

# **SISTEMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**ZAŠTITA OD NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA**

***Prof dr Vera Marković***



# RAZVOJ STANDARDA U OBLASTI ZAŠTITE OD NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Istraživanja o nejonizujućem zračenju započela su **pedesetih godina** prošlog veka, odmah nakon Drugog svetskog rata.

■ Prvi standard u oblasti zaštite od RF zračenja: **1953.** godine

■ Definisana je granična vrednost gustine snage: **10 mW/cm<sup>2</sup>**, kao rezultat eksperimenta na termičkom modelu kod koga je ograničen porast unutrašnje temperature čoveka do najviše **1°C**

**1974.** godine, **Međunarodna asocijacija za zaštitu od zračenja – IRPA** formirala je jednu radnu grupu za nejonizujuće zračenje, koja je razmotrila probleme koji se javljaju u oblasti zaštite od različitih vrsta nejonizujućih zračenja.

**1977.** godine ta radna grupa postala je **Međunarodni komitet za nejonizujuće zračenje - INIRC**. Pod pokroviteljstvom Ujedinjenih Nacija (UN), a u saradnji sa **Sektorom za zaštitu životne sredine Svetske zdravstvene organizacije (WHO)**, IRPA / INIRC je razvio niz dokumenata vezanih za zaštitu od nejonizujućih zračenja.

■ **1991.** IEEE komitet za koordinaciju standarda, objavio je novi standard, zasnovan na rezultatima dotadašnjih naučnih istraživanja. On je ubrzo usvojen za američki nacionalni standard.

Prema ovom standardu:

● za granicu iznad koje je ustanovljeno da dolazi do štetnih bioloških efekata ustanovljena je vrednost **SAR**-a od **4 W/kg**,

● primenjen je faktor 50 kao bezbednosna margina. Konačno: maksimalna dozvoljena vrednost SAR-a od **0.08 W/kg** u **1g** tkiva usrednjeno za celo telo, za period **15-30 minuta**,

● za profesionalnu izloženost dozvoljava se **5** puta veća vrednost SAR-a, tj. **0.4 W/kg**, u odnosu na izloženost opšte populacije.

**1992.** godine oformljena je nova, nezavisna organizacija - **Međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućeg zračenja (ICNIRP)** – koja je nasledila IRPA / INIRC.

Zadatak ove Komisije bio je da istraži rizike po zdravlje koji mogu biti povezani sa nejonizujućem zračenjem i da razvije međunarodne preporuke o granicama izloženosti ovom zračenju.

**1998.** ICNIRP je publikovao svoje preporuke (smernice) pod nazivom:

**ICNIRP PREPORUKE za granice izloženosti vremenski promenljivim električnim, magnetnim i elektromagnetnim poljima (do 300 GHz).**

Ove preporuke bile su podržane od strane Svetske zdravstvene organizacije (WHO) i drugih relevantnih međunarodnih organizacija i udruženja.

**One su usvojene kao nacionalni standardi u velikom broju zemalja širom sveta!**

ICNIRP je svoje preporuke doneo na bazi postojeće naučno-stručne literature.

Stav WHO je da **prilikom izlaganja EM poljima ispod granica preporučenih od strane ICNIRP-a nema nikakvih poznatih posledica po zdravlje ljudi.**

