



Fakulteta: Fakulteta za pomorstvo in promet, UL
Partnerska organizacija: Inštitut za neionizirna sevanja

Rezultati projekta EMSDR (zdravje): Izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS v prometu in zdravje

Poročilo skupine študentov MF o delu na projektu EMSDR PKPII:
Jakob Gajšek, Tomaž Sindičič in Kristina Petelin

Delovni mentor: doc. dr. Peter Gajšek (INIS)
Pedagoški mentor: dr. Franc Dimc (UL FPP)
29.7.2015

»Projekt delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada. Izvaja se v okviru neposredne potrditve operacije-programa »Po kreativni poti do praktičnega znanja« Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti ter prednostne usmeritve 1.3 Štipendijske sheme.«.

Vsebina

Uvod	3
Vpliv radiofrekvenčnih EMS na zdravje	3
Trenutni vplivi EMS	3
Zapozneli vplivi EMS	5
Vpliv EMS na možgane	5
Vpliv na kognitivne funkcije	6
Vpliv na vedenje	6
Vpliv na splošno počutje	6
Vpliv EMS na razvoj rakavih obolenj	7
Vpliv EMS na nevroendokrini sistem	8
Vpliv na spanje	8
Vpliv na kognitivne funkcije	9
Vpliv EMS na delovanje čutil za sluh, ravnotežje in vid	10
Čutila za sluh in ravnotežje	10
Epidemiološke študije	10
Študije na prostovoljcih	10
Študije na živalih	10
Študije In vitro	10
Čutilo za vid	11
Epidemiološke študije	11
Študije na živalih	11
Študije In vitro	11
Vpliv EMS na imunski sistem in kri	11
Epidemiološke študije	12
Študije na prostovoljcih	12
Študije na živalih	12
Študije in vitro	13
Vpliv EMS na kardiovaskularni sistem in termoregulacijo	13
EMS in kardiovaskularni sistem	13
Epidemiološke študije	13
Študije na prostovoljcih	14
Študije na živalih	14
EMS in termoregulacija	14
Študije na prostovoljcih	14
Študije na živalih	15

Rezultati projekta EMSDR (zdravje): Izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS v prometu in zdravje

Stališča ključnih organizacij glede zdravstvenih tveganj	15
Meritve EMS v prometu in ocena tveganja.....	17
Meritve in merilni sistemi	17
Selektivne meritve radiofrekvenčnih EMS	17
Merilna negotovost.....	18
Rezultati opravljenih meritev na ljubljanskem obroču	18
Rezultati primerjalne meritve z detektorjem EMSDR na sedežu INIS	22
Skladnost z mejnimi vrednostmi	22
Ocena tveganja za vpliv na zdravje človeka	22
Sklepi.....	23
Literatura.....	25



SLIKA 1 SOČASNI ZAJEM Z DETEKTORJEM EMSDR (V PLASTIČNI POSODI) IN OSEBJE INIS, KI IZVAJA MERITEV S PROFESIONALNO MERILNO NAPRAVO NARDA SRM 3006 , SEDEŽ INIS, LJUBLJANA, 5. JUNIJ 2015. (FOTO: F. DIMC)

Uvod

Nepoznavanje in neotipljivost elektromagnetnih sevanj (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.

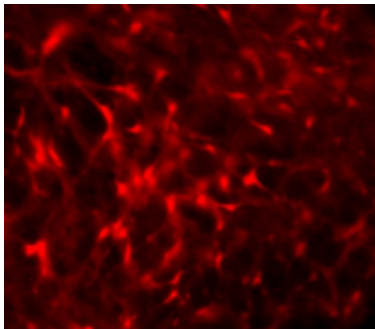
Dejstvo je, da lahko EMS visokih jakosti povzroča akutne negativne vplive na zdravje. Izpostavljenost nizkim jakostim EMS in zapoznani učinki izpostavljenosti zaenkrat niso dokazani, niso pa znani niti fizikalni mehanizmi vpliva. Obstaja nekaj epidemioloških raziskav, ki statistično nakazujejo na možnost 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. Radiofrekvenčna elektromagnetna sevanja nad določenim pragom nedvomno povzročajo določene biološke učinke.

Opravljene raziskave na zdravih prostovoljcih pa ne kažejo, da bi izpostavljenost radiofrekvenčnim 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.

Vpliv radiofrekvenčnih EMS na zdravje

Ko radiofrekvenčna (RF) EMS pri širjenju skozi prostor naletijo na človeka ali drugo živo snov, se jih določen del v tej snovi absorbira. Znano je, da se RF EMS zelo dobro absorbirajo v snovi, ki vsebuje



SLIKA 2

veliko vode, absorbirana energija se vedno v celoti spremeni v toploto, ne glede na jakost električnih ali magnetnih polj.

Radiofrekvenčna 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. Vdorna globina je odvisna od frekvence in je večja pri nižjih frekvencah. Radiofrekvenčna EMS nad 10 GHz se absorbirajo na površini kože, pri tem pa zelo malo energije prodre v globlje ležeča tkiva.

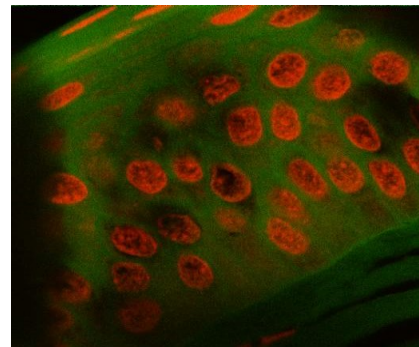
Osnovna dozimetrična veličina za RF EMS nad 10 GHz je gostota pretoka moči (S) v vatih na kvadratni meter (W/m^2) ali za šibka polja v milivatih na kvadratni meter (mW/m^2). Znano je, da izpostavljenost gostoti pretoka moči nad $1000 W/m^2$ škodljivo vpliva na zdravje, saj lahko povzroči katarakto in opekline na koži.

Trenutni vplivi EMS

Vsi ugotovljeni in znanstveno potrjeni vplivi RF EMS na zdravje so nedvomno povezani s segrevanjem. Pojav segrevanja pod vplivom RF 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: RF 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 RF EMS.

Netermični učinki: Nekateri raziskave so pokazale, da lahko RF 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 RF 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 RF 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.



SLIKA 3

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 RF 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 RF 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 RF EMS. Prav tako ni nobenega znanega fizikalnega mehanizma, ki bi pojasnil preobčutljivost na RF EMS. Raziskave na tem področju so zelo kompleksne, saj so v možne odzive na RF EMS vpleteni številni drugi subjektivni odzivi, ki niso neposredno povezani z učinki RF EMS.

Povezave med radiofrekvenčnimi 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 RF EMS in s tem nespecifične simptome.

Zapoznani vplivi EMS

Številne epidemiološke študije so preučevale morebitno povezavo med izpostavljenostjo RF 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 RF EMS in povečanim tveganjem za pojav raka zaradi izpostavljenosti nekaterim virom EMS v okolju (npr. bazne postaje). ICNIRP je ugotovila, da ni prepričljivih znanstvenih dokazov o tem, da bi izpostavljenost RF EMS skrajšala življenjsko dobo pri ljudeh ali da bi RF 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.

Vpliv EMS na možgane

Možgani, funkcijsko zelo pomemben, če ne celo najpomembnejši organski sistem v človeškem organizmu, so ključni element pri najrazličnejših procesih organizma, prav tako omogočajo kognitivno sposobnost človeka. Zato je vpliv elektromagnetnih sevanj na njihovo delovanje še kako pomemben predmet proučevanja znanstvenih študij in raziskav.

Epidemiološke študije, ki so raziskovale vpliv radiofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (RF EMS) mobilnih telefonov na možgane, niso pokazale neposredne povezave s povečanim tveganjem za razvoj tumorja na možganih ob povečani izpostavljenosti EMS. Prav tako se ni pokazalo, da bi izpostavljenost RF EMS povečala verjetnost nastanka drugih vrst raka na možganih in področju vratu. Ne gre pa zanemarjati dejstva, da se je pri nekaterih raziskavah postavilo vprašanje glede morebitne povezanosti razvoja glioma in akustične nevrome pri "težkih" uporabnikih mobilnih telefonov. Kohortne in incidenčne raziskave so potrdile morebitno povezanost pri razvoju akustične nevrome.

Pozornost raziskovalcev glede vpliva RF EMS na možgane so pritegnile EEG študije v budnosti in v spanju, ki so pokazale spremembe v aktivnosti ob izpostavljenosti RF EMS. Raziskave so pokazale, da vplivi na spanec niso omejeni samo na non-REM spanec, temveč tudi na REM spanec. V odvisnosti od signala EMF se je pokazala tudi povezanost vpliva EMS na theta in delta valove v non-REM spanju. V polovici eksperimentalnih študij se je pokazal vpliv na makro ustrojem spanja (predvsem pri tistih z

daljšim trajanjem izpostavljenosti), ki pa se ne pojavljajo dosledno za razliko od zgoraj omenjenih parametrov.

