

Strokovno mnenje/Expert opinion

Št. / No.

14-212-O-Isk

Datum / Date

04-08-2014

Zadeva/Subject			Pooblastilo/Accreditation	
Sevalne obremenitve v okolici bazne postaje – določitev potrebnih odmikov zaradi EMS sevanj				
Vir / Source			Opomba / Remark	
Bazna postaja sistema GSM-R 900				
Lokacija in koordinate/ Location and coordinates			Vplivi okolja / Env. Impact	
BP Kamnje BSC ime: F1 255 koordinate (y, x) = 408554, 82093 m; z = 75 m			Niso prisotni.	
Naročnik / Ordered by			Listov / Sheets	
Iskratel d.o.o. Ljubljanska cesta 24a, 4000 Kranj			10	
Predpisi-standardi / Legislation-standards			Datum in kraj/Date&Place	
Uredba o elektromagnetnem sevanju (UL RS 70/96)			04-08-2014; Ljubljana	
Vplivno območje vira			Metoda / Method	
☒ I.vplivno območje	II. vplivno območje	obstoječi vir sevanja	meritve EMS	
☒ nov vir sevanja	rekonstrukcija	drugi viri EMS na lokaciji	☒ računski postopek	

Povzetek / Summary
Iz rezultatov strokovnega mnenja je razvidno, da so sevalne obremenitve obravnavanega vira dosti nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj na I. območju varstva pred sevanji. Na podlagi opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter predpisanih mejnih vrednosti ocenjujemo, da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi delovanja obravnavanega vira na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) NE BO PRESEGLA MEJNIH VREDNOSTI, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Oceno izdelal / Opinion preparation

Tomaž Trček univ. dipl. ing.




Odgovorna oseba / Responsible Authority

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.



1. Uvod

Pričujoče strokovno mnenje podaja vplivno območje obravnavanega vira in določa potrebne odmike med obravnavanim virom ter območji, kjer mejne vrednosti glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ne smejo biti presežene. Da bi pridobili podatke o sevalnih obremenitvah v bližini obravnavanega vira, smo s pomočjo numeričnega modeliranja izdelali oceno sevalnih obremenitev naravnega in življenjskega okolja. Rezultati sevalnih obremenitev, ki so predstavljeni v tem strokovnem mnenju, upoštevajo **najbolj neugodne razmere**, saj je pri izračunu upoštevan najbolj neugoden primer, ko obravnavani vir oddaja pri največji možni oddajni moči. Pri izdelavi strokovnega mnenja smo upoštevali vse tehnične podatke, ki jih je posredoval investitor oziroma projektanti.

2. Izhodišča za oceno sevalnih obremenitev

Izhodišče za oceno sevalnih obremenitev je Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96, v nadaljevanju uredba), ki natančno določa največje dopustne sevalne obremenitve v frekvenčnem področju od 0-300 GHz v Republiki Sloveniji. Ta uredba poleg mednarodnih smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP 1998) upošteva tudi načelo previdnosti. Slovenija je med prvimi državami na svetu, ki uvajajo dodatne strožje kriterije ter preventivne dejavnike pod mejami, ki jih določajo mednarodni standardi in smernice.

Ministrstvo za okolje in prostor se je odločilo z dodatnim preventivnim dejavnikom za nove posege v prostor zaščititi najbolj občutljiva območja (bivalno okolje, šole, vrtce, bolnišnice...). Za ta občutljiva območja (I. območje), za katere se zahteva povečano varstvo pred sevanji, veljajo 10-krat strožje omejitve kot v večini držav.

II. območje pa je tisto območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. Tu se uporablja II. stopnja varstva pred sevanjem. Mejne vrednosti za posamezna frekvenčna področja so frekvenčno odvisne in so za I. in II. območje podane v Tabeli 1.

Tabela 1 Mejne vrednosti za posamezno frekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

nosilna frekvenca (MHz)	mejna vrednost električne poljske jakosti [V/m]		mejna vrednost gostote pretoka moči [W/m ²]	
	I.območje	II.območje	I.območje	II.območje
87 – 108 (FM)	8,6	27,5	0,2	2
174 – 223 (TV VHF)	8,6	27,5	0,2	2
380 – 470 (Zveze)	8,6	27,5	0,2	2
470 – 830 (TV UHF)	12,4	39,6	0,42	4,2
925 – 956 (GSM, UMTS)	12,9	41,1	0,45	4,5
1814 – 1850 (DCS, LTE)	18,3	58,5	0,90	9,0
2110 – 2170 (UMTS)	19,0	61,4	1,0	10

