

IZPOSTAVLJENOST VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM BREŽIČNIH SISTEMOV V RAZLIČNIH MIKROOKOLJIH V SLOVENIJI

doc.dr. Peter Gajšek

Direktor Inštituta za neionizirna sevanja

Uvod

Visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja (VF EMS) so dandanes glavna informacijska žila, po kateri poteka prenos zvoka, slike in podatkov. Viri visokofrekvenčnih sevanj so namreč bistven gradnih sodobnih telekomunikacijskih sistemov. Med najbolj razširjene takšne vire sodijo bazne postaje, radijski in televizijski oddajniki, WiFi dostopne točke in podobne naprave.

Najstarejši viri VF EMS so v našem okolju prisotni že več desetletij vse do prvih radijskih oddajnikov, ki so na območju današnje Slovenije pričeli z oddajanjem leta 1928. A tehnologije, razširjenost in uporaba VF virov se z razvojem novih tehnologij stalno spreminja. Na eni strani so viri, ki se opuščajo, na primer srednjevalovni AM radijski oddajniki, od katerih je v Sloveniji stalno aktiven samo še en oddajnik, ali se združujejo. Televizijski programi, ki so se v preteklosti oddajali v analogni tehniki, so za vsak televizijski program potrebovali en frekvenčni kanal. V sodobnem digitalnem televizijskem kanalu DVB-T pa se znotraj enega frekvenčnega kanala prenaša do 6 televizijskih programov, zaradi česar je skupna oddajna moč televizijskega oddajnika bistveno manjša. Število drugih VF virov EMS pa se z razvojem brezžičnih sistemov, predvsem baznih postaj mobilne telefonije, bistveno povečuje. Za zagotavljanje širokopasovnih mobilnih prenosov je potrebno zmanjšati razdaljo med uporabniki in baznimi postajami, še zlasti v urbanih območjih, kjer stavbe zaslanjajo širjenje EMS v prostoru in s tem zmanjšujejo jakost signala. Na področju mobilnih komunikacij se je v Sloveniji v zadnjih štirih letih uvedla in tudi na podeželju razširila tako imenovana četrta generacija mobilne telefonije - LTE. Peta generacija (5G) pa že trka na vrata. Zaradi razvoja brezžičnih tehnologij pa se nekatere tehnologije tudi umikajo iz uporabe. Tako sta v Sloveniji prenehala delovati tako analogna mobilna telefonija NMT kot tudi analogna televizija.

Da bi preprečili morebitne negativne vplive EMS na zdravje prebivalstva in ustrezno zaščitili okolje, v Sloveniji od leta 1996 velja uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI 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. Te smernice podajajo mejne vrednosti, ki upoštevajo 10-kratni varnostni faktor za poklicno izpostavljenost in 50 kratni za izpostavljenost prebivalstva. Dodatno pa uredba za občutljiva območja v tako imenovanem I. območju varovanja pred sevanji določa še dodatno 10 krat nižje mejne vrednosti. S tem se Slovenija uvršča med države z najstrožjimi zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi nasploh.

Da bi ugotovili, kakšne so dejanske izpostavljenost prebivalstva in obremenjenost okolja z VF EMS, smo izvedli skupno 60 meritev VF EMS. Merilna mesta so bila izbrana tako, da jih je 20 znotraj večjih urbanih mest, 20 znotraj kraja in 20 na podeželju.

Meritve je izvedel Inštitut za neionizirna sevanja (www.inis.si), 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.

1 Izpostavljenost EMS brezžičnih sistemov in vplivi na zdravje

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.

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.

Številne raziskave o EMS v okolju so pokazale, da so sevalne obremenitve zaradi baznih postaj in drugih visokofrekvenčnih virov EMS na človeku dostopnih mestih v Evropski uniji precej pod zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi. Na višini 1 m nad tlemi sevalne obremenitve dosegajo največ do 10 odstotkov mejnih vrednosti, v povprečju pa so nižje od **enega odstotka** [3].

Mejne vrednosti bi bile presežene na razdalji le nekaj metrov neposredno pred anteno. Če se nahajamo vsaj 1 meter izven glavnega snopa antene bazne postaje, mejne vrednosti niso več presežene [4].

Sevalne obremenitve z oddaljenostjo od virov upadajo različno, saj je to odvisno od tehničnih parametrov vira. Radiodifuzni oddajnik na razdalji 5 km lahko povzroča enake sevalne obremenitve kot bazna postaja na nekaj 10 metrih [8].

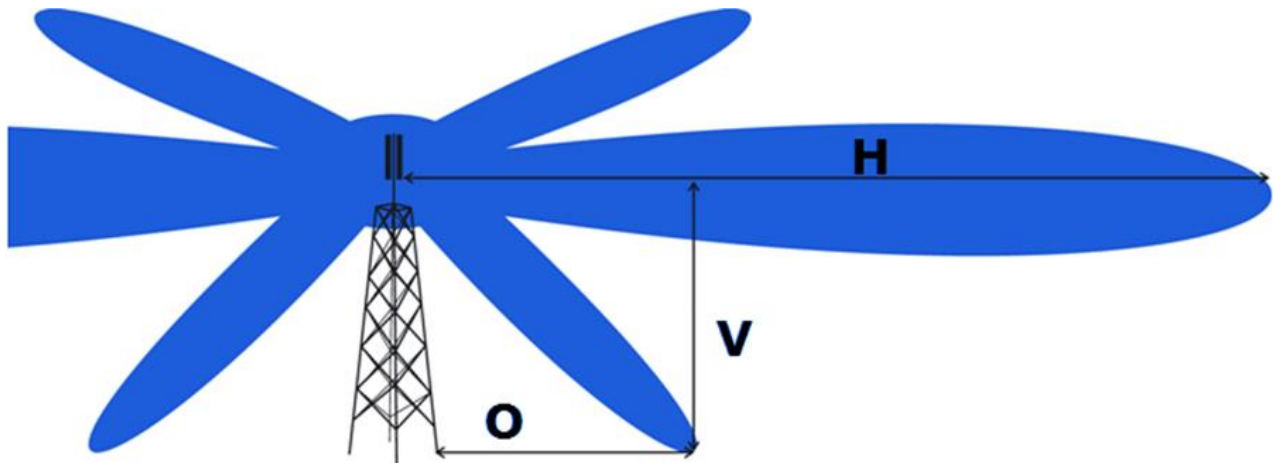
V tabeli 4 so podane sevalne obremenitve in vplivno območje za različne vire VF EMS. Sevalne obremenitve so podane glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju presežene oziroma kot električna poljska jakost. Vplivno območje pa imenujemo tisto del prostora okrog vira, znotraj katerega so mejne vrednosti za EMS glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju presežene. Velikost in oblika vplivnega območja v prostoru je odvisna od številnih tehničnih lastnosti vira. Glavni parametri, ki vplivajo na velikost vplivnega območja, so oddajna moč, frekvenca in usmerjenost antene.

T 1: Velikost vplivnega območja, to je območja, ker so lahko presežene mejne vrednosti za I. in za II. območje. Za razlago posameznih oddaljenosti glej sliko S 1.

tip vira	tipična bazna postaja en operater	bazna postaja več operaterjev	manjši radiodifuzni oddajnik	velik oddajni center
frekvenca [MHz]	800, 900, 1800, 2100	800, 900, 1800, 2100	87 – 108 470-800	87 – 108 470-800



oddajna moč [W]		3 x 120	3 x 3 x 120	1000	40000
velikost vplivnega območja za I. območje [m]	H	30	40	17	400
	O	0	0	0	250
	V	1	2	5	50
velikost vplivnega območja za II. območje [m]	H	10	10	4	120
	O	0	0	0	0
	V	0	0	0	10



S 1: Posamezne oddaljenosti, kakor so navedene v T 1. H je horizontalni odmik v višini anten, O je horizontalni odmik na višini 1 m nad tlemi in V je vertikalni odmik od spodnjega roba antene navzdol.

Kaj pa zdravje ??

V zadnjih 50 letih je bilo v svetu izvedenih veliko število raziskav o vplivu elektromagnetnih sevanj na zdravje. Rezultati teh raziskav so bili analizirani in kritično ovrednoteni s strani različnih strokovnih organizacij, kot sta Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) in Svetovna zdravstvena organizacija (SZO). Prevladujoče znanstveno mnenje je, da sevalne obremenitve, ki so nižje od mejnih vrednosti mednarodnih priporočil ICNIRP, ne predstavljajo zdravstvenega tveganja za otroke in odrasle.

Obstaja tudi veliko število raziskav, ki poročajo o bioloških učinkih pri zelo nizkih jakostih. Največkrat so rezultati teh raziskav nenatančni in pomanjkljivi ali celo protislovni. Zato jih je treba strokovno ovrednotiti na podlagi znanstvenih kriterijev. Vnovično ovrednotenje je zelo pomembno tudi zato, ker lahko različne subjektivne razlage in mnenja o njih zavedejo javnost. To je še posebej razvidno pri poročanju o rezultatih raziskav netermičnih učinkov. Če ocenimo raziskave netermičnih učinkov po sprejetih znanstvenih merilih za ugotavljanje določenih učinkov, ugotovimo, da ne vzdržijo strogih preverjanj, ali pa jih v neodvisnem znanstvenem laboratoriju ni mogoče ponoviti in potrditi.

Visokofrekvenčna EMS visokih jakosti povzročajo vibriranje in trenje zaradi premikov in zasukov molekul v tkivu, kar ima za posledico segrevanje. Termične učinke lahko pričakujemo v primeru zadrževanja neposredno pred antenami na oddaljenosti do 1 m, niso pa mogoči pri nivojih, ki se običajno pojavljajo v okolju.

Za pojav negativnih učinkov na zdravje mora priti do izpostavljenosti nad določeno mejno vrednostjo. Znani nivo praga je izpostavljenost, ki je potrebna za dvig telesne temperature za najmanj 1oC. Sevalne obremenitve baznih postaj pa so v povprečju 100-krat nižje od znanstveno določene mejne vrednosti in ne morejo povzročiti zaznavnega povečanja temperature.





Znanstveniki doslej niso našli nobenih dokazov o tem, da bi dolgotrajna izpostavljenost visokofrekvenčnim sevanjem pod mejnimi vrednostmi lahko povzročila kakršnekoli škodljive vplive na zdravje. Izjema so le mobilni telefoni, ki jih uporabljamo neposredno ob telesu in katerih sevalne obremenitve bistveno presegajo tiste iz okolja (npr. sevalne obremenitve zaradi baznih postaj).

Nekaj epidemioloških raziskav namreč kaže na povečano tveganje za pojav raka na možganih pri intenzivnih uporabnikih mobilnih telefonov (10 let, več kot 30 minut dnevno). Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC), ki deluje pod okriljem Svetovne zdravstvene organizacije, je na podlagi analiz obstoječih epidemioloških študij razvrstila sevanja mobilnih telefonov v skupino 2B med verjetno kancerogene snovi za pogoste intenzivne uporabnike mobilnih telefonov. Za druge naprave (npr. bazne postaje) te vzročne povezane ni ugotovila.

Ključne mednarodne organizacije pri pregledu razpoložljivih objavljenih raziskav, ki v zelo omejenem obsegu kažejo na prisotnost različnih bioloških učinkov, niso uspele ugotoviti vzročne povezave med temi biološkimi učinki na celicah, živalih ali ljudeh ter možnimi posledičnimi vplivi na zdravje.

Če predpostavimo obstoj zapoznelih učinkov, kot je na primer rak, bi morali predvideti, da tveganje narašča z izpostavljenostjo. To pomeni, da tveganja ni le v primeru, ko izpostavljenosti ni. Družba pa se je odločila, da bo njen razvoj temeljil na sprejemljivem tveganju, to pomeni nenehnem tehtanju med tveganjem in koristmi, ali pa primerjanju z drugimi tveganji. V obeh primerih pa je treba kvantitativno oceniti tveganje, kar pa je za EMS nemogoče, saj tveganje še ni bilo potrjeno.



