

ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

# TEHNOLOGIJA WiMAX IN ZDRAVJE

## Slovarček

Z besedo **uredba** označujemo uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI. RS 70/1996), ki določa mejne vrednosti za EMS. Uredba določa dve stopnji varstva pred sevanji: I. stopnjo in II. stopnjo. I. stopnja velja na **I. območju**, kjer je potrebno povečano varstvo pred sevanji: območje objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa in zdravstvenega varstva, bolnišnic, objektov namenjenih bivanju, igri in rekreaciji, javnih zelenih in rekreacijskih površin, trgovsko-poslovnostanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim, javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti in podobno.

II. stopnja varstva pred sevanjem velja za **II. območje**, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. II. območje je zlasti območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodni dejavnosti, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter vsa druga območja, ki niso določena kot I. območje.

**B** - gostota magnetnega pretoka v mikro teslih ( $\mu T$ ), ki jih v tabelah navajamo kot največje izmerjene vrednosti.

**E** - električna poljska jakost (V/m), ki jih v tabelah navajamo kot največje izmerjene vrednosti.

**Mejna vrednost**, ki je določena v uredbi, predpisuje, koliko sme biti največ obremenjeno naravno in življenjsko okolje. Mejne vrednosti omejujejo električno poljsko jakost in gostoto magnetnega pretoka v prostoru tako, da tudi v najbolj neugodnih razmerah izpostavitve vključujejo varnostni faktor 500 za I. območje ter 50 za II. območje. Mejne vrednosti za II. območje se ujemajo z evropskimi in mednarodnimi priporočenimi mejnimi vrednostmi, za I. območje pa so še strožje. Zato preseganje mejnih vrednosti ne vodi njuno k škodljivim učinkom na človeka. V primeru preseganja mejnih vrednosti je za ugotavljanje možnih škodljivih učinkov na človeka potrebno določiti **gostoto toka** v človeškem telesu (za izpostavitve nizkofrekvenčnim EMS) ter **SAR** (za izpostavitve visokofrekvenčnim EMS). Šele ti dve veličini nam podajata prave sevalne obremenitve.

**Fantom** je poenostavljen model človeškega telesa, ki se uporablja za določanje vrednosti SAR. Ker meritve SAR v človeškem telesu niso mogoče, je ena izmed možnosti, kako določiti vrednost SAR, meritev na fantomu. Fantom je zgrajen iz različnih umetnih materialov in ponavadi napolnjen s tekočino, ki nadomešča človeška tkiva. Poseben sistem robotsko krmiljenih merilnih sond nato izmeri vrednosti SAR v fantomu.

**SAR** (Specific Absorption Rate) je kratica za stopnjo specifične absorpcije, ki predstavlja merilo za količino absorbiranih visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (EMS) v telesu zaradi izpostavljenosti virom elektromagnetnega sevanja. Enota je vat na kilogram (W/kg).

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

614.875  
621.396.96:537.86

GAJŠEK, Peter, 1966-  
Elektromagnetna sevanja. Wimax in zdravje/ [besedilo Peter Gajšek]. - Ljubljana : Projekt Forum EMS, 2013

ISBN 978-961-91976-7-7  
1. Gl. stv. nasl.  
259530240

©Vse pravice pridržane. Noben del  
te knjižice ne sme biti reproduciran,  
shranjen ali z drugimi sredstvi  
tj. elektronskimi, mehanskimi, s  
fotokopiranjem, snemanjem ali kako  
drugače, brez vneprejšnjega pisnega  
dovoljenja projekta FORUM EMS®.

### Elektromagnetna sevanja tehnologije Wimax in zdravje

Izdajatelj: projekt FORUM EMS  
Besedilo: Tomaž Trček, doc.dr. Peter Gajšek, dr.Blaž Valič  
Oblikovanje: Studio Lumina; studiolumina.si  
Naklada: 1500 Izvodov  
Ljubljana, december 2013

## UVOD

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je brezžična tehnologija za širokopasovni prenos podatkov v območju do nekaj kilometrov. WiMAX ima veliko možnosti, da bo postal standardna tehnologija v zadnjem kilometru (last mile) zagotavljanja širokopasovnega dostopa, ki bo služila kot alternativa kablenskemu ali DSL dostopu.

Bazne postaje Wimax so vir **visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (VF EMS)**.

Ljudje, ki se zadržujejo ali so zaposleni v bližini baznih postaj Wimax, so zaskrbljeni zaradi morebitnih škodljivih vplivov teh sistemov na zdravje. Pomembno pa je, da razlikujemo med domnevnimi in resničnimi nevarnostmi VF EMS ter da razumemo njihovo delovanje in vpliv. Za oceno tveganja in izvedbo ukrepov varstva pred sevanji moramo poznati tudi dovoljene mejne vrednosti.

S to brošuro želimo objektivno in nepristransko informirati vse zainteresirane o vplivih EMS tehnologije WiMAX na zdravje. Poleg tega bi radi, da bi publikacija odpravila nekatere napačne predstave o možnih negativnih vplivih EMS in ponudila konkretne nasvete za varno umeščanje in delovanje tehnologije WiMAX v prostoru.

## OPIS TEHNOLOGIJE WiMAX

Kratiko WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) prevajamo kot svetovno medsebojno obratovalnost mikrovalovnega dostopa. Ime je nastalo pod okriljem WiMAX Foruma (<http://www.wimaxforum.org>), ki je bil ustanovljen z namenom promocije in zagotavljanja medsebojne skladnosti po standardu IEEE 802.16, bolj znanem kot WirelessMAN.

