

# Strokovno mnenje/Expert opinion

Št. / No.

17-052-O-Sim

Datum / Date

10-02-2017

|   |                     |                            |   |  |
|---|---------------------|----------------------------|---|--|
| <b>Zadeva/Subject</b>   |                     |                            | <b>Pooblastilo/Accreditation</b>                      |  |
| Sevalne obremenitve v okolici bazne postaje – določitev potrebnih odmikov zaradi EMS sevanj |                     |                            |   |  |
| <b>Vir / Source</b>   |                     |                            | <b>Opomba / Remark</b>                                |  |
| Bazna postaja mobilne telefonije GSM 900 in LTE 800 operaterja Simobil d.d.                 |                     |                            |   |  |
| <b>Lokacija in koordinate/ Location and coordinates</b>                                     |                     |                            | <b>Vplivi okolja / Env. Impact</b>                    |  |
| BP Vojsko BSC ime: NG074a<br>koordinate (y, x) = 415663, 98197 m; z = 1116 m                |                     |                            | Niso prisotni.  |  |
| <b>Naročnik / Ordered by</b>  |                     |                            | <b>Listov / Sheets</b>                                |  |
| Simobil d.d.<br>Šmartinska 134b, Ljubljana  |                     |                            | 8   |  |
| <b>Predpisi-standardi / Legislation-standards</b>   |                     |                            | <b>Datum in kraj/Date&amp;Place</b>                   |  |
| Uredba o elektromagnetnem sevanju (UL RS 70/96)   |                     |                            | 10-02-2017; Ljubljana                                 |  |
| <b>Vplivno območje vira</b>   |                     |                            | <b>Metoda / Method</b>                                |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> I.vplivno območje                                       | II. vplivno območje | obstoječi vir sevanja      | meritve EMS   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> nov vir sevanja   | rekonstrukcija      | drugi viri EMS na lokaciji | <input checked="" type="checkbox"/> računski postopek |  |

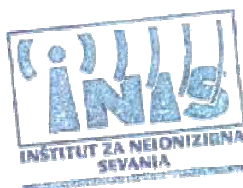
## Povzetek / Summary

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 VREDNOSTI, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.

Oceno izdelal / Opinion preparation

Tomaz Trcek 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<br>(MHz) | mejna vrednost električne poljske<br>jakosti [V/m] |            | mejna vrednost gostote pretoka<br>moči [W/m <sup>2</sup> ] |            |
|----------------------------|--|------------|--|------------|
|                            | 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:

$$\sum_i \frac{E_i}{L_{E,i}} + \sum_j \frac{H_j}{L_{H,j}} > 1 \quad 10\text{kHz} < f \leq 680\text{kHz}$$

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

$$\sum_i \frac{S_i}{L_{S,i}} > 1 \quad 10\text{MHz} < f \leq 300\text{GHz}$$
(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  $\lambda$  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 ( $S_{\text{direktno}}$ ), 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 ( $S_{\text{odbojev}}$ ), difuzijsko sevanje stavb ( $S_{\text{difuzije}}$ ) 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/CDMA 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): 415663, 98197.

Nadmorska višina: 1116 m.

**Tabela 2:** Tehnični podatki o obravnavanem viru.

| Celica       | Frekvenca [MHz] | Tip antene | Azimet [°] | Naklon [°] | Višina [m] | Št. TRU/CDMA* | $P_{max}$ / TRU/CDMA* [W] |
|--------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|---------------|---------------------------|
| <b>GSM 1</b> | 947             | K80010668  | 140        | 0          | 28         | 1             | 40                        |
| <b>GSM 2</b> | 947             | K80010668  | 265        | 0          | 28         | 1             | 40                        |
| <b>GMS 3</b> | 947             | K80010668  | 340        | 0          | 28         | 1             | 40                        |
| <b>LTE 1</b> | 816             | K80010668  | 140        | 0          | 28         | 1             | 40                        |
| <b>LTE 2</b> | 816             | K80010668  | 265        | 0          | 28         | 1             | 40                        |
| <b>LTE 3</b> | 816             | K80010668  | 340        | 0          | 28         | 1             | 40                        |

\* TRU v primeru GSM sistema, CDMA v primeru UMTS sistema

**Tabela 3:** Skupno slabljenje ter izsevana moč.

| Celica       | Skupno slabljenje v kablji, konektorjih in združevalniku [dB] | $P_{max}$ [W] |
|--------------|---|---------------|
| <b>GSM 1</b> | 2,00  | 25,2          |
| <b>GSM 2</b> | 2,00  | 25,2          |
| <b>GMS 3</b> | 2,00  | 25,2          |
| <b>LTE 1</b> | 1,00  | 31,8          |
| <b>LTE 2</b> | 1,00  | 31,8          |
| <b>LTE 3</b> | 1,00  | 31,8          |