2 Izvedba meritev VF EMS

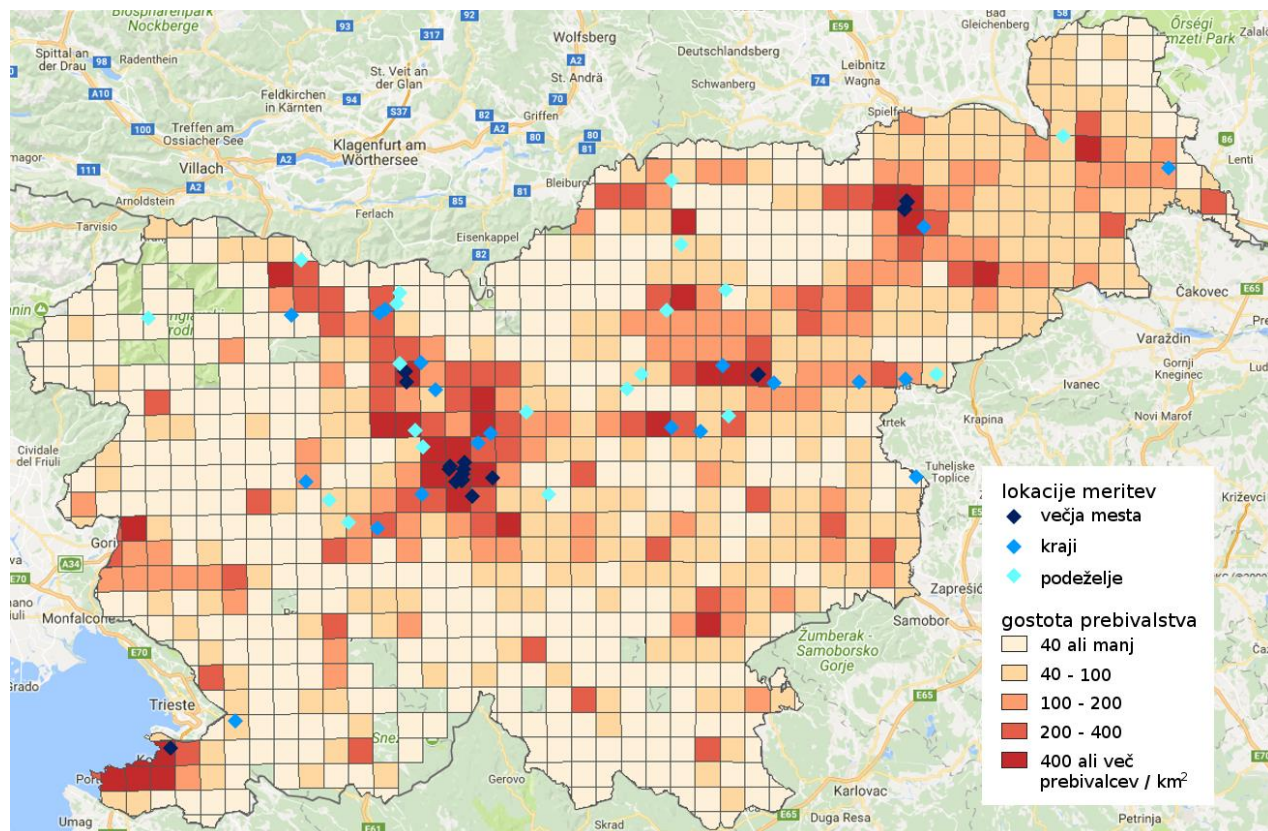


Meritve EMS so potekale od meseca januarja do meseca julija 2017 po vsej Sloveniji pretežno na lokacijah, kjer v bližini stoji bazna postaja mobilne telefonije. Meritve so bile izvedene na skupno **60 lokacijah**. Lokacije meritev so bile razdeljene v tri skupine glede na vrsto okolja in sicer v skupino večja mesta, v skupino kraji in v skupino podeželje. Za vsako skupino je bilo izvedenih 20 meritev. Lokacije meritev po skupinah so prikazane na sliki S 2. Meritve so bile izvedene na človeku dostopnih lokacijah 1 m nad tlemi. Na vsakem merilnem mestu so bile meritve izvedene po 'sweep' protokolu, ki predvideva pregled vrednosti na določenem manjšem območju 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 so sevalne obremenitve običajno najvišje, saj je promet baznih postaj takrat največji.

Meritve visokofrekvenčnih EMS so bile izvedene v naslednjih mestih, krajih ali zaselkih na podeželju:

- večja mesta, kje je več kot 400 prebivalcev na km²: Celje, Koper, Kranj, Ljubljana, Maribor;
- kraji, kje je več med 100 in 200 prebivalcev na km²: Bistrica ob Sotli, Bohinjska Bela, Brezovica, Dol pri Hrastniku, Domžale, Kozina, Ljubno na Gorenjskem, Ložnica pri Žalcu, Miklavž na Dravskem polju, Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah, Teharje, Trbovlje, Trzin, Tržič, Turnišče, Voglje, Vrhnika, Žiri;
- podeželje, kje manj kot 40 prebivalcev na km²: Donačka gora, Huda luknja – Kozjak, Javorniški Rovt, Jelendol, Kokrica, Lokovica – Šoštanj, Lom pod Storžičem, Osrednek - Ločica pri Vranskem, Prežganje, Raduše, Rafolče, Rečica pri Laškem, Soča, Sodišinci, Sv. Duh – Dravograd, Sv. Križ nad Belimi Vodami, Vransko, Vrh Svetih Treh Kraljev – Rovte, Zaplana, Žlebe.

V nekaterih večjih mestih je bilo izvedenih več meritev v istem mestu, vendar so bila merilna mesta vedno izbrana na različnih območjih mesta.



S 2: Lokacije merilnih mest: rdeča (večja mesta), modra (kraji) in zelena (podeželje).





Meritve so potekale po standardu SIST EN 50492 [9]. Na vseh merilnih mestih so bile izvedene pasovno selektivne meritve in sicer v najpomembnejših frekvenčnih pasovih (FM radio, DAB radio, profesionalne zveze, DVB-T, 800 MHz, GSM-R, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, WiFi, 2600 MHz). Na vsaki lokaciji je bila za vsak frekvenčni pas izmerjena električna poljska jakost E [V/m]. Frekvenčno območje merjenih frekvenčnih pasov je podano v tabeli **Error! Reference source not found.**

2.1 Merilna oprema

Meritve so bile izvedene z najsodobnejšo merilno opremo za merjenje EMS, s selektivnim spektralnim analizatorjem Narda SRM-3006 s pripadajočo trisosno 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.



S 3: Uporabljen instrument za merjenje elektromagnetnega sevanja Narda SRM-3006 in primer izvajanja meritev 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 in MI 08-005	Spektralni analizator Narda SRM 3006 z 3D anteno Narda 3501	07.09.2016	07.09.2020	$\pm 2,5$ dB

2.2 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.

Ime frekvenčnega pasu in frekvenčno območje [MHz]	mejne vrednosti za električno poljsko jakost [V/m]	
	I. območje	II. območje
FM radio (87-108)	8,60	27,50
DAB radio (174-230)	8,60	27,50
profesionalne zveze (380-470)	8,60-9,32	27,50-29,70
DVB-T (470-790)	9,32-12,09	29,70-38,51
800 (790-862)	12,09-12,62	38,51-40,22
GSM-R (920-925)	13,04-13,08	41,55-41,67
900 (925-960)	13,08-13,32	41,67-42,45
1800 (1805-1880)	18,27-18,64	58,20-59,40
2100 (2110-2170)	19,00	61,40
WiFi (2400-2484)	19,00	61,40
2600 (2620-2690)	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

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

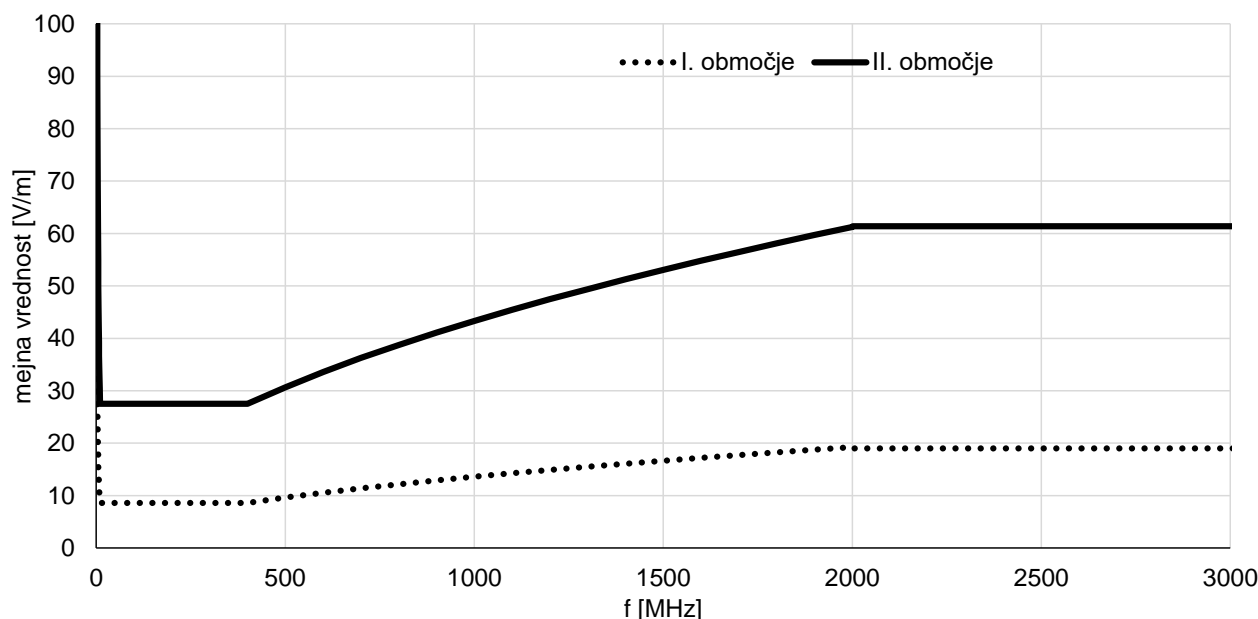
kjer je:

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.





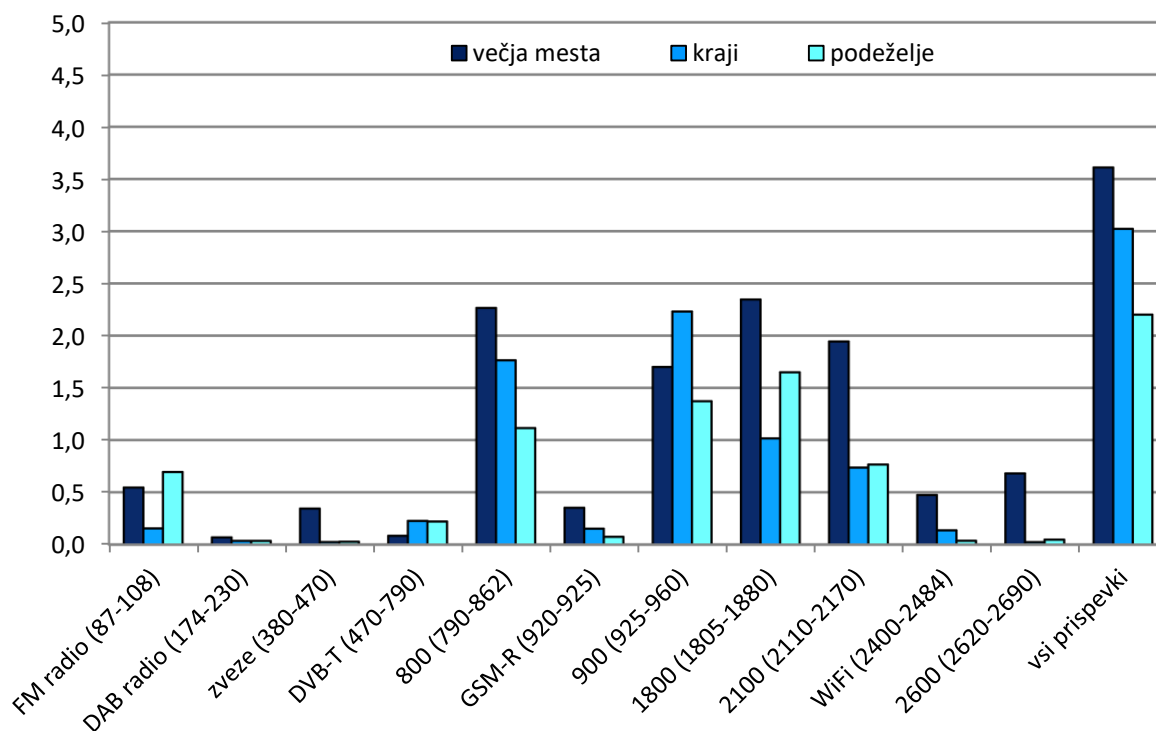
S 4: Prikaz mejnih vrednosti v območju do 3000 MHz, kjer delujejo brezžični sistemi.



