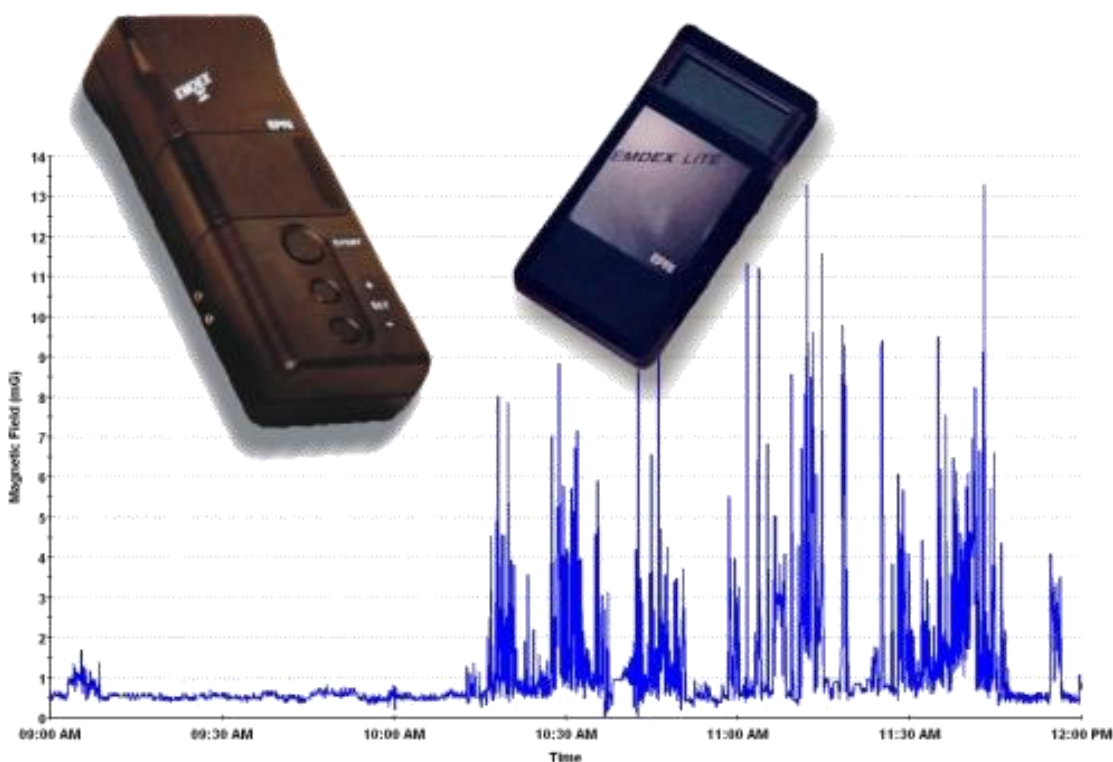


ZAKLJUČNO POROČILO 2011

OSEBNA IZPOSTAVLJENOST NIZKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM V SLOVENIJI

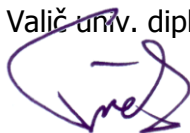
Ljubljana, 16. 09. 2011



Študijo izdelali:

Tomaž Trček univ. dipl. ing.

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Blaž Valič'.

Odgovorna oseba:

doc.dr. Peter Gajšek univ. dipl. ing.

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Peter Gajšek'.

1. Uvod

Z razvojem tehnologij se v naši družbi povečuje obremenjenost našega bivalnega in delovnega okolja z elektromagnetnimi sevanji (EMS) v celotnem frekvenčnem območju¹. Jakost umetno ustvarjenih sevanj se je v primerjavi z naravnimi sevanji povečala.

Ljudje so v vsakodnevnem življenju in delu množično izpostavljeni najrazličnejšim kombinacijam EMS. Glede na množično izpostavljenost bi lahko že majhni škodljivi učinki na zdravje povzročili velik javno-zdravstveni problem. Zato zadnjih dvajset let povsod v svetu pospešeno tečejo raziskave o vplivu EMS na zdravje človeka. V ta namen so bile imenovane številne neodvisne ekspertne skupine, ki spremljajo in vrednotijo raziskave po vsem svetu in zainteresirani javnosti poročajo o rezultatih. Ker je eno najresnejših vprašanj, ali so taka sevanja rakotvorna, je največ raziskav posvečenih raziskovanju stopnje tveganja ljudi, ki so izpostavljeni EMS, da zbolijo za rakom.

Sredi osemdesetih let so se pojavile prve epidemiološke študije, ki so nakazovale, da je življenje in delo v bližini virov nizkofrekvenčnih polj (daljnovodi in transformatorske postaje) lahko nevarno predvsem za nastanek nekaterih vrst raka. Pozneje so posamezniki poročali še o drugih simptomih ali boleznih, ki naj bi jih povzročala nizkofrekvenčna električna in magnetna polja.

2. Nizkofrekvenčna polja

Nizkofrekvenčna električna in magnetna polja (frekvence nižje od 100 kHz) so posledica izmeničnega toka in napetosti, ki se uporabljata pri proizvodnji, prenosu in porabi električne energije. Pomembni viri so nizkofrekvenčnih polj so daljnovodi, električno ožičenje, generatorji, ki se uporabljajo v elektrarnah, transformatorske postaje, elektromotorji, gospodinjske naprave in številne naprave v industriji (npr. naprave za varjenje, indukcijske peči in električnih vlak).

Polja nizkih frekvenc imajo električne in magnetne komponente. Električna polja so posebej močna v bližini visokonapetostnih daljnovodov, magnetna polja pa v bližini gospodinjskih naprav, indukcijskih kuhališč in naprav za varjenje.

Na območjih, ki so dostopna ljudem, je izpostavljenost nizkofrekvenčnim poljem precej nižja od mejnih vrednosti. Če se ljudje sprehodijo neposredno pod visokonapetostnim daljnovodom, je nivo izpostavljenosti tem poljem razmeroma visok, vendarle še vedno znotraj priporočenih vrednosti. Nizkonapetostni daljnovodi povzročajo precej manjšo izpostavljenost, zakopani kablovodi pa skoraj nobene. V gospodinjstvih nastajajo najmočnejša polja v bližini gospodinjskih naprav, kot sta brivnik ali sesalnik.

Da lahko elektrika iz elektrarne prispe v naše domove, je potreben celoten elektroenergetski sistem, ki je sestavljen iz nizko-, srednje- in visokonapetostnih vodov; povezan je s transformatorji. Naprave za prenos, distribucijo, ožičenje v domovih ter električne naprave so viri nizkofrekvenčnih magnetnih polj v našem okolju. V stavbah v bližini daljnovodov vrednost tega ozadja znaša do okrog **0,2 μ T**. Poleg daljnovodov in gospodinjskih naprav so pomembni viri magnetnih polj nizkih frekvenc še elektrarne in transformatorji, varilne naprave, medicinske naprave, naprave proti kraji, indukcijske plošče in železniški transportni sistemi.

Visoke napetosti se uporabljajo za prenos in distribucijo električne energije, razmeroma nizke napetosti pa v gospodinjstvih. Napetosti, ki nastajajo ob napravah za prenos električne energije, se skoraj ne spreminjajo, tokovi po visokonapetostnih vodih pa so odvisni od porabe energije in ta se s časom zelo spreminja.

¹ Elektromagnetno sevanje je posledica električno nabitih delcev. Ti delci so osnovni gradniki snovi. Elektroni imajo negativni električni naboj, protoni imajo pozitivnega. Izmenični tok, ki teče v eno in v drugo smer, proizvaja časovno spreminjajoče se magnetno polje. Časovno spreminjajoče se magnetno polje s procesom, imenovanem indukcija, proizvaja časovno spreminjajoče se električno polje. Spreminjajoče se električno polje proizvaja spreminjajoče se magnetno polje in tako naprej. Ta proces ustvari elektromagnetno sevanje, ki je sestavljeno iz spreminjajočega se električnega in magnetnega polja. EMS potuje skozi prazen prostor s svetlobno hitrostjo (300.000 km/s) in lahko nosi informacijo. Določimo ga s frekvenco ali energijo. Čim višja je frekvenca sevanja (manjša valovna dolžina), tem višja je njegova energija, in obratno. Elektromagnetna sevanja delimo glede na njihov učinek na ionizirna in neionizirna.



Polja ekstremno nizkih frekvenc imajo električno in magnetno komponento:

- Električno polje je sila, ki nastane zaradi privlačnosti in odbijanja električnih nabojev (vzrok električnega toka). Merimo ga v voltih na meter (V/m).
- Magnetno polje je sila, ki nastane kot posledica gibanja nabojev (električni tok). Njegovo jakost (intenzivnost) običajno merimo v enoti tesla (T). Generirano električno in magnetno polje imata enaki frekvenci kot napetost in tok, ki ga povzročata, to je 50Hz ali 60Hz (predvsem v ZDA).

Jakost električnega in magnetnega polja se z oddaljenostjo od vira zmanjšuje.

Električna polja so najmočnejša v neposredni bližini visokonapetostnih daljnovodov (do 5 kV/m in v nekaterih primerih tudi več), magnetna polja pa so najvišja v neposredni bližini gospodinjskih naprav (sušilnik za leše) in naprav za varjenje (do nekaj mT).

3. Izpostavljenost poljem

Prebivalstvo je lahko izpostavljeno ekstremno nizkim frekvencam različnih virov, ki delujejo v našem okolju.

Mednje sodijo tudi daljnovodi in transformatorske postaje. Če se približamo visokonapetostnemu daljnovodu, znaša izpostavljenost električnemu polju neposredno pod njim med 2 in 5 kV/m, izpostavljenost magnetnemu polju pa je nižja od 50 μ T. Jakost električnega in magnetnega polja se z oddaljenostjo od daljnovoda hitro zmanjšuje.

Niskonapetostni daljnovodi predstavljajo precej nižjo izpostavljenost (100-400 V/m in 0.5-3 μ T), podzemni kabli pa praktično nobene. Elektrarne in razdelilne transformatorske postaje (RTP) javnosti večinoma niso dostopne, zato ne veljajo za vir, ki bi mu bila izpostavljena širša javnost.

Nivoji izpostavljenosti na področjih, ki so dostopna javnosti, so precej nižji od mejnih vrednosti, ki jih določa Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP). Te mejne vrednosti so usmerjene v varstvo pred znanimi škodljivimi vplivi na zdravje. V gospodinjstvih so najmočnejši vir magnetnih polj gospodinjske naprave, ki vsebujejo motor, transformatorje in grelce. Polja se z oddaljenostjo od vira hitro zmanjšujejo. Tako je na primer magnetno polje v bližini sesalnika 200-krat nižje v oddaljenosti enega metra kot na oddaljenosti 5 cm (do 40 μ T).

Podatki o sevalnih obremenitvah kot posledici izpostavljenosti določenemu viru so dostopni in jih uporabljamo pri presoji ustreznosti mejnim vrednostim. Ne vemo pa veliko o izpostavljenosti posameznikov EMS, kar so podatki odločilnega pomena za presajo vplivov na zdravje. To vedenje bi bilo mogoče izboljšati z boljšo uporabo metod, kot so *merilniki osebne izpostavljenosti*. To so naprave, ki si jih posamezniki nadenejo in nosijo s seboj, izmerijo pa izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem v določenem časovnem obdobju. Poleg tega je pomembno tudi to, da se upošteva izpostavljenost zaradi različnih virov in ne le enega. Če želimo oceniti skladnost z mejnimi vrednostmi, moramo izmeriti maksimalno možno izpostavljenost v bližini naprave. Vendar pa je ta pogosto desetkrat, stokrat ali celo tisočkrat višja od povprečne individualne izpostavljenosti oseb. Do presežka lahko prihaja tudi pri osebah, ki ne živijo in delajo v neposredni bližini virov. Celo pri monterju, ki instalira in popravlja daljnovode, je lahko povprečna izpostavljenost za 10-krat nižja od maksimalne. Med prebivalstvom so pričakovane izpostavljenosti sto ali tisočkrat nižje.

4. Zdravstveno tveganje

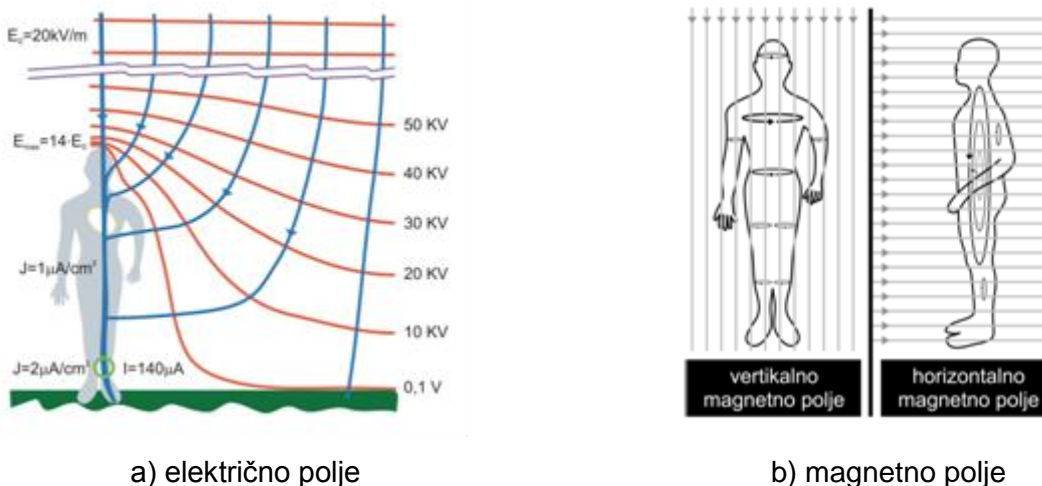
Znanstveno je potrjeno, da nizkofrekvenčna električna in magnetna polja v človekovem telesu lahko povzročajo nastanek polj ter tokov in, če so dovolj močna, v odvisnosti od jakosti in frekvenčnega območja, vrsto učinkov, na primer stimulacijo tkiv. Za nastanek omenjenih učinkov pa bi morala biti ta polja v okolici človekovega telesa zelo močna, tj. precej močnejša od tistih, ki so navadno prisotna v našem bivalnem okolju. Do sedaj ni na voljo raziskav, ki bi jasno pokazale, da ima lahko izpostavljenost doma ali na delovnem mestu škodljive vplive na naše zdravje. Vseeno pa ostaja odprto vprašanje, ali lahko magnetna polja omrežne frekvence 50 Hz predstavljajo povečano tveganje za pojav zelo redke bolezni pri otrocih - **otroške levkemije**. Doslej objavljeni podatki so si nasprotujoči.

Ti notranji tokovi kot neposredni učinek električnih in magnetnih polj so pri jakostih, ki jih srečujemo v našem vsakdanjiku, izredno nizki in nimajo znanih vplivov na naše zdravje. Povprečne naravne gostote tokov v telesu znašajo od 1 do 10 mA/m².

Mednarodno priporočena mejna vrednost za nizkofrekvenčna električna in magnetna polja upošteva naravne gostote tokov v telesu ter mejne vrednosti, pri katerih nastopijo dokazani vplivi na zdravje: za gostoto toka v telesu znaša mejna vrednost 2 mA/m².

Medtem ko so navedeni akutni učinki EMS znanstveno dokazani, pa obstaja določena negotovost glede možnih zapoznelih učinkov in bioloških učinkov pri jakostih polja, ki ne presegajo mejnih vrednosti. Prav ti učinki so že precej časa predmet znanstvenih raziskav. Znanstveniki tako na primer raziskujejo vplive EMS na celično membrano, izločanje hormonov, aktivnost encimov, sintezo DNK vključno z rakom. Rezultatov določenih raziskovalcev, ki so pokazali na obstoj bioloških učinkov, v številnih primerih druge raziskovalne skupine v ponovljenih poizkusih niso mogle potrditi. Tudi prenos izsledkov o bioloških učinkih na nivoju celičnih raziskav oz. poskusov na živalih na človeka je zelo zapleten.

Slika 0: Človek v električnem in magnetnem polju. Zunanje električno polje povzroči prerazporejanje nabojev na površini telesa. Zaradi tega nastane električno polje znotraj telesa, ki povzroči električni tok, ki teče po telesu proti tlam (slika a). Zunanje magnetno polje inducira v telesu vrtilne tokove, katerih smer je odvisna od položaja telesa na smer magnetnega polja (slika b).



a) električno polje

b) magnetno polje

Od konca sedemdesetih let prejšnjega stoletja znanstveniki opravljajo epidemiološke raziskave o morebitni povezavi med nizkofrekvenčnimi polji majhnih jakosti v bivalnem okolju in rakom. Odkrili niso nobene povezave med dolgotrajno izpostavljenostjo tem poljem in povečanim tveganjem za pojav raka pri odraslih. Drugače je pri otrocih in pojavu levkemije. Nekatere epidemiološke študije so pri otrocih, ki so bili dlje časa izpostavljeni magnetnim poljem povprečne vrednosti nad 0,4 μT , kar je sicer precej nižje od mejnih vrednosti, pokazale rahlo, toda opazno povečano tveganje za

pojav levkemije. Na podlagi zbranih podatkov ocenjujejo, da je takim poljem izpostavljen manj kot 1 odstotek otrok v državah EU.

