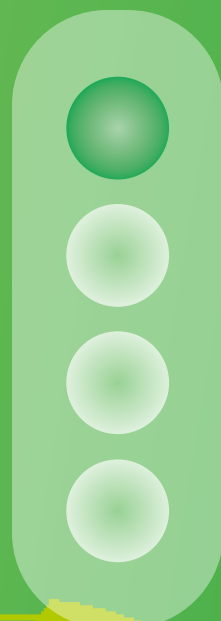




ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

DIGITALNO
ŽELEZNIŠKO
RADIJSKO OMREŽJE
GSM-R



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Kohezijski sklad

Izdajatelji: Ministrstvo za infrastrukturo, Inštitut za neionizirna sevanja (INIS), Uprava RS za varstvo pred sevanji
Besedilo: doc.dr. Peter Gajšek, dr. Blaž Valič in doc. dr. Damijan Škrk
Strokovna recenzija: prof.dr. Tadej Kotnik
Lektoriranje: Skupina Lucas
Oblikovanje: Tomaž Polenšek, DRI upravljanje investicij, d.o.o.

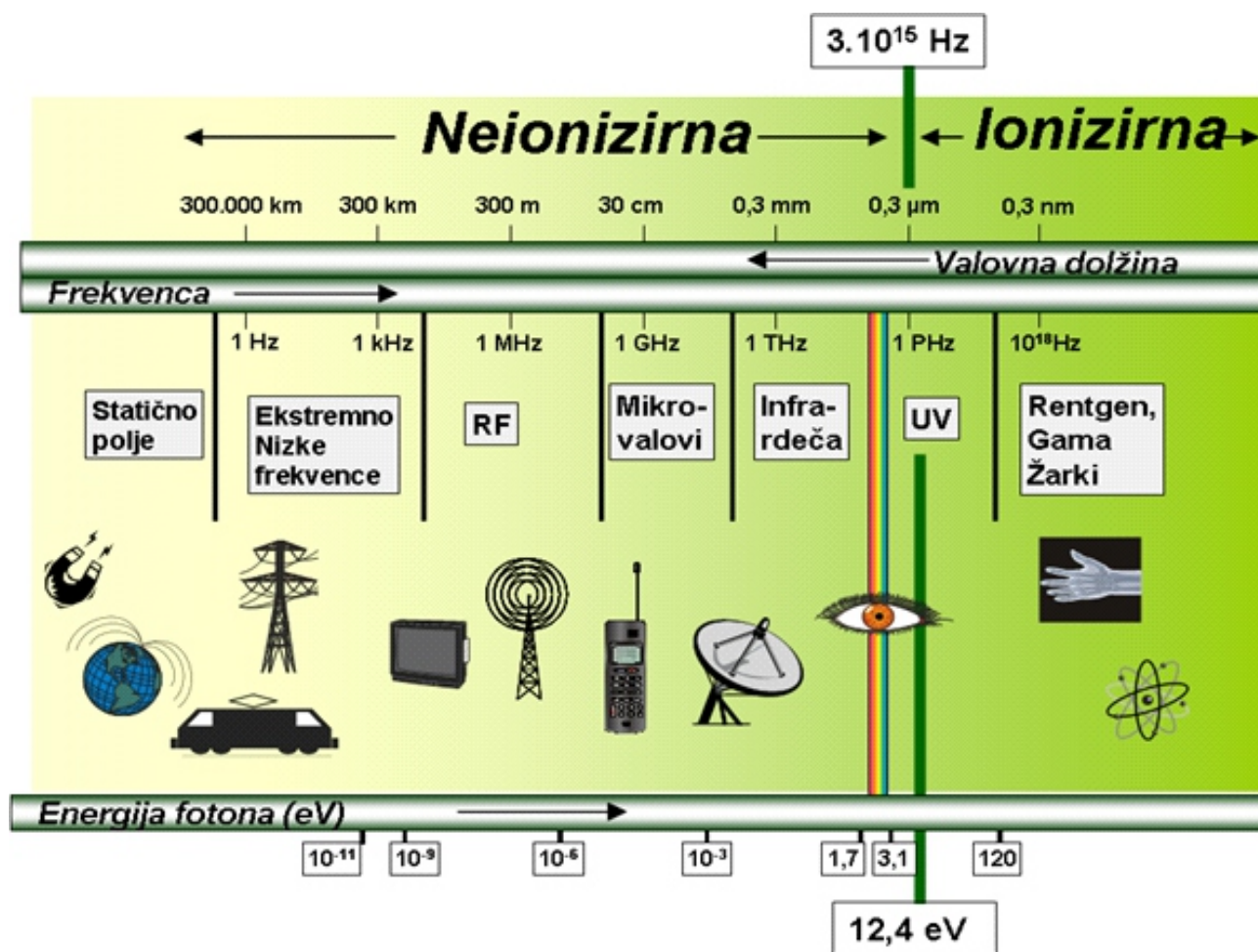
Ljubljana, september 2014

Vse pravice pridržane. Noben del te monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali z drugimi sredstvi (elektronskim, mehanskim, s fotokopiranjem, skeniranjem) kakorkoli spremenjen brez predhodnega pisnega dovoljenja izdajatelja.

1. uvod

Elektromagnetna sevanja (EMS) so posledica električno nabitih delcev. Ti delci so osnovni gradniki snovi. Elektroni imajo negativni električni naboj, protoni imajo pozitivnega. Izmenični tok proizvaja časovno spreminjajoče se magnetno polje. Časovno spreminjajoče se magnetno polje s procesom, imenovanim indukcija, proizvaja časovno spreminjajoče se električno polje. Spreminjajoče se električno polje pa povzroča spreminjajoče se magnetno polje. Tako nastane elektromagnetno sevanje, ki je sestavljeno iz spreminjajočega se električnega in magnetnega polja, skozi prazen prostor pa potuje s svetlobno hitrostjo (300.000 km/s).

EMS glede na energijo in s tem učinek, ki ga imajo na snovi, delimo na **ionizirna** in **neionizirna** sevanja.



Slika 1: prikaz spektra ionizirnih in neionizirnih sevanj s prikazom naprav, ki delujejo v posameznem delu spektra.

Med **ionizirna** sevanja uvrščamo tista sevanja, ki imajo višje frekvence in s tem energije ter zato posledično sposobnost ionizacije snovi. Ionizacija je proces, ko sevanje izbije posamezen elektron iz atoma. Ker povzročajo takšna sevanja ionizacijo tudi v človeških tkivih, so lahko zdravju škodljiva. Ionizirnim sevanjem smo izpostavljeni pri medicinskih rentgenskih diagnostičnih postopkih, prisotna so v jedrskih elektrarnah, a tudi v naravnem okolju.

Neionizirna sevanja so tista sevanja, ki imajo nižjo frekvenco in zato nimajo dovolj visoke energije za ionizacijo. Neionizirna sevanja delimo na statična oziroma enosmerna električna ali magnetna polja, nizkofrekvenčna električna in magnetna polja, elektromagnetno sevanje nizkih in visokih frekvenc ter na infrardeče sevanje, vidno svetlobo in ultravijolično sevanje. Poleg naravnih virov neionizirnih sevanj, kot sta sonce in ogenj, ki oddajata infrardeče sevanje, vidno svetlobo in ultravijolično sevanje, smo z razvojem različnih tehnologij in storitev izpostavljeni tudi številnim umetnim virom, kot so daljnovodi in transformatorske postaje, gospodinski aparati, mobilni telefoni in bazne postaje, radijski in televizijski oddajniki, brezžični telefoni, WiFi usmerjevalniki, Bluetooth slušalke...

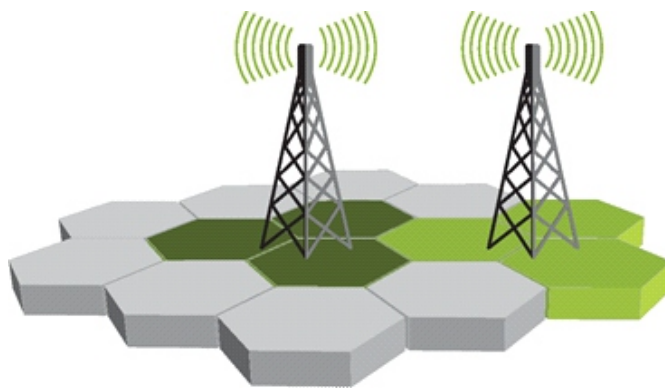
Bazne postaje GSM-R, ki sodijo med neionizirna sevanja, so oddajno-sprejemni sistemi, ki prek svojih anten oddajajo in sprejemajo visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja (VF EMS) v območju mikrovalov. Bazne postaje GSM-R delujejo v frekvenčnem območju med 921 in 925 Mhz ter med 876 in 880 Mhz.

Človek lahko neposredno s čutili zazna le zelo ozek pas sevanj in sicer vidno svetlobo. Posredno prek segrevanja zaznamo tudi infrardeče sevanje, saj ga občutimo zaradi povišanja temperature površine kože izpostavljenega dela telesa. Ostalih območij, tako ionizirnih kot tudi neionizirnih sevanj, pa človek s čutili ne more zaznati.