Nekatere raziskave tudi navajajo, da so otroci in adolescenti manj občutljivi na RF EMS kot odrasli in starejši ljudje, vendar so take raziskave zaradi pomanjkanja zadostne količine podatkov nedokončne in so še predmet raziskav v prihodnosti. Kot je bilo že zgoraj omenjeno, izpostavljenost radiofrekvenčnim sevanjem morda lahko vpliva na možgane in njihovo aktivnost med budnostjo ali spanjem (EEG raziskave). Tako so se pojavile morebitne povezave z vplivom RF EMS na kognitivne funkcije ljudi, vendar zaradi premalo dokazov take hipoteze ostajajo nepotrjene. Čeprav so se pojavila namigovanja, da vplivi RF EMS povzročajo simptome, ki močno negativno vplivajo na kvaliteto človekovega življenja, najnovejše študije le-teh niso potrdile, saj med njimi niso našle neposrednih vzročnih povezav z boleznimi in kliničnimi znaki. Te študije so zajemale splošno javnost, vključno z otroki in mladostniki.

Epidemiološke študije na človeški populaciji, ki so se osredotočile na možgansko fiziologijo, so zajemale raziskovanje vplivov na kognitivne funkcije, vedenje, počutje in na krvno-možgansko bariero.

Vpliv na kognitivne funkcije

Čeprav so se do sedaj številne raziskave ukvarjale z morebitnim vplivom RF EMS na kognitivne sposobnosti človeka, je samo nekaj raziskav pokazalo na morebitno vzročno povezavo med njimi.

Vpliv na vedenje

Na Danskem so izvedli zanimivo raziskavo, ki je iskala povezavo med uporabo mobilnega telefona in vedenjskimi problemi otrok pri starosti 7. let. Iz rezultatov je razvidno, da imajo otroci, ki niso nikoli uporabljali mobilnega telefona, manjkrat vedenjske težave kot tisti otroci, ki so mobilni telefon uporabljali vsaj 1 uro na teden. Še bolj pa se poveča verjetnost za vedenjske težave pri tistih otrocih, ki so poleg uporabe mobilnega telefona bili izpostavljeni še uporabi mobilnega telefona matere v prenatalnem obdobju. Je pa potrebno pri teh raziskavah potrebno vzeti v obzir, da so ti podatki pridobljeni na podlagi vprašalnikov, ki so jih izpolnili starši, torej je tu močno vprašljiva objektivnost podatkov.

Vpliv na splošno počutje

Določen del populacije pripisuje nespecifične simptome izpostavljenosti RF EMS v vsakodnevnem življenju. Te simptomi so različni, najpogosteje pa navajajo naslednje: kožni ekcemi, težave s spanjem, glavoboli, razdražljivost in težave s koncentracijo. Zato se je veliko do sedaj narejenih študij dotikalo tudi tega vprašanja. Redke raziskave so pokazale morebiten vpliv (pokazalo se je pri nekaterih ljudeh) povečane izpostavljenosti RF EMS na razvoj glavobola, ostali simptomi niso pokazali vzročne povezave z izpostavljenostjo. Zanimivo je to, da nobena raziskava ni verodostojno oz. dokazano pokazala na povezanost med izpostavljenostjo in incidenco simptomov.

Vpliv na krvno-možgansko bariero

Na Švedskem so leta 2012 izvedli raziskavo, ki je iskala morebitne vplive virov RF EMS (npr. mobilnih telefonov) na samo sestavo krvno-možganske bariere (pregrade). Najprej so bili odvzeti vzorci krvi, ki so bili kasneje analizirani. V analizi sta bili najbolj pomembni dve beljakovinski molekuli. Prva, beljakovina S100B, je marker oz. pozitivni označevalec pri okvari krvno-možganske bariere. Druga, beljakovina transtiretin, pa je marker pri okvari krvno-cerebrospinalne pregrade. Serumske beljakovine S100B niso pokazale povezave z izpostavljenostjo mobilnim telefonom, le pri eni sami

analizi se je pokazala morebitna povezanost uporabe UMTS omrežja mobilnega telefona z vrednostmi beljakovine S100B, pa še to samo pri moških. Vrednosti transtiretina pri večini analiziranih krvnih vzorcev niso pokazale povezanosti z izpostavljenostjo. Pojavilo pa se je zanimivo opažanje pri nekaterih ženskah. Analize pri njih so pokazale, da krajši kot je bil čas med zadnjim telefonskim klicem in odvzemom krvi, večja je bila izmerjena vrednosti transtiretina.

Nekatere študije vplivov RF EMS na fiziologijo in funkcijo možganov pa so bile izvedene samo na živalskih modelih (največkrat podganah). Eden izmed teh je bilo iskanje morebitnih vplivov RF EMS na funkcijo nevrotansmitorjev (tj. prenašalci živčnih signalov v sinapsah). Nekatere raziskave so iskale vplive EMS na od Na-odvisno reabsorbcijo holina v presinaptično špranjo. Pri kratkotrajni izpostavljenosti (45 minut) pri pulzni obremenitvi na vsaki 2 sekundi s frekvenco 2450 MHz in SAR vrednostjo 0,6 W/kg, se je pokazala zmanjšana od Na-odvisna reabsorbcija holina v frontalnem režnju in hipocampusu. Spet druge raziskave so se osredotočile na benzodiazepimska mesta receptorjev v frontalnem režnju in hipocampusu. Parametri so bili enaki kot zgoraj omenjeni, le da je izpostavljenost trajala 1 dan ali pa 10 dni (45 minut/dan). Rezultati so pokazali povečano število benzodiazepinskih receptorskih mest pri enkratni izpostavljenosti (1 dan), pri ponavljajoči se izpostavljenosti (10 dni) pa ni prišlo do efekta na te receptorje. V obeh primerih je afiniteta receptorjev ostala nespremenjena.

Vpliv EMS na razvoj rakavih obolenj

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) iz Lyona, ki deluje v okviru Svetovne zdravstvene organizacije (SZO), je maja 2011 po večletnih analizah in preučevanju raziskav razvrstila visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja v skupino 2B, kar pomeni, da so tovrstna sevanja možno kancerogena za ljudi.

Ta pregled obstoječih raziskav se nanaša predvsem na možnost, da lahko izpostavljenost šibkim jakostim EMS povzroča zapoznele učinke, še posebno povečano tveganje za raka. Glavni razlog za to odločitev so ugotovitve o povečanem tveganju za pojav glioma, maligne vrste raka na možganih, zaradi uporabe mobilnih telefonov. Poudariti je potrebno, da povezava med izpostavljenostjo visokofrekvenčnim EMS zaradi mobilnega telefona in rakom v glavi zaradi nekonsistentnosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in pomanjkanja podpore v drugih potrebnih raziskavah (predvsem verjetne razlage osnovnih mehanizmov) ne dosega ali ne zadošča kriterijem za nedvoumno potrditev vzročne povezave. Zato je potrebno ugotovljeno povezavo med visokofrekvenčnimi sevanji mobilnih telefonov in možganskim tumorjem razumeti kot šibko, a vendar pozitivno.

Mobilni telefon, kot eden izmed glavnih virov RF EMS dandanes, uporablja v današnjem svetu velika večina ljudi. Vendar taka "masovna" uporaba mobilnih telefonov je v uporabi šele dobro desetletje, tako da same študije ne morejo pokazati vpliv uporabe na daljši rok (več desetletij); tako študije na uporabnikih, ki so mobilni telefon uporabljali manj kot deset let, niso pokazale povečanega tveganja za razvoja tumorja na možganih. Pri tem je treba poudariti, da se o razvoju raka govori predvsem pri možganih, ker so najbližji organski sistem pri izpostavljenosti (mobilni telefon držimo ob glavi).

Epidemiološke študije, ki so bile izvedene v okviru WHO in drugih mednarodnih raziskovalnih institucij, so prišle do zaključkov, da pri izpostavljenosti RF EMS pri jakostih, ki so nižje od mejnih vrednosti, ni povečanega tveganja za razvoj raka pri ljudeh. Kot je bilo že prej zapisano, so se seveda pojavile tudi raziskave, ki so pokazale določene biološke učinke pri dolgotrajni izpostavljenosti tudi

pod mejnimi vrednostmi – kar pa seveda še ne pomeni, da ti učinki lahko vodijo do bolezni, kot je razvoj rakavih obolenj.