V eni od študij so pokazali, da ima pri levkemiji posebej pomembno vlogo nočna izpostavljenost. Vendar pa je, tudi če vzročna povezava zares obstaja, glede na študijo mogoče s povečano izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem razložiti največ 1 odstotek primerov levkemij. Kot pri vseh epidemioloških študijah, tudi v tem primeru odnos med vzrokom in posledico ni statistično dokazan. Doslej še ni bilo mogoče potrditi biološkega mehanizma učinkovanja, ki bi razložil pojav levkemije ali spodbujanje rasti rakavih celic pri otrocih pod vplivom nizkofrekvenčnih magnetnih polj. Brez nedvoumnih dokazov kancerogenih vplivov pri odraslih ali verodostojnih razlag na podlagi eksperimentov na živalih ali izoliranih celic, epidemiološki dokazi niso dovolj močni, da bi opravičili trden zaključek, da takšna polja povzročajo levkemijo pri otrocih. Poleg tega ne poznamo povzročiteljev otroške levkemije, tako da pri vrednotenju morda niso bili upoštevani vsi bistveni dejavniki tveganja. Kljub temu to možno tveganje jemljemo zelo resno in uvajamo ustrezne preventivne ukrepe.

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) iz Lyona je kot specializirana agencija za preučevanje tveganja pojava raka v okviru WHO formalno obravnavala te podatke ter na podlagi epidemioloških študij na otrocih uvrstila nizkofrekvenčna magnetna polja med **»mogoče kancerogene snovi za ljudi«** ([1]).

Poudariti moramo tudi, da povezava med izpostavljenostjo magnetnim poljem in levkemijo 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 magnetnimi polji in levkemijo razumeti kot zelo šibko.

Noben od najnovjših pregledov znanstvene literature ni potrdil, da bi lahko izpostavljenost magnetnim poljem imela še druge škodljive posledice za zdravje. Konsenz stroke je strnjen v izjavi Svetovne zdravstvene organizacije (WHO), ki pravi, da pregled najpomembnejših razpoložljivih znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko magnetna polja negativno vplivala na zdravje ljudi oziroma pri jakostih, ki jih najdemo v bivalnem okolju, povzročala ali pospeševala razvoj raka pri živalih in ljudeh. Številne druge mednarodne organizacije so prišle do enakega zaključka.

Leta 2002 je Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) razvrstila magnetna polja ekstremno nizkih frekvenc med "možne kancerogene snovi za ljudi" (skupina 2B). To je temeljilo na epidemioloških študijah, ki so pokazale, da je pri otrocih, ki so izpostavljeni magnetnim poljem višjim od 0,3-0,4 μT (24-urno povprečje), večja verjetnost za razvoj levkemije. Eksperimentalne študije na živalih niso podprle teh ugotovitev.

Poleg tega je Mednarodna agencija za raziskave raka ugotovila, da ni dokazov o povezavi med magnetnimi polji ekstremno nizkih frekvenc in različnimi drugimi vrstami raka.

Električna polja ekstremno nizkih frekvenc je Mednarodna agencija za raziskave raka opredelila kot "ni mogoče klasificirati kot kancerogeno za ljudi".

Potencialno povezavo med polji ekstremno nizkih frekvenc in otroško levkemijo so obravnavale številne epidemiološke študije, ki pa niso našle dokončnih dokazov, zato so potrebne nadaljnje študije. V zadnjih nekaj letih ni bila objavljena nobena pomembna študija, ki bi obravnavala katerokoli vrsto raka.

Nedavna študija na ljudeh je pokazala povezavo med okvarami v DNK in otroško levkemijo. Vendar pa ima študija preveč pomanjkljivosti, da bi lahko iz nje izvedli sklepe o neposredni povezavi.

Študije na laboratorijskih živalih so pokazale le malo izsledkov, ki bi potrjevali domnevo, da lahko zgolj izpostavljenost magnetnim poljem ekstremno nizkih frekvenc povzroči katerokoli vrsto raka ali vpliva na obstoječe tumorje.

Obstaja nekaj nedoslednih izsledkov o tem, da lahko magnetna polja jakosti okrog 100 μT pospešijo razvoj tumorjev, ki jih povzročijo drugi kancerogeni, vendar pa večina študij, ki so preučevale tovrstne kombinirane učinke, ni našla povezave. Izsledki nedavnih študij so potencialno koristni pri pojasnjevanju mehanizmov in nedoslednosti predhodnih ugotovitev, vendar pa jih dodatni neodvisni poskusi niso potrdili in niso dovolj, da bi Mednarodna agencija za



raziskave raka spremenila stališče, da so eksperimentalni dokazi o kancerogenosti magnetnih polj ekstremno nizkih frekvenc nezadostni. To pomeni, da zaradi velikih kvalitativnih in kvantitativnih omejitev na podlagi eksperimentalnih študij ne moremo sklepati niti na **prisotnost niti na odsotnost kancerogenih učinkov**.

Laboratorijske študije na izoliranih celicah in tkivih (in vitro študije) lahko ponudijo informacijo o mehanizmih poškodb celic. Objavljene in-vitro študije v tem trenutku ne morejo pojasniti epidemioloških opažanj, vendar pa hkrati tudi niso v nasprotju z njimi. Pokazale so veliko učinkov polj ekstremno nizkih frekvenc in očitno je, da izpostavljenost EMS lahko vpliva na številne celične komponente, procese in sisteme. Dejstvo, da eksperimentalne študije epidemioloških izsledkov o otroški levkemiji niti ne potrjujejo niti ne pojasnjujejo znanih mehanizmov, je zanimivo in razrešitev tega protislovja je ena od glavnih raziskovalnih prioritet.

4.1. Nizkofrekvenčna polja in rak

Posebno mesto zavzema otroška levkemija, saj je v tej povezavi magnetno polje klasificirano kot možen kancerogen. Vendar brez nedvoumnih dokazov kancerogenih vplivov pri odraslih ali verodostojnih razlag na podlagi eksperimentov na živalih ali izoliranih celicah, epidemiološki dokazi niso dovolj trdni za sklep, da takšna polja povzročajo levkemijo pri otrocih.

Vsi pregledi znanstvene literature so pokazali, da izpostavljenost nizkofrekvenčnim EMS, katerih jakosti so nižje od smernic, ki jih je postavila ICNIRP (1998), nima ugotovljenih škodljivih posledic za zdravje. Pole tega so raziskovalci ugotovili zelo šibek dokaz, da nizkofrekvenčna EMS lahko povzročajo nevrodegenerativne bolezni, kakršni sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen, obstaja pa trden dokaz, da pri delavcih, zaposlenih v elektrogospodarstvu (prenos in distribucija električne energije) in industriji, obstaja povečano tveganje nastanka amiotropične lateralne skleroze. Vendar pa je v poročilu omenjena tudi možnost, da je lahko to posledica povečanega tveganja zaradi električnih šokov.

Omenjeni pregledi so pokazali, da obstaja določena konsistenca glede epidemioloških študij otroške levkemije, to pa kaže na možnost povečanega tveganja obolenja otrok, ki so izpostavljeni magnetnim poljem srednje vrednosti (okrog 0,3 – 0,4 μ T). IARC je kot specializirana agencija za preučevanje tveganje pojava raka v okviru SZO formalno obravnavala te podatke ter na podlagi epidemioloških študij na otrocih uvrstila nizkofrekvenčna magnetna polja med »mogoče kancerogeno za ljudi«. Pomen in posledice te uvrstitve so razloženi v zloženki (#263) o nizkofrekvenčnih EMS in raku, ki jo je pripravila SZO (WHO, 2001).

»Mogoče kancerogeno za ljudi« je klasifikacija, ki označuje snov, za katero velja, da obstajajo pomanjkljivi dokazi o kancerogenosti pri ljudeh in manj kot zadostni dokazi o kancerogenosti pri živalih. Ta klasifikacija je najšibkejša med tremi kategorijami (»kancerogeno za ljudi«, »verjetno kancerogeno za ljudi« in »mogoče kancerogeno za ljudi«), ki jih IARC uporablja za klasifikacijo potencialnih kancerogenih snovi na podlagi objavljenih znanstvenih dokazov.

Zakonodajna politika za snovi, ki so klasificirane kot mogoče kancerogeni za ljudi, se razlikuje glede na posamezne države in snovi. Posledica ocene in klasifikacije kancerogenosti snovi, ki jo izvaja IARC, ni samodejno regulatoren odziv. Izpušni plini in kava so klasificirani kot možni kancerogeni, vendar je vidnejši odziv vlad opazen le v prizadevanju za zmanjšanje izpušnih plinov, ni pa bilo opaziti prizadevanj za omejitev uživanja kave.

Tabela navaja primere običajnih fizikalnih in kemičnih snovi, ki jih je Mednarodna agencija za raziskovanje raka IARC klasificirala glede na kancerogenost pri ljudeh. Več o tem si lahko ogledate na spletni strani IARC (glej: <http://monographs.iarc.fr>).



Klasifikacija	Primeri snovi
1 Kancerogeno za ljudi (navadno podprto z močnimi dokazi o kancerogenosti za ljudi)	azbest alkoholne pijače benzol iperit radon naravna UV sevanja (sonce) tobak (pri aktivnih in pasivnih kadilcih) ionizirno sevanje (žarki X in gama) umetna UV sevanja (solariji)
2a Verjetno kancerogeno za ljudi (navadno podprto z močnimi dokazi o kancerogenosti pri živalih)	kreozoti izpušni plin dizelskega goriva formaldehid PCB
2b Mogoče kancerogeno za ljudi (navadno podprto z izsledki o kancerogenosti pri ljudeh, ki so sicer kredibilni, za katere pa ni mogoče izključiti drugih razlag.)	kava <u>(EMS) nizkofrekvenčna magnetna polja</u> izpušni plin bencina steklena volna stiren

Tabela 0: Primer razvrščanja rakotvornih snovi upošteva mednarodno agencijo za raziskovanje raka (IARC)

Kot odziv na naraščajočo zaskrbljenost javnosti zaradi zdravstvenih učinkov izpostavljenosti EMS so številne države še pred oceno IARC pripravile lastne znanstvene preglede literature. Delovna skupina, ki je raziskovala tematiko za ameriški Nacionalni inštitut za zdravstveno ekologijo (NIEHS, 1998), je nizkofrekvenčna magnetna polja uvrstila med možne kancerogene za ljudi. Ameriška vladna agencija je zato priporočila »pasivne systemske ukrepe«, med te pa sodijo kontinuirano obveščanje in izobraževanje javnosti ter spodbujanje podjetij za prenos in distribucijo električne energije, naj prostovoljno zmanjšajo izpostavljenost ljudi, kjer je to možno.

V Veliki Britaniji je svetovalna skupina za neionizirna sevanja poročala o problematiki EMS omrežne frekvence in o tveganju razvoja raka (AGNIR, 2001). Ugotovili so, da dokazi sicer še niso dovolj trdni, da bi upravičili trden sklep o tem, da EMS povzročajo levkemijo pri otrocih, obstaja pa možnost, da lahko intenzivna in dolgoročna izpostavljenost magnetnim poljem poveča to tveganje. Zdravstveni svet Nizozemske (2001), ki je glavni posvetovalni organ nizozemske vlade, je prišel do podobnih sklepov.

Na podlagi klasifikacije IARC je ICNIRP podala izjavo, v kateri je zapisala, da so izsledki, ki levkemijo pri otrocih povezujejo z nizkofrekvenčnimi EMS, niso dovolj močni, da bi priporočili spremembo svojih smernic (ICNIRP, 2001). Prav tako na podlagi klasifikacije IARC je odbor Evropske komisije priporočil upoštevanje smernic ICNIRP (EC, 2001).

Kot odgovor na klasifikacijo IARC je SZO izdala brošuro (WHO, 2001). V njej navaja, da je še vedno mogoče, da je opaženo povezavo med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in levkemijo pri otrocih mogoče pripisati drugim razlogom. Še posebej podrobno je treba preučiti problematiko identifikacije vplivnih dejavnikov pri epidemioloških študijah ter izpostavljenost drugim snovem. To bo najverjetneje predmet novih študij.

Vendar pa obstaja potreba po preučitvi učinkov na pojav raka pri otrocih, ker epidemiološke študije kažejo realno tveganje pri 50-Hz magnetnem polju vrednosti 0,3–0,4 μ T. Kot odgovor na to je pametno uporabiti podatke pregleda AGNIR (2001), kjer so izračunali učinek na stopnje incidence za Anglijo in Wales. Na teh območjih vsako leto zabeležijo okrog 40 primerov levkemije





(vseh vrst) pri mlajših od 15 let (statistični podatki za Veliko Britanijo za leto 1999). Britanska študija raka kaže, da je 0,4 % otrok izpostavljenih **0,4 μ T** ali več ter da bi bila ob domnevi, da je tveganje pri tem nivoju dvakrat večje, kljub temu bila dva primera, nadaljnja dva primera na leto pa je mogoče pripisati izpostavljenosti EMS.

Če predpostavimo, da bi bilo relativno tveganje zaradi pomanjkanja dejanskih rezultatov izpostavljenosti okrog 1,5, bi zabeležili 6–7 novih primerov levkemij na leto. Te ocene kažejo, da je sleherno presežno tveganje omejeno na zelo majhno število otrok, ki so bili izpostavljeni visokim jakostim polja. Če obstaja linearna povezava med izpostavljenostjo in učinkom, bi bile številke lahko nekoliko večje.«

Če torej epidemiološke študije razkrivajo realno tveganje, se pojavita vsako leto dva otroka z levkemijo. Poleg tega opazimo, da glede na izkušnje britanske študije manj kot polovica otrok, ki so bili izpostavljeni poljem v višini 0,4 μ T ali več, ni živela v neposredni bližini daljnovodov. Te izpostavljenosti so bile posledica oskrbe z elektriko v stanovanjih bodisi zaradi načina ožičenja bodisi zaradi uporabe električnih naprav.

Kaj je mogoče narediti glede znanstvene negotovosti na podlagi opredelitve IARC, ki EMS uvršča med možne kancerogene za ljudi? SZO priporoča sprejetje znanstveno utemeljenih smernic, kakršne so smernice ICNIRP, za zaščito zdravja ljudi pred znanimi tveganji zaradi nizkofrekvenčnih EMS. Poleg tega odgovorni organi posameznih držav lahko pretehtajo uporabo prostovoljnih preventivnih ukrepov, s katerimi bi zmanjšali izpostavljenosti EMS, dokler znanost ne bo sposobna ponuditi natančnejših informacij o možnosti povezave med izpostavljenostjo magnetnim poljem in porastom otroške levkemije.

5. Izhodišče za raziskavo

Vzročno povezavo med izpostavljenostjo določeni snovi in boleznijo, simptomi ali smrtjo dokazujemo z epidemiološkimi študijami in eksperimenti na živalih. Iskanje povezave med vzrokom in posledico je lahko zelo zahtevno, posebej zato, ker različne izpostavljenosti povzročajo enake bolezni in ker nas pogosto zanima vpliv šibkejšega povzročitelja, katerega vpliv je potrebno prikazati ločeno od vpliva močnejšega. Odgovori na vprašanja, ali je določena snov zdravju škodljiva, so zato posebej pri iskanju šibkih vplivov povzročitelja na zdravje človeka, težavni. Potrebno je narediti več različnih študij na različnih skupinah ljudi in z različnimi metodologijami in šele potem presojati, ali so bili dokazi dovolj močni za sklepanje o tem, kako nevarna je kaka snov.

Ena največjih težav pri raziskovanju vpliva izpostavljenosti EMS na zdravje človeka je gotovo določanje **izpostavljenosti**. Če je pri epidemiološki študiji izpostavljenost definirana napačno, so lahko povsem napačni tudi dobljeni rezultati, ki govorijo o tveganju: prešibki ali celo premočni. Najustreznejši način določanja izpostavljenosti EMS za epidemiološke študije so trajne meritve osebne izpostavljenosti, kar je bilo v praksi do sedaj precej težko zagotoviti.

Eden izmed merilnikov, ki je že dolgo prisoten na tržišču za merjenje izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem omrežne frekvence (50 Hz), je majhen in robusten je osebni merilnik **Emdex II**. Merilnik je namenjen predvsem za podrobno analizo izpostavljenosti posameznika v področju nizkih frekvenc za podporo epidemiološkim raziskavam.

Osebno izpostavljenost EMS ugotavljamo navadno s pomočjo numeričnih dozimetričnih izračunov in meritev, ki jih je mogoče izvesti na več načinov oziroma z različnimi merilnimi inštrumenti. Slabost takšnih meritev je, da so dolgotrajne, drage ter obenem zelo občutljive ter zahtevajo skrbno ravnanje. Za določanje izpostavljenosti osebe v časovnem obdobju na različnih lokacijah je zato najprimernejši osebni merilnik, ki ga oseba ves čas nosi s seboj le ta pa neprekinjeno beleži izpostavljenost magnetnemu polju. Za področje nizkih frekvenc je eden izmed takšnih inštrumentov Emdex II. Omenjeni inštrument smo izbrali za določanje osebne izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v Sloveniji.



6. Metodologija

V študijo je bilo vključenih 20 prostovoljcev, ki so nosili napravo za merjenje osebne izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem – v nadaljevanju EMDEX II.

