

**UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU**



**Dejan Krstić
Dušan Sokolović**

**METODE I REZULTATI
ISTRAŽIVANJA
ELEKTROMAGNETNIH ZRAČENJA
U ŽIVOTNOJ SREDINI**

Niš, 2020.

Dejan D. Krstić
Dušan Sokolović

**METODE I REZULTATI ISTRAŽIVANJA
ŠTETNOG DEJSTVA ELEKTROMAGNETNIH
ZRAČENJA U ŽIVOTNOJ SREDINI**

Monografija

Januar 2021.

Autori

dr Dejan D. Krstić,
Fakultet zaštite na radu, Niš
dr Dušan M. Sokolović,
Medicinski fakultet, Niš

Naslov

**METODE I REZULTATI ISTRAŽIVANJA ŠTETNOG DEJSTVA
ELEKTROMAGNETNIH ZRAČENJA U ŽIVOTNOJ SREDINI**

Prvo izdanje, Niš, 2021.

Izdavač

Fakultet zaštite na radu, Niš
18000 Niš, Čarnojevića 10a

Za izdavača

Dekan fakulteta, profesor dr Momir Prašćević

Recenzenti

Prof. dr Vera Markoivić,
Elektronski fakultet, Niš
Prof. dr Jovica Jovanović,
Medicinski fakultet, Niš
Prof. dr Nenad Cvetković,
Elektronski fakultet, Niš

*Odlukom Naučno-nastavnog veća Fakulteta zaštite na radu u Nišu
br. 03-89/3 od 7.2.2020.god. kvalifikovano kao monografija.*

Tehnička obrada

Autori

Korice

Rodoljub Avramović

Štampa

Atlantis, Niš

Tiraž

200 primeraka

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Народна библиотека Србије, Београд

614.875

КРСТИЋ, Дејан, 1969-
Методe и резултати истраживања штетног дејства електромагнетних зрачења
у животnoj средини : монографија / Дејан Д. Крстић, Душан Соколовић. - 1. изд. -
Niš : Fakultet zaštite na radu, 2021 (Niš : Atlantis). - 281 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Bibliografija: str. 235-276.

ISBN 978-86-6093-092-9

1. Соколовић, Душан, 1969- [аутор]
а) Електромагнетско зрачење -- Штетно дејство

COBISS.SR-ID 283158028

ISBN 978-86-6093-092-9

PREDGOVOR

Život na zemlji nastaje i opstaje usled elektromagnetnog zračenja sa Sunca - sunčevog zračenja. To elektromagnetno zračenje predstavlja samo jedan deo spektra elektromagnetnog zračenja. Ovaj deo predstavlja zračenje koje je milionima godina dospevalo do zemlje, u njemu je život nastao i opstaje, ali čovek je za zadnjih sto godina počeo da generiše, naučio da upotrebljava i koristiti elektromagnetne talase za prenos informacija kao novi oblik neophodan za savremeno društvo, društvo znanja.

Zračenje kao oblik prenošenja energije karakteriše se interakcijom sa materijom do koje dolazi. Primer su i biljke koje su razvile mehanizme prikupljanja te energije i pretvaranja te energije u hemijsku energiju. I kroz ovu činjenicu se može uvideti da postoji interakcija elektromagnetnih zračenja sa živim ćelijama, tkivima i da dejstvo na funkcionisanje živih organizama. Nejonizujuća zračenja podrazumevaju različite oblike elektromagnetnih talasa koje u interakciji sa materijom nemaju dovoljno energije da izazovu jonizaciju atoma ili molekula te materije. Delovanje na elemente materijalne sredine postoji a biološki efekti nejonizujućih elektromagnetnih zračenja na žive organizme zaokuplja pažnju brojnih istraživača u svetu.

Metodi istraživanja uticaja nejonizujućih elektromagnetnih zračenja a posebno tehnički generisanih zračenja od strane bežičnih telekomunikacionih su složeni i zasnivaju se na multidisciplinarnom pristupu koje mora da obuhvati znanja i istraživanja iz fizike, elektromagnetike, biologije i medicine. Elektromagnetika pri proučavanju pojava prostiranja energije prati metamorfozu fizike u funkciji frekvencija odnosno talasne dužine dužine talasa koji se prostire.

Ulaskom u materijalnu sredinu dolazi do interakcije talasa sa elementima materijalne sredine, a ta interakcija zavisi od talasne dužine. Efekti na sredine koje smatramo živim zavise od načina izgradnje te materije, hemijskih veza, bioloških mehanizma i funkcija koje obavljaju ćelije, tkiva, organi i ceo živi sistem. Posebno nas je zanimalo delovanje elektromagnetnih zračenja na čoveka.

Istraživanja autora su započela krajem prošlog veka i u periodu od preko 20 godina obavljana su entuzijazmom autora i radom na projektima Ministarstva nauke i to:

- Praćenje patogenetskih, morfometrijskih i funkcionalnih promena nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju. br. 1735, Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj RS., 2000-2004.

