

# Mjerenje električnih i magnetskih polja s osvrtom na legislativu

---

**Horvat, Sven**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:251668>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I**

**INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**MJERENJE ELEKTRIČNIH I MAGNETSKIH POLJA  
S OSVRTOM NA LEGISLATIVU**

**Završni rad**

**Sven Horvat**

**Osijek, 2020.**

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....   | 1  |
| 1.1. Što je elektromagnetsko zračenje?.....                        | 1  |
| 1.2. Štetne posljedice elektromagnetskog zračenja.....             | 2  |
| 1.3. Granice jakosti elektromagnetskih polja u RH i EU.....        | 4  |
| 2. MJERENJA.....   | 20 |
| 2.1. Mjerni instrument MASCHEK ESM-100.....                        | 20 |
| 2.2. Mjerenje električnih i magnetskih polja oko trafostanice..... | 22 |
| <br>   |    |
| ZAKLJUČAK.....   | 26 |
| LITERATURA.....  | 27 |
| SADRŽAJ.....   | 28 |
| ABSTRACT.....  | 28 |
| ŽIVOTOPIS.....   | 29 |

# I. UVOD

## 1.1. Što je elektromagnetsko zračenje?

Elektromagnetsko zračenje, u klasičnoj fizici, je protok energije univerzalnom brzinom svjetlosti kroz slobodni prostor ili kroz materijalnu tvar u obliku električnog i magnetskog polja koji čine elektromagnetske valove poput radio valova, vidljive svjetlosti i gama zraka. U takvom su valu električna i magnetska polja koja se mijenjaju u vremenu međusobno povezana pod pravim kutom i okomito na smjer kretanja. Elektromagnetski val karakterizira njegov intenzitet i frekvencija promjene vremena električnog i magnetskog polja. U smislu moderne kvantne teorije, elektromagnetsko zračenje je protok fotona (koji se naziva i kvantna svjetlost) kroz svemir. Fotoni su čestice energije koji se uvijek kreću univerzalnom brzinom svjetlosti. Simbol  $h$  je Planckova konstanta, a vrijednost brzine jednaka je frekvenciji elektromagnetskog vala klasične teorije. Fotoni koji imaju istu energiju su slični, a njihova gustoća broja odgovara intenzitetu zračenja. Elektromagnetsko zračenje pokazuje mnoštvo pojava tijekom interakcije s nabijenim česticama u atomima, molekulama i većim predmetima materije. Ti fenomeni kao i načini stvaranja i promatranja elektromagnetskog zračenja, način na koji se takvo zračenje događa u prirodi i njegove tehnološke primjene ovise o njegovoj frekvenciji. Frekvencijski spektar elektromagnetskog zračenja kreće se od vrlo niskih vrijednosti u rasponu radio valova, televizijskih valova i mikro valova do vidljive svjetlosti te nadalje do značajno viših vrijednosti ultraljubičastog svjetla, X-zraka i gama zraka. Blizu 0,01 posto energije cijelog svemira događa se u obliku elektromagnetskog zračenja. Čitav je ljudski život uronjen u njega, a moderna komunikacijska tehnologija i medicinske usluge posebno ovise o jednom ili drugom obliku. Činjenica je, sva živa bića na Zemlji ovise o elektromagnetskom zračenju primljenom od Sunca i o transformaciji sunčeve energije fotosintezom u biljni život ili biosintezom u zooplankton, osnovni korak prehrambenog lanca u oceanima. Oči mnogih životinja, uključujući i ljude, prilagođene su tako da budu osjetljive i stoga vide najobilniji dio Sunčevog elektromagnetskog zračenja, a to je svjetlost koja sadrži vidljivi dio njegovog širokog raspona frekvencija. Zelene biljke također imaju visoku osjetljivost na maksimalni intenzitet sunčevog elektromagnetskog zračenja, koje apsorbira tvar zvana klorofil koja je neophodna za rast biljaka fotosintezom.

Praktično sva goriva koja suvremeno društvo koristi - plin, nafta i ugljen - su pohranjeni oblici energije primljene od Sunca kao elektromagnetsko zračenje prije milijuna godina. Samo energija iz nuklearnih reaktora ne potječe od Sunca.

Svakodnevni život prožet je umjetno napravljenim elektromagnetskim zračenjem: hrana se zagrijava u mikrovalnim pećnicama, zrakoplovi se vode radarskim valovima, televizori primaju elektromagnetske valove koje emitiraju radio stanice, a infracrveni valovi iz grijača daju toplinu. Infracrveni valovi također se emitiraju i primaju automatskim kamerama za samofokusiranje koje elektroničkim putem mjere i postavljaju točnu udaljenost do objekta koji se fotografira. Čim zalazi Sunce, žaruljice sa žarnom niti ili fluorescentna svjetla uključuju se za umjetno osvjjetljenje, a gradovi svijetle raznobojnim fluorescentnim i neonskim lampicama reklamnih znakova. Poznato je i ultraljubičasto zračenje koje oči ne mogu vidjeti, ali čiji se učinak osjeća kao bol od opekotina od sunca. Ultraljubičasto svjetlo predstavlja vrstu elektromagnetskog zračenja koja može biti štetna po život. To vrijedi i za X-zrake, koji su važni u medicini jer omogućuju liječnicima da promatraju unutarnje dijelove tijela, ali izloženost kojoj treba svoditi na minimum. Manje poznate su gama zrake koje potječu od nuklearnih reakcija i radioaktivnog raspada i dio su štetnog visokoenergetskog zračenja radioaktivnih materijala i nuklearnog oružja.

[1]

## **1.2. Štetne posljedice elektromagnetskog zračenja**

Za većinu ljudi nemoguće je proći ni dan bez kontakta s elektroničkim uređajima poput prijenosnih računala, tableta i mobitela. Ljudi se oslanjaju na ove tehnološke alate za rad, komunikaciju s prijateljima i obitelji, školom i osobno uživanje. Međutim, čini se da većina ljudi ne shvaća to što svi ovi elektronički uređaji emitiraju valove elektromagnetskog zračenja. Čak i ljudi koji su svjesni ove činjenice često je ignoriraju, ali kad saznaju sve štetne učinke koje ova vrsta zračenja može imati na njihovo zdravlje, počinju obraćati više pažnje. Neki ljudi vjeruju da su negativni učinci elektromagnetskog zračenja naprosto varanje koje su izmislili ekstremno paranoični ljudi. Nažalost, istraživanja dokazuju da to uopće nije slučaj. Američka akademija za okolišnu medicinu vjeruje da trebamo napraviti bolji posao u razumijevanju negativnih zdravstvenih učinaka izloženosti elektromagnetskom zračenju. Oni su dokumentirali značajne štetne učinke nastale izlaganjem elektromagnetskom zračenju, poput genetskog oštećenja, reproduktivnih oštećenja, raka, neurološke degeneracije i disfunkcije živčanog sustava, disfunkcije imunološkog sustava i mnogih drugih. Studije o elektromagnetskim zračenjima

