



ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

5G IN ZDRAVJE

Monografija ELEKTROMAGNETNA SEVANJA – 5G IN ZDRAVJE

Izdajatelj: projekt FORUM EMS, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in Inštitut za neionizirna sevanja

Priprava besedila: doc. dr. Peter Gajšek, dr. Blaž Valič

Recenzija: doc. dr. Damijan Škrk, prof. dr. Tadej Kotnik

Lektoriranje: skupina Lucas

Oblikovanje: Blaž Valič

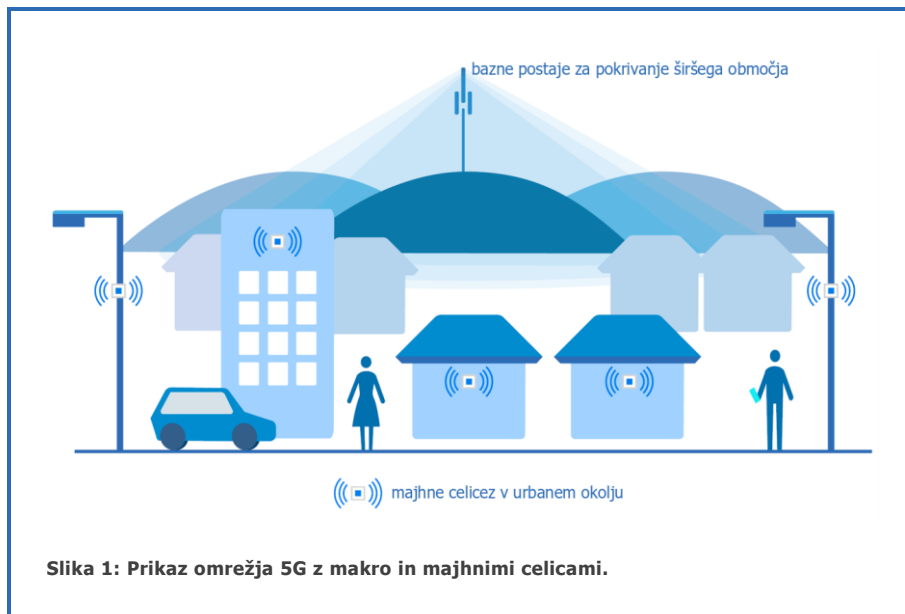
Fotografija na naslovnici: Andrey Suslov/Shutterstock.com

Ljubljana, december 2020

©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 soglasja projekta Forum EMS.

UVOD

Omrežje 5. generacije mobilne telefonije (5G) je naslednja generacija sistemov brezžične tehnologije, ki bo zagotavljala večje hitrosti prenosa podatkov od vseh prejšnjih generacij. Pri testiranju tehnologije 5G hitrosti dosegajo od 700 do 3025 Mb/s, kar pomeni, da bodo na primer filmi, ki so za prenos z omrežjem 4G potrebovali nekaj minut, preneseni v le nekaj sekundah. Čeprav pri uporabi omrežja 5G najprej pomislimo na pametne telefone in druge mobilne naprave, obstajajo številne druge aplikacije, ki bodo uporabljale tehnologijo 5G. Razvoj novih generacij mobilne telefonije se usmerja tudi v izboljšano podporo komunikaciji stroj-stroj oziroma tako imenovanemu internetu stvari (IoT), kar bo pospešilo razmah pametnih tehnologij, avtomatizacije in avtonomnih vozil.



Slika 1: Prikaz omrežja 5G z makro in majhnimi celicami.

Omrežje 5G bo poleg obstoječih celic vsebovalo tudi majhne celice, ki bodo omogočale velike prenosne hitrosti na posameznem manjšem območju. Število teh celic se bo z uporabo novih frekvenc in naprednih anten povečevalo. Čeprav bodo omrežja, ki uporabljajo frekvenčne pasove pod 6 GHz, še vedno predstavljala hrbtenico mobilnih komunikacij, bo za novo omrežje 5G potrebno zagotoviti dodatne frekvenčne pasove nad 6 GHz, saj so obstoječi spektri že zasedeni. Razvoj in širitev tehnologije v nove frekvenčne pasove (t. i. **milimetrski valovi**) odpira nova vprašanja glede izpostavljenosti, vplivov na okolje in zdravje, umeščanja v prostor in zagotavljanja skladnosti z mednarodnimi standardi.

ZNAČILNOSTI OMREŽJA 5G

5G prinaša višje frekvence in večje pasovne širine¹ od predhodnih generacij mobilne telefonije, kar bo omogočilo bistveno višje hitrosti prenosa podatkov. Zelo visoke frekvence nad 3 GHz omogočajo zelo veliko pasovno širino, zato so idealne za povezovanje velikih skupin uporabnikov, ki se pogosto oblikujejo v gosto naseljenih območjih, na množičnih prireditvah ...



Pomembna novost so **pametne antene** (t. i. Massive MIMO), ki lahko oblikujejo usmerjene snope (t. i. beamforming) in tako usmerijo signal v tisto območje, kjer se nahajajo trenutno aktivni uporabniki. S tem se zagotovi optimalne poti signala do vsakega povezanega uporabnika. Te pametne antene bodo omogočile učinkovito delovanje omrežja, saj zmanjšajo motnje in povečajo možnosti, da signali v različnih pogojih dosežejo predvidenega prejemnika. Pametne antene ustvarjajo in usmerjajo signale le, kadar in kjer so potrebni. Če torej ni uporabnikov, denimo ponoči v spalnem naselju, oddajajo zgolj sinhronizacijski signal z močjo, ki je tudi do 1000-krat nižja od tiste, pri kateri deluje bazna postaja, ko je polno zasedena.

Po mnenju strokovnjakov za nizke izpostavljenosti je ključnega pomena dobra infrastruktura, saj mobilni telefon, ki ga nosimo pri sebi in ga imamo med telefoniranjem ali prenosom podatkov tik ob telesu/glavi, ob slabi pokritosti s signalom oddaja z večjo močjo, da njegov signal doseže bazno postajo in lahko zagotavlja dovolj

¹ Pasovna širina podaja frekvenčni razpon, ki v telekomunikacijah pove, kakšen je spekter frekvenc, in se lahko prenaša preko prenosne poti. Pasovna širina je v premo sorazmerna s hitrostjo prenosa informacij.

kakovostno delovanje. Pričakovati je, da bodo mobilni operaterji pri iskanju lokacij za bazne postaje 5G bolj sodelovali, saj možnost uporabe iste lokacije vsem prinaša finančne prihranke pri investiranju v infrastrukturo. Glavno omejitev pri solokacijah pa predstavlja zakonsko določena najvišja vrednost skupne izpostavljenosti zaradi delovanja vseh virov hkrati na istem območju.

KAKO DELUJE 5G

Sprva bodo omrežja 5G uporabljala obstoječo infrastrukturo. Bazne postaje 5G (makro celice) so podobne baznim postajam 2G, 3G in 4G ter so namenjene zagotavljanju pokritosti večjih območij. Nameščene bodo na antenske stolpe skupaj z obstoječimi antenami baznih postaj (*glej sliko 2*). Višje frekvence pomenijo manjše antene, a **visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja (VF EMS)** pri frekvencah nad 20 GHz imajo precej manjši doseg, med oddajno in sprejemno napravo pa ne sme biti ovire. Simulacije kažejo, da bi lahko bile zaradi oblikovanja snopa povprečne izpostavljenosti zaradi baznih postaj 5G nižje v primerjavi z enakovredno opremo 4G. Te prve analize bo treba preveriti še z meritvami v resničnih okoljih pri polno delujočem 5G omrežju.

Slika 2: Prikaz antenskega stolpa na poslovni stavbi, kjer se na isti lokaciji nahajata bazna postaja obstoječega omrežja 2G, 3G in 4G ter nova bazna postaja omrežja 5G.



KAJ DEJANSKO NOVEGA PRINAŠA 5G?

Visoke hitrosti prenosa podatkov

Omrežje 5G bo zagotavljalo bistveno večje hitrosti prenosa. Najvišja hitrost prenosa podatkov lahko doseže 20 Gbps v smeri do uporabnika (*download*) in 10 Gbps v smeri od uporabnika (*upload*). Ob tem je potrebno poudariti, da to ni hitrost, ki jo ima na razpolago sleherni uporabnik 5G (razen, če je v tistem trenutku edini povezani uporabnik na bazno postajo), temveč je to hitrost, ki jo delijo vsi trenutni uporabniki posamezne bazne postaje. Čeprav najvišje hitrosti prenosa podatkov za 5G zvenijo zelo impresivno, bodo tipične dejanske hitrosti nižje. Specifikacija zahteva hitrost prenosa v smeri do uporabnika vsaj 100 Mbps in od uporabnika vsaj 50 Mbps.

Minimalne zakasnitve

Zakasnitev ali latenca v mobilni telefoniji je čas, ki ga omrežje potrebuje, da se odzove na zahtevo po prenosu podatkov. Zakasnitev v omrežju 5G bo bistveno krajša kot v obstoječih mobilni omrežjih, v idealnih okoliščinah bo znašala največ 4 milisekunde, pri URLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communications*) pa zgolj 1 milisekundo. To z vidika opravljanja klicev ni pomembna lastnost, je pa zelo pomembna pri komunikaciji različnih naprav med seboj (IoT), da lahko delujejo v realnem času.

Učinkovitost

Bazne postaje 5G morajo biti med uporabo tudi energetsko učinkovite in preklopiti na nizkoenergijski način, ko niso v uporabi. V idealnem primeru bi bazna postaja morala biti sposobna preiti v nizkoenergijsko stanje v 10 milisekundah po oddaji zadnjega signala/uporabniškega prometa. Razmerje med največjo oddajno močjo bazne postaje, ko je polno obremenjena, in oddajno močjo, ko ni obremenjena, je pri tehnologiji 5G bistveno večje. To razmerje je pri baznih postajah 3G približno 10, pri baznih postajah 4G približno 1.000 in pri baznih postajah 5G približno 10.000. To v praksi pomeni, da bazna postaja 5G takrat, ko ni obremenjena, seva bistveno manj kot obstoječe bazne postaje 2G, 3G in 4G.

