

Nejonizujuće zračenje

- Zakon o zaštiti od nejonizujućih zračenja Službeni glasnik Srbije 36/09 od 12.maja 2009.
- Podzakonski propisi su još u fazi nacрта
- *Granice izlaganja nejonizujućim zračenjima se **NE ODNOSI** na pacijente u zdravstvenim ustanovama na kojima se primenjuju kontrolisana medicinska terapija ili dijagnostička procedura*
- Zakon se odnosi SAMO NA UTICAJ NJZ. NA LJUDE

Načela zaštite od zračenja

- **Načelo zabrane** – NISU DOZVOLJENI izlaganje nejonizujućim zračenjima iznad propisane granice i svako nepotrebno izlaganje
- **Načelo srazmernosti** – uslovi i dozvoljenost primene njz. se ocenjuju prema stepenu korisnosti, dužini izlaganja, zdravstvenog i starosnog statusa stanovništva i mesta primene
- **Načelo javnosti** – podaci o izloženosti njz. MORAJU biti dostupni javnosti

Mere zaštite od nejonizujućih zračenja

- Propisivanje granica izlaganja njz.;
- Otkrivanje prisustva i nivoa izlaganja;
- Određivanje uslova za korišćenje izvora;
- Obezbeđenje organizacionih, tehničkih i finansijskih uslova za sprovođenje zaštite od njz.;

Mere zaštite od nejonizujućih zračenja

- Vođenje evidencije o izvorima;
- Označavanje izvora od posebnog interesa i zona opasnosti;
- Sprovođenje kontrole kvaliteta i osiguranje kvaliteta primene;
- Primena sredstava i zaštitne opreme;

Mere zaštite od nejonizujućih zračenja

- Kontrola stepena izlaganja u životnoj sredini i kontrola sprovođenja mera zaštite;
- Obezbeđenje sistematskog ispitivanja i praćenja nivoa njz. U životnoj sredini;
- Obrazovanje i stručno usavršavanje kadra;
- Informisanje stanovništva o zdravstvenim efektima izlaganja njz. i o stepenu izloženosti u životnoj sredini
- **KAZNENE MERE: (150.000 do 3.000.000) dinara**

Sistematsko ispitivanje nivoa nejonizujućih zračenja u životnoj sredini

- ISO 17025
- CEI IEC 61786 (Merenje magnetskih i električnih polja niskih frekvencija u vezi sa ljudskim izlaganjem);
- CEI IEC 61566 (Merenje izlaganju radiofrekventnih elektromagnetnih polja u opsegu od 100 kHz do 1 GHz).

Bazična ograničenja

- Određuju se na osnovu:
 - - zdravstvenih efekata i
 - - bioloških pokazatelja

Fizičke veličine kojima se određuju bazična ograničenja

- ***Kontaktna struja (I_c)*** između osobe i predmeta, izražava se u amperima, A
- ***Gustina struje (J)*** je protok struje kroz poprečni presek provodnika (A/m^2).
- ***Jačina električnog polja (vektor E)*** je sila koja deluje na naelektrisanu česticu (V/m);

Fizičke veličine kojima se određuju bazična ograničenja

- **Jačina magnetnog polja (vektor H)**, sa gustinom magnetnog fluksa određuje magnetno polje u nekoj tački prostora (A/m).
- **Gustina magnetnog fluksa, vektor B** , sila koja deluje na česticu u pokretu, izražava se u $T = \text{Wb/m}^2$). Pri merenju se koriste relacije:
 - $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$, $B = \mu H$
 - Magnetna permeabilnost $\mu = \mu_p \mu_0$), μ_p relativna magnetna permeabilnost sredine, μ_0 magnetna permeabilnost vakuuma =1

Fizičke veličine kojima se određuju bazična ograničenja

- ***Gustina snage (S)*** za vrlo visoke frekvencije i niske dubine prodiranja u telo, (W/m^2).
- ***Specifična energija apsorpcije (SA)*** apsorbovana energija po jedinici mase biološkog tkiva (J/kg). Koristi se za ograničavanje netermičkih efekata usled impulsnog mikrotalasnog zračenja.
- ***Specifični nivo apsorbovane energije (SAR)*** definiše se za delove tela ili za celo telo, izražava u (W/kg). Koristi se za termičke efekte