2. brezžični sistemi

Hiter tehnološki razvoj in želja po mobilnosti vodijo k povečevanju uporabe različnih brezžičnih sistemov. Brezžični sistemi so elektronska komunikacijskega omrežja, ki za prenos informacij ne uporabljajo vodnikov. Pri njih prenos informacij poteka v obliki širjenja EMS po prostoru. Prve praktična uporaba brezžičnih sistemov sega v konec 19. in začetek 20. stoletja, namenjeni pa so bili predvsem za prenos govora na dolge razdalje. Sčasoma se je njihova uporaba razmahnila, tako za prenos govora kot tudi slike. Izjemen napredek in razširjenost pa so različni brezžični sistemi doživeli v zadnjih dveh desetletjih z uvedbo mobilne telefonije.

Vse večja uporaba različnih brezžičnih naprav pa pomeni tudi dodatno umeščanje različnih virov EMS v okolje ter s tem povezane negotovosti in vprašanja glede njihovih vplivov na okolje in zdravje ljudi. Zaradi stalnega uvajanja novih tehnologij, ki omogočajo predvsem hitrejše prenose podatkov, se pospešeno gradijo omrežja baznih postaj mobilne telefonije. Poleg mobilne telefonije se nadgrajujejo ali uvajajo tudi drugi brezžični sistemi, kot so npr. GSM-R, širokopasovno omrežje WiMAX in digitalna televizija DVB-T.



Slika 2: Mobilna omrežja so celična, kar pomeni, da določena bazna postaja skrbi za pokrivanje določenega omejenega območja - celice. Kolikšno je to območje, je odvisno od tehnologije in predvsem geografskih danosti.

Za doseg nepretrgane zveze se med gibanjem uporabnika mobilni telefon preklaplja z ene celice na drugo.

Mobilna omrežja so zgrajena celično, vsaka celica pa predstavlja eno sprejemno-oddajno enoto. To pomeni, da ena bazna postaja skrbi za pokrivanje s signalom mobilne telefonije na določenem omejenem območju.

Velikost tega območja je odvisna od vrste dejavnikov, kot so uporabljena tehnologija, oblika in razgibanost terena, vegetacija in pozidanost območja.

2.1 digitalno železniško radijsko omrežje GSM-R

Osnova projekta **digitalnega železniškega radijskega omrežja (GSM-R)** izhaja iz potrebe po zagotavljanju tehnične in tehnološke interoperabilnosti evropskih železniških omrežij in s tem zagotovitvijo kakovostnih povezav na železniških progah v okviru vseevropskih transportnih železniških koridorjev. V luči prihodnje dinamike razvoja in pričakovanega povečanja železniškega prometa pa se posodobitve izvajajo tudi na ostalih progah železniških omrežij. Tako tudi v Sloveniji poteka implementacija sistema GSM-R na glavnih koridorskih progah, kot tudi na drugih progah slovenskega železniškega omrežja.

Telekomunikacijsko opremo na slovenskem železniškem omrežju sestavlja več sistemov za različne potrebe in povezave. Na glavnih progah so nameščeni digitalni TK sistemi in analogni radijski sistemi (RDZ in UKV), na regionalnih progah pa gre v večini primerov za analogne radijske in TK sisteme.

Obstoječi analogni radijski sistem RDZ ni interoperabilen sistem. Za sodobno delovanje železnic je nujno potrebna v prihodnost usmerjena digitalna radijska tehnologija, ki izpolnjuje tako sedanje kot nove zahteve, ki se pojavljajo v zvezi s povečanjem železniškega prometa, finančno učinkovitostjo in kvaliteto storitev ter zagotovitvijo pogojev za uvedbo enotnih varnostnih sistemov ter sistemov za upravljanje.

Prihodnost telekomunikacijske infrastrukture je zato v novem GSM-R omrežju (globalni sistem železniške mobilne komunikacije). GSM-R je bil razvit na osnovi javnega GSM sistema ter prilagojen posebej za železniške potrebe. Postopoma je dobil status splošno veljavnega standarda, od leta 1997 pa njegovo uvedbo narekujejo tudi evropske direktive. Slovenija se v implementacijo sistema GSM-R vključuje v skladu z evropskimi regulativami za zagotavljanje interoperabilnosti.

Uvedba GSM-R sistema v prostoru obsega gradnjo baznih postaj s tipičnimi "hišicami" oz. "kontejnerji" in implementacijo antenskih stolpov. Ob tem je potrebno povezati nove bazne postaje s telekomunikacijskim omrežjem (preko optičnih kablov vzdolž železniške proge), kot tudi z električnim omrežjem, ki zagotavlja napajanje baznih postaj.

Podobno kot običajno mobilno omrežje je tudi omrežje GSM-R sestavljeno iz baznih postaj, ročne terminalske opreme ter terminalske opreme, vgrajene v vlake.

Bazne postaje sistema GSM-R so nameščene tako, da zagotavljajo ustrezno pokritost s signalom po celotni dolžini vseh železniških prog, saj lahko le tako sistem deluje nemoteno. Zaradi razgibanega terena je v Sloveniji za pokrivanje z ustrezno kakovostnim signalom potrebnih približno 250 baznih postaj.

Frekvenca in oddajne moči GSM-R baznih postaj so primerljive z oddajnimi močmi GSM baznih postaj mobilne telefonije. Delujejo v frekvenčnem območju med 921 in 925 Mhz ter med 876 in 880 Mhz, skupna oddajna moč ene bazne postaje pa je tipično med 50 in 100 W. Za primerjavo: mikrovalovna pečica v gospodinjstvih oddaja z močjo 600 do 1000 W.



Slika 3: primer bazne postaje GSM-R

Pri baznih postajah za mobilno telefonijo je običajno potrebno zagotavljati pokritost s signalom v vseh smereh v okolici bazne postaje, torej krožno, zato so na enem stolpu bazne postaje nameščene tri oddajne antene. S signalom GSM-R pa je potrebno zagotavljati pokritost s signalom izključno na območju železniške proge, zato se običajno uporabljata dve anteni, ki sta usmerjeni vzdolž proge. Le v velikih železniških vozliščih se izjemoma uporablja tudi več anten (tri ali štiri) za pokritje vseh železniških prog. Antene za GSM-R bazne postaje imajo tudi bolj usmerjen oddajni diagram, tako da večino energije izsevajo v smeri železniške proge in ne v okoliške objekte.

3. mejne vrednosti

Mejne vrednosti določajo dovoljene najvišje ravni izpostavljenosti ljudi EMS. Mejne vrednosti lahko predlagajo različne institucije ali združenja, nesporna avtoriteta na tem področju pa je nedvomno Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP). Ta institucija, ki ni povezana z industrijo, finančno pa jo podpirajo Evropska unija (EU), Mednarodno združenje za zaščito pred sevanji (IRPA), Mednarodni urad za delo (ILO) in vlade nekaterih držav, pripravlja mednarodne smernice o mejnih vrednostih izpostavljenosti EMS na podlagi preučevanja znanstvene literature o izpostavljenosti EMS in o škodljivih vplivih na zdravje. Prve smernice je ICNIRP sprejela leta 1998, za visokofrekvenčna EMS pa jih je ponovno potrdila v letu 2009.

Določanje mejnih vrednosti je namreč proces, ki se zaradi vedno novih spoznanj in raziskav na tem področju redno obnavlja, to pa zagotavlja, da mejne vrednosti vedno temeljijo za najaktualnejših spoznanjih in stanju stroke.

ICNIRP v povezavi s Svetovno zdravstveno organizacijo (SZO) velja za znanstveno organizacijo, ki v svojih priporočilih za zaščito pred EMS upošteva le znanstveno dokazane vplive. ICNIRP zato ne izdaja priporočil v zvezi z motnjami počutja in nepotrjenimi tveganji.