3 Rezultati meritev EMS brezžičnih sistemov



Rezultati meritev kažejo, da so sevalne obremenitve zaradi delovanja brezžičnih sistemov na širšem območju Slovenije nizke. Na slikah S 5 in S 6 so prikazane najvišje in povprečne vrednosti jakosti električnega polja, izmerjenega v različnih mikro okoljih (večja mesta, kraji, podeželje).



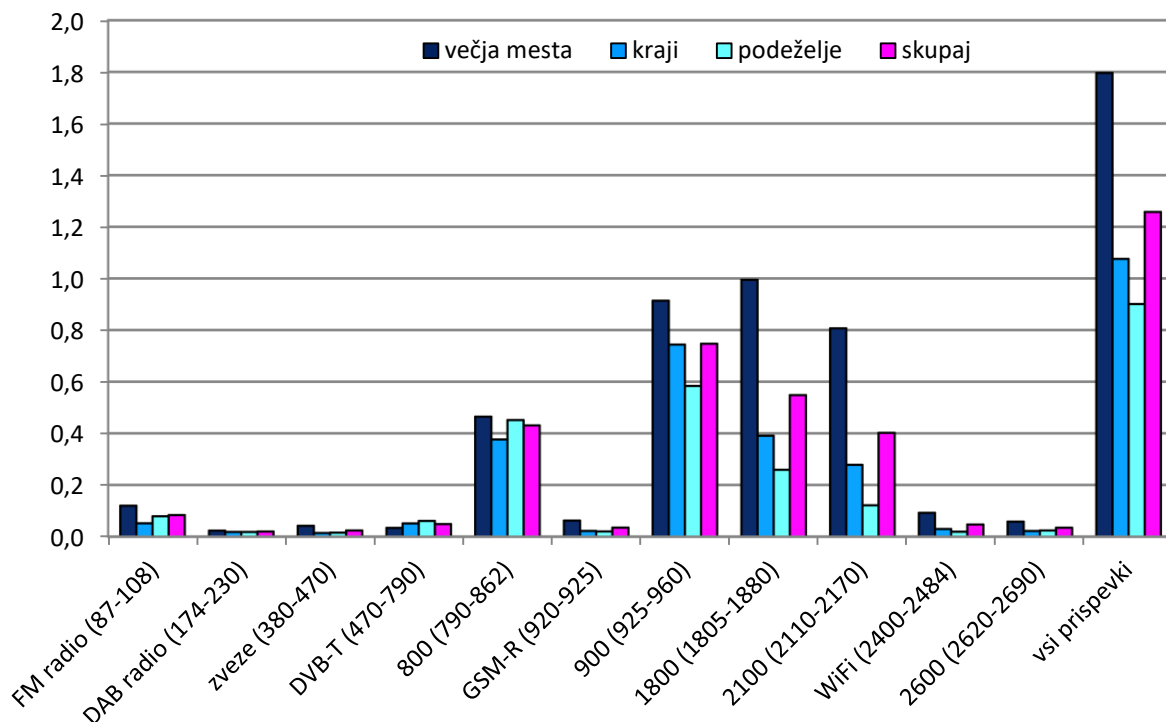
S 5: Prikaz najvišjih vrednosti električne poljske jakosti v V/m za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

T 4: Najvišje vrednosti električne poljske jakosti v V/m za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

frekvenčno območje	večja mesta E_{maks} [V/m]	kraji E_{maks} [V/m]	podeželje E_{maks} [V/m]
FM radio (87-108)	0,545	0,154	0,694
DAB radio (174-230)	0,068	0,035	0,035
zveze (380-470)	0,344	0,024	0,027
DVB-T (470-790)	0,083	0,226	0,220
800 (790-862)	2,265	1,764	1,115
GSM-R (920-925)	0,352	0,152	0,074
900 (925-960)	1,700	2,231	1,372
1800 (1805-1880)	2,346	1,016	1,649
2100 (2110-2170)	1,944	0,737	0,766
WiFi (2400-2484)	0,474	0,136	0,036
2600 (2620-2690)	0,681	0,023	0,047
vsi prispevki	3,610	3,022	2,201

Kakor je razvidno iz slike S 5 in tabele T 4, so najvišje skupne vrednosti jakosti električnega polja bile nižje od 4 V/m za vsa okolja. V večjih mestih znašajo najvišje skupne vrednosti električnega polja 3,61 V/m, v krajih 3,01 V/m in na podeželju 2,20 V/m.





S 6: Prikaz povprečnih vrednosti električne poljske jakosti v V/m za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

T 5: Povprečne vrednosti električne poljske jakosti v V/m za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

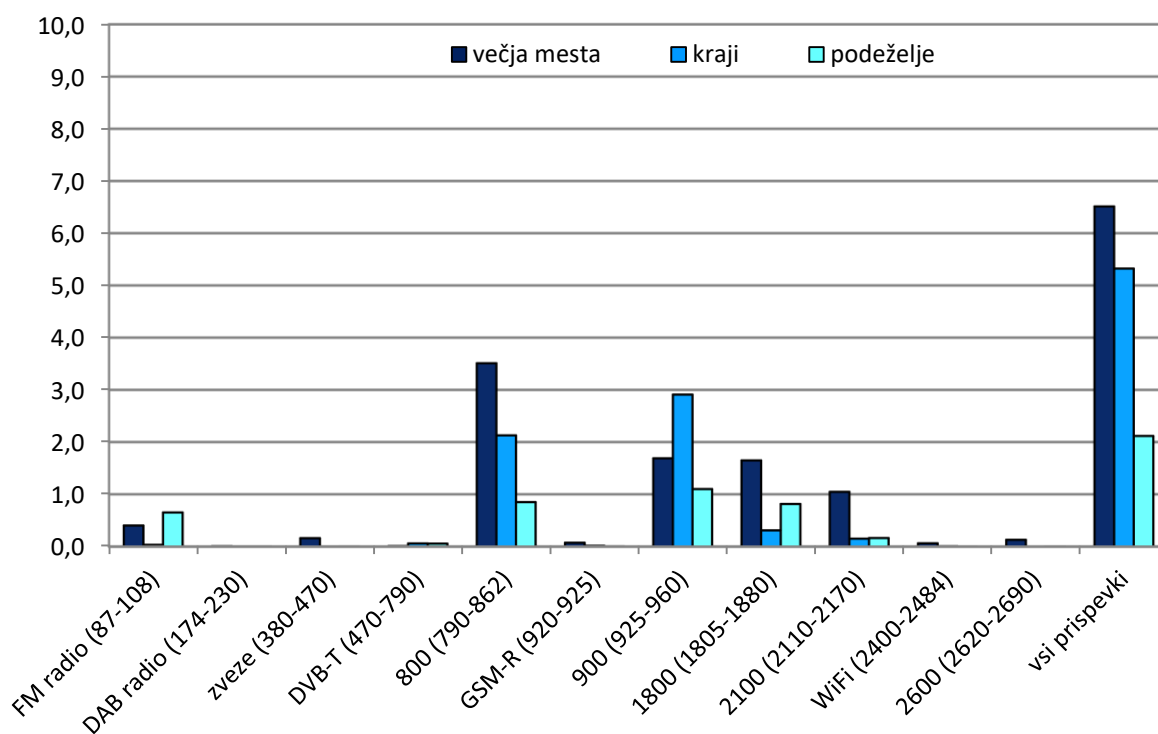
frekvenčno območje	večja mesta E_{povp} [V/m]	kraji E_{povp} [V/m]	podeželje E_{povp} [V/m]
FM radio (87-108)	0,120	0,052	0,079
DAB radio (174-230)	0,023	0,018	0,018
zveze (380-470)	0,042	0,014	0,015
DVB-T (470-790)	0,034	0,051	0,061
800 (790-862)	0,464	0,376	0,451
GSM-R (920-925)	0,062	0,022	0,020
900 (925-960)	0,914	0,744	0,584
1800 (1805-1880)	0,994	0,391	0,259
2100 (2110-2170)	0,807	0,278	0,121
WiFi (2400-2484)	0,092	0,029	0,019
2600 (2620-2690)	0,058	0,022	0,024
vsi prispevki	1,796	1,076	0,901

Podobno kot najvišje so bile tudi povprečne vrednosti jakosti električnega polja najvišje v večjih mestih, saj so znašale 1,79 V/m. V krajih so znašale 1,08 V/m in na podeželju 0,90 V/m.

Če rezultate iz slik S 5 in S 6 ter tabel T 4 in T 5 primerjamo z mejnimi vrednostmi za I. območje varstva pred sevanji, so tudi sevalne obremenitve, izražene v odstotkih mejnih vrednosti, precej nizke in povsem primerljive s podatki iz literature. Iz slike S 7 in tabele T 6 je razvidno, da najvišje skupne sevalne obremenitve (normirane glede na mejno vrednost) ne presežejo 7 odstotkov



mejnih vrednosti. V večjih mestih znašajo najvišje skupne obremenitve 6,51 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, v krajih 5,32 odstotkov in na podeželju 2,12 odstotkov.

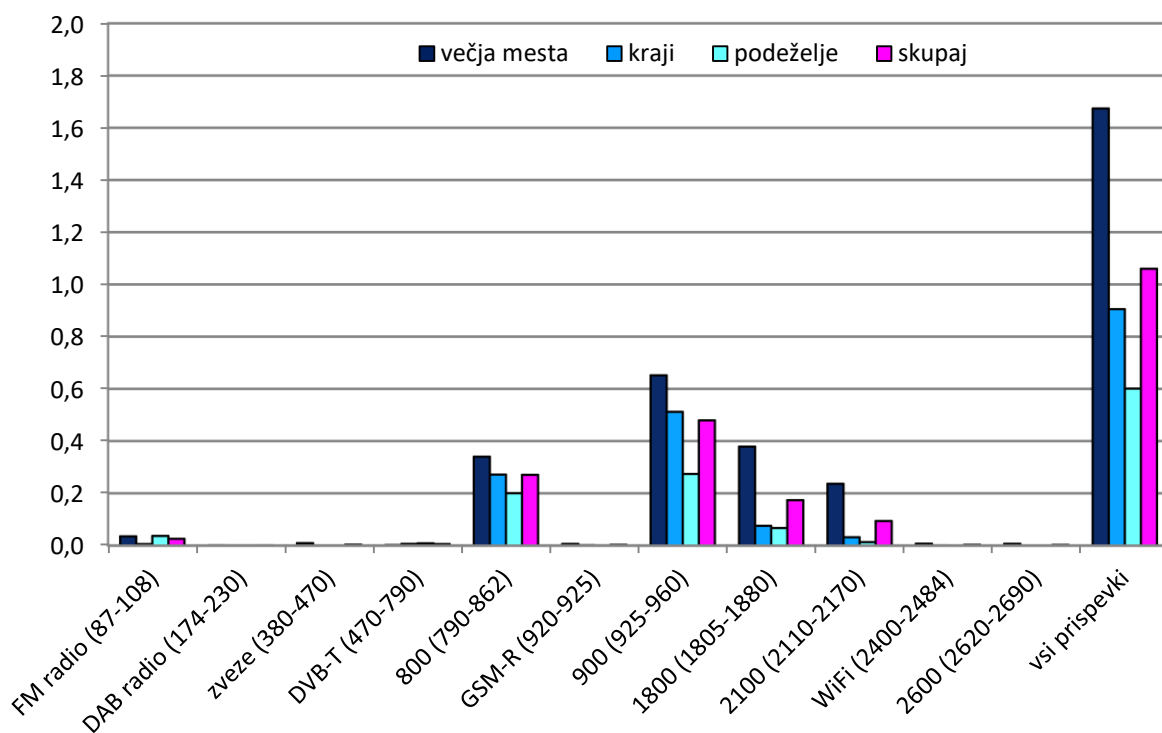


S 7: Prikaz najvišjih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

T 6: Najvišje sevalne obremenitve v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje).