Uredba določa izjeme za obstoječe vire, to je tiste vire, ki so bili v uporabi pred sprejetjem uredbe (leta 1996). Obstoječi viri, ki se nahajajo na I. območju, lahko presegajo mejne vrednosti za I. območje, ne smejo pa presegati mejnih vrednosti za II. območje. Če se v dosegu pomembnega obstoječega vira na I. območju namešča nov vir, je pri presoji novega vira potrebno obravnavati lastno emisijo novega vira glede na mejne vrednosti za I. območje, skupno obremenjenost okolja pa glede na mejne vrednosti za II. območje. Za celotni obravnavani oddajni sistem torej veljajo mejne vrednosti za II. območje, vsak nov vir pa ne sme preseči mejnih vrednosti za I. območje.

2.1. Izpostavljenost signalom različnih frekvenc

Poseben primer predstavljajo lokacije, kjer so nameščeni viri različnih frekvenc. V takem primeru je obremenitev območja s sevanjem čezmerna, če na določeni lokaciji za električno poljsko jakost,

magnetno poljsko jakost in gostoto pretoka moči kot posledice obratovanja ali uporabe več visokofrekvenčnih virov sevanja najmanj pri eni frekvenci velja:

$$\begin{aligned} \sum_i \frac{E_i}{L_{E,i}} + \sum_j \frac{H_j}{L_{H,j}} > 1 \quad 10\text{kHz} < f \leq 680\text{kHz} \\ \sum_i \left(\frac{E_i}{L_{E,i}} \right)^2 > 1 \text{ ter } \sum_j \left(\frac{H_j}{L_{H,j}} \right)^2 > 1 \quad 680\text{kHz} < f \leq 300\text{GHz} \\ \sum_i \frac{S_i}{L_{S,i}} > 1 \quad 10\text{MHz} < f \leq 300\text{GHz} \end{aligned} \quad (1)$$

kjer je:

f - frekvenca signala,

E_i - efektivna vrednost električne poljske jakosti i -tega vira oziroma i -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah,

H_j - efektivna vrednost magnetne poljske jakosti j -tega vira oziroma j -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah,

S_j - povprečna vrednost gostote pretoka moči i -tega vira oziroma i -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah,

$L_{E,i}$, $L_{H,i}$, $L_{S,i}$ - i -temu frekvenčnemu območju ustrezna mejna vrednost električne in magnetne poljske jakosti ter gostote pretoka moči.

3. Izračun sevalnih obremenitev

Numerično modeliranje in izračune elektromagnetnega sevanja smo opravili s programskim paketom EFC-400EP Electric and Magnetic Field Calculation, ki sevalne obremenitve izračuna v skladu s slovenskim standardom **SIST EN 50383**. Omenjeni standard jasno določa, na kakšen način se izračunava gostota pretoka moči v bližnjem in daljnem polju vira.

Daljno polje je polje, ki se nahaja v oddaljenosti $R = 2D^2/\lambda$ in več od vira, kjer je D največja dimenzija vira in λ valovna dolžina vira. Bližnje polje pa dodatno delimo na dve območji, in sicer na sevalno bližnje polje, ki je bolj podobno planemu valu, vendar v tem območju električno in magnetno polje nista sorazmerna ter se fazno ne ujemata, ter na reaktivno (kapacitivno ali induktivno) bližnje polje. Meja med obema bližnjima poljema je na razdalji $R = \lambda/4$.

Daljno, sevano polje, programski paket računa s pomočjo gostote pretoka moči – s tako imenovano »ray tracing« metodo. Gostota pretoka moči v poljubni točki prostora je določena na podlagi naslednje enačbe:

$$S = \sum_{\text{vseh virov}} \left(S_{\text{direktno}} - \sum_{\text{stavb}} S_{\text{zaslonjeno}} + \sum_{\text{vidnih zidov}} S_{\text{odbojev}} + \sum_{\text{stavb}} S_{\text{difuzije}} + \sum_{\text{robov}} S_{\text{uklonjena}} \right). \quad (2)$$

Kot je iz enačbe razvidno, pri tem upošteva gostoto pretoka moči zaradi neposrednega nemotenega sevanja vsakega vira (S_{direktno}), zmanjšanje gostote pretoka moči zaradi stavb, ki se nahajajo neposredno med virom elektromagnetnega sevanja in točko, kjer gostoto pretoka računamo ($S_{\text{zaslonjeno}}$), odboje sevanja na stavbah in tleh (S_{odbojev}), difuzijsko sevanje stavb (S_{difuzije}) in prispevek zaradi uklona sevanja na robovih stavb ($S_{\text{uklonjena}}$).