- Razvoj modela za procenu uticaja zračenja baznih stanica mobilne telefonije na životnu sredinu“, br. 21035, Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, 2008-2010.
- Monitoring elektromagnetnih zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema u životnoj sredini, analiza molekularnih mehanizama i biomarkera oštećenja kod hronične izloženosti sa razvojem modela za procenu rizika i metoda za zaštitu, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja br. III43012, 2011- 2019,
- Zajednička istraživanja merenja i uticaja jonizujućeg i UV zračenja u oblasti medicine i zaštite životne sredin, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja br. III 43011, 2011-2019.

Cilj ove monografije je bio da prikaže načine i metode proučavanja elektromagnetnih zračenja koje generiše savremeni čovek kroz mnoštvo električnih uređaja i njihovo dejstvo na žive organizme. Posebno su prikazane metode koje su razvili i/ili primenjivali autori u ovim istraživanjima.

U ovom delu su prikazani rezultati do kojih su autori došli tokom istraživačke delatnosti u ovoj oblasti, kao i načini istraživanja, metode, postupci i rezultati koji se koriste u savremenoj praksi i od drugih istraživača, naučnika i tehničkih eksperta a koji su u vezi sa razumevanjem dobijenih rezultata samih autora i za koje smatramo da mogu biti drugima od pomoći u njihovom radu.

Autori žele za izraze zahvalnost kolegama koji su učestvovali u istraživanju: dr Darku Zigaru, dr Momiru Dunjiću, dr Borisu Đinđiću, dr Veri Marković i dr Vladimiru Stankoviću.

Zahvaljujemo se svim svojim nastavnicima i profesorima koji su nam pomogli da uđemo u zanimljivi svet istraživanja i nauke, a posebno: prof. dr Dejanu Petkoviću, prof dr Dragutinu Veličkoviću, prof. dr Draganu Veličkoviću, prof dr Jelenki Nikolić i prof. dr Gordani Kocić.

Posebnu zahvalnost dugujemo svojim porodicama i suprugama koji su nam bile podrška u životu i radu.

Na svetog Jovana, 20.1.2020. godine

autori

1. ELEKTROMAGNETNA POLJA I FIZIKA ŽIVOG

1.1 Fizika i živi organizmi

Kvantna medicina (KM) i generalno fizika živog zasniva se na definiciji živog kao četvrtog nivoa kvantne organizacije prirode (nakon nuklearnog, atomskog i molekularnog nivoa). Svaki živi objekt smatra se kvantnim sistemom sa svojim svojstvenim frekvencijama kojima odgovaraju talasne dužine u opsegu milimetarskih talasa koji su formirani u skladu sa genomom. Ovakva definicija se zasniva na teorijskim razmatranjima, kao i na nekim eksperimentima koji nam omogućavaju da vidimo efekat čak nekoliko fotona specifične (rezonantne) frekvencije na makroskopskom živom objektu, kao i da direktno izmerimo zračenje u talasnom opsegu reda mm od takvog predmeta. Kvantna medicina koristi eksperimentalni efekat da ljudsko telo reaguje i na ekstremno niske nivoe elektromagnetnog zračenja na veoma uskim rezonantnim frekvencijama i da delovanje takvih talasa daje jako pozitivan zdravstveni rezultat! Ljudsko telo se može oporaviti od mnogih bolesti (neke od njih ne mogu se efikasno lečiti tradicionalnom medicinom) što je potvrđeno i kliničkim ispitivanjima i to na velikom broju ispitanika. Ovaj fenomen se naziva mikrotalasna rezonantna terapija (MRT) (otkrili su ga 1982. E. A. Andreev, M. I. Belii, S.P. Sitko) i čini osnovu kvantne medicine. Važno svojstvo KM je da MRT u principu ne može da nanese štetu ljudskom telu - njegov efekat je uvek pozitivan i opada kako se telo bliži svom najboljem stanju.

Trenutno kvantna medicina postoji kao fenomenološka nauka, a fizika živog kao lepa hipoteza (više filozofska nego fizička), koja ima za cilj da objasni uočene efekte interakcije niskoenergetskog elektromagnetnog zračenja u mm opsegu sa živim objektima.

1.2 Elektromagnetni talasi i život

Bez prostiranja elektromagnetnih talasa život na zemlji ne bi bio moguć. Elektromagnetni talasi sa Sunca se prostiru kroz bezvazdušni prostor (vakuum) i dolazeći do Zemlje donose preko potrebnu energiju. Čovekovo telo u svakom trenutku generiše niz različitih elektromagnetnih talasa koji omogućavaju funkcionalnost

njegovih organa i život. Savremeni čovek pomoću tehničkih uređaja generiše ceo spektar elektromagnetnih talasa koji mu omogućavaju napredak i funkcionisanje savremenog društva.