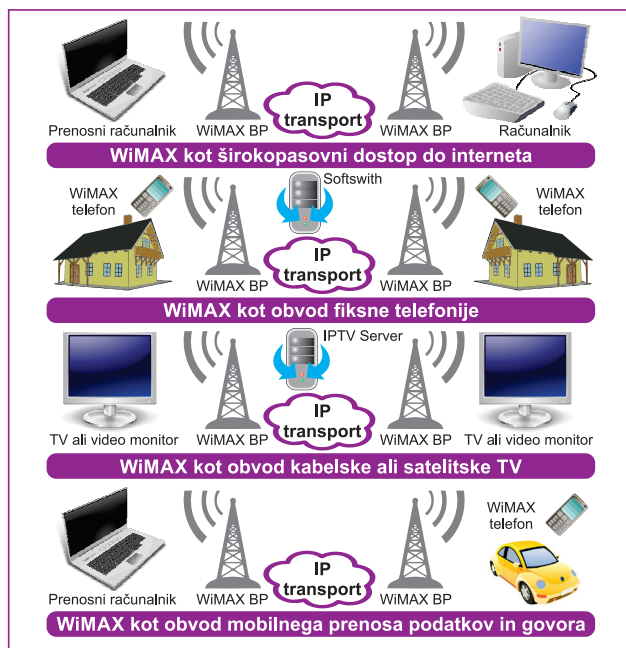
Nastanku WiMAX je botrovalo predvsem dejstvo, da kljub današnjim širokopasovnim povezavam, kot so DSL, kabel ali optika, še vedno ostaja veliko uporabnikov, ki jih te tehnologije ne dosežejo. Problem omenjenih tehnologij je namreč v zahtevanih kablskih povezavah, katerih postavitve in nadgradnja sta dragi in zamudni. WiMAX je bil na-



črtovan tako, da s svojo fleksibilnostjo, hitro postavitvijo in cenovno ugodnostjo lahko doseže vse uporabnike. Poleg tega dosedanjim uporabnikom širokopasovnih tehnologij prinaša možnost izbire, vsem uporabnikom pa zaradi brezžičnosti ponuja tudi številne dodatne ugodnosti.

WiMAX lahko nadomesti tako rekoč celotno današnjo telekomunikacijsko infrastrukturo. Omogoča namreč vse, kar omogočajo klasična telefonska parica (DSL), kabelsko omrežje in mobilna omrežja. Poleg tega lahko služi tudi kot transportno omrežje mobilnim omrežjem, WiFi omrežjem in ostalim ponudnikom mobilnih storitev do hrbteničnega omrežja. Tipične storitve, ki jih omogoča WiMAX, so dostop do interneta, internetna telefonija (VoIP) in televizija (IPTV) ter mobilna telefonija.

Ena bazna postaja lahko s signalom pokrije območje do oddaljenosti 50 km, vendar je to le teoretična pokritost. V praksi znaša ta oddaljenost od 5 do 8 km, v mestih pa še mnogo manj. Hitrost prenosa podatkov z zadnjo različico standarda 802.16m-2011 sicer znaša do 1 Gbit/s, vendar je dejanska hitrost prenosa podatkov odvisna od mnogih dejavnikov in zato bistveno nižja. Tako kot pri drugih mobilnih sistemih je hitrost prenosa odvisna predvsem od razdalje do bazne postaje in števila uporabnikov. Majhne razdalje omogočajo višje hitrosti, večje razdalje manjše hitrosti, skupna hitrost pa se deli na trenutno število uporabnikov. S pravilnim načrtovanjem in nadzorom nad omrežjem je možno za vsakega uporabnika zagotoviti minimalno hitrost prenosa. V praksi naj bi hitrosti za večino uporabnikov znašale od 4 do 8 Mbit/s.



Slika 1:  
Potencial tehnologije WiMAX.

Nepoznavalci tehnologijo WiMAX pogosto zamenjujejo ali enačijo s tehnologijo WiFi. Obstaja pa več razlik med njima. Ključni razliki sta domet in kategorija omrežja, kjer se tehnologiji uporabljata. Tehnologija WiMAX se uporablja za WAN omrežja (prostrano omrežje), tehnologija WiFi pa za LAN omrežja (lokalno omrežje). Domet ene bazne postaje tehnologije WiMAX teoretično znaša do 50 km (v praksi nekaj km), medtem ko domet WiFi naprav znaša do 100 m.

## WiMAX V SLOVENIJI

Začetki uporabe tehnologije WiMAX v Sloveniji segajo v leto 2006, ko so bile podeljene prve licence za uporabo frekvenčnega spektra. Načrti s tehnologijo WiMAX so bili smeli, predvsem zaradi velikih podeželskih območij v Sloveniji in zelo razgibanega terena, kjer dostop do širokopolasnega interneta trenutno ni možen, klasičen dostop prek kabla pa bi bil predrag. Pokrivanje redko naseljenega in razgibanega območja je z brezžično tehnologijo bistveno cenejše kot z žično. V Sloveniji je bil WiMAX komercialno uveden leta 2008, ko je bilo postavljenih 20 baznih postaj in s tem pokritega približno 25 % prebivalstva. Po prvotnih načrtih naj bi pokritost celotnega prebivalstva s signalom dosegla prek 95 %, na podeželju pa prek 50 %.

Zaradi majhnega zanimanja uporabnikov za tehnologijo WiMAX ter razmaha mobilnega interneta prek sodobnih mobilnih tehnologij UMTS in LTE je bil projekt WiMAX leta 2009 opuščen.

V zadnjem času pa WiMAX tehnologija ponovno postaja aktualna, saj so nekatere občine s pomočjo Evropskega sklada za regionalni razvoj v okolje umestila odprto širokopolasno omrežje. Pričakovano so WiMAX omrežja nameščena pretežno v podeželskih območjih, kjer zaradi pomanjkanja infrastrukture dostop do širokopolasnega omrežja drugače ni mogoč. Tako postaja tudi tem, sicer zapostavljenim območjem, omogočen dostop do širokopolasnega omrežja.