Pri računanju bližnjega polja programski paket uporablja segmentacijsko metodo oziroma sintetični model.

Pri izračunu sevalne obremenitve v okolici obravnavanega vira upoštevamo:

- lego (x, y, z) in orientacijo (azimut, naklon) oddajnih anten,
- sevalni diagram oddajnih anten z upoštevanjem frekvenčnega območja,
- oddajne moči, slabljenje konektorjev, združevalnikov in kablov (glavnega in povezovalnih) v posamezni veji do antene, ki je odvisno od frekvence in dolžine kabla,
- v primeru baznih postaj število TRU na sektor.

4. Predstavitev vira

Tehnični podatki o obravnavanem viru so bili posredovani s stani investitorja oziroma naročnika, in se nahajajo v tabeli 2 in 3. Antene so nameščene na antenskem stolpu.

Gauss-Krugerjeve koordinate obravnavanega vira (y, x): 408554, 82093.

Nadmorska višina: 75 m.

Tabela 2: Tehnični podatki o obravnavanem viru.

Celica	Frekvenca [MHz]	Tip antene	Azimut [°]	Naklon [°]	Višina [m]	Št. TRU	P _{max} / TRU [W]
GSM-R 1	947	K80010203v2	90	0	30	1	60
GSM-R 2	947	K80010203v2	275	0	30	1	60

Tabela 3: Skupno slabljenje ter izsevana moč.

Celica	Skupno slabljenje v kablji, konektorjih in razdruževalniku [dB]	P _{max} [W]
GSM-R 1	1,00	47,7
GSM-R 2	1,00	47,7

Tabela 4: Podatki o slabljenju uporabljenih kablov pri impedanci 50 Ω.

Frekvenca [MHz]	slabljenje koaksialnega kabla [dB / 100 m]		
	AVA7-50 (1 5/8")	VXL5-50 (7/8")	1/2"
950	2,2	4,3	11
1800	3,1	6,2	17
2150	3,4	6,9	18

Podatki o kablji so povzeti po (5)

Tabela 5: Tehnični podatki o uporabljenih antenah (4).

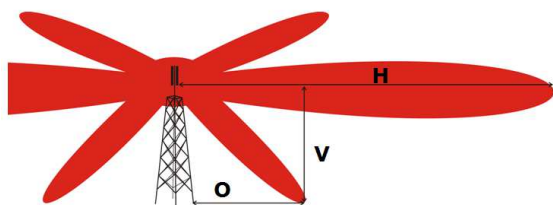
Antene	K 800-10203v2
dobitek (G) 900 MHz 1800 MHz 2150 MHz	16,9 dBi
impedanca	50 ohm
polarizacija	X
višina odprtine antene (L)	1,934 m
horizontala širina snopa (-3dB) 900 MHz 1800 MHz 2150 MHz	65°
vertikala širina snopa (-3dB) 900 MHz 1800 MHz 2150 MHz	8,9°