Referentni granični nivoi

Nivoi izlaganja stanovništva električnim, magnetnim i elektromagnetnim poljima

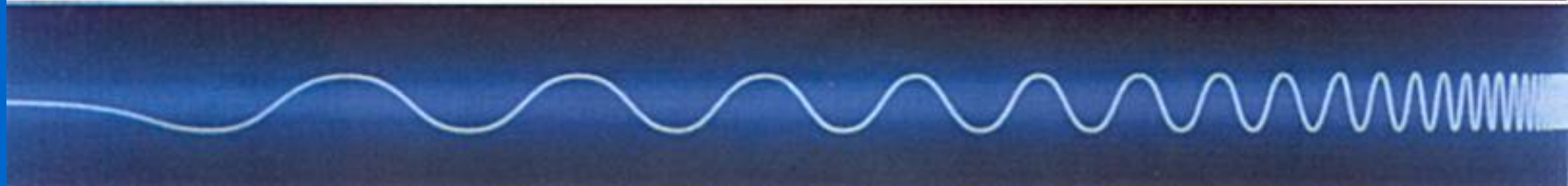
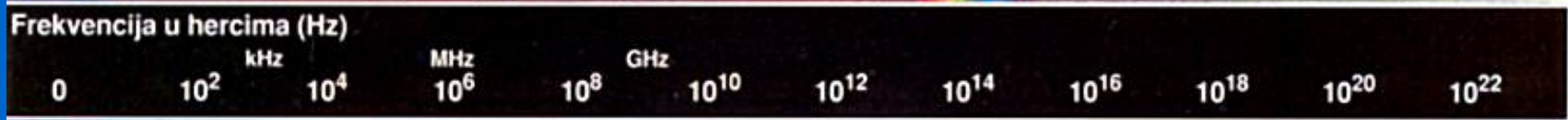
Služe za praktičnu procenu da li bazična ograničenja mogu biti prekoračena.

- U zavisnosti od frekvencije iskazuju se parametrima:
 - a) Jačina električnog polja, E (V/m),
 - b) Jačina magnetnog polja, H (A/m),
 - c) Gustina magnetnog fluksa, B (μ T),
 - d) Gustina snage ekvivalentnog ravnog talasa S_{ekv} (W/m^2)

NEJONIZUJUĆE ZRAČENJE

- Deo spektra elektromagnetskog zračenja koje nema dovoljnu energiju fotona da izvrši jonizaciju u biološkom materijalu - 12,4 eV i obuhvata
- Ultravioletno zračenje (100-400) nm
- Vidljivo zračenje - svetlost (400-780) nm
- Infracrveno zračenje (780 nm - 1 mm)
- Radio-frekvencijsko zračenje (10 kHz - 300 GHz)
- Elektromagnetsko polje niskih frekvencija (0-10) kHz
- Lasersko zračenje
- Ultrazvuk preko 20 kHz

ELEKTROMAGNETNI SPEKTAR



•
•
•

Biološki efekti se odnose na dejstvo

- Statičkog magnetnog polja
- Radiofrekventnog zračenja

Izvori magnetnog polja relevantni za uticaj na čoveka

1) Prirodno zemljino M polje	50 μ T
2) M polje ispod linija visokog napona	20 μ T
3) Vozovi na principu magnetske levitacije	(10-100) mT
4) MRI i MR spektroskopija	(0,15-2) T (3 T)
5) Termonuklearni reaktori	do 0,1 mT
6) Magnetohidrodinamski sistemi	50 mT na 50 m
7) Proizvodnja i distribucija jednosmerne struje	50 mT
8) Akceleratori čestica	2 T
9) Jedinice za separaciju izotopa	50 mT
10) Superprovodni spektrometri	1 T kod operatera

Interakcija magnetnog polja sa tkivima kroz

- Magnetnu indukciju
- Magnetomehaničke interakcije
- Konformacione promene makromolekula
- Promene brzine provodljivosti nerava
- Elektronske interakcije
- Ostali efekti

Dejstvo magnetne indukcije se ogleda u

- Elektrodinamičkim interakcijama sa elektrolitima u kretanju što dovodi do stvaranja **indukovanih Faradejevih sruja**
- **Kontrakciji krvnih sudova**
- **Pojavi struja kod pokreta tela**
- **Promeni na EKG-u**
- **Dejstvu na druge ćelije (oko, nervni sistem)**

Magnetomehanički efekti

- Magnetoorientacija - ćelije srpaste anemije, retinalni štapići i molekuli fibrinogena rotiraju i orijentišu se prema linijama sile (0,35-1) T
- Magnetomehanička translacija - promene na biogenim magnetskim česticama

Magnetohidrodinamički efekti

- Usporavanje protoka krvi kroz krvne sudove - povećanje pritiska u aorti - na 6 T za oko 10%

Konformacione promene makromolekula

- Promene u enzimskoj kinetici - do 45 T nisu nađene značajnije promene kod enzimskih sistema

Promene brzine provodljivosti nerava

- U magnetskom polju od 24 T brzina provodljivosti nerava menja se za oko 10%

Elektronske interakcije

- Dejstvo na elektronska spin stanja

Ostali efekti

- Privlačenje feromagnetnih implantata
- Dejstvo na "rid" prekidač pacemaker-a na 0,5 mT
- Povrede letečim predmetima
- Gubitak osećaja za vreme na 9 T

Granice izlaganja magnetnom polju

- ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields – Health Phys 1994; 66 (1):100-6
- *Profesionalno izlaganje*

