

Dr.sc. MIROSLAV MIKULA
Dr.sc. SLAVKO ŠARIĆ
Fakultet prometnih znanosti
Faculty of Transport and Traffic Engineering
Vukelićeva 4, Zagreb

Promet i čovjekova okolina
Pregledni članak
UDK: 621.39 : 537.8 : 614.824
Primljeno - Accepted: 22.01.1995.
Prihvaćeno - Approved: 24.04.1995.

DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKIH POLJA NA SUDIONIKE U POŠTANSKO-TELEKOMUNIKACIJSKOM PROMETU

EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS UPON PARTICIPANTS IN POSTAL TRAFFIC

SAŽETAK

U radu se razmatra djelovanje elektromagnetskih polja na sudionike u poštansko-telekomunikacijskom (PT) prometu (djelatnike i korisnike). Prvo se prikazuje općenito djelovanje elektromagnetskih polja na ljude, a zatim se posebno analiziraju značajke neionizirajućih elektromagnetskih polja (posebno jaka kod PT radiorelejnih postrojenja), moguće štetne posljedice djelovanja tih polja na ljude, te pojedine vrste zaštite i njihova učinkovitost.

1. UVOD

U PT prometu koristi se općenito velik broj elektroničkih uređaja, osobito u telekomunikacijama, pa je vrlo važno poznavati eventualne opasnosti pri radu tih uređaja, kako za PT djelatnike koji ih eksploatiraju i održavaju, tako i za korisnike koji se njima služe. Problematika opasnosti od tzv. strujnog udara na takvim uređajima dobro je istražena, pa postoje norme za maksimalne dopuštene vrijednosti dodirnih napona, koji smiju nastati na takvim uređajima, a razrađena je i vrlo učinkovita tehnika zaštite. Na ljude međutim, osim strujnih udara, mogu štetno djelovati i elektromagnetska (u daljnjem tekstu EM) polja oko tih uređaja, pogotovu ako imaju veću jakost, odnosno gustoću energije (npr. u blizini antenskih postrojenja radiorelejnih sustava, koji se mnogo koriste u telekomunikacijama). Za razliku od problematike opasnosti od strujnog udara, problematika štetnog djelovanja EM polja na ljude znatno je manje istražena, pa su norme u tom području vrlo rijetke, a i tehnika zaštite koja je do sada razrađena nije osobito učinkovita.

U ovom radu razmatraju se značajke različitih EM polja, mogući štetni utjecaji tih polja na ljude te pojedine vrste zaštite i njihova učinkovitost.

2. DJELOVANJE EM POLJA NA LJUDE

2.1. Općenito

Ljudi su zapravo stalno izloženi djelovanju EM polja različitog podrijetla, frekvencija i jakosti. Postoje prirodni i umjetni izvori EM polja. Prirodni izvori polja mogu biti zemaljskog podrijetla (terestralni) ili svemirskog (kozmički). Umjetni izvori polja su različita električna postrojenja koja proizvode, prenose ili troše električnu energiju. Magnetsko polje oko električnog postrojenja nastaje samo onda kada kroz to postrojenje protječe električna struja, a za nastanak električnog polja oko električnog

SUMMARY

The paper deals with the effects of electromagnetic fields upon participants in postal traffic (employees and users). The authors first provide a general review of the effects of electromagnetic fields upon people, and then a special reference is drawn to the examination of properties of non-ionizing electromagnetic fields (of particular intensity with postal radio relay facilities), possible harmful effects of subject fields upon people, and individual aspects of protection and their efficiency.

1. INTRODUCTION

Generally speaking, in postal traffic a number of electronic equipment is being used, especially in telecommunications, so that it appears essential to get familiar with possible hazards in operation of subject equipment, for postal employees, engaged in utilization and maintenance, as well as for the users of services. The issue of hazards originating from electric burns from this equipment has been well studied, so that there exist standards for maximum allowed voltage for this equipment and also a very efficient technique of protection has been elaborated. However, except for electric burns, people can also be adversely affected by the electromagnetic fields of this equipment, particularly so if of higher intensity, i.e. higher concentration of energy (for ex. in the neighbourhood of aerial galleries of radio relay systems frequently used in telecommunications). As different from the issue of hazards from electric burns, the issue of harmful effects of electromagnetic fields upon people has been less comprehensively studied, so that respective standards in this area are rather scarce, while the technique of protection having been elaborated up to this point of time is not particularly efficient.