5. Rezultati

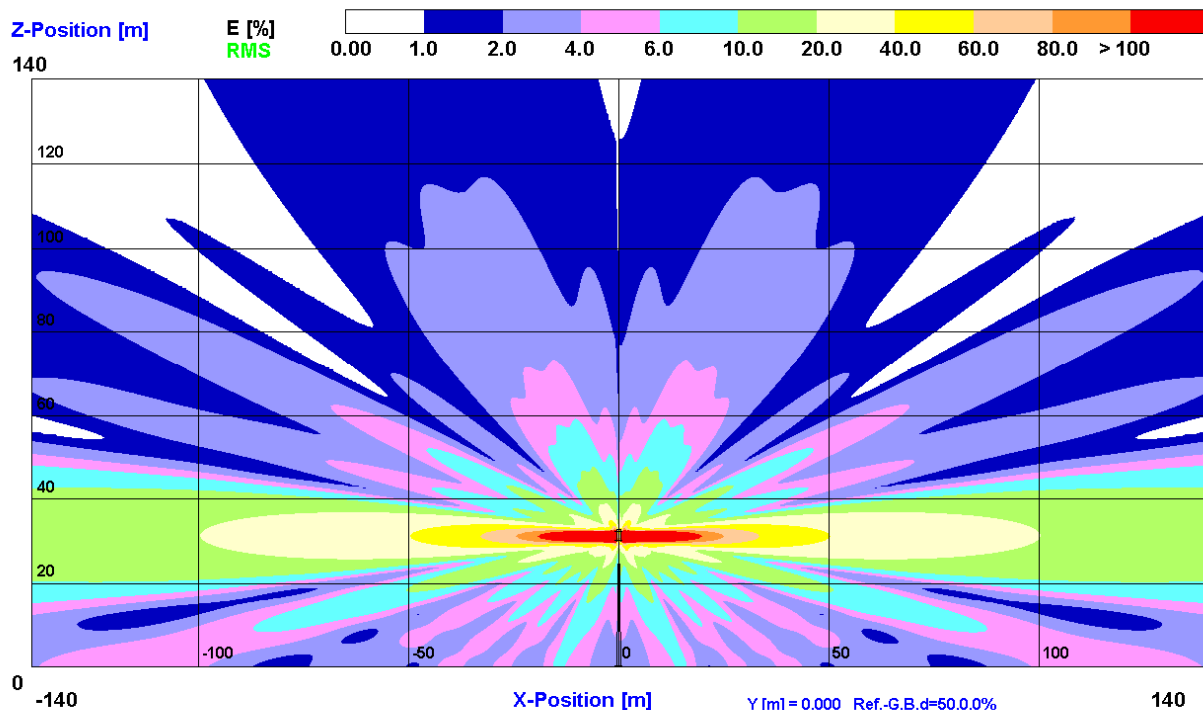
Računski postopek, ki obravnava najslabši možni primer v smislu največjih sevalnih obremenitev je pokazal, da že sorazmerno majhen odmik iz glavnega snopa antene pomeni veliko zmanjšanje sevalnih obremenitev. V neposredni bližini anten obravnavanega vira lahko sevalne obremenitve v glavnem snopu sevalne karakteristike antene presežejo mejne vrednosti. Oddaljenost od antene, na kateri so lahko mejne vrednosti glede na uredbo za I. območje presežene, je odvisna od sevalne moči v določen prostorski kot, vrste antene ter drugih faktorjev. To območje je predstavljeno v tabeli 6.

Območje, kjer lahko v najbolj neugodnem primeru (polna obremenitev) antenskega sistema pričakujemo čezmerne sevalne obremenitve, je različno za vsako konfiguracijo posebej. Potrebno je poudariti, da je to samo v tisti smeri, kamor je usmerjen glavni snop sevalnega diagrama antene. Zaradi svojega sevalnega diagrama usmerjene sektorske antene oddajajo v druge smeri prostora s svojega zadnjega, vrhnjega, spodnjega ali stranskega dela več kot stokrat nižje jakosti elektromagnetnih signalov, kar je razvidno tudi iz slik v nadaljevanju.

Tabela 6: Vplivno območje - največji horizontalni in vertikalni odmiki ob upoštevanju sevalne obremenitve zaradi delovanja bazne postaje.

