

Ing.Kemal Dervić

**ČOVJEK U BLISKOM
RADIOFREKVENCIJSKOM
POLJU**

Ing.Kemal Dervić, YT6DKP
ČOVJEK U BLISKOM RADIOFREKVENCIJSKOM POLJU

Recenzenti:

Prof. dr Ivo M. Kostić
redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta
Univerziteta u Podgorici

Dr Radojka Praštalo
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Banjaluci

Predgovor

Sa sve češćim i širim korištenjem elektromagnetske (EM) energije javnost postaje sve više zabrinuta zbog njenih eventualnih štetnih djelovanja na ljudski organizam. Konfuziji u pogledu toga doprinosi i postojanje mnoštva neusaglašenih standarda sigurnosti, ali i nedostatak pravih naučnih objašnjenja o mehanizmu interakcije između biološkog sistema i elektromagnetskog polja.

Od ranije znamo da su jonizirajuća zračenja štetna za biološka tkiva, ali znamo i to da je ova njihova osobina iskorištena u svrhu liječenja raznih oboljenja, prvenstveno kancera. Kako se ranije u razne tehničke svrhe koristila elektromagnetska energija frekvencije koje su u EM spektru smještene daleko ispod jonizirajućeg zračenja, jedva da se i mislilo na to da ove dvije pojave mogu imati nešto zajedničko, bar ne u pogledu djelovanja na biološki sistem. Međutim, kako postoji konstantno prisutna tendencija pomjeranja ka sve višim i višim frekvencijama (što je prvenstveno posljedica zahtjeva za sve većim i većim prenosnim kapacitetima telekomunikacionih sistema), to se frekvencija elektromagnetskog polja signala koji nas sve više okružuju primakla frekvenciji signala jonizirajućeg zračenja i skrenula pažnju javnosti na eventualnu sličnost i u pogledu štetnosti po ljudsko zdravlje.

U tom smislu naročito je postao sumnjiv opseg mikrotalasnih frekvencija. Naime, počelo se sumnjati da je EM polje iz tog opsega frekvencija u stanju da izazove neke poremećaje u ljudskom tijelu koji se, kao posljedica dugotrajnom izlaganju ovom polju, mogu manifestirati kao Daunov sindrom, kancer ili katarakta. Upravo zbog toga se i nauka morala pozabaviti tim problemom. To je rezultiralo pojavom mnogih radova koji su po svojim tvrdnjama često bili suprotstavljeni, a mnoge tvrdnje iz njih su vremenom bile i opovrgnute. Međutim, i pored toga im se mora priznati zasluga za inicijativu koja je dovela do mnogih relevantnih saznanja vezanih za ove pojave, a što je rezultiralo u pokušaju definisanja nekih opštih zaštitnih standarda u okviru novostvorenih instituta i organizacija. Doduše, saopštenja takvih ustanova imaju samo snagu preporuke, a na savjesti vlada pojedinih država je da li će ih usvojiti i u kojem obimu, te tako adekvatno zaštititi svoje stanovništvo od eventualnih štetnih posljedica ovih djelovanja. Međutim, situacija je danas takva da razne države koriste razne standarde, a mnoge nažalost još uvijek ne koriste nikakve.

Zbog toga je znanje o suštini ovih pojava od presudnog značaja za samozaštitu svakog pojedinca, bez obzira da li on spada u opštu populaciju ili u one koji su profesionalno vezani za sredinu onečišćenu EM poljem ili zračenjem. A solidan nivo takvog neophodnog znanja pružiće čitaocima upravo ova knjiga.

Očigledno, bilo bi pretenciozno postaviti cilj da se u okviru jedne knjige kompetentno razmotre svi aktuelni problemi uticaja elektromagnetskog zračenja na ljudski organizam iz cijelog EM spektra. Iz tog razloga, u ovoj knjizi uglavnom se razmatraju zračenja iz radiofrekvencijskog dijela elektromagnetskog spektra.

Izlaganja u ovoj knjizi podijeljena su u deset Glava.