This paper deals with the properties of different electromagnetic fields, possible harmful effects upon people as well as individual aspects of protection during exposure and their efficiency.

2. EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS UPON PEOPLE

2.1. General

People are virtually constantly exposed to the effects of electromagnetic fields of different origin, frequencies and intensity. There exist natural and man-made sources of electromagnetic fields. Natural field sources can be terrestrial or cosmic. Man-

postrojenja to nije nužno, dostatno je da je postrojenje pod naponom. Čovjek se tijekom svog razvoja uglavnom prilagodio prirodnom EM zračenju, ali je problem - učinkovita zaštita ljudi od umjetnih EM zračenja, a taj problem postaje sve složeniji što se više razvija tehnika i tehnologija. Danas je već dokazano da umjetna EM polja veće jakosti mogu uz određene uvjete štetiti ljudskom organizmu, a registrirani su i razni slučajevi narušavanja ljudskog zdravlja koji su mogli nastati samo djelovanjem EM polja.

Zbog svega toga u pojedinim se zemljama počelo dosta rano (nakon Drugoga svjetskog rata) istraživati moguće štetno djelovanje EM polja na ljude. Tijekom tih istraživanja pokazalo se da EM polja mogu djelovati na ljude na dva načina - izravno i posredno, pa ćemo posebno razmotriti oba načina.

2.2. Izravno djelovanje EM polja na ljude

Nastaje pri duljem zadržavanju čovjeka u EM polju. Ovisi o brojnim čimbenicima, među kojima su najvažniji:

- frekvencija (valna duljina) polja
- jakost (gustoća energije) polja
- vrijeme zadržavanja čovjeka u polju.

Istraživanjem je utvrđeno da je djelovanje EM polja na čovjeka veće na višim frekvencijama (odnosno kraćim valnim duljinama) polja, pri većim jakostima (većim gustoćama energije) polja te pri duljem zadržavanju u polju.

Učinci izravnog djelovanja EM polja na čovjeka mogu biti:

- fizikalni (površinske ozljede) i/ili
- fiziološki (poremećaji osnovnih funkcija organizma).

Mogu nastati odmah nakon ulaska u EM polje ili tek nakon određenog vremena.

Za veličinu štetnog djelovanja EM polja na čovjekov organizam pokazali su se važnim i neki drugi čimbenici:

- spol (veće djelovanje je na žene, nego na muškarce)
- funkcionalno stanje organizma (opća fizička kondicija)
- individualna osjetljivost pojedinca
- stupanj vaskularizacije zračenih organa
- udaljenost zračenog organa od površine tijela.

2.3. Posredno djelovanje EM polja na ljude

Nastaje ako čovjek dodirne neki vodljivi predmet u kojemu je uslijed djelovanja EM polja induciran određeni napon.

Efekti posrednog djelovanja EM polja na čovjeka mogu biti:

- izravni (nagorijevanje i strujni udar)
- neizravni (sekundarne nezgode uslijed šoka nakon dodira predmeta pod naponom).

Koji će efekt doći do izražaja ovisi o veličini dodirnog napona koji je nastao na predmetu uslijed djelovanja EM polja, odnosno o jakosti struje koja poteče kroz ljudsko tijelo.

2.4. Vrste EM polja

Frekvencijski spektar EM polja vrlo je širok i obično se dijeli na osam znakovitih područja, od kojih su dva (s najvišim frekvencijama) tzv. ionizirajuća, jer izazivaju ionizaciju tvari, a preostalih šest je neionizirajućih, jer ne izazivaju ionizaciju tvari.

U nastavku će biti potanje raščlanjene značajke neionizirajućih EM polja, kakvima su djelatnici PT postrojenja češće izloženi.

made field sources are different electrical facilities, generating, conveying or using the electric energy. The magnetic field in the perimeter of an electrical facility is generated only in the process of its being energized, while this is not a prerequisite for the inception of the electric field in the perimeter of an electrical facility; it shall be sufficient to have this facility set to voltage.