## SEVALNE OBREMENTITVE V OKOLICI BAZNIH POSTAJ WiMAX

Tehnologija WiMAX je brezžična, kar pomeni, da se podatki prenašajo brezžično s pomočjo elektromagnetnih sevanj (EMS). Kakor pri vseh obstoječih brezžičnih tehnologijah (mobilna in brezžična telefonija, radiodifuzija) se postavlja vprašanje o morebitnih negativnih učinkih EMS, ki so obvezni spremljevalec vseh elektronskih naprav. Izgradnja omrežja WiMAX pomeni postavitve novih baznih postaj. Okoliški prebivalci so zaskrbljeni, saj ne vedo, kako bo to vplivalo na njihovo zdravje.

Meritve, izvedene na testni bazni postaji WiMAX v Sloveniji kažejo, da so vrednosti EMS v neposredni bližini antene majhne in na človeku dostopnih lokacijah dosegajo le nekaj odstotkov zakonsko dovoljene mejne vrednosti. Meritve so bile opravljene v bližini antene bazne postaje WiMAX z oddajno močjo 1 W. Izmerjene so bile naslednje vrednosti:

Oddaljenost od antene [m]	0	0,25	0,5	1
Električna poljska jakost [V/m]	42,2	17	10,1	7,4

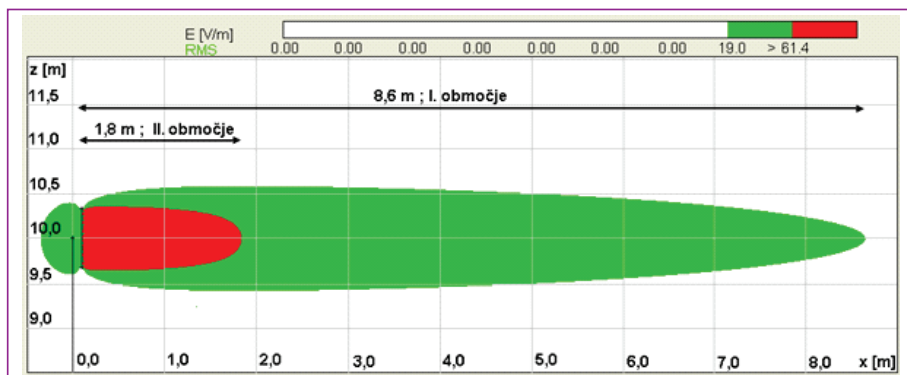
Tabela 1: Izmerjene vrednosti električne poljske bazne v neposredni bližini bazne postaje WiMAX.

## VPLIVNO OBMOČJE BAZNE POSTAJE WiMAX

Vplivno območje imenujemo tisto del prostora okrog antene, 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. Glavna parametra, ki vplivata na velikost vplivnega območja, sta oddajna moč in usmerjenost antene. Usmerjenost antene se opisuje s širino glavnega snopa. Ožji kot je glavni snop, bolj je antena usmerjena, več moči antena seva v ozko območje in zato je v tem glavnem snopu vplivno območje večje.

Vplivno območje bazne postaje WiMAX je manjše od vplivnega območja bazne postaje mobilne telefonije GSM/UMTS. Manjše vplivno območje je predvsem posledica bistveno manjših moči WiMAX baznih postaj, saj le-te delujejo z močjo do največ 20 W, običajno pa z 10 W ali manj.

Izračun vplivnega območja je prikazan za primer tipične antene s širino glavnega snopa 60°, 90° in 120° pri vhodnih močeh 1, 2, 5, 10 in 20 W glede na mejne vrednosti za I. in II. območje (glej poglavje o mejnih vrednostih). V tabelah 2 in 3 so predstavljene oddaljenosti od antene v metrih, do katerih so mejne vrednosti še presežene. Pod in nad anteno so mejne vrednosti presežene bistveno manj, saj antena večino energije izseva v tisti smeri, kamor je usmerjena, kar je razvidno tudi iz slike 2.



Slika 2: Vertikalni prerez vplivnega območja v ravnini skozi središče antene, za anteno 60° in oddajno močjo 20 W. Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

antena/moč	1 W	2 W	5 W	10W	20 W
60°, 17dBi	1,1 m	1,8 m	3,6 m	5,7 m	8,6 m
90°, 15,5dBi	0,8 m	1,5 m	2,9 m	4,6 m	7,1 m
120°, 14,5dBi	0,7 m	1,2 m	2,5 m	4,0 m	6,2 m

Tabela 2: Vplivno območje WiMAX sistema za I.območje za različne tipe anten in oddajne moči.

antena/moč	1 W	2 W	5 W	10W	20 W
60°, 17dBi	0,2 m	0,3 m	0,6 m	1,0 m	1,8 m
90°, 15,5dBi	0,2 m	0,3 m	0,5 m	0,7 m	1,4 m
120°, 14,5dBi	0,2 m	0,2 m	0,4 m	0,6 m	1,1 m

Tabela 3: Vplivno območje WiMAX sistema za II.območje za različne tipe anten in oddajne moči.

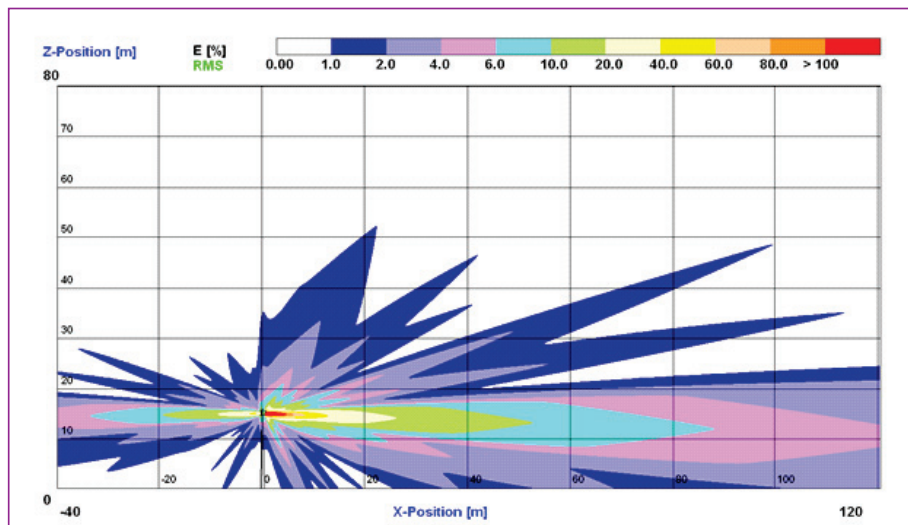
Izračuni se ujemajo tudi z rezultati meritev. Mejna vrednost električne poljske jakosti glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje znaša 19 V/m, za II. območje pa 61,4 V/m. Iz rezultatov meritev je razvidno, da mejne vrednosti za I. območje niso več presežene že na razdalji 0,25 m. To je še manj, kot je pokazal numerični izračun, kjer so bile mejne vrednosti za oddajno moč 1 W presežene do oddaljenosti med 0,7 in 1,1 m. Numerični izračuni vedno upoštevajo najbolj neugodne razmere, zato so dejanska vplivna območja še manjša od tistih, ki so predstavljena v tabelah 2 in 3.