***Tabela 1* - VELIČINE I JEDINICE KOJI SE KORISTE U ICNIRP PREPORUKAMA**

<b>Veličina</b>	<b>Simbol</b>	<b>Jedinica</b>
<b>Struja</b>	<b>I</b>	<b>Amper (A)</b>
<b>Gustina struje</b>	<b>J</b>	<b>Amper po metru kvadratnom (A m<sup>-2</sup>)</b>
<b>Jačina električnog polja</b>	<b>E</b>	<b>Volt po metru (V m<sup>-1</sup>)</b>
<b>Jačina magnetnog polja</b>	<b>H</b>	<b>Amper po metru (A m<sup>-1</sup>)</b>
<b>Gustina magnetnog fluksa (magnetna indukcija)</b>	<b>B</b>	<b>Tesla</b>
<b>Gustina snage</b>	<b>S</b>	<b>Vat (Watt) po metru kvadratnom (W m<sup>-2</sup>)</b>
<b>Specifična apsorbcija energije</b>	<b>SA</b>	<b>Džul (Joule) po kilogramu (J kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Specifična stopa apsorbcije</b>	<b>SAR</b>	<b>Vat (Watt) po kilogramu (W kg<sup>-1</sup>)</b>

Električno polje **E** i magnetno polje **H** su VEKTORI !

U slobodnom prostoru važi relacija između intenziteta ova dva vektora:

$$E/H = 377 \text{ ohm}$$

(377 ohm je karakteristična impedansa slobodnog prostora)

Gustina snage **S** može se izračunati kao

$$S = EH = E^2/377 = 377H^2$$

Magnetno polje može se izraziti na dva moguća načina: preko veličina **B** i **H**. Te dve veličine su međusobno povezane preko relacije:

$$B = \mu H$$

gde je  $\mu$  magnetna permeabilnost.



Interno električno polje **E** i gustina struje **J** povezani su preko relacije:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

gde je  $\sigma$  električna provodljivost sredine.

Dozimetrijske veličine koje se koriste u ICNIRP preporukama su sledeće:

**J** (gustina struje) – u frekvencijskom opsegu do 10 MHz

**I** (jačina struje) – u frekvencijskom opsegu do 110 MHz

**SAR** (specifična stopa apsorpcije) – u opsegu 100 kHz do 10 GHz

**S** (gustina snage) – u opsegu 10 – 300 GHz.

## **ICNIRP standard obuhvata:**

- I. Osnovna ograničenja, koja moraju uvek biti poštovana.***
  
- II. Referentne nivoe, koji smeju biti prekoračeni ukoliko nisu prekoračena osnovna ograničenja.***

Osnovna ograničenja su ograničenja za izloženost EM poljima na osnovu utvrđenih štetnih zdravstvenih efekata.

Osnovna ograničenja su data u zavisnosti od frekvencije EM talasa i mogu se odnositi na gustinu struje, specifinu apsorbciju (SAR) ili gustinu snage.

Prema ICNIRP smernicama, u cilju zaštite od štetnih efekata po zdravlje ljudi, osnovna ograničenja ni u kom slučaju ne smeju biti prekoračena.

Referentni nivoi izloženosti su dati radi poredjenja sa merenim vrednostima fizičkih veličina.

Ukoliko su izmerene vrednosti fizičkih veličina u granicama referentnih nivoa, onda su sigurno ispoštovana i osnovna ograničenja.

Medjutim, ukoliko su izmerene vrednosti veće od referentnih nivoa, to ne znači obavezno da su premašena osnovna ograničenja. U tom slučaju je neophodna detaljnija analiza kako bi se procenilo da li su i dalje ispoštovana osnovna ograničenja.

# I Osnovna ograničenja

- Između **1 Hz i 10 MHz**, osnovna ograničenja su definisana u odnosu na gustinu struje, kako bi se sprečili štetni efekti na funkcije nervnog sistema.
- U opsegu od **100 kHz - 10 MHz**, ograničenja se odnose i na gustinu struje i na SAR.
- Između **100 kHz i 10 GHz**, osnovna ograničenja se odnose na SAR kako bi se izbeglo prekomerno zagrevanje tkiva
- Između **10 i 300 GHz**, osnovna ograničenja se odnose na gustinu snage da bi se sprečilo prekomerno grejanje u tkivima uz površinu tela.

U frekvencijskom opsegu od nekoliko Hz do 1 kHz, ako se predje nivo indukovane gustine struje od **100 mA/m<sup>2</sup>**, onda će biti prekoračen prag iznad koga dolazi do akutnih promena vezanih za centralni nervni sistem i do nekih drugih štetnih efekata.