Tehnički generisana elektromagnetna polja su tehnički formirane pojave koje dovode do promene elektromagnetnih veličina (karakteristika) prostora u kome čovek živi na zemlji. Elektromagnetne karakteristike prostora su prirodno električno i magnetno polje zemlje. Ova polja se mogu definisati kao statička polja. U suštini ova polja nisu statička već promenljiva, ali je njihov vremenski period promene veoma mali u poređenju sa dinamičkim poljima. Vremenska promena intenziteta od nekoliko procenata magnetnog polja zemlje je reda stotina godina, dok se promena intenziteta električnog polja zemlje može menjati znatno brže i uslovljena je vremenskim promenama tj. oblačnošću.

Tehnički generisana elektromagnetna polja telekomunikacionih uređaja i njihovih izlaznih i emisionih antenskih modula se menjaju znatno brže. Period te promene je od desetak promena u sekundi do nekoliko biliona puta u sekundi. Tehničkim jezikom rečeno frekvencija emitovanih talasa je od reda Hz do reda THz (dimenziono se menja od 1 do 1000000000000).

Sa stanovišta osnovnih elemenata bioloških sistema tj. ćelije, svaka promena elektromagnetnih karakteristika prostora tj. svako prisustvo elektromagnetnog polja različito od onog „prirodnog“ zemljinog sigurno se odražava na funkcionisanje prirodnih procesa. Vrlo je teško to delovanje nazvati potencijalno stimulativnim, pa je logičnije to delovanje okarakterisati kao potencijalno nepovoljno ili štetno.

Svako elektromagnetno polje deluje na materijalne čestice koje imaju naelektrisanje električnim i magnetnim silama. Najizraženije dejstvo je na naelektrisane čestice (elektrone i jone). Postoji veliki broj jona u organizmu (Na^+ , H^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , OH^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^-) koji učestvuju u metabolizmu ćelije, a neki kao K, Na i Cl imaju i svoje kanale u ćelijskoj membrani.

Električno polje delovaće silom i na sisteme koji su kao celina neutralni, ali imaju razdvojene centre pozitivnih i negativnih naelektrisanja. Takve elektrostatičke sisteme nazivamo električnim dipolima i oni su u većini živih organizma gradivni elementi živih sistema. To su dipolni molekuli koji svoje dipolne karakteristike iskazuju i u odsustvu spoljnog električnog polja (polarni molekuli) i molekuli koje svoje dipolne osobine pokazuju (indukuju) kada se nađu u spoljnom električnom polju (nepolarni molekuli). Ovo dejstvo elektromagnetnih sila koje potiču od elektromagnetnih polja (elektromagnetnih talasa) na biološke sisteme se može

posmatrati kao štetno po zdravlje. Koristeći rezultate epidemioloških studija i primenjujući ALARA princip zaštite (As Low As Reasonably Achievable), institucije su donosile ograničenja u intenzitetu polja koje emituju telekomunikacioni sistemi. Biolozi i lekari su tokom prethodnih decenija u istraživanju izvršili mnoge kliničke testove i na osnovu njihovih rezultata predložili maksimalne vrednosti električnih polja prema frekvencijama emitovanih talasa. Nažalost, te referentne vrednosti se odnose na polja van bioloških jedinki tj. u slobodnom prostoru. Ovde se ne uzima u obzir način na koji se talas prostire unutar tela i ne uzima se u obzir ni okruženje u odnosu na telo koje je izloženo tom zračenju. Zato je neophodno da se istraživanjem prošire znanja o raspodeli polja i energija unutar bioloških objekata kako bi se došlo do validnih zaključaka o biološkom dejstvu i prihvatljivim granicama za elektromagnetna zračenja.

Elektromagnetna polja mogu se upotrebiti pri tretmanu nekih oboljenja i u dijagnostičke svrhe pri otkrivanju uzroka zdravstvenih problema. Primer je MRI (Magnetic Resonance Imaging) gde se koriste magnetna polja. Da bi se projektovali i proizveli precizni skeneri neophodno je dobro razumevanje raspodele polja unutar organizma, a posebno u oblastima gde polja dolaze u interakciju sa ćelijama tkiva koje su predmet ispitivanja. Drugi način je povećanje temperature kancerskih ćelija tretiranjem mikrotalasima. Zagrevanjem tih ćelija utiče se na njihovo odumiranje, pa je bitno dovedenu količinu toplote elektromagnetnim talasima koncentrisati u kancerozno tkivo, a izbeći ozračivanje zdravih ćelija i tkiva. U ovom slučaju je potrebno rešiti povezane elektromagnetne probleme, termičke probleme, probleme kretanja fluida u telu (npr. krvi) i mehaničke probleme, da bi se došlo do kreiranja optimizovanih sistema za medicinski tretman.