Pri morebitnem razvoju rakavih obolenj ob izpostavljenosti RF EMS je potrebno upoštevati dejstvo, da je opazovalno obdobje za zanesljive zaključke prekratko. Zato je pri tem potrebno upoštevati ti. latentno dobo (čas od prve izpostavljenosti do nastanka bolezni) – tako je možno, da se po dovolj dolgi dobi latentni dobi morda lahko pojavijo različni tumorji.

Znanstveni odbor za identifikacijo zdravstvenih tveganj v okviru Evropske komisije (SCENIHR) je podal najnovejši sklep, da pregled najpomembnejših znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko EMS negativno vplivala na zdravje ljudi ali povzročala oziroma pospeševala razvoj raka.

Tako bo to področje še v prihodnje predmet intenzivnih raziskav, kjer je potrebno še marsikaj raziskati, predvsem zato, ker ni nobenega neizpodbitnega dokaza ZA vpliv na zdravje ali PROTI vplivu na zdravje.

Vpliv EMS na nevroendokrini sistem

Študije RF sevanja se osredotočajo na hormone, izločene iz hipofize in češerike. Obe žlezi se nahajata v možganih in sta direktno povezani z uravnavanjem živčevja. Več študij se je ukvarjalo s preiskovanjem urinarnega izločanja glavnega metabolita **melatonina**- 6-sulfatoksimeletonina. Nekatero študije so preiskovale tudi izločanje hormonov nadledvičnih žlez. Hormoni hipofize so pomembno udeleženi v telesnem metabolizmu, predvsem preko svojega delovanja na druge endokrine žleze in na izločanje njihovih hormonov, delno pa zaradi svojih vplivov na telo. Preiskovani hipofizni hormoni so bili: **TSH**(vpliva na sproščanje ščitničnih hormonov), **ACTH** (vpliva na izločanje kortizola iz nadledvičnih žlez), **rastni hormon**(pomemben za rast, cikel spanja in budnosti, normalen nevrolški razvoj), **FSH in LH**(vplivata na sproščanje spolnih hormonov, ovulacijo, menstruacijo, razvoj semenčic, spolni razvoj), **prolaktin** (krčenje maternice pri porodu, iztiskanje mleka pri dojenju). ACTH, kortizol in prolaktin so udeleženi tudi pri odgovoru na stres, zato so bili v študijah pogosto uporabljeni kot markerji le-tega.

Po enem mesecu izpostavljenosti EMS sevanju pri preiskovancih ni bilo opaziti signifikantne spremembe v koncentraciji melatonona in hipofiznih hormonov v krvi. Študije tudi niso pokazale učinkov na koncentracije hormonov v krvi po enkratni izpostavitvi RF sevanju. Potrebno pa je omeniti, da je šlo za male skupine in tako vzorec ni bil reprezentativen.

Vpliv na spanje

Nekaj študij je bilo narejenih z merjenjem elektroencefalograma (EEG) po izpostavljenosti sevanju. EEG meri spontano možgansko električno aktivnost. V stanju budnosti se zelo razlikuje glede na dejavnost, v kateri je opazovanec udeležen, varira pa tudi od posameznika do posameznika. V spanju pa so EEG vzorci razdeljeni na različne faze in dokaj univerzalni med različnimi ljudmi, zato se je tudi uporabljal v študijah vpliva sevanja na živčevje.

- **N1**: dremež, plitko spanje, ki je ponavadi prisotno ob uspavanju. Značilni so upočasnjeni očesni gibi. V EEG-ju opazimo spremembo možganskih valov iz alfa v theta valove. Značilni grafoelementi v tej fazi so valovi verteksa.

- **N2:** v tej fazi normalno odrasel človek prespi 50% celotnega časa spanja. V EEG-ju se pojavijo značilni grafoelementi-vretena spanja in sklopi K.
- **N3:** je faza globokega spanca, v kateri prevladuje spanje počasnih valov (slow-wave sleep). Speči v fazi N3 je manj odziven na okoljske dražljaje in ga je težje prebuditi kot v prejšnjih fazah.
- **REM:** spanje je dobilo ime po glavni značilnosti, hitrih gibih zrkel. V tej fazi spanja so mišice najmanj aktivne. Bitje srca pa je hitrejše, spremeni se dihanje, lahko se pojavijo posamezne kratke pavze dihanja. V tej fazi telo ni sposobno uravnavanja telesne temperature. Vzorec možganske aktivnosti v EEG-ju je podoben vzorcu pri budni osebi, zato spanje REM imenujemo tudi "paradokсно spanje". Kljub podobnosti možganske aktivnosti med budnim in človekom v spanju REM je osebo najtežje prebuditi v tej fazi spanja. V REM spanju največ sanjamo. Spanje REM predstavlja 20-25% časa celotnega spanca odrasle osebe. Pri novorojenčkih znaša ta odstotek več kot 80%.

Nekatere študije opisujejo povečan EEG signal v trakovih alfa in beta pri izpostavljenosti RF sevanju med spanjem. V preteklosti je študija pokazala skrajšanje latence spanja (=čas potreben za prehod iz popolne budnosti v spanje), ki pa pri novejših študijah ni bila več dokazana; dve študiji sta celo pokazali, da se latenca spanja podaljša. Nekatere študije so preučevale vpliv RF sevanja 30 minut pred spanjem na EEG. Po rezultatih teh študij se je pokazal povečan EEG signal v trakovih alfa in beta med spanjem. Ena študija pa ni pokazala nobenih z EEG merljivih vplivov RF sevanja na spanje.

Vpliv na kognitivne funkcije

Danish National Birth Cohort je s svojo študijo pokazal, da se pri otrocih mater uporabnicah mobilnih telefonov pojavlja večja prevalenca nekaterih vedenjskih in zdravstvenih problemov, kot pri otrocih, katerih matere ne uporabljajo mobilnega telefona. Vendar pa ta dognanja niso bila potrjena z nobeno drugo izvedeno študijo; v splošnem je problem omenjenih študij, da so epidemiološko šibke. Zadnje študije niso pokazale povečanega tveganja za nevrološka obolenja v povezavi z RF sevanjem.

EM sevanje bi lahko vplivalo na možgansko aktivnost, kar se je pokazalo v spremembah na EEG. Relevantnost teh majhnih sprememb pa ostaja nejasna, prav tako ostaja nejasen mehanizem delovanja. Torej, zaenkrat imamo premalo podatkov za dokaz ali ovrženje vpliva RF sevanja na kognitivne funkcije človeka.

-REPRODUKCIJA

Zadnje študije so ovrgle morebitne škodljive vplive RF sevanja na moško fertilitetnost. V preteklosti so se namreč pojavljala predvidevanja, da je sperma zelo občutljiva na sevanje mobilnih telefonov, vendar pa so podrobnejše preiskave pokazale, da vzorci niso bili reprezentativni, saj je bila sperma odvzeta moškim zdravljenih na kliniki za infertilitetnost ipd.

RAZVOJ

Tukaj gre predvsem za študije na živalih, kjer se je pokazal teratogen efekt, če sevanje povzroči dvig telesne temperature $> 1^{\circ}\text{C}$. Če pa RF sevanje ne povzroča termičnega učinka, pa teratogenega učinka niso dokazali.

Vpliv EMS na delovanje čutil za sluh, ravnotežje in vid

Čutila za sluh, ravnotežje in vid so zelo kompleksne strukture, sestavljene iz močno specializiranih tkivnih in celularnih struktur, ki morajo biti za normalno delovanje natančno usklajene in organizirane. Omenjena čutila so povezana direktno s centralnim živčevjem prek možganskih živcev. Že zaradi teh lastnosti ni odveč predvidevanje, da ima lahko kakršenkoli zunanji fizični faktor (npr. EMS) vpliv na delovanje teh visoko diferenciranih tkiv. Zaradi hitrega razvoja tehnologije, ki uporablja EMS, so te strukture vedno bolj izpostavljene njegovim možnim škodljivim vplivom.

Čutila za sluh in ravnotežje

Intenzivno pulzirajoča radio-frekvenčna (RF) polja lahko ljudje zaznamo kot zvok.

Ko kratkotrajni RF pulzi trčijo ob tkivo, se to hitro segreje. Ta sprememba temperature je po navadi zelo majhna. Nastane t.i. **termoelastični val**, ki se prek temporalne kosti prenese do notranjega ušesa. Ko se ta val v slušnih celicah pretvori v receptorski potencial in če je le-ta dovolj visok, to zaznamo kot normalen akustični dražljaj (klik, pisk, šum...). Ta efekt se imenuje **mikrovalovni slušni efekt** in so ga opazili tako pri študijah na ljudeh kot tudi na živalih. Prav zaradi te občutljivosti na zunanje dražljaje, so slušne receptorke celice oz. t.i. lasne celice ustrezen kandidat za preučevanje negativnih učinkov EMS na človeka.