frekvenčno območje	večja mesta <i>l. območje</i> _{maks} [%]	kraji <i>l. območje</i> _{maks} [%]	podeželje <i>l. območje</i> _{maks} [%]
FM radio (87-108)	0,402	0,032	0,652
DAB radio (174-230)	0,006	0,002	0,002
zveze (380-470)	0,160	0,001	0,001
DVB-T (470-790)	0,008	0,059	0,056
800 (790-862)	3,510	2,129	0,851
GSM-R (920-925)	0,073	0,014	0,003
900 (925-960)	1,689	2,909	1,100
1800 (1805-1880)	1,649	0,309	0,815
2100 (2110-2170)	1,047	0,150	0,162
WiFi (2400-2484)	0,062	0,005	0,000
2600 (2620-2690)	0,128	0,000	0,001
vsi prispevki	6,513	5,323	2,117



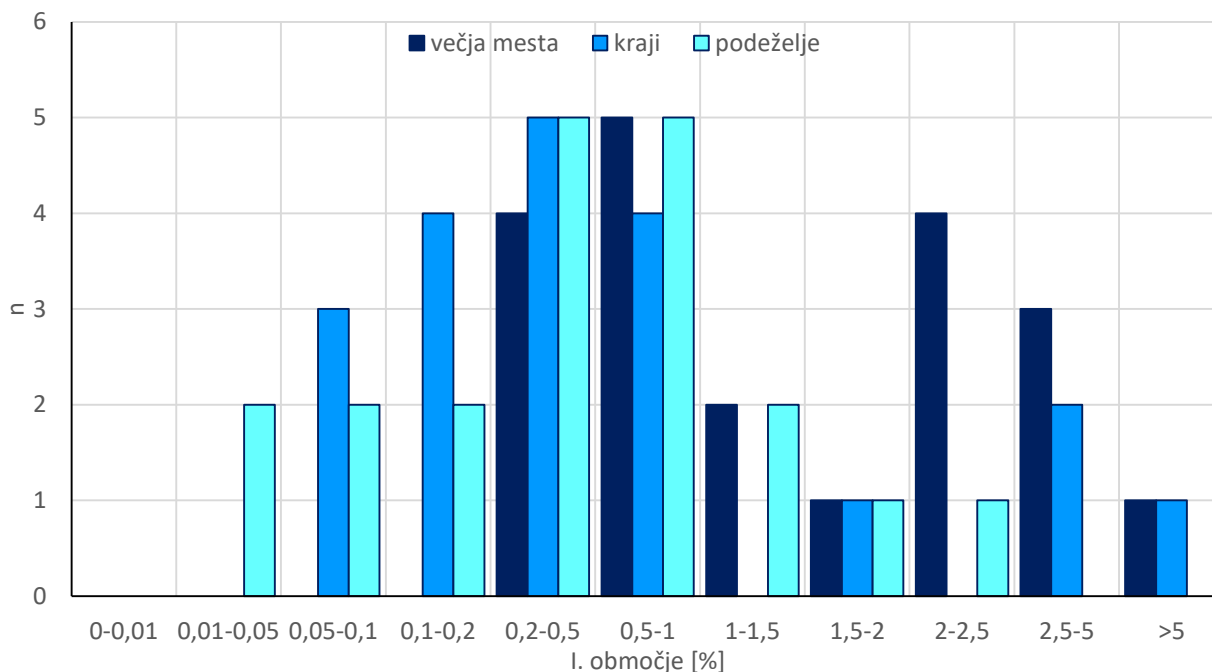


S 8: Prikaz povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje, vsa okolja skupaj).

T 7: Povprečne sevalne obremenitve v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje, vsa okolja skupaj).

frekvenčno območje	večja mesta <i>I. območje_{povp} [%]</i>	kraji <i>I. območje_{povp} [%]</i>	podeželje <i>I. območje_{povp} [%]</i>	vsa okolja skupaj <i>območje_{povp} [%]</i>
FM radio (87-108)	0,035	0,006	0,037	0,026
DAB radio (174-230)	0,001	0,000	0,000	0,001
zveze (380-470)	0,009	0,000	0,000	0,003
DVB-T (470-790)	0,002	0,006	0,008	0,005
800 (790-862)	0,340	0,272	0,200	0,271
GSM-R (920-925)	0,006	0,001	0,000	0,003
900 (925-960)	0,652	0,512	0,274	0,479
1800 (1805-1880)	0,379	0,075	0,067	0,174
2100 (2110-2170)	0,236	0,032	0,013	0,094
WiFi (2400-2484)	0,007	0,000	0,000	0,003
2600 (2620-2690)	0,007	0,000	0,000	0,002
vsi prispevki	1,674	0,905	0,601	1,060

Iz podatkov na sliki S 8 in v tabeli T 7 je razvidno, da povprečne skupne sevalne obremenitve (normirane glede na mejno vrednost) ne presežejo 1,7 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V večjih mestih znašajo povprečne skupne sevalne obremenitve 1,67 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, v krajih 0,95 odstotkov in na podeželju 0,60 odstotkov. Povprečne skupne sevalne obremenitve za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja znašajo 1,06 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

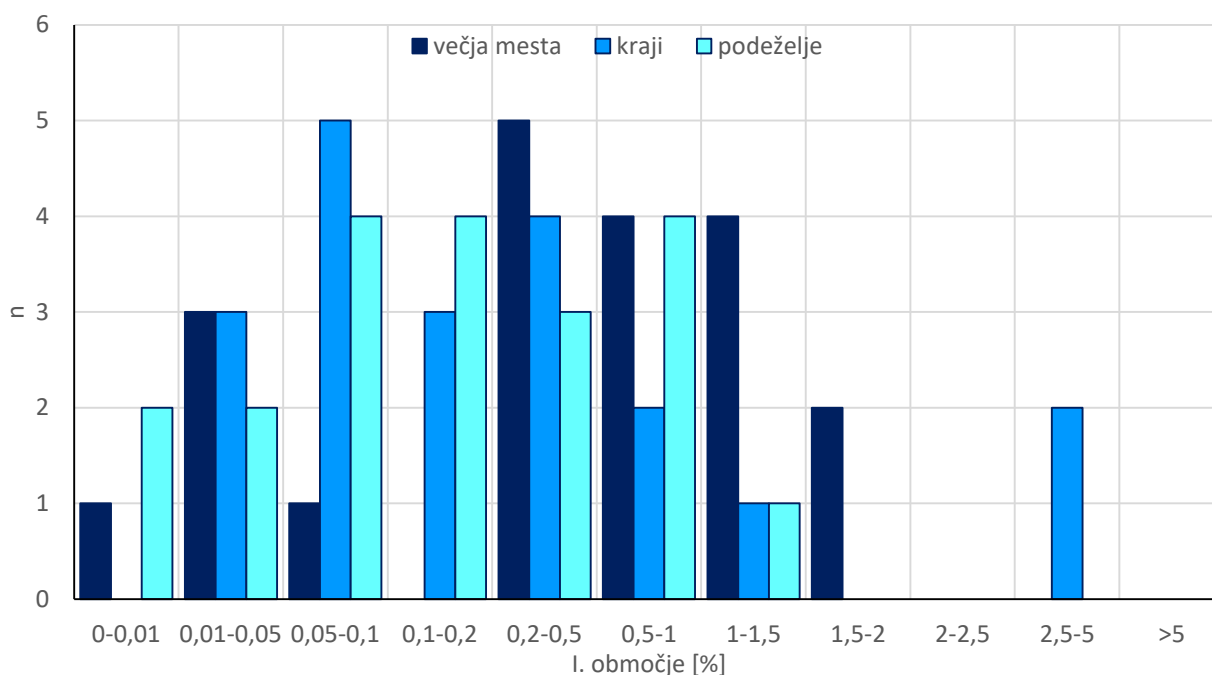


S 9: Histogram povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za vse prispevke (celotna obremenjenost okolja).

Tudi iz slike S 9 je razvidno, da so skupne povprečne sevalne obremenitve v večjih mestih višje kot v krajih ali na podeželju, ter da so na podeželju najnižje. Več kot polovica skupnih povprečnih sevalnih obremenitev na podeželju in v krajih je nižjih od 0,5 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, medtem ko je za večje kraje več kot polovica skupnih povprečnih sevalnih obremenitev nižjih od 1,5 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V večjih mestih je več kot polovica skupnih povprečnih sevalnih obremenitev višjih od 1 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, na podeželju pa je ta meja znatno nižja in polovica sevalnih obremenitev preseže mejo šele pri vrednosti 0,2 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

Z vidika obravnave izpostavljenosti so bolj kot najvišje vrednosti pomembne **povprečne**, saj bolje odražajo dejansko obremenjenost okolja. Za povprečne vrednosti na sliki S 8 in v tabeli T 7 je opazno, da k skupnim sevalnim obremenitvam v vseh okoljih največ prispevajo bazne postaje v frekvenčnem območju 900 MHz. V večjih mestih znaša prispevek baznih postaj v 900 MHz frekvenčnem območju k skupnim sevalnim obremenitvam 0,65 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, v krajih 0,51 odstotkov in na podeželju 0,27 odstotkov. Povprečno znaša prispevek 900 MHz baznih postaj za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja 0,48 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V večjih mestih tako 900 MHz bazne postaje prispevajo 39 odstotkov celotnih povprečnih skupnih sevalnih obremenitev, v krajih 57 odstotkov in za podeželju 46 odstotkov. Višje povprečne vrednosti v večjih mestih so razvidne tudi iz slike S 10, kjer so podani histogrami povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev. Razvidno je, da je v večjih mestih večina sevalnih obremenitev v območju med 0,2 in 1,5 odstoki mejnih vrednosti, medtem ko pri nižjih sevalnih obremenitvah prevladujejo sevalne obremenitve v krajih in na podeželju.





S 10: Histogram povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za frekvenčno območje 900 MHz.

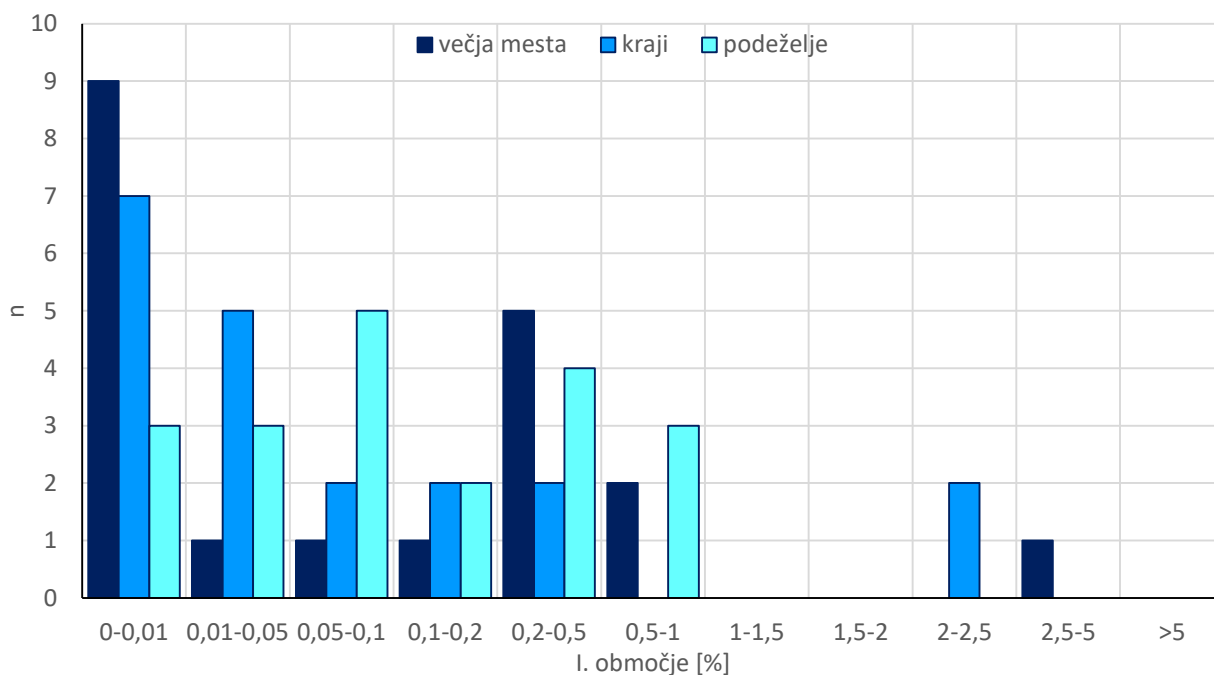
Te bazne postaje so najbolj razširjene, saj pretežno v tem frekvenčnem območju deluje sistem druge generacije mobilne telefonije, **sistem GSM**. Ta sistem je bil od vseh sedaj delujočih sistemov postavljen prvi.