**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" |
| <b>950</b>      | 2,2  | 4,3            | 11   |
| <b>1800</b>     | 3,1  | 6,2            | 17   |
| <b>2150</b>     | 3,4  | 6,9            | 18   |

Podatki o kablji so povzeti po (5)

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

| Antene                                  | K 800-10668 |
|---|-------------|
| <b>dobitek (G)</b>                      |             |
| <b>825 MHz</b>                          | 15,9 dBi    |
| <b>950 MHz</b>                          | 16,3 dBi    |
| <b>1800 MHz</b>                         |             |
| <b>2150 MHz</b>                         |             |
| <b>impedanca</b>                        | 50 ohm      |
| <b>polarizacija</b>                     | X           |
| <b>višina odprtine antene (L)</b>       | 1,934 m     |
| <b>horizontalna širina snopa (-3dB)</b> |             |
| <b>825 Mhz</b>                          | 67°         |
| <b>950 MHz</b>                          | 63°         |
| <b>1800 MHz</b>                         |             |
| <b>2150 MHz</b>                         |             |
| <b>vertikala širina snopa (-3dB)</b>    |             |
| <b>825 MHz</b>                          | 10°         |
| <b>950 MHz</b>                          | 9,7°        |
| <b>1800 MHz</b>                         |             |
| <b>2150 MHz</b>                         |             |

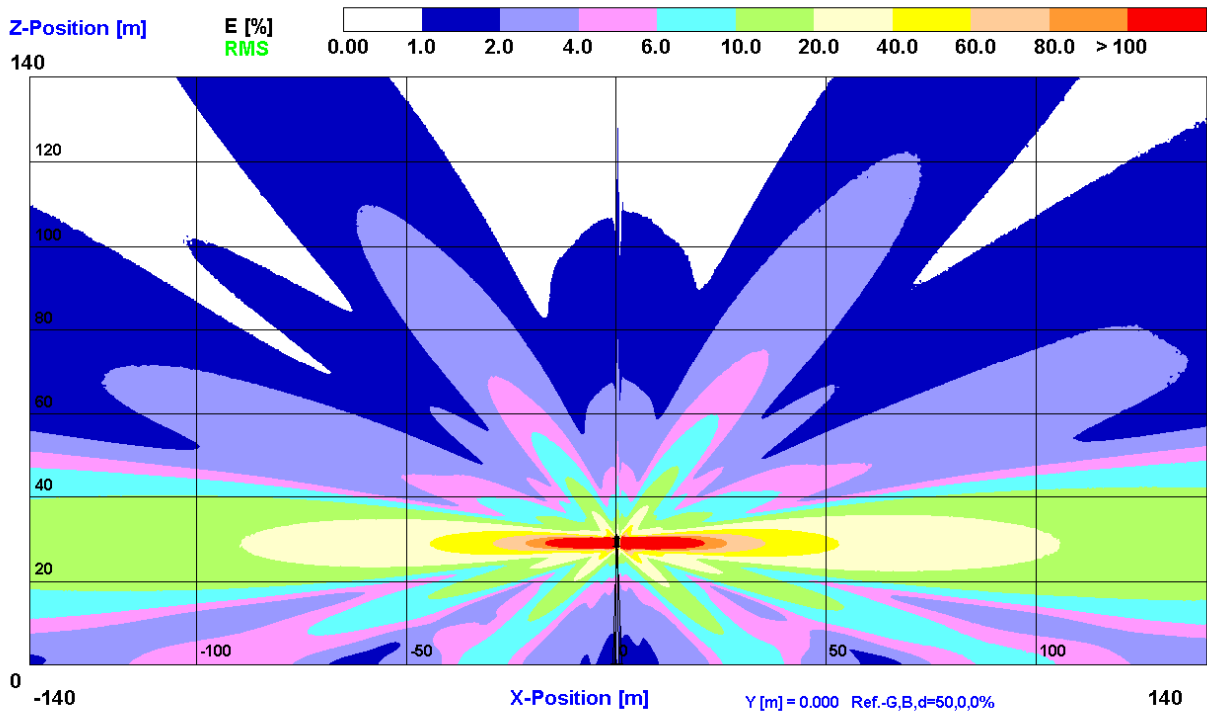
## 5. Rezultati

Računski postopek, ki obravnava najslabši možni primer v smislu največjih sevalnih obremenitev je pokazal, da že sorazmerno majhen odklik 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.