Epidemiološke študije

Vir SZO omenja 4 epidemiološke študije, ki so ustrezale vsem zahtevanim kriterijem. 3 od njih so se usmerile na preučevanje šumenja v ušesih v odvisnosti od uporabe mobilnega telefona, ena pa se je usmerila v preučevanje izgube sluha v odvisnosti od uporabe mobilnega telefona. Študije, ki so preučevale šumenje v ušesih, so z vprašalniki poizvedovale o času uporabe mobilnega telefona pri odraslih osebah. Našli niso nobenih močnih dokazov o povezavi EMS s šumenjem v ušesih. Študija, ki pa je preučevala izgubo sluha, se je usmerila v uporabo mobilnih telefonov otrok v času njihovega razvoja. Zaobjela je vzorec otrok, rojenih med 1996 in 2002. Informacije o uporabi telefona pri otrocih in o izgubi ali poslabšanju sluha pa so študije poizvedovale od staršev. Tudi tu niso našli nobenih oprijemljivih dokazov.

Študije na prostovoljcih

10 tovrstnih študij je ustrezalo vsem postavljenim kriterijem. Ena izmed njih je preučevala prostovoljce z idiopatsko okoljsko intoleranco za EMS, ostale pa so bile izvedene na zdravih prostovoljcih. Vse so preučevale, kakšna je t.i. otoakustična emisija. To je test, ki preučuje odzivanje in normalno delovanje notranjega ušesa. Prostovoljce so izpostavili različnim EMS z različnimi SAR vrednostmi. Otoakustično emisijo so zmerili pred izpostavitvijo EMS in po njej. Nobena študija ni odkrila kakršnegakoli vpliva RF EMS na sluh in ravnotežje.

Študije na živalih

Na živalih je bilo opravljenih 6 študij, ki so ustrezale vsem zahtevanim kriterijem. Tako kot prostovoljce, so tudi živali izpostavili EMS s sicer večjimi SAR vrednostmi in tako kot na prostovoljcih so tudi tu merili otoakustično emisijo. Izpostavili so jih EMS za različno dolga obdobja. Čeprav so SAR vrednosti dosegle 10 W/kg, niso opazili in opisali nobenih učinkov, ki bi jih EMS lahko imelo na delovanje notranjega ušesa.

Študije In vitro

Ena od študij je spremljala spremembe morfologije lasnih celic. Opazovali so, če pride do kakršnihkoli sprememb v morfologiji celic, izpostavljenih EMS z 900 MHz, SAR 1W/kg za 24-48 h. Opazili niso

nobenih sprememb. Druga študija pa je iskala v lasnih celicah napake na DNA in napake v izražanju proteinov, ki bi lahko nastale pri izpostavitvi EMS s 1763 MHz, SAR 20 W/kg za 15 min-48 h. Kljub visoki SAR vrednosti tudi tu niso opazili nobenih učinkov.

Čutilo za vid

Oko je poleg dobro prekrvljenih struktur sestavljeno tudi iz slabše prekrvljenih, npr. leča. Zaradi slabše prekrvljenosti ima leča slabšo zmožnost odvajanja toplote. Vlakna iz katerih je leča, imajo tudi omejeno obnovitveno sposobnost, zato se poškodbe v leči akumulirajo. Leča je zaradi tega bila predmet veliko študij, ki so preučevale učinke EMS na človeško telo.

Epidemiološke študije

Opisane epidemiološke študije nimajo velikega pomena, saj so bili podatki o njihovi izvedbi pomanjkljivi. Kljub temu da so lahko študije zaradi tega vsebovale veliko napak, nobena od njih ni zanesljivo pokazala, da bi lahko bil kakršenkoli vpliv EMS na preučevance.

Študije na živalih

Študije na lečah

Opisane so 4 študije, ki so preučevale škodo na lečah živali. Zajce so izpostavili EMS z zelo visoko SAR vrednostjo (do 108 W/kg). Temu ustrezne so bile poškodbe na leči. Bile so predvsem termične in vnetne. Opice pa so bile izpostavljene nižjim SAR vrednostim, na lečah pa niso opazili nobenih sprememb.

Študije na šarenici in roženici

Nobena od 5 študij ni našla sprememb na šarenici in roženici. Pri eni izmed študij pa so določili vrednost SAR 2.6 W/kg kot prag, pri katerem se lahko pojavi poškodba očesa.

Študije na mrežnici in celem očesu

V eni izmed 3 študij so opice izpostavili delovanju radarja z različnimi SAR vrednostmi. Merili so elektroretinogram. Posledic EMS niso opazili. V drugih 2 študijah pa so merili aktivnost protioksidativnih encimov (superoksid dismutaza, katalaza, glutationperoksidaza) in količino reaktivnih kisikovih spojin (NO, melondialdehid) v celicah retine. Ob izpostavitvi EMS so opazili, da so ROS rahlo narastle, aktivnost encimov pa je padla.

Študije In vitro

Celice epitelija leč so izpostavili različnim SAR vrednostim. Ob tem so iskali poškodbe DNA, RNA, povečane ROS in razliko v izražanju proteinov. Opazili so, da je meja, pri kateri se RNA poškoduje, 3-4 W/kg, pri 2,3,4 W/kg pa se povečajo ROS in slabše izražajo proteini.

Iz opisanih študij lahko opazimo, da je vpliv EMS na slušni in ravnotežni organ ter oko zanemarljiv. Vsi še tako majhni vplivi pa nastopijo šele nad dovoljeno mejo SAR vrednosti. Po teh študijah sodeč lahko zaključimo, da če se držimo dogovorjene meje SAR vrednosti, negativnih vplivov na opisane organe ne bo.

Vpliv EMS na imunski sistem in kri

Pri iskanju morebitnih vplivov EMS na imunski sistem in kri so bile narejene številne študije.

Opravljene so bile epidemiološke študije, študije na prostovoljcih in živalih ter študije in vitro. Študije opisane v viru so morale ustrezati določenim kriterijem, morale biti pravilno izvedene in vsebovati

dovolj veliko število osebkov, da so sploh bile omenjene. V tem pregledu vira, pa sem se usmeril na študije, kjer so bili omenjeni kakršni koli vplivi EMS na imunski sistem in kri.

Epidemiološke študije

Na to temo je bilo narejenih 5 relevantnih epidemioloških študij. Le dve od teh sta ustrezali kriterijem, podatki pa tudi v teh dveh niso nazorni, zaradi majhnega števila oseb vključenih v študijo.

Prva študija (Tuschl et al., 1999) je zajemala 18 izpostavljenih (izpostavljeni kratkovalovnim, decimeterskim in mikrovalovnim diatermičnim napravam) in 16 kontrol. Skupini sta imeli podobno sestavo (razmerje žensk in moških je v obeh skupinah cca. 8:1, 40% kadilcev). V poskusu so merili celotno število levkocitov in limfocitov, skupaj z podtipi limfocitov (limfociti B, limfociti T, T celične pomagalka, citotoksične celice T, NK celice in aktivirane T celice). Celicam so tudi izmerili funkcionalno kapaciteto v sveži krvi in po dodatku mitogenega dejavnika. Vsi limfociti, tako podtipi kot celotno število je bilo v mejah normale pri obeh skupinah. Razlik ni bilo tudi v številu aktiviranih celic T in v številu mitotsko delečih celic.

Druga epidemiološka študija (Tuschl et al., 2000) pa je vključevala celotno število levkocitov in število levkocitov po podskupinah, aktivirane b in t celice, z vnetnimi faktorji aktivirane celične kulture, nivo imunoglobulinov (IgA, IgG, IgM), in oksidativni odziv granulocitov in monocitov, ob fagocitiranju E.coli. V študijo so bili vključeni industrijski delavci v stalnem stiku z indukcijskimi grelci, zdravstveni delavci ob MRI in kontrole. Čeprav je bilo EMS dosti večje od priporočenih vrednosti niso odkrili nobenih večjih sprememb v številu levkocitov. Večje je bilo število NK celic in sicer pri delavcih, ki so delali ob indukcijskih grelcih. Monociti pri teh delavcih so kazali manjši oksidativni odziv, ki pa je bil kompenziran z njihovim večjim številom.

Študije na prostovoljcih

Omenjeni sta dve študiji. Prva študija (Radon et al., 2001) vključuje 8 moških prostovoljcev, ki so jih izpostavili sevanju mobilnega telefona (SAR: 0.025W/kg, 900MHz) 10x za 4 ure. Merili so IgA in neopterin (je indikator vnetnega odziva) v slini. Niso odkrili nobenih sprememb. Možne pa so bile napake zaradi majhne skupine.