## SEVALNE OBREMENTITVE V OKOLICI TIPIČNE BAZNE POSTAJE WiMAX

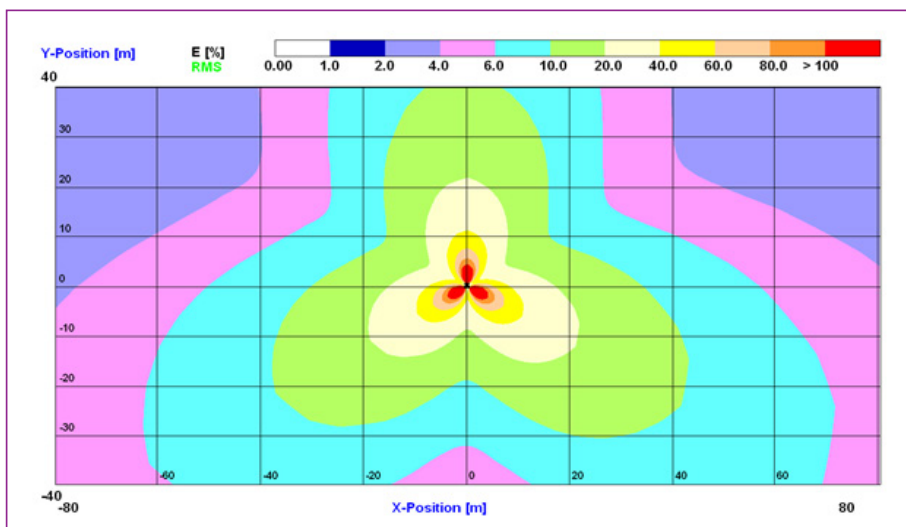
Tipična bazna postaja WiMAX, ki jo najdemo v Sloveniji, deluje na frekvenci 3,5 GHz in ima oddajno moč 10 W na sektor. Število sektorjev znaša od 2 do 3. Antene se nameščajo na manjše samostojne ali že obstoječe antenske stolpe in drogove na višinah od 10 do 20 m nad tlemi. Tipična antena je velika 0,7 m ter ima širino glavnega snopa 90° v vodoravni smeri ter 7° v navpični smeri in je za nekaj stopinj nagnjena proti tlom.

Vplivno območje tipične bazne postaje WiMAX je ob pravilnem načrtovanju in pravilni namestitvi (antene nad 10 m nad tlemi) premajhno, da bi lahko seglo v območje, ki je običajno dostopno ljudem, zato posebni ukrepi varstva pred sevanji okrog takšne bazne postaje niso potrebni. Gibanje in zadrževanje okrog bazne postaje na običajno dostopnih mestih ne predstavljata posebnega tveganja in zato nista omejena. Sevalne obremenitve na tleh dosežejo le nekaj odstotkov dovoljene mejne vrednosti glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Izračunane sevalne obremenitve tipične bazne postaje WiMAX so predstavljene na slikah v nadaljevanju.

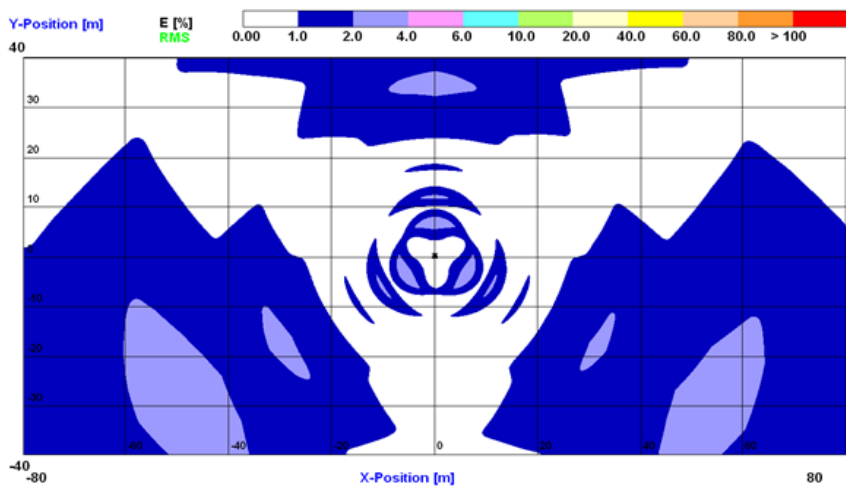


Slika 3: Navpični prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče ene antene. Vrednosti električnega polja so prikazane v odstotkih mejne vrednosti glede na I. območje.





Slika 4: Vodoravni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče anten (višina 15 m). Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost glede na I. območje.



Slika 5: Vodoravni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka 1 m nad tlemi. Vrednosti električnega polja so prikazane v odstotkih mejne vrednosti glede na I. območje.