opetovano su pokazale mutacije gena i fragmentaciju DNK, što može uzrokovati mutaciju stanica i karcinom. Djeca su posebno izložena riziku od izloženosti zračenju jer dječje tijelo apsorbira više elektromagnetskih polja od odrasle osobe. Prema izvješću akademije, djeca apsorbiraju i do 60 posto više energije po kilogramu tjelesne težine od odraslih. Danas se zna da standard za maksimalnu jačinu signala mobitela prodire u glavu odrasle osobe do 3 centimetra. Taj isti signal Učinci dugotrajne izloženosti EMF-u mogu biti kumulativni i skratiti životni vijek djece. To izlaganje je bez presedana i nisu ga doživjele prethodne generacije. Muški i ženski reproduktivni sustav također su izloženi riziku od izloženosti EMF-u. U jednom istraživanju, dr. Conrado Avendano i njegovi kolege Nascentis Medicina Reproductiva iz Cordobe otkrili su da upotreba prijenosnog računala bežično spojenog na Internet i smještenog u blizini muških reproduktivnih organa može smanjiti kvalitetu ljudske sperme. Njihova studija otkrila je da nakon četverosatne izloženosti, 25 posto sperme više nije aktivno u usporedbi s 14 posto uzoraka sperme pohranjenih na istoj temperaturi u istom vremenskom razdoblju i udaljeno od računala. Također su primijetili da je 9 posto sperme pokazalo oštećenje DNK, što je tri puta više od štete nađene u usporednim uzorcima. Slično tome, Arhiva zaštite okoliša i zdravlja na radnom mjestu izvijestila je da emisije elektromagnetskih polja prijenosnih računala stvaraju zdravstvene probleme posebno za žene i njihove fetuse. Studija je utvrdila da su švedski standardi elektromagnetskih polja prekoračeni za 71 do 483 posto na prijenosnim računalima koja su korištena u studiji, što, prema definiciji standarda, povećava rizik za razvoj tumora.

Istraživanje dr. Martina Pall-a o elektromagnetskom zračenju otkriva načine na koje elektromagnetsko zračenje utječe na naša tijela:

1. Živčani sustav i mozak: rašireni neurološki tojest neuropsihijatrijski učinci poput poremećaja spavanja i nesanice, umor, glavobolja, simptomi depresije, nedostatak koncentracije, kognitivne disfunkcije, vrtoglavica, promjene pamćenja, nemir, napetost, anksioznost, naprezanje, razdražljivost.
2. Hormonalni sustavi. Razina steroidnih hormona opada s izloženošću elektromagnetskom polju, dok se druge razine hormona povećavaju s početnom izloženošću. Neuroendokrini hormoni i razina inzulina često opadaju s produljenom izloženošću elektromagnetskim poljima.
3. Oksidativni stres i oštećenja. Središnja uloga u osnovi svih kroničnih bolesti, kao i drugi tjelesni učinci.

4. Napadi stanične DNK. Oni su povezani s uzročnošću raka i stvaraju najvažnije mutacijske promjene kod ljudi i različitih životinja, kao i u budućim generacijama.
5. Apoptoza (programirana stanična smrt). Može uzrokovati i neurodegenerativne bolesti i neplodnost.
6. Problemi s plodnošću. Može dovesti do snižavanja spolnih hormona, nižeg libida i povećanog nivoa spontanog pobačaja te, kao što je već rečeno, napada DNA u spermatozoidima.
7. Može stvoriti prekomjerni unutarćelijski kalcij i prekomjernu signalizaciju kalcija.
8. Rak. Petnaest različitih mehanizama djelovanja elektromagnetskih zračenja na stanicu može uzrokovati rak. Rak mozga, karcinom grla, akustični neuromi i dvije druge vrste raka čiju mogućnost pojavljivanja povećava uporaba mobitela. Ljudi koji žive u blizini tornja koji odašilje signale mobitela imaju povećanu stopu raka. [2]

### **1.3. Granice jakosti elektromagnetskih polja u RH i EU**

U Republici Hrvatskoj, Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 146/2014) donosi i provodi Ministarstvo Zdravstva. Potpisan je 2014. godine od strane Ministra prim. Siniša Varga dr. med. dent. v.r. [3] te je 2019. godine dopunjen Pravilnikom o izmjenama i dopunama Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 31/2019) koje također donosi Ministarstvo Zdravstva, te je ovaj puta potpisao prof. dr. sc. Milan Kujundžić, dr. med., v.r. [4] Što se tiče mjerenja umjetnih izvora elektromagnetskih polja te držanja jakosti umjetnih elektromagnetskih polja u granicama normale (svi izvori elektromagnetskih polja koji su stvoreni od strane čovjeka), za to su zaslužni korisnici istih. U nastavku se nalaze temeljna ograničenja električnih polja po zakonima koji se nalaze u NN 31/2019. [4]

Tablica 1.1. - Ograničenja za inducirano električno polje za opću populaciju; Temeljna ograničenja 1 Hz – 100 kHz. [4]

| Frekvencijski opseg | Unutarnje (inducirano) električno polje (V/m) |                              |
|---------------------|---|------------------------------|
|                     | SŽS   | Sva tkiva                    |
| 1-10 Hz             | $\frac{0,1}{f}$                               | 0,4                          |
| 10-25 Hz            | 0,01  |                              |
| 25-1000 Hz          | $4 \cdot 10^{-4} \cdot f$                     |                              |
| 1000 Hz-3kHz        | 0,47  |                              |
| 3-100 kHz           | $1,35 \cdot 10^{-4} \cdot f$                  | $1,35 \cdot 10^{-4} \cdot f$ |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m

f – frekvencija mjerena u Hz

Tablica 1.2. - Temeljna ograničenja 100 kHz – 300 GHz. [4]

| Frekvencijski opseg | SAR (W/kg)    |              |       | Gustoća snage S (w/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------|--------------|-------|-------------------------------------|
|                     | Cijelo tijelo | Glava i trup | Udovi |                                     |
| 100 kHz – 10 MHz    | 0,08          | 2            | 4     |                                     |
| 10 MHz – GHz        | 0,08          | 2            | 4     |                                     |
| 10 - 300 GHz        |               |              |       | 10                                  |

SAR - specifična apsorbirana snaga na frekvenciji f u W/kg

S - gustoća snage na frekvenciji f u W/m<sup>2</sup>

f – frekvencija mjerena u Hz



Tablica 1.3. - Granične razine referentnih veličina za javna područja. [4]

| Frekvencijski opseg | Jakost električnog polja E (V/m) | Jakost magnetskog polja H (A/m)     | Gustoća magnetskog toka B ( $\mu\text{T}$ ) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala Sekv ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1-8 Hz              | $10^4$                           | $3,2 \cdot \frac{10^4}{f^2}$        | $4 \cdot \frac{10^4}{f^2}$                  |  |
| 8-25 Hz             | $10^4$                           | $4 \cdot \frac{10^3}{f}$            | $5 \cdot \frac{10^3}{f}$                    |  |
| 25-800 Hz           | $2,5 \cdot \frac{10^5}{f}$       | $4 \cdot \frac{10^3}{f}$            | $5 \cdot \frac{10^3}{f}$                    |  |
| 0,8-3 kHz           | $\frac{250}{f}$                  | 5                                   | 6,25  |  |
| 3-100 kHz           | 83                               | 5                                   | 6,25  |  |
| 100-150 kHz         | 83                               | 5                                   | 6,25  |  |
| 0,15-1 MHz          | 83                               | $\frac{0,73}{f}$                    | $\frac{0,92}{f}$                            |  |
| 1-10 MHz            | $\frac{83}{\sqrt{f}}$            | $\frac{0,73}{f}$                    | $\frac{0,92}{f}$                            |  |
| 10-400 MHz          | 26                               | $6,9 \cdot 10^{-2}$                 | $8,7 \cdot 10^{-2}$                         | 1,8  |
| 400-2000 MHz        | $1,3 \cdot \sqrt{f}$             | $3,45 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{f}$ | $4,3 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{f}$          | $4,5 \cdot 10^{-3} \cdot f$  |
| 2-10 GHz            | 58                               | 0,15                                | 0,19  | 8,9  |
| 10-300 GHz          | 58                               | 0,15                                | 0,19  | 8,9  |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W}/\text{m}^2$