Celo telo kontinualno	200 mT
Vršni nivo	2 T
Ekstremiteti	5 T
- *Stanovništvo*

Kontinualno izlaganje	40 mT
-----------------------	-------
- *Pacemakeri*

	0,5 mT
--	--------
- *Leteći metalni predmeti*

	3 mT
--	------
- *Analogni satovi, kreditne kartice, magnetske trake, kompjuterski diskovi i sl.*

	1 mT
--	------

Biološki efekti

- Do 2 T - nema štetnog uticaja na razvoj, ponašanje i fiziološke promene kod eksperimentalnih životinja
- 5 T - povećanje krvnog pritiska u aorti za nekoliko procenata
- Do 1 T - indukuje struju (10-100) mA/m² koja može da utiče na CNS (centralni nervni sistem)
Do 3 T - razdražljivost, umor, glavobolja, gubitak apetita, usporeni puls, ubzani puls, niži krvni pritisak, svrab i osećaj pečenja po koži, trnjenje
- 4 T - muka, gađenje, vrtoglavica, vizuelne senzacije (magnetska fosfena), metalni ukus u ustima

Mere zaštite od štetnog dejstva magnetnog polja

- Magnetsko polje se teško može oslabiti oklapanjem
- Zaštita udaljavanjem od izvora
- Skraćenje vremena izlaganja
- Merenje polja, prvo i periodično
- Periodični zdravstveni pregledi zaposlenih

Merenje magnetnog polja

- Određuje se magnetski fluks ili magnetska indukcija
- Merila: merila na Holovom principu, fluksmetri i balistički galvanometri

EFEKTI RADIO-FREKVENCIJSKOG ZRAČENJA I ZAŠTITA



- RF zračenje obuhvata oblast elektromagnetskog zračenja frekvencija od reda 100 kHz (300 kHz) do 300 GHz
- Mikrotalasno zračenje obuhvata frekvencije od 300 MHz do 300 GHz

Izvori RF zračenja

- Generatori snage, generatori signala i predajnici
- Radarski uređaji
- Celularna mobilna telefonija
- Sredstva za održavanje veze
- Uređaji za daljinsko upravljanje
- Medicinska oprema
- Kompjuterski sistemi
- Osvetljenje
- Zagrevanje organa za transplantaciju i krvi za transfuziju

VELIČINE KOD RF ZRAČENJA

- Jačina E polja u V/m
- Jačina M polja u A/m
- Gustina magnetskog fluksa u T
- Gustina snage fluksa u W/m^2
- Gustina fluksa snage ravnog talasa E polja u W/m^2
- Gustina fluksa ravnog talasa M polja u W/m^2

Granice za RF zračenje

Maksimalni nivoi izlaganja (za osmočasovno radno vreme) - JUS N.NO.205:1990 - Maksimalni nivoi izlaganja koji se odnose na ljude

Frekvencijski opseg	Kvadrat srednje vrednosti E polja, E ²	Kvadrat srednje vrednosti H polja, H ²	Srednja gustina fluksa snage S	
			W/m ²	mW/cm ²
300 kHz ≤ 3 MHz	3,77 x 10 ⁵	2,65	1000	100
> 3 MHz ≤ 30 MHz	3,39 x 10 ⁶ /f ²	23,9/f ²	9 000/f ²	900/f ²
> 30 MHz ≤ 300 GHz	3,77 x 10 ³	2,65 x 10 ⁻²	10	1

CENELEC EN 50166-1-2:1995
ICNIRP 1998

BIOLOŠKO DEJSTVO

DIREKTNI EFEKTI

- Termički
- Netermički

INDIREKTNI EFEKTI

- Nakupljanje elektriciteta
- EM interferencija

BIOLOŠKI EFEKTI

- *Termičko (zagrevajuće) dejstvo* – preko 10 mW/cm^2
- *Netermičko (nezagrevajuće) dejstvo* – manje od 10 mW/cm^2
- Zavisí od: frekvencije
inteziteta
dimenzija biološkog sistema
dubine prodiranja

Čovek ne poseduje čulo ali se RF zračenje može osetiti u vidu toplote

Interakcija sa tkivom

- Pretvaranje apsorbirane energije u toplotu
- Oscilacija slobodnih jona (gubitak usled provodljivosti)
- Rotacija ili reorijentacija polarnih molekula (dielektrični gubici)
- Indukcija vrtložnih struja u organizmu
- Pojava varnice-pojava opekotine i bola
- EM interferencija-uticaj na pacemaker i druge elektronske implantate
- Zamućenje očnog sočiva
- Dejstvo na testise
- Grčevi
- Promena ponašanja

OSNOVNE MERE ZAŠTITE OD RF ZRAČENJA

- Izbegavanje bespotrebnog izlaganja
- Rastojanje od izvora
- Skraćenje vremena izlaganja
- Ne primicati glavu i oči izvoru
- Obeležavanje zona zračenja
- Korišćenje zaštitnog odela samo u posebnim situacijama
- Periodični zdravstveni pregledi
- Osposobljavanje za bezbedan rad
- Merenje zračenja
- Kontrola kvaliteta izvora zračenja