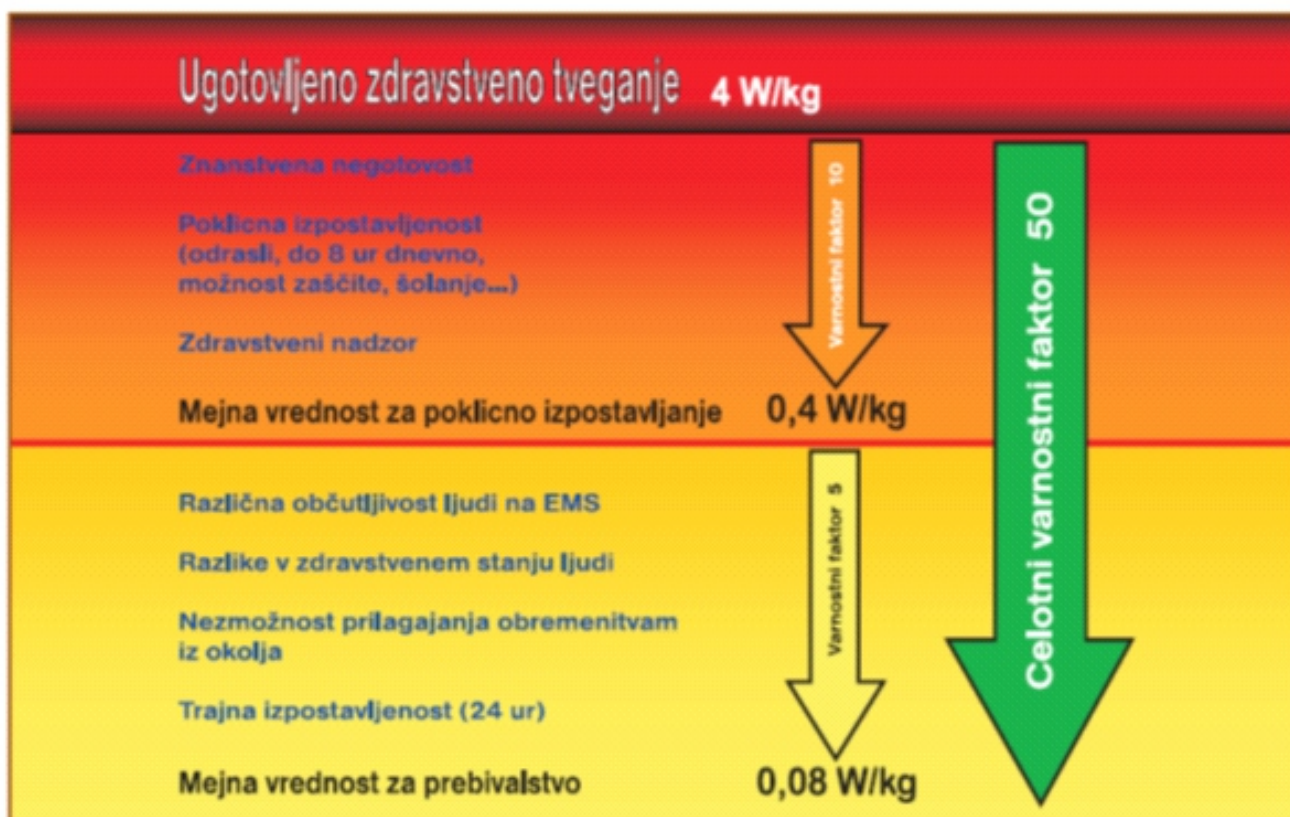
Mejne vrednosti smernic ICNIRP temeljijo na znanstveno ugotovljenih in potrjenih učinkih. Nizkofrekvenčna EMS znotraj človeka povzročajo inducirano električno polje, kar lahko povzroči vzdraženje živčnih ali mišičnih vlaken. Pri visokih frekvencah je pomembno prekomerno segrevanje tkiva, ko se energija sevanja absorbira v tkivih in jih segreva. Količino moči, ki se absorbira v določeni masi biološkega tkiva, v frekvenčnem področju 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.

Da bi VF EMS negativno vplivala na zdravje, je potrebna izpostavljenost SAR 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 ICNIRP izdala smernice, ki uvajajo 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 le 2 odstotka tiste vrednosti, pri kateri so bili znanstveno ugotovljeni in potrjeni negativni vplivi na zdravje.

Ker je določanje mejnih vrednosti znotraj človeškega telesa zahtevno, so poleg mejnih vrednosti v smernicah ICNIRP določene še opozorilne vrednosti. Le-te veljajo za količine, ki jih lahko neposredno merimo, na primer za električno in magnetno poljsko jakost in gostoto pretoka moči. Opozorilne vrednosti upoštevajo najneugodnejše možne razmere izpostavljenosti, kar pomeni, da je skladnost z mejnimi vrednostmi zagotovljena pri izpostavljenosti, ki je pod opozorilnimi vrednostmi. Vendar pa preseganje opozorilnih vrednosti še ne pomeni tudi preseganja mejnih vrednosti. Smernice ICNIRP priporoča tudi Svetovna zdravstvena organizacija.



Slika 4: Koncept oblikovanja mejnih vrednosti in varnostnih faktorjev za visokofrekvenčna EMS. Od vrednosti, kjer prihaja do znanih škodljivih vplivov na zdravje (SAR za celo telo znaša 4 W/kg) so mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost 10 krat nižje, za prebivalstvo pa še dodatno 5-krat nižje – kar skupno pomeni 50-krat nižje.

3.1 Katere mejne vrednosti priporoča Evropska unija?

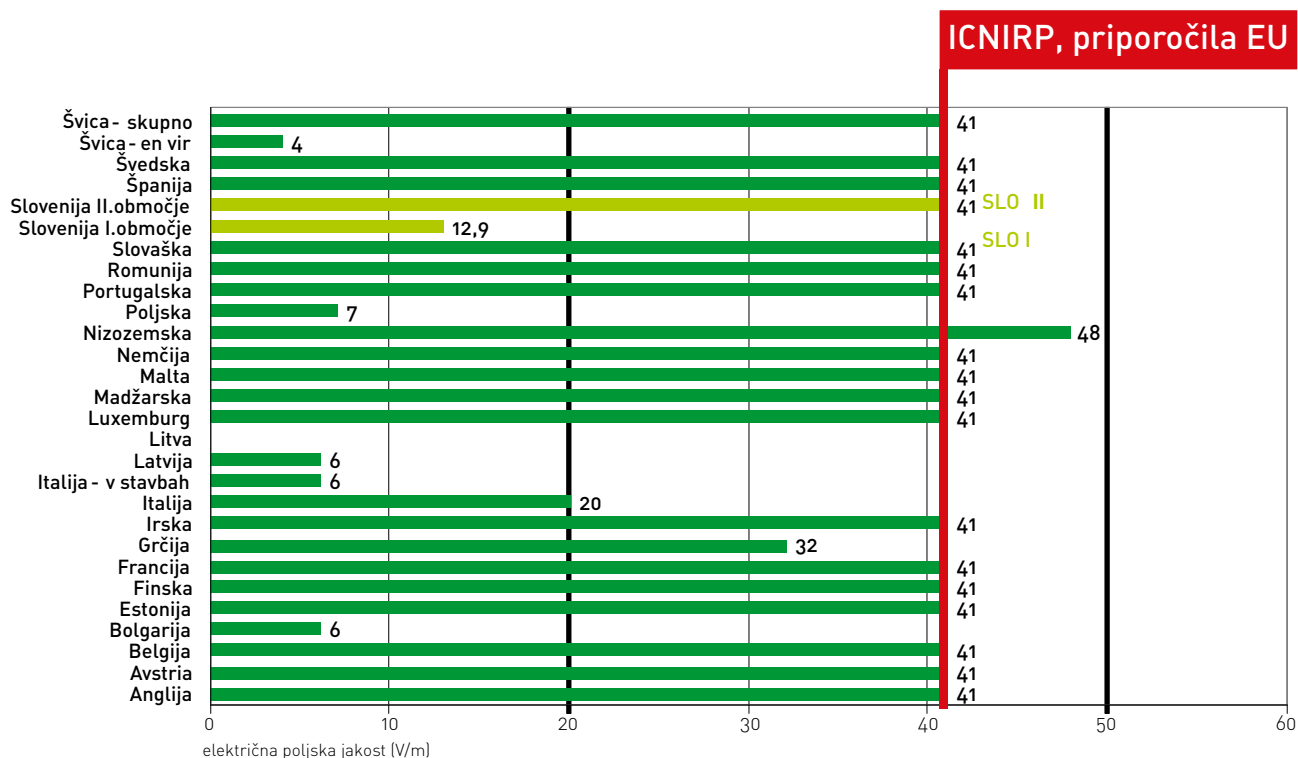
V večini držav zakonodaja temelji na mejnih vrednosti, ki jih je pripravil ICNIRP, sledijo jim priporočila o izpostavljenosti prebivalstva EMS, ki jih je v letu 1999 objavil Evropski svet, direktiva 2013/35/EU o izpostavljenosti EMS delavcev, ki jo je leta 2013 potrdil Evropski parlament in tudi Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur. list RS št. 70/96).

Na ravni Evropske unije je bilo julija 1999 sprejeto „Priporočilo za omejitev izpostavljenosti prebivalstva elektromagnetnim sevanjem; 0 Hz–300 GHz“ (EU, 1999). To Priporočilo EU kot minimalno zahtevo predvideva upoštevanje smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP, 1998). Preventivni ukrepi niso priporočeni, lahko pa v skladu z 12. tč. Priporočila EU „... države članice poskrbijo za višjo raven zaščite zdravja, kot jo določa to priporočilo.“

Ker „Priporočilo EU za omejevanje izpostavljenosti prebivalstva elektromagnetnim sevanjem“ (EU 1999) za države članice ni pravno zavezujoče, lahko politiko elektromagnetnih sevanj v posameznih državah članicah razdelimo na tri različne pristope.

Prva skupina držav članic je Priporočilo prenesla v zavezujočo nacionalno zakonodajo. To pomeni, da se morajo upoštevati osnovne mejne vrednosti in referenčne vrednosti. V tej skupini držav članic so Ciper, Češka, Estonija, Finska, Francija, Madžarska, Irska, Malta, Portugalska, Romunija in Španija. Španska regija Katalonija ima strožje predpise kot zvezna vlada. V Nemčiji in na Slovaškem so referenčne vrednosti hkrati mejne vrednosti izpostavljenosti.

V drugi skupini držav članic nacionalne mejne vrednosti na podlagi Priporočila EU ali ICNIRP niso zavezujoče, mejne vrednosti pa so bolj prizanesljive oziroma predpisov sploh ni. V tej skupini držav članic so Avstrija, Danska, Latvija, Nizozemska, Švedska in Anglija. V tretji skupini držav članic so osnovne mejne vrednosti strožje in/ali referenčne vrednosti temeljijo na načelu previdnosti ali pa jih uvajajo empirično zaradi pritiska javnosti. Izbrane mejne vrednosti včasih temeljijo na načelu »najnižje razumno dosegljive izpostavljenosti brez ekonomskih posledic«. Praktična izbira je lahko nižja omejitev interference za elektromagnetno kompatibilnost (na primer v Belgiji). V drugih državah razlogi za nižje mejne vrednosti ne temeljijo na znanstvenih zaključkih, temveč na upoštevanju načela previdnosti, ki pa ga je mogoče razlagati in implementirati na različne načine. (na primer v Sloveniji in Grčiji). V nekaterih državah članicah se te strožje referenčne vrednosti uporabljajo kot mejne vrednosti izpostavljenosti, ki ne smejo biti presežene.