Tablica 1.4. - Granične razine referentnih veličina za područja povećane osjetljivosti [4]

| Frekvencijski opseg | Jakost električnog polja E (V/m) | Jakost magnetskog polja H (A/m)     | Gustoća magnetskog toka B ( $\mu\text{T}$ ) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala Sekv ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1-8 Hz              | $4 \cdot 10^3$                   | $1,28 \cdot \frac{10^4}{f^2}$       | $1,6 \cdot \frac{10^4}{f^2}$                | -  |
| 8-25 Hz             | $4 \cdot 10^3$                   | $1,6 \cdot \frac{10^3}{f}$          | $2 \cdot \frac{10^3}{f}$                    | -  |
| 25-800 Hz           | $\frac{10^5}{f}$                 | $1,6 \cdot \frac{10^3}{f}$          | $2 \cdot \frac{10^3}{f}$                    | -  |
| 0,8-3 kHz           | $\frac{100}{f}$                  | 2                                   | 2,5   | -  |
| 3-100 kHz           | 34,8                             | 2                                   | 2,5   | -  |
| 100-150 kHz         | 34,8                             | $\frac{175}{f}$                     | $\frac{220}{f}$                             | -  |
| 0,15-1 MHz          | 34,8                             | $\frac{0,292}{f}$                   | $\frac{0,368}{f}$                           | -  |
| 1-10 MHz            | $\frac{34,8}{\sqrt{f}}$          | $\frac{0,292}{f}$                   | $\frac{0,368}{f}$                           | -  |
| 10-400 MHz          | 11,2                             | 0,0292                              | 0,0368                                      | 0,326  |
| 400-2000 MHz        | $0,55 \cdot \sqrt{f}$            | $1,48 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{f}$ | $1,84 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{f}$         | $\frac{f}{1250}$   |
| 2-10 GHz            | 24,4                             | 0,064                               | 0,08  | 1,6  |
| 10-300 GHz          | 24,4                             | 0,064                               | 0,08  | 1,6  |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W}/\text{m}^2$

Tablica 1.5. - Granične razine električnog i magnetskog polja i gustoće magnetskog toka za pojedinačnu frekvenciju impulsnog polja za javna područja. [4]

| Frekvencija<br>$f$ | Jakost električnog polja<br>E(v/m) | Jakost magnetskog polja<br>H(A/m) | Gustoća magnetskog toka<br>B( $\mu$ T) |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 10-400 MHz         | 450                                | 1,2                               | 1,5                                    |
| 400-2000 MHz       | $22,5 \cdot \sqrt{f}$              | $0,06 \cdot \sqrt{f}$             | $0,075 \cdot \sqrt{f}$                 |
| 2-300 GHz          | 975                                | 2,58                              | 3,24                                   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu$ T

Tablica 1.6. - Granične razine za vremenski promjenjive dodirne struje za vodljive objekte u području povećane osjetljivosti. [4]

| Frekvencija<br>$f$ | Jakost električnog polja<br>E(v/m) | Jakost magnetskog polja<br>H(A/m) | Gustoća magnetskog toka<br>B( $\mu$ T) |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 10-400 MHz         | 180                                | 0,48                              | 0,6                                    |
| 400-2000 MHz       | $9 \cdot \sqrt{f}$                 | $0,024 \cdot \sqrt{f}$            | $0,03 \cdot \sqrt{f}$                  |
| 2-300 GHz          | 390                                | 1,03                              | 1,29                                   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu$ T

Godine 2016. na snagu nastupa Pravilnik o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja (NN 59/2016) koje potpisuje tadašnji Ministar Zdravstva doc. dr. sc. Dario Nakić, dr. med., v. r. [5]. U navedenom pravilniku se utvrđuju zdravstveni uvjeti kojima moraju udovoljavati rukovatelji koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja, učestalost zdravstvenih pregleda te sadržaj, način i rokovi

čuvanja podataka o tim pregledima. Također, s ovim pravilnikom propisuju se minimalni zahtjevi za zaštitu radnika od rizika za njihovo zdravlje i sigurnost, koji su posljedica ili bi mogli biti posljedica izloženosti elektromagnetskim poljima tijekom rada. U nastavku slijede tablice s vrijednostima upozorenja za električno te magnetsko polje od 50Hz.

Tablica 1.7. – Vrijednosti upozorenja za izloženost električnim poljima od 1 Hz do 10 MHz [5]

| Raspon frekvencije           | Niske vrijednosti upozorenja (ALs(E)) za jakost električnog polja (E) [ $Vm^{-1}$ ] (RMS) | Visoke vrijednosti upozorenja (ALs(E)) za jakost električnog polja (E) [ $Vm^{-1}$ ] (RMS) |
|------------------------------|---|--|
| $1 \leq f < 25$ Hz           | $2,0 \times 10^4$   | $2,0 \times 10^4$  |
| $25 \leq f < 50$ Hz          | $5,0 \times 10^5/f$   | $2,0 \times 10^4$  |
| $50$ Hz $\leq f < 1,64$ kHz  | $5,0 \times 10^5/f$   | $1,0 \times 10^6/f$  |
| $1,64 \leq f < 3$ kHz        | $5,0 \times 10^5/f$   | $6,1 \times 10^2$  |
| $3$ kHz $\leq f \leq 10$ MHz | $1,7 \times 10^2$   | $6,1 \times 10^2$  |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