1.3 Bioelektromagnetizam

Bioelektromagnetizam je interdisciplinarna grana nauke koja istražuje električne, magnetne i elektromagnetne pojave koje utiču na biološka tkiva. Ove pojave uključuju:

- Ponašanje tkiva u polju EM izvora
- Električne struje i potencijale u zapremini provodnika

- Magnetno polje u telu i izvan tela
- Odgovor ćelije na stimulans električnog i magnetnog polja
- Unutrašnje električne i magnetne osobine tkiva

Bioelektromagnetizam obuhvata biološke, inženjerske i fizičke nauke. Posebno se u okviru nje izdvajaju i sledeće naučne discipline:

- Biofizika – Nauka koja istražuje rešavanje bioloških efekata analizirajući ih sa aspekta fizike
- Bioinženjerstvo – Primena inženjerskih nauka u razvoju zdravstvenih uređaja, analize bioloških sistema i proizvodnje uređaja koji su zasnovani na novim tehnologijama
- Biotehnologija – Proučavanje mikrobioloških procesnih tehnologija uz primenu u poljoprivredi, tehnologiji hrane i proizvodnji lekova.
- Medicinska elektronika – Razvoj biomedicinskog inženjerstva uz razvoj električnih uređaja i metoda u medicini.
- Medicinska fizika – Nauka koja se bavi fizičkim problemima u kliničkoj medicini
- Biomedicinsko inženjerstvo – Inženjerska disciplina zasnovanja na primeni nauke i tehnologije (uređaja i metoda) za biologiju i medicinu.

1.4 Biološki efekti nejonizujućih zračenja

Dugotrajna istraživanja u toku prethodnih godina ukazala su na značajne biološke efekte nejonizujućih zračenja. Ovi biološki efekti su vrlo kontroverzni, jer ne postoji standardizovana metodologija ispitivanja, a i vrste izvora značajno se razlikuju. Postoji mnoštvo faktora od kojih mogu zavisiti efekti, pa je značajno razložiti ih, što može doprineti boljim rezultatima koji se odnose na značaj i opseg bioloških efekata.

Biološki efekti koje izazivaju pojedine vrste nejonizujućih zračenja se mogu grupisati u tri kategorije [Error! Bookmark not defined.]:

- faktori vezani za karakteristike izvora zračenja;
- faktori vezani za modalitete ekspozicije;
- faktori vezani za biološke karakteristike.

U faktore vezane za karakteristike izvora zračenja spadaju:

- dimenzije izvora (tačkasti ili zapreminski);
- frekvencija emitovanog zračenja (ili njegova talasna dužina), a u vezi sa dubinom penetracije zračenja u tkiva;
- polarizacija talasa (linearna ili kružna);
- intenzitet ili gustina snage ili snopa;
- način emitovanja zračenja (koherentno ili nekoherentno, kontinuirano, pulsno) uz različite oblike pulsnog emitovanja, oblika signala, kao i vrsta modulacije signala (amplitudna, frekvencijska i različite vrste digitalne modulacije signala).

U faktore vezane za modalitete ekspozicije spadaju:

- trajanje ekspozicije i njegova vremenska raspodela (kontinuirana ili intermitentna ekspozicija);
- rastojanje od izvora (bliska i daleka zona zračenja, izuzev u slučaju ekspozicije laserskom zračenju);
- prostorna distribucija ekspozicije (potpuna ili delimična ekspozicija organizma).

U faktore vezane za biološke karakteristike spadaju:

- ćelijski ili molekularni sastav izloženih tkiva;
- fiziološke karakteristike tkiva (prokrvljenost, ako su u pitanju termički efekti);
- elektromagnetne osobine tkiva (ϵ, μ, σ);
- dimenzije tkiva;
- biološka senzitivnost tkiva na vrstu zračenja;
- funkcionalni značaj tkiva ili organa koji su izloženi.

U zavisnosti od dominantnih fizičkih efekata tj. mehanizma delovanja:

- Indukovanje struje;
- Magnetni efekti delovanja;
- Termički efekti kao posledica dielektričnih osobina materije;
- Netermički efekti usled kombinacije više efekata sličnih intenziteta delovanja.

U zavisnosti od uslova ekspozicije, izloženost ljudi zračenjima se deli u tri grupe:

- profesionalna ekspozicija;
- ekspozicija stanovništva;
- medicinska ekspozicija.

Profesionalna ekspozicija odnosi se na punoletna lica koja u toku svoje profesionalne delatnosti sa izvorima zračenja mogu biti akutno ili hronično izloženi [338].

Ekspozicija stanovništva odnosi se na pojedince, uključujući sve starosne kategorije, koji u toku celog života mogu biti izloženi pojedinim vrstama zračenja. Ekspozicija stanovništva se može definisati kroz ekspoziciju prostora u kojima se boravi, pa tako Pravilnik¹ definiše zone povećane osetljivosti područja stambenih zona u kojima se osobe mogu zadržavati i 24 sata dnevno; škole, domovi, predškolske ustanove, porodilišta, bolnice, turistički objekti, te dečja igrališta; površine neizgrađenih parcela namenjenih, prema urbanističkom planu, za navedene namene, u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije.