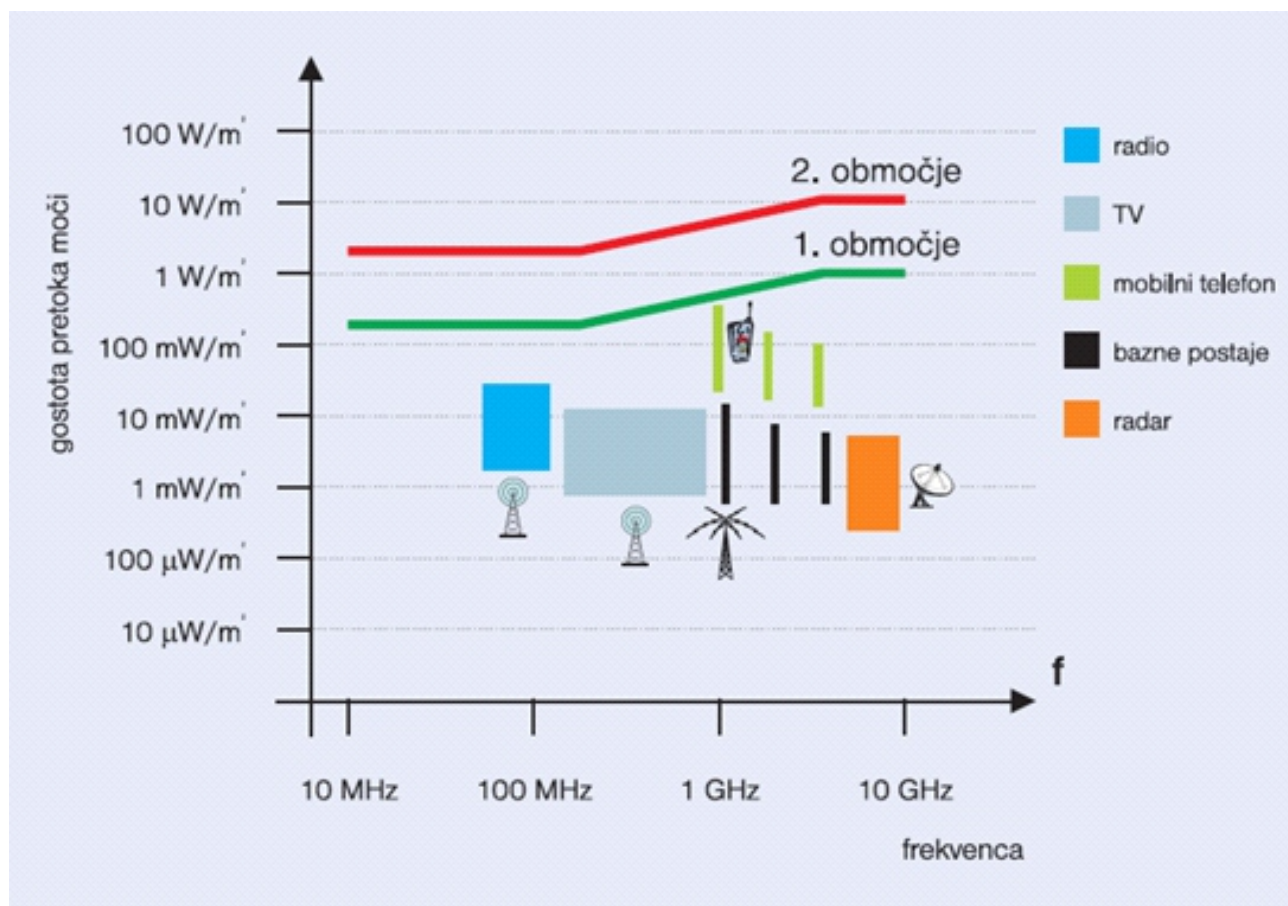
Slika 5: Mejne vrednosti, ki se uporabljajo za oceno sevalnih obremenitev v okolici baznih postaj GSM-R v posameznih državah članicah EU. Kot je razvidno iz grafa, je v Sloveniji zakonsko določena mejna vrednost, ki se uporablja pri umeščanju teh naprav na I. območju varstva pred sevanji, med najnižjimi v Evropi. Nižje vrednosti imajo le nekatere države, ki še vedno uporabljajo stare vzhodnoevropske standarde iz Varšavskega območja (Poljska, Litva, Bolgarija). Poseben primer predstavlja Švica, ki ima mejno vrednost določeno le za en vir v okolju ter Italija, ki omejuje sevanje v stavbah. V obeh državah v okolju veljajo mejne vrednosti ICNIRP.

3.2 stanje v Sloveniji

V Sloveniji je od leta 1996 v veljavi Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur.list RS št. 70/96), ki temelji na smernicah ICNIRP. Z razliko od smernic ICNIRP pa uredba določa dvojne mejne vrednosti, prve za tako imenovano I. območje varstva pred EMS in druge za tako imenovano II. območje varstva pred EMS.

Za I. območje varstva pred EMS, kamor sodijo občutljiva območja, kot so šole, vrtci, bolnice, stanovanjska območja in podobno, so predpisane mejne vrednosti 10-krat strožje od mejnih vrednosti ICNIRP, ki za prebivalstvo že vključujejo varnostni faktor 50. To pomeni, da za I. območje varstva pred sevanji obstaja 500-kratni varnostni faktor. Slovenska zakonodaja je v tem pogledu ena najstrožjih na svetu.

Za II. območje varstva pred EMS (ostala območja, ki niso v I. območju varstva pred EMS, to so območja brez stanovanj, namenjena industrijski, obrtni ali kateri drugi podobni proizvodni dejavnosti, območja namenjena javnemu cestnemu ali železniškemu prometu, ostala naravna območja) pa, kot že omenjeno, veljajo podobne omejitve kot jih določajo smernice ICNIRP.



Slika 6: Mejne vrednosti se s frekvenco spreminjajo. Na sliki je prikazana primerjava sevalnih obremenitev zaradi različnih visokofrekvenčnih virov v okolju glede na zakonsko dovoljene mejne vrednosti za I. in II. Območje varstva pred EMS.

Mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, so frekvenčno odvisne in so določene za efektivno vrednost električne (E) in magnetne (H) poljske jakosti ter za povprečno vrednost gostote pretoka moči (S). Za sistem GSM-R, ki v Sloveniji deluje na frekveni med 921 in 925 MHz, so mejne vrednosti podane v tabeli 4.

	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m²]
I. območje	12,9	0,03	0,45
II. območje	41,1	0,11	4,5

Tabela 1: Mejne vrednosti za sistem GSM-R, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur.list RS št. 70/96)

Čeprav uredba o EMS velja že od leta 1996, mejne vrednosti niso zastarele, saj se mednarodno priporočene mejne vrednosti ICNIRP za omejevanje izpostavljenosti visokofrekvenčnim EMS niso spremenile. Uvajanje strožjih zahtev za umeščanje novih virov EMS na območjih povečanega varstva pred EMS uvršča Slovenijo med države z najstrožjimi mejnimi vrednostmi.

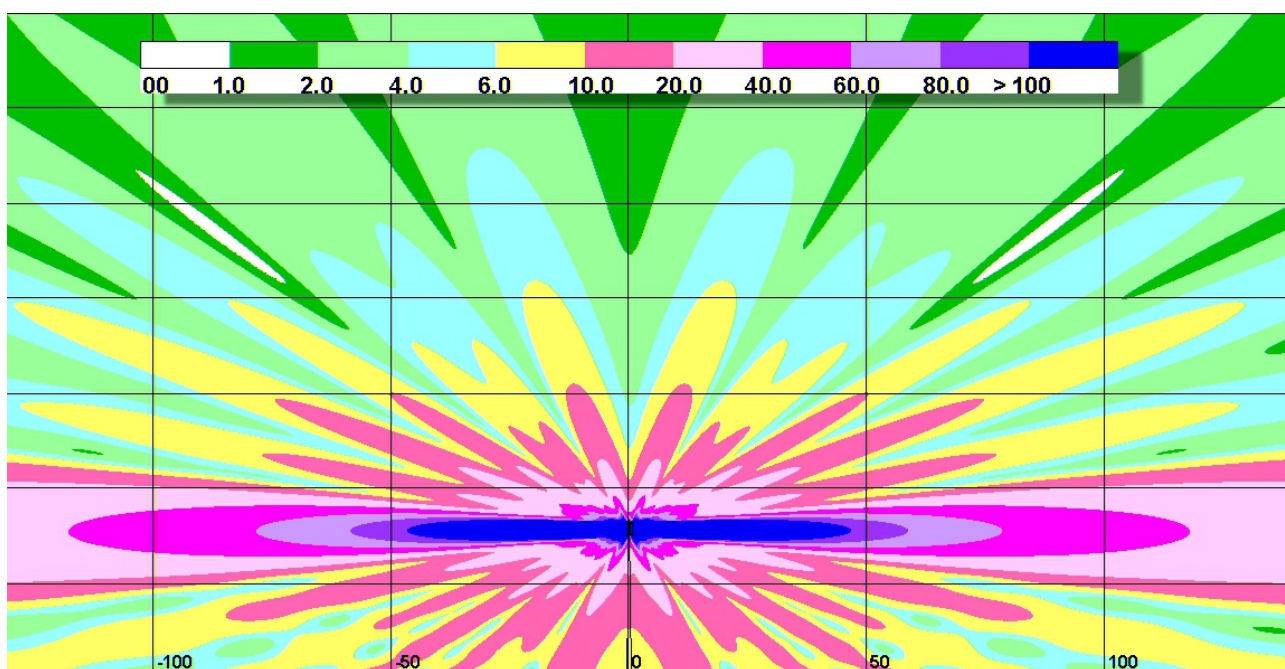
V letih 2009-2011 je komisija ICNIRP po pregledu obstoječih raziskav in relevantne znanstvene literature revidirala mejne vrednosti v področju nizkofrekvenčnih EMS. Za področje visokofrekvenčnih EMS pa je ICNIRP potrdila mejne vrednosti iz leta 1998, ki do nadaljnjega ostajajo enake.