Tablica 1.8. – Vrijednosti upozorenja izloženosti magnetskim poljima od 1 Hz do 10 MHz [5]

| Raspon frekvencije           | Niske vrijednosti upozorenja za gustoću magnetskog toka (B) [ $\mu T$ ] (RMS) | Visoke vrijednosti upozorenja za gustoću magnetskog toka (B) [ $\mu T$ ] (RMS) | Vrijednosti upozorenja za gustoću magnetskog toka za izloženost ekstremiteta lokaliziranom magnetskom polju [ $\mu T$ ] (RMS) |
|------------------------------|---|--|---|
| $1 \leq f < 8$ Hz            | $2,0 \times 10^6/f^2$   | $3,0 \times 10^6/f$  | $9,0 \times 10^6/f$   |
| $8 \leq f < 25$ Hz           | $2,5 \times 10^4/f$   | $3,0 \times 10^6/f$  | $9,0 \times 10^6/f$   |
| $25 \leq f < 300$ Hz         | $1,0 \times 10^3$   | $3,0 \times 10^6/f$  | $9,0 \times 10^6/f$   |
| $300$ Hz $\leq f < 3$ kHz    | $3,0 \times 10^6/f$   | $3,0 \times 10^6/f$  | $9,0 \times 10^6/f$   |
| $3$ kHz $\leq f \leq 10$ MHz | $1,0 \times 10^2$   | $1,0 \times 10^2$  | $3,0 \times 10^2$   |

f – frekvencija mjerena u Hz

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

U Europskoj Uniji, „Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU Electromagnetic Fields“ (ne obvezujući vodič za dobru praksu za implementaciju direktive 2013/35/EU elektromagnetska polja) donosi i provodi Europska komisija – Direktorat general za zaposlenje, društvene odnose i inkluziju, odjel B3. Pošto je neobvezujući, vodič za dobru praksu implementacije direktive u vezi elektromagnetskih polja nema potrebe provoditi, osim u slučaju da je opasno za zaposlene osobe, u kojem slučaju poslodavac mora poduzeti propisane mjere opreza. U nastavku su neke od vrijednosti koje su donijeli odjel B3 kao nominalne. [6]

Tablica 1.9. – Granične vrijednosti izloženosti za vanjsku gustoću elektromagnetskog polja od 0 do 1 Hz [6]

|                              | Receptivni učinci granice  |
|------------------------------|----------------------------|
| Normalni uvjeti rada         | 2 T                        |
| Lokalizirano izlaganje udova | 8 T                        |
|                              | Granice učinka na zdravlje |
| Kontrolirani uvjeti rada     | 8 T                        |

f – frekvencija mjerena u Hz

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Tablica 1.10. – Granične vrijednosti izloženosti za unutarnju jakost električnog polja od 1 Hz do 10 MHz [6]

| Raspon frekvencija                         | Granice učinka na zdravlje                   |
|--|--|
| $1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$      | $1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (vrh)                  |
| $3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$ | $3.8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (vrh) |

f – frekvencija mjerena u Hz

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

Tablica 1.11. – Nivoi radnje za izloženost elektromagnetskim poljima od 1 Hz do 10 MHz [6]

| Raspon frekvencije                         | Niska gustoća magnetskog toka (B) ( $\mu\text{T}$ ) | Visoka gustoća magnetskog toka (B) ( $\mu\text{T}$ ) | Gustoća magnetskog toka za izloženost udova lokalnom magnetskom polju ( $\mu\text{T}$ ) |
|--|---|--|---|
| $1 \leq f < 8 \text{ Hz}$                  | $2,0 \times 10^5/f^2$                               | $3,0 \times 10^5/f$                                  | $9,0 \times 10^5/f$   |
| $8 \leq f < 25 \text{ Hz}$                 | $2,5 \times 10^4/f$                                 | $3,0 \times 10^5/f$                                  | $9,0 \times 10^5/f$   |
| $25 \leq f < 300 \text{ Hz}$               | $1,0 \times 10^3$                                   | $3,0 \times 10^5/f$                                  | $9,0 \times 10^5/f$   |
| $300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$    | $3,0 \times 10^5/f$                                 | $3,0 \times 10^5/f$                                  | $9,0 \times 10^5/f$   |
| $3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$ | $1,0 \times 10^2$                                   | $1,0 \times 10^2$                                    | $3,0 \times 10^2$   |

f – frekvencija mjerena u Hz

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Tablica 1.12. – Učinci na zdravlje; vrijednosti izloženosti elektromagnetskim poljima od 100kHz do 6GHz [6]

| Granice učinka na zdravlje   | Vrijednosti snage zračenja po jedinici mase kroz 6-minutno razdoblje |
|--|--|
| Granice povezane s toplinskim stresom cijelog tijela izraženima kao prosječna snaga zračenja po jedinici mase u tijelu | $0,4 \text{ Wkg}^{-1}$   |
| Granice povezane s toplinskim stresom glave i trupa izraženima kao prosječna snaga zračenja po jedinici mase u tijelu  | $10 \text{ Wkg}^{-1}$  |
| Granice povezane s toplinskim stresom udova izraženima kao prosječna snaga zračenja po jedinici mase u tijelu          | $20 \text{ Wkg}^{-1}$  |

SAR - specifična apsorbirana snaga na frekvenciji f u W/kg

f – frekvencija mjerena u Hz

U Kini, Regulations for electromagnetic radiation protection (regulative za zaštitu od elektromagnetskog zračenja) donosi Zavod za Zdravstvo Kine te Državna uprava za zaštitu okoliša Kine. Te zakonske granice i regulative jakosti elektromagnetskih polja provodi njihov CDC, puno značenje Center for Disease Control and Prevention (centar za kontrolu i prevenciju bolesti). U sljedećoj tablici se nalaze maksimalne vrijednosti koje su u Kini normalne. Kina je odredila vrijednosti samo za frekvencije iznad 100 kHz, do 300 GHz. Prvi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se odvija rad (Occupational), a drugi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se živi (General public). [7]

Tablica 1.13. – Referentne veličine za elektromagnetska polja u različitim vremenskim razdobljima do 300 GHz [7]

| Kategorija izloženosti | Raspon frekvencija (Hz) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) | Efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja (A/m) | Gustoća magnetskog toka (mT) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala ( $W/m^2$ ) |
|------------------------|-------------------------|--|---|------------------------------|---|
| Radno mjesto           | 100 kHz–3 Mhz           | 87   | 0.25  |                              |   |
|                        | 3 MHz–30 MHz            | $150/f^{0.5}$  | $0.4/f^{0.5}$                                       |                              |   |
|                        | 30 MHz–3 GHz            | 28   | 0.075   |                              | 2   |
|                        | 3 GHz–15 GHz            | $0.5/f^{0.5}$  | $0.0015 f^{0.5}$                                    |                              | $f/1500$  |
|                        | 150GHz-300GHz           | 61   | 0.16  |                              | 10  |
| Šira javnost           | 100 kHz–3 Mhz           | 40   | 0.1   |                              |   |
|                        | 3 MHz–30 MHz            | $67/f^{0.5}$   | $0.17/f^{0.5}$                                      |                              |   |
|                        | 30 MHz–3 GHz            | 12   | 0.032   |                              | 0.4   |
|                        | 3 GHz–150 GHz           | $0.22 f^{0.5}$                                       | $0.001 f^{0.5}$                                     |                              | $f/7500$  |
|                        | 150GHz-300GHz           | 27   | 0.073   |                              | 2   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu T$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $W/m^2$

U Japanu, smjernice Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to EMF (Smjernice za zaštitu od radio-zračenja za izloženost čovjeku EMP-u) donose Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications (Ministarstvo javnog upravljanja, unutarnjih poslova, pošte i telekomunikacija). Iako se zovu smjernice, od 1999. godine te smjernice su obavezne te se očekuje od osoba koje postavljaju trafo stanice, klimatizacijske uređaje te ostale izvore elektromagnetskih polja, da će elektromagnetska polja držati u granicama. Prvi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se odvija rad (Occupational), a drugi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se živi (General public). [8]