## KAKŠNA JE RAZLIKA MED BIOLOŠKIMI UČINKI TER VPLIVI NA ZDRAVJE?

---

Biološki učinki so merljivi odzivi organizma na dražljaje ali vplive iz okolja. Ti vplivni dejavniki pa niso nujno škodljivi za zdravje. Nekateri biološki učinki, na primer produkcija vitamina D zaradi vpliva sončne svetlobe na celice kože, so celo koristni.

V človeškem telesu delujejo številni zapleteni mehanizmi za prilagoditev na spreminjajoče se vplive iz okolja. Seveda pa telo nima ustreznih kompenzacijskih mehanizmov za vse vrste bioloških učinkov. Ireverzibilne spremembe ter dolgotrajnejše obremenitve lahko v nekaterih okoliščinah pomenijo zdravstveno tveganje.

Negativni vplivi na zdravje vodijo do poslabšanja zdravstvenega stanja ali celo do obolenja, medtem ko sami biološki učinki nimajo nujno zaznavnih vplivov na zdravje. Visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja nad določenim pragom nedvomno povzročajo določene biološke učinke. Opravljene raziskave na zdravih prostovoljcih pa ne kažejo, da bi izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS šibkih jakosti v okolju ali doma povzročala zaznavne škodljive vplive na zdravje. Izpostavljenost višjim jakostim, ki je lahko nevarna, pa je omejena z mednarodnimi priporočili ter domačo zakonodajo.

## KAKO VPLIVAJO VISOKOFREKVENČNA EMS NA ČLOVEKA?

---

Ko visokofrekvenčna (VF) EMS pri širjenju skozi prostor naletijo na človeka ali drugo živo snov, se jih določen del v tej snovi absorbira. Znano je, da se VF EMS zelo dobro absorbirajo v snovi, ki vsebuje veliko vode, absorbirana energija pa se pri dovolj visokih jakostih skoraj v celoti spremeni v toploto.

VF EMS frekvenc med 1 MHz in 10 GHz prodrejo v izpostavljeno tkivo in zaradi absorbirane energije v tkivu proizvajajo toploto ter s tem povzročijo njegovo segrevanje. Vdorna globina je odvisna od frekvence in je večja pri nižjih frekvencah. Količino moči, ki se absorbira v določeni masi biološkega tkiva, določamo s stopnjo **specifične absorpcije (SAR)**. Enota za SAR je vat na kilogram (W/kg). Ta količina se hkrati uporablja kot merilo za oceno vplivov EMS na biološke sisteme.

Visokofrekvenčna EMS nad 10 GHz se absorbirajo na površini kože, pri tem pa zelo malo energije prodre v globlje ležeča tkiva. Osnovna dozimetrična veličina za VF EMS nad 10 GHz je gostota pretoka moči v vatih na kvadratni meter ( $W/m^2$ ) ali za šibka polja v milivatih na kvadratni meter ( $mW/m^2$ ). Znano je, da izpostavljenost gostoti pretoka moči nad  $1000 W/m^2$  škodljivo vpliva na zdravje, saj lahko povzroči katarakto in opekline na koži.

## KAKŠNI SO LAHKO TRENUTNI VPLIVI EMS NA ZDRAVJE?

Vsi ugotovljeni in znanstveno potrjeni vplivi VF EMS na zdravje so nedvomno povezani s segrevanjem. Pojav segrevanja pod vplivom VF EMS lahko opazujemo na primeru mikrovalovnih pečic, ki v nekaj trenutkih segrejejo hrano. Sevalne obremenitve, ki smo jim navadno izpostavljeni v okolju, pa so precej nižje od tistih, ki bi bile potrebne za zaznaven dvig temperature.

**Termični učinki:** VF EMS so preučevali v povezavi z živalmi, vključno s primati. Prvi znaki škodljivih posledic za zdravje, ki so jih z naraščanjem jakosti EMS opazili pri živalih, se izražajo v obliki zmanjšane vzdržljivosti in sposobnosti za izvajanje miselnih nalog. Opravljene študije kažejo na to, da se škodljivi učinki lahko pojavijo pri osebah, ki so sevanjem izpostavljene s celim telesom ali pa le lokalizirano, če temperatura tkiva naraste za več kot 1 °C. Možni negativni učinki vključujejo spremembo vedenjskih vzorcev, pojav očesne katarakte, škodljive vplive na reproduktivno funkcijo ter različne psihološke in termoregulacijske odzive. Ti učinki so dobro raziskani in predstavljajo znanstveno podlago za omejevanje poklicne in splošne izpostavljenosti prebivalstva VF EMS.

**Netermični učinki:** Nekateri raziskave so pokazale, da lahko VF EMS vplivajo na telesna tkiva in organe tudi pri jakostih, ki so prenizke, da bi povzročile značilno segrevanje (t.j. pri zelo nizkih vrednostih SAR). Vendar pa znanstveniki v nobeni izmed ponovitev teh raziskav niso potrdili negativnih vplivov na zdravje pri izpostavljenostih pod mednarodno sprejetimi mejnimi vrednostmi. Obstaja nekaj dokazov o netermičnih učinkih na celice kot posledici absorpcije VF EMS pri jakostih, pri katerih ne opazimo povišanja telesne temperature. Ti učinki vključujejo spremembe v električni aktivnosti možganov, spremembe v aktivnostih encimov ter spremembe mobilnosti ionov, ki so odgovorni za prenos informacij v celice tkiva. Noben rezultat teh študij ni bil neodvisno ponovljen, zato ne moremo trditi, da VF EMS pri izpostavljenostih pod mejnimi vrednostmi predstavljajo tveganje za človekovo zdravje. Ob tem moramo poudariti, da biološki učinek, ki smo ga morda opazili pri izoliranih celicah zunaj človeškega telesa, ne pomeni nujno dokaza o vplivu na zdravje. Mednarodne organizacije (Svetovna zdravstvena organizacija, Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji) so mnenja, da netermični učinki niso dovolj potrjeni, da bi služili kot podlaga za omejevanje izpostavljenosti pri ljudeh.