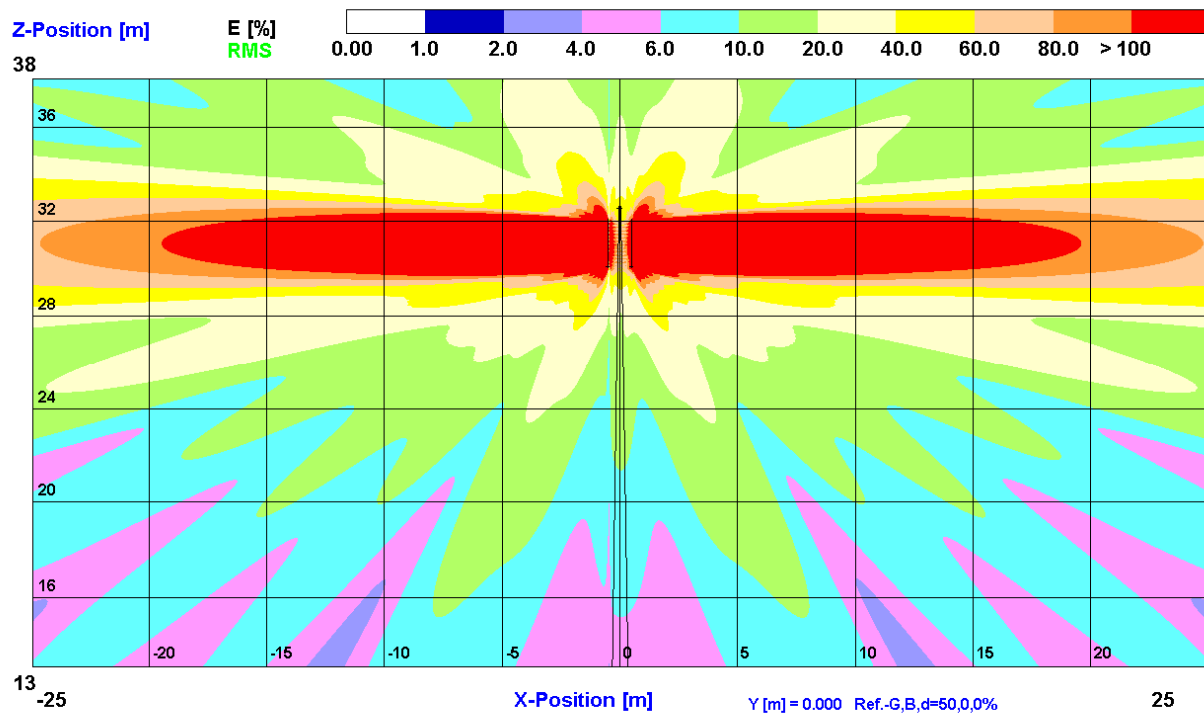


Horizontalni odmik H v višini anten	
Horizontalni odmik O na višini 1 m	
Vertikalni odmik V	

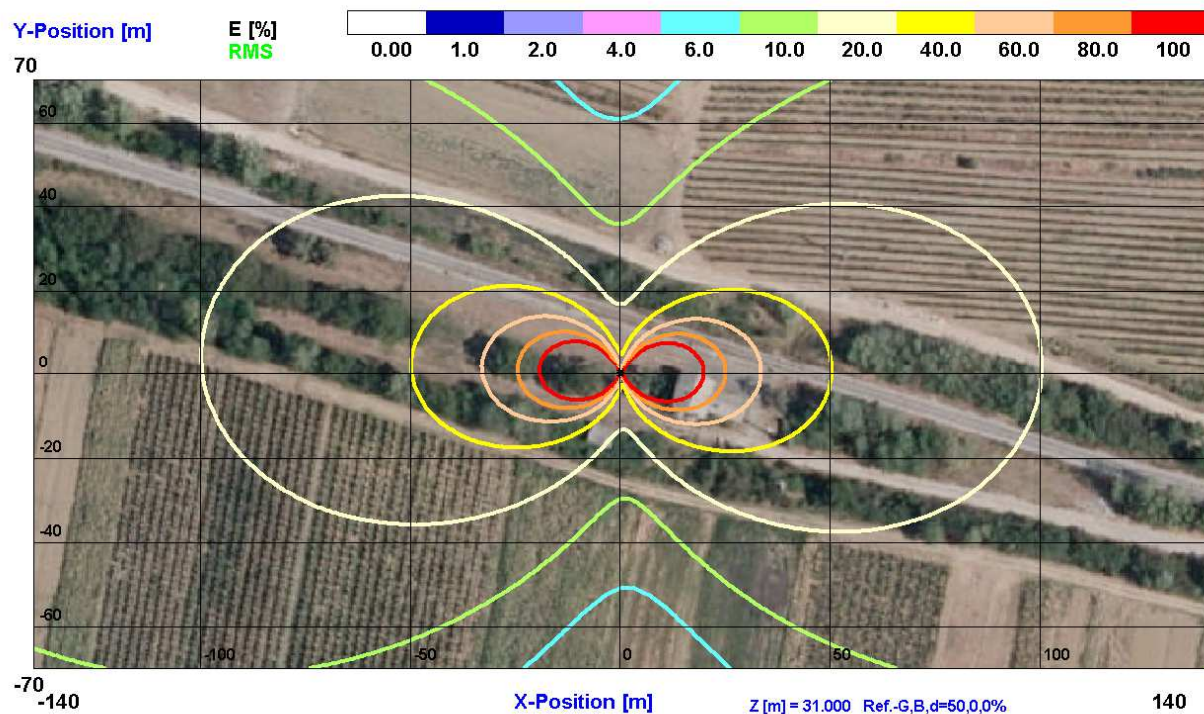


Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, št. 70/96)