U Glavi 1 razmatraju su osnovni pojmovi vezani za fenomen elektromagnetskih talasa, kao i fizičke osnove elektromagnetskog zračenja. Kod razmatranja osnovnih mjernih veličina vezanih za elektromagnetsko zračenje, akcentat je dat na gustinu elektromagnetskog polja jer je ova veličina direktni pokazatelj izloženosti zračenju elektromagnetskim talasima.

U Glavi 2 i Glavi 3 data je kraća analiza zračenja *nižih frekvencija* od RF talasnog područja kao i zračenja *viših frekvencija* od RF talasnog područja. Ovo iz razloga sagledavanja osnovnih karakteristika zračenja iz tih dijelova EM spektra, kao i zbog kontinuiteta sa daljim izlaganjem.

U Glavi 4 razmotreni su osnovni tipovi RF antena sa glavnim karakteristikama kao i elementarni princip rada osnovnog zračećeg elementa – dipola.

U Glavi 5 dat je pregled glavnih izvora elektromagnetskog zračenja iz radiofrekvencijskog dijela EM spektra, kao i njihove karakteristike koje su važne kod procjene izloženosti ovoj vrsti elektromagnetskog zračenja.

U Glavi 6 razmatraju se funkcionalne, frekvencijske i tehnološke specifičnosti celularnih mreža, koje u posljednje vrijeme predstavljaju veoma značajne i specifične izvore RF/MT zračenja.

U Glavi 7 razmatrana je interakcija mobilnog telefona sa tkivom glave čovjeka kao i mogućnost štetnih efekata na zdravlje čovjeka od mikrotalasnog zračenja koje emituju ovi uređaji. Tokom rada na ovom dijelu knjige, radi usaglašavanja sa terminima i pojmovima vezanim za medicinu, vršene su konsultacije sa Dr. Ilhanom Tursumovićem – neuropsihijatom.

U Glavi 8 dat je pregled osnovnih standarda sa kojima se postavljaju granice za izloženost elektromagnetskom zračenju.

U Glavi 9 razmatrane su osnovne mjerne metode na osnovu kojih se vrši procjena i donose zaključci o stepenu izloženosti EM zračenju.

U Glavi 10 dat je pregled osnovnih karakteristika i tipova mjernih uređaja koji se koriste za mjerenje elektromagnetskog polja.

Veoma sam zahvalan recenzentima profesoru Ivu Kostiću i Dr Radojki Praštalo koji su mi svojim dragocjenim primjedbama i sugestijama pomogli da ova knjiga dobije konačan oblik. Međutim, konačno i jedino je autor odgovoran za moguće greške i propuste.

Posebno sam zahvalan firmi "Grafo Crna Gora" d.o.o. iz Podgorice koja je omogućila izdavanje ove knjige.

Pljevlja, septembra 2008.

Autor

SADRŽAJ

1. OSNOVI ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA	1
1.1. Osnovni pojmovi elektromagnetskog zračenja	2
1.2. Fizičke osnove elektromagnetskog zračenja	6
1.2.1. Elektromagnetsko polje	6
1.2.1.1. Električno polje	6
1.2.1.2. Magnetsko polje	7
1.2.1.3. Međusobna zavisnost električnog i magnetskog polja	9
1.2.1.4. Vremenski promjenljivo elektromagnetsko polje	10
1.2.1.5. Pojam "bliske" i "daleke" zone elektromagnetskog polja	13
1.3. Električne karakteristike elektromagnetskog polja	15
1.3.1. Karakteristična impedansa slobodnog prostora	16
1.3.2. Gustina snage elektromagnetskih talasa	17
1.3.3. Srednja vrijednost gustine elektromagnetskog polja (RMS).	18
1.3.4. Snaga EM talasa u zavisnosti od rastojanja	19
1.3.5. Izlazna snaga radiofrekvencijskog predajnika	21
1.3.6. Efektivna izotropna zračena snaga	22
2. ZRAČENJE ELEKTROMAGNETSKIH POLJA VRLO NISKIH FREKVENCIJA	27
2.1. Izvori jednosmjernih električnih i magnetskih polja	27
2.1.1. Magnetosfera	27
2.1.2. Magnetska rezonansa	29
2.2. Izvori vremenski promjenljivih električnih i magnetskih polja .	32
2.2.1. Trofazni izvori	33
2.3. Elektromagnetska polja vrlo niskih frekvencija u našem okruženju	34
2.3.1. Elektro-energetski sistem	34
2.3.2. Nadzemni energetski vodovi	35
2.3.3. Podzemni energetski kablovi	37
2.3.4. Transformatorske stanice	38
2.3.5. Električne instalacije	39
2.3.6. Prevozna sredstva na električni pogon	39
2.3.7. Električni uređaji	40
2.3.8. Video-terminali (monitori)	42
2.3.8.1. Svjetlosno zračenje monitora	45
2.3.8.2. Vremenski promjenljiva električna polja monitora	45
2.3.8.3. Magnetska polja monitora	46
2.3.8.4. Elektrostatička polja monitora	47
2.4. Biološki efekti VLF polja	47
2.5. Standardi sigurnosti za izloženost VLF poljima	48
2.6. Mjerenje VLF polja	49