Osebna izpostavljenost EMS se določi na področju nizkih frekvenc od 40 do 800 Hz. V tem področju je prisotno predvsem sevanje naprav frekvence 50 Hz (daljnovodi, transformatorske postaje, hišna električna napeljava, gospodinjski aparati in podobne naprave).

Na tako zbranih podatkih se opravi statistična analiza. Rezultate se ovrednoti glede na uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, ki velja v republiki Sloveniji. Vse rezultate se čimbolj jasno prikaže tudi grafično in tabelarično.

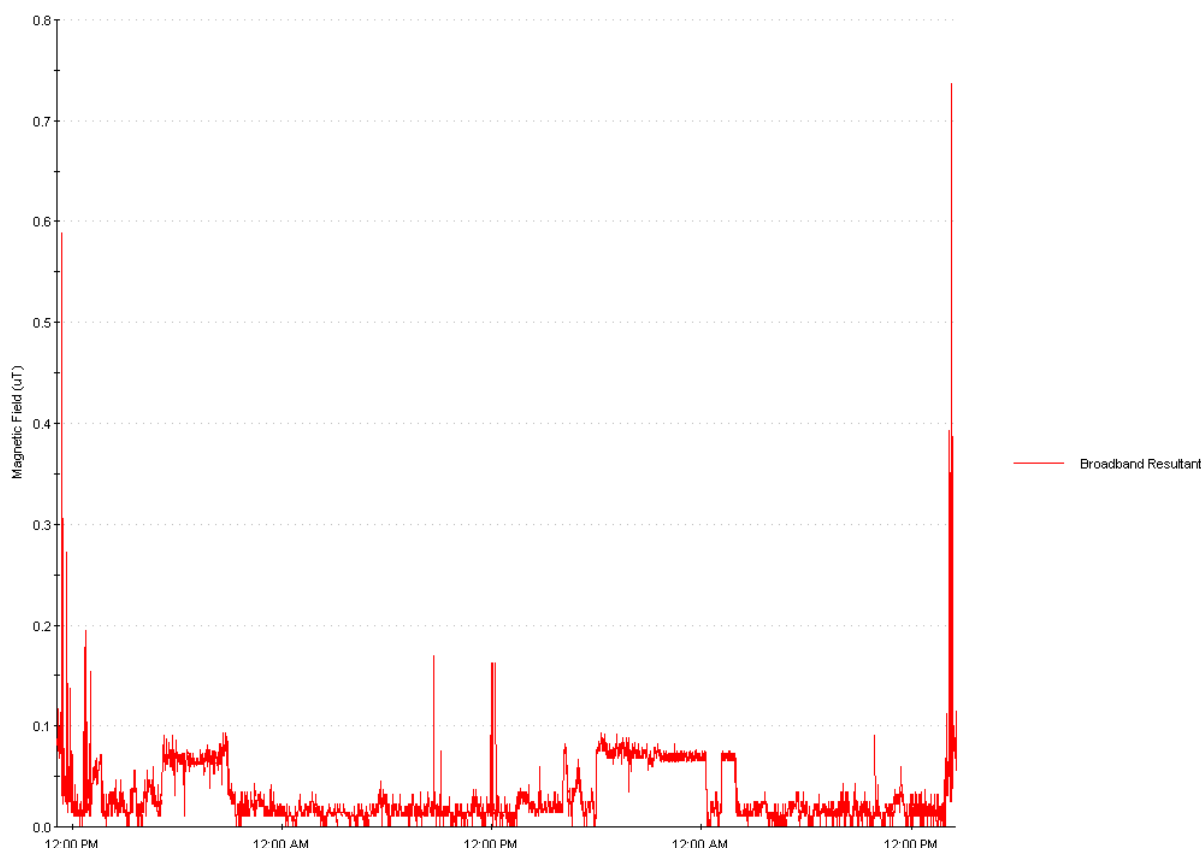
Rezultati raziskave so zanimivi tako za same udeležence raziskave kot tudi za strokovno javnost. Rezultati so uporabni na različnih področjih, kot na primer pri preučevanju sevalnih obremenitev ljudi, okoljskem načrtovanju, pravni ureditvi tega področja kakor tudi načrtovanju in izvajanju monitoringa EMS.

V raziskavi smo uporabili osebni merilnik EMDEX II, ki beleži obremenjenost osebe z EMS ves čas in vsepovsod ne glede na to, kje se oseba v danem trenutku zadržuje in kaj počne. Merilni sistem EMDEX II je kompakten multifunkcijski merilni sistem namenjen epidemiološkim študijam ter ugotavljanju osebne izpostavljenosti magnetnim poljem v področju nizkih frekvenc. Njegova pomembna lastnost je izotropnost, kar pomeni, da sprejema signale ne glede na njihovo smer. Celotna meritev je glede frekvenčnega spektra osredotočena na področje okrog frekvence 50 Hz. EMS frekvence 50 Hz je v okolju zelo razširjena zato mu je posvečena tudi največja pozornost. Glavne karakteristike EMDEX II so:

- beleženje vrednosti 24 ur na dan v nastavljivih intervalih (1,5 s do 300 s),
- dinamično območje 90 dB in občutljivost 0,01 μT – 300 μT ,
- izotropnost,
- frekvenčno območje 40 Hz do 800 Hz,
- interni spomin od 71 ur do 592 dni, odvisno od intervala vzorčenja,
- nekajdnevna avtonomija,
- zaslon za prikaz izmerjenih vrednosti,
- priložen programski paket za prikaz in analizo izmerjenih vrednosti.

EMDEX II je opremljen z USB-B priključkom, prek katerega je omogočena komunikacija z osebnim računalnikom. Ko posnamemo določeno število meritev, le te prenesemo v računalnik s pomočjo programskega paketa, ki je priložen dozimetru. Programski paket nam omogoča različne interpretacije izmerjenih rezultatov.

Na sliki 1 je prikazan primer merjenja EMS s EMDEX II, kjer se nazorno vidi spreminjanje EMS skozi časovno obdobje.



Slika 1: Primer izpostavljenost nizkofrekvenčnemu EMS skozi čas.

Za izvedbo študije osebne izpostavljenosti EMS je bilo izbranih 20 prostovoljcev, od tega 9 žensk in 11 moških. Meritve so potekale od novembra 2010 do avgusta 2011. Vsaka oseba je v času meritev nosila EMDEX II ob sebi, obešen čez ramo v priročni torbici ali prosto v nahrbtniku. Prostovoljcem je bil poleg dozimetra izročen vprašalnik (dnevnik), v katerega so vpisovali, kdaj in kje so se med meritvami nahajali in morebitne posebnosti (glej sliko 2).

EMDEX II je bil pred izročitvijo nastavljen in vklopljen, tako da za izvedbo meritev prostovoljnimi osebami ni bilo potrebno nikakršno znanje o delovanju in upravljanju z dozimetrom. EMDEX II je bil za vsako osebo nastavljen individualno glede na potrebe, zahteve in kapaciteto baterije. Interval shranjevanja meritev je znašal 30 s. Skupaj je bilo zbranih nekaj več kot 210 tisoč vzorčnih meritev.

Po končanih meritvah so prostovoljci EMDEX II vrnili. Podatki, shranjeni v pomnilniku dozimetra, pa so bili s pomočjo programskega paketa prenešeni na osebni računalnik, so se shranili v datoteko, ki jo prepozna priloženi programski paket. Za nadaljnjo obdelavo je bil primernejši način shranjevanja podatkov v MS Excelovi obliki, ki jo lahko generira omenjeni programski paket.

Rezultati pridobljeni z naprave EMDEX II so širokopasovne vrednosti gostote magnetnega pretoka, kar pomeni en rezultat za vsako zabeleženo meritev za celotno frekvenčno področje (40 Hz – 800 Hz). Za lažjo primerjavo izmerjenih vrednosti z določili uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) so bili rezultati pretvorjeni v odstotke glede na dovoljeno mejno vrednost. Pretvorba se izvrši s pomočjo naslednjega obrazca:

$$SI = 100 \times (B / B_m)$$

kjer je:

- SI - varnostni indeks podan v procentih
- B - izmerjena vrednost
- B_m - mejna vrednost.



Mejna vrednost Bm je frekvenčno odvisna in ima pri vsaki frekvenci dve vrednosti. Po uredbi o elektromagnetnem sevanju poznamo namreč tako imenovano I. območje in II. območje varstva pred sevanji. Ker je v okolju v največji meri prisotno EMS frekvence 50 Hz, je za mejno vrednost vzeta mejna vrednost pri tej frekvenci. Mejna vrednost za gostoto magnetnega pretoka frekvence 50 Hz je podana v tabeli 1.

Tabela 2: Mejna vrednost gostote magnetnega pretoka frekvence 50 Hz.

Frekvenca	I. območje	II. območje
50 Hz	10 µT	100 µT

Tako zbrani podatki so služili za nadaljnjo analizo. Določene so bile nekatere najzanimivejše vrednosti. Rezultati obdelanih podatkov so predstavljeni tabelarično in grafično.

INSTITUTE OF NON-IONIZING RADIATION
 INŠTITUT ZA NEIONIZIRNA SEVANJA

Vprašalnik za sodelujoče v projektu merjenja EMS z osebnim dozimetrom EMDEX II

Številka			
Osebnostni podatki			
Ime in priimek			
Starost		let	
Spol		M	Ž
Poklic (delovno mesto)			
Identifikacijski dokument			
Prebivališče			
ulica in hišna številka			
poštna številka, pošta			
Kontakt			
Elektronska pošta			
telefon			
mobilni telefon			

Zavedam se, da je osebni dozimeter EMDEX II občutljiva naprava ter se zavezujem, da bom z njim ravnal skrbno. V času izvajanja meritev bom dozimeter vedno nosil ob sebi (za pasom, čez ramo ali v nahabtniku), razen ko to ni mogoče (spanje, umiranje, bližina močnih virov EMS...). Ob koncu izvajanja meritev bom izpolnil vprašalnik na naslednji strani in ga skupaj z osebnim dozimetrom vrnil izvajalcu meritev – Inštitutu za neionizirna sevanja.

Kraj in datum	Podpis
---------------	--------

Inštitut za neionizirna sevanja, Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana, tel.: (01) 568 2732

INSTITUTE OF NON-IONIZING RADIATION
 INŠTITUT ZA NEIONIZIRNA SEVANJA

Vprašalnik o poteku meritev

Številka							
Kontakt		Začetek meritev		datum		ura	
Tomaž Trček		Konec meritev		datum		ura	
01/5682732							
tomas.trcek@inis.si							

čas (od - do)	lokacija (označite lokacijo, možnih je več odgovorov)						posebnosti (bližina daljnovoda, trafo postaje, ...)
	dom	služba	invarport	spanje	mesto	posebajaje	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Dodatne opombe:

Inštitut za neionizirna sevanja, Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana, tel.: (01) 568 2732

Slika 2: Vprašalnik (dnevnik) o poteku meritev, ki so ga izpolnjevale prostovoljne osebe v času meritev.



7. Rezultati meritev

V sklopu analize rezultatov so bile določene minimalne, maksimalne in povprečne vrednosti ter največja povprečna 24-urna izpostavljenost. Določena je bila tudi standardna deviacija in mediana. Vse vrednosti so bile določene kot gostota magnetnega pretoka v enoti mikro Tesla [μT]. Maksimalne, minimalne in povprečne vrednosti ter največja povprečna 24-urna izpostavljenost so bile podane tudi kot odstotek dovoljene vrednosti glede na I. območje Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

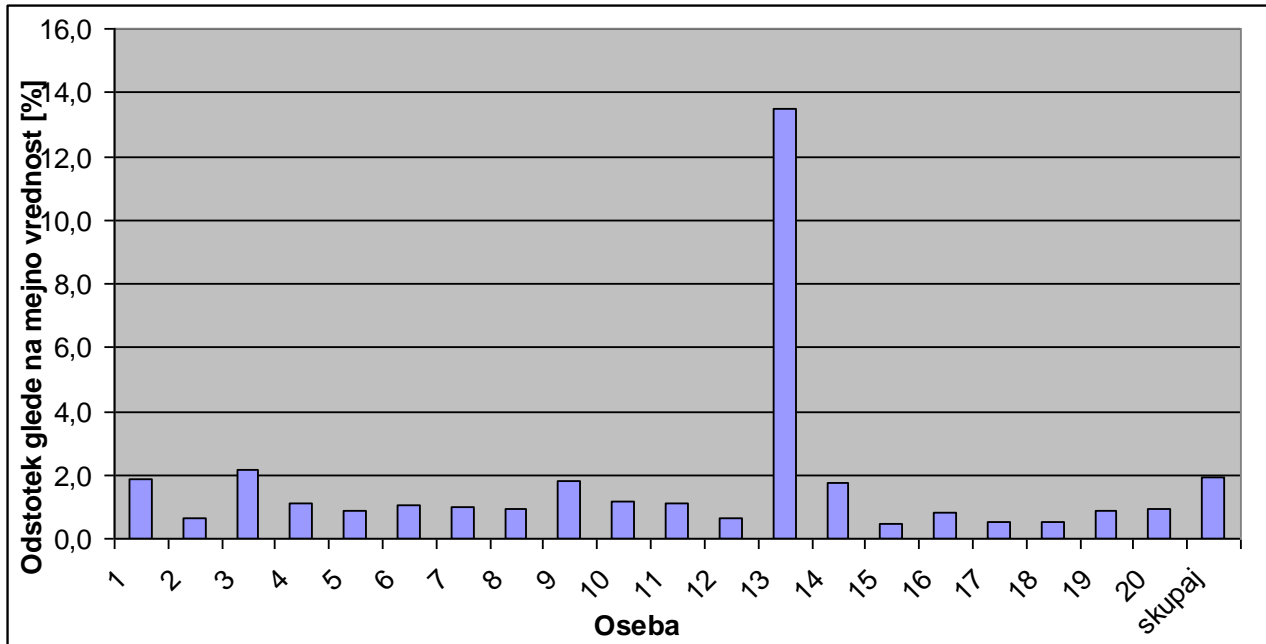
Minimalna izmerjena vrednost je bila pri večini oseb pod spodnjo mejo občutljivosti naprave EMDEX II, ki znaša $0,01 \mu\text{T}$ oziroma $0,1$ odstotka dovoljene mejne vrednosti. Najvišja maksimalna vrednost je znašala $26,7 \mu\text{T}$ oziroma 267 odstotkov dovoljene mejne vrednosti. Povprečne vrednosti so znašale od $0,05 \mu\text{T}$ oziroma $0,5$ odstotka dovoljene mejne vrednosti do $1,35 \mu\text{T}$ oziroma $13,5$ odstotka dovoljene mejne vrednosti. Povprečna vrednost vseh oseb skupaj je znašala $0,19 \mu\text{T}$ oziroma $1,9$ odstotka dovoljene mejne vrednosti. Maksimalne, povprečne in največje povprečne 24 urne vrednosti sevalnih obremenitev ter standardna deviacija in mediana izmerjenih vrednosti posameznih oseb podane kot gostota magnetnega pretoka v enotah mikro Tesla [μT] so podane v tabeli 1. V tabeli 2 so podane maksimalne, povprečne in največje povprečne 24 urne vrednosti sevalnih obremenitev posameznih oseb v odstotkih glede na I. območje Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Tabela 1: Maksimalne, povprečne in največje povprečne 24 urne vrednosti sevalnih obremenitev ter standardna deviacija in mediana posameznih oseb podane kot gostota magnetnega pretoka v enotah mikro Tesla [μT].