The man has in the process of his evolution mainly accommodated to natural electromagnetic radiation, while the problem is to secure efficient protection of people from man-made electromagnetic radiation, and the problem has become increasingly sophisticated with the advancement of engineering and technology. Nowadays, it is an established fact that man-made electromagnetic fields of higher intensity can in given circumstances prove hazardous to human organism, while there are different examples of affecting human health, that could solely be ascribed to the effects of exposure to electromagnetic fields.

In view of the foregoing, some countries have rather early (after the World War II) mounted surveys of possible harmful effects of electromagnetic fields upon people. In the process of these studies it has emerged that electromagnetic fields can affect people in two ways: directly and indirectly, so that in the following lines we will examine each of these cases.

2.2. Direct effects of electromagnetic fields upon people

It happens in the process of longer exposure to the electromagnetic field. It is conditioned by a variety of factors, most important among them being:

- frequency (i.e. wave length) of the field
- intensity (i.e. concentration of energy) of the field, and
- duration of exposure.

Research has established that the effect of an electromagnetic field upon a person is stronger at higher frequencies (i.e. shorter wave lengths) of the field, at higher intensity (i.e. higher concentration of energy) of the field, and longer exposure.

The results of direct effects of the electromagnetic field upon a person can be:

- physical (external injuries) and/or
- physiological (disorders of basic organical functions). These effects can manifest immediately upon entering the electromagnetic field, or after a certain period of time.

For the proportions of harmful effect of the electromagnetic field upon human organism, of importance are also some other factors as:

- sex (women are more afflicted than men),
- functional status of organism (general fitness),
- individual sensitivity of a person
- degree of vascularization of organs exposed to radiation, and
- distance of the organ being exposed to radiation from the external region of the body.

2.3. Indirect effects of electromagnetic fields upon people

These effects manifest if a person touches some conductor-like object, which has due to the action of the electromagnetic field been induced given voltage.

The results of indirect effects of the electromagnetic field upon an individual can be:

- direct (electric burns and shock) and
- indirect (secondary accidents due to shock after touching objects of high voltage). Which of the two aspects shall manifest

Redni broj No.	Frekvencijsko područje (Hz) Frequency Range (Hz)	Naziv područja Name of Region	
1	$10^{19} - 10^{21}$	gama zrake gamma rays	ionizirajuća ionizing
2	$10^{17} - 10^{19}$	rentgenske zrake X-rays	
3	$10^{15} - 10^{17}$	ultraljubičasta svjetlost ultra-violet light	neionizirajuća non-ionizing
4	$10^{14} - 10^{15}$	vidljiva svjetlost visible light	
5	$10^{12} - 10^{14}$	infracrvena svjetlost infra red light	
6	$10^8 - 10^{12}$	mikrovalovi micro-waves	
7	$10^4 - 10^8$	radiovalovi radio waves	
8	$< 10^4$	akustički valovi acoustic waves	

3. NEIONIZIRAJUĆA EM POLJA

3.1. Općenito

Neionizirajuća EM polja su EM valovi vrlo širokog dijapazona frekvencija (do 10^{17} Hz), odnosno valnih duljina (iznad 3 nm). Pri prolasku kroz neku tvar ti valovi ne uzrokuju njenu ionizaciju, ali mogu prouzrokovati niz drugih efekata, čija štetnost ovisi u prvom redu o jakosti, tj. energiji polja. Kako svaka vrsta neionizirajućih EM valova ima drukčija svojstva, oni će biti razmotreni posebno.

3.2. Ultraljubičasta svjetlost

To su EM valovi frekvencija $10^{15} - 10^{17}$ Hz ili valnih duljina 300 - 3 nm. Prirodni izvor tih zraka je Sunce, a umjetni - razni električni uređaji (npr. katodna cijev). Zrake ultraljubičaste svjetlosti apsorbira većina tvari. Tako, npr., zrake iz Sunčeva spektra apsorbira atmosfera (zato je važno postojanje ozonskog plašta), a one iz katodne cijevi stakleni ekran.