Tablica 1.14. - Referentne veličine za elektromagnetska polja u različitim vremenskim razdobljima do 300 GHz [8]

| Kategorija izloženosti | Raspon frekvencija (Hz) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (kV/m) | Efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja (A/m) | Gustoća magnetskog toka (mT) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala (W/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|-------------------------|---|---|------------------------------|---|
| Radno mjesto           | 50Hz/60Hz               | 3   | -   | -                            | -   |
|                        | 10kHz-30kHz             | 0.614   | 163   | -                            | -   |
|                        | 30kHz-3MHz              | 0.614   | 4.9/f   | -                            | -   |
|                        | 3MHz-30MHz              | 1.842/f   | 4.9/f   | -                            | -   |
|                        | 30MHz-300MHz            | 0.0.614   | 0.163   | -                            | 10  |
|                        | 300MHz-1.5GHz           | 0.00354f <sup>0.5</sup>                               | f <sup>0.5</sup> /106                               | -                            | f/30  |
|                        | 1.5GHz-300GHz           | 0.137 <sup>3</sup> f [MHz]                            | 0.365 <sup>3</sup> f [MHz]                          | -                            | 50 <sup>3</sup> f [MHz]                                     |
|                        | Šira javnost            | 50Hz/60Hz   | 3   | -                            | -   |
| 10kHz-30kHz            |                         | 0.275   | 72.8  | -                            | -   |
| 30kHz-3MHz             |                         | 0.275   | 2.18/f  | -                            | -   |
| 3MHz-30MHz             |                         | 0.824/f   | 2.18/f  | -                            | -   |
| 30MHz-300MHz           |                         | 0.0275  | 0.0728  | -                            | 2   |
| 300MHz-1.5GHz          |                         | 0.001585f <sup>0.5</sup>                              | f <sup>0.5</sup> /237.8                             | -                            | f/150   |
| 1.5GHz-300GHz          |                         | 0.0614 <sup>3</sup> f [MHz]                           | 0.163 <sup>3</sup> f [MHz]                          | -                            | 10 <sup>3</sup> f [MHz]                                     |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W/m}^2$

U Australiji, Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields (Standard zaštite od zračenja za maksimalne razine izloženosti radiofrekventnim poljima) smjernice donose Radiation Health Commite (Odbor za zaštitu od zračenja) Australije. 1999. godine su Australci doradili standarde iz prethodne godine koje sprovodi javnost. Prvi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se odvija rad (Occupational), a drugi dio tablice vrijedi za javna mjesta u kojima se živi (General public). [9]

Tablica 1.15. - Referentne veličine za elektromagnetska polja u različitim vremenskim razdobljima do 300 GHz [9]

| Kategorija izloženosti | Raspon frekvencija (Hz) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) | Efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja (A/m) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala ( $\text{W/m}^2$ ) |
|------------------------|-------------------------|--|---|--|
| Radno mjesto           | 100kHz-1MHz             | 614  | $1.63/f$  | -  |
|                        | 1MHz-10MHz              | $614/f$  | $1.63/f$  | $1000/f^2$   |
|                        | 10MHz-400MHz            | 61.4   | 0.163   | 10   |
|                        | 400MHz-2GHz             | $3.07 \times f^{0.5}$                                | $0.00814 \times f^{0.5}$                            | $f/40$   |
|                        | 2GHz-300GHz             | 137  | 0.364   | 50   |
| Šira javnost           | 100kHz-150kHz           | 86.8   | 4.86  | -  |
|                        | 150kHz—1MHz             | 86.8   | $0.729/f$   | -  |
|                        | 1MHz-10MHz              | $86.8/ f^{0.5}$                                      | $0.729/f$   | -  |
|                        | 10MHz-400MHz            | 27.4   | 0.0729  | 2  |
|                        | 400MHz-2GHz             | $1.37 \times f^{0.5}$                                | $0.00364 \times f^{0.5}$                            | $f / 200$  |
|                        | 2GHz-300GHz             | 61.4   | 0.163   | 10   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W/m}^2$

Rusija nije dala svoje podatke u javnost pa ih je nemoguće pronaći, a što se tiče Sjedinjenih Američkih Država, oni za veliku većinu država nemaju granice koje smatraju normalnima te su samo Florida i New York usvojile svoje standarde. Florida nažalost nije dala svoje podatke u javnost. U nastavku se nalaze tablice dopuštenih granica usvojene u saveznoj državi New York. Smjernice pod imenom Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) (Smjernice za ograničavanje izlaganju vremenski promjenjivim električnim, magnetskim i elektromagnetskim poljima do 300 GHz) sastavljaju International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Međunarodni odbor za zaštitu od neionizirajućeg zračenja). Kako su to smjernice, ICNIRP očekuje od radnika kako će ih se sami pridržavati te ne postoji osoblje koje se brine o pridržavanju istih. [10]

Tablica 1.16. - Referentne veličine za elektromagnetska polja u različitim vremenskim razdobljima do 300 GHz (Radno mjesto) [10]

| Raspon frekvencija (Hz) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) | Efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja (A/m) | Gustoća magnetskog toka ( $\mu\text{T}$ ) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala ( $\text{W/m}^2$ ) |
|-------------------------|--|---|---|--|
| Do 1Hz                  | -  | $1.63 \times 10^5$                                  | $2 \times 10^5$                           | -  |
| 1-8Hz                   | 20,000   | $1.63 \times 10^5/f^2$                              | $2 \times 10^5/f^2$                       | -  |
| 8-25Hz                  | 20,000   | $2 \times 10^4/f$                                   | $2.5 \times 10^4/f$                       | -  |
| 0.025-0.82kHz           | 500/f  | 20/f  | 25/f                                      | -  |
| 0.82-65kHz              | 610  | 24.4  | 30.7                                      | -  |
| 0.065-1MHz              | 610  | 1.6/f   | 2.0/f                                     | -  |
| 1-10MHz                 | 610/f  | 1.6/f   | 2.0/f                                     | -  |
| 10-400MHz               | 61   | 0.16  | 0.2                                       | 10   |
| 400-2,000MHz            | $3f^{0.5}$   | $0.008f^{0.5}$                                      | $0.01f^{0.5}$                             | f/40   |
| 2-300GHz                | 137  | 0.36  | 0.45                                      | 50   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W/m}^2$

Tablica 1.17. - Referentne veličine za elektromagnetska polja u različitim vremenskim razdobljima do 300 GHz (Šira javnost) [10]

| Raspon frekvencija (Hz) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) | Efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja (A/m) | Gustoća magnetskog toka ( $\mu\text{T}$ ) | Gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala ( $\text{W/m}^2$ ) |
|-------------------------|--|---|---|--|
| Do 1Hz                  | -  | $3.2 \times 10^4$                                   | $4 \times 10^4$                           | -  |
| 1-8Hz                   | 10,000   | $3.2 \times 10^4/f^2$                               | $4 \times 10^4/f^2$                       | -  |
| 8-25Hz                  | 10,000   | $4000/f$  | $5,000/f$                                 | -  |
| 0.025-0.8kHz            | $250/f$  | $4/f$   | $5/f$                                     | -  |
| 0.8-3kHz                | $250/f$  | 5   | 6.25                                      | -  |
| 3-150kHz                | 87   | 5   | 6.25                                      | -  |
| 0.15-1MHz               | 87   | $0.73/f$  | $0.92/f$                                  | -  |
| 1-10MHz                 | $87f^{0.5}$  | $0.73/f$  | $0.92/f$                                  | -  |
| 10-400MHz               | 28   | 0.073   | 0.092                                     | 2  |
| 400-2,000GHz            | $1.375f^{0.5}$                                       | $0.037f^{0.5}$                                      | $0.0046f^{0.5}$                           | $f/200$  |
| 2-300GHz                | 61   | 0.16  | 0.20                                      | 10   |