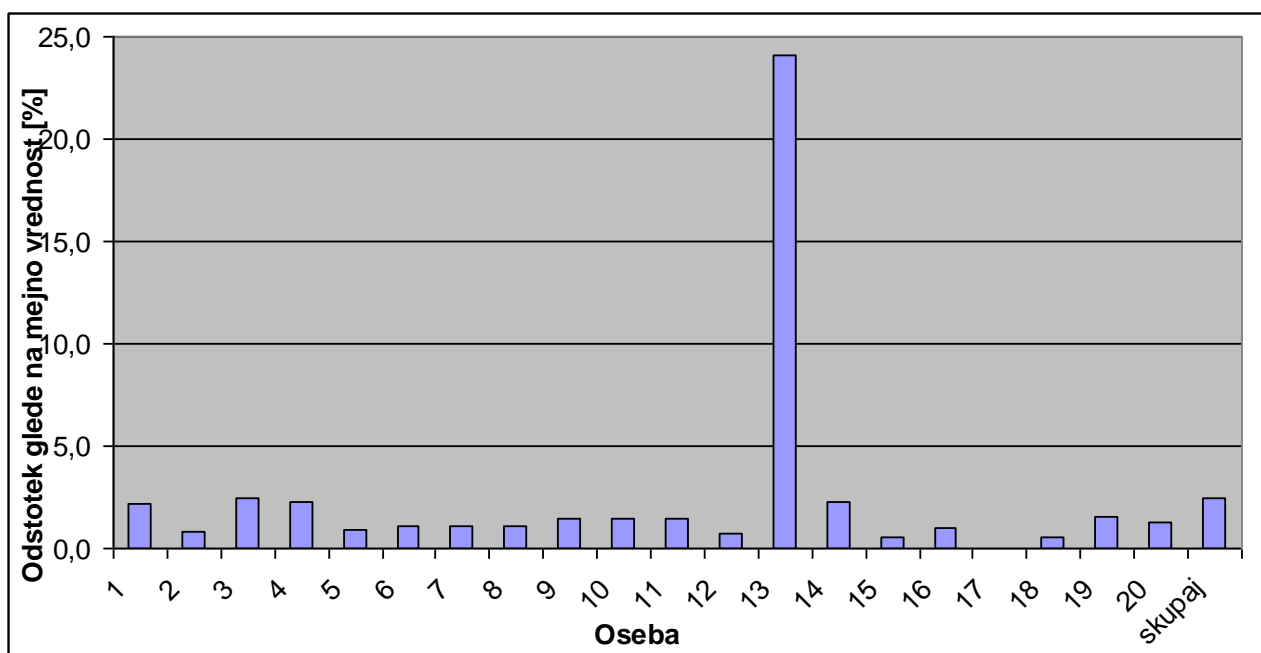
Oseba	Max [μT]	Povp [μT]	Povp 24 ur [μT]	Standardna deviacija	Mediana
1	0,97	0,19	0,22	0,18	0,08
2	26,7	0,07	0,09	0,35	0,04
3	0,9	0,22	0,25	0,12	0,20
4	1,1	0,11	0,23	0,14	0,05
5	0,8	0,08	0,09	0,05	0,08
6	3,9	0,10	0,11	0,15	0,08
7	1,6	0,10	0,11	0,06	0,09
8	1,8	0,09	0,11	0,10	0,05
9	2,3	0,18	0,15	0,17	0,14
10	6,1	0,12	0,14	0,22	0,08
11	1,1	0,11	0,14	0,14	0,04
12	1,1	0,06	0,07	0,07	0,04
13	4,8	1,35	2,41	1,19	1,21
14	5,7	0,18	0,23	0,19	0,15
15	0,9	0,05	0,06	0,04	0,04
16	16,6	0,08	0,10	0,35	0,05
17	0,5	0,05	0,00	0,03	0,06
18	0,1	0,05	0,06	0,05	0,05
19	4,0	0,09	0,16	0,15	0,05
20	7,7	0,09	0,13	0,16	0,05

Tabela 2: Maksimalne, povprečne in največje povprečne 24 urne vrednosti sevalnih obremenitev posameznih oseb podane v odstotkih mejne vrednosti za I. območje.

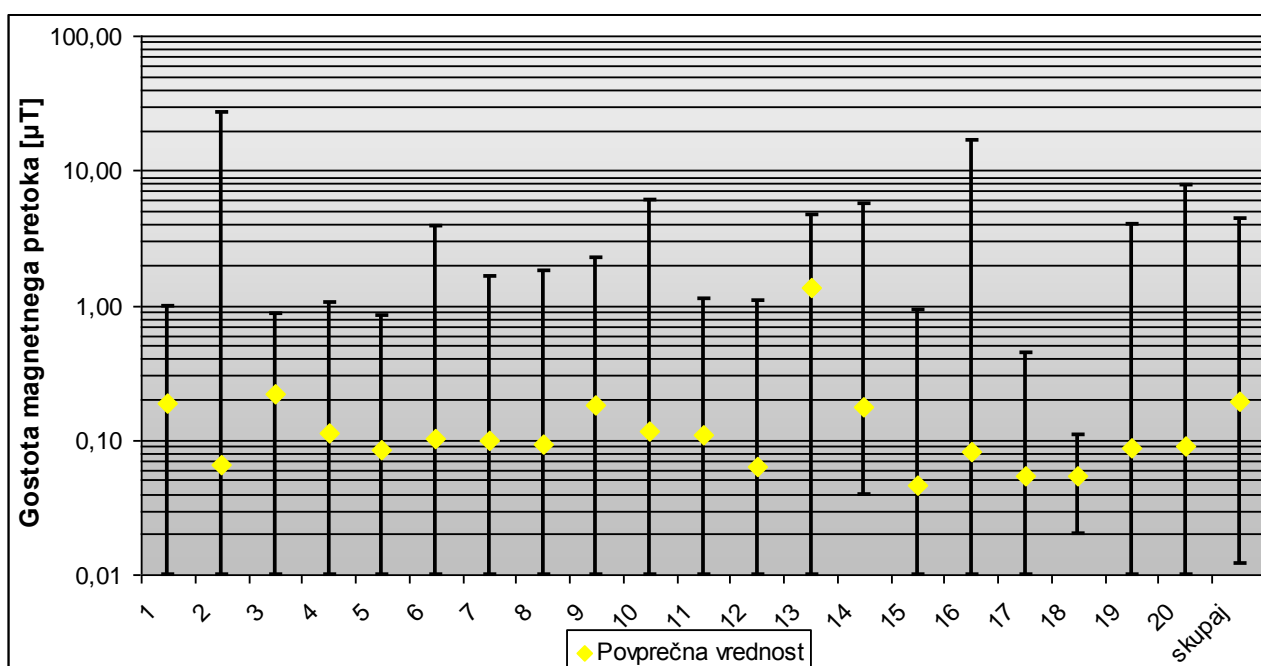
Oseba	Max [%]	Povp [%]	Povp 24 ur [%]
1	9,7	1,9	2,2
2	267,0	0,7	0,9
3	9,0	2,2	2,5
4	11,0	1,1	2,3
5	8,0	0,8	0,9
6	39,0	1,0	1,1
7	16,0	1,0	1,1
8	18,0	0,9	1,1
9	23,0	1,8	1,5
10	61,0	1,2	1,4
11	11,0	1,1	1,4
12	11,0	0,6	0,7
13	48,0	13,5	24,1
14	57,0	1,8	2,3
15	9,0	0,5	0,6
16	166,0	0,8	1,0
17	5,0	0,5	0,0
18	1,0	0,5	0,6
19	40,0	0,9	1,6
20	77,0	0,9	1,3



Slika 3: Povprečne sevalne obremenitve pri posameznih osebah.

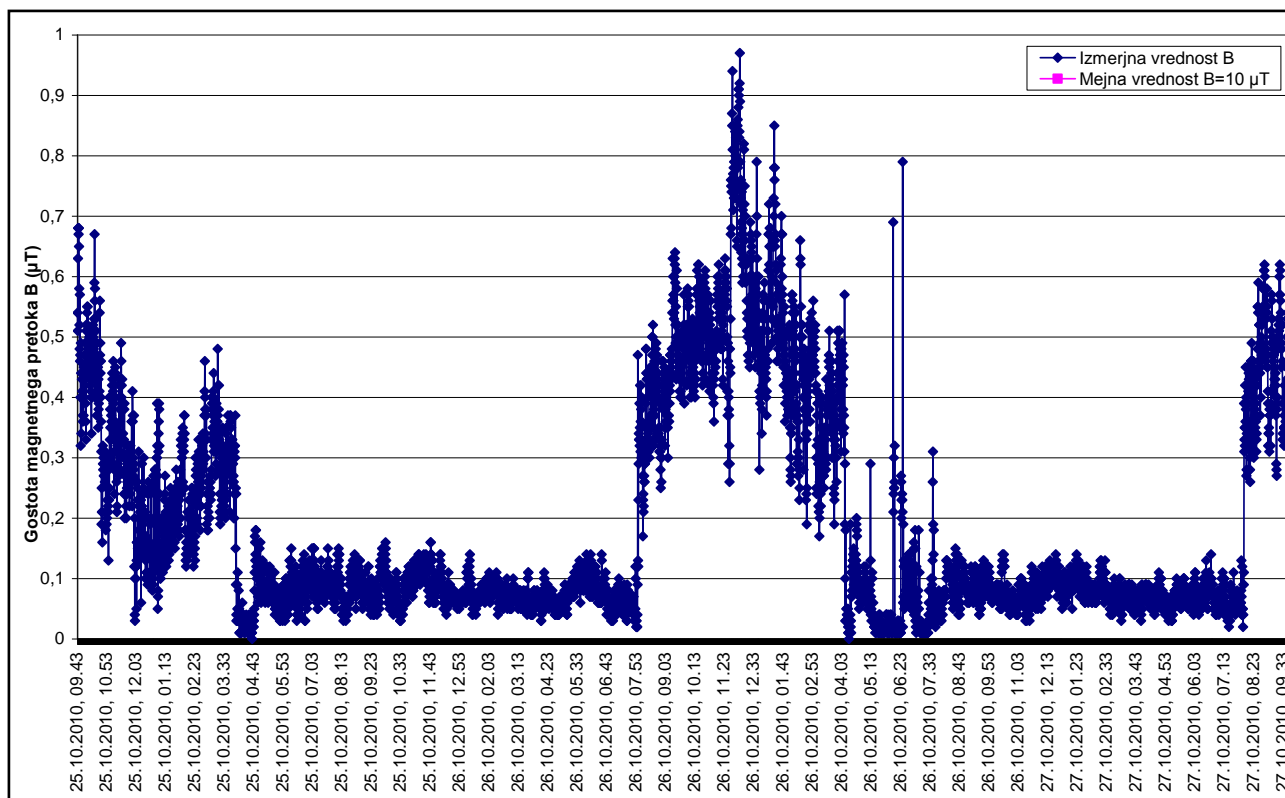


Slika 4: Največje povprečne 24 urne sevalne obremenitev pri posameznih osebah.

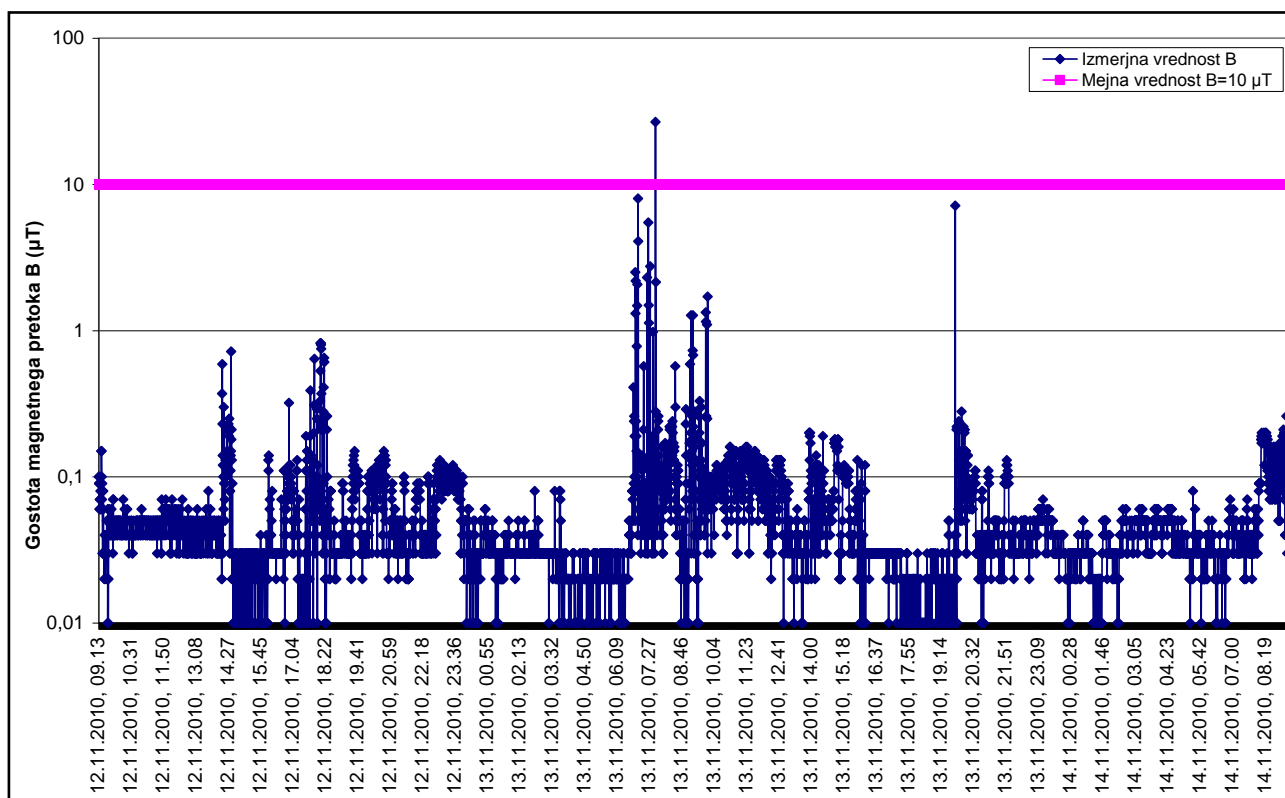


Slika 5: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti pri posameznih osebah.

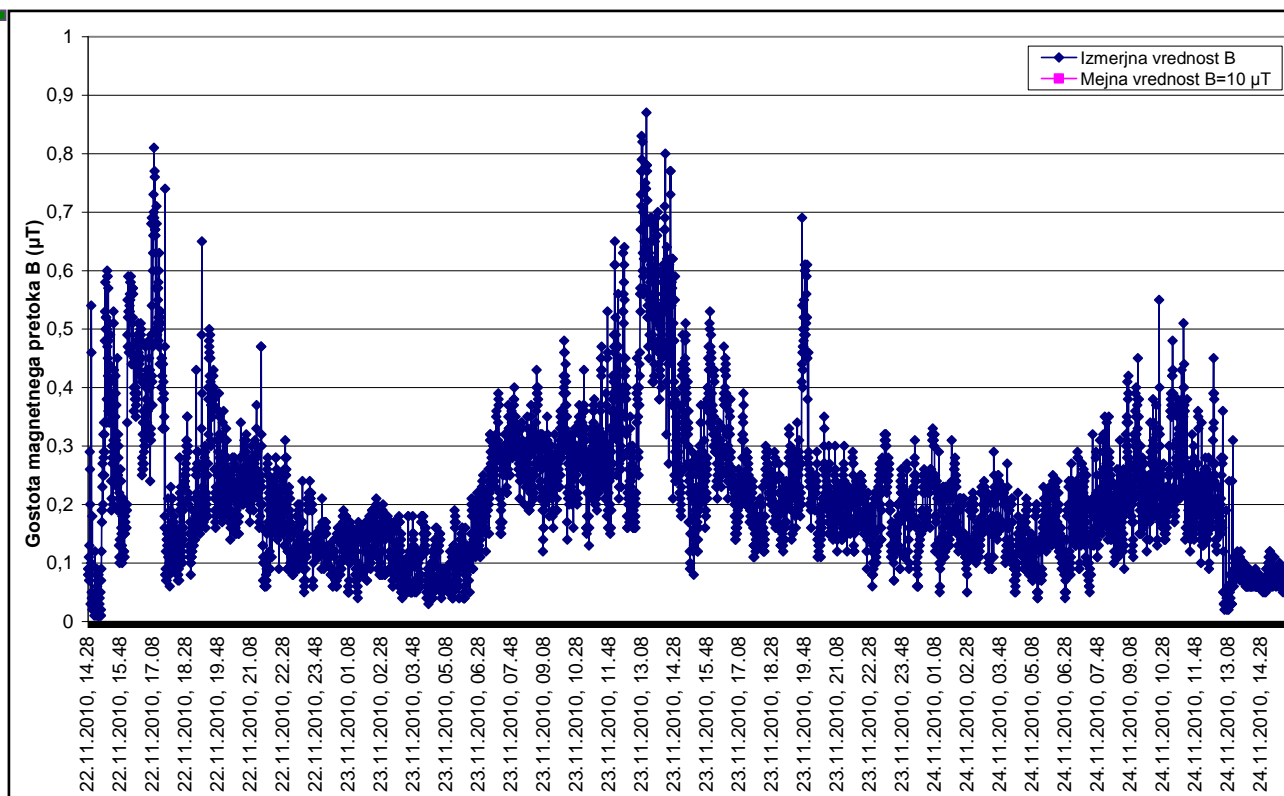
Iz slike 3 in 4 je razvidno da so povprečne sevalne obremenitve majhne, saj znašajo do 13,7 odstotka dovoljene mejne vrednosti. Drugače je pri maksimalnih sevalnih obremenitvah, saj le te znašajo do 267 odstotka dovoljene mejne vrednosti. Iz dnevnikov prostovoljcev in rezultatov meritev je bilo ugotovljeno, da so maksimalne sevalne obremenitve vedno kratkotrajne in prostorsko zelo omejene. Pri maksimalnih sevalnih obremenitvah je šlo za meritve v neposredni okolici virov sevanja kot so sušilnik za lase, brivnik, nekateri gospodinjstvi aparati in podobno, tako da tako visokim vrednostim običajno ni izpostavljeno celotno človeško telo.