3.3. Vidljiva svjetlost

To su EM valovi frekvencija $10^{14} - 10^{15}$ Hz, odnosno valne duljine 3 nm - 300 nm. Prirodni izvori vidljive svjetlosti su nebeska tijela, a umjetni - jako zagrijana ili goruća tijela, ionizirani plinovi, električni luk i laser. Većina izvora proizvodi difuznu svjetlost, a samo laser koherentnu. Difuzna svjetlost obično nije štetna ako nije prevelike snage, ali koherentna svjetlost može prouzrokovati oštećenje oka već i pri malim snagama (opasnost kod montaže i održavanja optičkih sustava prijenosa).

3.4. Infracrvena svjetlost

To su EM valovi frekvencije $10^{12} - 10^{14}$ Hz, odnosno valne duljine 300 - 3 nm. Zrake infracrvene svjetlosti emitiraju sva zagrijana tijela pa tako i električni uređaji, ali je njihova jakost obično znatno manja od dopuštene. Intenzivno zračenje infracrvenom svjetlošću izaziva opekotine kože, a može prouzrokovati i mrenu na očima.

depends upon the intensity of contact voltage, developed in the object due to the action of the electromagnetic field i.e. the intensity of current passing through the body.

2.4. Types of electromagnetic fields

Frequency spectrum of the electromagnetic field is rather broad and is usually divided in eight characteristic or distinct regions, of which two with highest frequencies, the so called ionizing regions, because they cause ionization of matter, while the remaining six are non-ionizing, because they do not cause ionization of matter.

In the lines that follow, the paper shall deal with a detailed division of features of non-ionizing electromagnetic fields, to which the employees of postal facilities are more frequently exposed.

3. NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC FIELDS

3.1. General

Non-ionizing electromagnetic fields are electromagnetic waves of a very broad range of frequencies (up to 10^{17} Hz), i.e. wave lengths (above 3 nm). These waves when passing through a matter do not cause ionization, however they can cause a series of other effects, whose harmful aspect depends primarily upon the intensity i.e. the energy of the field. Each type of non-ionizing electromagnetic waves possesses different properties, to be separately discussed.

3.2. Ultra-violet light

are the electromagnetic waves of $10^{15} - 10^{17}$ Hz of frequency, i.e. of 300 - 3 nm of wavelength. The natural source of these rays is the Sun, while the man-made sources refer to different electrical equipment (for ex. a cathode tube). The rays of ultra-violet light are being absorbed by the majority of matter. For instance, the rays from the solar spectrum are being absorbed by the atmosphere (for which reason it is important to have the ozone layer), while those from the cathode tube are being absorbed by the glass screen.

3.3. Visible light

are the electromagnetic waves of $10^{14} - 10^{15}$ Hz of frequency, i.e. of 2 nm - 300 nm of wavelength. Natural sources of visible light are celestial bodies, while the artificial ones refer to highly warmed up i.e. burning bodies, ionized gases, electric arch, and laser. Most sources generate indirect lighting, (diffuse light), while only the laser produces coherent light. Diffuse light is not usually harmful, if not of excessive intensity, while coherent light can result in eye-damage already at minor intensity (hazard in the process of assembly and maintenance of optical relay systems).

3.4. Infrared light

are the electromagnetic waves of $10^{12} - 10^{14}$ Hz of frequency, i.e. 30 - 3 nm of wavelength. Rays of infrared light are emitted by all warmed up bodies, not excluding electrical appliances, however their intensity is usually far below the allowed limit. Intense radiation of the infrared light causes skin burns, and cataract.

3.5. Mikrovalovi

To su EM valovi frekvencije $10^8 - 10^{12}$ Hz, odnosno valne duljine 3 m - 300 nm. Ti se valovi koriste u PT, TV, navigaciji, radarskim postrojenjima, te mikrovalnim pećnicama. Prostiru se uglavnom usmjereno. Štetnost djelovanja ovisi o jakosti odnosno o gustoći energije polja, pa se može osjetiti samo u neposrednoj blizini odašiljača.

3.6. Radiovalovi

To su EM valovi frekvencije $10^4 - 10^8$ Hz, odnosno valne duljine 30 km - 3 m. Koriste se u PT, TV, radiodifuziji i mobilnim komunikacijama. Prostiru se ovisno o duljini vala - površinski, prostorno ili usmjereno. Štetnost djelovanja ovisi o jakosti odnosno gustoći energije polja.