Odlučeno je da, za frekvencije u opsegu od 4 Hz do 1 kHz, profesionalnu izloženost treba ograničiti na polja koja indukuju struju gustine manje od **10 mA/m<sup>2</sup>**, tj. primenjen je sigurnosni faktor od 10.

Za opštu populaciju primenjen je dodatni sigurnosni faktor od 5, tako da je ukupan sigurnosni faktor  $10 \times 5 = 50$ . Ovo dovodi do osnovnog ograničenja od **2 mA/m<sup>2</sup>**.

U frekvencijskom opsegu od 10 MHz do nekoliko GHz osnovna ograničenja su ustanovljena na bazi porasta telesne temperature od 1 °C, jer je procenjeno da to dovodi do štetnih efekata po zdravlje.

Taj porast temperature će se javiti pri stopi apsorpcije (SAR) celog tela od oko **4 W/kg** u trajanju od oko 30 min.

Stoga je izabran prosečni SAR od **0.4 W/kg** kao granica koja pruža adekvatnu zaštitu za profesionalnu izloženost.

Dodatni sigurnosni faktor od 5 je uveden za izlaganje opšte populacije, tako da je za granicu uzet prosečni SAR celog tela od **0.08 W/kg**.

**Tabela 2** - ICNIRP osnovna ograničenja u frekvencijskom opsegu do 100 kHz – odnose se na prosečnu **gustinu struje za glavu i telo** u mA/m<sup>2</sup> (*f* je frekvencija u Hz)

Frekvencijski opseg	Opšta populacija	Profesionalno osoblje
do 1 Hz	<b>8</b>	<b>40</b>
1 – 4 Hz	<b>8/<i>f</i></b>	<b>40/<i>f</i></b>
4 Hz – 1 kHz	<b>2</b>	<b>10</b>
1 – 100 kHz	<b><i>f</i>/500</b>	<b><i>f</i>/100</b>



**Tabela 3 - ICNIRP osnovna ograničenja za izloženost EM poljima u frekvencijskom opsegu 100 kHz do 10 MHz – odnose se na prosečnu gustinu struje za glavu i telo u mA/m<sup>2</sup> i na SAR u W/kg,  $f$  je u Hz**

	Opšta populacija	Profesionalno osoblje
prosečna gustina struje za glavu i telo u mA/m <sup>2</sup>	<b><math>f/500</math></b>	<b><math>f/100</math></b>
SAR usrednjen za celo telo	<b>0.08 W/kg</b>	<b>0.4 W/kg</b>
SAR usrednjen za tkivo glave ili trupa mase 10 g	<b>2 W/kg</b>	<b>10 W/kg</b>
SAR usrednjen za tkivo ekstremiteta mase 10 g	<b>4 W/kg</b>	<b>20 W/kg</b>

*Tabela 4 - ICNIRP osnovna ograničenja za izloženost EM poljima u frekvencijskom opsegu 10 MHz do 10 GHz – odnose se samo na SAR*

	Opšta populacija	Profesionalno osoblje
SAR usrednjen za celo telo	<b>0.08 W/kg</b>	<b>0.4 W/kg</b>
SAR usrednjen za tkivo glave ili trupa mase 10 g	<b>2 W/kg</b>	<b>10 W/kg</b>
SAR usrednjen za tkivo ekstremiteta mase 10 g	<b>4 W/kg</b>	<b>20 W/kg</b>

*Tabela 5 - ICNIRP osnovna ograničenja za izloženost EM poljima u frekvencijskom opsegu 10 – 300 GHz – odnose se samo na **gustinu snage***

	Opšta populacija	Profesionalno osoblje
Gustina snage	<b>10 W/m<sup>2</sup></b>	<b>50 W/m<sup>2</sup></b>