I pored toga što nivo izlaganja pojedinaca iz stanovništva može biti ispod maksimalno dozvoljenih nivoa u skladu sa odgovarajućim standardom ili drugim propisom, broj ozračenih lica i dužina ekspozicije mogu predstavljati značajnu kolektivnu ekspoziciju stanovništva u celini. Ovo u epidemiološkim istraživanjima

¹ Pravilnik o granicama izlaganja nejonizujućim zračenjima, Службени гласник РС”, број 104/09

može ukazati na efekte po stanovništvo koji dugo vremena mogu biti skriveni i nedovoljno istraženi.

Medicinska ekspozicija odnosi se na ekspoziciju pacijenata podvrgnutih dijagnostičkoj ili terapijskoj primeni određenih izvora zračenja. Ovde se misli na izlaganje jakim magnetnim poljima u dijagnostičke svrhe (magnetna tomografija), radiofrekventnim zračenjima ili mikrotalasima u okviru terapija delovanja na kancerозна tkiva i dr.

Naime, napredak u nauci i tehnologiji doprinosi promenama i u čovekovoj okolini, unoseći nove faktore koji, pored koristi koje nove tehnologije donose, imaju i nepoželjne efekte.

Naglo povećanje broja električnih i elektronskih uređaja, uključujući i brzi porast telekomunikacionih sistema, upotreba u medicini i kućnoj upotrebi, povećali su mogućnost ekspozicije bioloških jedinki radiofrekventnim i ELF (Extremely Low Frequency) poljima. Mnogi naučnici su još pre tri decenije upozoravali da će čovečanstvo uskoro ući u eru »elektromagnetske polucije« životne sredine, koja se može uporediti sa današnjim hemijskim zagađenjem, ukoliko se u skoroj budućnosti ne uvedu odgovarajući programi i metode kontrole.

Elektromagnetni talasi pri prolazu iz jedne biološke sredine u drugu mogu se reflektovati na granici pojedinih slojeva, biti apsorbovani u određenom iznosu u tkivu ili mogu da prođu do dubljih slojeva. U stvarnosti sve tri pojave se dešavaju istovremeno, a deo energije talasa interaguje sa elementima materije izazivajući fizičke i hemijske promene što se u konačnom ispoljava kao konverzija u druge oblike energije. Deo energije koji ostaje u tkivu se zove apsorbovana energija i najveći deo energije pretvara se u toplotnu energiju. Taj deo energije definiše biološko dejstvo elektromagnetnog zračenja uz sve moguće interakcije na mikroskopskom nivou (ćelijska membrana, subcelularne strukture), koje izazivaju promene u funkcijama bioloških struktura živih organizama. Direktni biološki efekti koji nastaju na mestu primarne interakcije mogu da indukuju sekundarne efekte. Biološki efekti po svojoj prirodi mogu da budu akutni i hronični, a u mnogim slučajevima potrebno je da protekne znatan vremenski period između primarne interakcije i pojave vidljivih bioloških efekata.

Primarni fizički efekat električnih i magnetnih polja krajnje niskih frekvencija – ELF polja (Extremely Low Frequency, $f = 30 \div 300$ Hz, $\lambda = 10000 \div 1000$ km) u biološkim sistemima je indukcija što rezultuje indukovanim električnim strujama koje

mogu biti i elektronske i jonske. Mehanizam interakcije može da bude direktan (ekspozicija same jedinke) i indirektan (kada se jedinka nalazi u blizini drugih tela).

Mesto primarne reakcije ELF polja sa biološkim jedinkama je ćelijska membrana, a utvrđeno je da utiču na hormonalnu sekreciju, jonsku izmenu kalcijuma u mozgu, imunoreaktivnost limfocita, ekscitabilnost neurona i rast nekih tkiva. Na osnovu podataka o ekspoziciji magnetskim poljima ELF frekvencije, zaključeno je da indukovane gustine struje manje od 10 mA/m^2 ne izazivaju nikakav značajan biološki efekat.

Magnetska polja mogu da stupaju u direktnu interakciju sa onim biološkim sistemima koji sadrže fero i ferimagnetske materijale. Kako tkiva ljudskog organizma ne sadrže magnetske materijale ona ne stupaju sa njima u direktnu interakciju, tako da za razliku od električnih polja magnetna polja prodiru kroz ljudski organizam, ali imaju isti intenzitet u telu kao i na njegovoj površini. Pošto ljudski organizam ima relativno visoku provodljivost, magnetsko polje u organizmu stvara indukovano električno polje, a to polje stvara struje koje cirkulišu unutar organizma (vrtložne struje).