3.7. Akustički valovi

To su EM valovi frekvencije ispod 10^4 Hz, odnosno valne duljine iznad 30 km. Koriste se u PT, radiodifuziji i industriji. Prostiru se uglavnom površinski. Štetnost djelovanja ovisi o jakosti, tj. o gustoći energije polja.

3.8. Djelovanje neionizirajućih EM polja na ljude

Postoji više teorija o mehanizmu štetnog djelovanja neionizirajućih EM polja na čovjeka, ali nijedna od njih nije uspjela potpuno pojasniti različitost proizvedenih efekata.

- Ionska teorija (Lazarov) smatra da se uslijed djelovanja EM polja ubrzavaju postojeći ioni u živim tkivima, pa njihovo trenje razvija toplinu.
- Teorija dipolnog momenta (Deboj) smatra da se uslijed djelovanja EM polja mijenja dipolni moment stanice.
- Strukturalna teorija (Semant) tumači da se uslijed djelovanja EM polja mijenja struktura molekula i stanica.

Općenito, djelovanje EM polja može biti toplinsko (fizičko) i netoplinsko ili hladno (fiziološko). Toplinski efekti uočeni su relativno rano, a netoplinski znatno kasnije i oni su još i danas predmet rasprava stručnjaka diljem svijeta.

Toplinsko djelovanje nastaje pregrijavanjem živog tkiva, uslijed čega dolazi do denaturacije, te ireverzibilne koagulacije bjelancevina. Najugroženiji su oni dijelovi tijela u kojima je slaba cirkulacija krvi i termoregulacija, primjerice očna leća, žučni mjehur, dijelovi probavnog trakta i sjemenici. Na višim je frekvencijama dubina prodiranja manja pa se zagrijavaju samo vanjski slojevi. Na nižim frekvencijama dubina prodiranja je veća i mogu se zagrijavati i dublji slojevi. Zato su niže frekvencije opasnije, jer unutarnje zagrijavanje može čovjek primijetiti prekasno.

Netoplinsko djelovanje nastaje uslijed promjena u stanicama, nakon čega se pojavljuju različiti funkcionalni poremećaji:

- živčanog sustava (glavobolja, nesanica, zamor, poremećaj koncentracije, pospanost, depresija, slabljenje osjeta vida i mirisa, promjena EEG, promjena psihomotorne reakcije, nervoza, slaboumnost i sl.)
- krvno-žilnog sustava (usporenje pulsa, promjena tlaka, promjena EKG i sl.)
- krvi (promjena sastava krvi, ubrzano zgrušavanje i sl.)
- žlijezda (smetnje u funkciji nadbubrežne, štitne i spolne žlijezde, smanjena spolna aktivnost, spermatogeneza i sl.)
- očiju (mrena).

Tu se mogu uvrstiti i smetnje u radu uređaja koji služe za stimuliranje rada srca (pacemakeri).

3.5. Microwaves

are the electromagnetic waves of $10^8 - 10^{12}$ Hz of frequency, i.e. of 3 m - 300 nm of wavelength. These waves are used in postal traffic, television, navigation, radar systems and microwave ovens. They mostly travel in straight lines. Harmful effects of their action depend upon their intensity i.e. concentration of field energy, and can be manifested only in the immediate neighbourhood of the relay.

3.6. Radio waves

are the electromagnetic waves of $10^4 - 10^8$ Hz of frequency, i.e. of 30 km - 3 m of wavelength. These waves are used in postal facilities, television, radio, and mobile communications. They travel as dependent upon the wavelength on the surface, in space or in a directed manner. Harmful effects of their action depend upon the intensity i.e. concentration of field energy.

3.7. Acoustic waves

are the electromagnetic waves of less than 10^4 Hz, i.e. of more than 30 km of wavelength. These waves are used in postal facilities, radio transmission and industry. They travel mostly on the surface. Their harmful effects depend upon the intensity i.e. concentration of field energy.

3.8. Effects of non-ionizing electromagnetic fields

There exist several theories on the mechanism of harmful effect of non-ionizing electromagnetic fields upon an individual, but not a single one has managed to comprehensively explain the diversity of generated effects.