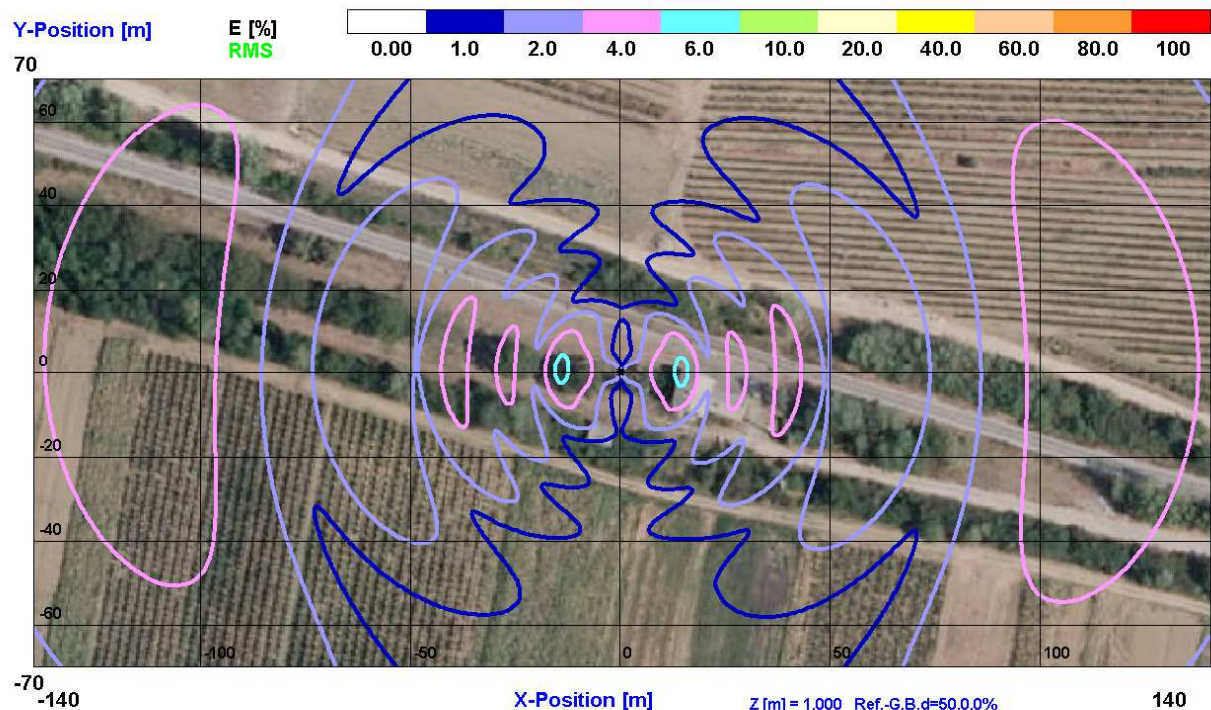
Slika 1: Vertikalni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče antene z azimutom 90°. Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti, ki jo določa uredba o EMS (UI RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji.



Slika 2: Detajl slike 1 zgolj v okolici anten. Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost določena z uredbo o EMS (UI RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji.



Slika 3: Horizontalni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče anten (višina 31 m). Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost določena z uredbo o EMS (UI RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji.



Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, št. 70/96)

Slika 4: Horizontalni prerez električnega polja v ravnini 1 meter nad tlemi. Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti, ki jo določa uredba o EMS (UI RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji.

6. Zaključna ocena sprejemljivosti predvidenega posega na okolje

Obravnavani vir je bil ocenjen z vidika sprejemljivosti zaradi obremenjevanja okolja z elektromagnetnimi sevanji. Pri izračunu je upoštevan najbolj neugoden primer, ko obravnavani vir oddaja pri največji možni moči.

Po pregledu predložene projektne dokumentacije za navedeno lokacijo je bilo ugotovljeno, da so vsi dejanski vertikalni (V) ter horizontalni (H) odmiki med antenami obravnavanega vira ter človeku dostopnimi lokacijami na I. območju varstva pred elektromagnetnimi sevanji **večji** od zahtevanih glede na uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Iz rezultatov numeričnega izračuna ter pregleda projektne dokumentacije je razvidno, da so sevalne obremenitve na človeku dostopnih mestih na I. območju ob upoštevanju najbolj neugodnega primera **pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi**, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za nove vire elektromagnetnih sevanj.