1.5 Medicinska etika i primena novih tehnologija - mobilnih telekomunikacionih sistema u životnoj sredini

Društvene promene koje su nastale u dvadesetom veku, a koje se još brže dešavaju u dvadeset prvom veku, reperkutovale su se i na medicinsku praksu učinivši je pristupačnijom za sve nemedicinske profesije i orijentisanom prema pacijentu (koji je postao aktivan činilac u donošenju odluka koje se tiču njegovog zdravlja). Ovo nije učinilo lekare manje odgovornim i sa manjim moralnim dilemama nego pre. Moralni problemi sa kojima se susreću lekari još su uvećani novim situacijama, jer se upoznaju sa “novim” bolestima ili “novim poremećajima” zdravlja.

Potreba regulacije odnosa, što je delatnost medicinske etike i primena njenih osnovnih principa iskazana je kroz brojne deklaracije, usvojene tokom druge polovine prošloga veka, a i 2017. godine (Istambulska deklaracija o pravima fetusa i

neonatusa). Jedan od najznačajnijih ovakvih događaja je primena preparata Talidomid u cilju prevencije povraćanja u ranoj trudnoći. Premda je uspešno prošao ispitivanja na eksperimentalnim životinjama, pokazalo se da na humani embrion i fetus ima teratogeno delovanje, te je broj novorođenčadi iz trudnoća majki koje su uzimale ovaj preparat, a koja su bila rođena sa amelijom i fokomelijom bio veliki.

Nisu lekovi jedine materije kojima je izložena ljudska vrsta. Naredna iskustva smo stekli prepoznajući kancerogenost azbesta, duvana – nikotina i katrana, kao i brojnih drugih materija. Verovatno sledi i potvrda povezanosti mikrotalasa sa leukemijom kod dece.

Mogućnost eliminacije određenih materija kroz eko programe i zdravstveno prosvetovanje, sklanjanje „prljavih“ tehnologija, sprovođenje akcija čišćenja ljudske okoline od duvanskog dima i katrana je izvesnost zbog dokazane štetnosti po ljudsko zdravlje.

Postavlja se pitanje šta sa široko raširenom upotrebom elektromagnetnih talasa preko mobilnih telefona, bežičnog interneta, koji su došli ne samo do skoro svakog odraslog, nego posebno do dece, kao najfragilnijeg dela ljudske populacije? Da li su naučno validna istraživanja koja pokazuju povezanost upotrebe mobilnog telefona i porasta broja tumora mozga kod dece? Da li je to koincidenca ili postoji jasna uzročna veza?

Da li profit dobijen od prodaje ovih tehnologija ima primat nad prevencijom od eventualnih posledica na zdravlje?

Implementacija svake nove tehnologije donosi u najvećem broju slučajeva napredak i brzu primenu u svakodnevnom životu, tj. široku potrebu kod miliona, pa i milijardi ljudi.

U cilju prevencije primene neke tehnologije koja može imati štetne posledice po zdravlje, potrebno je, kao i pri pripremi novog leka ili terapijskog odnosno preventivnog postupka, da pre široke upotrebe, naprave kojima se tehnologija primenjuje u punoj meri prođu testiranja koja daju potvrde o potpunoj kratkoročnoj i dugoročnoj bezbednosti.

Možda bi procedura primene nove tehnologije mogla biti podvrgnuta proverama od strane etičkih komiteta. Etički komiteti se razlikuju od svih drugih stručnih tela zdravstvene ustanove, jer se oni prvenstveno bave problemima koji nastaju kao posledica lečenja i nege pacijenata (odnosno onih kojih mogu nastati kao posledica lečenja i nege).

Poput ove delatnosti etičkih komiteta koji svojim uputstvima daju precizne smernice za sprovođenje istraživanja na ljudima, fetusima i embrionima, tako bi neki posebno formirani etički komiteti (svakako vezani i za zdravstvene ustanove) regulisali primenu novih tehnologija, posebno ovih za koje se već dugogodišnjom primenom pokazalo da su štetne po zdravlje.

2. DOZIMETRIJA NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

Dozimetrija je naučna disciplina koja je izrasla na pitanju kako kvantifikovati elektromagnetne veličine talasa i elektromagnetnog smoga, i povezati ih sa vrednostima tih istih veličina u organizmu. Zbog toga su i razvijene različite metode elektromagnetne dozimetrije koje su uspešno definisale apsorbirane energije elektromagnetnih talasa u organizmu, ali sama dozimetrija nije mogla izvršiti povezivanje ovih veličina sa biološkim efektima. Zato nedostatak kompletnih saznanja kako elektromagnetna zračenja reaguju sa živim sistemima čini pitanje procene uticaja elektromagnetnog zračenja glavnim uzrokom nesigurnosti.