- The ion theory (Lazarov) states that owing to the action of the electromagnetic field the existing ions in live tissues get accelerated, so that their friction develops heat.
- The theory of dipole moment (Deboj) states that owing to the action of the electromagnetic field changes in dipole cell moment are effected.
- Structural theory (Semant) states that owing to the action of the electromagnetic field the structure of molecules and cells gets changed.

Generally speaking, the effect of the electromagnetic field can be thermal (physical) and non-thermal or cold (physiological). Thermal effects have been observed rather early, while the non-thermal ones have been recognized at a later point of time and have ever since been the subject of debate of experts all over the world.

Thermal effects are caused by overheating of live tissue, resulting in denaturation, and irreversible coagulation of proteins. Most jeopardized are those bodily regions with poor blood circulation and thermal regulation as eye lenses, gall bladder, parts of digestive tract and testicles. At higher frequencies the depth of penetration is lesser so that only the external layers are heated. At lesser frequencies the depth of penetration is higher having as a result possible heating of inner layers. Consequently, lower frequencies involve higher hazard, because one may sense inner heating too late.

Non-thermal effects come as a result of changes in the cells, leading to different functional disorders of:

- the nervous system (headaches, insomnia, fatigue, problems in concentration, drowsiness, depression, deterioration of the sense of sight and smell, EEG changes, changes of the psychomotoric reaction, nervousness, weak-mindedness, etc.)

Očividno je, dakle, da je netoplinsko djelovanje EM polja znatno složenije od toplinskog i teže za proučavanje.

3.9. Zaštita od neionizirajućih EM polja

Zaštitne mjere mogu se podijeliti u tri skupine:

3.9.1. Tehničke mjere

- smanjenje intenziteta zračenja izvora
- ekraniziranje izvora zračenja
- skraćanje vremena rada izvora
- usmjerenje zračenja izvora tako da nije opasno za okolinu
- povećanje zaštitnog razmaka od izvora zračenja
- skraćanje vremena zadržavanja u polju
- korištenje individualnih zaštitnih sredstava (naočale s filterom, odjeća od metalizirane tkanine i sl.)
- redovita kontrola radnih uvjeta u okolini izvora (mjerenje jakosti odnosno gustoće energije polja, te utvrđivanje opasne zone i njeno označivanje).

3.9.2. Medicinske mjere

- redoviti pregledi ljudi koji rade s izvorima zračenja (barem jedanput u godini)
- definiranje uvjeta koji su potrebni za rad na takvim mjestima.

3.9.3. Administrativne mjere

- izdavanje propisa o zaštiti na radu
- utvrđivanje normi o maksimalno dopuštenim vrijednostima EM zračenja, maksimalnom vremenu zadržavanja u EM polju te rokovima obvezne kontrole izvora EM zračenja i njihove okoline.

Relativno je malo zemalja u svijetu koje su do sada utvrdile norme o maksimalno dopuštenim vrijednostima jakosti (gustoće energije) EM polja, te maksimalnom zadržavanju ljudi u EM polju, a i te se norme međusobno veoma razlikuju, kako između istočnih i zapadnih zemalja, tako i unutar tih skupina zemalja.

Istočne zemlje priznaju i toplinske i netoplinske efekte i imaju znatno strože norme od zapadnih zemalja, a među njima su najrigoroznije norme ZND (bivši SSSR). Norme različitih istočnih zemalja nisu jednake, ali su slične i u većini se tih zemalja smatra da EM polja niske frekvencije, jakosti ispod 5 kV/m, nisu opasna, a za EM polja visoke frekvencije, kao prvu granicu štetnog djelovanja, uzimaju gustoću energije polja od 10 W/m², ispod koje se ne pojavljuju nikakve fiziološke promjene, te kao drugu granicu 100 W/m², ispod koje se ne pojavljuju nikakve fizikalne promjene.