4. sevalne obremenitve v okolici baznih postaj GSM-R

Številne raziskave o EMS v okolju so pokazale, da so v Sloveniji sevalne obremenitve zaradi baznih postaj na človeku dostopnih mestih precej pod zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi. Na višini 1 m nad tlemi sevalne obremenitve dosegajo največ nekaj odstotkov mejnih vrednosti, v povprečju pa so nižje od **enega odstotka**. 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 presežene.

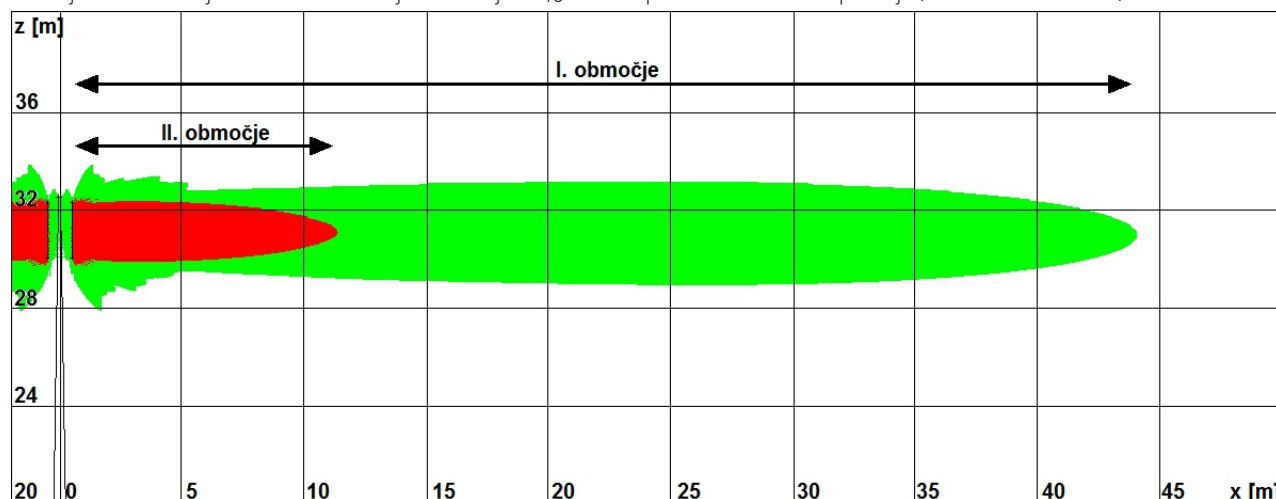
4.1 bazne postaje GSM-R

Ko antena oddaja visokofrekvenčni signal, je moč v snopu bistveno večja kot zunaj njega. To lahko primerjamo s snopom svetlobe pri žepni svetilki. Tako kot pri žepni svetilki je tudi snop antene zelo ozko prostorsko usmerjen. Glavni snop je navadno za nekaj stopinj nagnjen navzdol in pri precejšnji oddaljenosti (od 50 do 200 m) od antene bazne postaje doseže tla. Da je sevanje bazne postaje ozko usmerjeno, kaže tudi spodnja slika. Z rdečo je obarvano območje, kjer so mejne vrednosti za I. območje presežene. To območje je le ozek pas, ki se nahaja pred anteno v višini antene, torej več 10 m nad nivojem tal.



Slika 7: Navpični prerez električnega polja v ravnini, ki poteka skozi središče anten. Vrednosti električnega polja so prikazane v odstotkih mejne vrednosti glede na I. območje.

Območje, kjer so mejne vrednosti presežene, imenujemo **vplivno območje**. Na mestih, ki so dostopna prebivalstvu, ne smejo biti presežene mejne vrednosti za II. območje, medtem ko se znotraj vplivnega območja za I. območje ne smejo nahajati površine, namenjene bivanju, vzgoji, izobraževanju, zdravstvu in podobno. Za bazne postaje sistema GSM-R se vplivno območje za I. območje razteza do oddaljenosti največ 45 metrov pred anteno bazne postaje (rdeča lisa na sliki 8).



Slika 8: Vertikalni prerez vplivnega območja v ravnini skozi središče antene, za anteno s širino snopa 30° in oddajno močjo 100 W. Z rdečo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost za I. območje. Vplivno območje se nahaja le v višini anten.

V spodnjih tabelah je prikazano vplivno območje za različne konfiguracije bazne postaje GSM-R.

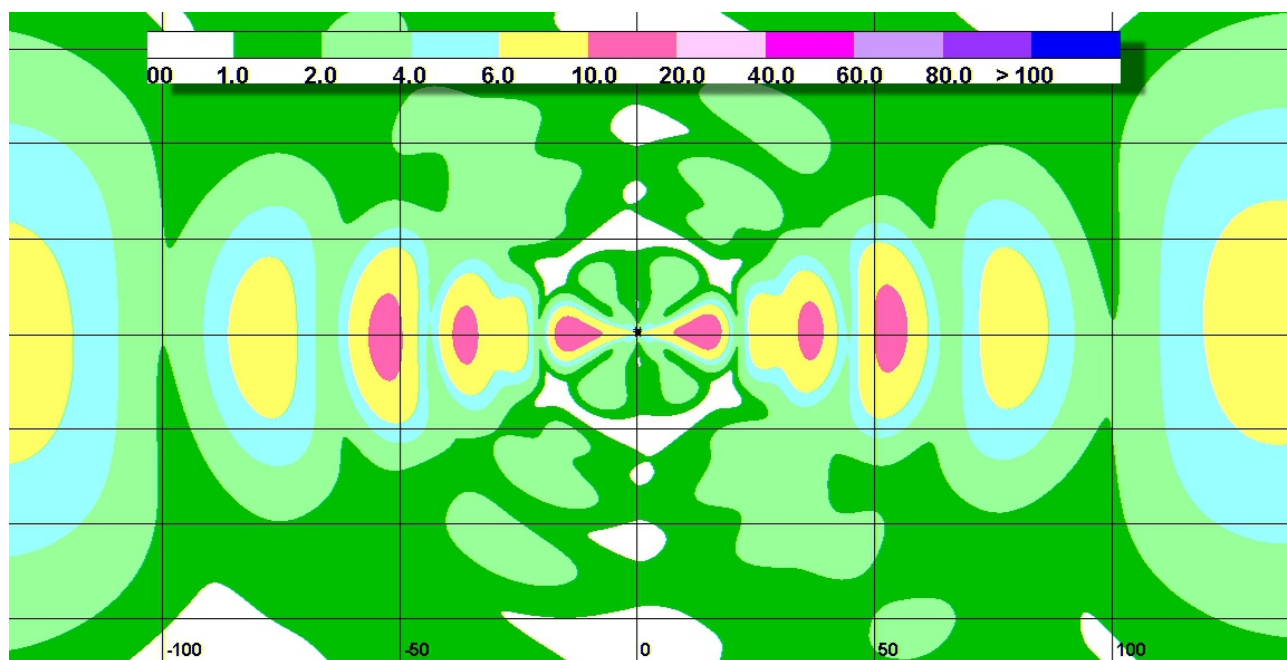
Tabela 2: Velikost vplivnega območja v višini anten za I. območje glede na Uredbo o EMS

antena, dobitok antene	oddajna moč				
	20 W	40 W	60 W	80 W	100 W
zelo usmerjena antena, (30°, 20,8 dBi)	18,6 m	27,6 m	34,2 m	39,8 m	44,7 m
manj usmerjena antena, (65°, 16,9 dBi)	11,7 m	17,6 m	21,9 m	25,5 m	28,6 m

Tabela 3: Velikost vplivnega območja v višini anten za II. območje glede na Uredbo o EMS

antena, dobitok antene	oddajna moč				
	20 W	40 W	60 W	80 W	100 W
zelo usmerjena antena, (30°, 20,8 dBi)	2,8 m	5,0 m	7,2 m	9,5 m	11,5 m
manj usmerjena antena, (65°, 16,9 dBi)	1,8 m	3,1 m	4,5 m	5,7 m	7,0 m