3. OPTIČKO ZRAČENJE	53
3.1. Teorija optičkog zračenja	53
3.1.1. Talasna teorija svjetlosti.....	54
3.1.2. Kvantna teorija svjetlosti	54
3.2. Optičko zračenje	55
3.2.1. Ultraljubičasto zračenje	57
3.2.2. Vidljivo zračenje	57
3.2.3. Infracrveno zračenje	58
3.3. Optičko zračenje i ljudsko oko	58
4. RADIOFREKVENCIJSKE ANTENE	61
4.1. Pojam decibela	62
4.2. Osnovne karakteristike antena	64
4.2.1. Impedansa antene	65
4.2.2. Polarizacija antene	66
4.2.3. Dijagram usmjerenosti antene	67
4.2.4. Prijemni ugao antene-beamwidth	68
4.2.5. Frekvencijski opseg antene	68
4.2.6. Dobitak ili pojačanje antene	68
4.3. Osnovni zračeći elemenat – dipol	70
4.3.1. Pretvaranje dipola u monopol (unipol)	71
4.4. Osnovne vrste antena	75
4.5. Antene GSM uređaja	81
4.5.1. Antene baznih stanica	81
4.5.2. Antene mobilnih telefona	84
5. ZRAČENJE ELEKTROMAGNETSKIH POLJA	
RADIO FREKVENCIJA	89
5.1. Izvori radiofrekvencijskog zračenja	91
5.1.1. Radio i TV predajnici	92
5.1.2. Radari	99
5.1.3. Mikrotalasne pećnice	101
5.1.4. Mikrotalasni radio sistemi	102
5.1.5. Primo-predajni satelitski uređaji	109
5.1.6. Ručni radio primopredajni uređaji	110
5.1.7. Radio-amaterski primopredajni uređaji	115
5.1.8. Mobilni telefoni	120
5.2. Uticaj RF/MTzračenja na čovjeka	121
5.2.1. Glavni faktori apsorpcije RF/MT energije u tijelo čovjeka .	121
5.2.1.1. Dielektrična kompozicija	122
5.2.1.2. Veličina tijela	123
5.2.1.3. Oblik, orijentacija i polarizacija	125
5.2.1.4. Složenost polja	127