U zapadnim se zemljama priznaju samo toplinski efekti i smatra se da netoplinski efekti mogu nastati tek tada kada su prekoračene granice opasnosti utvrđene za toplinske efekte, pa je dostatno propisati samo njih. Inače, norme su im u odnosu na norme istočnih zemalja znatno blaže. U većini tih zemalja vrijede sljedeće norme za gustoću energije EM polja pri zadržavanju ljudi u njemu dulje od 6 minuta:

- sigurna zona < 10 W/m²
- zona upozorenja 100 W/m²
- opasna zona > 400 W/m²

Skraćivanjem vremena zadržavanja ljudi u EM polju raste i dopuštena vrijednost gustoće energije EM polja.

U našoj zemlji vrlo je malo propisa iz područja zaštite od utjecaja EM polja, i to samo za mikrovalne pećnice i radare. Za ostale električne uređaje koji proizvode jaka EM polja, kao što su npr. industrijski generatori, PT, radijski i TV odašiljači i sl., zasada još ne postoje propisi. Budući da se navedeni električni uređaji

- the circulatory system (weak pulse, changes in blood pressure, EKG changes, etc.)
- the blood (blood structure changes, rapid coagulation, etc.)
- the glands (problems in the function of the adrenal glands, thyroid gland, and genital glands, reduced virility, spermatogenesis, etc.) and
- the eyes (cataract).

Here may be grouped also the problems in the functioning of the devices used to stimulate cardiac function (pacemakers).

Obviously, the non-thermal effect of the electromagnetic field is more complex than the thermal one, and more difficult for observation.

3.9. Protection from non-ionizing electromagnetic fields

Measures of protection can be divided in three groups:

3.9.1. Technical measures

- reduction in the intensity of radiation source
- radiation source screening
- radiation source operation time reduction
- directional radiation source channeling, thus presenting no environmental hazard
- increase of safety distance from the source of radiation
- reduction of exposure time
- making use of individual personal safety items (eye-glasses with safety filter, clothes of plated fabric, etc.)
- regular control of working conditions in the neighbourhood of the source (measurement of the intensity, i.e. field energy concentration, and recognition of danger zone and its labelling).

3.9.2. Medical measures

- regular check-ups of personnel i.e. operators (at least once a year), and
- defining the conditions i.e. requirements as to who can be employed in such positions.

3.9.3. Administrative measures

- issuance of regulations on safety at work, and
- establishing the quotas on maximum allowed exposure rates for electromagnetic radiation, maximum exposure time, and schedules of obligatory inspection of the source of electromagnetic radiation, i.e. of their immediate neighbourhood.

Only a comparatively small number of nations in the world have established the quotas on maximum allowed intensity rates, i.e. electromagnetic field energy concentration rates, and maximum exposure times, while the existing quotas differ to a major degree between the countries of the Eastern and Western world, but also between individual member-countries.

Eastern countries admit both thermal and non-thermal effects and have stricter quotas than Western countries, while the Russian Federation (former USSR) appears to be most rigorous. Although the quotas of different Eastern countries differ, they are rather similar and most countries consider that the electromagnetic fields of less than 5 kV/m of frequency are not hazardous, while they take for the electromagnetic fields of high frequency a 10 W/m² field energy concentration as the first limit of harmful effects, with no risk of physiological changes below this limit, while the second one refers to 100 W/m², with no hazard of physical changes below this limit.

Western countries admit the existence of only thermal effects, and consider that non-thermal effects can appear only when the

dosta često rabe u praksi, vrlo je važno da se što prije donesu propisi ili bar preporuke koji će regulirati ovu problematiku.

4. ZAKLJUČAK

Do sada provedena istraživanja djelovanja EM polja na ljude bila su vrlo neujednačena s obzirom na način i uvjete ispitivanja, trajanje ispitivanja, broj ispitivanih osoba i dr., pa su rezultati tih istraživanja i njihova interpretacija vrlo različiti. Istraživanja djelovanja EM polja na životinje su posredna i ne jamče da će njihovi rezultati vrijediti i za ljude.

Međunarodna elektrotehnička organizacija CIGRE zauzela je stajalište da sve dok istraživanja ne daju jasan odgovor na to da li i koliko EM polja djeluju na ljude, treba taj utjecaj dijeliti na onaj koji se stvarno pokazuje i onaj koji eventualno može nastati.

I svjetska zdravstvena organizacija WHO smatra da nema razloga za bilo kakva ograničenja na područjima s EM poljima niskih frekvencija jakosti ispod 10 kV/m. Ujedno se također zalaže za nastavak istraživanja.