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

f – frekvencija mjerena u Hz

H - efektivna vrijednost jakosti magnetskog polja u A/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu\text{T}$

Sekv -gustoća snage ekvivalentnog ravnog vala na frekvenciji f u  $\text{W/m}^2$

Nakon izlistanja dozvoljenih vrijednosti u različitim zemljama, valja usporediti granice za frekvencijski raspon od 50Hz na javnim područjima te na područjima povećane osjetljivosti. Pošto u nekim stranim državama ne postoji spomenuti frekvencijski raspon, do njega se može doći matematičkim putem. Prema tablicama jasno vidimo da Hrvatska ima najviše dopuštene granice za jakosti električnog polja za radno mjesto te javne površine. Europska unija ima najvišu dopuštenu granicu za gustoću magnetskog toka te je daleko ispred Hrvatske, a što se tiče jakosti električnog polja je daleko ispod Hrvatske. Najnižu gustoću magnetskog toka ima New York iz razloga što ostale zemlje nisu dale te vrijednosti.

Tablica 1.18. – Dozvoljene vrijednosti u frekvencijskom rasponu 50Hz za opću populaciju za sve navedene zemlje

| Kategorija izloženosti | Mjesto         | Raspon frekvencije (Hz) | Jakost električnog polja E (V/m) | Gustoća magnetskog toka B ( $\mu$ T) |
|------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Opća populacija        | Hrvatska       | 50                      | $5 \times 10^3$                  | 100                                  |
|                        | Europska Unija | 50                      | $10 \times 10^3$                 | -                                    |
|                        | Kina           | 50                      | -                                | -                                    |
|                        | Japan          | 50                      | $3 \times 10^3$                  | -                                    |
|                        | Australija     | 50                      | $5 \times 10^3$                  | 200                                  |
|                        | New York       | 50                      | $5 \times 10^3 - 10 \times 10^3$ | $100 - 10^3$                         |

f – frekvencija mjerena u Hz

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu$ T

Tablica 1.19. – Dozvoljene vrijednosti u frekvencijskom rasponu 50Hz za radno mjesto za sve navedene zemlje

| Kategorija izloženosti | Mjesto         | Raspon frekvencije (Hz) | Jakost električnog polja E (V/m)  | Gustoća magnetskog toka B ( $\mu$ T) |
|------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Radno mjesto           | Hrvatska       | 50                      | $2 \times 10^3$                   | 40                                   |
|                        | Europska Unija | 50                      | $20 \times 10^3$                  | -                                    |
|                        | Kina           | 50                      | -                                 | -                                    |
|                        | Japan          | 50                      | $3 \times 10^3$                   | -                                    |
|                        | Australija     | 50                      | $10 \times 10^3$                  | $10^3$                               |
|                        | New York       | 50                      | $10 \times 10^3 - 30 \times 10^3$ | $500 - 25 \times 10^3$               |

f – frekvencija mjerena u Hz

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u  $\mu$ T

## II. MJERENJA

### 2.1. Mjerni instrument MASCHEK ESM-100

3D H / E Fieldmeter ESM-100 svjetski je jedinstveni, patentirani ručni mjerni uređaj. Napravljen je tako da se električna i magnetska izmjenična polja mogu bez problema mjeriti istovremeno, trodimenzionalno i u jednoj točki. Ovim uređajem svima je omogućeno brzo, profesionalno i bez pogrešaka mjerenja od samog početka. Mogućnosti koje instrument MASCHEK ESM-100 može izvesti: Simultano 3D mjerenje E i H polja u jednoj točki, moguće je ručno mjerenje e-polja, frekvencijski raspon od 5 Hz - 400 kHz, područje mjerenja 1 nT - 20 mT i 100 mV / m - 100 kV / m, mali senzor za otkrivanje nehomogenosti polja, visoka dugoročna stabilnost i visoka točnost od + - 5%, 24-satno dugotrajno snimanje bez računala i mrežne veze, integrirani sat u stvarnom vremenu, dugotrajna memorija za 1800 izmjerenih vrijednosti u uređaju, četiri propusna filtra, prebacivanje na 1D mjerenje, programabilni zvučni signal, jasno strukturiran zaslon s osvjetljenjem i trakasti grafikoni, 30 sati rada bez prekida, priključak postolja za upotrebu kao aktivna mjerna sonda, otporan na prskanje vode i prašine prema IP 65, jednostavno, intuitivno rukovanje kako bi se izbjegle pogreške u mjerenju. [11]

Program Graph ESM-100 koristi se za komunikaciju između računala i mjernog uređaja ESM-100, kao i njegovo daljinsko upravljanje. Idealno je za dokumentiranje mjerenja. Posebno je razvijen za mjerni uređaj ESM-100 i prilagođen potrebama i karakteristikama EMC mjerenja. [11]

Klikom miša može stvoriti grafikone, tablice ili trodimenzionalne dijagrame rasporeda polja koji se mogu slobodno premještati u prostoru. Posebne funkcije poput korekcije opterećenja za mjerenja na transformatorima olakšavaju mjerenja u okviru normi. [11]

Osovine se automatski skaliraju i označavaju. Jednostavnim odabirom odgovarajuće kartice mjerene vrijednosti može pratiti na sličan način kao što je prikaz mjernog uređaja ili ih prikazati grafički u mjernom uređaju u stvarnom vremenu. [11]

Još svojstava i mogućnosti: Mapiranje izmjerenih vrijednosti, grafički prikaz u stvarnom vremenu, jednostavno i intuitivno za upotrebu, prezentacija u obliku tablice, tekstualno polje za svaku izmjerenu vrijednost, prikaz graničnih vrijednosti, očitavanje memorije ESM-100, mjerni

snimač s okidačem, jednostruka funkcija, korekcija korištenja magnetskog polja, daljinsko upravljanje ESM-100, izvoz grafika i tablica, integrirana funkcija pomoći, windows kompatibilan. [11]

Slika 2.1. – Mjerni instrument MASCHEK ESM-100 [12]