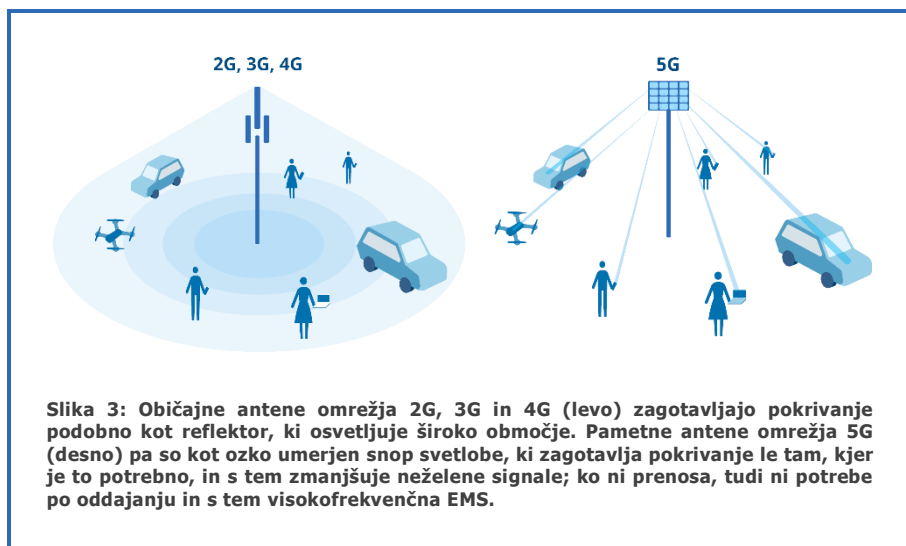


Mobilnost

S tehnologijo 5G bodo bazne postaje podpirale uporabnike, ki se gibljejo s hitrostjo do 500 km/h. Tako bo prenos podatkov pri baznih postajah 5G dostopen tudi potnikom na hitrih vlakih. Čeprav je to v omrežjih 4G (LTE) enostavno zagotoviti, je takšna mobilnost izziv za nova omrežja 5G, ki delujejo v milimetrskem frekvenčnem območju.

Množična povezava različnih naprav

Tehnologija 5G bo imela možnost podpirati veliko več povezanih naprav kot v omrežju 4G (LTE). Standardna omrežja 5G naj bi bila sposobna omogočiti en milijon povezanih naprav na kvadratni kilometer. To je ogromno število, več kot zadostno za množično povezanost naprav, ki jih bo omogočil internet stvari (IoT).



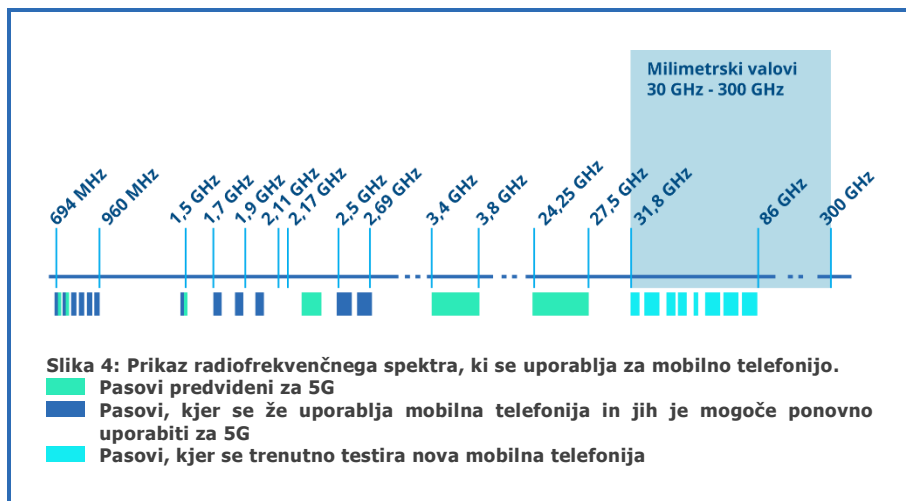
KATERI FREKVENČNI PASOVI SO DODELJENI 5G?

Leta 2016 je Evropska komisija izdala akcijski načrt 5G za Evropo, v katerem je določila več ukrepov za uvedbo 5G, vključno s predlaganim časovnim razporedom in frekvenčnimi pasovi. Države članice pa je pozvala, naj omogočijo dostop do radiofrekvenčnega spektra za 5G, saj je le-ta naravna dobrina, ki jo v vsaki posamezni državi upravlja regulator. V skladu s politiko EU so predvideni trije frekvenčni pasovi za novo omrežje 5G:

- **700 MHz in 3,6 GHz** - uporaba teh radiofrekvenčnih pasov ni nova. Pas 3,6 GHz se trenutno že uporablja za mobilno telefonijo in WiMAX, medtem ko so se frekvence okrog 700 MHz vrsto let uporabljale za oddajanje analogne televizije, po ukinitvi analognih televizijskih oddajnikov in njihovi nadomestitvi z DVB-T oddajniki pa je ta frekvenčni pas postal prost;
- **26 GHz** - ta visokofrekvenčni pas se trenutno še ne uporablja. Te frekvence naj bi se uporabljale za omrežje 5G v gosto naseljenih urbanih območjih. Uporabni doseg pri tej frekvenci je zelo kratek (nekaj sto metrov), zato na redko poseljenih območjih in podeželju bržkone ne bo v uporabi. Glavna pomanjkljivost signalov pri teh frekvencah je, da lahko pokrivajo zelo majhno območje in so zelo omejeni tudi pri razširjanju znotraj zgradb.

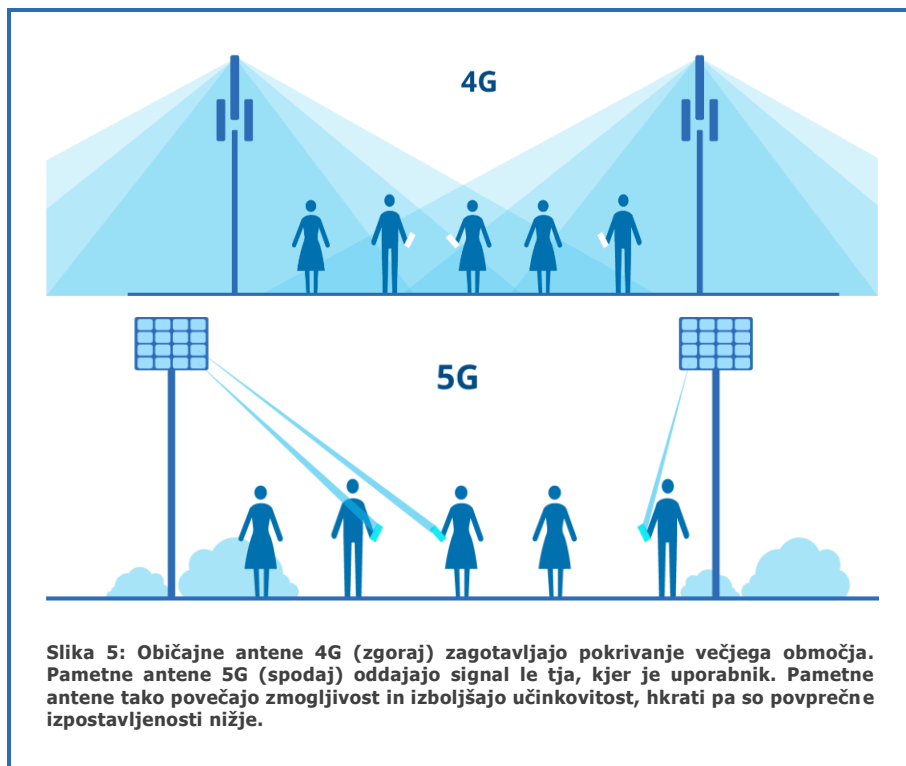
Za 5G se bodo uporabili tudi obstoječi frekvenčni pasovi 800 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz in 2,6 GHz. Že danes namreč obstaja tehnologija, ki omogoča hkratno delovanje 4G in 5G na istem frekvenčnem pasu (DSS funkcionalnost). V prihodnje, ko se bo večina prometa preselila na 5G, pa je pričakovati, da se bodo tudi ti frekvenčni pasovi sproščali za uporabo 5G.

Omrežja 5G bodo v prvi fazi delovala na frekvenčnih pasovih 700 MHz in 3,6 GHz. VF pas 26 GHz se bo uporabljal za zagotavljanje velikih prenosnih zmogljivosti na manjših območjih, kjer bo to potrebno (npr. gosto naseljena območja, mestna središča, množične prireditve ...). Postopoma se bodo v prihodnosti poleg VF pasu 26 GHz lahko uporabljale tudi višje frekvence v področju milimetrskih valov nad 30 GHz (*slika 4*).



KAJ SO MILIMETRSKI VALOVI?