6. RADIOFREKVENCIJSKO ZRAČENJE GSM	
MREŽA	131
6.1. Pregled razvoja sistema mobilne telefonije	131
6.2. Osnovna struktura i princip rada GSM mreže	136
6.2.1. Mobilna stanica	136
6.2.2. Sistem baznih stanica	139
6.2.3. Mrežni i komutacioni sistem	139
6.3. Sistem pokrivanja područja sa GSM mrežom	141
6.4. Tehnologija prenosa signala	144
6.4.1. FDMA pristup	144
6.4.2. TDMA pristup	145
6.4.3. CDMA pristup	147
6.5. Efekti prostiranja EM talasa kod mobilnih komunikacija	149
6.6. Regulisanje snage predajnika bazne stanice i mobilnog telefona	151
6.7. Uticaj EM zračenja baznih stanica mobilne telefonije	155
6.7.1. Proračun granične zone nedozvoljenog nivoa zračenja	162
6.7.2. Proračun nivoa elektromagnetske emisije u lokalnoj zoni GSM bazne stanice.....	163
7. INTERAKCIJA MOBILNOG TELEFONA I TKIVA GLAVE ČOVJEKA	167
7.1. Specifična upijena RF energija koju emituje mobilni telefon	167
7.2. Metode i rezultati mjerenja SAR vrijednosti kod mobilnih telefona	172
7.2.1. Trodimenzionalna mjerenja snage zračenja mobilnih telefona, sa osvrtom na interakciju sa korisnikom	172
7.2.2. Dozimetrijski sistem procjene (DASY)	173
7.2.3. Metod vremenskog domena sa krajnjom razlikom FDTD ...	174
7.2.4. Primjena FDTD numeričke platforme za istraživanje interakcije mobilnog telefona i korisnika	178
7.2.5. Rezultati ispitivanja mobilnih telefona	179
7.2.5.1. Benčmark test mobilnih telefona (metoda uzoraka) ...	180
7.2.5.2. Numeričko ispitivanje uticaja na korisnike	182
7.3. Mozak i moždane aktivnosti	188
7.3.1. Osnovna struktura mozga	188
7.3.2. Nervna ćelija-neuron	190
7.3.3. Fiziologija nervne ćelije i nerava	190
7.3.4. Naponi mozga-Elektroencefalografija (EEG)	194
7.4. Mobilni telefon i naše zdravlje	197
7.4.1. Fizički odnos: mobilni telefon-ljudski mozak	197
7.4.2. Šta kažu istraživanja	202
7.5. Savjeti za bezbjednije korištenje mobilnog telefona	209

8. STANDARDI IZOŽENOSTI	
ELEKTROMAGNETSKOM ZRAČENJU	219
8.1. Razvoj standarda u oblasti RF zračenja	220
8.2. Evropski standardi	222
8.3. ICNIRP standard	223
8.3.1. Osnovna ograničenja	223
8.3.2. Referentni nivoi	225
8.3.3. Granične vrijednosti	226
8.4. Standardi za RF zračenja za tehničke uređaje	228
9. MJERENJA I PROCJENA IZLOŽENOSTI	
ELEKTROMAGNETSKOM ZRAČENJU	231
9.1. Mjerenja na samom izvoru elektromagnetskog zračenja	234
9.1.1. Opšta razmatranja za mjerne operacije	234
9.1.1.1. Lokacije mjernih tačaka	235
9.1.1.2. Broj mjernih tačaka	235
9.1.1.3. Nivo odlučivanja	236
9.1.2. Mjerne metode	237
9.1.2.1. Slučaj 1- Metoda brzog pregleda	237
9.1.2.1.1. Mjerni uređaj i antene	237
9.1.2.1.2. Način mjerenja	237
9.1.2.1.3. Obrada podataka	238
9.1.2.1.4. Izloženost jednostrukom frekvencijskom polju	238
9.1.2.1.5. Procjena nepouzdanosti	239
9.1.2.1.6. Mjerni izvještaj	239
9.1.2.2. Slučaj 2- Metoda skeniranja promjenljivog frekvencijskog opsega	239
9.1.2.2.1. Mjerni uređaj i antene	240
9.1.2.2.2. Provjera opreme	240
9.1.2.2.3. Način mjerenja	241
9.1.2.2.4. Obrada podataka	242
9.1.2.2.5. Procjena nepouzdanosti	242
9.1.2.2.6. Mjerni izvještaj	242
9.1.2.3. Slučaj 3- Metoda detaljnog ispitivanja	243
9.1.2.3.1. Oprema za mjerenje	243
9.1.2.3.2. Provjera opreme	243
9.1.2.3.3. Način mjerenja	244
9.1.2.3.4. Specijalna mjerenja	244
9.1.2.3.5. Procjena nepouzdanosti	248
9.1.2.3.6. Mjerni izvještaj	248
9.1.2.4. Glavni mjerni izvještaj	249
9.1.2.5. Primjeri izvođenja zaključka o usklađenosti RF/MT zračenja sa referentnim usvojenim standardima	250
9.1.2.6. Označavanje područja u neposrednoj blizini emisionih postrojenja i preventivna zaštita servisnog osoblja	252