Druga študija (Augner et al., 2010) pa je obravnavala 57 prostovoljcev (22 moških in 35 žensk), ki so jih izpostavili sevanju GSM bazne postaje. Bazna postaja je bila montirana na vrhu stavbe, kjer so bili prostovoljci. Merili so IgA v slini. Tudi tu niso opazili nobenih učinkov sevanja. Prav tako pa so bile možne napake zaradi majhne kontrolne skupine.

Študije na živalih

Imunološke študije

Na odraslih živalih večina študij ni odkrila nobenega učinka zaradi izpostavljenosti EMS. Pri izpostavitvi živali coaxial anteni, so opazili porast IgM, IgG in PFC pa so nihale. V študiji z zankasto anteno, so opazili po 13 mesecih izpostavitve povečanje števila t in b celic, po 25 mesecih pa ni bilo nobene opazne spremembe. Po izpostavitvi živali horn anteni, pa je prišlo do porasta protiteles samo pri samcih, ne glede na to ali je oddajala CW ali AM. Pri heliksni anteni pa je prišlo do majhnega porasta avtoproteles proti antigenom možganov.

Na nekaterih živalih so preučevali učinke EMS na delovanje kemoterapevtikov. Vbrizgali so jim ciklofosamid (CPA, kemoterapevtik) in jih izpostavili različnim jakostim EMS. Funkcija limfocitov T je bila zaščitena pred CPA, dvignila se je aktivnost NK celic in limfociti T so se hitreje regenerirali. Hitrejša je bila ponovna pripravljenost celic na imunsko aktivacijo. Odkrili so hitrejšo nastajanje Th1, kar je zaviral CPA.

Študije pa so bile izvedene tudi na zarodkih in mladih živalih. V eni izmed študij (Nakamura ET AL. 1997) so opazili precejšnji padec vranične aktivnosti NK celic v brejih podganah, to pa bi lahko bilo povezano z termičnimi efekti sevanja. Pri eni izmed študij pa so opazili znižanje nivoja interferona gama in sicer le pri samcih. Pri ostalih študijah efekti niso bili opaženi.

Hematološke študije

V hematoloških študijah so ugotovili znižanje števila limfoblastov, brez sprememb na številu levkocitov in limfocitov. V eni izmed študij so odkrili povečano število polikromatskih eritrocitov kostnega mozga 8 in 15 dan, v periferni krvi pa so bili polikromatskii eritroblasti povišani 2 in 8 dan izpostavitve sevanja.

Študije in vitro

In vitro študija narejena na mišjih citotoksičnih limfocitih T, je spremljala indikatorje celične proliferacije (vgraditev označenega timidina v celico) takoj ali po 24 urah izpostavitve EMS. V nekaterih poskusih so celicam dodali interleukin-2. Ugotovili so zmanjšano proliferacijo pri CW SAR 50 W/kg ne glede na dodan IL-2. Povečano proliferacijo so odkrili pri celicah izpostavljenih 25 W/kg in prisotnosti IL 2 takoj po izpostavitvi, ter znižano proliferacijo po 24 urah od izpostavitve EMS. Pri PCS, pa so ugotovili pospešeno proliferacijo v celicah, ki so bile izpostavljene EMS brez IL-2. Pri celicah, ki jim je bil dodan IL-2 pa ni bil opazen noben efekt EMS.

Na človeških limfocitih starejših in mlajših dajalcev, so opazovali površinske antigene in njihove spremembe ob izpostavitvi celic 1800Mh GSM SAR 2 W/kg. Ugotovili so le, da je bilo izražanje CD95 na celicah t pomagalkah zmanjšano pri starejših dajalcih.

Vidimo lahko, da so pri izpostavitvi EMS v predpisanih mejah, vplivi na imunski sistem in kri zanemarljivi ali pa jih ni. Na to temo je bilo opravljenih veliko študij, negativne učinke pa je bilo opaziti le pri študijah, ki so bile izvedene na majhnem številu osebkov ali pa je k rezultatu prispeval še kakšen drug faktor.

Vpliv EMS na kardiovaskularni sistem in termoregulacijo

EMS in kardiovaskularni sistem

Epidemiološke študije

Po letu 1993 je bilo na temo vplivov EMS na človeški kardiovaskularni sistem narejenih 8 študij. Le 2 od teh sta ustrezali zahtevanim kriterijem. 1. študija je bila izvedena na 791 710 ženskah, ki so jim dali vprašalnike o uporabi mobilnega telefona. Spremljali so jih 8 let in opazovali incidenco za kardiovaskularne bolezni med uporabnicami in neuporabnicami mobilnih telefonov. 2. študija pa je bila izvedena na 93 delavcih radijskih postaj. 71 delavcev je bilo izpostavljenih EMS, saj so opravljali dela v bližini oddajnikov, 2. skupina 22 delavcev pa ni bila izpostavljena EMS, saj je opravljala dela znotraj radijske postaje. Delavcem so merili EKG, frekvenco utripa, dolžino QRS kompleksa in krvni tlak. Opazili niso nobenih pomembnih razlik med skupinama, razen da je bil povprečni krvni tlak ponoči pri izpostavljenih višji, višje pa naj bi bile tudi vrednosti krvnega holesterola (LDL, HDL, skupni). Slednji rezultati pa so lahko posledica maloštevilnega vzorca, še posebej neizpostavljene skupine.

Študije na prostovoljcih

Študije na prostovoljcih so opisane v 2 skupinah. Vir izpostavljenosti prostovoljcev v 1. skupini študij so bile slušalke mobilnega telefona. Narejene so bile na odraslih in otroških prostovoljcih ter prostovoljcih s t.i. elektromagnetno preobčutljivostjo. Študij, ki so preučevale odrasle, je bilo 10. V teh študijah so odraslim merili frekvenco srčnega utripa in njene spremembe tekom noči, kapilarno prekrvavitev, sistolični in diastolični krvni tlak ter EKG pred poskusom, med njim in po njem. Prostovoljce so izpostavili EMS z različno frekvenco in SAR vrednostjo. Večina študij ni pokazala nobenih rezultatov. Pri otroških prostovoljcih je bila narejena le ena študija, ki ni pokazala nobenih vplivov EMS na krvožilni sistem. Pri 5 študijah na prostovoljcih z elektromagnetno preobčutljivostjo, ki so jih izpostavili podobnim frekvencam in SAR vrednostim kot ostali dve skupini, pa je bil le pri eni od študij opazen nižji srčni utrip in nižji krvni tlak ob izpostavitvi. To bi lahko bila posledica nizkega števila prostovoljcev v tej študiji.

Vir izpostavljenosti prostovoljcev v 2. skupini pa so bile bazne postaje in drugi viri EMS (radar in antena). V 3 narejenih študijah niso opazili efekta pri izpostavitvi.

Vse omenjene študije so prostovoljce izpostavile SAR vrednostim pod 2 W/kg.

Študije na živalih

Študije so bile razdeljene na 3 skupine. 1. skupina študij na živalih je ocenjevala učinke, ki jih ima EMS na srce. Izvedenih je bilo 5 študij, ki so ustrezale vsem zastavljenim kriterijem. SAR vrednosti EMS, ki so jim bile izpostavljene živali, je bilo veliko nad priporočeno mejo. Kljub temu pa so bili učinki minimalni (odziv srca na simpatične agoniste se je malce znižal, rahlo povečanje noradrenergičnih vlaken v določenih delih srca).

V 2. skupini so bile živali, ki so jim preverjali učinke EMS na krvne žile. Narejene so bile 3 študije. SAR vrednosti EMS so tudi tu bile visoko nad mejo normale. Opazili so rahlo vazodilatacijo in rahel dvig temperature v možganih.

3. skupina, kjer so živalim preverjali oksidativni stres, pa je zajemala 4 študije. Opazili so rahlo povečanje oksidativnega stresa v tkivih. Ta je zajemal večjo aktivnost oksidirajočih encimov (npr. citokroma P450), večjo količino prostih radikalov znotraj izpostavljenih celic (superoksidni radikal, lipidni peroksid in lipofuscin) in znižano količino encimov (superoksid dismutaza, glutation peroksidaza, katalaza) in antioksidantov (vitamin C, vitamin E, vitamin A), ki ščitijo pred škodljivimi učinki ROS.

EMS in termoregulacija

Med izpostavitvijo telesa EMS se del energije absorbira kot toplota. Radio-frekvenčna sevanja so del dejavnikov, ki lahko prispevajo k celotni telesni temperaturi. Če pride do dviga telesne temperature jedru telesa, pa se aktivirajo fiziološki sistemi termoregulacije, predvsem sistem za oddajanje toplote (radiacija, kondenzacija, konvekcija, evaporacija). Ta sistem se aktivira, ko termoregulacijski center v hipotalamusu zazna prek termoreceptorjev v centralnem živčevju in na periferiji telesa odstopanje temperature od nastavitvene točke v samem termoregulacijskem centru.