Iz svega navedenog se vidi da postoji interakcija između EM polja i ljudskog organizma, ali da je ona vrlo suptilna i složena, pa je teško dokazati njene implikacije na zdravlje čovjeka. Taj problem dakle ne treba dramatičirati, ali niti minorizirati. "Zagađenje" EM poljima treba shvatiti jednako ozbiljno kao i sva druga onečišćenja okoline. U današnjoj situaciji najbolje je nastaviti istraživanja i ona će svakako dovesti do najboljih rješenja ovog problema.

LITERATURA

- [1] M. PADELIN: Utjecaj električnih i magnetskih polja na čovječje zdravlje. CIGRE, Sarajevo, 1979.
- [2] J. GAJSEK: Štetno neionizirajuće EM zračenje. Tehnički bilten Iskre, 1983, 3.
- [3] M. MIKULA: Utjecaj elektromagnetskih polja na ljude. CIGRE, Neum, 1991.
- [4] M. MIKULA: Granične vrijednosti jakosti elektromagnetskih polja u frekvencijskom području 0-30 kHz u cilju zaštite ljudi. CIGRE, Zagreb, 1993.

prescribed limits for hazardous thermal effects are surpassed, so it will be sufficient to stipulate these limits only. Otherwise, their quotas if compared to those of Eastern countries are comparatively less strict. In most of these countries quotas for the electromagnetic field energy concentration at exposure times exceeding 6 minutes:

– safety zone	< 10 W/m ²
– warning zone	100 W/m ²
– danger zone	> 400 W/m ²

With reduced time of exposure to the action of the electromagnetic field the limit value of the concentration of energy of the electromagnetic fields is increased.

In our country there are few regulations in the area of protection from the effects of electromagnetic fields (only for microwave ovens and radars), while other electrical equipment, generating powerful electromagnetic fields as for instance, industrial generators, postal facilities, radio and television relays, etc. have not been covered by legal stipulations yet. As the mentioned equipment is frequently utilized, it is rather important to consider the introduction of such regulations or at least recommendations, to cover the subject matter.

4. CONCLUSIONS

Surveys that have been mounted so far dealing with the effects of electromagnetic fields upon people have been rather erratic, with reference to the methods and conditions of research, its duration, number of examinees, etc. reflecting in different results and their interpretations. Surveys of the effects of electromagnetic fields upon animals have been indirect and do not guarantee that the results could be of value for people as well.

The International Organization of Electrical Engineering, CIGRE, has adopted the view that as long as the research of this kind gives no unequivocal answer as to whether and how much the electromagnetic fields affect people, this effect should be clearly separated in to the one actually exhibited and the other that may eventually be exhibited.

Even the World Health Organization (WHO) is of the opinion that there exist no grounds for any limitation in the areas with the electromagnetic fields of low frequencies, of less than 10 kW/m intensity. At the same time the organization advocates the continuation of research work.

Based upon the foregoing it appears that there exists an interaction between the electromagnetic field and human organism, however being rather subtle and complex, so that it is difficult to prove its implications for human health. There is no need to dramatize the issue, however it should not be underestimated. Electromagnetic field "pollution" should be considered equally seriously as any other aspect of environmental pollution. In current circumstances it is best to continue the subject research to lead us to the best solutions of the issue.

BIBLIOGRAPHY

- [1] M. PADELIN: Utjecaj električnih i magnetskih polja na čovječje zdravlje (Impact of electrical and magnetic fields upon human health), CIGRE, Sarajevo, 1979.
- [2] J. GAJSEK: Štetno neionizirajuće EM zračenje (Harmful nonionizing electromagnetic radiation), Technical Bulletin of Iskra, 3/83.
- [3] M. MIKULA: Utjecaji elektromagnetskih polja na ljude (Effects of electromagnetic fields upon people), CIGRE, Neum, 1991.
- [4] M. MIKULA: Granične vrijednosti jakosti elektromagnetskih polja u frekvencijskom području 0-30 kHz u cilju zaštite ljudi (Allowed limits of intensity of electromagnetic fields in the region of 0-30 kHz for purposes of protection of people), CIGRE, Zagreb, 1993.