9.2. Mjerenje elektromagnetskog zračenja u objektima za rad i stanovanje	255
9.2.1. Primjer kompletnog mjerenja i procjene elektromagnetskog zračenja u objektu za stanovanje	257
9.2.1.1. Opis lokacije	257
9.2.1.2. Mjerenje statičkih elektromagnetskih polja (0 Hz)	260
9.2.1.3. Spektralna analiza	264
9.2.1.3.1. Plan i opis mjerenja	264
9.2.1.3.2. Mjerni uređaji	267
9.2.1.4. Mjerenje elektromagnetskih polja niskih frekvencija	268
9.2.1.4.1. Plan i opis mjerenja	268
9.2.1.4.2. Mjerni uređaji	268
9.2.1.5. Mjerenje elektromagnetskih polja visokih frekvencija	271
9.2.1.5.1. Plan i opis mjerenja	271
9.2.1.5.2. Mjerni uređaji	271
9.2.1.6. Zaključak	274
9.2.2. Korektivne akcije poslije mjerenja i procjene elektromagnetskog zračenja u objektu za stanovanje	275
10. MJERNI INSTRUMENTI	279
10.1. Mjerna sredstva	279
10.1.1. Upotrebne karakteristike mjernih uređaja	280
10.1.2. Mjerni opseg i raspon	280
10.1.3. Osnovne karakteristike mjernih uređaja	281
10.1.3.1. Tačnost	281
10.1.3.2. Preciznost	281
10.1.3.3. Razlaganje	281
10.1.3.4. Linearnost	283
10.1.3.5. Osjetljivost	283
10.1.3.6. Pokretljivost	283
10.1.3.7. Stabilnost	284
10.1.3.8. Klasa tačnosti	284
10.1.3.9. Ulazna i izlazna impedansa	285
10.1.4. Uređaji za mjerenje elektromagnetskog zračenja	285
10.1.4.1. Primjeri uređaja za mjerenje EM zračenja	286
ZAKLJUČAK	293
RECENZIJE	295
LISTA SKRAĆENICA	298
PRILOG – A: Tabele konverzija mjernih jedinica	302

Prof.dr Ivo Kostić
Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Podgorici

RECENZIJA

Opšte

Knjiga "Čovjek u bliskom radiofrekvencijskom polju" autora Kemala Dervića u obimu od 306 strane sadrži: deset poglavlja, 37 tabela, 160 slika/dijagrama i bibliografiju sa 210 referenci.

Relevantnost problema koji se razmatra u knjizi

Osnovni i aktuelni telekomunikacioni zahtjev svodi se na sledeće: omogućiti komunikaciju na bilo kom mjestu i u bilo kom trenutku. Ovako formulisani zahtjev implicitno upućuje na radiokomunikacije. Sa jedne strane postoji ogromni broj potencijalnih korisnika radiofrekvencijskog spektra, a sa druge strane taj resurs je veoma ograničen. U vezi stim javlja se veliki broj radio-emisija u relativno uskom frekvencijskom opsegu. Drugačije rečeno, spektralna gustina snage koja potiče od različitih radio-emisija je permanentno prisutna i relativno je visokog intenziteta. Po prirodi problema pomenute emisije su u službi čovjeka i njegovih svakodnevnih potreba. Dakle, čovjek je permanentno izložen određenom intenzitetu radiofrekvencijskog zračenja. U vezi stim otvara se niz važnih pitanja: 1. vezanih za fenomenologiju uticaja radiofrekvencijskog zračenja na zdravlje ljudi, 2. za mjerenje nivoa radiofrekvencijskog zračenja i 3. za standardizaciju dozvoljenih nivoa radiofrekvencijskog zračenja. Knjiga autora Kemala Dervića daje sadržajne i aktuelne odgovore na svako od navedenih pitanja.