Študije na prostovoljcih

Namen teh študij je bil preverjanje telesne temperature in fizioloških odgovorov na spremembe temperature prostovoljcev, izpostavljenih različnim frekvencam in SAR vrednostim EMS. 6 študij je ustrezalo vsem kriterijem. V vseh študijah so prostovoljcem merili kožno temperaturo, stopnjo delovanja metabolizma in stopnjo potenja, in sicer pred izpostavitvijo EMS, med njo in po njej. V nekaterih od teh študij pa so prostovoljcem merili tudi frekvenco srčnega utripa in lokalno

prekrvavitev kože. Preiskovance so vprašali po udobju in občutku toplote. Pred izpostavitvijo EMS so prostovoljci okolje, ogreto na 24°C, ocenili kot rahlo hladno, 28°C kot nevtralno in 31°C kot toplo.

Po izpostavitvi so ugotovili, da EMS med 450 in 2450 MHz poveča občutek subjektivne toplote in posledično neudobnost ter željo po ohladitvi. Pri nižjih frekvencah 100–200 MHz se je na površino telesa absorbiralo manj toplote, posledično pa je bil učinek RF na udobje manjši. V vseh študijah so zaznali dvig temperature na površini telesa, vsaj pri višjih SAR vrednostih. Občutek toplote je bil pri prostovoljcih v večini v sorazmerju s spremembo temperature na površini telesa. Sorazmernost je bila opazna tudi pri stopnji potenja in lokalni prekrvavitvi kože. Spremembe temperature v jedru telesa niso zaznali. V omenjenih študijah pridobljeni rezultati so lahko tudi posledica naključja zaradi nizkega števila udeležencev.

Študije na živalih

Študije, opravljene na živalih, so razdeljene v 3 skupine. V 1. skupini študij na živalih so opazovali hipertermijo in toplotni šok. Narejenih je bilo 8 študij. SAR vrednosti so bile zelo visoke (do 13 W/kg). V večini študij je prišlo do hude hipertermije in pogina živali.

V 2. skupini so opazovali odziv živali na EMS, ki še ne povzroči hipertermije. Narejenih je bilo 8 študij. Produkcija toplote je korelirala z EMS, ki jim je bila žival izpostavljena. Spremembe v jedrni temperaturi so bile minimalne.

V 3. skupini pa so delali poskuse na glodalcih. Omenjenih je 10 študij. Ni vidnih večjih učinkov. Odstopanja so opazna le pri študijah, ki so poskuse opravljale na majhnem številu živali.

Sklenemo lahko, da EMS znotraj dovoljenih vrednosti nima učinka na delovanje srca, žilnega in termoregulacijskega sistema. Morda se lahko ob višjih SAR vrednostih znotraj dovoljene meje pojavi občutek nelagodja zaradi lokalnega dviga temperature na površini telesa, kar pa zaradi prerazporeditve toplote prek krvi in ostalih fizioloških sistemov oddajanja prejete toplote ni nevarno. Neposredna nevarnost EMS, kot lahko vidimo iz poskusov na živalih, se začne šele pri SAR vrednostih visoko nad 2 W/kg, kjer lahko pride do nevarnega dviga telesne temperature, odklopa termoregulacijskih mehanizmov in posledično smrti. Pojavijo pa se lahko tudi napake na žilah in srcu. Ker pa so te vrednosti visoko nad pričakovanimi vrednostmi, ki bi jih lahko srečali v prometu, te EMS ne ogrožajo zdravja.

Stališča ključnih organizacij glede zdravstvenih tveganj

- **Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)**

»Nobeden od najnovejših pregledov literature ni privedel do sklepa, da bi izpostavljanje RF EMS mobilnih telefonov in baznih postaj povzročalo kakršne koli zdravstvene posledice. V povezavi z netermičnimi učinki je mogoče skleniti, da kljub dejstvu, da lahko RF 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 RF 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 RF EMS nizkih jakosti ne krajša življenjske dobe in ne pospešuje razvoja rakastih obolenj. Izpostavljenost RF 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.«

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/Stralskydd/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.« <http://www.bfs.de/de/elektro>

- **Ministrstvo za okolje in prostor RS**

»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 za varstvo pred sevanji RS**

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 ukinitvev 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/

Meritve EMS v prometu in ocena tveganja

Dne 5. junija 2015 smo na območju ljubljanskega avtocestnega obroča izvedli meritve z inštrumentom za visokofrekvenčna EMS – uporabljali smo spektralni analizator Narda SRM 3006 s 3D anteno Narda 3501. Namen teh meritev je bil ugotoviti morebitne presežene mejne vrednosti in poiskati povprečno sevalno obremenitev v času merjenja.

Na sedežu Inštituta za neionizirna sevanja v Ljubljani smo isti dan ob 15:26 izvedli **tudi primerjalno meritev ozadja** (Slika 1) s spektralnim analizatorjem Narda SRM 3006 in z detektorjem EMSDR s paličasto anteno ($\lambda/4$).



SLIKA 4

Meritve so potekale v opoldanskem času, trajale so približno eno uro. Medtem, ko smo se vozili v avtomobilu po avtocestnem obroču, je merilna naprava vsako sekundo opravila eno meritev (zato je bilo potrebno paziti, da nismo vozili prehitro, ker tako bi bile razdalje med meritvami prevelike). Med potekom je bilo potrebno vseskozi nadzirati merilno napravo, če so bili vsi parametri, ki smo jih merili, zapisani na zaslonu, in če so bile jakosti v merljivem območju. Parametri visokofrekvenčnih EMS, ki smo jih merili, so bili naslednji (v nadaljevanju v grafih označeni s števkami) : FM (1), TV VHF (2), TETRA (3), DVB-T (4), LTE (5), GSM (6), GPS (7), DCS (8), DECT (9), UMTS (10) in WLAN (11).

Meritve in merilni sistemi

Selektivne meritve radiofrekvenčnih EMS

Če širokopasovne vrednosti na posameznem merilnem mestu presegajo efektivne vrednosti gostote pretoka moči 10 mW/m^2 oziroma temu ekvivalentne električne poljske jakosti $1,9 \text{ V/m}$, je skladno z zahtevami standarda SIST EN 50492: 2009 potrebno izvesti selektivne meritve, sicer pa se lahko opravijo samo širokopasovne meritve. Za selektivne meritve obravnavanega vira, ki podajajo izmerjene vrednosti nosilnih signalov, se skladno z zahtevami standardov SIST EN 50492: 2009 in EN 50492:A1 2014 izračunajo tudi ekstrapolirane vrednosti, s čemer je pokazana največja možna obremenjenost merilnega mesta z EMS v primeru, ko je bazna postaja polno zasedena in deluje s polno oddajno močjo.

Pri izračunu ekstrapolirane vrednosti GSM baznih postaj se izmeri električna poljska jakost kontrolnega kanal BCCH (Broadcasting Channel) EBCCH. Vsaka celica ima en BCCH kanal. Na osnovi podatkov operaterja se ekstrapolirane vrednosti obravnavane celice izračuna po formuli $E_{MAX} = E_{BCCH} \times K$, kjer je K kvadratni koren števila TRU (Transmitter Receiver Unit).

Pri izračunu ekstrapolirane vrednosti UMTS baznih postaj s pomočjo posebnega UMTS demodulatorja se izmeri električna poljska jakost pilota signala CPICH ECPICH. Vsaka celica ima en pilotni signal CPICH. Na osnovi podatkov operaterja se ekstrapolirane vrednosti obravnavane celice izračuna po formuli $E_{MAX} = E_{CPICH} \times K$. K se izračuna iz enačbe

$K2 = P_{MAX}/P_{CPICH}$, kjer je P_{MAX} maksimalna (nazivna) izhodna moč bazne postaje in P_{CPICH} moč pilotnega signala $CPICH$.

Za LTE bazne postaje se ekstrapolirana vrednost prispevka posamezne celice izračuna podobno kot za sistem UMTS, le da se namesto vrednosti EC_{PICH} s posebnim LTE demodulatorjem izmeri vrednost referenčnega signala ERS . Na osnovi podatkov operaterja se ekstrapolirana vrednosti obravnavane celice izračuna po formuli $E_{MAX} = ERS \times K$. K se izračuna iz enačbe $K2 = P_{MAX}/(P_{RS} \times BF)$, kjer je P_{MAX} maksimalna (nazivna) izhodna moč bazne postaje, P_{RS} moč referenčnega signala RS in BF faktor povečanja moči (power boosting factor).