Deo fizike koji izučava efekte apsorpcije energije, merenje i izračunavanje energije koju zračenje predaje materiji, proučavanje dejstva različitih vrsta zračenja na materiju, tkiva i organe naziva se dozimetrija. Postoji dozimetrija jonizujućeg (koja je nastala prva) i dozimetrija nejonizujućeg zračenja. Termin dozimetrija označava merenje doze zračenja i njegove posledice u tkivu. Osnovni pojam u dozimetriji je doza, koja potiče od grčke reči δόση – davanje. Doza je mera energije zračenja apsorbirana u materiji. U osnovi pojam doze se zasniva na količniku primljene (apsorbirane, upijene) količine (supstance, energije) i mase (tela, ili dela tela). U dozimetriji nejonizujućih radiofrekventnih talasa analizira se apsorbirana energija, ili energija u jedinici vremena što je apsorbirana snaga zračenja. Postoje ozbiljne poteškoće kako kvantifikovati apsorbiranu energiju, kako je izmeriti, oceniti, proračunati.

Elektromagnetna polja se najčešće mere u slobodnom prostoru tj. u vazduhu i to jačina električnog polja i jačina magnetnog polja. Ukoliko se merno mesto nalazi u dalekoj zoni, tj. zoni zračenja, postoji veza između ove dve komponente polja koje su povezane karakterističnom impedansom,

$$\frac{E}{H} = Z_0 = 377\Omega, \quad (2.1)$$

međutim ulaskom u materijalnu sredinu dolazi do promene komponenti polja usled zadovoljavanja graničnih uslova na razdvojnoj površini, pa veza električnog i magnetnog polja zavisi od dielektrične konstante i magnetne propustljivosti sredine i ugla pod kojim dolazi incidentni talas [96].

U fizici, apsorpcija elektromagnetnog zračenja predstavlja način na koji se predaje energija fotona materiji. Energiju fotona najčešće preuzima elektron atoma i u tom procesu se elektromagnetna energija talasa tj. kvanta transformiše u unutrašnju energiju apsorbera. Apsorpcija fotona pri sudaru sa atomima ili molekulima dovodi

SADRŽAJ

1. Elektromagnetna polja i fizika živog.....	5
1.1 Fizika i živi organizmi.....	5
1.2 Elektromagnetni talasi i život.....	5
1.3 Bioelektromagnetizam.....	7
1.4 Biološki efekti nejonizujućih zračenja.....	8
1.5 Medicinska etika i primena novih tehnologija - mobilnih telekomunikacionih sistema u životnoj sredini.....	12
2. DOZIMETRIJA NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA.....	15
2.1 <i>SAR</i> i indukovana gustina struje u tkivu.....	18
2.2 Određivanje <i>SAR</i> i dozimetrija EM zračenja.....	23
Tehnike merenja temperature za izračunavanje <i>SAR</i>	26
Merenja električnog polja unutar tela i izračunavanje <i>SAR</i>	32
Izračunavanje <i>SAR</i> upotrebom fantoma.....	32
2.3. Fizički elektromagnetni modeli (fantomi).....	34
Tečni fantomi.....	35
Čvrsti i polučvrsti vlažni fantomi.....	37
Čvrsti suvi fantomi.....	37
Primeri fizičkih fantoma.....	38
3. METODE ISTRAŽIVANJA EFEKATA DEJSTVA ELEKTROMAGNETNIH ZRAČENJA.....	41
3.1 ANALITIČKE METODE.....	45
3.2 NUMERIČKE METODE.....	46
Metod momenata.....	50
Metod konačnih elemenata.....	53
Metod konačnih razlika u vremenskom domenu - FDTD Metod.....	55
3.3 Matematički modeli čoveka.....	61
Modeli glave odraslog čoveka.....	65
Modeli glave deteta.....	67
Modeli oka.....	69
3.4 Postupak istraživanja interakcije EM polja sa tkivom i bioloških efekata korišćenjem numeričkih metoda modelovanja i medicinskih snimaka.....	72
4. ISTRAŽIVANJE DEJSTVA MOBILNIH TELEFONA NA MODELU GLAVE.....	77
5. ISTRAŽIVANJE DEJSTVA MOBILNIH TELEFONA NA OČI.....	83
5.1 Raspodela električnog polja u oku.....	85