Nalaz vezan za organizaciju i za prezentaciju materije

Pogodnim izborom strukture knjige, i posebno razumljivom prezentacijom, autor je uspio da vrlo složenu materiju na sistematičan i jednostavan način približi širokoj čitalačkoj publici. Dakle, autor je, po mišljenju ovog recenzenta, uspostavio odličan balans između analitički zahtjevne egzaktne elektromagnetske analize i raspoloživih rezultata epidemioloških studija o uticaju radiofrekvencijskog zračenja na zdravlje ljudi. Autor često daje karakteristične i korisne praktične primjere u cilju kvalitativne i kvantitativne ilustracije problema koji se razmatra. Autor korektno referencira tvrdnje i dokaze.

Preporuke

Po mišljenju ovog recenzenta knjiga "Čovjek u bliskom radiofrekvencijskom polju" autora Kemala Dervića biće potencijalno interesantna i korisna za stručnjake koji su u permanentnom operativnom kontaktu sa radiokomunikacionom opremom, ljekarima koji žele da dublje sagledaju tehnički uzrok problema vezanih za zdrastveno štetni uticaj radiofrekvencijskog zračenja, i konačno najširoj populaciji koja je u stalnom i bliskom kontaktu sa mobilnim telefonom kao izvorom potencijalno opasnog radiofrekvencijskog zračenja.

Imajući u vidu gore navedeno, imam iskreno profesionalno zadovoljstvo da predložim izdavaču da štampa knjigu "Čovjek u bliskom radiofrekvencijskom polju" autora Kemala Dervića.

Recenzent,
Prof. dr Ivo Kostić, s.r

Dr Radojka Praštalo
Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Banjaluci

RECENZIJA

knjige: "Čovjek u bliskom radiofrekvencijskom polju", autora Kemala Dervića

Sa zadovoljstvom sam se prihvatila obaveze da napišem recenziju za ovu knjigu, izuzetno aktuelne teme.

Iako se i sama bavim ovom oblašću, moram priznati da sam iz podataka i informacija koje je sakupio i na veoma prikladan način prezentovao autor, i ja mnogo naučila.

Oduvjek sam bila propagator ideje da se nauka mora prezentovati opštoj populaciji na prikladan način da bi od nje svi mogli imati koristi, te sam u tom smislu i sama autor nekoliko knjiga i mnogih eseja. Možda je to upravo razlog što mi se ova ideja autora toliko dopala, jer je on svojim djelom pokazao da ima takva stremjenja, što je vidljivo i iz njegove prethodne knjige "Praktikum kablovske televizije", a pogotovo iz ove.

Osim toga, ova knjiga je izuzetno značajna sa stanovišta prevencije zdravlja našeg balkanskog stanovništva, s obzirom da se naše stanovništvo konstantno izvirgava stresovima enormno visokog intenziteta (ratovi, bijeda, bezperspektivnost, nesigurnost, ne postojanje pravne države i pravne zaštite itd), truje se hranom koja nije dobila vizu za ulazak u razvijene zemlje, a "poprašeni" smo i raznim radioaktivnim supstancama od strane NATO-a. Uz sve to, sistem zdravstvene zaštite je veoma loš i nedostupan svima, premrežen mitom i korupcijom, sa slabo uključenim mjerama prevencije zdravlja, tako da ova knjiga autora Kemala Dervića, predstavlja JEDINU svjetlu tačku u svemu tome.

Upravo zbog toga je preporučujem kao obaveznu literaturu svim porodicama i pojedincima koji žele da opstanu, sačuvaju svoje zdravlje, a da se pri tom slobodno koriste svim modernim tehničkim i tehnološkim dostignućima u svrhu razvoja i napretka ovih naših balkanskih prostora.

Dr Radojka Praštalo, s.r.