**Preobčutljivost na VF EMS:** Nekateri posamezniki so posebej občutljivi na izpostavljenost VF EMS. Pripisujejo jim zbadanje in bolečine v tkivih, glavobole, slabosti, depresije, motnje pri spanju, utrujenost ter celo krče in epileptične napade. Vendar pa ni na voljo znanstvenih raziskav, ki bi potrdile preobčutljivost na VF EMS. Nekateri raziskave kažejo, da se posamezniki v natančno nadzorovanih pogojih izpostavljenosti niso dosledno odzivali na VF EMS. Prav tako ni nobenega znanega fizikalnega mehanizma, ki bi pojasnil preobčutljivost na VF EMS. Raziskave na tem področju so zelo težavne, saj so v možne odzive na VF EMS vpleteni številni drugi subjektivni odzivi, ki niso neposredno povezani z učinki VF EMS.

## ALI OBSTAJAJO TUDI ZAPOZNELI UČINKI EMS?

---

Številne epidemiološke študije so preučevale morebitno povezavo med izpostavljenostjo VF EMS nizkih jakosti in zapoznelimi učinki, vključno s povečanim tveganjem za pojav raka. Vendar pa je zaradi zasnove in izvedbe teh raziskav njihove izsledke težko interpretirati. Številne nacionalne in mednarodne organizacije so v neodvisnih pregledih objavljenih znanstvenih raziskav ugotovile, da **ni jasnih dokazov** o povezavi med izpostavljenostjo VF EMS in povečanim tveganjem za pojav raka zaradi izpostavljenosti nekaterim virom EMS v okolju (**bazne postaje**). Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) je ugotovila, da ni prepričljivih znanstvenih dokazov o tem, da bi izpostavljenost VF EMS skrajšala življenjsko dobo pri ljudeh ali da bi VF sevanja lahko povzročila raka. Vendar pa so potrebne dodatne raziskave.

Celovit in kritičen pregled vseh relevantnih raziskav kaže, da povezava med rakom in izpostavljenostjo EMS iz okolja zaradi **oddajnih sistemov (bazne postaje)** ni bila ugotovljena. Konsenz stroke je strnjen v izjavi Svetovne zdravstvene organizacije (SZO), ki pravi, da pregled najpomembnejših razpoložljivih znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko VF EMS baznih postaj na človeku dostopnih mestih v okolju negativno vplivala na zdravje, povzročala raka ali pospeševala njegov razvoj.

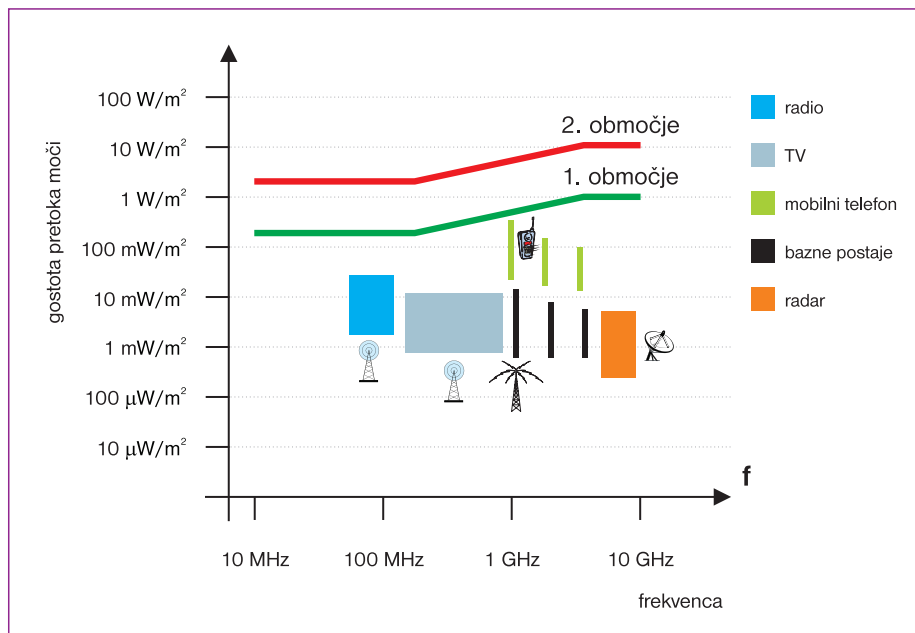
Izjemo predstavljajo le rezultati raziskav o vplivih **EMS mobilnih telefonov** na ljudi, ki kažejo na statistično značilno povečanje tveganja maligne vrste raka na možganih (akustičnega nevrinoma in glioma) zaradi uporabe mobilnih telefonov. Ker mobilni telefon uporabljamo neposredno ob telesu, so sevalne obremenitve dosti višje (dosežejo lahko 90% mejne vrednosti) od tistih, ki smo jim lahko izpostavljeni v okolju zaradi WiMAX ali drugih baznih postaj (do 1 % mejne vrednosti). SZO je razvrstila VF EMS v skupino 2B, kar pomeni, da so tovrstna sevanja možno kancerogena za ljudi. Ta pregled obstoječih raziskav se nanaša zgolj na možnost, da lahko izpostavljenost sevanjem mobilnih telefonov povzroča zapoznele učinke, še posebej povečano tveganje za raka. Poudariti je potrebno, da povezava med izpostavljenostjo VF EMS zaradi mobilnega telefona in rakom v glavi ne ustreza kriterijem za nedvoumno potrditev vzročne povezave, saj obstajajo nedoslednosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in ni drugih potrebnih raziskav, ki bi to podprle. Zato je potrebno ugotovljeno povezavo med VF EMS mobilnih telefonov in nastankom možganskih tumorjev razumeti kot šibko, a vendar pozitivno. Kritični pregled znanstvenih raziskav je pripeljal do zaključka, da je povezava med gliomom in akustičnim nevrinomom ter sevanjem mobilnih telefonov omejena, medtem ko je povezava med vsemi drugimi vrstami raka in viri EMS prešibka za izoblikovanje končnih zaključkov o škodljivih učinkih EMS nizkih jakosti.

