mestih za različne scenarije delovanja dostopne točke

6. Zaključek

Iz rezultatov meritev je razvidno, da indeks izpostavljenosti EI za maksimalne vrednosti polj, ki predstavljajo najneugodnejši primer izpostavljenosti, preseže vrednost 1 samo neposredno ob dostopni točki na oddaljenosti do 20 cm. Na vseh ostalih merilnih mestih je indeks izpostavljenosti EI manjši od 1 kar pomeni, da so izpostavljenosti pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj za I. območje varstva pred sevanji. Najvišja vrednost indeksa izpostavljenosti EI tik ob dostopni točki na razdalji 1 cm znaša 8,002.

Za povprečne vrednosti, ki upoštevajo časovno variabilnost polj in tako podajajo bolj realne izpostavljenosti, je indeks izpostavljenosti EI višji od vrednost 1 samo neposredno ob dostopni točki na oddaljenosti do 20 cm, na vseh ostalih merilnih mestih je vrednost indeksa izpostavljenosti EI manjša od 1, kar pomeni, da so izpostavljenosti pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj za I. območje varstva pred sevanji. Najvišja vrednosti indeksa izpostavljenosti EI tik ob dostopni točki na razdalji 1 cm znaša 1,144, kar je 7 krat manj kot pri maksimalni vrednosti polja.

Na človeku dostopnih lokacijah na razdalji 100 cm ali več pa vrednosti električne jakosti polja v najbolj neugodnem primeru dosežajo le nekaj odstotkov mejne vrednosti.

Indeks izpostavljenosti EI za maksimalne vrednosti se pri različnem številu klientov, ki sočasno dostopajo do dostopne točke Wi-Fi, ne spreminja. Indeks izpostavljenosti EI za povprečne vrednosti je zelo odvisen od števila klientov in podatkovnega prenosa prek dostopne točke. Pri sočasno priključenih 30 klientih na eni dostopni točki na oddaljenosti 1 cm znaša EI za povprečne vrednosti največ 1,144, za isto dostopno točko na isti oddaljenosti, ko pa nanjo klienti niso priključeni, pa znaša EI za povprečne vrednosti 0,021, kar je več kot 50 krat manj kot v primeru obremenjene dostopne točke. Tudi na oddaljenosti 100 cm je EI za povprečne vrednosti neobremenjene dostopne točke bistveno nižji od obremenjene: $EI = 0,011$ za obremenjeno dostopno točko in $EI = 0,004$ za neobremenjeno dostopno točko.

Omenjeno poročilo velja samo za konfiguracijo obravnavanega vira, ki je navedena v tem poročilu. V primeru, da se spremeni katerakoli komponenta konfiguracije vira, je potrebno meritve EMS ter poročilo o meritvah izdelati na novo.