S pojmom milimetrski valovi (t.i. mmWaves) poimenujemo EMS, ki imajo valovno dolžino manjšo od 10 mm in frekvenco nad 30 GHz (*slika 4*). Izraz se uporablja tudi za označevanje VF pasu okrog 26 GHz, ki je predviden za tehnologijo 5G. Ta del spektra uporablja do 10-krat višje frekvence, kot jih uporabljajo mobilna omrežja 2G, 3G in 4G. Prav uporaba teh višjih frekvenc je povzročila veliko zaskrbljenost javnosti, vendar se podobne visoke frekvence (milimetrski valovi) že vrsto let uporabljajo za radarje, mikrovalovne povezave, medicinske naprave, letališke varnostne skenerje in drugo. Obstoječi tehnologiji 3G in 4G v glavnem uporabljata **makro celice** (bazne postaje), ki ponujajo dosege od 2 do 15 kilometrov ali več in zato pokrivajo večje območje, vendar lahko pride v primeru prevelikega števila sočasnih uporabnikov do prezasedenosti bazne postaje in posledično do težav v delovanju. Dodatno pa se uporabljajo še **majhne celice** (t.i. femto, piko in mikro) za lokalno pokrivanje območij, kjer je potreben velik prenos podatkov ali so slabo pokrita s signalom klasičnih baznih postaj – npr. znotraj večjih objektov, v garažnih hišah in podobno.



Slika 5: Običajne antene 4G (zgoraj) zagotavljajo pokrivanje večjega območja. Pametne antene 5G (spodaj) oddajajo signal le tja, kjer je uporabnik. Pametne antene tako povečajo zmogljivost in izboljšajo učinkovitost, hkrati pa so povprečne izpostavljenosti nižje.

V 5G omrežjih se bo uporaba majhnih celic, ki bodo nameščene blizu uporabnikom v urbanih okoljih, npr. na drogu javne razsvetljave, prometnem znaku ali znotraj nakupovalnih središč in drugih poslovnih stavb, zelo povečala. Majhne celice 5G imajo doseg od 20 do nekaj 100 metrov. Doseg 20 metrov pomeni, da je za pokrivanje enega kvadratnega kilometra potrebnih približno 800 majhnih celic. Vendar se majhne celice ne bodo uporabljale za pokrivanje celotnih območij, temveč le tam, kjer bo to potrebno.

Slika 6: Primer namestitve anten majhne celice 5G na drogu javne razsvetljave.



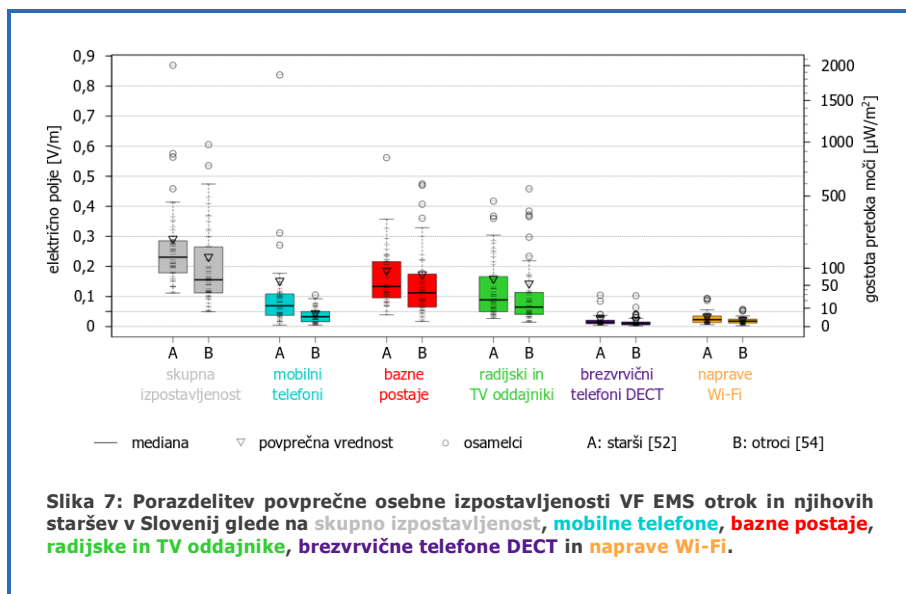
izvedba	področje uporabe	število uporabnikov	oddajna moč	pokrivanje
femto celica	stanovanja in pisarne	4 - 32	10 – 100 mW (indoor) 0.2 – 1 W (outdoor)	nekaj 10 m
piko celica	javne površine, letališča, nakupovalna središča, postaje ...	64 - 128	100 – 250 mW (indoor) 1 – 5 W (outdoor)	do 100 m
mikro celica	urbana območja - podpora pokrivanju z makro baznimi postajami	128 - 256	5 – 10 W (outdoor)	nekaj 100 m
za primerjavo				
naprave Wi-Fi	stanovanja in pisarne	< 50	20 – 100 mW (indoor) 0.2 – 1 W (outdoor)	nekaj 10 m
mobilni telefon	povsod	1	2 W GSM 0,2 W LTE	teoretično do 30 km

Tabela 1: Izvedbe majhnih celic omrežja 5G z njihovimi lastnostmi. V tabeli so navedeni področje rabe, število uporabnikov, oddajna moč in območje pokrivanja. Za primerjavo je naveden tudi podatek za naprave Wi-Fi in mobilni telefon.

KAKŠNE SO IZPOSTAVLJENOSTI EMS V NAŠEM OKOLJU?

V okviru evropskega projekta Geronimo, v katerem so poleg Slovenije sodelovale še Švica, Nizozemska, Španija in Danska, je bila izvedena doslej največja študija o trajni izpostavljenosti ljudi VF EMS v vsakdanjem okolju. Rezultati študije (Birks et al. 2018, Eeftens et al. 2018) kažejo, da so skupne izpostavljenosti zaradi različnih virov doma, v službi, v šoli in na prostem v petih državah EU zelo nizke, saj ne presegajo enega odstotka dovoljene mejne vrednosti, ki jo določajo priporočila EU. Največji delež predstavljajo bazne postaje, sledijo radijski in televizijski oddajniki, mobilni telefoni ter drugi telekomunikacijski sistemi v okolju. Naprave Wi-Fi so na zadnjem mestu, saj k skupnim izpostavljenostim prispevajo manj kot štiri odstotke (slika 7).

Povprečna osebna izpostavljenost VF EMS v Sloveniji je bila glede na tehnologijo 0,11 V/m za mobilne telefone, 0,18 V/m za bazne postaje, 0,15 V/m za radijske in TV oddajnike, 0,07 V/m za DECT telefone in 0,08 V/m za naprave Wi-Fi. Povprečna osebna izpostavljenost VF EMS glede na posamezna mikro okolja je dosegla vrednost 0,21 V/m doma, 0,18 V/m v šoli, 0,31 V/m na delu, 0,38 V/m na prostem, 0,32 V/m na poti in 0,27 V/m med opravljanjem drugih dejavnosti. Skupna izpostavljenost vseh udeležencev je znašala 0,26 V/m. Povprečna izpostavljenost zaradi baznih postaj, ki je največ prispevala k skupni izpostavljenosti, je znašala med 0,15 V/m in 0,29 V/m. Iz raziskave je razvidno, da so otroci v Sloveniji izpostavljeni zelo nizkim jakostim signalov zaradi naprav Wi-Fi v svojem domu, šoli ali drugod.



Slika 7: Porazdelitev povprečne osebne izpostavljenosti VF EMS otrok in njihovih staršev v Slovenij glede na skupno izpostavljenost, mobilne telefone, bazne postaje, radijske in TV oddajnike, brezvrvične telefone DECT in naprave Wi-Fi.

KAKŠNA JE NAŠA IZPOSTAVLJENOST ZARADI UPORABE RAZLIČNIH NAPRAV?

Primerjava izmerjenih vrednosti različnih naprav na razdalji 30 cm jasno kaže (vrednosti podajamo v odstotku mejnih vrednosti glede na Uredbo o EMS ([UL RS 70/96](#)), da lahko najvišje vrednosti najdemo v okolici indukcijskega kuhališča (35 %), sledi elektronska varuška (24 %), mobilni telefon (15 %), brivnik (13 %), sušilnik za lase (12 %), mikrovalovna pečica (8 %), računalnik (4 %), bazna postaja na razdalji 180 m (3 %), pametni števec (< 2 %) in na zadnjem mestu naprava Wi-Fi (<1 %).

Največ prispevajo tiste naprave, ki se med uporabo nahajajo v neposredni bližini telesa uporabnika. Primerjalna študija ([Gajšek et al. 2016](#)), izvedena v devetih državah EU na vzorcu prek 1000 prostovoljcev je pokazala, da povprečna izpostavljenost ljudi zaradi VF EMS drugih virov doma znaša med 0,1 in 0,26 V/m, kar predstavlja med 0,001 in 0,01 odstotka mejne vrednosti glede na mednarodna smernice **Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)**. Na podlagi primerjave rezultatov osebne izpostavljenosti so avtorji študije razvrstili izpostavljenost ljudi doma in v okolju v tri kategorije:

- **Višja izpostavljenost**, ki je posledica uporabe različnih virov neposredno ob telesu in lahko dosega izpostavljenosti blizu mejnih vrednosti: mobilni telefon (GSM, UMTS, LTE), brezvrvični telefon DECT in drugi brezžični vmesniki. Ta kategorija je najpomembnejša za ugotavljanje tveganja in se uporablja pri epidemioloških študijah.
- **Srednja izpostavljenost**, ki je posledica uporabe različnih virov blizu telesa in je nekajkrat pod mejnimi vrednostmi: usmerjevalniki Wi-Fi, bazne postaje DECT, elektronske varuške, bluetooth vmesniki, druge brezžične prenosne in nadzorne naprave. Ta kategorija je omejeno uporabna za ugotavljanje tveganja, pod določenimi pogoji je lahko relevantna za raziskave (izpostavljenost otrok napravam Wi-Fi in elektronskim varuškam).
- **Nizka izpostavljenost**, ki je posledica delovanja različnih virov v okolju in je vsaj 20-krat nižja od mejnih vrednosti: TV in radijski oddajniki, radarji, bazne postaje GSM, UMTS, LTE, GSM-R, TETRA in WiMAX. Ta kategorija je zelo omejeno uporabna za ugotavljanje tveganja, razen v primeru raziskovanja morebitnih zapoznelih vplivov EMS zelo nizkih jakosti na prebivalstvo.