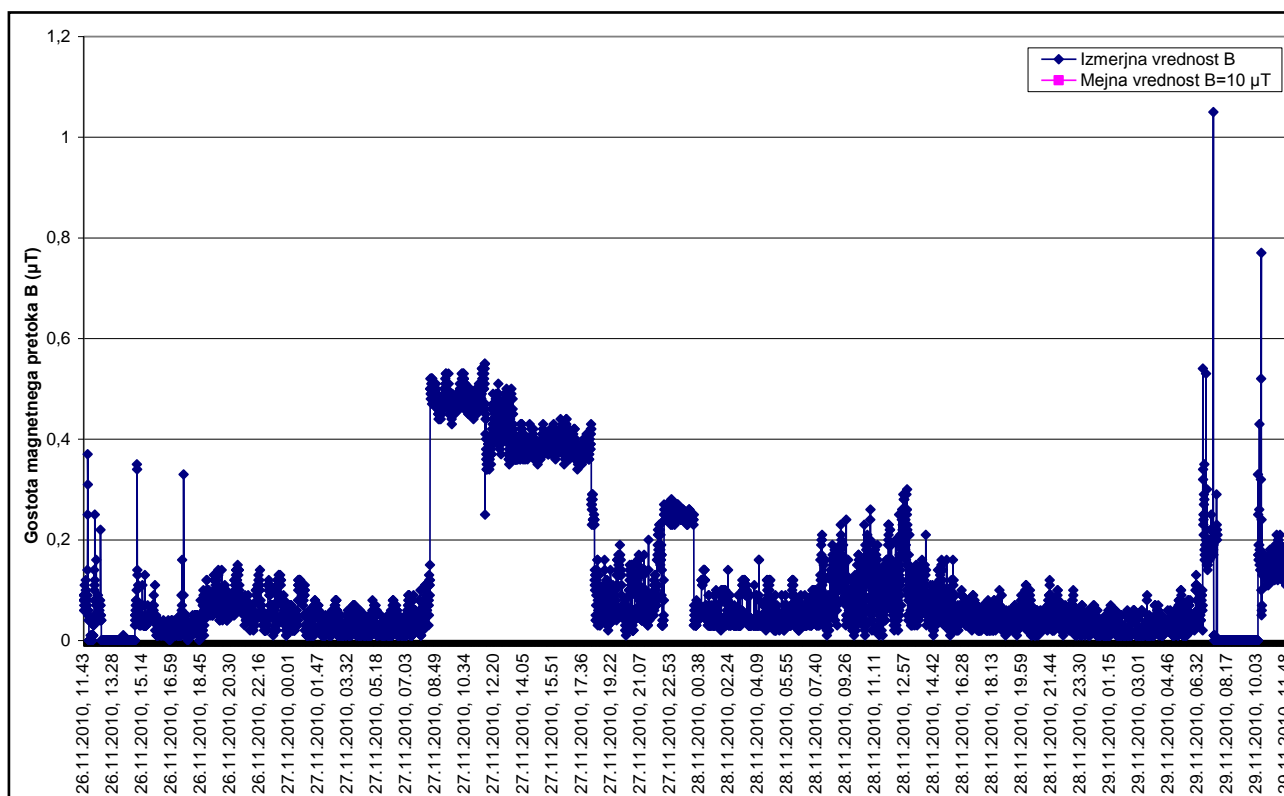
Slika 6: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 1.



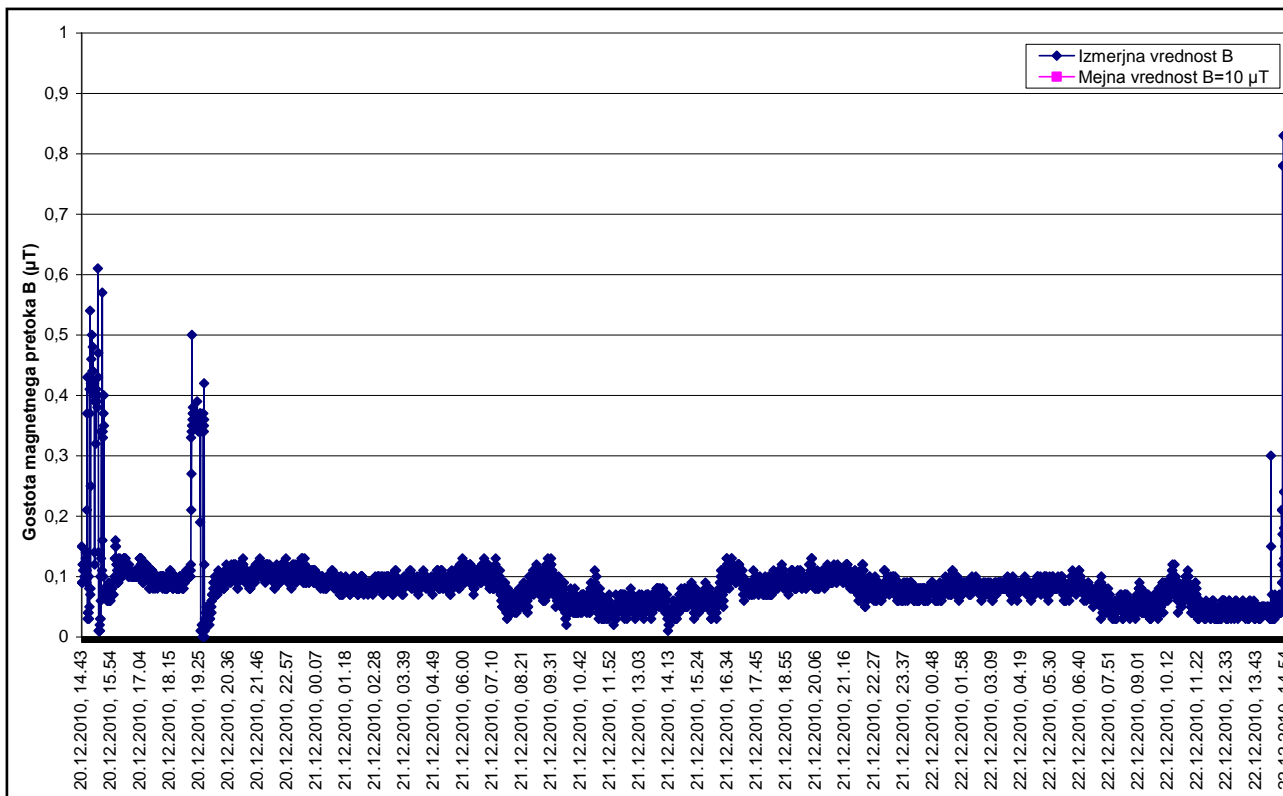
Slika 7: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 2.



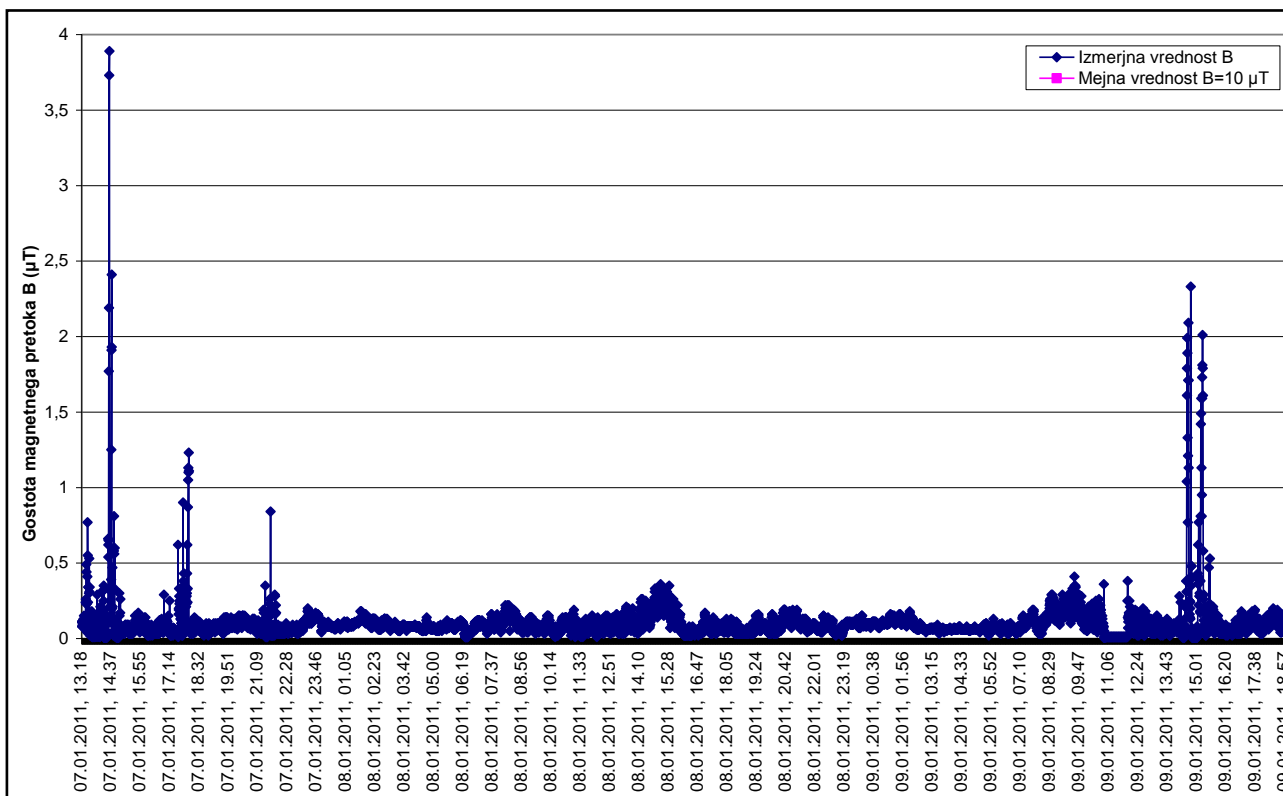
Slika 8: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 3.



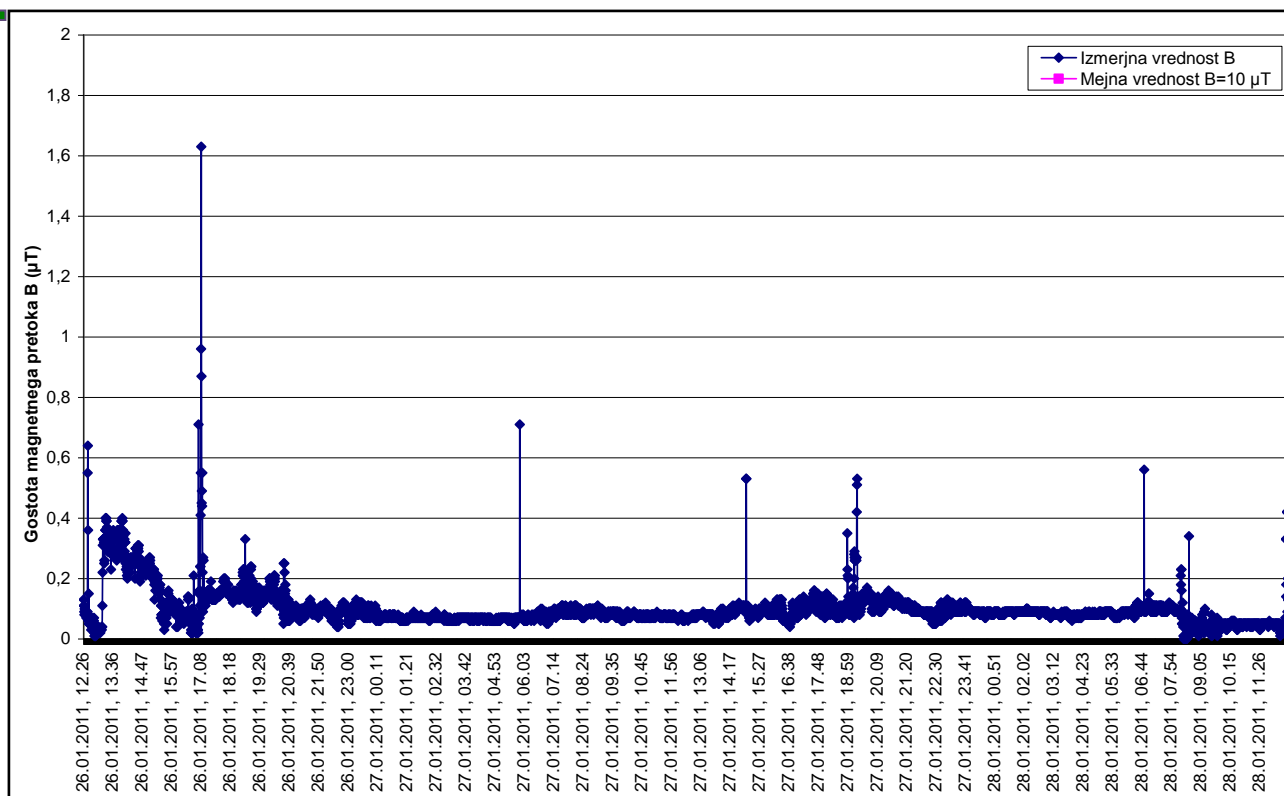
Slika 9: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 4.



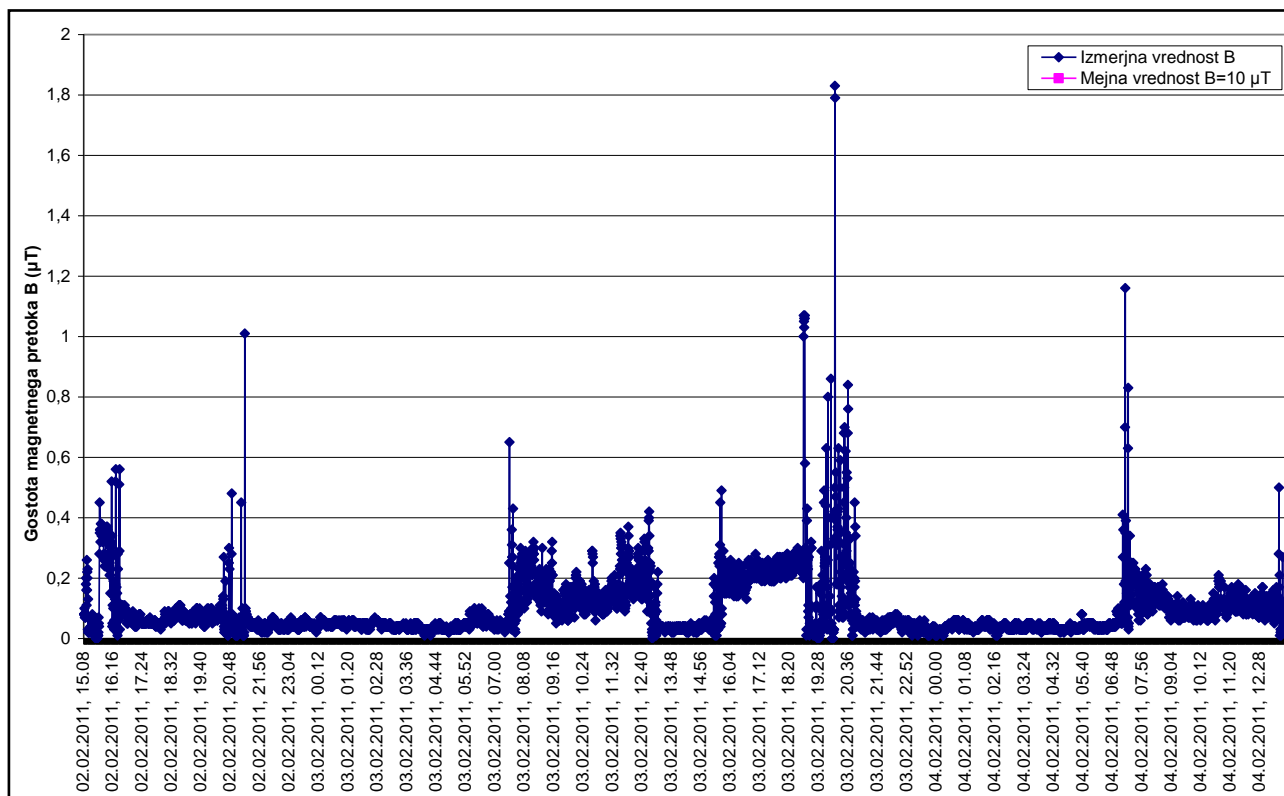
Slika 10: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 5.



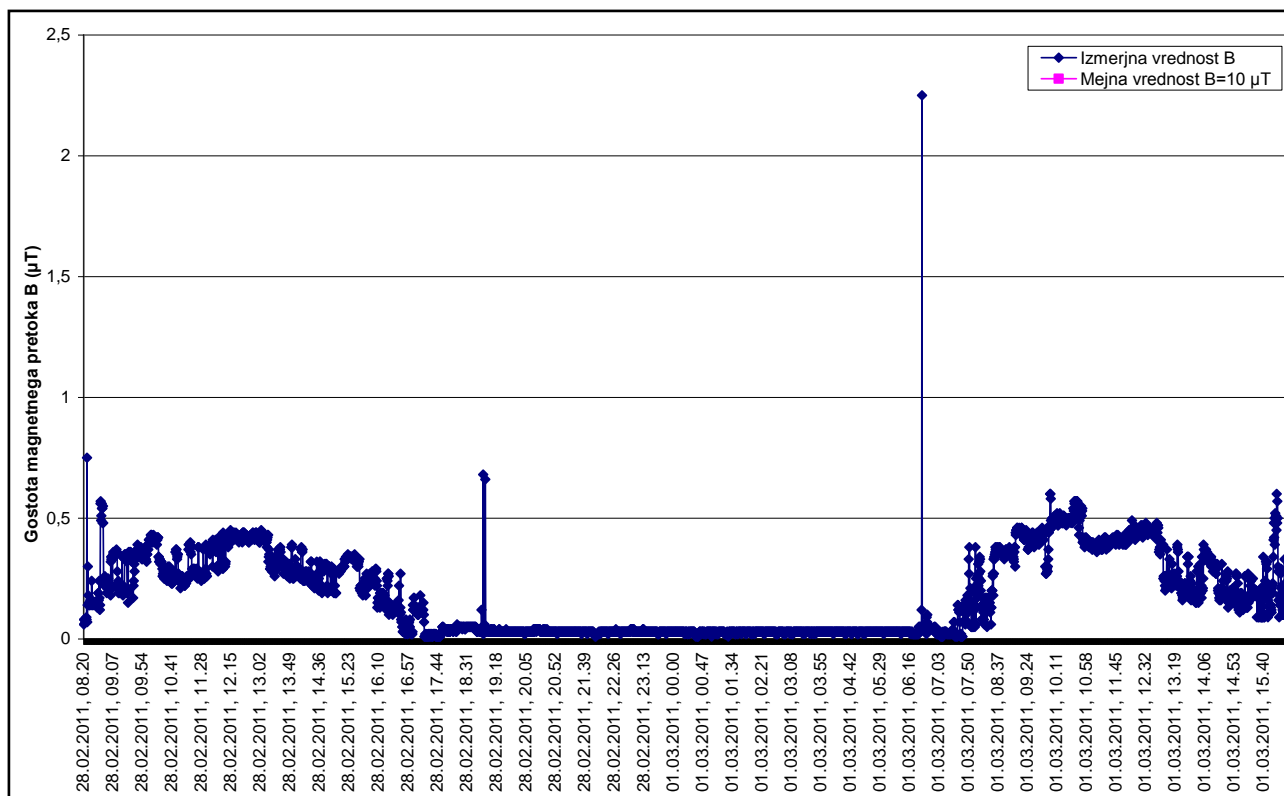
Slika 11: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 6.