Ker so antene obravnavanega vira nameščene na višinah nad 10 m nad tlemi, so sevalne obremenitve na človeku dostopnih mestih (na nivoju 1,5 m nad tlemi) **več kot velikostni razred nižje** od dopustnih mejnih vrednosti glede na uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Na podlagi:

- upoštevanja najbolj neugodnega primera glede sevalnih obremenitev
- opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter
- predpisanih mejnih vrednosti ter določil uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju

ocenjujemo

da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi delovanja obravnavanega vira na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) **NE BO PRESEGLA MEJNIH VREDNOSTI**, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

7. Priporočila

Omenjeno strokovno mnenje velja samo za navedeno konfiguracijo obravnavanega vira v tem mnenju. V primeru, da se spremeni katerakoli komponenta obravnavanega vira ali se nadgradi z dodatnimi sistemom, je potrebno oceno ter strokovno mnenje izdelati na novo.

Za potrditev analitično določenih odmikov priporočamo izvedbo meritev EMS v neposredni okolici obravnavanega vira. Tako izvedene meritve bodo verodostojno potrdile izračun sevalnih obremenitev.

Nepooblaščen osebni dostop v ožje vplivno območje vira sevanja (v območje oddajnih anten, določeno v tem strokovnem mnenju).

V primeru dostopa pooblaščen osebe, ki izvaja določena vzdrževalna dela znotraj varovanega območja, pa je potrebno anteno izključiti ali pa osebi omogočiti uporabo osebnih zaščitnih sredstev.

8. Literatura

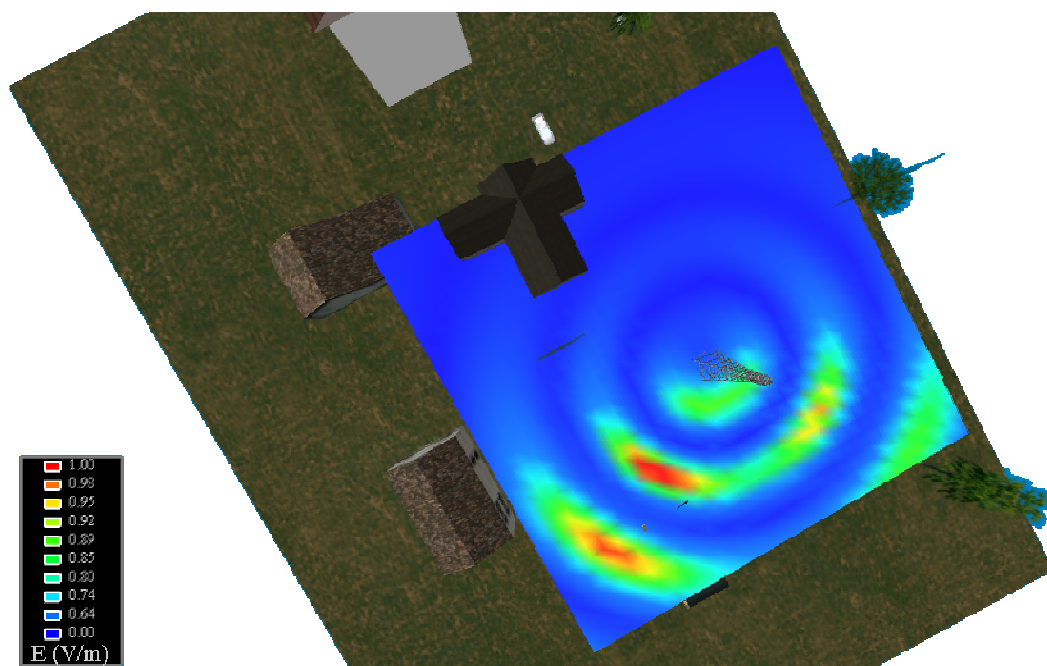
1. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/96
2. SIST EN 50383 (2002): Basic standard for the calculation and measurement of human exposure to electromagnetic fields from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110-40000 MHz)
3. SIST EN 50384 (2002) - Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic field
4. Technical data sheet Kathrein (2002): Tehnični podatki o antenah baznih postaj, Katalog Kathrein; <http://www.kathrein.de>
5. Technical data sheet Andrew (2004): Tehnični podatki o koaksialnih kablji, Katalog Andrew; <http://www.andrew.com>