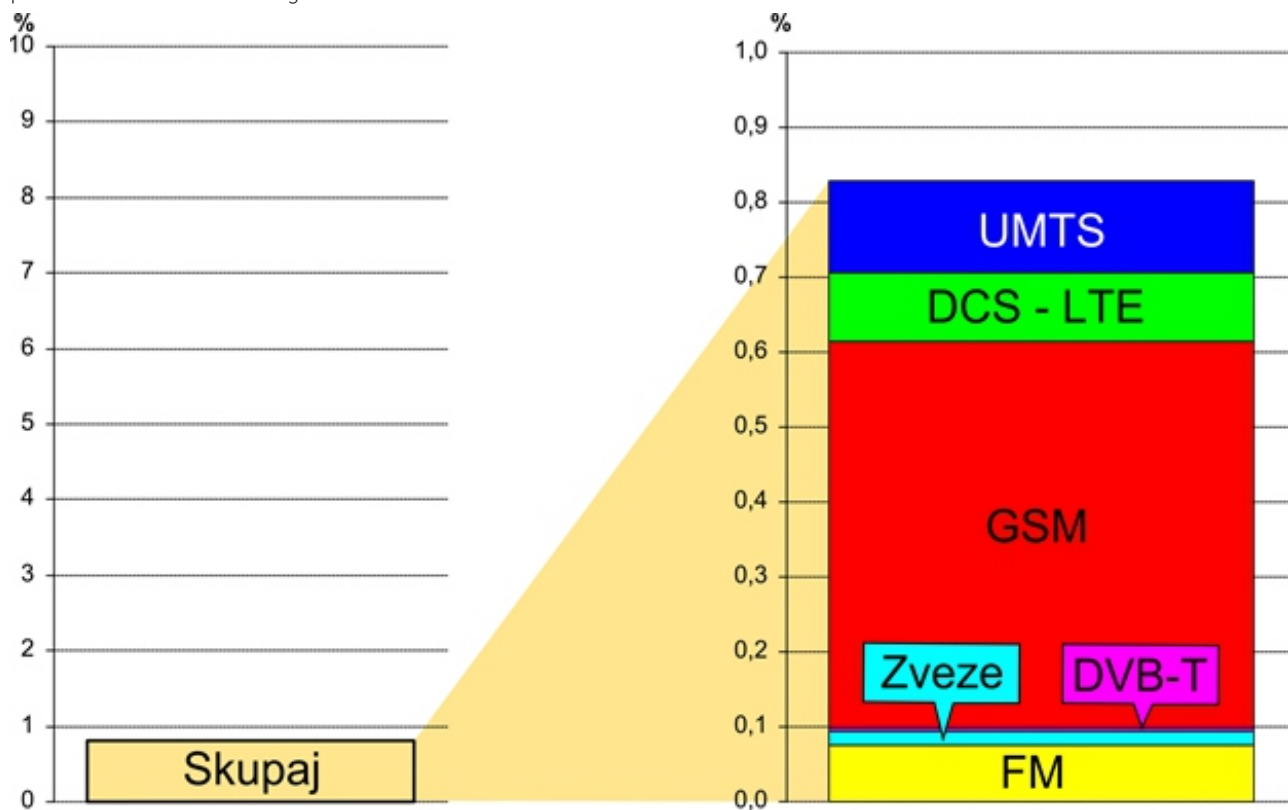
Na območju okrog bazne postaje, ki je dostopno javnosti, so na nivoju tal sevalne obremenitve precej nižje od mednarodnih standardov in priporoči ICNIRP. Tipične sevalne obremenitve na človeku dostopnih območjih okrog baznih postaj dosegajo manj kot odstotek dovoljenih vrednosti (slika 9). Pomembno je poudariti, da so sevalne obremenitve zaradi delovanja baznih postaj bolj kot z oddaljenostjo povezane z drugimi parametri, predvsem z višino in usmerjenostjo anten. Zato sama bližina bazne postaje še ne pomeni tudi večjih sevalnih obremenitev, kar je razvidno tudi iz slike 9.



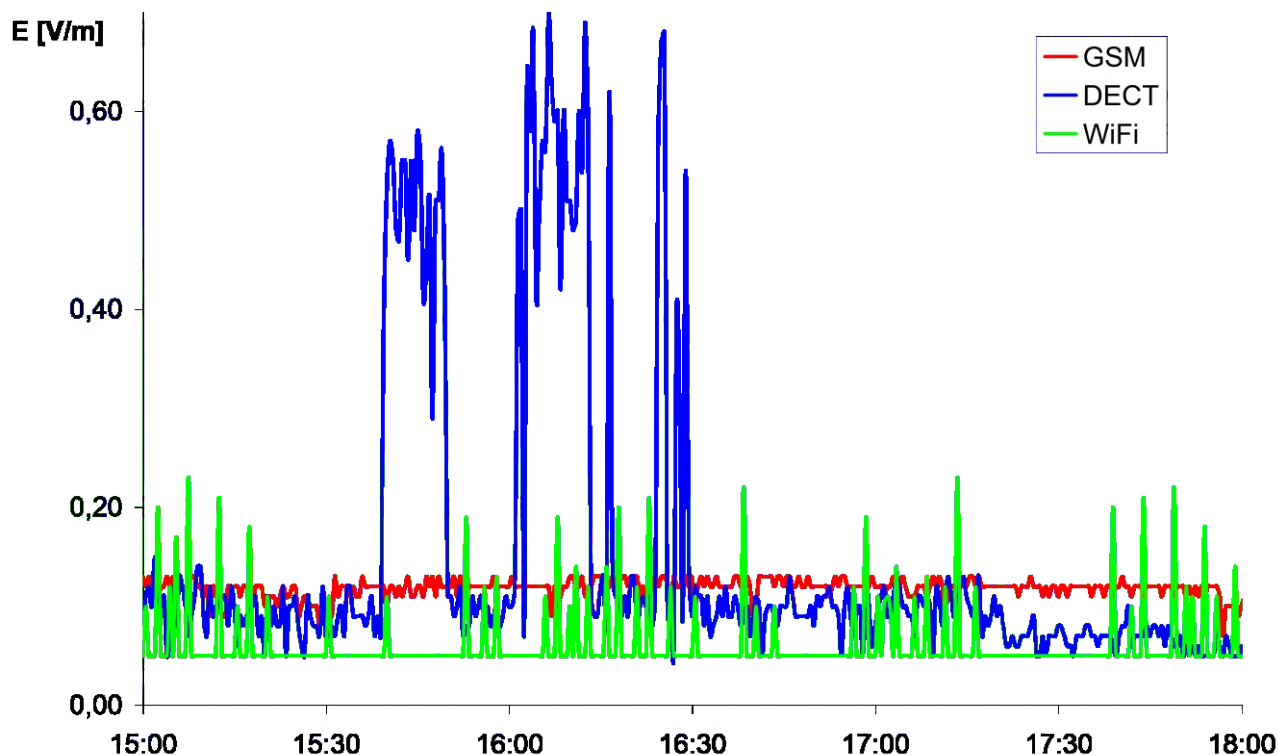
Slika 9: Vodoravni prerez električnega polja v ravnini, ki poteka 1 m nad tlemi. Vrednosti električnega polja so prikazane v odstotkih mejne vrednosti glede na I. območje.

Sevalne obremenitve zaradi baznih postaj so v naravnem in bivalnem okolju primerljive s sevalnimi obremenitvami zaradi radijskih in televizijskih oddajnikov, znotraj objektov pa je v primeru, da je v objektu nameščena WiFi dostopna točka ali DECT brezvžični telefon, prispevek teh dveh virov višji kot prispevek baznih postaj.

Inštitut za neionizirna sevanja je letos izvedel obsežno raziskavo o sevalnih obremenitvah v okolici baznih postaj mobilne telefonije v Sloveniji. Meritve elektromagnetnih sevanj so pokazale, da so sevalne obremenitve na vseh izmerjenih lokacijah precej pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju [UI RS 70/96]]. Maksimalna trenutna izmerjena vrednost sevalnih obremenitev zaradi baznih postaj je znašala približno 11,2 odstotkov zakonsko določenih mejnih vrednosti, povprečna vrednost pa približno 1 odstotek mejnih vrednosti. Do podobnih zaključkov so prišli raziskovalci tudi v drugih državah



Slika 10: Izmerjene vrednosti sevanja baznih postaj na 33 lokacijah v Sloveniji v primerjavi z mejno vrednostjo za I. območje (levo) in prispevek posameznih tehnologij k skupnim sevalnim obremenitvam (desno). Največ prispeva sistem GSM (64 odstotkov), sledijo pa sistem UMTS (15 odstotkov), sistem LTE (12 odstotkov) in zelo oddaljeni radijski oddajniki FM (8 odstotkov).



Slika 11: Potek sevalnih obremenitev v dnevni sobi stanovanja zaradi GSM baznih postaj (rdeče), DECT brezvrvičnega telefona (modro) in WiFi usmerjevalnika (zeleno). Prispevek baznih postaj GSM je primerljiv s prispevkom WiFi usmerjevalnika in DECT brezvrvičnega telefona, ko ta ni v uporabi, med telefonskim pogovorom pa k sevalnim obremenitvam prispeva največ prav DECT brezvrvični telefon.

Sevalne obremenitve z oddaljenostjo od virov upadajo različno, saj je to odvisno od tehničnih parametrov vira. V spodnji tabeli so podane vrednosti električne poljske jakosti (E) na različnih oddaljenostih od tipičnih virov visokofrekvenčnih EMS, ki jih srečamo v okolju. Iz tabele je razvidno, da lahko radiodifuzni oddajnik na razdalji 5 km povzroča enake sevalne obremenitve kot bazna postaja na nekaj 10 metrih.