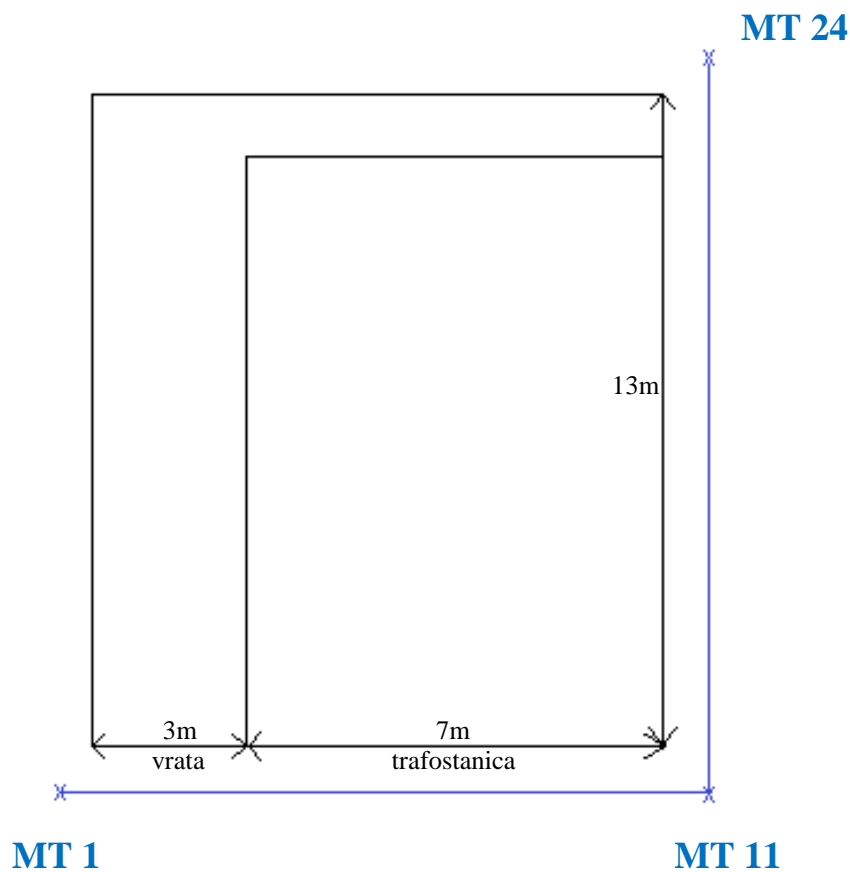




## 2.2. Mjerenje električnih i magnetskih polja oko trafostanice

Mjerenje se odrađuje s prije spomenutim instrumentom MASCHEK ESM-100 E/H 3D Fieldmeter na način da se uređaj postavi na pola metra udaljenosti od trafostanice te se pomjera dužinom i širinom po jedan metar. Tako smo dobili 24 mjerne točke za efektivnu vrijednost jakosti električnog polja u V/m te efektivnu vrijednost jakosti magnetskog polja u nT. U vrijeme mjerenja 15:28h, vlažnost zraka je bila 63.4 % te je temperatura zraka bila 26.7 °C. To je bitno napomenuti iz razloga što prekomjerna temperatura i vlaga mogu utjecati na točnost mjerenja.

Slika 2.2. Shema i mjerne točke mjernog niza MN1



Tablica 2.1. Izmjerene vrijednosti u mjernom nizu MN1

| Vrijednost frekvencije (Hz) | Mjerna točka | Gustoća magnetskog toka (nT) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) |
|-----------------------------|--------------|------------------------------|--|
| 50                          | MT1          | 175                          | 1.2  |
| 50                          | MT2          | 257                          | 1.1  |
| 50                          | MT3          | 387                          | 1.4  |
| 50                          | MT4          | 603                          | 1.3  |
| 50                          | MT5          | 1097                         | 1.1  |
| 50                          | MT6          | 1365                         | 1.1  |
| 50                          | MT7          | 1505                         | 1  |
| 50                          | MT8          | 1305                         | 1.2  |
| 50                          | MT9          | 942                          | 1.6  |
| 50                          | MT10         | 637                          | 1.2  |
| 50                          | MT11         | 425                          | 1.6  |
| 50                          | MT12         | 541                          | 1.5  |
| 50                          | MT13         | 675                          | 1  |
| 50                          | MT14         | 738                          | 1  |
| 50                          | MT15         | 807                          | 1.1  |
| 50                          | MT16         | 814                          | 1.5  |
| 50                          | MT17         | 826                          | 1.4  |
| 50                          | MT18         | 877                          | 1  |
| 50                          | MT19         | 968                          | 1.1  |
| 50                          | MT20         | 1135                         | 1.5  |
| 50                          | MT21         | 1468                         | 1.3  |
| 50                          | MT22         | 1603                         | 0.8  |
| 50                          | MT23         | 1214                         | 1.2  |
| 50                          | MT24         | 834                          | 1.1  |

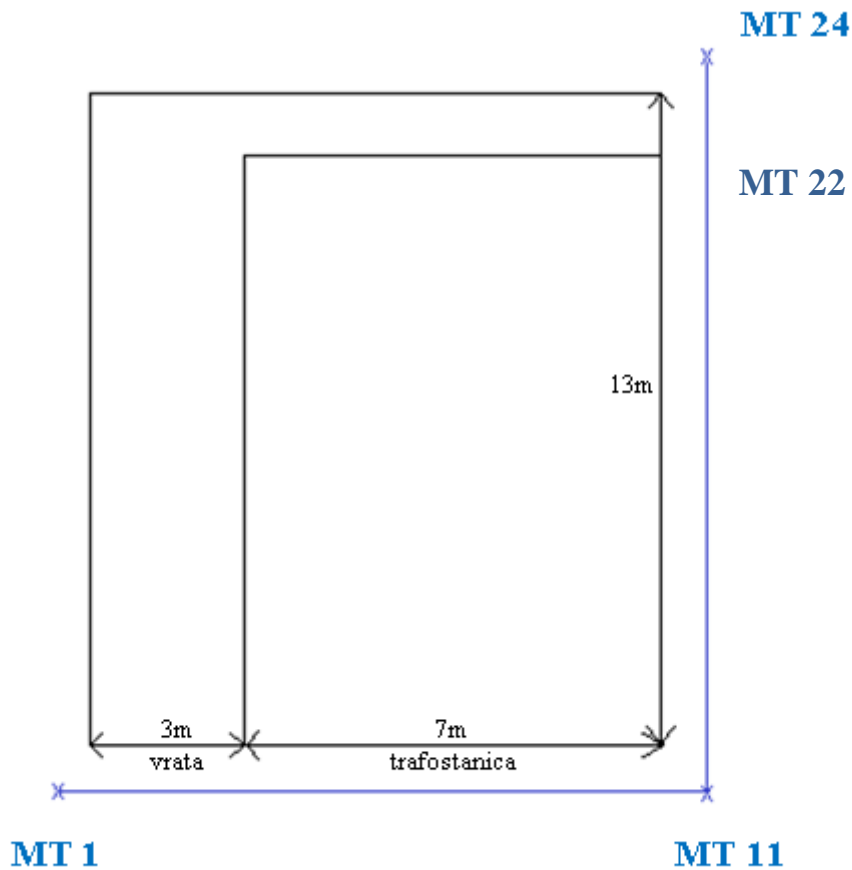
f – frekvencija mjerena u Hz

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u nT

Iz razloga što je u točki MT22 najveća izmjerena gustoća magnetskog toka B, u toj točki se radi drugi mjerni niz MN2 da bi se vidjelo kolika je disipacija magnetskog toka na udaljenostima po pola metra.