ALI TEHNOLOGIJA 5G PRINAŠA POVEČANJE IZPOSTAVLJENOSTI ZARADI MNOŽICE NOVIH BAZNIH POSTAJ?

Z uvajanjem nove generacije mobilne telefonije 5G se bodo opuščale stare. Gre za 2G in 3G - torej za dva sistema, ki danes veliko prispevata k skupni izpostavljenosti. V prvi fazi je v letu 2023 predvideno postopno ugašanje 3G, v drugi fazi po letu 2025 pa je enako predvideno tudi za 2G.

Res je, da bo treba umestiti več celic oziroma baznih postaj 5G. V omrežje bo povezanih več pametnih naprav, zato bo moralo biti omrežje zmogljivejše. Toda več kot je baznih postaj, manjša je oddajna moč posamezne, s tem pa posamezna bazna postaja povzroča manjše izpostavljenosti. To lahko primerjamo s pogovorom – če sta osebi dovolj blizu, se slišita tudi, če govorita potihoma in ni treba kričati. Nekdo, ki stoji deset metrov stran, pa ju ne sliši. Če bi osebi, ki se pogovarjata, stali vsaka na svojem koncu hodnika, bi morali biti tako glasni, da bi njun pogovor prišel tudi do ušes ljudi, ki z njim nimajo nič.

V javnosti velja zmotno prepričanje, da več anten baznih postaj (majhnih celic) pomeni večje izpostavljenosti. V resnici je ravno obratno. Majhne celice 5G imajo oddajno moč nekaj vatov, to je toliko, kot znaša oddajna moč mobilnega telefona v GSM območju ali usmerjevalnika Wi-Fi (*glej tabelo 1*).

KAKŠNE SO IZPOSTAVLJENOSTI V OKOLICI BAZNIH POSTAJ 5G?

Prve meritve na testnem omrežju 5G pri frekvenci 3,7 GHz v Sloveniji, ki jih je izvedel **Inštitut za neionizirna sevanja (INIS)**, so pokazale, da so izmerjene vrednosti na človeku dostopnih mestih celo v najbolj neugodnem primeru več kot štirikrat nižje od strogih mejnih vrednosti, ki jih uporabljamo v Sloveniji in so 10-krat nižje od mednarodnih smernic ICNIRP in priporočil EU. V povprečju pa so izpostavljenosti še bistveno nižje in dosežejo le **nekaj odstotkov mejnih vrednosti**, ki veljajo za I. območje varstva pred sevanji v skladu z Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ([UL RS 70/96](#)).

Rezultati izvedenih meritev jasno kažejo, da so izpostavljenosti zaradi baznih postaj 5G zelo odvisne od obremenjenosti oziroma zasedenosti. Neobremenjena bazna postaja 5G seva zelo malo. Na oddaljenosti 150 m so v primeru, ko ni prometa, izmerjene vrednosti dosegle 0,2 V/m. Ob prenosu podatkov 1 GB v času 6 minut so povprečne vrednosti znašale 1,1 V/m, v primeru polne zasedenosti pa 6,5 V/m (*tabela 2*).

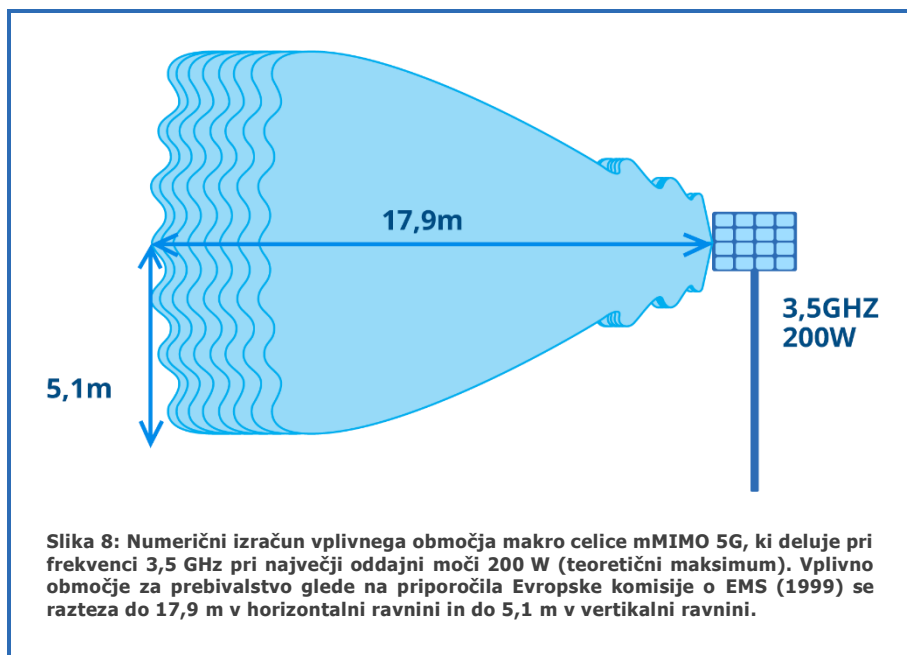
Tudi rezultati meritev na omrežju 5G v drugih državah ([IEC 2019](#)) kažejo, da so v realnem okolju dejanske izpostavljenosti zaradi signalov baznih postaj 5G povsem primerljive s signali obstoječih omrežij mobilne telefonije.

količina prenesenih podatkov	trajanje prenosa [s]	povprečna vrednost električnega polja v času 6 minut [V/m]	izpostavljenost glede na Uredbo za I. območje varstva pred EMS [% mejnih vrednosti]	opis uporabe
0 MB	0	0,2	0,01	ni prometa
150 MB	2	0,5	0,07	2 osebi gledata video
500 MB	7	0,8	0,18	2 osebi gledata HD video
1 GB	15	1,1	0,33	4 osebe gledajo HD video
10 GB	150	3,9	4,21	40 oseb gleda HD video
24 GB	360 (trajno)	6,5	11,70	testni način – polna zasedenost

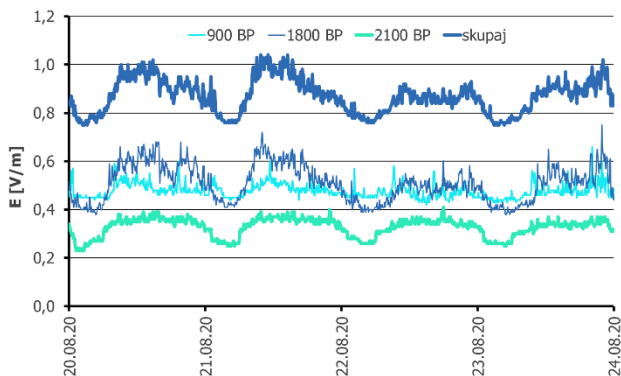
Tabela 2: Rezultati meritev delujočega omrežja 5G frekvence 3,5 GHz v različnih režimih delovanja na razdalji 150 m. Količina prenosa prikazuje količino prenesenih podatkov v času 6 minut, trajanje prenosa pa, koliko časa je bazna postaja morala oddajati, da je te podatke prenesla. Testni način – neprestano polno zasedena bazna postaja; Realni način za različne količine prenesenih podatkov (150 MB, 500 MB, 1 GB, 10 GB).

Umeščanje baznih postaj 5G zahteva več pozornosti kot umeščanje drugih baznih postaj, saj antene baznih postaj 5G lahko oblikujejo snop (beamforming). Ob polni zasedenosti in v primeru oddajanja zelo usmerjenega snopa je lahko vplivno območje, kjer so mejne vrednosti presežene, večje kot pri obstoječih baznih postajah.

Ker zakonodaja zahteva, da mejne vrednosti na človeku dostopnih lokacijah niso nikoli presežene, bo zato pri umeščanju baznih postaj 5G potrebno večjo pozornost posvetiti tehničnim karakteristikam posamezne bazne postaje, da se zagotovi, da tudi ob njeni polni zasedenosti mejne vrednosti ne bodo presežene. Še posebej bo to pomembno na lokacijah, ki so že danes obremenjene z EMS, saj je potrebno pri umeščanju novih virov upoštevati celotno obremenjenost okolja zaradi vseh virov in zagotoviti, da tudi skupne obremenitve zaradi prispevkov obstoječih in novih virov ne bodo presegale mejnih vrednosti. Glede na zahteve Uredbe o EMS (UL RS 70/96) morajo biti ob začetku obratovanja vsake nove bazne postaje 5G ali nadgradnje obstoječe bazne postaje s tehnologijo 5G izvedene prve meritve VF EMS. Z njimi se preveri, ali tudi najvišje skupne izpostavljenosti zaradi delovanja vseh virov na človeku dostopnih mestih ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti.



Z vidika izpostavljenosti ljudi v bližini baznih postaj 5G pa je pomembno poudariti, da so povprečne izpostavljenosti zaradi 5G bistveno nižje od teoretično najvišjih. Rezultati meritev kažejo, da je izpostavljenost 5G pri frekvenci 3,5 GHz podobna kot pri obstoječih baznih postajah mobilne telefonije 2G, 3G in 4G. Z uporabo pametnih anten 5G se namreč izpostavljenost zelo spreminja glede na uporabo mobilnega omrežja in glede na lokacijo uporabnikov. Zaradi oblikovanja snopa bazna postaja oddaja v smer, kamor je trenutno potrebno (kjer se nahajajo aktivni uporabniki), prav tako bazne postaje 5G v času, ko niso zasedene, oddajajo z več 1000-krat manjšo oddajno močjo kot takrat, ko so polno zasedene. Ker je tehnologija 5G trenutno v zgodnji fazi uvajanja, se izvajajo podrobne analize izpostavljenosti VF EMS v okolju. Vendar bo podatke o dolgotrajnih ter povprečnih izpostavljenostih mogoče pridobiti šele pozneje, ko bo omrežje 5G že obratovalo in ga bo uporabljalo dovolj veliko število uporabnikov. Zato bi bilo potrebno trajno spremljati vrednosti VF EMS v določenih okoljih, kar bi omogočilo oceno možnih povečanj skupnih izpostavljenosti ter njihovo primerjavo z zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi.