5.2 Raspodela temeperature u oku	86
Jednačine prenosa toplote	88
Konvencionalni model prenosa toplote	89
Unapređeni model prenosa toplote	89
Metod proračuna toplote	91
5.3 UTICAJI EMZ OD VR NAOČARA	93
6. ISTRAŽIVANJE DEJSTVA MOBILNIH TELEFONA NA ZUBE ...	104
6.1 Metodologija istraživanja	106
6.2 Dejstvo EMZ mobilnog telefona sa helikoidalnom antenom na modelu zuba	109
6.3 Istraživanje bioloških efekata dejstva zračenja mobilnog telefona na zube i oslobađanje žive iz amalgamskih plombi BDORT metodom	113
6.4 Dejstvo EMZ smart mobilnog telefona sa PIFA antenom na modelu zuba ...	118
7. ISTRAŽIVANJE DEJSTVA SISTEMA MOBILNE TELEFONIJE PRI PROFESIONALNOJ IZLOŽENOSTI SERVISERA NA PREDAJNIM SISTEMIMA	129
Model čoveka	132
8. ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI ZAŠTITE SERVISERA MOBILNE TELEFONIJE UPOTREBOM PROVODNIH EKRANA	143
8.1 Ekraniranje kao zaštita od EM polja	143
9. EFEKTI MAGNETNOG POLJA NA ŽIVI SVET	151
9.1 Fizičke pojave delovanja magnetnog polja na materiju	152
9.2 Sila u magnetnom polju	154
9.3 Magnetne susceptibilnosti organskih molekula i delova organizma	155
9.4 Delovanje magnetnih sila na biološke sisteme	159
Magnetno izazvana orjentacija - Magnetna orjentacija	160
Magnetna translacija – magnetno pomeranje	161
Indukovanje električnih struja	161
Magnetoforeza (<i>Magnetophoresis</i>) ili magnetna separacija	162
Magnetofosfeacija	163
9.5 Biološki efekti mehanizama mikro delovanja magnetnog polja unutar ćelije	164
9.6 Razjašnjenja bioloških pojava u svetlu sagledavanja dejstva magnetnih polja na organizam čoveka	167
10. ISTRAŽIVANJA DEJSTVA MAGNETNIH POLJA I ANOMALIJSKIH MAGNETNIH POLJA NA STANOVNIŠTVO	169
10.1 Singl krevet sa žičanim jezgrom	171
10.2 Krevet na sprat sa žičanim jezgrom	177
10.3 Sofa ili kauč krevet	182

10.4 Zaključak o dejstvu feromagnetnih kreveta na stvaranje anomaljskih magnetnih polja.....	186
11. EFEKTI mobilnih telekomunikacionih sistema NA PROMENU BIOHEMIJSKO/METABOLIČKIH PUTEVA U ŽIVIM SISTEMIMA	187
11.1 Termalni i netermalni efekti elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema.....	192
11.2 Efekti elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na oksidativni stres i apoptozu u različitim tkivima	194
Oksidativni stres i apoptozu u moždanom tkivu nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	197
Intenzitet oksidativnog stresa i apoptoze u tkivu timusa nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	198
Nivo oksidativnog stresa i apoptoze u jetri nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	199
Intenzitet oksidativnog stresa i apoptoze u tkivu testisa nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	200
11.3 Uticaj elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na metabolizam arginina i azot-monoksida u različitim tkivima	201
Promena metabolizma arginina i azot-monoksida u moždanom tkivu nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	201
Promena metabolizma arginina i azot-monoksida u tkivu timusa nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	203
Promena metabolizma arginina i azot-monoksida u jetri nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	203
Promena metabolizma arginina i azot-monoksida u testisu nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	204
Uticaj elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na metabolizam poliamina u različitim tkivima	205
Promena metabolizma poliamina u mozgu nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	206
Promena metabolizma poliamina u tkivu timusa nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	209
Promena metabolizma poliamina u jetri nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	211
Promena metabolizma poliamina u tkivu testisa nakon ekspozicije elektromagnetnom zračenju.....	213
12. BIOHEMIJSKI ASPEKTI EFEKATA MOBILNIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA NA POJEDINA TKIVA I ORGANE U ŽIVOTNOJ SREDINI.....	214
12.1 Biohemijski efekti mobilnih telekomunikacionih sistema na centralni nervni sistem	214
Efekti elektromagnetnog polja na funkciju pinealne žlezde	215

Elektroencefalografija (EEG) kao metoda u proceni efekata elektromagnetnih polja mobilnih telefona na nervni sistem.....	216
Efekti signala mobilnog telefona na EEG u budnom stanju.....	217
Efekti signala mobilnih telefona na EEG u toku spavanja.....	218
Uticaj elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na metaboličke puteve koji dovode do promena u ponašanju kod ljudi i eksperimentalnih životinja.....	220
12.2 Biohemijski efekti mobilnih telekomunikacionih sistema na auditivni sistem.....	223
12.3 Efekat elektromagnetnog zračenja na trudnoću i fertilitetnu sposobnost.....	224
12.4 Biohemijski efekti mobilnih telekomunikacionih sistema na imunološki sistem.....	224
12.5 Efekti elektromagnetnog zračenja na promene u genetskom materijalu.....	225
12.6 Efekti elektromagnetnog zračenja na pojavu tumora.....	226
13. Protektivni efekti različitih supstanci u prevenciji mogućih toksičnih efekata elektromagnetnog polja.....	229
13.1. Zaštitni efekti melatonina u prevenciji toksičnih efekata elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema.....	229
Efekat melatonina u prevenciji toksičnih efekata elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na CNS.....	231
Efekat melatonina u prevenciji toksičnih efekata elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na tkivo timusa.....	233
Efekat melatonina u prevenciji toksičnih efekata elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na tkivo jetre.....	236
Efekat melatonina u prevenciji toksičnih efekata elektromagnetnog zračenja mobilnih telekomunikacionih sistema na tkivo testisa.....	237
Literatura.....	238
Sadržaj.....	278