Po povprečnih vrednostih obremenitvam v frekvenčnem območju 900 MHz sledijo obremenitve v frekvenčnem območju 800 MHz. To frekvenčno območje se je začelo za mobilno telefonijo uporabljati pozno, saj je v preteklosti tu delovala analogna televizija. Po uvedbi digitalne televizije DVB-T, ki deluje v frekvenčnem območju od 470 do 790 MHz, so se analogni oddajniki s 1. decembrom 2010 izključili, tako da se je del frekvenčnega območja sprostil. V letu 2014 so bile izdane odločbe o dodelitvi tega frekvenčnega območja za uporabo za mobilno telefonijo, in sicer v to območje sodi pas od 790 do 862 MHz. Kljub toliko poznejši uvedbi sistema mobilne telefonije v tem frekvenčnem območju se zaradi dobrega pokrivanja terena s signalom ta sistem danes nahaja na večini baznih postaj. V večjih mestih znaša prispevek baznih postaj v 800 MHz območju k skupnim sevalnim obremenitvam 0,34 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, v krajih 0,27 odstotkov in na podeželju 0,20 odstotkov. Povprečno znaša prispevek baznih postaj v 800 MHz območju za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja 0,27 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V večjih mestih tako bazne postaje v 800 MHz območju prispevajo 20 odstotkov celotnih povprečnih skupnih sevalnih obremenitev, v krajih 30 odstotkov in za podeželju 33 odstotkov.

Da so za frekvenčno območje 800 MHz višje povprečne vrednosti na podeželju je razvidno tudi iz slike S 11, kjer so podani histogrami povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev. Razvidno je, da je v večjih mestih in krajih znaten delež sevalnih obremenitev v območju med 0 in 0,01 odstotki mejnih vrednosti, medtem ko za podeželje to ne velja, saj so sevalne obremenitve na podeželju tipično med 0,05 in 0,5 odstotki mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

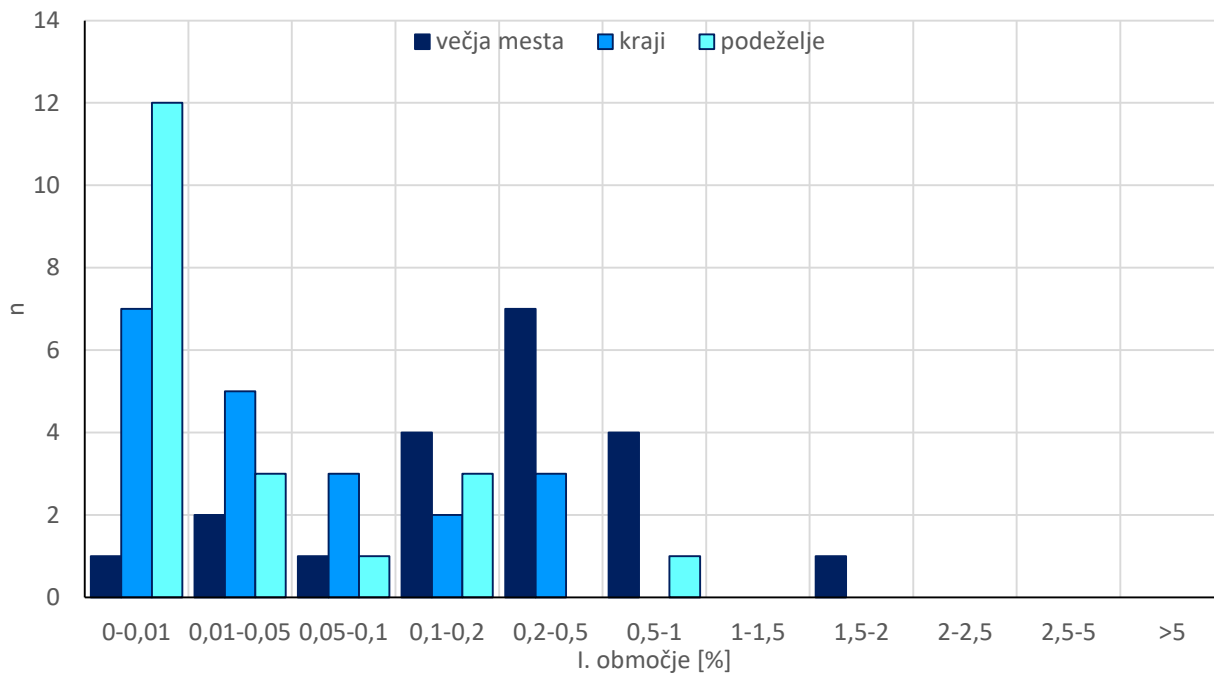
Da so sevalne obremenitve v 800 in 900 MHz frekvenčnem pasu večje od prispevkov v 1800, 2100 in 2600 MHz frekvenčnem pasu, pomembno vplivajo tudi mejne vrednosti. Pri nižjih frekvencah so mejne vrednosti nižje, za 800 in 900 MHz frekvenčni pas so pod 10 V/m, medtem ko so pri 1800 MHz že več kot 18 V/m. Ker se po enačbi enačbe E 1, po kateri se računajo skupne sevalne obremenitve, izmerjene vrednosti delijo z mejnimi, nato pa še kvadrirajo, je prispevki pri višjih

frekvencah ob enakem električnem polju precej manjši. To je razvidno iz primerjave slik S 5 in S 6 s slikama S 7 in S 8.



S 11: Histogram povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za frekvenčno območje 800 MHz.

Iz rezultatov na sliki S 8 in v tabeli T 7 so opazne tudi značilne razlike med različnimi tipi okolja. V krajih in na podeželju je prispevek baznih postaj v 1800 MHz frekvenčnem območju znatno nižji od prispevka istega sistema v večjih mestih.

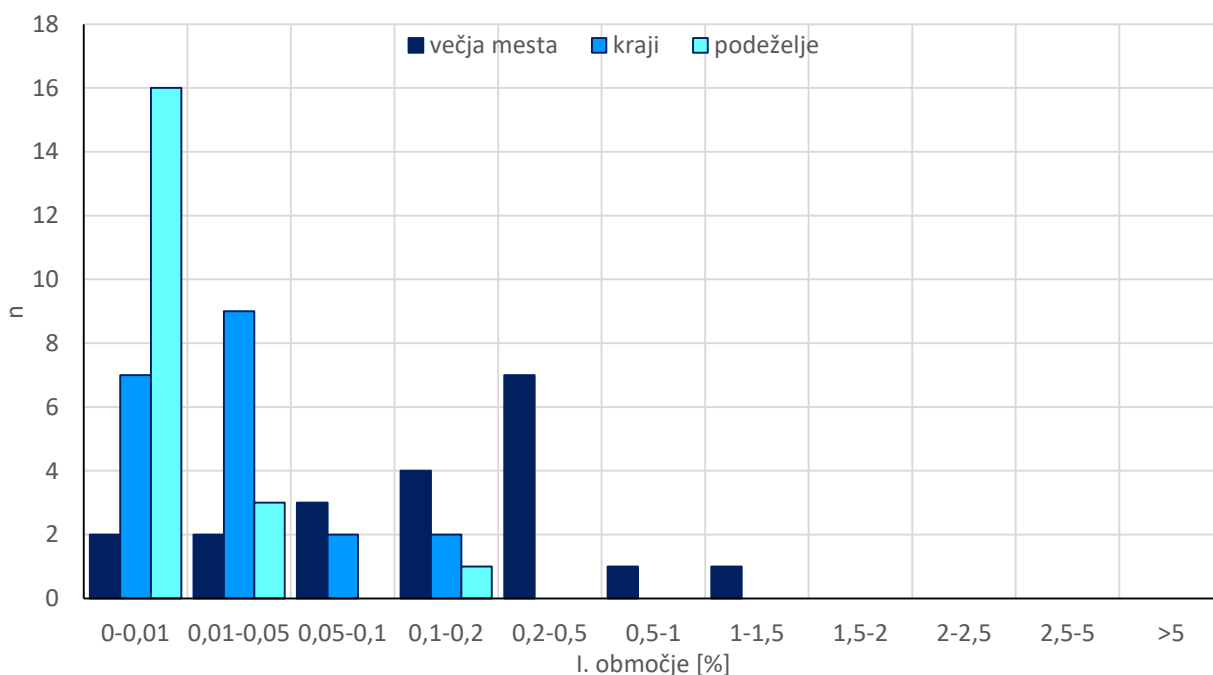


S 12: Histogram povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za frekvenčno območje 1800 MHz.



V večjih mestih znaša prispevek baznih postaj v 1800 MHz območju k skupnim sevalnim obremenitvam 0,38 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, v krajih 0,08 odstotkov in na podeželju 0,07 odstotkov. Povprečno znaša prispevek baznih postaj v 1800 MHz območju za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja 0,17 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Sistem 1800 MHz se namešča pretežno v urbanih območjih, saj je namenjen predvsem pokrivanju s signalom na manjšem območju, zato se bistveno pogosteje namešča v večjih mestih kot na podeželju. Podobno velja tudi za sisteme v 2100 in 2600 MHz frekvenčnem območju. Po drugi strani imajo sistemi v 800 MHz območju boljše pokrivanje s signalom, zato se pogosto nameščajo na podeželju. Tako so tudi povprečen izmerjene vrednosti sevalnih obremenitev na podeželju primerljive s tistimi v večjih mestih, v krajih so malce nižje.

Tudi iz slik S 12 in S 13 je razvidno, da so za frekvenčno območje 1800 MHz in 2100 MHz sevalne obremenitve višje v večjih mestih kot v krajih in na podeželju. Tako za frekvenčno območje 180 MHz kot tudi 2100 MHz je več kot polovica sevalnih obremenitev v manjših krajih nižja od 0,05 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, na podeželju pa celo nižja od 0,01 odstotka, v večjih mestih pa je več kot polovica sevalnih obremenitev višja od 0,1 odstotka.



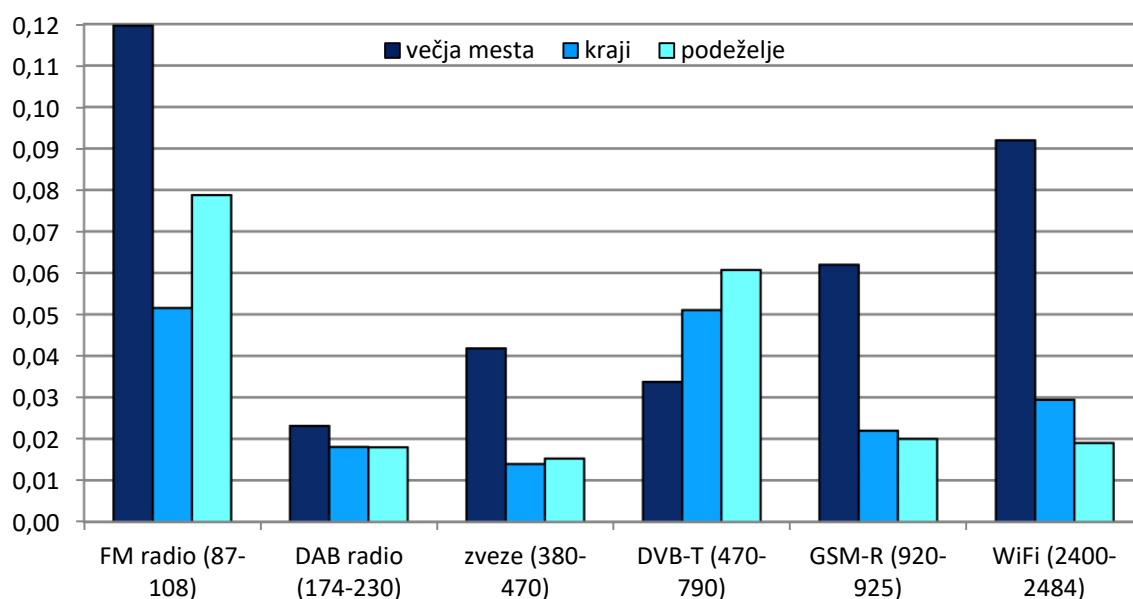
S 13: Histogram povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za frekvenčno območje 2100 MHz.