Tabela 4: Tipične sevalne obremenitve različnih visokofrekvenčnih virov na višini 1 m nad tlemi pri različnih oddaljenostih od vira.
Sevalne obremenitve so podane kot električna poljska jakost v V/m.

oddaljenost	10 m	100 m	300 m	500 m	1 km	2 km	5 km
bazna postaja GSM-R oddajne moči 2×50 W v smeri glavnega snopa	0,8 V/m	0,6 V/m	0,5 V/m	0,6 V/m	0,4 V/m	0,2 V/m	0,1 V/m
bazna postaja mobilne telefonije sistema GSM in UMTS oddajne moči 3×40 W in 3×20 W v smeri glavnega snopa	1,2 V/m	0,5 V/m	0,8 V/m	0,7 V/m	0,4 V/m	0,2 V/m	0,08 V/m
manjši radijski oddajnik oddajne moči 400 W	8,1 V/m	2,2 V/m	0,8 V/m	0,5 V/m	0,2 V/m	0,1 V/m	0,05 V/m
večji radijski in televizijski oddajnik oddajne moči 5 kV FM in 20 kV TV	19,0 V/m	8,0 V/m	2,8 V/m	2,2 V/m	1,8 V/m	1,2 V/m	0,6 V/m

5. sevanje baznih postaj GSM-R in zdravje

Nepoznavanje in neotipljivost EMS pri ljudeh vzbujata zaskrbljenost, saj menijo, da izpostavljenost EMS iz različnih virov (visokonapetostni daljnovodi, radarji, mobilni telefoni, bazne postaje in gospodinjski aparati...) lahko predstavlja zdravstveno tveganje, še posebej pri otrocih.

Dejstvo je, da lahko EMS visokih jakosti povzroča akutne negativne vplive na zdravje. Izpostavljenost nizkim jakostim EMS in zapoznani učinki izpostavljenosti zaenkrat niso dokazani, niso pa znani niti fizikalni mehanizmi vpliva. Obstaja nekaj epidemioloških raziskav, ki statistično nakazujejo na možnost povečanja tveganja za nastanek nekaterih oblik raka. 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.

Opravljenе raziskave na zdravih prostovoljcih pa ne kažejo, da bi izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS šibkih jakosti, ki so nižje od znanstveno potrjenih mejnih vrednosti, povzročala zaznavne škodljive vplive na zdravje. Izpostavljenost višjim jakostim, ki je lahko nevarna, pa je omejena z mednarodnimi priporočili ter domačo zakonodajo.

5.1 vpliv visokofrekvenčnih EMS na zdravje

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.

Visokofrekvenčna EMS frekvenc med 1 MHz in 10 GHz (GSM-R oddaja na frekvenci med 921 in 925 MHz) prodrejo v izpostavljeno tkivo in pri dovolj visoki jakosti 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. 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 (S) 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.

5.2 trenutni vplivi EMS

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 mnogo 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 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.

V povezavi z možnimi netermičnimi učinki Svetovna zdravstvena organizacija ugotavlja, da nobena raziskava ni pokazala na obstoj negativnih vplivov na zdravje pri jakostih pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi, kljub dejstvu, da lahko VF EMS vplivajo na biološke sisteme pri jakostih, ki so premajhne za zaznavni dvig temperature.

Tako Svetovna zdravstvena organizacija kot tudi Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji sta mnenja, da rezultati opravljenih raziskav o netermičnih učinkih ne dajejo zanesljive podlage za oblikovanje mejnih vrednosti.

Nespecifični simptomi: Nekateri posamezniki naj bi bili posebej občutljivi za izpostavljenost VF EMS. Pripisujejo jim zbadanje in bolečine v tkivih, glavobole, slabosti, depresije, motnje pri spanju, utrujenost ter celo krče in epileptične napade. Avtorji obsežne meta študije (Roosli 2010), ki je obravnavala prek 100 izvedenih raziskav o vplivih sevanj baznih postaj na zdravje v zadnjih dveh desetletjih, so prišli do zaključka, da ob upoštevanju znanstvenih kriterijev ti rezultati raziskav niso ugotovili nobene povezave med sevanjem baznih postaj in pojavom akutnih nespecifičnih simptomov.

Nekatere 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 kompleksne, saj so v možne odzive na VF EMS vpleteni številni drugi subjektivni odzivi, ki niso neposredno povezani z učinki VF EMS.

Povezave med visokofrekvenčnimi EMS mobilnih telefonov ali baznih postaj in motnjami spanja, glavoboli ali drugimi splošnimi zdravstvenimi težavami ni bilo mogoče dokazati niti z eksperimentalnimi študijami na testnih osebah niti z epidemiološkimi študijami. Spomin, odzivne sposobnosti in drugi vidiki kognitivnih sposobnosti niso bili prizadeti.

Namestitev bazne postaje pa v povezavi z zaskrbljenostjo glede možnih učinkov na zdravje lahko povzroči motnje spanja in sicer tudi v primeru, da je bazna postaja izključena. Zastiranje elektromagnetnih sevanj v spalnih prostorih s posebnimi zavesami ni privedlo do izboljšane kakovosti spanja. Glede vprašanja preobčutljivosti za EMS so čedalje pogostejši kazalniki, da ni povezave med izpostavljenostjo EMS in nespecifičnimi simptomi.

Prevladujoče znanstveno mnenje, ki ga podpira tudi Svetovna zdravstvena organizacija je, da na voljo ni znanstveno potrjenih rezultatov raziskav, ki bi potrdili preobčutljivost na VF EMS in s tem nespecifične simptome.

5.3 zapozneli vplivi 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). 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, 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.

MOBILNI TELEFONI – POSEBEN PRIMER

Ker mobilni telefon uporabljamo neposredno ob telesu, so sevalne obremenitve precej višje (v povprečju dosežejo do 50% mejne vrednosti) od tistih, ki smo jim lahko izpostavljeni v okolju zaradi GSM-R ali drugih baznih postaj (do nekaj % mejne vrednosti).

Rezultati raziskav o vplivih EMS mobilnih telefonov kažejo na statistično značilno povečanje tveganja raka na možganih (meningioma in glioma) pri tistih posameznikih, ki so uporabljali telefon več kot deset let vsaj 30 minut na dan. Po drugi strani pa epidemiološke študije o uporabi mobilnega telefona pri odraslih osebah, ki so telefon uporabljale manj kot 10 let niso pokazale povečanega tveganja za pojav raka na možganih.

SZO je tako VF EMS mobilnih telefonov razvrstila 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.

Rezultati študij na živalih, ki so jih izvajali prek več generacij, ne podpirajo hipoteze o posebni občutljivosti v zgodnjih obdobjih razvoja. Pri otrocih niso dokazali povezave med izpostavljenostjo visokofrekvenčnim sevanjem in akutnimi zdravstvenimi težavami. Zaradi dolge latentne dobe za bolezen raka in primerljivo kratkem obdobju vsesplošne uporabe mobilnih telefonov in drugih naprav ostaja vprašanje zapoznelih učinkov v časovnem razdobju daljšem od desetih let še naprej odprto. To je predmet nadaljnjih raziskav. Trenutno ni mogoče dokončno odgovoriti niti na vprašanje, ali je zdravstveno tveganje zaradi dolgotrajne izpostavljenosti sevanjem mobilnih telefonov pri otrocih višje kot pri odraslih, bodisi zaradi starostno pogojenih razlik ali pa zaradi daljše življenjske izpostavljenosti. Tudi to vprašanje se še naprej spremlja, saj je ena od dozimetričnih študij na različnih modelih otroških glav pokazala, da so predvsem pri majhnih otrocih določena tkiva in predeli možganov med telefoniranjem lahko deležni višje izpostavljenosti kot pri odraslih.

Kritični pregled znanstvenih raziskav je pripeljal do zaključka, da je povezava med določenimi vrstami raka v glavi ter sevanjem mobilnih telefonov omejena, medtem ko je povezava med vsemi drugimi vrstami raka in viri EMS iz okolja (bazne postaje) prešibka za izoblikovanje dokončnih sklepov o škodljivih učinkih EMS nizkih jakosti.

Stališče SZO glede vplivov brezžičnih sistemov na zdravje je, da kljub številnim opravljenim raziskavam na voljo ni dokazov, ki bi vodili do sklepa, da lahko izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem nizkih jakosti predstavlja tveganje za zdravje.

V povezavi z baznimi postajami mobilne telefonije pa SZO zaključuje, da ob upoštevanju vseh dosedanjih rezultatov znanstvenih raziskav in dejstvu, da bazne postaje predstavljajo zelo nizke sevalne obremenitve, ne obstajajo prepričljivi dokazi, da bi lahko šibki signali EMS zaradi delovanja baznih postaj povzročali negativne vplive na zdravje.