9. PRILOGA

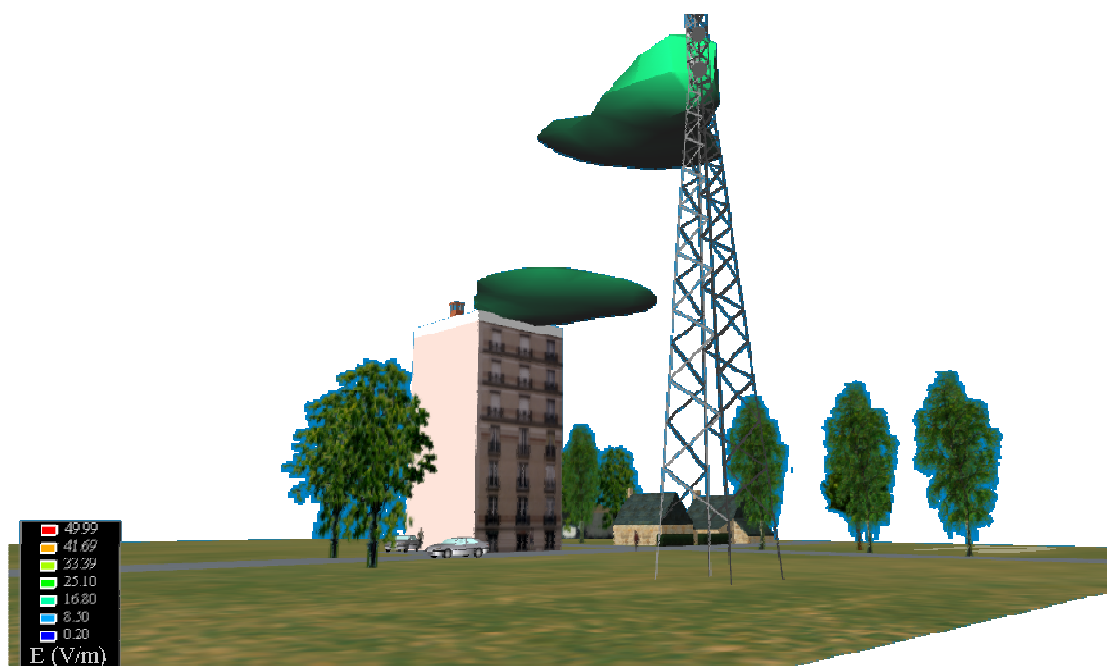
Mesto za postavitev antene bazne postaje mora biti izbrano tako, da človek nima dostopa na območje, na katerem so mejne vrednosti glede na uredbo o EMS lahko čezmerne. Uredba o EMS ob upoštevanju dodatnega preventivnega dejavnika določa, da se anten baznih postaj ne sme graditi znotraj določenih oddaljenosti od objektov posebnih določil - I. območje varstva pred sevanji, ki vključuje bivalno okolje, šole, vrtce, bolnišnice, itd. Če se antena dvigne na visok stolp, navadno niso potrebne nobene dodatne oddaljenosti.

Pred izdajo uporabnega dovoljenja pa mora investitor za vsako bazno postajo, ki je vir sevanja pridobiti prve meritve s strani pooblaščen inštitucije, s katerimi se natančno ugotovijo sevalne obremenitve naravnega in življenjskega okolja.

Bazne postaje mobilne telefonije so navadno nameščene na strehah stavb ali samostojećih stolpih, visokih od 15 do 50 metrov. Glede na število posredovanih telefonskih klicev so med seboj lahko oddaljene od nekaj sto metrov v velikih mestih do več kilometrov na podeželju. Sevalne obremenitve posamezne bazne postaje so različne in odvisne od števila sočasnih telefonskih klicev ter oddaljenosti klicatelja od bazne postaje.



Slika P1: Sevalne obremenitve v okolici anten bazne postaje, ki pokriva dva sektorja, se na nivoju 1,5 m nad tlemi krajevno zelo spreminjajo. Območja višjih in nižjih sevalnih obremenitev nihajo podobno, kot vržen kamen vzvalovi mirno gladino jezera. Iz slike je razvidno, da se jakost linearno ne povečuje s približevanjem oddajni anteni na nivoju 1,5 m nad tlemi.



Slika P2: Tipične sevalne obremenitve v okolici anten baznih postaj. Kontura predstavlja območje sevalnih obremenitev, znotraj katerega se glede na uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) zahteva povečano varstvo pred sevanji. Na človeku dostopnih mestih na nivoju tal so sevalne obremenitve navadno več kot 10-krat nižje od dovoljenih mejnih vrednosti.



Slika P3: Vplivno območje (električna poljska jakost v V/m) v okolici bazne postaje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju (UL RS 70/96) ter priporočila EU za prebivalstvo. Iz obeh slik je natančno razvidno, da se za isto konfiguracijo bazne postaje v Sloveniji zaradi 10-krat nižje mejne vrednosti na I.območju varstva pred EMS zahteva večje vplivno območje kot pa v drugih državah članicah EU, kjer se upoštevajo priporočila EU.