Slika 9: Izvajanje trajnih meritev VF EMS. Levo: Namestitev avtomatskega merilnega sistema, ki trajno meri VF EMS po posameznih tehnologijah oziroma frekvenčnih območjih. Desno: Rezultati trajnih meritev, izvedenih v Ljubljani v avgustu 2020. Predstavljene so skupne vrednosti v frekvenčnem območju od 100 kHz do 7 GHz ter prispevki baznih postaj 900 MHz, 1800 MHz in 2100 MHz. Iz meritev je razvidno značilno dnevno nihanje vrednosti VF EMS.

OMREŽJE 5G UPORABLJA VIŠJE FREKVENCE, KI SE SLABŠE ŠIRIJO SKOZI RAZLIČNE OVIRE. ALI MORA OMREŽJE 5G ZATO ODDAJATI Z VEČJO MOČJO?

Res je, da z višanjem frekvence na milimetskem področju doseg signala upada. Še dodatno se domet zmanjša v urbanih območjih zaradi stavb, saj signal pri višjih frekvencah zelo slabo prodira skozi gradbene materiale. Povečevanje oddajne moči ne more zagotoviti ustreznega pokrivanja pri višjih frekvencah. Ker bo tehnologija 5G uporabljala tudi del radiofrekvenčnega spektra z višjimi frekvencami, bomo potrebovali več oddajnih anten baznih postaj – majhnih celic z zelo nizkimi oddajnimi močmi do nekaj vatov. Toda to ne pomeni, da bo signal močnejši. Frekvenca govori o številu nihajev v časovni entoti, ne pa o njihovi jakosti. Izpostavljenost VF EMS bi se dejansko povečala le, če bi se povečalo število ljudi, ki bodo tehnologijo uporabljali.

ALI BO UVEDBA OMREŽJA 5G POVEČALA IZPOSTAVLJENOST EMS?

Uvajanje nove tehnologije 5G, ki bo delovala na različnih frekvenčnih pasovih, odpira številna vprašanja in pomisleke. Pomembno pa je poudariti, da višje frekvence VF EMS same po sebi ne pomenijo tudi večje ali intenzivnejše izpostavljenosti v okolju. Frekvence, ki so predvidene za 5G, niso nove, saj so v uporabi že vrsto let, na primer v letaliških varnostnih skenerjih, radarjih za nadzor prometa, diagnostiki in zdravljenju ter v usmerjenih mikrovalovnih povezavah.

Ker se nova 5G oprema v prvi fazi namešča v obstoječa telekomunikacijska omrežja, je pričakovati, da se bo skupna izpostavljenost VF EMS v okolju nekoliko povečala. Vendar pa naj bi kumulativna izpostavljenost VF EMS ostala nizka in pod zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi. To še posebej velja zato, ker se bo z uvajanjem omrežja 5G postopoma umaknila mobilna telefonija 3G (UMTS), ki je že danes z vidika prenosa podatkov počasna, slabše od tehnologije 4G in 5G izkorišča frekvenčni prostor ter povzroča višje izpostavljenosti pri neobremenjenem delovanju.

ALI OBSTOJEČE MEJNE VREDNOSTI VELJAJO TUDI ZA NOVO TEHNOLOGIJO 5G?

Uvedba nove tehnologije 5G z uporabo obstoječih ali novih radijskih frekvenc ne spremeni lastnosti VF EMS. To pomeni, da so najnovejše smernice ICNIRP (2020), ki veljajo do 300 GHz (t.j. tudi precej nad frekvencami 5G) povsem relevantne tudi za novo tehnologijo 5G.

Smernice ICNIRP temeljijo na najnovejših znanstvenih ugotovitvah. Razpoložljiva literatura obsega tudi raziskave vplivov milimetrskih valov na človeka (nad 30 GHz), kjer bo v omejenih primerih v tem frekvenčnem območju delovala tudi nova tehnologija 5G. Mejne vrednosti so izoblikovane tako, da varujejo pred negativnimi vplivi na zdravje zaradi izpostavljenosti VF EMS z vgrajenim velikim varnostnim faktorjem 50. Če mejne vrednosti teh smernic ICNIRP v povezavi z novo tehnologijo 5G niso presežene, ni razloga za sum, da bi izpostavljenost 5G v vseh frekvenčnih območjih lahko predstavljala tveganje za zdravje. To vključuje potencialne razlike v vplivih RF EMS v odvisnosti od starosti, zdravstvenega stanja, vdorne globine, akutne in kronične izpostavljenosti in zajema vse ugotovljene učinke ne glede na mehanizem.

Za namene preproste primerjave lahko radijski spekter obravnavamo kot obstoječe cestno omrežje. Uvedba novega tipa vozila na tej cesti ne spremeni lastnosti (ali nevarnosti), ki so prisotne na cesti. Tako pod pogojem, da se obstoječi predpisi (za to



cesto) upoštevajo, ni pričakovati dodatnih tveganj zaradi uporabe novega tipa vozila na cesti. Na enak način uvedba nove tehnologije (5G) na obstoječih radijskih frekvenčnih območjih ne bi smela povečati tveganj za zdravje, če mejne vrednosti ICNIRP ne bodo presežene.

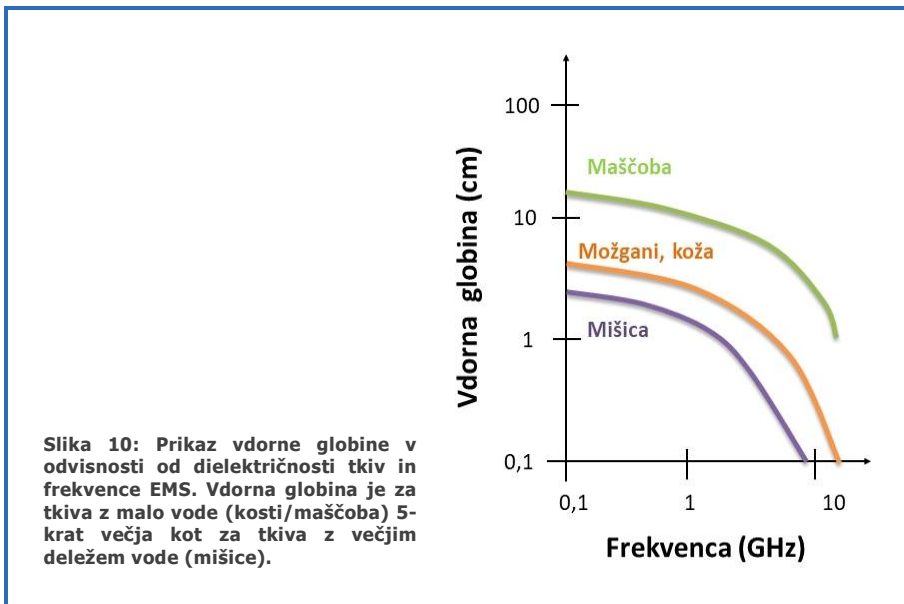
ICNIRP navaja, da če mejne vrednosti določene s smernicami v povezavi z novo tehnologijo 5G niso presežene, ni razloga za sum, da bi izpostavljenost 5G v vseh frekvenčnih območjih lahko predstavljala tveganje za zdravje (<https://www.icnirp.org/en/applications/5g/index.html>).

V Sloveniji že od leta 1996 velja uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Čeprav je bila sprejeta še v času, ko se je v Sloveniji pričela uvajati tehnologija 2G, so v njej določene mejne vrednosti še vedno popolnoma aktualne, saj mejne vrednosti niso odvisne od tehnologije, temveč le od frekvenca in veljajo za vse vire enako. Tudi sicer so mejne vrednosti v uredbi o EMS povsem primerljive z najnovejšimi smernicami ICNIRP iz leta 2020. Obenem pa slovenska zakonodaja določa še 10-krat nižje mejne vrednosti za tista območja, kjer se ljudje zadržujemo dlje časa (bivalna območja, območja namenjena za vzgojo, izobraževanje, zdravstvo ... - I. območje varstva pred sevanji). Na drugih območjih (II. območje varstva pred sevanji) pa veljajo mejne vrednosti, primerljive z mednarodno priporočenimi.

KAJ SE ZGODI OB IZPOSTAVLJENOSTI SIGNALOM 5G?

Ko 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 pri dovolj visoki jakosti zaradi absorbirane energije v tkivu proizvajajo toploto ter s tem povzročijo njegovo segrevanje (t.i. **termične učinke**). Če jakosti niso dovolj visoke za dvig temperature, pa lahko v določenih pogojih povzročajo **netermične učinke**. Vdorna globina je odvisna od frekvenca in je večja pri nižjih frekvencah. VF EMS nad 10 GHz se absorbirajo na površini kože, pri tem pa zelo malo energije prodre v globlje ležeča tkiva. Pri še višjih frekvencah (nad 30 GHz), ki naj bi jih 5G uporabljala v prihodnosti, pa vse manjša vdorna globina v telesna tkiva in absorpcija energije omejitja izpostavljenost zgolj na površino telesa.



Pri frekvenci 2,45 GHz tako znaša vdorna globina v povprečju 2 cm, pri 10 GHz v povprečju le 2 mm, pri 30 GHz v povprečju 0,43 mm in pri 60 GHz v povprečju le še 0,24 mm. Tako se pri teh frekvencah skoraj 90 odstotkov energije absorbira na površini kože (dermisu in epidermisu) in v srednjem delu oči.