Merilni postopek je podrobneje določen v internem dokumentu V4001.

Merilna negotovost

Pri določanju razširjene merilne negotovosti, ki vpliva na točnost meritev, smo upoštevali vse pomembne vplivne veličine. Merilna negotovost uporabljene merilne opreme je podana v Tabeli 1.

TABELA 1: PODATKI O UPORABLJENI MERILNI OPREMI, KALIBRACIJI IN RAZŠIRJENA MERILNA NEGOTOVOST.

Zap. Številka	Oznaka	Opis (ime in proizvajalec)	Datum kalibracije	Kalibracija veljavna do	Razširjena merilna negotovost
1	MI 05-003 MI 08-005	Spektralni analizator Narda SRM 3006 3D antena Narda 3501	18.09.2012	18.09.2015	$\pm 2,9$ dB

TABELA 2: UPORABLJENI STANDARDI ZA MERITVE.

Zap. številka	Številka standarda	Ime standarda
I.	IEEE Std. C95.3: 1991	IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields - RF and Microwave
II.	SIST EN 50492: 2009	Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj
III.	SIST EN 50492-A1: 2014	Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj

Rezultati opravljenih meritev na ljubljanskem obroču

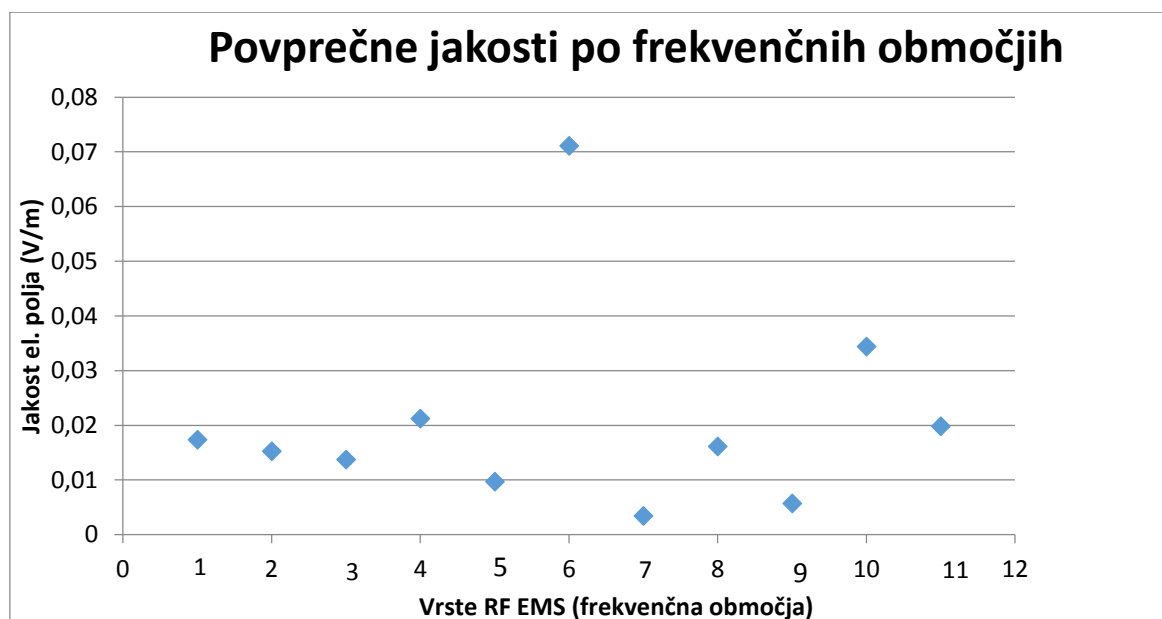
Po opravljenih meritvah smo podatke prek posebnega programa prenesli na računalnik in jih izvozili v program Excel. Tako so bili podatki pripravljene za analizo. Najprej smo izmerjene podatke pri zgoraj omenjenih parametrih povprečili, nato pa še poiskale njihove maksimalne vrednosti. Dobljene vrednosti so bile naslednje (Tabela 3).

Parametri:	Povprečna vrednost (V/m)	MAX vrednost (V/m)
FM	0,017332667	0,02208
TV_VHF	0,015215333	0,01631
TETRA_in_zveze	0,013735333	0,01505
DVB-T	0,021181333	0,02421
LTE_800	0,009646333	0,0103
GSM_900	0,071058667	0,09515
GPS	0,0034358	0,004029
DCS_1800	0,0161016	0,02852
DECT	0,005680667	0,006561
UMTS	0,034402	0,04732
WLAN	0,019799333	0,02095

TABELA 3

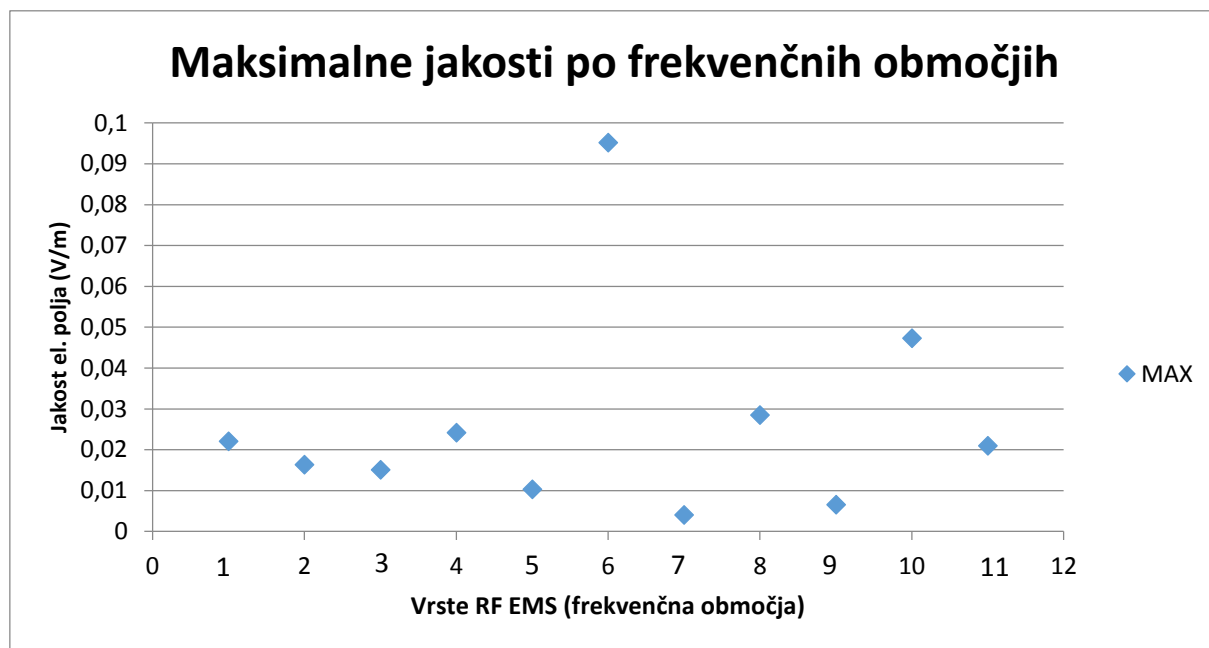
Te vrednosti se da lepo nazorno prikazati tudi na grafu (graf 1: Povprečne električne poljske jakosti vseh parametrov; graf 2: vršne električne poljske jakosti po frekvenčnih območjih)

Graf 1:



SLIKA 5

Graf 2:



SLIKA 6

Na ta način dobljene vrednosti (predvsem maksimalne) smo nato lahko primerjali z mejnimi vrednostmi.

nosilna frekvenca (MHz)	mejna vrednost električne poljske jakosti (V/m)	
	I.območje	II.območje
87 – 108 (FM)	8,60	27,50
174 – 223 (TV VHF)	8,60	27,50
380 – 470 (Zvezde)	8,60-9,32	27,50-29,70
470 – 830 (TV UHF)	9,32-12,39	29,70-39,47
925 – 956 (GSM, UMTS)	13,08-13,30	41,67-42,36
1805 – 1850 (DCS, LTE)	18,27-18,49	58,20-58,93
1880 – 1900 (DECT)	18,64-18,74	59,40-59,72
2110 – 2170 (UMTS)	19,00	61,40
2400 – 2484 (WiFi)	19,00	61,40