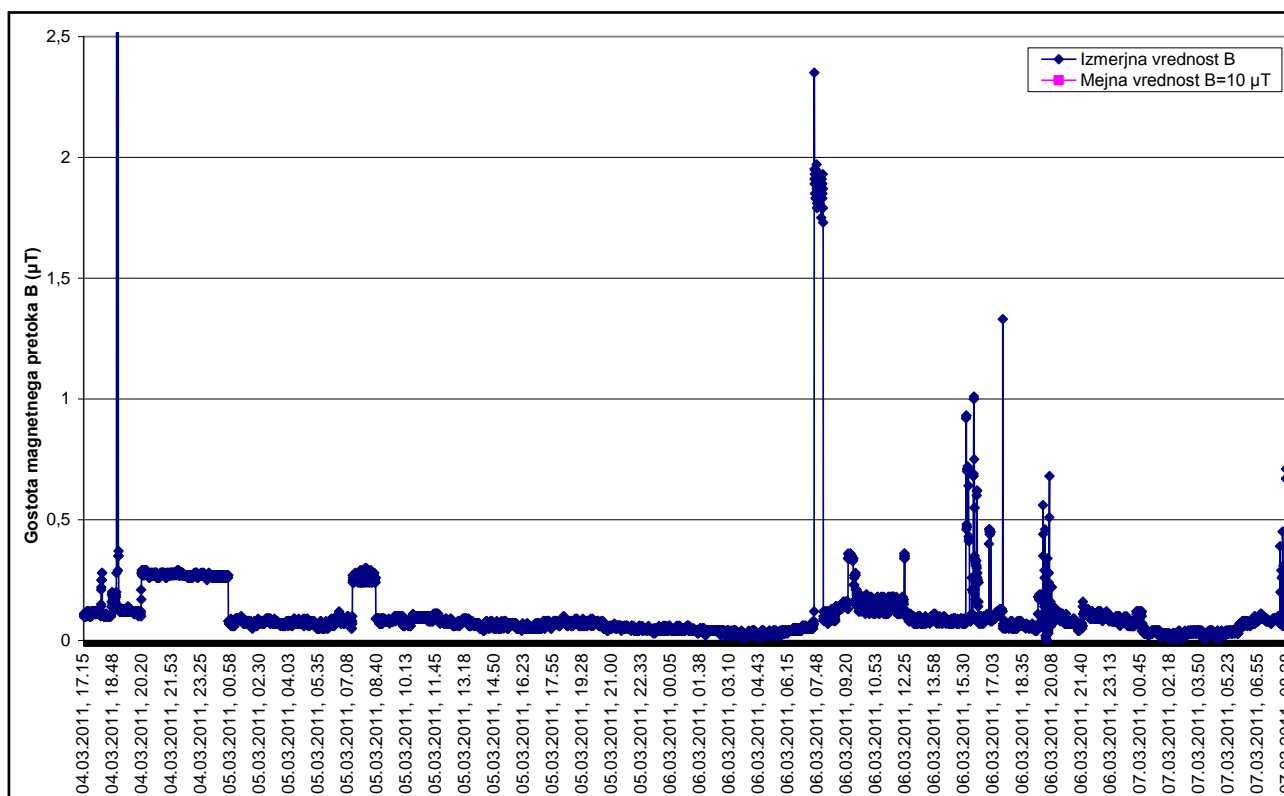
Slika 12: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 7.



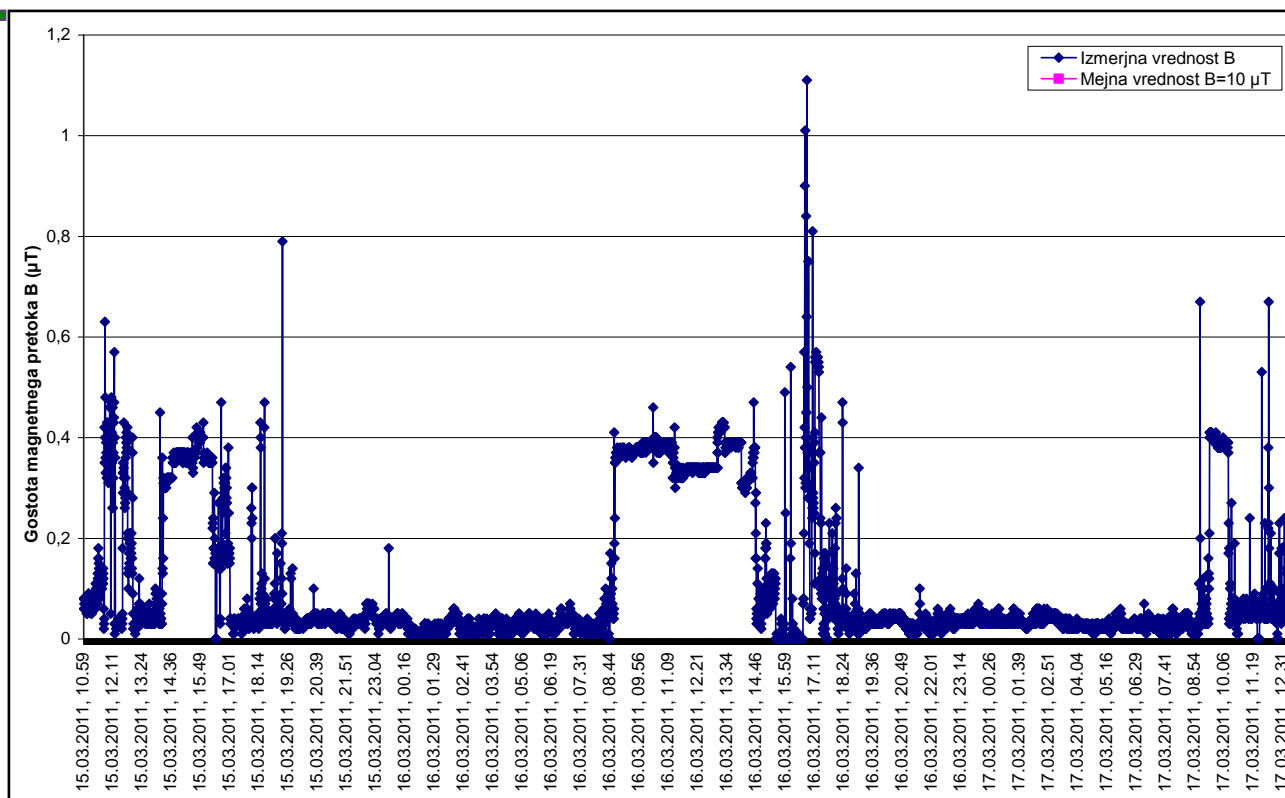
Slika 13: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 8.



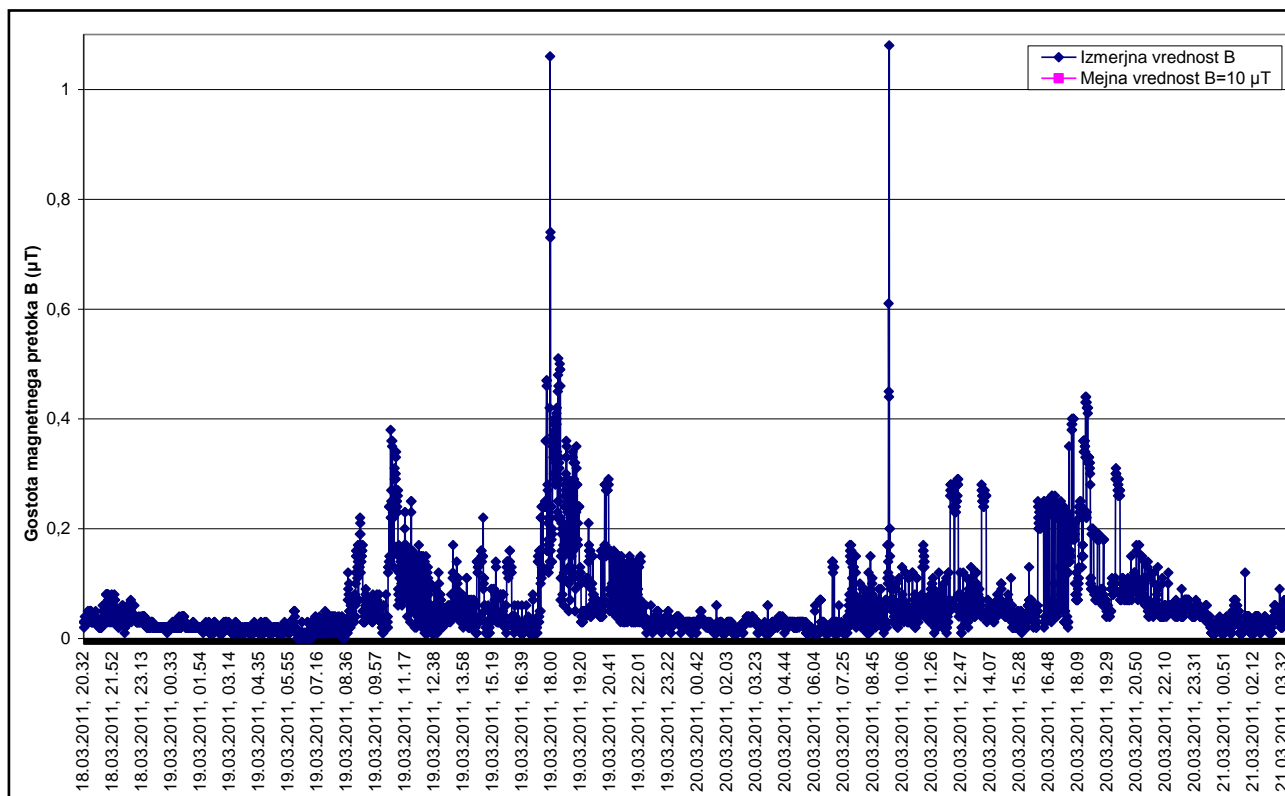
Slika 14: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 9.



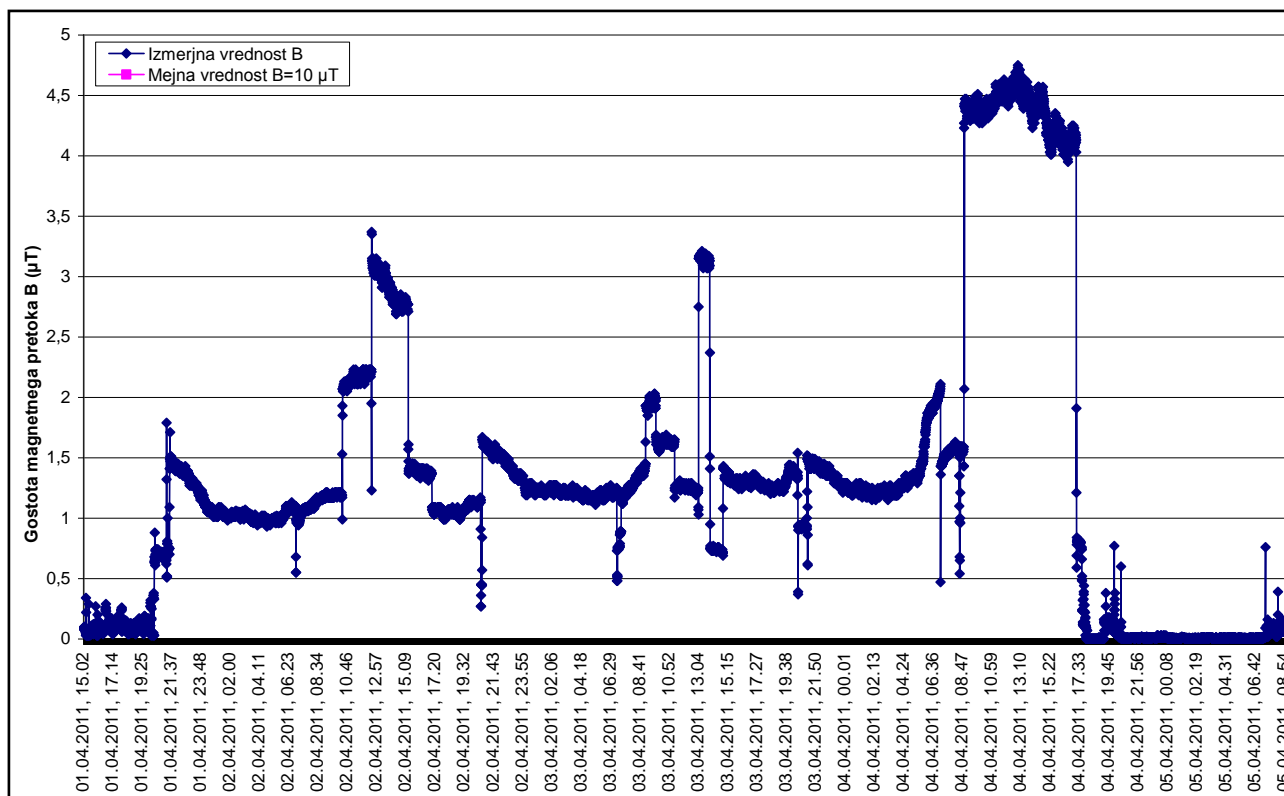
Slika 15: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 10.



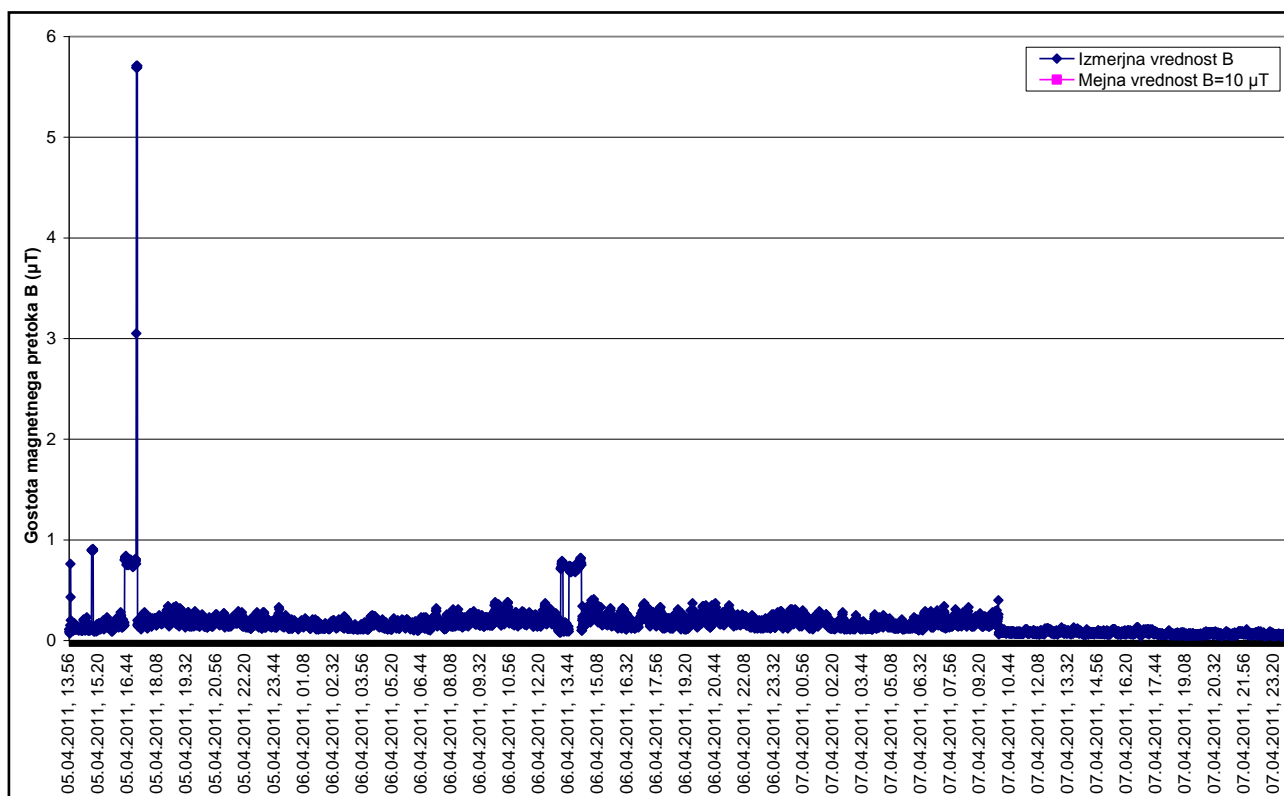
Slika 16: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 11.