Kljub temu, da so izmerjene vrednosti jakosti električnega polja drugih tehnologij poleg mobilne telefonije izredno majhne, so vseeno opazni nekateri trendi. Na sliki S 14 so prikazane povprečne vrednosti jakosti električnega polja za vsa frekvenčna območja brez prispevkov mobilne telefonije.

Za WiFi je opazno, da so povprečne vrednosti znatno višje v večjih mestih v primerjavi z vrednostmi v krajih in na podeželju, čeprav so, absolutno gledano, te vrednosti izjemno majhne. Za večja mesta znašajo povprečne sevalne obremenitve WiFi-ja 0,007 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 0,0004 odstotka in za podeželje 0,0001 odstotka. To je pričakovano, saj se javna WiFi omrežja, ki povzročajo sevalne obremenitve v okolju, običajno nameščajo v večjih mestih in le izjemoma v krajih ali na podeželju, WiFi omrežja, ki se nahajajo znotraj stavb, pa zanemarljivo malo prispevajo k sevalnim obremenitvam v okolju. DVB-T tehnologija povzroča višje sevalne obremenitve na podeželju kot v krajih in večjih mestih, saj so DVB-T oddajniki običajno nameščeni izven urbanih območij in zato bližje podeželju kot krajem in večjim mestom. Za večja mesta znašajo povprečne sevalne obremenitve DVB-T 0,002 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje

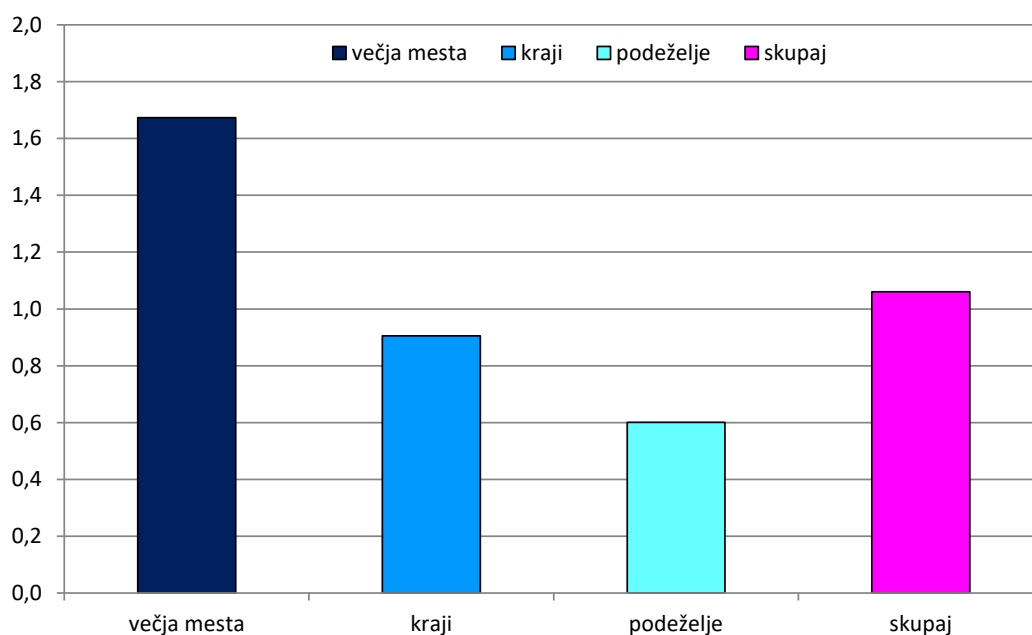


0,006 odstotka in za podeželje 0,008 odstotka. Povprečno znaša prispevek DVB-T sistema za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja 0,005 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.



S 14: Prikaz povprečnih vrednosti električne poljske jakosti v V/m za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje) za ostala frekvenčna območja oziroma tehnologije razen za mobilno telefonijo.

Zanimivo pa je, da so prispevki radijskih oddajnikov najvišji v večjih mestih, čeprav bi bilo pričakovati, da bodo podobno kot za DVB-T oddajnike vrednosti najvišje na podeželju. Za večja mesta znašajo povprečne sevalne obremenitve radijskih oddajnikov 0,035 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 0,006 odstotka in za podeželje 0,037 odstotka. Povprečno znaša prispevek DVB-T sistema za vseh 60 meritev v vseh tipih okolja 0,026 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Na lokacijah, kjer so nameščeni DVB-T oddajniki, so običajno nameščeni tudi radijski oddajniki, ti rezultati pa kažejo, da so zaradi usmerjenosti na pokrivanje večjih mest z radijskim signalom radijski oddajniki nameščeni tudi na drugih lokacijah bližje urbanim območjem.



S 15: Prikaz skupnih povprečnih vrednosti sevalnih obremenitev v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva za različne tipe okolja.



Skupne izmerjene povprečne vrednosti jakosti električnega polja se znatno razlikujejo za različne tipe mikro okolja. Skupna povprečna vrednost vseh meritev znaša zgolj 1,06 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, medtem ko za 20 meritev, izvedenih v večjih mestih, znaša 1,67 odstotka, za kraje 0,91 in za podeželje 0,60 odstotka.

V povprečju so skupne sevalne obremenitve ob upoštevanju vseh visokofrekvenčnih EMS na podeželju več kot dvakrat nižje od sevalnih obremenitev v večjih mestih. Glavni vzrok so bazne postaje mobilne telefonije, ki so številčne in gosto nameščene v večjih mestih.

Bazne postaje se med delovanjem ves čas prilagajajo trenutnim razmeram in potrebam uporabnikov, zato se tudi njihova oddajna moč in s tem sevalne obremenitve ves čas spreminjajo. Oddajna moč drugih brezžičnih sistemov je dokaj konstantna. Pri vrednotenju in tolmačenju sevalnih obremenitev je zato potrebno in pomembno vedeti, o katerih sevalnih obremenitvah govorimo. Najvišje možne sevalne obremenitve bazne postaje bi nastopile le tedaj, ko bi bazna postaja delovala pri največji oddajni moči in polni zasedenosti. Trenutne sevalne obremenitve pa predstavljajo trenutno obremenjenost okolja z EMS zaradi vseh virov, tako baznih postaj kot ostalih virov.

Na slikah S 16 do S 19 so predstavljeni prispevki posameznih frekvenčnih območij k skupnim sevalnim obremenitvam v večjih mestih, krajih, na podeželju ter za vseh 60 izvedenih meritev. Vsi podatki so zbrani tudi v tabeli T 8.

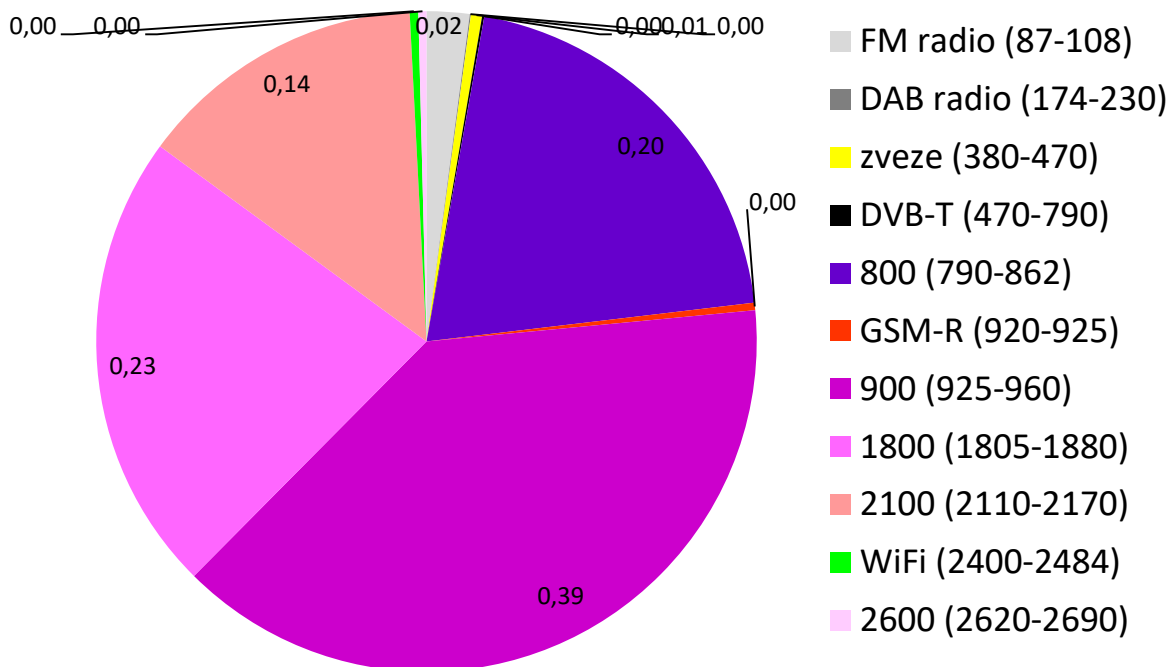
T 8: Prispevek posameznega frekvenčnega območja k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam v odstotkih sevalnih obremenitev za različne tipe okolja (večja mesta, kraji, podeželje, vsa okolja skupaj).

frekvenčno območje	večja mesta [%]	kraji [%]	podeželje [%]	vsaj okolja skupaj [%]
FM radio (87-108)	2,1	0,6	6,1	2,4
DAB radio (174-230)	0,1	0,1	0,1	0,1
zveze (380-470)	0,5	0,0	0,1	0,3
DVB-T (470-790)	0,1	0,7	1,4	0,5
800 (790-862)	20,3	30,0	33,3	25,5
GSM-R (920-925)	0,4	0,1	0,1	0,2
900 (925-960)	38,9	56,6	45,6	45,2
1800 (1805-1880)	22,6	8,3	11,1	16,4
2100 (2110-2170)	14,1	3,5	2,2	8,8
WiFi (2400-2484)	0,4	0,0	0,0	0,2
2600 (2620-2690)	0,4	0,0	0,0	0,2
vsi prispevki	100,0	100,0	100,0	100,0

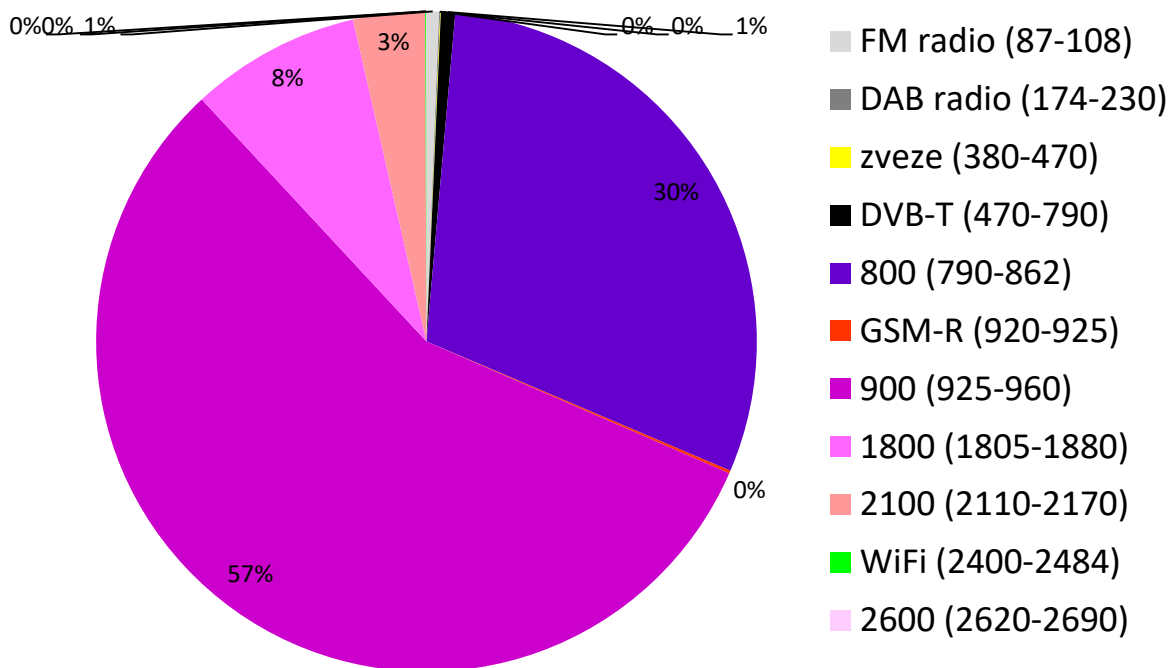
K skupnim sevalnim obremenitvam najpomembneje prispevajo bazne postaje v 900 MHz frekvenčnem pasu, ki skupno prispevajo približno polovico povprečnih skupnih sevalnih obremenitev (v večjih mestih 39 odstotkov, v krajih 57 odstotkov in za podeželju 46 odstotkov, skupno povprečje 45 odstotkov). Sledijo bazne postaje v 800 MHz območju, ki skupno prispevajo približno četrtno povprečnih skupnih sevalnih obremenitev (v večjih mestih 20 odstotkov, v krajih 30 odstotkov in za podeželju 33 odstotkov, skupno povprečje 26 odstotkov). Ta dva sistema skupaj tako prispevata približno tri četrtnine povprečnih sevalnih obremenitev, dodatnih 15 odstotkov pa prispevajo še bazne postaje v 1800 MHz frekvenčnem območju (v večjih mestih 23 odstotkov, v krajih 8 odstotkov in za podeželju 1 odstotkov, skupno povprečje 16 odstotkov). Prispevki baznih postaj v frekvenčnem območju 2100 MHz se znatno razlikujejo glede na okolje. V večjih mestih prispevajo 14 odstotkov skupnih povprečnih sevalnih obremenitev, v krajih 4 odstotke in na podeželju le 2 odstotka ali kar 7 krat manj kot v večjih mestih. Bazne postaje v 2100 MHz območju