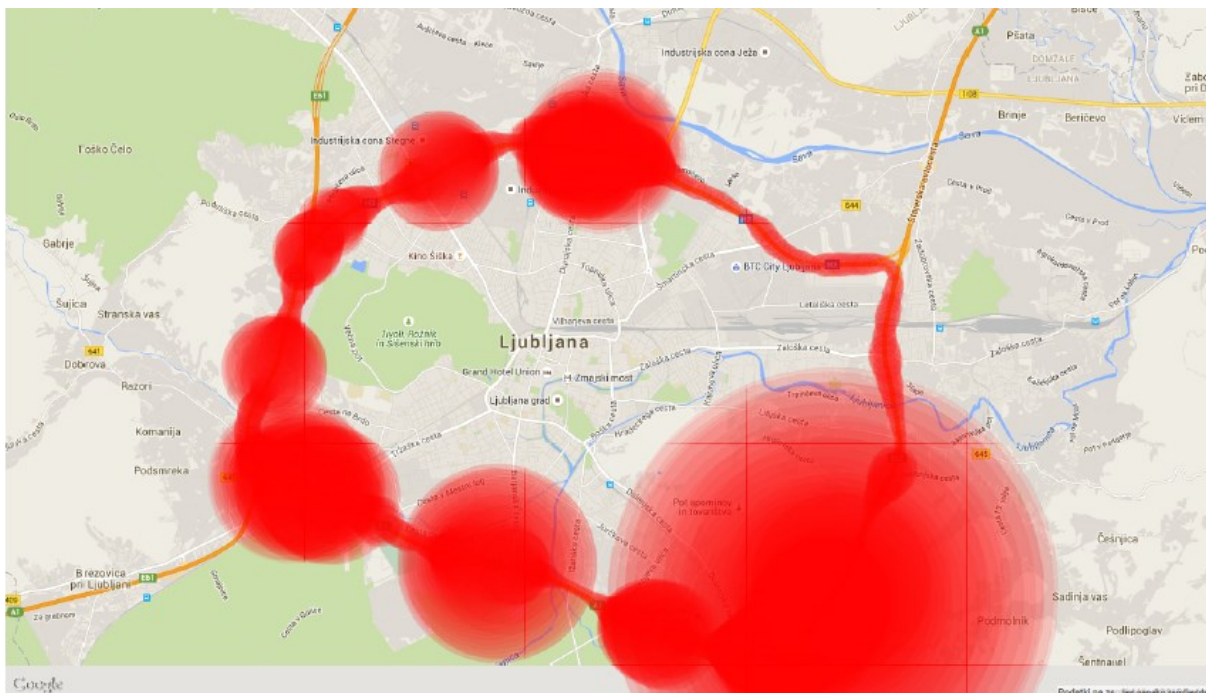
Tabela 4

Če primerjamo obe tabeli, se jasno vidi, da mejne vrednosti niso nikoli presežene. Nadalje lahko vidimo, da so tako povprečne kot tudi maksimalne vrednosti meritev pri vseh frekvenčnih območjih za vsaj več kot 100-krat manjše od mejnih vrednosti. Vzemimo primer

parametra GSM_900: njegova maksimalna izmerjena vrednost je bila 0,09515 V/m. Mejna vrednost pa je v I. območju 13,08 V/m, kar je 137-krat večje od maksimalne izmerjene vrednosti.



SLIKA 7 NA ZEMLJEVIDU LJUBLJANE S POMOČJO DEBELINE RDEČE ČRTE PRIKAZANE IZMERJENE ELEKTRIČNE POLJSKE JAKOSTI V FREKVENČNEM PASU **GPS L1**. IZMERJENE JAKOSTI NA GPS L1 SO GLEDE NA IZMERJENE VREDNOSTI GSM 900 DESETKRAT BOLJ POUKARJENE. (PRIKAZ REZULTATOV RESULT D.O.O.)



SLIKA 8 NA ZEMLJEVIDU LJUBLJANE S POMOČJO DEBELINE RDEČE ČRTE PRIKAZANE IZMERJENE ELEKTRIČNE POLJSKE JAKOSTI V FREKVENČNEM PASU **GSM 900**. IZMERJENE JAKOSTI NA GSM 900 SO GLEDE NA IZMERJENE VREDNOSTI GPS DESETKRAT MANJ POUKARJENE. (PRIKAZ REZULTATOV RESULT D.O.O.)

Rezultati primerjalne meritve z detektorjem EMSDR na sedežu INIS Rezultati 20 minutne meritve električne poljske jakosti v frekvenčnem pasu GPS L1 s spektralnim analizatorjem Narda SRM 3006 so ostali v območju šuma $4,6 \text{ V/m} \pm 1,5 \text{ V/m}$, tudi 30 minut pred začetkom meritve vključeni detektor EMSDR ni zabeležil nobene vrednosti razmerja moči nad nivojem šuma in je ostal v območju $-13 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$.

Skladnost z mejnimi vrednostmi

Mejne vrednosti dopustne izpostavljenosti EMS so določene v Uredbi o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96), kjer je prav tako opredeljeno, katera območja sodijo v I. območje varstva pred sevanji in katera v II. območje.

TABELA 5: MEJNE VREDNOSTI ZA POSAMEZNO FREKVENČNO OBMOČJE GLEDE NA UREDBO O ELEKTROMAGNETNEM SEVANJU V NARAVNEM IN ŽIVLJENJSKEM OKOLJU (UL RS 70/96).

nosilna frekvenca (MHz)	mejna vrednost električne poljske jakosti (V/m)	
	I. območje	II. območje
87 – 108 (FM)	8,60	27,50
174 – 223 (TV VHF)	8,60	27,50
380 – 470 (Zveze)	8,60-9,32	27,50-29,70
470 – 830 (TV UHF)	9,32-12,39	29,70-39,47
925 – 956 (GSM, UMTS)	13,08-13,30	41,67-42,36
1805 – 1850 (DCS, LTE)	18,27-18,49	58,20-58,93
1880 – 1900 (DECT)	18,64-18,74	59,40-59,72
2110 – 2170 (UMTS)	19,00	61,40
2400 – 2484 (WiFi)	19,00	61,40

Ocena tveganja za vpliv na zdravje človeka

Primerjalna študija, ki je potekala v devetih državah EU na vzorcu prek 1000 prostovoljcev je pokazala, da povprečna izpostavljenost ljudi visokofrekvenčnim EMS doma in v okolju znaša med $0,1 - 0,26 \text{ V/m}$, kar predstavlja med $0,001$ in $0,01$ odstotka mejne vrednosti glede na mednarodna priporočila ICNIRP.

Na podlagi primerjave rezultatov osebne izpostavljenosti so avtorji študije razvrstili izpostavljenost ljudi doma in v okolju v tri kategorije:

1. višja izpostavljenost, ki je posledica uporabe različnih virov neposredno ob telesu in lahko dosega izpostavljenosti blizu mejnih vrednosti: mobilni telefon (GSM, UMTS, LTE), brezžični telefon DECT in drugi brezžični vmesniki. Ta kategorija je najpomembnejša za ugotavljanje tveganja.
2. srednja izpostavljenosti, ki je posledica uporabe različnih virov blizu telesa in je precej (vsaj 10-krat) pod mejnimi vrednostmi: WiFi usmerjevalniki, bazne postaje DECT, elektronske varuške, Bluetooth vmesniki, druge brezžične prenosne in nadzorne naprave. Ta kategorija je omejeno

uporabna za ugotavljanje tveganja, vendar le pod določenimi pogoji je lahko relevantna za raziskave (izpostavljenost otrok WiFi in elektronskim varuškam).

3. nizka izpostavljenost, ki je posledica uporabe različnih virov v okolju in je daleč (vsaj 100-krat) pod mejnimi vrednostmi: 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.

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 in ne predstavljajo tveganja za 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.

Sklepi

Medtem ko sevalne obremenitve neposredno pred virom sevanja (bazno postajo, oddajnikom, ...) na višini anten lahko presegajo mejne vrednosti, pa so na človeku dostopnih mestih pričakovane sevalne obremenitve daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi in dosežajo le nekaj odstotkov mejne vrednosti glede na stroge mejne vrednosti uredbe za I. 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 tveganja 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.
- Radiofrekvenčna 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.
- Izmerjene sevalne obremenitve pa so v povprečju 100-krat nižje od znanstveno določenih mejnih vrednosti in ne morejo povzročiti zaznavnega povečanja temperature ali posledično vplivati na zdravje ljudi.

- Znanstveniki doslej niso našli nobenih dokazov o tem, da bi dolgotrajna izpostavljenost radiofrekvenčnim sevanjem pod mejnimi vrednostmi lahko povzročila kakršnekoli škodljive vplive na zdravje. 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.
- Meritve sevalnih obremenitev v prometu so pokazale, da so izpostavljenosti udeležencev v prometu vsaj 100-krat nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa Uredba (UI.RS 70/96).

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. Rössli 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_scenihr/docs/scenihr_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/scenihr_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)