## MEJNE VREDNOSTI

---

Kot velika večina substanc ali agensov lahko tudi EMS predstavljajo zdravstveno tveganje, če presežejo prag, ki je določen na podlagi obstoječih znanstvenih raziskav in predstavlja temelj mednarodnim smernicam ICNIRP.

Znano je, da s pomočjo EMS lahko talimo kovino in kuhamo hrano. Vendar pa vsi priznani znanstveni dokazi kažejo, da imajo lahko EMS negativen vpliv na zdravje šele tedaj, ko je prekoračen določen prag izpostavljenosti. Mejne vrednosti so lahko presežene na nekaterih delovnih mestih (telekomunikacije, industrija, zdravstvo...) in zahtevajo posebno pozornost in takojšnje ukrepanje. Nasprotno pa so sevalne obremenitve v našem bivalnem in naravnem okolju običajno daleč pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi in dosegajo le nekaj odstotkov praga, nad katerim so bili ugotovljeni in strokovno utemeljeni možni vplivi na zdravje.



Slika 6. Primerjava običajnih sevalnih obremenitev zaradi visokofrekvenčnih virov EMS v okolju glede na zakonsko dovoljene mejne vrednosti za 1. in 2. območje varstva pred EMS (U.I. RS št. 70/96.)

Da bi VF EMS negativno vplivala na zdravje, je potrebna izpostavljenost vsaj 4 W/kg. Pri tej vrednosti se pojavijo komaj opazne spremembe v vedenjskih vzorcih primatov. Pri nivojih, ki so nižji od 4 W/kg, niso bili ugotovljeni negativni učinki na človekovo zdravje. Zato ta vrednost služi kot prag za določanje omejitev izpostavljenosti VF EMS.

Za določitev mejnih vrednosti, ki so izvedene iz praga škodljivosti, pa se upoštevajo še dodatni varnostni faktorji. Na podlagi znanstvenega soglasja je Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) izdala smernice, ki upoštevajo na delovnih mestih 10-kratni varnostni faktor glede na najnižjo SAR, pri kateri so dokazani biološki učinki (4 W/kg). V primeru trajne izpostavljenosti prebivalstva pa je uvedla še dodatni,

5-kratni varnostni faktor. Varnostni faktorji so določeni na podlagi zelo konzervativnih ocen vrhunskih strokovnjakov. Tako znaša dopustna vrednost SAR za prebivalstvo za celotno telo 0,08 W/kg (ICNIRP, 1998), kar pomeni 2 odstotka vrednosti, pri kateri so bili znanstveno ugotovljeni in potrjeni negativni vplivi na zdravje.

Dodatni varnostni faktor za prebivalstvo je uveden zaradi možnosti, da bi bil del prebivalstva, ki vključuje otroke, nosečnice in ostarele, morda lahko bolj občutljiv na izpostavljenost EMS, za kar je sicer zelo malo znanstvenih dokazov. Mednarodno priznane mejne vrednosti ICNIRP temeljijo na jasno dokazanih učinkih; t.j. učinkih, ki so bili ugotovljeni na podlagi sprejetih strogih znanstvenih kriterijev. Pri tem je bil upoštevan najslabši možni primer ter uveden še dodatni varnostni faktor 50 z namenom, da se upoštevajo vse kategorije prebivalstva, vključno z otroki ter starejšimi in obolelimi. Vlada Republike Slovenije je leta 1996 sprejela uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (U.I. RS, št. 70/96), ki temelji na priporočilih ICNIRP in natančno določa največje dovoljene ravni EMS. V primeru novih posegov v prostor je uredba z dodatnim preventivnim dejavnikom zaščitila najbolj občutljiva območja (v I. območje varstva pred EMS so uvrščeni bivalno okolje, šole, vrtci, bolnišnice ...). Za ta območja se zahteva povečano varstvo pred sevanji, zato zanje veljajo **desetkrat strožje omejitve od smernic** ICNIRP ter priporočil EU. Za 2. območje varstva pred EMS (območja brez stanovanj, namenjena industrijski, obrtni ali drugi proizvodni dejavnosti) in območje, namenjeno javnemu cestnemu ali železniškemu prometu, veljajo podobne omejitve, kot jih določajo smernice ICNIRP.

Mejne vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, so frekvenčno odvisne in so določene za efektivno vrednost električne in magnetne poljske jakosti ter za povprečno vrednost gostote pretoka moči. Za sistem WiMAX, ki v Sloveniji deluje na frekvenci 3,5 GHz, so mejne vrednosti podane v tabeli 4.

	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m <sup>2</sup> ]
I. območje	19	0,05	1
II. območje	61,4	0,163	10

Tabela 4: Mejne vrednosti za sistem WiMAX pri 3,5 GHz.

## ZAKLJUČEK

---

Med postopkom umeščanja bazne postaje Wimax je potrebno slediti smernicam za smotrno umeščanje virov EMS v prostor in pri tem izvesti tudi ustrezne aktivnosti za nadzor nad EMS. Z njimi ocenimo sevalne obremenitve na celotnem območju v okolici novega vira. Medtem ko lahko sevalne obremenitve neposredno pred bazno postajo na višini anten dosegaajo zelo visoke vrednosti, pa so na človeku dostopnih mestih pričakovane sevalne obremenitve daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi.