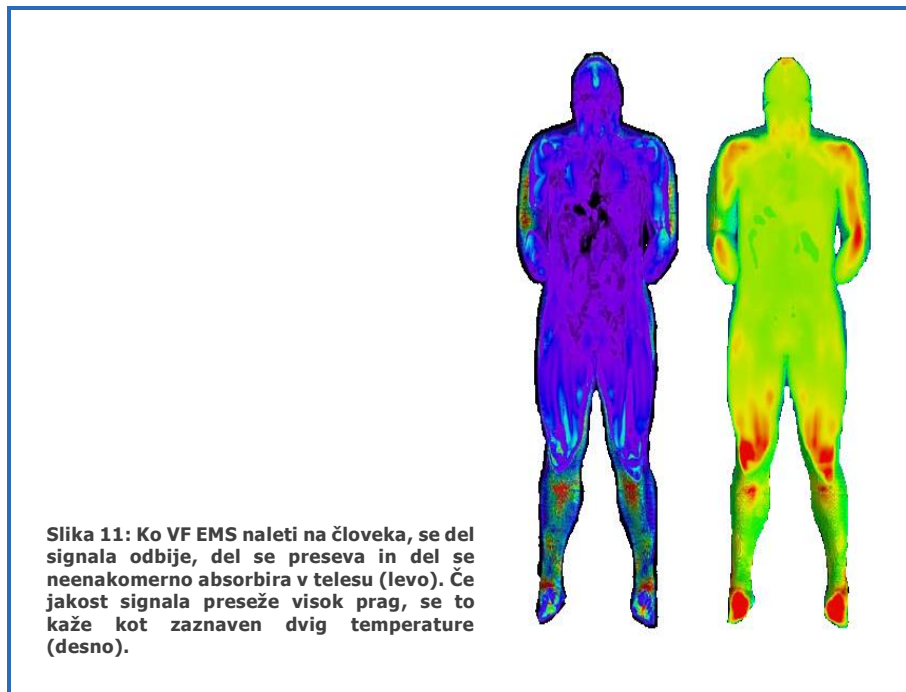
KAJ KAŽEJO RAZISKAVE PRI JAKOSTIH, KI POVZROČAJO SEGREVANJE?

Ugotovljeni in znanstveno potrjeni vplivi VF EMS na zdravje so nedvomno povezani s segrevanjem. Pojav segrevanja pod vplivom VF EMS lahko nazorno opazujemo v mikrovalovnih pečicah, ki v nekaj trenutkih segrejejo hrano. Izpostavljenosti, ki smo jim navadno izpostavljeni v okolju, pa so vsaj nekaj velikostnih razredov nižje od tistih, ki bi bile potrebne za zaznaven dvig temperature.

VF EMS so preučevali v povezavi z živalmi, vključno s primati. Prvi znaki škodljivih posledic za zdravje, ki so jih z naraščanjem jakosti VF EMS opazili pri živalih, se izražajo v obliki zmanjšane vzdržljivosti in sposobnosti za izvajanje miselnih nalog. Opravljene študije kažejo, da se škodljivi učinki lahko pojavijo pri osebah, ki so sevanjem izpostavljene s celim telesom, ali pa tudi 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.

Ker se delež moči, ki se površinsko absorbira, z višanjem frekvence povečuje, ICNIRP (2020) v novih smernicah postavlja omejitve, ki zagotavljajo, da bo končna največja vpadna moč na enoto površine precej nižja od tiste, ki lahko negativno vpliva na zdravje.



Smernice ICNIRP vključujejo tudi VF EMS v frekvenčnih območjih, ki jih uporabljajo omrežja 5G v mobilnih komunikacijah in drugih aplikacijah. Vse akumulirano znanje iz že izvedenih študij se v veliki meri lahko razširi tudi na področje 5G. To velja zlasti za biofizikalni mehanizem segrevanja, ki je dobro znanstveno pojasnjen in je podlaga za izoblikovanje mejnih vrednosti v trenutnih mednarodnih smernicah in domači zakonodaji.

KAJ KAŽEJO RAZISKAVE PRI JAKOSTIH, KI NE POVZROČAJO ZAZNAVNEGA DVIGA TEMPERATURE?

Nekatere 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 izpostavljenosti jakostim pod mednarodno sprejetimi mejnimi vrednostmi (SCENIHR 2015). Obstaja nekaj študij o netermičnih učinkih na celice kot posledici absorpcije VF EMS pri jakostih, pri katerih ne opazimo povišanja telesne temperature. Ti učinki vključujejo oksidativni stres, poškodbo spermijev, spremembe v možganski aktivnosti (EEG), apoptozo, poškodbo DNK, spremembe endokrinega sistema, spremembe v aktivnostih encimov ter spremembe mobilnosti ionov, ki so odgovorni za prenos informacij v celice tkiva (Pall 2018). Toda te raziskave imajo številne metodološke pomanjkljivosti, zato večine ni mogoče upoštevati pri izoblikovanju mejnih vrednosti, saj niso zdržale strogega znanstvenega preverjanja oziroma jih ni bilo mogoče zanesljivo ponoviti in s tem potrditi v neodvisnem znanstvenem laboratoriju (Foster et al. 2019).

Zato tudi znanstveno ne moremo trditi, da VF EMS pri izpostavljenostih pod mejnimi vrednostmi povzročajo te učinke in tako predstavljajo tveganje za človekovo zdravje. Ob tem moramo poudariti, da celo dokazan biološki učinek, ki bi ga zaznali pri izoliranih celicah zunaj človeškega telesa, še ne pomeni nujno dokaza o vplivu na zdravje človeka (SCENIHR 2015).

KAKŠNO JE STALIŠČE SZO DO ZDRAVSTVENIH TVEGANJ POVEZNIH S 5G?

Razpoložljive znanstvene raziskave ne kažejo, da bi izpostavljenost brezžičnim tehnologijam lahko vzročno povezali s škodljivimi vplivi na zdravje. Ta ugotovitev glede vplivov na zdravje izhaja iz številnih študij, opravljenih v celotnem spektru VF EMS. Doslej je že bilo izvedenih tudi precej raziskav pri frekvencah v področju milimetrskih valov, ki jih bodo uporabljala omrežja 5G (www.who.int/peh-emf). Pod pogojem, da je skupna izpostavljenost nižja od mejnih vrednosti, ki jih določajo mednarodne smernice ICNIRP (2020), ne pričakujemo posledic za javno zdravje.



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

Tako SZO kot ICNIRP sta mnenja, da rezultati opravljenih raziskav o netermičnih učinkih ne dajejo zanesljive podlage za oblikovanje mejnih vrednosti (WHO 2014, ICNIRP 2011). Vendar ostajajo nekatere negotovosti glede relativno visokih izpostavljenosti VF EMS, ki so posledica uporabe mobilnih telefonov. Tako je Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC), ki deluje pod okriljem SZO, razvrstila VF EMS (pri izpostavljenostih, ki jih povzročajo mobilni telefoni) v skupino 2B, kar pomeni, da so tovrstna sevanja mogoče rakotvorna za ljudi (IARC 2013).

ALI SO NA VOLJO DOKAZI ZA SPREMEMBO MEJNIH VREDNOSTI?

SZO preučuje številne dejavnike, kot so na primer tobak, alkohol, UV svetloba, vložena zelenjava, otroški puder iz smukca ... Ko pri katerem od takšnih dejavnikov zazna, da bi lahko povzročal raka, ta informacija sama po sebi ni zadostna. Pomembna je tudi količina oz. jakost izpostavljenosti – vprašati se je na primer treba, koliko alkohola je treba popiti ali koliko cigaret je treba pokaditi, da postane tveganje raka zaznavno.

Na podlagi številnih študij o povezavi med kajenjem tobaka in rakom je SZO ocenila, da je kajenje tobaka rakotvorno. Obstoječe raziskave na področju VF EMS so se osredotočale na preučevanje možnosti, da lahko izpostavljenost VF EMS, ki jih oddajajo mobilni telefoni, povzroča zapoznele učinke, še posebej povečano tveganje za raka v glavi in vratu (Samet et al. 2014). Kritični pregled znanstvenih raziskav je pripeljal do zaključka, da je povezava med določenimi vrstami raka v glavi ter sevanjem mobilnih telefonov omejena, medtem ko povezave med rakom in drugimi viri EMS (bazne postaje, oddajniki v okolju ...), ki povzročajo bistveno nižje izpostavljenosti, ni mogoče zaznati.

Klasifikacija VF EMS v skupino **2B (mogoče rakotvorno za ljudi)** sporoča, da morebitno povezavo zaznavamo, a nismo prepričani, ali ta povezava tudi dejansko obstaja. Oziroma, da čeprav dokazov o korelaciji ni, nekaj raziskav kaže na majhno možnost za povečano pogostost nekaterih vrst raka v glavi in vratu.



KAKO SE PRESOJA RAKOTVORNOST RAZLIČNIH SNOVI?

Verjetnost, da je določena snov rakotvorna, se ugotavlja na podlagi rezultatov verodostojnih znanstvenih laboratorijskih in epidemioloških raziskav. Pri laboratorijskih raziskavah gre za raziskave na celičnih kulturah in laboratorijskih živalih, medtem ko se z epidemiološkimi raziskavami ugotavlja vzročna povezanost med izpostavljenostjo določeni snovi in rakom pri človeku. O tem, ali je povezava med vplivnim dejavnikom in določeno vrsto raka pri človeku res vzročna, presojuje in odločajo odbori vrhunskih strokovnjakov v okviru **IARC** na podlagi strogo določenih znanstvenih meril. Snovi so na osnovi takšne presoje razvrščene v štiri skupine glede na trdnost znanstvenih dokazov o vzročni povezavi (**slika 12**).



V **skupini 1** so tiste snovi, za katere je dovolj dokazov o rakotvornosti za ljudi (npr. azbest, različne kemikalije, predelano meso, ionizirna sevanja, UV svetloba, tobačni dim, alkoholne pijače).