so zlasti nameščene v gosto poseljenih območjih za zagotavljanje dovolj velikih govornih in podatkovnih zmogljivosti omrežja. Podobno velja tudi za bazne postaje v 2600 MHz območju, ki se izključno umeščajo v urbana središča ali druge lokacije z velikim številom uporabnikov (športne dvorane, razstavišča...). Zato te bazne postaje le v večjih mestih prispevajo k skupnim sevalnim obremenitvam (0,4 odstotka skupnih povprečnih sevalnih obremenitev), v krajih in na podeželju je njihov prispevek zanemarljiv.

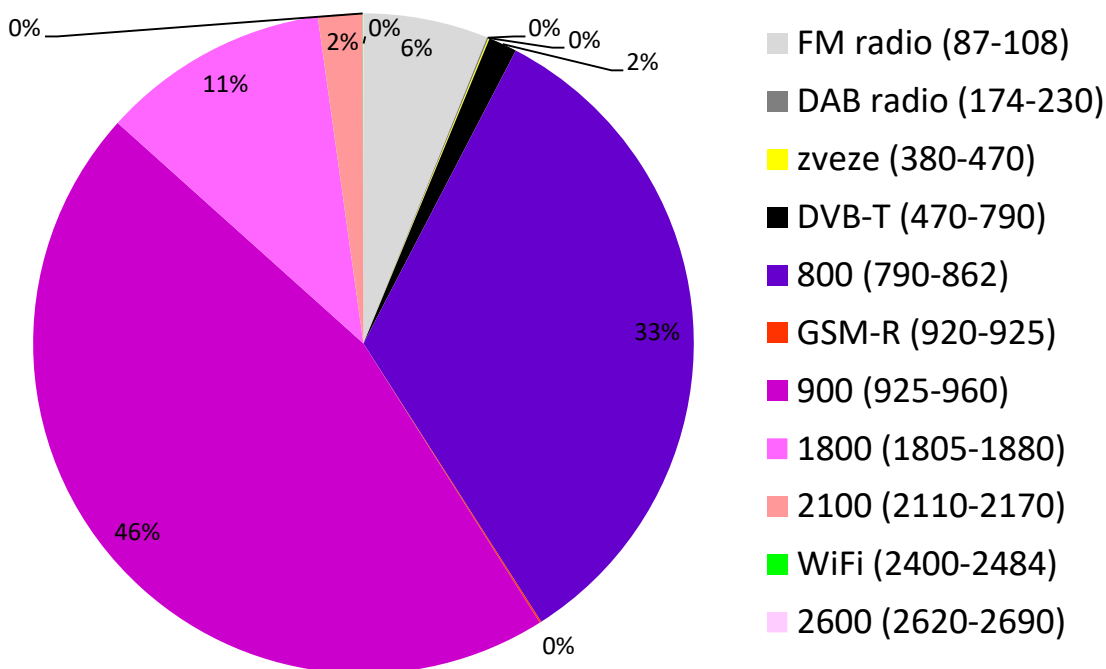


S 16: Prispevek posameznih frekvenčnih območij k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam za večja mesta.

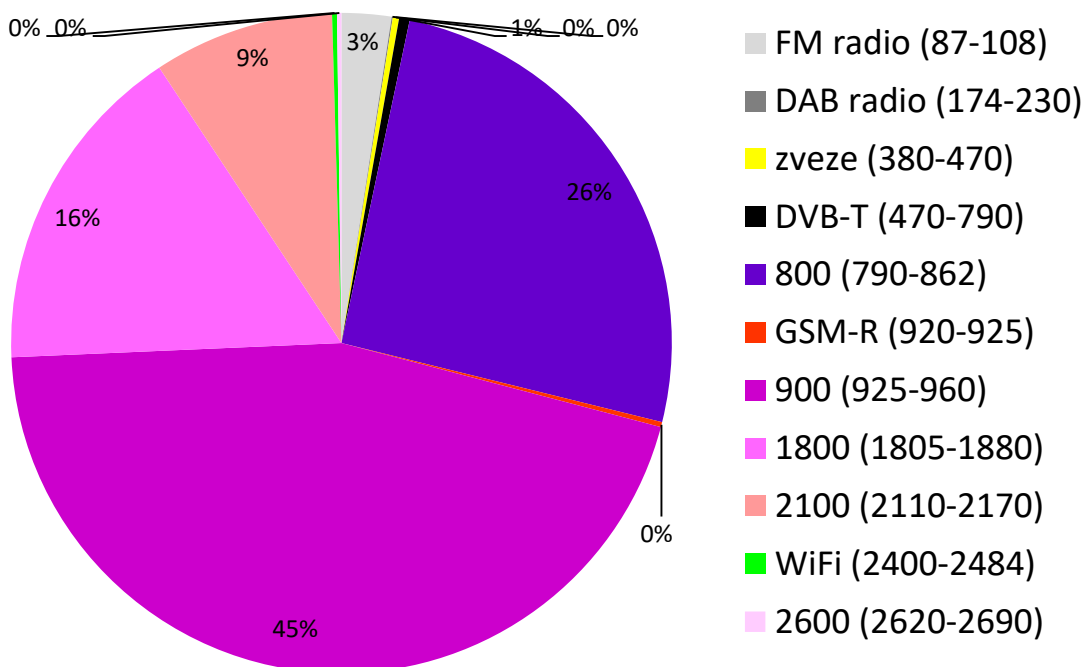


S 17: Prispevek posameznih frekvenčnih območij k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam za kraje.

Razen mobilne telefonije, ki prispeva skupno več kot 90 odstotkov skupnih povprečnih sevalnih obremenitev, zaznavno prispevajo tudi FM radijski oddajniki (v večjih mestih 2 odstotka, v krajih 1 odstotek in za podeželju 6 odstotkov, skupno povprečje 2 odstotka), prispevki zvez, DVB-T, GSM-R in WiFi so velikostnega razreda 1 odstotek ali manj.



S 18: Prispevek posameznih frekvenčnih območij k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam za podeželje.



S 19: Prispevek posameznih frekvenčnih območij k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam za vsa okolja skupaj (vseh 60 izvedenih meritev).



4 Zaključek

Meritve visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj na širšem območju Slovenije so pokazale, da so sevalne obremenitve na vseh izmerjenih lokacijah nizke in precej pod mejnimi vrednostmi za I. območje varstva pred sevanji, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju [1]. Najvišja izmerjena vrednost skupnih sevalnih obremenitev je znašala približno **7 odstotkov dovoljenih mejnih vrednosti** za I. območje **v mestih, 6 odstotkov v krajih in 2 odstotka na podeželju**, povprečna vrednost sevalnih obremenitev pa je bila v vseh mikro okoljih pod **2 odstotkoma mejnih vrednosti**.

Glavne značilnosti izvedene študije so:

- Tipične skupne sevalne obremenitve zaradi delovanja brezžičnih sistemov so nizke v vseh mikro okoljih. Za vseh 60 izvedenih meritev znašajo skupne povprečne sevalne obremenitve 1,06 odstotka mejnih vrednosti za I. območje.
- Skupne sevalne obremenitve so najvišje v večjih mestih, nižje v krajih in najnižje na podeželju. Za večja mesta znašajo skupne povprečne sevalne obremenitve 1,67 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 0,91 odstotka in za podeželje 0,60 odstotka.
- Znatno višje skupne povprečne sevalne obremenitve v večjih mestih so posledica večje gostote različnih virov, ki so prisotni v urbanih območjih, zlasti velikih mestih. Predvsem so to baze postaje mobilne telefonije.
- Od vseh frekvenčnih pasov oziroma tehnologij k skupnim povprečnim sevalnim obremenitvam v vseh tipih okolja največ prispevajo **bazne postaje v 900 MHz frekvenčnem pasu**. V večjih mestih te baze postaje prispevajo 39 odstotkov povprečnih skupnih sevalnih obremenitev, v krajih 57 odstotkov in za podeželju 46 odstotkov.
- Vsi sistemi baznih postaj v frekvenčnih pasovih 800, 900, 1800, 2100 in 2600 MHz skupaj prispevajo v vseh tipih okolja **več kot 90 odstotkov k skupnim sevalnim obremenitvam**. V večjih mestih te baze postaje prispevajo 96 odstotkov povprečnih skupnih sevalnih obremenitev, v krajih 98 odstotkov in za podeželju 92 odstotkov.
- Pri vseh sistemih baznih postaj so sevalne obremenitve v večjih mestih znatno višje kot na podeželju. V frekvenčnem območju 800 MHz je ta razlika najmanjša, saj v večjih mestih znašajo sevalne obremenitve 0,34 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 0,27 odstotka in za podeželje 0,20 odstotka. Baze postaje v 800 MHz območju imajo boljše pokrivanje s signalom, zato se pogosto nameščajo na podeželju, zato je njihov prispevek na podeželju primerljiv tistemu v urbanih območjih.
- Pri WiFi omrežjih je opazna razlika med sevalnimi obremenitvami v večjih mestih in tistimi v manjših krajih in na podeželju. Za večja mesta znašajo povprečne sevalne obremenitve WiFi-ja 0,007 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 0,0004 odstotka in za podeželje 0,0001 odstotka. Sicer so vse vrednosti zelo majhne, so pa v večjih mestih znatno višje kot na podeželju. To je pričakovano, saj se javna WiFi omrežja, ki povzročajo sevalne obremenitve v okolju, običajno nameščajo v večjih mestih in le izjemoma v krajih ali na podeželju, WiFi omrežja, ki se nahajajo znotraj stavb, pa zanemarljivo malo prispevajo k sevalnim obremenitvam v okolju.
- Tudi trenutne najvišje vrednosti so v vseh mikro okoljih bistveno nižje od mejnih vrednosti za I. območje. Za večja mesta znašajo skupne najvišje trenutne sevalne obremenitve 6,51 odstotka mejnih vrednosti za I. območje, za kraje 5,32 odstotka in za podeželje 2,12 odstotka.

Pred postavitvijo virov EMS v prostor je potrebno izdelati oceno sevalnih obremenitev okolja, medtem ko je med testnim obratovanjem baze postaje potrebno izvesti prve meritve EMS s strani pooblaščenih organizacij. To je minimalna zakonska zahteva za nadzor nad sevalnimi obremenitvami baznih postaj in drugih brezžičnih sistemov, ki se umeščajo v prostor.