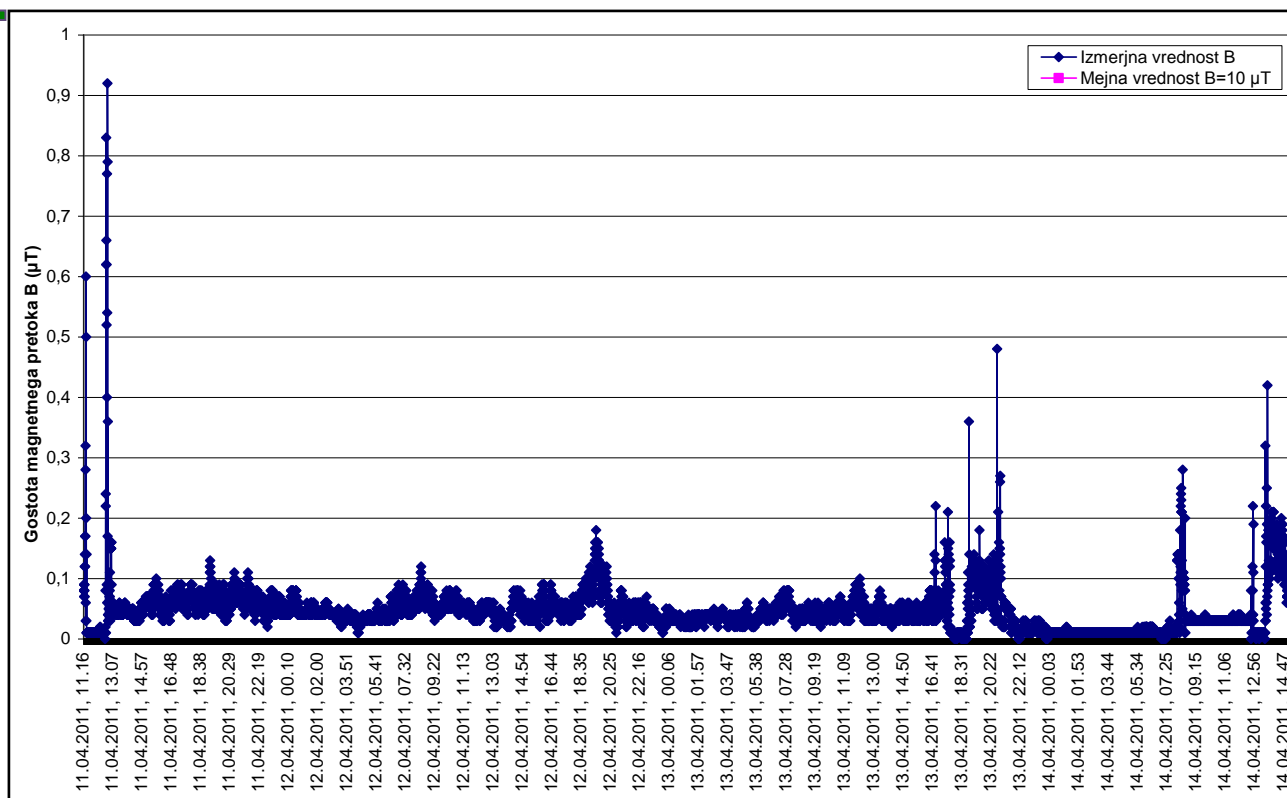
Slika 17: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 12.



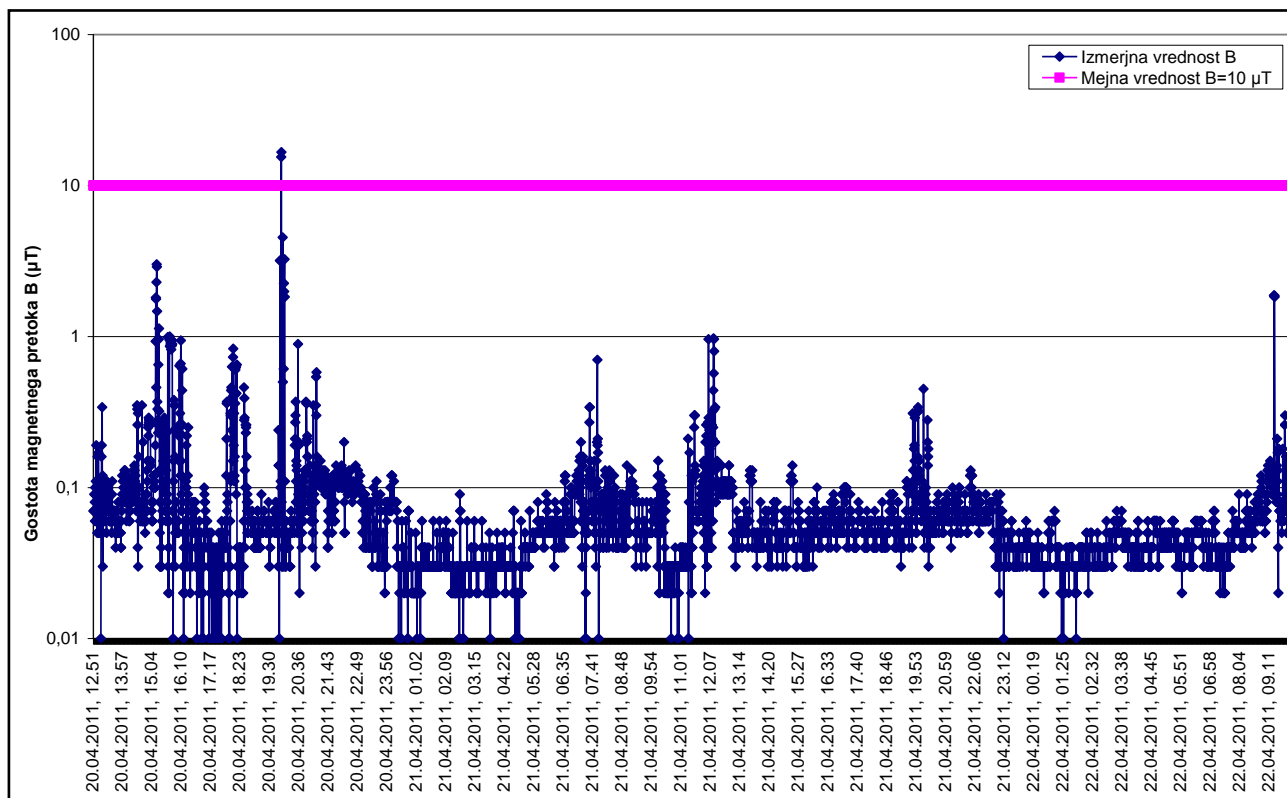
Slika 18: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 13.



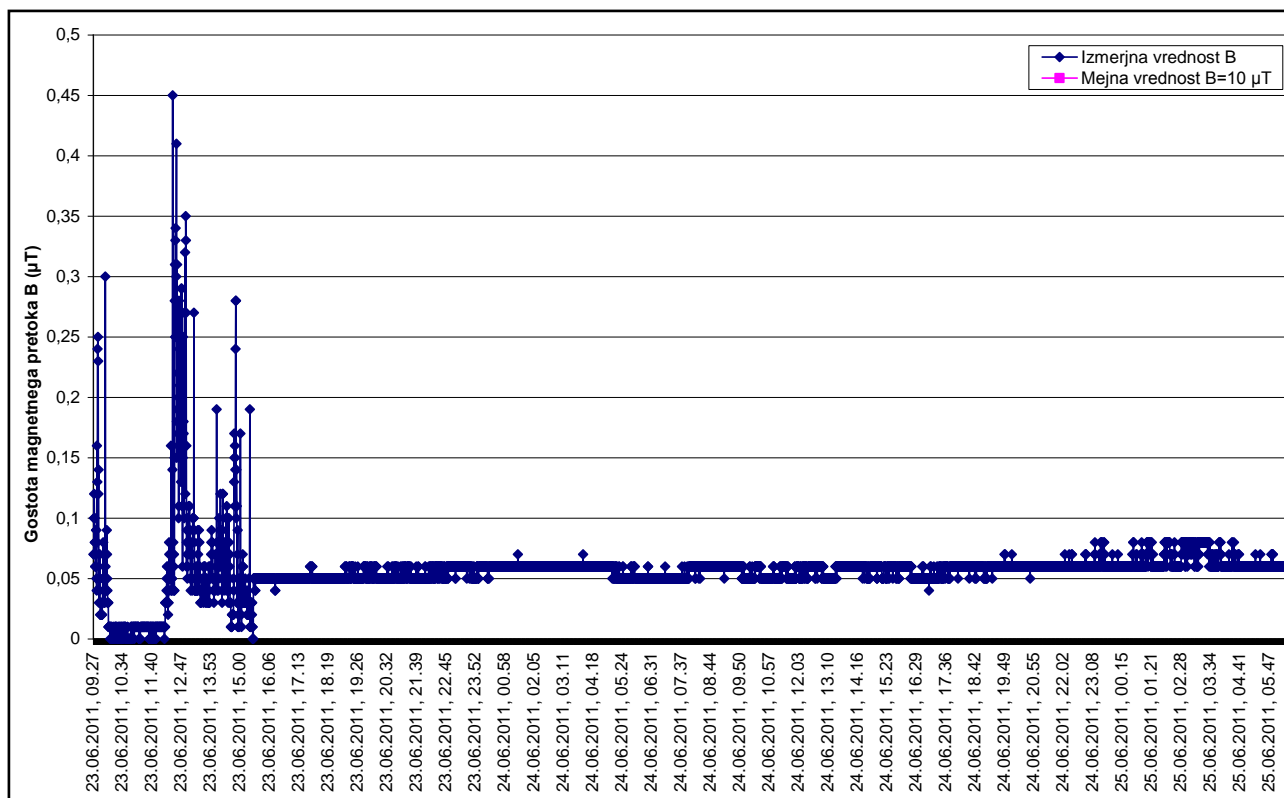
Slika 19: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 14.



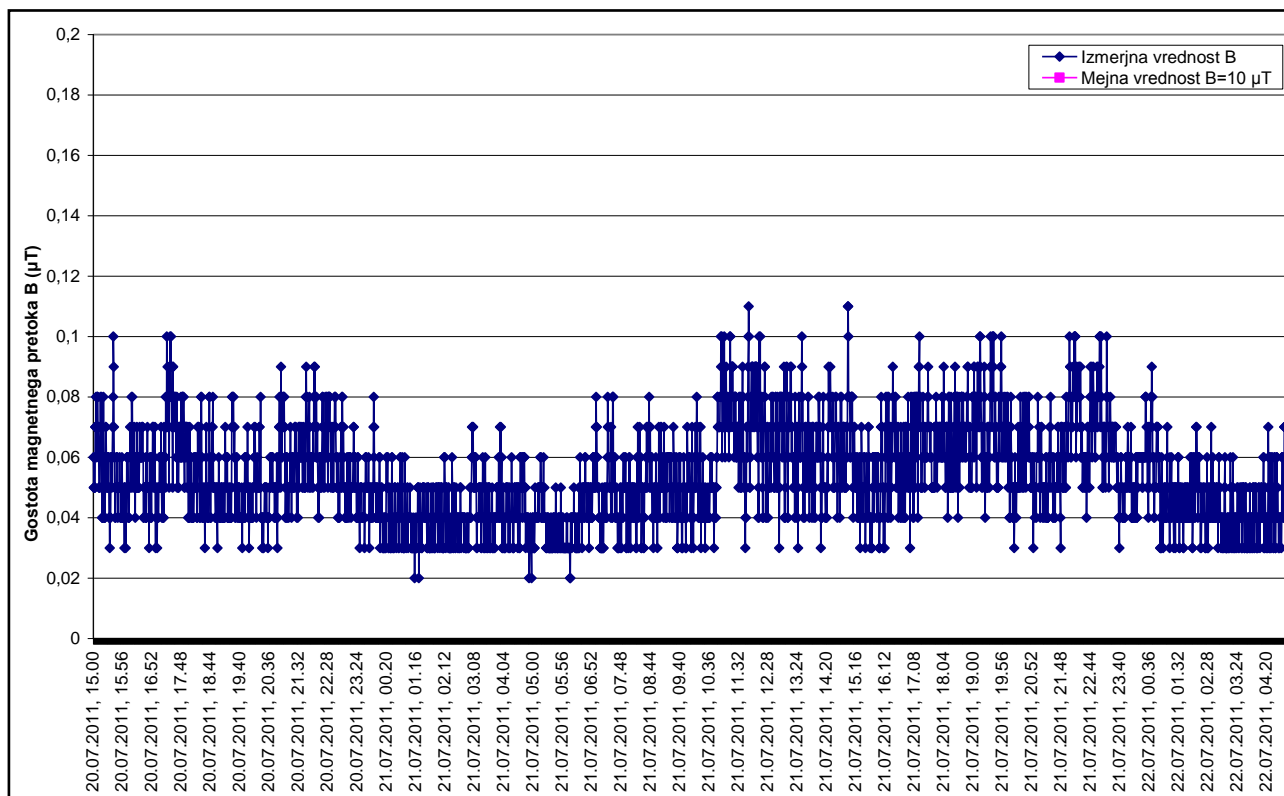
Slika 20: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 15.



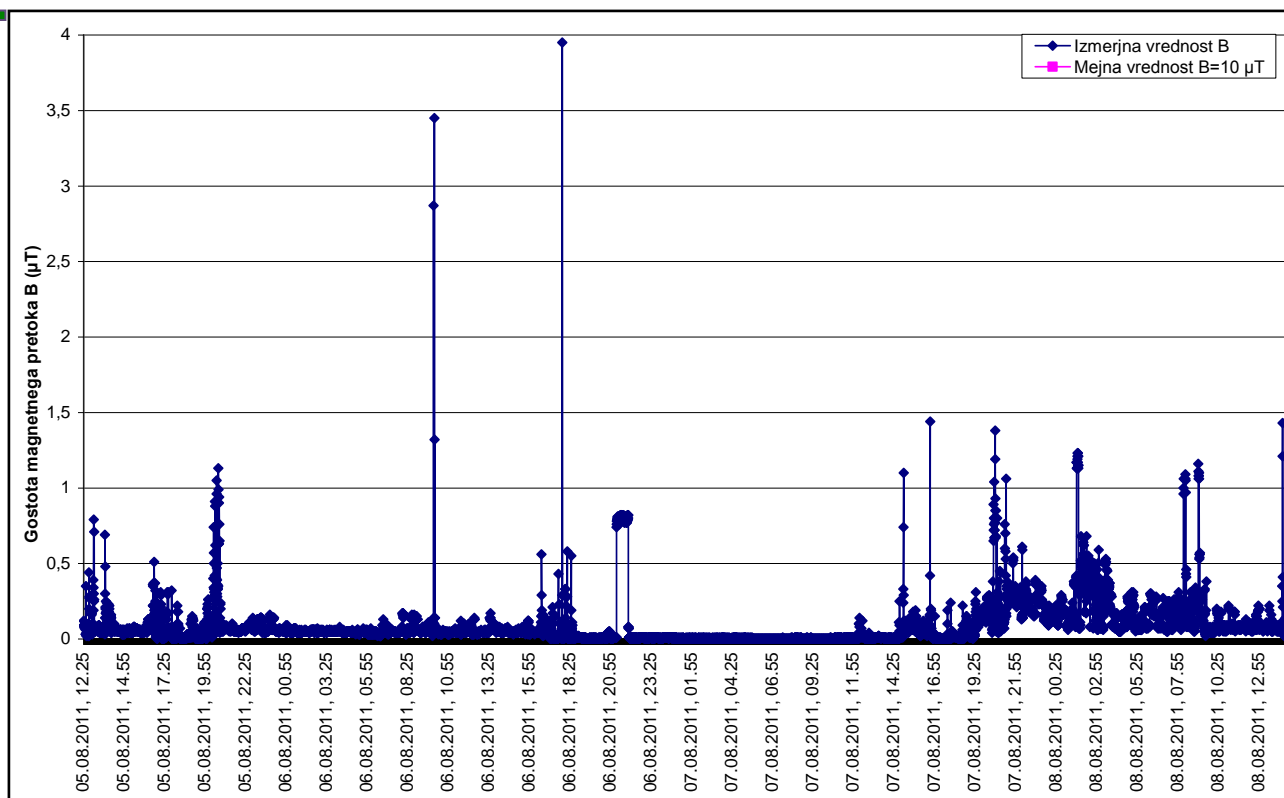
Slika 21: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 16.