V **skupini 2A** so tiste snovi, za katere vzročna zveza še ni znanstveno dokazana, je pa verjetna (npr. različne kemikalije, rdeče meso, vroče pijače nad 65 °C).

Za snovi v **skupini 2B** je še manj dokazov o rakotvornosti oziroma ni mogoče izključiti tudi drugih možnih razlag (npr. dizelsko gorivo, izvleček celega lista Aloe vera, nizkofrekvenčno magnetno polje, različne kemikalije, VF EMS).

V **skupini 3** so kemikalije in drugi dejavniki, ki so jih sicer že proučevali, vendar jih zaenkrat še ni mogoče uvrstiti v nobeno od prej omenjenih skupin (npr. nizkofrekvenčno električno polje, statično magnetno polje).

ALI JE TEHNOLOGIJA 5G PRED UMEŠČANJEM USTREZNO PREVERJENA GLEDE VPLIVOV NA ZDRAVJE?

Mednarodne organizacije in nacionalni regulatorji, pristojni za presojo vplivov na zdravje, so prišli do enotnega zaključka, da obstoječe znanstveno utemeljene mejne vrednosti zagotavljajo ustrezno varstvo pred VF EMS za vse skupine prebivalstva neodvisno od posamezne tehnologije in frekvenčnih območij radijskih signalov (ICNIRP 2020, SCENIHR 2015).

ZAKAJ NEKATERI ZNANSTVENIKI JAVNO POZIVAJO K USTAVITVI 5G?

Znanstvene raziskave, na katere se pobudniki Apela proti 5G (<http://www.5gappeal.eu/>) in drugi sklicujejo v peticijah in ki naj bi jasno dokazale netermične učinke - škodljive vplive na zdravje pri zelo nizkih jakostih EMS - so mednarodni znanstveni skupnosti dobro znane. Vse objavljene raziskave vključno s študijami o netermičnih učinkih so deležne preverjanja in ocenjevanja na podlagi strogih znanstvenih kriterijev neodvisnih mednarodnih organizacij SZO in ICNIRP. Obe dosledno zaključujeta, da obstoječe mejne vrednosti mednarodnih smernic ICNIRP (2020) upoštevajo vso relevantno znanstveno literaturo in v zadostni meri varujejo vse skupine prebivalstva in okolje.



V odgovoru na apel proti 5G je Evropska komisija jasno zapisala: »Stroge in varne mejne vrednosti izpostavljenosti VF EMS, ki jih določajo priporočila EU, veljajo tudi za vsa frekvenčna območja, ki so trenutno predvidena za 5G.«

ZAKAJ JE V JAVNOSTI TOLIKO NASPROTOVANJA 5G?

Nepoznavanje in nezmožnost zaznavanja 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. To stališče je še posebej pogosto in izrazito ob uvajanju novih tehnologij, kakršna je trenutno tudi 5G.

Tehnologija 5G je zbudila veliko medijske pozornosti, še preden se je sploh začela uporabljati. Zasledimo lahko precej civilnih pobud za ustavitve vseh aktivnosti, dokler ne bi raziskali vseh vprašanj o morebitnih tveganjih. Vendar pa je dejstvo, da je vsaka tehnologija vedno korak pred popolnim poznavanjem njenih vplivov na zdravje in okolje. Zato za oceno tveganja seveda potrebujemo določene raziskave, ki pa se bodo lahko šele začele z vzpostavitvijo vseh standardov in delujočih sistemov nove generacije 5G. Še posebej to velja za epidemiološke raziskave, ki jih sploh ni mogoče začeti izvajati, dokler ljudje določenemu dejavniku – v tem primeru signalom 5G – še niso izpostavljeni.

Zaradi slabega komuniciranja med deležniki lahko pride do številnih nepotrebnih zapletov pri izgradnji novega omrežja 5G. Tovrstne izkušnje imamo že iz preteklosti, ko investitor v izgradnjo omrežja mednarodnega sistema za brezžično digitalno sporazumevanje v železniškem prometu (omrežje GSM-R) ni ustrezno komuniciral z javnostmi, zaradi česar se je proti tej izgradnji oblikovalo široko nasprotovanje javnosti.

KAJ POMENI NAČELO PREVIDNOSTI?

Eno od najpomembnejših načel z vidika varovanja zdravja in varstva okolja je **načelo previdnosti**. To predvideva, da je uvajanje novih tehnologij dopustno le, če ob upoštevanju stanja znanosti in tehnike ter v praksi izvedljivih in ekonomsko sprejemljivih varstvenih ukrepov ni pričakovati nepredvidljivih škodljivih učinkov na okolje ali zdravje ljudi.

Za zagotavljanje čim manjše izpostavljenosti okolja in vplivov EMS na ljudi se načelo previdnosti uporablja le v kombinaciji z nizkimi stroški. Načelo previdnosti je smiselno upoštevati pri umeščanju vseh virov EMS v prostor na način, ki omogoča nižje izpostavljenosti in hkrati ne pomeni občutnega povečanja stroškov postavitve vira EMS. To načelo je smiselno upoštevati predvsem z optimizacijo umestitve na način, da se zagotovi čim manjše skupne (imisijske) vrednosti EMS na njihovem vplivnem območju (na posamezni mikrolokaciji).

Za utemeljeno rabo načela previdnosti mora biti dosežen standard 'potencialne nevarnosti' oz. minimalni standard skrbnosti, t.j. obstoj razumne podlage za dvom o neškodljivosti, potencialna škoda pa mora biti resna in/ali nepopravljiva. Prav tako je potrebno poudariti, da načelo previdnosti ni namenjeno popolnemu odpravljanju vseh potencialnih tveganj, temveč je njegov cilj zmanjšati stopnjo tveganja na sprejemljivo raven, kar pomeni torej za večino sprejemljiv politični dogovor. V luči upoštevanja previdnosti je mogoče razumeti tudi strožje mejne vrednosti od priporočil EU (1999) in

smernic ICNIRP (2010, 2020), ki veljajo v Sloveniji na področju varstva pred EMS (UL RS 70/96).

Čeprav na področju problematike EMS obstaja določena stopnja znanstvene negotovosti, se Evropska komisija ni odločila, da bi načelo previdnosti neposredno vključila v priporočila o omejevanju izpostavljenosti EMS in zato uvedla strožje mejne vrednosti. Ocenila je, da bi bilo to neprimerno, saj ne obstajajo dovolj trdni dokazi o mogočih negativnih učinkih EMS na zdravje ljudi, zato je vsakršno bistveno povišanje stroškov zaradi zmanjševanja EMS pod zakonsko določenimi vrednostmi neupravičeno. Lahko pa načelo previdnosti razumemo tudi kot izvajanje določenih enostavnih in stroškovno ugodnih ukrepov za omejevanje osebne izpostavljenosti EMS ter s tem tveganj (glej poglavje »**Kaj lahko storimo sami za zmanjšanje izpostavljenosti EMS**«).



ALI NAČELO PREVIDNOSTI RES NAREKUJE MORATORIJ NA UVEDBO TEHNOLOGIJE 5G?

V prizadevanjih za prepoved ali ustavitev uvajanja določenih tehnologij povezanih z VF EMS so nekatere nevladne organizacije in posamezniki vprašanje oz. poziv o uporabi načela previdnosti naslovili tudi na Evropsko komisijo. V njem so se sklicevali na načelo previdnosti kot nedvoumen pravni temelj, ki predstavlja dovolj trden razlog za prepoved ali zaustavitev uvajanja tehnologije 5G.

Evropska komisija je odgovorila, da ustavitev uvajanja določenih tehnologij (novo omrežje mobilne telefonije 5G) s sklicevanjem na načelo previdnosti ni sorazmeren ukrep, saj bi bil glede na izhodišča EU preveč drastičen. V svojem dopisu pa je dodatno navedla, da je potrebno najprej počakati, da se ugotovijo vse razsežnosti uporabe nove tehnologije in načini, kako se bo stanje znanosti razvijalo v prihodnosti, ukrepe pa bo mogoče sprejeti pozneje v luči novih pridobljenih dognanj ([EC 2018](#)).

Po mnenju Evropske komisije sklicevanje na načelo previdnosti v kontekstu omejevanja razvoja nove mobilne tehnologije 5G ni primerno, saj ni izpolnjeno načelo sorazmernosti.

KAKO LAHKO 5G VPLIVA NA FLORO IN FAVNO?

Pridobljeno znanje iz že izvedenih študij v veliki meri lahko razširimo tudi na področje 5G. To velja zlasti za potrjene biofizikalne mehanizme, ki so dobro znanstveno pojasnjeni in so podlaga za izoblikovanje mejnih vrednosti, kot jih določajo trenutne mednarodne smernice.

Prevladujoče znanstveno mnenje o vplivih EMS na rastline in živali je, da nekatere rastlinske in živalske vrste lahko zaznavajo električna ali magnetna polja (človek je tega zmožen le na frekvenčnem področju, ki pomeni vidno svetlobo in jo zaznava z vidom). Čeprav so v nekaterih laboratorijskih in terenskih raziskavah opazili omejene učinke na rastline in živali, še vedno ni znanstvenih dokazov o nevarnosti zanje zaradi VF EMS, ki bi bila višja od mejnih vrednosti, določenih z mednarodnimi smernicami ICNIRP, vendar nižja od vrednosti, pri katerih že prihaja do termičnih učinkov. Kljub temu pa še vedno obstaja velika potreba po dodatnih raziskavah.

ALI JE TEHNOLOGIJA 5G DOVOLJ VARNA?