Medtem ko sevalne obremenitve neposredno pred bazno postajo na višini anten lahko presegajo mejne vrednosti, pa so na človeku dostopnih mestih pričakovane sevalne obremenitve daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi in dosežajo le nekaj odstotkov mejne vrednosti glede na stroge mejne vrednosti uredbe za I. območje.



5 Priloga (rezultati meritev)

T 9: Izmerjene vrednosti električnega polja (zgoraj) in izpostavljenosti v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji (spodaj) za tip okolja večja mesta.

Zap. št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GKY	404787	520660	520523	549935	550069	450969	451106	462262	468233	464170	462816	462133	451214	549411	549382	460981	459797	459654	462517	462372
GKX	46148	122250	122219	157661	157571	122957	122946	102056	101149	97366	104360	100554	120724	156029	155980	100495	103498	102926	103039	100879
Lokacija	Koper	Celje	Celje	Maribor	Maribor	Kranj	Kranj	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Kranj	Maribor	Maribor	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana
frekvenčno območje	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]
FM radio (87-108)	0,14	0,55	0,14	0,13	0,09	0,08	0,07	0,17	0,03	0,04	0,06	0,18	0,13	0,17	0,10	0,09	0,03	0,06	0,04	0,11
DAB radio (174-230)	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
zveze (380-470)	0,34	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,06	0,01	0,02	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
DVB-T (470-790)	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,07	0,02
800 (790-862)	0,17	0,04	0,03	0,74	0,06	0,76	0,92	0,69	0,33	1,03	0,52	0,05	0,61	0,05	0,08	0,04	0,12	2,27	0,08	0,72
GSM-R (920-925)	0,35	0,01	0,02	0,01	0,09	0,00	0,00	0,11	0,04	0,09	0,01	0,04	0,07	0,06	0,08	0,02	0,01	0,02	0,01	0,19
900 (925-960)	0,13	1,46	1,20	0,08	0,79	0,14	0,19	1,20	0,60	1,70	0,77	1,33	0,83	1,52	0,70	0,32	1,16	1,59	0,93	1,63
1800 (1805-1880)	0,11	1,21	1,77	0,35	1,30	0,78	0,86	1,61	0,31	0,51	0,84	1,19	0,68	2,35	0,77	0,60	1,35	1,27	0,92	1,13
2100 (2110-2170)	0,12	0,77	1,03	0,17	0,57	0,43	0,52	1,12	0,39	0,67	0,66	1,28	1,01	1,62	1,05	0,37	0,91	1,94	0,91	0,61
WiFi (2400-2484)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,26	0,02	0,08	0,19	0,02	0,02	0,06	0,40	0,03	0,02	0,03	0,07	0,02	0,03	0,47	0,04
2600 (2620-2690)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,68
vsi prispevki	0,58	2,12	2,38	0,85	1,65	1,18	1,38	2,42	0,85	2,16	1,42	2,24	1,60	3,24	1,49	0,78	2,00	3,61	1,66	2,31
frekvenčno območje	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm
FM radio (87-108)	0,03	0,40	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
DAB radio (174-230)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zveze (380-470)	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DVB-T (470-790)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
800 (790-862)	0,02	0,00	0,00	0,37	0,00	0,39	0,58	0,32	0,08	0,72	0,19	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,01	3,51	0,00	0,35
GSM-R (920-925)	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
900 (925-960)	0,01	1,24	0,84	0,00	0,37	0,01	0,02	0,85	0,21	1,69	0,35	1,03	0,40	1,36	0,28	0,06	0,79	1,47	0,51	1,55
1800 (1805-1880)	0,00	0,44	0,94	0,04	0,50	0,18	0,22	0,78	0,03	0,08	0,21	0,42	0,14	1,65	0,18	0,11	0,55	0,48	0,25	0,38
2100 (2110-2170)	0,00	0,16	0,29	0,01	0,09	0,05	0,07	0,35	0,04	0,13	0,12	0,45	0,28	0,73	0,31	0,04	0,23	1,05	0,23	0,10
WiFi (2400-2484)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
2600 (2620-2690)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
vsi prispevki	0,30	2,25	2,10	0,44	0,99	0,65	0,90	2,36	0,36	2,63	0,88	2,00	1,11	3,78	0,79	0,22	1,57	6,51	1,06	2,56

T 10: Izmerjene vrednosti električnega polja (zgoraj) in izpostavljenosti v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji (spodaj) za tip okolja kraji.

Zap. št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GKY	513547	549607	540490	551797	523696	457001	447141	445923	553340	509310	465393	467938	601492	428574	454290	445633	431406	454095	417455	503585
GKX	124120	121367	120705	101449	120611	119098	135594	134709	152288	110778	108297	110260	164481	134373	97841	90902	100469	124693	51671	111461
Lokacija	Ložnica pri Žalcu	Rogaška Slatina	Šmarje pri Jelašah	Bistrica ob Sotli	Teharje	Vogelje	Tržič	Tržič	Miklavž na Dravskem polju	Dol pri Hrasniku	Tizin	Domžale	Turnišče	Bohinjska Bela	Brezovica	Vrhnika	Žiri	Ljubno na Gorenjskem	Kozina	Trbovlje
frekvenčno območje	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]
FM radio (87-108)	0,02	0,05	0,03	0,02	0,04	0,08	0,15	0,02	0,10	0,02	0,04	0,07	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,13	0,09	0,05
DAB radio (174-230)	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
zveze (380-470)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
DVB-T (470-790)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,12	0,04	0,03	0,02	0,03	0,06	0,03	0,23	0,04	0,02	0,13	0,12	0,02	0,02
800 (790-862)	0,03	0,12	1,74	0,44	0,01	0,40	0,19	0,17	0,72	0,02	1,76	0,30	0,01	0,36	0,02	0,06	0,16	0,01	0,73	0,26
GSM-R (920-925)	0,00	0,01	0,15	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,12	0,02
900 (925-960)	0,55	0,64	2,23	2,11	0,28	0,65	0,43	0,55	1,44	0,91	1,10	0,37	0,34	0,29	0,39	0,22	0,26	0,93	0,80	0,36
1800 (1805-1880)	0,15	0,66	1,02	0,02	0,46	0,03	0,25	0,97	0,96	0,31	0,27	0,39	0,17	0,69	0,02	0,55	0,09	0,44	0,08	0,29
2100 (2110-2170)	0,20	0,28	0,28	0,74	0,38	0,20	0,20	0,71	0,15	0,18	0,56	0,26	0,15	0,15	0,01	0,32	0,05	0,43	0,13	0,20
WiFi (2400-2484)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,14	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2600 (2620-2690)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vsi prispevki	0,61	0,97	3,02	2,28	0,66	0,80	0,60	1,34	1,89	0,99	2,17	0,68	0,41	0,87	0,40	0,68	0,34	1,12	1,11	0,57
frekvenčno območje	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm
FM radio (87-108)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
DAB radio (174-230)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zveze (380-470)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DVB-T (470-790)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
800 (790-862)	0,00	0,01	2,07	0,14	0,00	0,11	0,03	0,02	0,36	0,00	2,13	0,06	0,00	0,09	0,00	0,00	0,02	0,00	0,37	0,05
GSM-R (920-925)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
900 (925-960)	0,18	0,24	2,91	2,61	0,05	0,25	0,11	0,18	1,22	0,49	0,71	0,08	0,07	0,05	0,09	0,03	0,04	0,50	0,38	0,07
1800 (1805-1880)	0,01	0,13	0,31	0,00	0,06	0,00	0,02	0,28	0,28	0,03	0,02	0,05	0,01	0,14	0,00	0,09	0,00	0,06	0,00	0,03
2100 (2110-2170)	0,01	0,02	0,02	0,15	0,04	0,01	0,01	0,14	0,01	0,01	0,09	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,01
WiFi (2400-2484)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2600 (2620-2690)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
vsi prispevki	0,20	0,41	5,32	2,90	0,16	0,38	0,21	0,62	1,87	0,53	2,95	0,22	0,08	0,35	0,10	0,15	0,08	0,65	0,77	0,16



T 11: Izmerjene vrednosti električnega polja (zgoraj) in izpostavljenosti v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji (spodaj) za tip okolja podeželje.

Zap. št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GKY	555811	505399	580682	430580	503558	497664	452984	514858	449884	449993	494801	439802	502544	514242	474887	449296	479342	436004	400319	454443
GKX	122325	148738	170933	145670	161812	122251	110848	113879	139013	124566	119455	92115	135472	139612	114703	136686	97866	96579	133771	107537
Lokacija	Donačka gora	Raduše	Sodišinci	Javorniški Rovt	Sv. Duh - Dravograd	Vransko	Sv. Križ nad Belimi Vodami	Rečica pri Laškem	Jelendol	Kokrica	Osedek - Ločica pri Vranskem	Zaplana	Lokovica - Šoštanj	Huda luknja - Kozjak	Rafočice	Lom pod Storičem	Prežganje	Vrh Svetih Treh Kraljev - Rovte	Soča	Žlebe
frekvenčno območje	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]	E [V/m]
FM radio (87-108)	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02	0,03	0,10	0,02	0,02	0,08	0,02	0,04	0,11	0,02	0,10	0,02	0,02	0,69	0,09	0,07
DAB radio (174-230)	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
zveze (380-470)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
DVB-T (470-790)	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,10	0,04	0,22	0,04	0,02	0,07	0,03	0,02	0,06	0,18	0,02	0,03	0,17	0,07
800 (790-862)	0,31	0,16	0,46	0,34	0,17	0,39	0,73	0,09	0,94	0,34	0,78	0,90	1,12	0,37	0,04	0,56	0,61	0,26	0,38	0,09
GSM-R (920-925)	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00
900 (925-960)	0,22	0,10	0,42	0,87	0,39	0,95	0,99	0,10	1,08	0,40	0,43	0,41	1,37	0,50	0,64	0,60	1,17	0,48	0,21	0,34
1800 (1805-1880)	0,02	0,01	0,62	0,02	0,15	0,21	1,65	0,04	0,01	0,69	0,01	0,02	0,68	0,24	0,50	0,01	0,01	0,02	0,22	0,03
2100 (2110-2170)	0,02	0,01	0,10	0,02	0,25	0,18	0,77	0,04	0,01	0,38	0,24	0,01	0,15	0,01	0,05	0,01	0,01	0,13	0,01	0,02
WiFi (2400-2484)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2600 (2620-2690)	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vsi prispevki	0,38	0,20	0,89	0,94	0,52	1,06	2,20	0,16	1,45	0,96	0,92	0,99	1,91	0,67	0,83	0,84	1,32	0,89	0,53	0,37
frekvenčno območje	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm	% I.obm
FM radio (87-108)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,65	0,01	0,01
DAB radio (174-230)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zveze (380-470)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DVB-T (470-790)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,01
800 (790-862)	0,07	0,02	0,15	0,08	0,02	0,10	0,36	0,01	0,60	0,08	0,41	0,55	0,85	0,09	0,00	0,21	0,25	0,05	0,10	0,01
GSM-R (920-925)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
900 (925-960)	0,03	0,01	0,10	0,44	0,09	0,52	0,58	0,01	0,68	0,09	0,11	0,10	1,10	0,14	0,24	0,21	0,80	0,13	0,03	0,07
1800 (1805-1880)	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	0,01	0,81	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,14	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2100 (2110-2170)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,16	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WiFi (2400-2484)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2600 (2620-2690)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
vsi prispevki	0,10	0,03	0,37	0,53	0,13	0,65	1,94	0,02	1,34	0,37	0,54	0,66	2,12	0,26	0,34	0,46	1,06	0,84	0,19	0,09

6 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] Gajšek P, Ravazzani P, Wiart J, Grellier J, Samaras T, Thuróczy G. Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 25: 37-44, 2015.
- [4] Trček T, Valič B, Kotnik T, Gajšek P. Elektromagnetna sevanja v okolici baznih postaj LTE. *Elektroteh. Vestn.* 81: 39-44, 2014.
- [5] Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment. *Bioelectromagnetics* 31: 576–579, 2010.
- [6] Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. In situ LTE exposure of the general public: Characterization and extrapolation. *Bioelectromagnetics* 33: 466 – 475, 2012.
- [7] IMST. Confidence by evidence – Putting LTE to the test. IZMF, Berlin, 2013.
- [8] Gajšek P, Valič B. Brezžični sistemi in zdravje. Forum EMS, 2014.
- [9] SIST EN 50492:2009 – Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj.