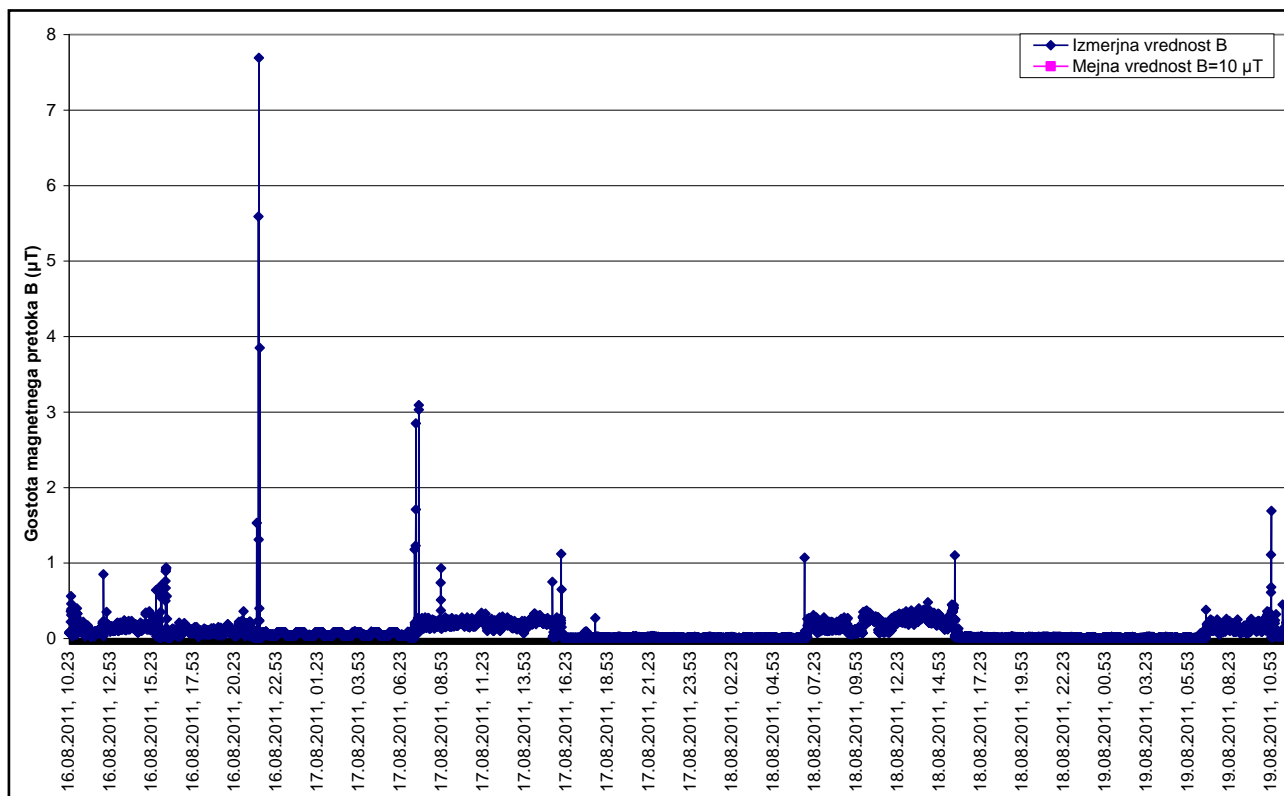
Slika 22: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 17.



Slika 23: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 18.



Slika 24: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 19.



Slika 25: Časovni potek izpostavljenosti EMS osebe 20.

8. Ocena rezultatov meritev

Meritve osebne izpostavljenosti EMS smo izvedli na 20 prostovoljcih, ki so od enega do štiri dni ob sebi nosili dozimeter EMDEX II in pisali dnevnik o poteku meritev in njihovem gibanju.

Meritve so bile izvedene za frekvenčno območje od 40 do 800 Hz, kjer so najpomembnejši viri nizkofrekvenčnih magnetnih polj, ki delujejo pri omrežni frekvenci 50 Hz. Takšne naprave so prisotne v okolju zaradi prenosa in distribucije električne energije, to so na primer daljnovodi in transformatorske postaje, lahko pa so njihov vir tudi naprave v naši neposredni bližini, kot so različni gospodinjstvi aparati in električna napeljava v stanovanju ali hiši.

Z meritvami je bila izmerjena gostota magnetnega pretoka, to je veličina, ki opisuje magnetno polje. Magnetno polje je posledica električnega toka, ki teče po vodnikih in napravah in se s časom na istem mestu izrazito spreminja. Poleg magnetnega polja se pri nizkih frekvencah srečujemo še z električnim poljem, ki pa je običajno zelo nizko, izjema je le bližina visokonapetostnih daljnovodov. Električnega polja s pomočjo osebnega dozimetra ni mogoče verodostojno meriti, saj človeško telo preveč vpliva na njegovo porazdelitev in rezultati niso reprezentativni.

Bistveni zaključki študije izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v letu 2011 so:

- V študiji je sodelovalo 20 posameznikov, ki so sami izrazili interes za sodelovanje v raziskavi.
- Maksimalne vrednosti gostote magnetnega pretoka so **relativno visoke**. Rezultat ni presenetljiv, saj lahko nekatere majhne naprave, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju, povzročajo močna magnetna polja. Takšne in tudi precej večje vrednosti, kot so bile največje izmerjene (26,7 μT), lahko v svoji neposredni bližini povzročajo tako sušilnik za lase in brivski aparat kot tudi majhni napajalniki za različne elektronske naprave.
- Z vidika ocenjevanja izpostavljenosti prebivalstva so maksimalne vrednosti gostote magnetnega pretoka manj pomembne kot **povprečne in maksimalne 24 urne povprečne vrednosti**, saj dosedanje epidemiološke raziskave niso pokazale na škodljive učinke kratkotrajnih izpostavljenosti poljem v velikostnem razredu do nekaj 100 μT , medtem ko so za dolgotrajne izpostavljenosti povišanim vrednostim magnetnega polja pokazale na povečano tveganje za nastanek otroške levkemije že pri povprečnih vrednostih do 0,4 μT .
- Povprečne vrednosti gostote magnetnega pretoka so bile glede na enako študijo iz leta 2010 nekoliko nižje. Le pri eni osebi je bila namreč povprečna vrednost gostote magnetnega pretoka višja od **0,4 μT** .
- Rezultati za maksimalne 24 urne povprečne izpostavljenosti so podobni kot za povprečne izpostavljenosti, le nekoliko višji.
- Kljub temu, da so večji interes za sodelovanje v raziskavi izkazali posamezniki, ki so imeli utemeljen razlog za skrb (običajno je to bila bližina daljnovoda) in je zato v raziskavi sodelovalo več posameznikov, ki so bolj izpostavljeni, kot je državno povprečje, so rezultati pri osebi 13 zaskrbljujoči. Oseba biva v neposredni bližini dveh daljnovodov. Visoki sta tako povprečna vrednost, ki znaša 1,35 μT kot maksimalna 24 urna povprečna vrednost, ki znaša 2,41 μT . V krajšem obdobju za čas 8 ur je povprečna vrednost zanjala celo več kot 4 μT .

Nekateri primeri izpostavljenosti so zaskrbljujoči. Poleg daljnovodov, ki so tudi v tem poročilu pomembno prispevali k povečanim sevalnim obremenitvam (zlasti primer 13) so pomemben vir magnetnega polja tudi transformatorske postaje, še zlasti če so nameščene v kleti stanovanjskega bloka. Opravili smo analizo izpostavljenosti prebivalstva v takšnih primerih in ugotovili, da so sevalne obremenitve lahko zelo velike.

9. Načelo previdnosti

Ker zaradi vrzeli v znanju dokončnih odgovorov glede (ne)škodljivosti EMS še ni mogoče dati, se nekatere mednarodne organizacije in vladne institucije odzivajo na zaskrbljenost javnosti zaradi



morebitnih vplivov EMS na zdravje ter priporočajo določene preventivne ukrepe. Svetovna zdravstvena organizacija pripravlja celovit program uvajanja načela previdnosti za vse nivoje – tako državo/vlado, gospodarske družbe ter posameznika. Vendar je to načelo v povezavi z EMS potrebno sprejemati z veliko skrbjo in preudarkom. Glavna zahteva je, da je treba načelo uvajati le s pogojem, da sprejetje določenih ukrepov ne bo prevladalo nad znanstvenimi izsledki.

V svetu so vedno številnejša in glasnejša prizadevanja za upoštevanje načela previdnosti, kar zadeva tveganje za zdravje in ob morebitni znanstveni negotovosti.

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) navadno ne svetuje pristojnim organom posameznih držav pri oblikovanju zdravstvene politike, ki sega čez znanstvene okvire. Vendar pa je SZO po tretji ministrski konferenci o okolju in zdravju leta 1999 v Londonu dobila pristojnost, da upošteva »potrebo po uporabi načela previdnosti pri oceni tveganj ter zavzame bolj preventivni in aktivni pristop do tveganj«.

To načelo postopoma postaja ne le vodilo politike v zvezi z elektromagnetnimi sevanji, ampak celotne okoljske in zdravstvene politike. Izziv za prihodnost pa pomeni vprašanje, kako upoštevati pravo mero previdnosti ob znanstvenih izsledkih ter s tem povezano negotovost.

Glede na velik obseg razpoložljivih izsledkov raziskav je čedalje manj verjetno, da bi izpostavljenost nizkofrekvenčnim poljem pomenila resno grožnjo našemu zdravju. Kljub temu pa nekaj znanstvene negotovosti glede zapoznelih učinkov ostaja. Znanstvene razprave o interpretaciji spornih izsledkov so postale tako predmet socioloških raziskav kot tudi predmet političnih razprav. Javne razprave o sevanjih so usmerjene k morebitnim škodljivim učinkom EMS, pogosto pa prezrejo prednosti EMS, ki so jih prinesle nove tehnologije. Brez elektrike bi se družba povsem ustavila. Bistvenega pomena je analiza razmerja med prednostmi in morebitnimi tveganji, ki jih določene tehnološke pridobitve prinašajo.

Eden od namenov projekta Forum EMS (www.forum-ems.si) je pomoč vsem zainteresiranim pri tehtanju med prednostmi uporabe tehnologij, povezanih z EMS, ter možnostjo pojava zdravstvenih tveganj. Poleg tega pa v okviru projekta Foruma EMS v povezavi z mednarodnimi organizacijami (SZO, ICNIRP) svetujejo uvajanje **načela previdnosti**.

V nadaljevanju predlagamo nekatere ukrepe za zmanjševanje izpostavljenosti, ki jih lahko izvajajo tako državni organi kot tudi investitorji, proizvajalci naprav in tudi vsak posameznik:

Državni in upravni organi:

- Učinkovit sistem posredovanja informacij in komunikacija o zdravstvenih tveganjih med znanstveniki, vladami, industrijo in javnostjo pomaga pri dviganju ravni obveščenosti o programih, ki se ukvarjajo z izpostavljenostjo EMS ter zmanjšuje nezaupanje in strahove.
- Javnost je potrebno bolj izčrpno obveščati o trenutnem stanju znanosti. Javnost mora biti obveščena predvsem o ugotovljenih in potrjenih vplivih na zdravje zaradi izpostavljenosti posameznim virom EMS.
- Sodelovanje lokalnih organov upravljanja in javnosti pri nameščanju novih daljnovodov in transformatorskih postaj: pri odločitvi o mestu nastanitve je treba pogosto upoštevati estetski vidik in občutljivost javnosti. Odprta komunikacija v fazi načrtovanja povečuje ozaveščenost javnosti in njeno sprejemljivost za poseg.
- Pri načrtovanju in podeljevanju gradbenih dovoljenj je potrebno za nov vir sevanja določiti njegovo vplivno območje glede na mejne vrednosti Uredbe o elektromagnetnem sevanju (UI RS 70/96)
- Podpirati je potrebno nadaljnje raziskave.

Investitorji in industrija

- Dosledno upoštevati zakonodajo s področja varstva pred EMS: ta temelji na trenutnem stanju znanja stroke z visokim vgrajenim varnostnim faktorjem, katerega namen je varovanje zdravja slehernega člana družbe.
- Investitorji naj skladno z načelom previdnosti in v okviru tehničnih zmogljivosti čim bolj zmanjšajo emisije novih naprav



- Z optimalnim nameščanjem električnih instalacij je mogoče zmanjšati izpostavljenost stanovalcev ali uporabnikov stavb.
- Proizvajalci naprav lahko z ustrezno tehnično zasnovo dosežejo najnižje možne poljske jakosti v okolici naprav. Zaželeno je tudi ustrezno označevanje naprav, ki uporabnikom omogoča izbiro naprav z najnižjimi sevalnimi obremenitvami.

Posameznik: Vsak posameznik lahko svojo izpostavljenost poljem zmanjša na preprost način:

- Poskrbi za čim večjo oddaljenost od virov sevanj, saj tako učinkovito in poceni zmanjša njihov morebitni vpliv
- Časovno omeji svojo izpostavljenost. Ker so nočne izpostavljenosti dolgotrajnejše, je iz preventivnih razlogov smiselno poskrbeti predvsem za zadostno razdaljo od virov polj. To še posebej velja za dojenčke in malčke. Radijske budilke naj bi zato ne bile nameščene neposredno ob glavi. Pri oddajniku babyphona in predvsem pri usmernikih je potrebno paziti na zadostno razdaljo od otroške posteljice. Če je mogoče, naj oddajnik deluje na baterije, saj v tem primeru nizkofrekvenčna izmenična polja ne nastajajo.
- Poskrbi, da so elektroinstalacije dobro izolirane in nameščene pod omet;
- Elektronskih naprav ne pušča v stanju "standby" in jih raje izključi. To velja predvsem za televizorje in avdio naprave;

S temi ukrepi lahko dosežemo, da so imisije na tako imenovanih mestih z občutljivo rabo dolgoročno pod imisijskimi mejnimi vrednostmi za zaščito pred škodljivimi vplivi EMS. Gre za mesta, na katerih se ljudje danes dlje časa zadržujejo oz. se bodo dlje časa zadrževali v prihodnosti.

Preventivni ukrepi so usmerjeni v dve smeri:

- na eni strani gre za tehnične in obratovalne ukrepe na virih EMS,
- na drugi strani ima odločilno vlogo razdalja med napravo in kraji, za katere je zahtevana večja stopnja varstva pred EMS. Pomembna je določitev varovalnega območja, za katero je potrebno načrtovati nove vire EMS z veliko pozornostjo.

V državah, ki uvajajo načelo previdnosti, velja zahteva po upoštevanju varovalnega območja le za naprave ter ob morebitni rekonstrukciji ali preselitvi obstoječe naprave na novo lokacijo. V nekaterih skrajnih primerih so dovoljene izjeme. Pri tem mora lastnik naprave dokazati, da je storil vse, kar je bilo tehnično in ekonomsko mogoče, da bi območja z občutljivo rabo čim manj obremenjeval.

V nasprotju z novimi napravami pa so lahko pri obstoječih napravah kraji z občutljivo rabo preimenovani v varovalno območje. Praviloma ekonomsko ne bi bilo upravičeno, če bi obstoječo napravo preselili na drugo lokacijo zgolj zaradi preventivnih razlogov.

V iskanje pravega razmerja med svobodo in pravicami posameznikov, industrije in organizacij ter zahtevami po zmanjševanju tveganj za človeka in okolje je vključenih vedno več posameznikov in vlad po svetu. Da bi lahko zagotovili korektne, nediskriminacijske, transparentne in koherentne ukrepe, je potrebno začeti izvajati strukturirane in vodene odločitve, podprte z natančnimi strokovnimi in drugimi ključnimi informacijami.

Študija "Osebna izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem v Sloveniji" je delno sofinancirana v skladu s pogodbo C2717-11-000003 z Upravo RS za varstvo pred sevanji v okviru Ministrstva za zdravje.



10. Literatura

1. EC: 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)
2. EC: Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary principle. Brussels, 02.02.2000. (glej: europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution.htm)
3. EC: European Commission: SCIENTIFIC COMMITTEE ON EMERGING AND NEWLY IDENTIFIED HEALTH RISKS, Preliminary Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, Brussels, 2006: (glej: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_006.pdf)
4. Gajšek Peter (ed): Elektromagnetna sevanja - okolje in zdravje, Projekt Forum EMS; 2005. ISBN 961-238-424-x
5. IARC International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks in humans: Preamble. Lyon: International Agency for Research on Cancer 1995, (glej: www.iarc.fr)
6. ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74(4): 494-522, 1998, (glej: www.ICNIRP.org)
7. ICNIRP Statement: Use of the ICNIRP EMF Guidelines, 1999, (glej: www.icnirp.org/Explorer/pubEMF.htm)
8. ICNIRP Statement: IARC evaluation of carcinogenic risks to humans from exposures to electric and magnetic fields, 2001, (glej: <http://www.icnirp.org/Explorer/Activities.htm>)
9. Miklavčič Damijan, Gajšek Peter: Vpliv neionizirnih elektromagnetnih sevanj na biološke sisteme. 1. izd. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 1999. ISBN 961-6210-61-0.
10. 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)
11. WHO Fact sheet No. 296: Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic Hypersensitivity, Geneva: World Health Organization; 2005. (glej: www.who.int/peh-emf)
12. UNEP/WHO (United Nations Environmental Programme/World Health Organization). Environmental health criteria series, No. 232. Static Fields. Geneva: World Health Organization; 2006.