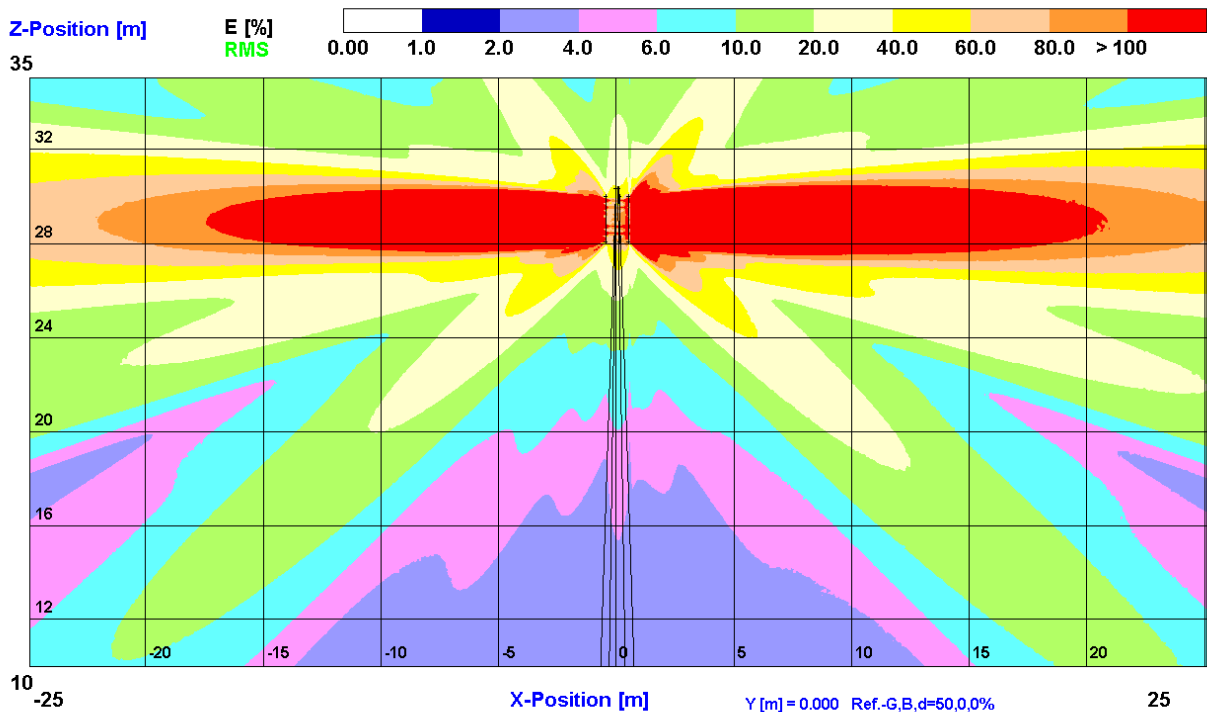
**Tabela 6:** Največji horizontalni in vertikalni odkliki ob upoštevanju sevalne obremenitve zaradi delovanja bazne postaje.

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| <b>Horizontalni odklik</b> | 20,5 m |
| <b>Vertikalni odklik</b>   | 0,9 m  |



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

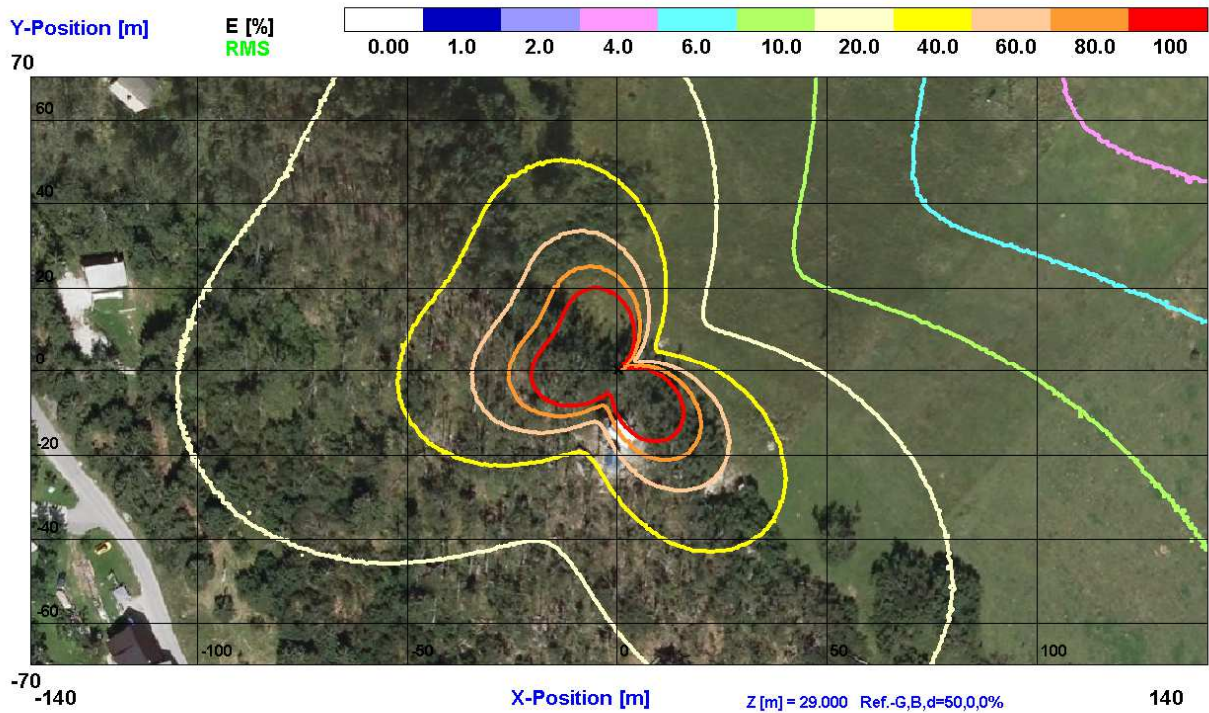
**Slika 1:** Vertikalni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče antene z azimutom  $340^\circ$ . Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.