Slika 2.3. Shema i mjerne točke mjernog niza MN2



Tablica 2.2. Izmjerene vrijednosti u mjernom nizu MN2 za točku MT22

| Vrijednost frekvencije (Hz) | Mjerna točka | Gustoća magnetskog toka (nT) | Efektivna vrijednost jakosti električnog polja (V/m) |
|-----------------------------|--------------|------------------------------|--|
| 50                          | MT1          | 789                          | 1.4  |
| 50                          | MT2          | 509                          | 1.2  |

f – frekvencija mjerena u Hz

E - efektivna vrijednost jakosti električnog polja u V/m na frekvenciji f

B – vrijednost gustoće magnetskog toka u nT

Slika 2.4. Mjerenje instrumentom MASHEK ESM-100



# ZAKLJUČAK

Činjenica je da sva živa bića na Zemlji ovise o elektromagnetskom zračenju od Sunca i transformacije sunčeve energije fotosintezom u šećer te kisik. Nije samo da ovisimo o zračenju Sunca, u ovom dobu ovisimo o radio-televizijskim valovima i te raznim mrežama pomoću kojih komuniciramo, čitamo vijesti pomoću naših pametnih uređaja, računala, laptopa. Moramo se dotaknuti mikrovalnih pećnica koje elektromagnetskim zračenjem zagrijavaju našu hranu, zrakoplova i morskih vozila koja se vode radarima, satelitske navigacije koja nam govori kamo da idemo, a da ne spominjemo ultraljubičaste zrake pomoću kojih liječnici gledaju organe te prijelome unesrećenih osoba. Osim ultraljubičastih i gama zraka, također su opasna elektromagnetska zračenja koja dolaze iz prethodno spomenutih uređaja, koje koristimo svakodnevno te iz uređaja koji nam pružaju prijeko potreban luksuz električne energije. Uzroci su nesаницe, vrtoglavice, kroničnih bolesti pa sve do mutacijskih promjena DNK te čak i smrti od raznih karcinoma. Iz tog razloga je bitno zaštititi se od tih svakodnevnih uređaja, te naravno i od ovih puno većih izvora elektromagnetskih zračenja poput: trafostanica, radijskih stanica, mrežnih odašiljača, medicinskih skenera, itd. Na svu sreću u većini država na svijetu uvedene su granice jakosti električnih i magnetskih polja, kako bi ostavili netaknutim životni vijek ljudi koji su primorani raditi pored takvih uređaja, ali i ostatka populacije.

# LITERATURA

- [1] H. Fritzsche, Electromagnetic radiation, University of Chicago, Chicago 2020., datum pristupa: 10.07.2020. Dostupno na: <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation>
- [2] D. T. Debaun, Harmful Effects of Electromagnetic Radiation (EMF), Defender Shield, 2017., datum pristupa: 10.07.2020. Dostupno na: <https://www.defendershield.com/harmful-effects-of-electromagnetic-radiation/>
- [3] S. Varga, Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja, Narodne Novine 146/2014, Hrvatska, 2014., Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_12\\_146\\_2740.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_12_146_2740.html)
- [4] M. Kujundžić, Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja, Narodne Novine 31/2019, Hrvatska, 2019., Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_03\\_31\\_627.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_03_31_627.html)
- [5] D. Nakić, Pravilnik o zdravstvenim uvjetima kojima moraju udovoljavati radnici koji obavljaju poslove s izvorima neionizirajućeg zračenja, Narodne Novine 59/2016, Hrvatska, 2016., Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_06\\_59\\_1500.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_06_59_1500.html)
- [6] European Commission Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU Electromagnetic Fields, Luxemburg, 2013., datum pristupa: 10.07.2020. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=en>
- [7] D. Hong, Electromagnetic Fields (EMF) Protection, World Health Organization, Beijing, 2004., datum pristupa: 08.09.2020. Dostupno na: [https://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/China\\_files/table\\_ch.htm](https://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/China_files/table_ch.htm)
- [8] Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications (MPHPT), Electromagnetic Fields (EMF) Protection, World Health Organization, Japan, 2004., datum pristupa: 08.09.2020. Dostupno na: [https://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/Japan\\_files/table\\_ja.htm](https://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/Japan_files/table_ja.htm)
- [9] Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA), Radiation Protection Series, Novi Zeland, 2002., datum pristupanja: 09.09.2020. Dostupno na: <https://www.arpansa.gov.au/sites/default/files/legacy/pubs/rps/rps3.pdf>
- [10] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHZ), New York, 1998., datum pristupanja 13.09.2020. Dostupno na: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
- [11] Maschek Elektronik, ESM-100 3D Fieldmeter, Njemačka, 2007., datum pristupanja 14.09.2020. Dostupno na: <http://www.caltest.fi/pdf/Macshek-ESM-100-uk.pdf>

[12] Store.ttech.vn, ESM-100 3D Fieldmeter Maschek, datum pristupanja 14.09.2020.  
[https://lh3.googleusercontent.com/proxy/QOc4x7aDgm6hrHTWhwLgqjxeHKiXoTEY884oaOEVnofxuIWg3cwgZJOn0iT-Q\\_7s5xW62jkNx8xJyNnttVHmlOB9XwbAqr85Jxg](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/QOc4x7aDgm6hrHTWhwLgqjxeHKiXoTEY884oaOEVnofxuIWg3cwgZJOn0iT-Q_7s5xW62jkNx8xJyNnttVHmlOB9XwbAqr85Jxg)

# SADRŽAJ

Završni rad pod imenom „Mjerenje električnih i magnetskih polja s osvrtom na legislativu“ bavi se elektromagnetskim zračenjem, njegovim štetnim utjecajima te načinima svodenja tih štetnih utjecaja na minimum. Nakon uvoda, u radu se navode te komentiraju dopuštene granice jakosti električnih i magnetskih polja. U sljedećem poglavlju je opisan mjerni uređaj elektromagnetskih polja kojim je nakon toga napravljeno ispitivanje jakosti navedenih polja kako bi se utvrdilo jesu li u granicama sigurnosti.

**Ključne riječi:** električna polja, elektromagnetsko zračenje, granice sigurnosti, magnetska polja, štetni utjecaji.

## ABSTRACT

Title: „Measurement of electric and magnetic fields with reference to legislation“

The final thesis entitled "Measurement of electric and magnetic fields with reference to legislation" deals with electromagnetic radiation, its harmful effects and ways to minimize these harmful effects. After the introduction, the paper states and comments on the permissible limits of electric and magnetic fields. The following section describes a measuring device for electromagnetic fields, which is then used to test the strength of these fields to determine whether they are within safety limits.

**Keywords:** electric fields, electromagnetic radiation, harmful effects, magnetic fields, safety limits.



## **ŽIVOTOPIS**

Sven Horvat rodio se 24.02.1995. godine u Osijeku. U vrtić je išao u Karanac u „Dječiji vrtić Zeko“, a osnovnu školu pohađa u Belom Manastiru. Godine 2009. upisuje se u Prvu srednju školu Beli Manastir, smjer Tehničar za telekomunikacije. Nakon što je završio srednju školu 2013. godine, odmah nakon upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijeku, smjer Elektroenergetika. Trenutno je student u završetku studija.