5.4 stališča ključnih organizacij glede zdravstvenih tveganj

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)

„Nobeden od najnovejših pregledov literature ni privedel do sklepa, da bi izpostavljanje VF EMS mobilnih telefonov in baznih postaj povzročalo kakršne koli zdravstvene posledice. V povezavi z netermičnimi učinki je mogoče skleniti, da kljub dejstvu, da lahko VF EMS vplivajo na biološke sisteme pri jakostih, ki so premajhne za zaznavni dvig temperature, nobena raziskava ni pokazala na obstoj vplivov na zdravje pri jakostih pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi. Vendar pa obstajajo pomanjkljivosti v znanju, ki zahtevajo dodatne raziskave z natančnejšo oceno zdravstvenega tveganja.“

www.who.int/inf-fs/en/fact193

Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)

„Rezultati objavljenih epidemioloških in laboratorijskih raziskav o vplivu VF EMS mobilnih telefonov in baznih postaj na rakasta obolenja ne dajejo podlage za omejevanje uporabe mobilnih telefonov. Prevladujoče znanstveno mnenje, ki temelji na obstoječi znanstveni literaturi, je, da VF EMS nizkih jakosti ne krajša življenjske dobe in ne pospešuje razvoja rakastih obolenj. Izpostavljenost VF EMS, ki je nižja od mejnih vrednosti, ne vpliva na zdravje.“

www.icnirp.de

Evropska komisija - Znanstveni odbor za toksikologijo, eko-toksikologijo in okolje (CSTEE)

„Obstoječe znanstvene raziskave, ki obravnavajo tako termične kot tudi netermične učinke EMS, ne dajejo dovolj trdne podlage, ki bi narekovala znižanje mejnih vrednosti, določenih v priporočilih EU.“

www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/sct/out128_en.pdf

Agencija za varstvo pred sevanji, Švedska

„V skladu s predhodnimi tudi najnovejše raziskave ne indicirajo nobenih zdravstvenih tveganj zaradi izpostavljenosti EMS baznih postaj, radijskih in TV oddajnikov in lokalnih brezžičnih omrežij doma in v šoli.“

www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Strafskydd/2014/SSM-Rapport-2014-16.pdf

Zvezni urad za varstvo pred sevanji, Nemčija

„Tako rezultati večletnega Nemškega raziskovalnega programa kot tudi druge najnovejše študije na nacionalni in mednarodni ravni niso potrdili obstoja možnih mehanizmov delovanja v netermičnem področju. Gledano v celoti rezultati niso ponudili nobenega povoda za to, da bi postavili pod vprašaj ustreznost obstoječih mejnih vrednosti.“

www.bfs.de/de/elektro

Ministrstvo za okolje in prostor

„Obstoječe mejne vrednosti, ki jih predpisuje uredba o elektromagnetnem sevanju, zagotavljajo najvišjo stopnjo varstva okolja in varovanja zdravja pred EMS. Hkrati velja tudi poudariti, da je povprečna izpostavljenost ljudi zaradi sevanja baznih postaj v Sloveniji stokrat manjša od mejnih vrednosti, določenih z uredbo.“

www.gov.si/mop

Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji

„Zavzemanje za uveljavitev „priporočene vrednosti“ izpostavljenosti $0,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$, ki je kar 4.500.000 krat manjša od mejne vrednosti določene z uredbo, za kar si prizadevajo nekatere „državlanske iniciative“, bi v praksi pomenilo popolno ukinitve mobilne telefonije in drugih brezžičnih sistemov. Pri povprečni 20 W bazni postaji mobilne telefonije bi bila ta vrednost presežena vse do oddaljenosti 33 km, kar približno sovпада s teoretičnim dometom GSM tehnologije. Mobilni telefon z močjo 1 W pa bi „priporočeno vrednost“ presegal vse do oddaljenosti 5,6 km.“

www.uvps.gov.si

6. zaključek

Pred postavitvijo bazne postaje GSM-R je potrebno izdelati oceno sevalnih obremenitev okolja, medtem ko je med testnim obratovanjem bazne postaje potrebno izvesti prve meritve EMS s strani pooblaščne organizacije. 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 dosegajo le nekaj odstotkov mejne vrednosti glede na stroge mejne vrednosti uredbe za l.območje.

Naj povzamemo:

- 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 tveganje 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 GSM-R 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 1°C. Sevalne obremenitve baznih postaj GSM-R 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 učinke. 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).
- 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.
- 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.

Svetovna zdravstvena organizacija navaja, da vsi pregledi znanstvenih raziskav jasno kažejo, da sevalne obremenitve v celotnem frekvenčnem področju od 0-300 GHz, ki so nižje od mednarodnih smernic ICNIRP, ne povzročajo poznanih negativnih vplivov na zdravje. Obstajajo pa še določene pomanjkljivosti v znanju, ki jih lahko zapolnimo le z visokokakovostnimi raziskavami, ki bodo nudile možnost za bolj natančno oceno tveganj za zdravje.

7. 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. EC (1999): Council of the European Union. 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 L199 of 30.7.1999, pp. 59-70. (glej: europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/ph_fields_cr_en.pdf)
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. Health Council of the Netherlands: Mobile telephones; an evaluation of health effects. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2002; publication no. 2002/01E. pp96 (glej: www.gr.nl/engels/welcome)
5. IARC (2013): IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Volume 102 (2013)
6. 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
7. ICNIRP (2009): Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 97(3): 257-259; 2009.
8. ICNIRP (1996): International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. *Health Physics* Vol. 70:587-593, 1996, (glej www.ICNIRP.org)
9. IEGMP: Independent Expert Group on Mobile Phones, "Mobile Phones and Health", National Radiological Protection Board (UK), 2000, (glej: www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm)
10. Jauchem JR (2008), 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
11. 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
12. Rösli M, Frei P, Mohler E, Hug K (2010), Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bull World Health Organ* 88 (12): 887 – 896, 2010 (glej: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2995180/pdf/BLT.09.071852.pdf)
13. SSM (2014): Recent research on EMF and Health Risks, 9th Report from SSM - Swedish Scientific Council on EMF, 2014 (glej: www.stralsakerhetsmyndigheten.se/)
14. SCENIHR (2009): Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2009 (glej: ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_024.pdf)
15. SCENIHR (2013): Preliminary opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2013 (glej: ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihhr_o_041.pdf)
16. Trček T, Valič B, Kotnik T, Gajšek P. (2014): Elektromagnetna sevanja v okolici baznih postaj LTE. *Elektroteh. Vestn.* 81: 39-44, 2014.
17. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Uradni list Republike Slovenije, št.70, 5925-5931, leto VI, 6.december, 1996, (glej: www.gov.si/mop)
18. Verschaeve L (2009), Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*: 259 – 270
19. WHO (2013): What are the health risks associated with mobile phones and their base stations? Online Q&A 20 September 2013, (glej: www.who.int/features/qa/30/en/)
20. WHO (2006): Electromagnetic fields and public health - Base stations and wireless technologies, Backgrounder, May 2006, (glej: www.who.int/peh-emf)
21. WHO (2011): Fact Sheet No. 193: Electromagnetic fields and public health: Mobile telephones and their base stations., June 2011, (glej: www.who.int/peh-emf)

8. o avtorjih

doc. dr. Peter Gajšek je direktor Inštituta za neionizirna sevanja. Njegovo specialno področje je preučevanje interakcij EMS z organizmi s poudarkom na eksperimentalni in teoretični dozimetriji. Vrsto let je opravljal raziskave s področja EMS v uglednih laboratorijih po svetu. Je predsednik nacionalnega odbora za neionizirna sevanja v okviru slovenske standardizacije za pripravo in sprejemanje standardov s tega področja. Je tudi član številnih mednarodnih organizacij s področja EMS, med drugim upravnega odbora Slovenskega društva za varstvo pred sevanji, mednarodnega svetovalnega odbora globalnega projekta o EMS, ki ga vodi Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) ter združenja za bioelektromagnetiko BEMS. Je avtor ali soavtor 22 izvirnih znanstvenih člankov, 7 preglednih znanstvenih člankov, 20 strokovnih člankov, 41 poljudnih člankov, 70 objav na konferencah ter 22 knjig, monografij in učbenikov. Je predavatelj na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ter Fakulteti za znanosti o okolju Univerze v Novi Gorici.

dr. Blaž Valič je vodja laboratorija na Inštitutu za neionizirna sevanja. Zadnjih 12 let deluje na področju elektromagnetnih sevanj, kjer se ukvarja predvsem z meritvami, numeričnimi izračuni in biološkimi vplivi elektromagnetnih sevanj. Je član več mednarodnih združenj s tega področja. Je avtor 11 izvirnih znanstvenih člankov, 1 preglednega znanstvenega članka, 1 poljudnega članka, 42 objav na konferencah ter 6 knjig, monografij in učbenikov.

doc. dr. Damijan Škrk je direktor Uprave Republike Slovenije za varstvo pred sevanji v okviru Ministrstva za zdravje RS. Njegovo strokovno delo je namenjeno zagotavljanju varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi vplivi sevanj. V okviru Mednarodne agencije za atomsko energijo (IAEA) sodeluje kot ekspert za področje varstva pred sevanji. V delovni skupini za atomska vprašanja (AQG) Sveta EU je bil predstavnik Slovenije v času priprave predpisov za področje varstva pred sevanji EURATOM. Je član sveta predstojnikov upravnih organov Heads of the European Radiological protection Competent Authorities (HERCA), kot najvišjega telesa na področju nadzora varstva pred sevanji v Evropi. Je predsednik Svetovalnega odbora projekta Forum EMS ter predava na Fakulteti za matematiko in fiziko in Zdravstveni fakulteti Univerze v Ljubljani. V znanstveni in strokovni literaturi je avtor ali soavtor prek 70 objav ter mentor pri diplomskih delih študentov.

DIGITALNO ŽELEZNIŠKO RADIJSKO OMREŽJE **GSM-R**