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

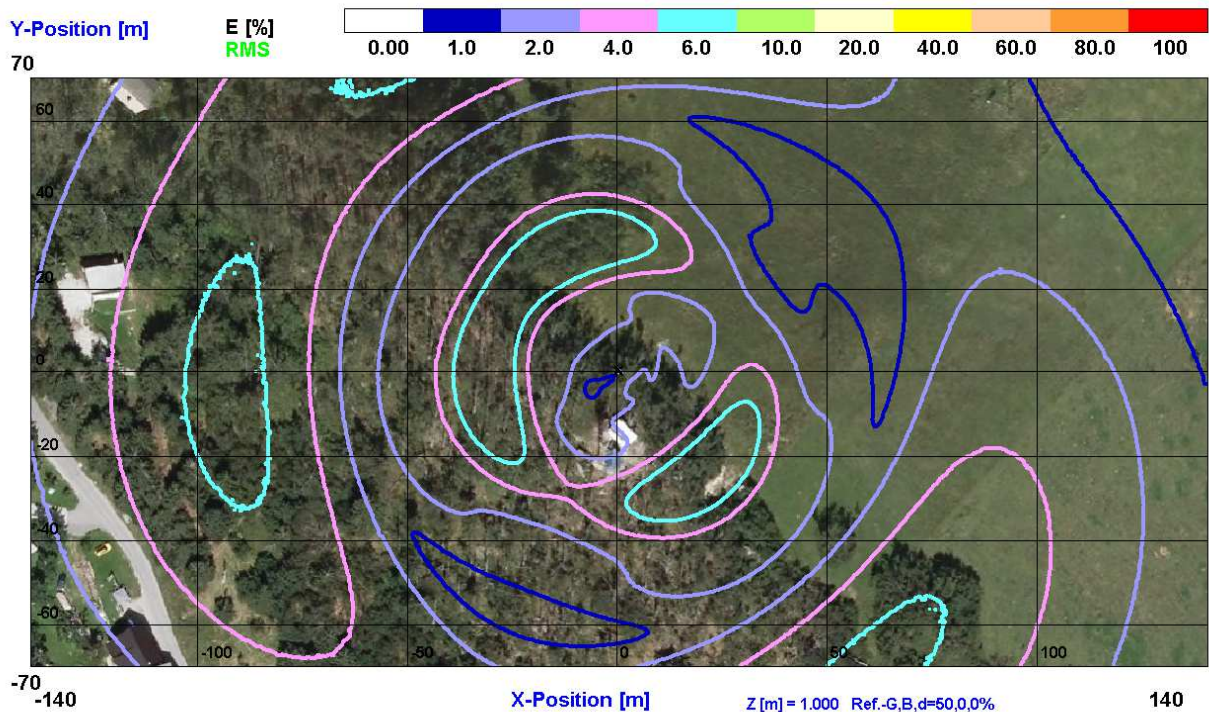
**Slika 2:** Detajl slike 1 zgolj v okolici anten. Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost.





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

**Slika 3:** Horizontalni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče anten (višina 29,0 m). Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost.



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

**Slika 4:** Horizontalni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka 1 meter nad vznožjem stolpa. Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.

## 6. Zaključna ocena sprejemljivosti predvidenega posega na okolje

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

Po pregledu predložene projektne dokumentacije za navedeno lokacijo je bilo ugotovljeno, da so dejanski vertikalni ter horizontalni odmiki med antenami obraunavanega 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 obraunavanega 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:

- 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 obraunavanega vira na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) NE BO PRESEGLA VREDNOSTI, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.

## 7. Priporočila

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

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

Nepooblašena oseba ne sme imeti dostopa v ožje vplivno območje vira sevanja (v območje oddajnih anten, določeno v tem strokovnem mnenju).

V primeru dostopa pooblašene 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 kabljih, Katalog Andrew; <http://www.andrew.com>