Smernice ICNIRP temeljijo na aktualnem stanju znanosti. Razpoložljiva literatura obsega tudi raziskave vplivov milimetrskih valov na človeka (nad 30 GHz), kjer bodo delovali tudi nekateri sistemi tehnologije 5G. Mejne vrednosti so izoblikovane tako, da varujejo pred negativnimi vplivi na zdravje zaradi izpostavljenosti EMS z vgrajenim velikim varnostnim faktorjem. Pod pogojem, da bo tudi pri uvajanju omrežja 5G izpostavljenost ljudi nižja od mejnih vrednosti mednarodnih smernic ICNIRP, SZO navaja, da ni pričakovati posledic za javno zdravje.

ALI JE NA VOLJO DOVOLJ PODATKOV O TEM, KAKŠNE NEVARNOSTI BO PRINESLA VZPOSTAVITEV OMREŽJA 5G?

Doslej je bilo opravljenih že več kot deset tisoč znanstvenih raziskav o vplivih VF EMS na zdravje v frekvenčnem območju do 10 GHz, kjer bo v začetni fazi delovalo tudi omrežje 5G. V območju milimetrskih valov (nad 30 GHz), kjer naj bi se tehnologija uvajala 5G šele v prihodnosti, je bilo izvedenih manj raziskav (a kljub temu več kot tisoč) o vplivih številnih naprav na zdravje, na primer v zdravstvu (na primer EHF-terapija), varovanju (na primer body scanner), obrambi (na primer ADS) in telekomunikacijah (na primer satelitske povezave, wireless HD). Na podlagi pregleda vseh teh raziskav je ICNIRP v smernicah določila mejne vrednosti ([ICNIRP 2020](#)).

Vendar je potrebno poudariti, da obstajajo v znanju glede morebitnih vplivov na zdravje v področju milimetrskih valov določene vrzeli. Zato se bodo podrobne in osredotočene raziskave nadaljevale in iskale dodatno razumevanje posameznih specifičnih interakcij glede na frekvence, modulacije in jakosti signalov.

Odprta vprašanja o možnih vplivih na zdravje izhajajo tudi iz dejstva, da je s povečevanjem obsega prenosa podatkov potrebnih vse več baznih postaj. Že danes obstoječe generacije mobilne telefonije v določenih primerih uporabljajo majhne celice, ki so umeščeno neposredno v določena mikro okolja (nakupovalni centri, kongresne dvorane ...), z uvedbo 5G pa se bo ta potreba še povečala. Čeprav bodo imele te majhne celice nižjo oddajno moč, bodo hkrati umeščene bližje lokacijam, kjer ljudje preživijo precej časa. Zaenkrat še ni mogoče natančno povedati, kako bo to vplivalo na obseg izpostavljenosti prebivalstva EMS.

KAJ LAHKO STORIMO SAMI ZA ZMANJŠANJE IZPOSTAVLJENOSTI EMS?

Obstaja določena znanstvena negotovost glede možnih dolgoročnih učinkov intenzivne uporabe mobilnih telefonov. Te tehnologije namreč še ne uporabljamo dovolj dolgo, da bi lahko zanesljivo izdelali dokončno oceno, saj lahko denimo razvoj rakavih obolenj traja tudi 20–30 let.

Tudi glede vplivov mobilnih telefonov na otroke ni dokončnih odgovorov. Priporoča se, da starši pri izbiri mobilnega telefona upoštevajo podatek o vrednosti SAR: čim nižja je ta vrednost, tem nižja je stopnja absorbirane energije v tkivu. Čeprav se tipične vrednosti SAR razpoložljivih modelov mobilnih telefonov skozi leta s tehnološkim razvojem postopoma zmanjšujejo, še vedno velja priporočilo, naj vsak poskrbi, da svoj mobilni telefon uporablja na primerni razdalji od telesa (podatki so navedeni v navodilih proizvajalca), pri klicih pa uporablja komplet za prostoročno telefoniranje. Vrednosti SAR za različne naprave so navedene tudi na spletni strani INIS (<http://www.inis.si/>).

Za omejitev osebne izpostavljenost EMS ter s tem tveganj zadostujejo že enostavni in stroškovno ugodni ukrepi:

- Izberimo mobilni telefon z nizko vrednostjo SAR; za otroke priporočamo, da je nižja od **0,6 W/kg**.
- Če je le mogoče, uporabljajmo komplet za prostoročno telefoniranje (vrvične slušalke).
- Brežične slušalke bluetooth (ki so sicer tudi vir EMS, a šibkejši), so kompromisna rešitev na območjih, kjer je pokritost s signalom slaba.
- Ko telefon vzpostavlja zvezo, deluje z največjo oddajno močjo, zato je prav takrat še posebej pomembno, da ga držimo stran od glave, k ušesu pa ga približamo šele, ko je zveza vzpostavljena.
- Izogibajmo se telefoniranju na krajih, kjer je signal slab (kleti, dvigala, notranjost stavb), saj takrat mobilnik deluje z večjo močjo in to pomeni tudi večjo izpostavljenost. Premaknimo se na mesto, kjer je signal močan.
- Jakost signala lahko preverimo na mobilnem telefonu. Na zaslonu imajo vsi današnji mobilni telefoni lestvico, ki nam prikazuje jakost signala. Čim večja je jakost signala, tem manjša bo oddajna moč mobilnega telefona med pogovorom.
- Več uporabljajmo sporočila, saj pri pisanju le-teh telefona ne držimo ob glavi.
- Med rabo držimo mobilni telefon na spodnjem delu. Na zgornjem delu je namreč na zunanji strani vgrajena antena. Če telefon držimo na mestu, kjer je antena, bo moral zaradi premagovanja izgub zaradi bližine roke oddajati z večjo močjo.

- Če imamo telefon, ki omogoča uporabo frekvenčnega območja UMTS/LTE, izberimo uporabo tega območja. Z dobro pokritim signalom bo izpostavljenost sevanju najmanjša.
- Če se stanovanje/spalnica nahaja v neposredni bližini bazne postaje ali drugih oddajnikov, svetujemo izvedbo trajnih meritev, s katerimi lahko ovrednotimo skupno izpostavljenost VF EMS.

LITERATURA

- 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
- Birks LE, Struchen B, Eeftens M, van Wel L, Huss A, Gajšek P (2018): Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. *Environ Int*; 117: 204-214
- 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.
- EC (2018). EUROPEAN COMMISSION, Cabinet of Commissioner Vytenis Andriukaitis, Head of Cabinet. 2017 http://www.5gappeal.eu/wp-content/uploads/2018/06/reply_vinciunas.pdf (pismo evropskega komisarja)
- Eeftens M, Struchen B, Birks LE, Cardis E, Estarlich M, Fernandez MF, Gajšek P (2018): Personal exposure to radio-frequency electromagnetic fields in Europe: Is there a generation gap?, *Environ Int* 121 Pt 1: 216-226
- Foster KR, Moulder JE (2019): Response to Pall, "Wi-Fi is an important threat to human health" *Environ Res*; 168: 445-447
- Foster KR, Moulder JE (2013): Wi-fi and health: review of current status of research. *Health Phys*; 105 (6): 561-575
- Gajšek P, Ravazzani P, Grellier J, Samaras T, Bakos J, Thuroczy G (2016): Review of studies concerning electromagnetic field (EMF) exposure assessment in Europe: low frequency fields (50 Hz-100 kHz), *Int J Environ Res Public Health* 13 (9): E875-880
- Gajšek P, Ravazzani P, Wiart J, Grellier J, Samaras T, Thuroczy G (2015): Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz-6 GHz)., *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25 (1): 37-44
- IARC (2013): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks To Humans, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Volume 102
- 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
- ICNIRP (2020): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (100 kHz – 300 GHz). *Health Physics* 74: 494-522
- IEC (2019): Case studies Supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure
- Jauchem JR (2008): Effects of low-level radio-frequency (3 kHz to 300 GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int J Hyg Environ Health*: 1 – 29

- Pall M (2018): Wi-Fi is an important threat to human health, *Environmental Research* 164, pp 405–416
- Rööslä 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. *88 (12): 887 – 896*, 2010
- Rowley JT, Joyner KH (2012), Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations, *J Expo Sci Environ Epidemiol*; 22 (3): 304 - 315
- Samet JM, Straif K, Schüz J, Saracci R (2014): Commentary: mobile phones and cancer: next steps after the 2011 IARC review. Published in: *Epidemiology*; 25 (1): 23-27
- SCENIHR (2015): Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2015
- Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, *Uradni list Republike Slovenije*, št.70, 5925-5931, leto VI, 6.december, 1996
- Valič B, Kos B, Gajšek P (2015): Typical exposure of children to EMF: exposimetry and dosimetry., *Radiat Prot Dosimetry* 163 (1): 70-80
- WHO (2011): Fact Sheet No. 193: Electromagnetic fields and public health: Mobile telephones and their base stations., June 2011

O BROŠURI

V brošuri so predstavljeni odgovori na ključna vprašanja o novi, peti, generaciji mobilne telefonije (5G), frekvencah, baznih postajah in morebitnih tveganjih za zdravje, ki temeljijo na stanju znanosti. Dosedanje raziskave pri nas in v svetu kažejo, da so izpostavljenosti zaradi novega omrežja baznih postaj 5G tudi v najneugodnejšem primeru bistveno nižje od mejnih vrednosti, ki jih določajo mednarodne smernice in domača zakonodaja.

Izpostavljenosti EMS, ki so nižje od znanstveno utemeljenih mejnih vrednosti, nimajo znanih škodljivih vplivov na zdravje. To velja za vse tehnologije, tudi za 5G, saj mejne vrednosti niso odvisne od tehnologije, ampak temeljijo na znanstveno potrjenih škodljivih vplivih EMS na zdravje.

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 organizacij s področja varovanja zdravja in okolja pred EMS. Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. 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.

DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: www.forum-ems.si. Lahko jih prejmete po elektronski pošti, če nam pišete na naslov: info@forum-ems.si. Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS: telefon **01 5682732**.