Izpostavljenost ljudi elektromagnetnim sevanjem baznih postaj Wimax je omejena z mednarodnimi standardi in zaščitnimi ukrepi, ki so bili sprejeti na podlagi razpoložljivih znanstvenih izsledkov. Naj povzamemo:

- Visokofrekvenčna EMS 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 WiMAX 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 vrednostjo praga. Znani nivo praga je izpostavljenost, ki je potrebna za porast telesne temperature za najmanj 1°C. V okolju prisotni zelo nizki nivoji visokofrekvenčnih sevanj baznih postaj WiMAX ne morejo povzročiti zaznavnega povišanja temperature.
- Znanstveniki doslej niso našli nobenih dokazov o tem, da bi večkratna izpostavljenost visokofrekvenčnim sevanjem pod mejnimi vrednostmi lahko povzročila kakršnekoli škodljive učinke. Zaradi ponavljajoče se izpostavljenosti v tkivih ne prihaja do akumuliranja škode.
- Trenutno ni dokazov o tem, da bi pri izpostavljenosti, ki je nižja od mejnih vrednosti, lahko prišlo do škodljivih vplivov na zdravje, vključno z rakom. Vendar pa so potrebne nadaljnje raziskave, ki bodo zapolnile nekatere vrzeli v znanju.



## LITERATURA

---

1. Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L, Straif K (2011): Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. review, *Lancet Oncol*: 624 – 626
2. EU (1999). Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). Official Journal of the European Communities L 199/59 (10. 7. 1999). <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999>
3. Figa-Talamanca I, Nardone P, Giliberti C (2010): Exposure to electromagnetic fields and human reproduction: the epidemiologic evidence. "Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter" (Giuliani L, Soffritti M); Mattioli 1885, 2010 (Fidenza, Italy); 403 pages; ISBN: 978-88-6261-166-4
4. ICNIRP (1998): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), *Health Physics* Vol. 74, No 4, pp 494–522. [www.ICNIRP.org](http://www.ICNIRP.org)
5. Jauchem JR (2008), Top of Form Bottom of Form Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int J Hyg Environ Health*: 1 – 29
6. Levitt BB, Lai H (2010): Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays *Environ. Rev.*: 369 – 395
7. Svetovna zdravstvena organizacija (2000): Fact Sheet No. 193: Electromagnetic fields and public health: Radar, [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)
8. U.I. RS št. 70/96 (1996). Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ministrstvo za okolje in prostor RS. [www.gov.si/mop](http://www.gov.si/mop)
9. Verschaeve L (2009), Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*: 259 – 270

## O PROJEKTU FORUM EMS

---

Z izjemno hitrim razvojem novih tehnologij se človekovo naravno in bivalno okolje temeljito spreminjata. Jakost umetno ustvarjenih elektromagnetnih sevanj (EMS) se je v primerjavi z naravnimi sevanji povečala. Zaradi naraščanja uporabe električnih in elektronskih naprav je med prebivalstvom čedalje bolj razširjen tudi strah pred morebitnimi negativnimi vplivi. Prizvok nevarnosti ter pomanjkanje obveščanja in konstruktivnega dialoga v največji meri botrujejo zaskrbljenosti zaradi uporabe elektronskih naprav ter odklonilnim stališčem javnosti do umestitve novih virov elektromagnetnih sevanj v prostor.

Projekt Forum EMS posega na vse ravni obveščanja in komuniciranja z namenom predstavitve znanstvenih izsledkov in izhodišč najpomembnejših mednarodnih organizacij s področja varstva pred EMS. Poudarek je na raziskovanju in posredovanju novih znanstvenih spoznanj in rezultatov domačih in tujih raziskav najširši javnosti v njej razumljivi obliki. Forum EMS izdaja informativne zloženke in brošure, strokovne knjige, objavlja članke v medijih ter organizira in vodi strokovna izobraževanja in svetovalno pisarno.

Z omenjenimi dejavnostmi želimo omogočiti in zagotoviti objektivno obveščanje javnosti ter v družbi vzpostaviti stanje, kjer bodo zainteresirani posamezniki in skupine imeli možnost objektivno prepoznati in razumeti možna zdravstvena in okoljska tveganja zaradi EMS. Oblikujemo in posredujemo strokovne argumente, ki omogočajo konstruktivnejše sporazumevanje javnosti s ponudniki storitev. Višja stopnja razumevanja problematike EMS je tudi za ponudnike storitev dober temelj za prikaz njihove družbene odgovornosti skozi neposredno vključevanje v hitrejše reševanje konkretnih dilem in nesoglasij, ki spremljajo umeščanje virov EMS v prostor.

## ■ O BROŠURI

WiMAX sistem omogoča brezžični širokopasovni dostop na območjih, kjer je zagotavljanje dostopa preko kabelske povezave prezahtevno ali nesmotrno. Zaradi naravne razgibanosti Slovenije je to še zlasti zanimivo na podeželju. Za svoje delovanje potrebuje WiMAX sistem bazne postaje, ki predstavljajo nove vire EMS v okolju. Pojavljajo se številna vprašanja, kako takšni novi sistemi vplivajo na zdravje ljudi, ki bivajo v bližini. V brošuri so predstavljeni biološki vplivi in zdravstvena tveganja WiMAX baznih postaj. Izračunane in izmerjene vrednosti so primerjane s slovensko zakonodajo, predstavljena pa so tudi vplivna območja WiMAX baznih postaj, to je območja, kjer so zakonsko predpisane vrednosti presežene.

## ■ O PROJEKTU FORUM EMS

Forum EMS je projekt, ki skrbi za objektivno, nepristransko in strokovno podprto komuniciranje o problematiki elektromagnetnih sevanj (EMS). Opira se izključno na znanstvene temelje in sledi izhodiščem vodilnih mednarodnih institucij s področja varovanja zdravja in okolja pred EMS. Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. To so predvsem vladne in nevladne organizacije, lokalne skupnosti, gospodarske družbe, mediji, strokovnjaki različnih področij in seveda najširša javnost.

## ■ DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: [www.forum-ems.si](http://www.forum-ems.si), ali pa jih prejmete po elektronski pošti, če nam pišete na naslov [info@forum-ems.si](mailto:info@forum-ems.si). Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS na [telefon \(01\) 5682733](tel:+38615682733), oziroma svoja vprašanja pošljete na naslov: Projekt Forum EMS, Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana.