

Dinko Hrkec, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Zagreb  
[dinko.hrkec@hep.hr](mailto:dinko.hrkec@hep.hr)

Branko Hrkec  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Zagreb  
[branko.hrkec@hep.hr](mailto:branko.hrkec@hep.hr)

Branko Posedel, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Elektroistra Pula  
[branko.posedel@hep.hr](mailto:branko.posedel@hep.hr)

Ivan Periša, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Zagreb  
[ivan.perisa@hep.hr](mailto:ivan.perisa@hep.hr)

## MJERENJE RAZINA ELEKTRIČNOG I MAGNETSKOG POLJA U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU

### SAŽETAK

Donošenjem Zakona o zaštiti od neionizirajućih zračenja (NN 105/99) u Hrvatskoj je započet proces reguliranja utjecaja elektromagnetskih polja na okoliš.

Na temelju tog Zakona je donesen Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 204/03, NN 15/04, NN 41/08), kojim su određene granične razine jakosti električnog i magnetskih polja.

Pravilnikom o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima koji se odnose na izloženost radnika rizicima koji potječu od elektromagnetskih polja (NN 38/08) regulirano je područje izloženosti radnika elektromagnetskim poljima na radnom mjestu.

U radu su prikazani rezultati mjerenja razina električnog i magnetskog polja mrežne frekvencije u industrijskom postrojenju te je dana prostorna raspodjela tih razina. Napravljena je i usporedba mjernih rezultata s graničnim razinama, odnosno vrijednostima upozorenja određenima spomenutim pravilnicima, kako bi se ocijenio utjecaj industrijskih električnih uređaja na okoliš i radnike s aspekta emitiranja električnih i magnetskih polja.

**Ključne riječi:** elektromagnetska polja, izloženost ljudi, mjerenja, radnici, zakonodavstvo

## MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN INDUSTRIAL PLANT

### SUMMARY

In Croatia, the identification of environmental impact of electromagnetic fields has started by enactment of Non-ionizing Radiation Protection Act.

Based on that act, there was enacted Electromagnetic Fields Protection Ordinance, which regulates the limit values of electromagnetic fields. The Ordinance on minimum health and safety requirements regarding exposure of workers to risks that originate from electromagnetic fields regulates the area of workers' exposure to electromagnetic fields in the workplace.

The paper presents the results of measurements of electric and magnetic fields levels of the network frequency in an industrial plant and the spatial distribution of these levels. There is made a comparison of measurement results with limit and warning values specified in mentioned Ordinances, in order to evaluate the impact of industrial electrical equipment on the environment and workers from the point of radiated electric and magnetic fields.

**Key words:** electromagnetic fields, human exposure, measurements, workers, legislation

## 1. UVOD

### 1.1. Općenito

Mjerenje razina elektromagnetskih polja u određenom prostoru osnovni je i najvjerodostojniji postupak za procjenu izloženosti utjecaju elektromagnetskih polja. Nakon mjerenjem utvrđenih razina elektromagnetskih polja potrebno je načiniti usporedbu s dopuštenim razinama elektromagnetskih polja utvrđenim propisima, kako bi se mogao ocijeniti utjecaj stacionarnog izvora elektromagnetskih polja na okoliš i ljude.

Kod elektromagnetskih polja je bitan čimbenik frekvencija, obzirom da su granične razine elektromagnetskih polja podijeljene ovisno o frekvencijskom opsegu.

Predmet ovog rada su elektromagnetska polja mrežne frekvencije iznosa osnovnog vala 50 Hz, s uključenim višim harmoničkim članovima, koja pripadaju grupi polja ekstremno niskih frekvencija. Za elektromagnetska polja mrežnih frekvencija se iznosi električnog i magnetskog polja mogu promatrati zasebno, tako da će se u nastavku ovog rada govoriti o električnom i magnetskom polju.

Električna i magnetska polja mrežne frekvencije su stalno prisutna u našem okolišu, obzirom na korištenje značajnog broja električnih uređaja u kućanstvima i radim prostorima. U nastavku je ukratko dan pregled najvažnijih izvora tih polja, kako bi se dočarala njihova sveprisutnost u našem okruženju.

### 1.2. Izvori električnog i magnetskog polja mrežne frekvencije

Električno polje javlja se u okolišu električnog naboja. Električna polja prisutna su oko vodiča pod naponom i kada kroz njega ne teče struja. Što je viši iznos napona, veća je jakost električnog polja. Električno polje najjače je u blizini nabijenog vodiča, a brzo opada s udaljenošću od njega.

Magnetsko polje javlja se u području oko vodiča samo kada njime teče električna struja. Što je veća jakost struje, jače je magnetsko polje.

Izloženost elektromagnetskim poljima pomno je opisana u mišljenju SCENIRH-a pod nazivom "Zdravstveni učinci izloženosti elektromagnetskim poljima" [1], iz 2009. godine.

Prema [1], za izloženost opće populacije najvažniji izvori elektromagnetskih polja su kućanski uređaji, obližnji prijenosni i distribucijski nadzemni vodovi te kućna električna instalacija. U pojedinim slučajevima su po pitanju utjecaja na okoliš s aspekta emitiranja elektromagnetskih polja razmatrani i električni vlakovi.

Prema [1], za prijenosne dalekovode nazivnog napona 110 do 400 kV razine električnog polja kojima mogu biti izloženi ljudi obično iznose 2 to 5 kV/m, a razine magnetskog polja mogu doseći i do 40  $\mu$ T, ali su obično niže. Ove razine izloženosti se pojavljuju neposredno ispod vodiča u osi dalekovoda, a smanjuju se s udaljavanjem od vodiča. U slučaju srednjenaponskih i niskonaponskih nadzemnih vodova ove razine su znatno manje, a tipične vrijednosti se kreću od 100 to 400 V/m za električno polje i 0,5 to 3  $\mu$ T za magnetsko polje, pri čemu je izloženost obično trenutna.

Kod električnih željeznica, razine izloženosti za električno i magnetsko polje u područjima primjenjivima za opću populaciju su manje od graničnih vrijednosti utvrđenih od ICNIRP-a (5 kV/m i 100  $\mu$ T).

Najveće razine magnetskog polja mogu se susresti u kućanstvima uz kućanske električne uređaje koji imaju u sebi ugrađene motore, transformatore i grijače. Takve su razine izloženosti lokalnog karaktera i rapidno padaju s udaljenošću od uređaja, a i rad uređaja je obično povremen. U većini je kućanstava prisutna rezidencijalna gustoća magnetskog toka od 0,2  $\mu$ T.

Prema [1], vezano uz profesionalnu izloženost radnika, najvažniji izvori izloženosti elektromagnetskim poljima su električni vodovi za napajanje, uređaji za električno zavarivanje, induksijski grijači i električni transportni sustavi.

Najveće razine električnih polja pojavljuju se blizu visokonaponskih prijenosnih dalekovoda i mogu doseći 5 kV/m. Najveće razine gustoće magnetskog toka su blizu elektrolučnih peći i uređaja za zavarivanje, koje mogu doseći čak i razinu mT.

## **2. LEGISLATIVA NA PODRUČJU ZAŠTITE LJUDI OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA**

### **2.1. Preporuke za donošenje nacionalne legislative**

Osnove za međunarodnu legislativu na području zaštite ljudi od elektromagnetskih polja dalo je Međunarodno povjerenstvo za zaštitu od neionizirajućeg zračenja ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Ta ugledna međunarodna strukovna organizacija, koja surađuje i sa Svjetskom zdravstvenom organizacijom, prije desetak godina je na temelju rezultata znanstvenih istraživanja potvrđenih bioloških učinaka EMP, u svojim Naputcima [2] preporučila granične razine izloženosti ljudi elektromagnetskim poljima.

Naputci ICNIRP-a [2] razlikuju dvije kategorije izloženosti ljudi EMP. To su izloženost opće populacije i profesionalna izloženost. Kod opće populacije izloženi mogu biti djeca, starije osobe, općenito osjetljivije kategorije pučanstva i to do 24 sata dnevno. Kod profesionalne izloženosti radi se o kontroliranoj izloženosti zdravih osoba, sposobnih za rad i to do 8 sati dnevno.

Za svaku od dvije kategorije izloženosti preporučen je posebni niz graničnih razina izloženosti ljudi električnom i magnetskom polju, pri čemu su za izloženost opće populacije preporučene strože granične razine.

Granične razine iz Naputaka ICNIRP-a [2] uzete su kao minimalni zahtjev na ograničavanje EMP u Preporuci Vijeća EU [3] u kojoj se zemljama članicama određuje da granične razine u nacionalnim zakonodavstvima pojedinih zemalja ne smiju biti blaže od granica iz Naputaka ICNIRP-a [2], a dopušta se da nacionalna zakonodavstva (u skladu s načelom predostrožnosti) propišu strože granične razine.

Neke od država (kao npr., Italija i Slovenija), zbog indiciranih, ali uzročno-posljedično još nepotvrđenih veza između izloženosti magnetskim poljima mrežne frekvencije i pojava teških zdravstvenih poremećaja (npr. leukemija kod djece), primjenom načela predostrožnosti propisale su granične razine strože od onih u Naputcima ICNIRP-a, a među tim zemljama je i Hrvatska.

Europska direktiva 204/40/EC [4] iz 2004. godine („Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)”) regulira zaštitu od elektromagnetskih polja na radnim mjestima. Ona preporuča minimalne zahtjeve za zaštitu zaposlenika od elektromagnetskih polja, pri čemu države članice EU mogu načelom predostrožnosti postaviti strože uvjete pri donošenju nacionalne legislative.

Ova Direktiva je postavila granične vrijednosti za izloženost (povezano uz utvrđene učinke elektromagnetskih polja) te akcijske vrijednosti (granične vrijednosti mjerljivih veličina).

Za elektromagnetska polja frekvencije 50 Hz akcijske vrijednosti iznose 10 kV/m za električno polje E i 500  $\mu$ T za gustoću magnetskog toka B.

Odredbe Direktive su utemeljene isključivo na mogućim opasnostima od poznatih kratkoročnih učinaka elektromagnetskih polja na ljudski organizam, dok zasad mogući štetni učinci dugotrajnog izlaganja elektromagnetskim poljima nisu znanstveno dokazani.

### **2.2. Legislativa u Republici Hrvatskoj**

Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskih polja [5], donesenom na temelju Zakona o zaštiti od neionizirajućih zračenja [6], propisana su dva niza graničnih razina.

Jedan niz (blažih) graničnih razina odnosi se na područje profesionalne izloženosti, a to su radna mjesta. Drugi niz (strožih) graničnih razina odnosi se na područje povećane osjetljivosti, koje uz stambena područja (boravka opća populacije) obuhvaća i područja predškolskog i školskog boravka djece, kao i područja bolničkog te turističkog smještaja ljudi.

U Tablici I. navedene su granične razine za električno i magnetsko polje frekvencije 50 Hz propisane Pravilnikom [5] i Naputcima ICNIRP-a [2].

Tablica I. Granične razine električnog i magnetskog polja frekvencije 50 Hz

Tip izloženosti		Područje povećane osjetljivosti (opća populacija)		Područje profesionalne izloženosti	
Dokument		Jakost električnog polja E (kV/m)	Gustoća magnetskog toka B (μT)	Jakost električnog polja E (kV/m)	Gustoća magnetskog toka B (μT)
Granične razine	Naputci ICNIRP	5	100	10	500
	Pravilnik	2	40	5	100

Izloženost radnika utjecaju elektromagnetskih polja na radnom mjestu regulirana je Pravilnikom o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima koji se odnose na izloženost radnika rizicima koji potječu od elektromagnetskih polja [7], donesenom na temelju Direktive 204/40/EC [4].

Tim su Pravilnikom utvrđene granične vrijednosti izloženosti i vrijednosti upozorenja, kojima su preuzete vrijednosti temeljnih ograničenja i graničnih razina referentnih veličina iz Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja [5].

Vrijednosti upozorenja jesu veličine neposredno mjerivih parametara, izraženih putem jakosti električnog polja (E), jakosti magnetskog polja (H), gustoće magnetskog toka (B) i gustoće snage (S), pri čemu je poštivanjem vrijednosti upozorenja zajamčeno i poštivanje utvrđenih graničnih vrijednosti izloženosti.

Za frekvenciju 50 Hz vrijednosti upozorenja iznose 5 kV/m za električno polje E i 100 μT za gustoću magnetskog toka B, odnosno jednake su iznosima graničnih razina jakosti električnog polja E i gustoće magnetskog toka B za područje profesionalne izloženosti, prema Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja [5].

### 3. MJERENJE ELEKTRIČNOG I MAGNETSKOG POLJA

#### 3.1. Metode i postupci mjerenja

Mjerenja električnog i magnetskog polja u industrijskom postrojenju obavljena su u skladu s međunarodnom normom IEC 61786, koja je prihvaćena i kao hrvatska norma HRN IEC 61786:2001 [8].

Svrha mjerenja razina električnog i magnetskog polja je procjena potencijalne izloženosti radnika električnim i magnetskim poljima na radnom mjestu, prema zahtjevima Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja [5] i Pravilnika o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima koji se odnose na izloženost radnika rizicima koji potječu od elektromagnetskih polja [7].

Kao mjerne veličine za usporedbu s graničnim razinama magnetskog polja iz Pravilnika [5] i vrijednostima upozorenja iz Pravilnika [7] odabrane su gustoća magnetskog toka B, kojom se iskazuje jakost magnetskog polja i jakost električnog polja E. Kod mjerenja je registrirana efektivna (rms) vrijednost mjerene veličine, i to rezultantna vrijednost u pojedinoj mjernoj točki (rezultanta komponenti x, y i z osi).

Kod mjerenja razine električnog i magnetskog polja odabran je frekvencijski raspon od 5 Hz do 2000 Hz, tako da se mjerenjem obuhvate i može bitni viši harmonici. Sva mjerenja su provedena na visini od 1 m iznad razine tla, s udaljenostima od 1 m između mjernih točaka.

#### 3.2. Opis instrumenta i pripadajuće programske podrške

Mjerenje električnog i magnetskog polja provedeno je pomoću preciznog mjerila polja renomiranog europskog proizvođača, s integriranom sondom.

Karakteristike instrumenta su:

- istodobno izotropno mjerenje električnog i magnetskog polja,
- frekvencijski opseg od 5 Hz do 400 kHz,
- mjerni opseg od 1 nT do 20 μT za magnetsko polje i od 0,1 V/m do 100 kV/m,

- d) mogućnost odabira željenog frekvencijskog raspona mjerenja,
- e) dugotrajna memorija s mogućnošću spremanja do 1800 zapisa,
- f) mogućnost povezivanja s osobnim računalom pomoću optičkog kabela preko serijskog priključka.

Programska podrška, posebno razvijena za instrument, dopunjuje mogućnosti mjerenja razina električnog i magnetskog polja i pregleda rezultata i omogućava:

- a) upravljanje s postavkama instrumenta preko računala,
- b) pregled trenutačnih vrijednosti električnog i magnetskog polja (x, y i z komponenta te ukupna vrijednost) u stupčanom prikazu,
- c) osciloskopski prikaz mjerenih veličina,
- d) snimanje izmjerenih vrijednosti,
- e) definiranje perioda uprosječenja mjerenih vrijednosti kod snimanja,
- f) kartografski prikaz izmjerenih vrijednosti u rasteru,
- g) 2D i 3D prikaz izmjerenih vrijednosti te eksportiranje u razne formate.

### 3.3. Opis lokacije mjerenja

Mjerenje električnog i magnetskog polja provedeno je u industrijskom postrojenju za proizvodnju vijaka, strojarskih elemenata, alata i mehanizacije. Proizvodna hala se rasprostire na više od 1000 m<sup>2</sup>, a u njoj ima 50-ak električnih strojeva za proizvodni proces, kao što su rezači metala, CNC glodalice, tokarski strojevi, kovalice, brusilice, hidraulične preše, električni motori, uređaj za indukcijsko zagrijavanje metala (induktor) i sl.

Obzirom na veličinu proizvodne hale, neizvedivo je bilo provesti detaljna mjerenja u radnom okolišu svakog stroja, već je u blizini svakog stroja izmjerena indikativna vrijednost električnog i magnetskog polja. Za stroj kod kojeg je izmjerena najviša indikativna vrijednost provedeno je detaljno mjerenje razina električnog i magnetskog polja, kako bi se obuhvatio najgori mogući slučaj izloženosti radnika elektromagnetskim poljima.

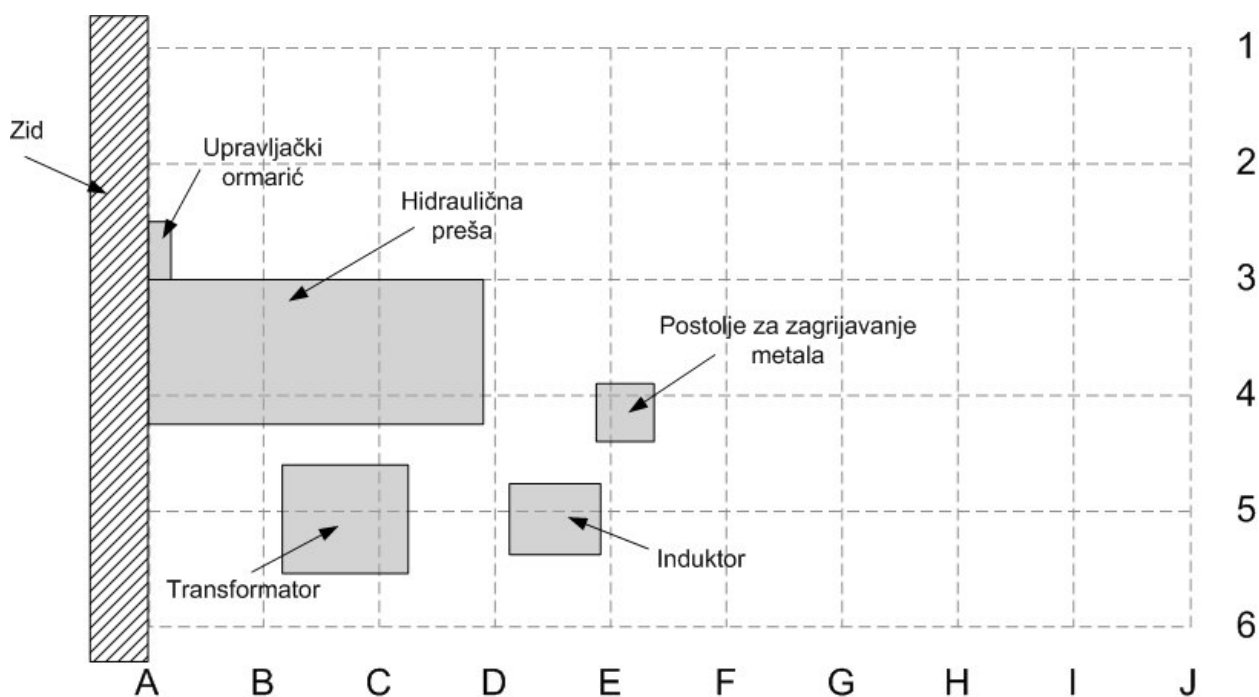
Najnepovoljniji slučaj izloženosti radnika elektromagnetskim poljima u predmetnom postrojenju uočen je u radnom okolišu uređaja za indukcijsko zagrijavanje metala (induktora).

U radnom okolišu ovog stroja nalaze se sljedeći njegovi segmenti:

- a) trofazni transformator za galvansko odvajanje snage 80 kVA, nazivnog naponskog omjera 400/400 V, preko kojeg se napaja induktor,
- b) trofazni induktor snage 48 kW, nazivnog napona 400 V, koji na svom izlazu daje jednofaznu istosmjernu struju pilastog oblika frekvencije 2 kHz,
- c) postolje za zagrijavanje metala, s pripadajućim kabelima kojima je postolje priključeno na induktor,
- d) hidraulična preša snage električnog motora 22 kW, trofazna, nazivnog napona 400 V.

U radnom okolišu induktora, veličine 9x5 m, provedeno je mjerenje razina električnog i magnetskog polja na 60 mjernih točaka, pri čemu su sve točke smještene u raster s međusobnim razmacima od 1 m. Stranice rastera označene su slovima od A do J te brojkama od 1 do 6, a oznaka pojedine mjerne točke sastoji se od slova i brojke, npr. (A,1), (B,1) i sl.

Prikaz predmetnog radnog okoliša induktora i mjernih točaka dan je na slici 1.



Slika 1. Prikaz predmetnog radnog prostora i mjernih točaka.

#### 4. MJERNI REZULTATI

##### 4.1. Izmjerene razine električnog i magnetskog polja

Rezultati provedenih mjerenja razina električnog i magnetskog polja prikazani su u tablici II., gdje je B gustoća magnetskog toka izražena u  $\mu\text{T}$ , a E jakost električnog polja E izražena u  $\text{V/m}$ .

Tablica II. Izmjerene rezultatne vrijednosti električnog i magnetskog polja

Mjerna točka br.	Pozicija mjerne točke		B $\mu\text{T}$	E $\text{V/m}$	Mjerna točka br.	Pozicija mjerne točke		B $\mu\text{T}$	E $\text{V/m}$
1	A	1	1,20	1,31	31	A	4	3,79	0,67
2	B	1	1,07	0,51	32	B	4	4,70	0,1
3	C	1	1,01	0,35	33	C	4	4,88	0,1
4	D	1	1,01	0,63	34	D	4	5,65	1,62
5	E	1	0,94	0,55	35	E	4	11,56	8,29
6	F	1	0,77	0,3	36	F	4	16,57	70,12
7	G	1	0,72	0,16	37	G	4	5,47	12,24
8	H	1	0,67	0,25	38	H	4	1,77	0,85
9	I	1	0,68	0,15	39	I	4	0,95	0,1
10	J	1	0,70	0,15	40	J	4	0,73	0,15
11	A	2	1,18	4,79	41	A	5	4,26	1,7
12	B	2	1,13	3,77	42	B	5	8,50	3,39
13	C	2	1,11	0,76	43	C	5	9,86	0,47
14	D	2	1,08	0,15	44	D	5	26,39	2,73
15	E	2	0,90	0,15	45	E	5	50,30	55,85
16	F	2	0,82	0,15	46	F	5	5,37	12,51
17	G	2	0,73	0,15	47	G	5	2,58	9,86
18	H	2	0,71	0,15	48	H	5	1,00	0,15
19	I	2	0,72	0,15	49	I	5	0,79	0,15

20	J	2	0,73	0,15	50	J	5	0,75	0,1
21	A	3	3,62	137,14	51	A	6	3,95	0,15
22	B	3	1,56	145,73	52	B	6	4,55	0,1
23	C	3	1,60	3,63	53	C	6	2,84	0,66
24	D	3	1,58	2,94	54	D	6	2,64	1,07
25	E	3	2,04	0,63	55	E	6	2,21	2,62
26	F	3	1,90	0,84	56	F	6	1,78	1,76
27	G	3	1,18	0,43	57	G	6	1,36	0,15
28	H	3	0,91	0,37	58	H	6	0,86	0,1
29	I	3	0,76	0,15	59	I	6	0,86	0,1
30	J	3	0,83	0,1	60	J	6	0,83	0,1

Iznosi izmjerene jakosti električnog polja E se protežu u rasponu od 0,1 V/m do 145 V/m, što je obzirom na vrijednost upozorenja od 5 kV/m praktički zanemarivo.

Rezultati mjerenja električnog polja u predmetnom radnom prostoru ukazuju na to da električno polje nije dominantno s aspekta izloženosti radnika, što je i razumljivo obzirom da su sve električne instalacije i uređaji u ovom industrijskom postrojenju naponske razine 400 V.

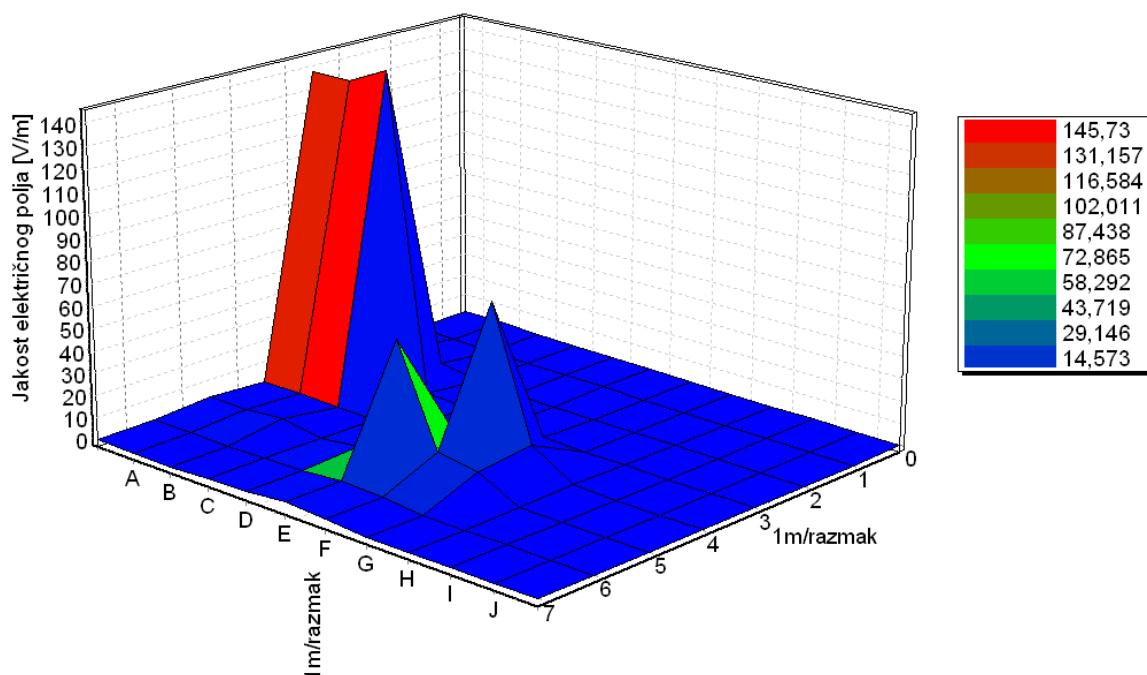
Iznosi izmjerene jakosti magnetskog polja, odnosno gustoće magnetskog toka B, se protežu u rasponu od 0,67  $\mu$ T do 50,3  $\mu$ T, što se obzirom na vrijednost upozorenja od 100  $\mu$ T ne može zanemariti.

Rezultati mjerenja magnetskog polja u predmetnom radnom prostoru ukazuju na to da je u predmetnom radnom prostoru magnetsko polje dominantno s aspekta izloženosti radnika elektromagnetskim poljima. Važno je da niti u jednoj mjerenoj točki nije došlo do prekoračenja vrijednosti upozorenja, ali je potrebno posvetiti pažnju činjenici da je najviša izmjerena vrijednost gustoće magnetskog toka dosegla iznos veći od 50 % vrijednosti upozorenja.

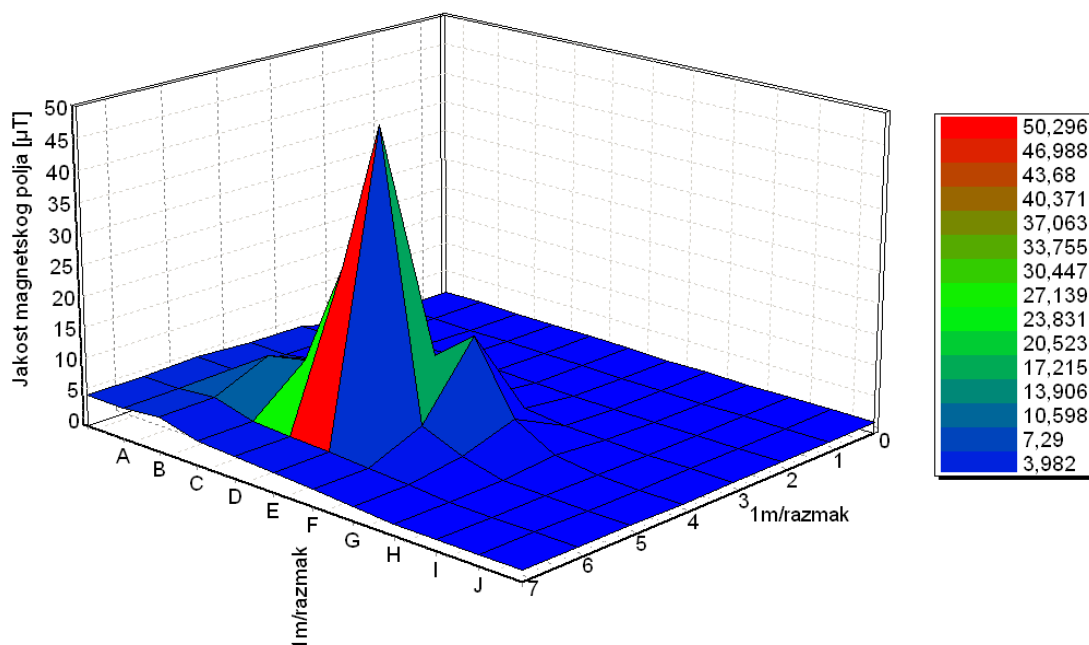
#### 4.2. Grafički prikaz rezultata mjerenja

Ovakav način mjerenja razina električnog i magnetskog polja u mjernim točkama koje su dio rastera veličine kvadrata 1x1 m omogućava prostorni prikaz razina polja.

Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela električnog polja, a na slici 3. je prikazana prostorna raspodjela magnetskog polja, odnosno gustoće magnetskog toka, mjereno na visini od 1 m iznad tla.



Slika 2. Prostorni prikaz jakosti električnog polja E (V/m)



Slika 3. Prostorni prikaz jakosti gustoće magnetskog toka B ( $\mu\text{T}$ )

Najviše vrijednosti jakosti električnog polja izmjerene su u neposrednoj blizini upravljačkog ormarića, odnosno električne instalacije hidraulične preše. I ove najviše izmjerene razine električnog polja jedva dosežu 3 % vrijednosti upozorenja pa ih se ne može smatrati prijetnjom u smislu izloženosti radnika električnim poljima. Već malim udaljavanjem od električnih instalacija električno polje je drastično smanjeno, a udaljavanjem prema rubnom dijelu radnog prostora obuhvaćenog ovim mjerenjem vrijednosti električnog polja padnu praktički na nulu.

Najviše vrijednosti jakosti magnetskog polja, odnosno gustoće magnetskog toka izmjerene su u neposrednoj blizini induktora i postolja za zagrijavanje metala. Najviše izmjerene razine gustoće magnetskog toka dosežu 50 % vrijednosti upozorenja, što se ne može zanemariti obzirom da u prostoru gdje su izmjerene najviše razine trajno boravi radnik.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati mjerenja razina električnog i magnetskog polja u predmetnom radnom prostoru pokazali su da ni u jednoj od 60 mjernih točaka nije došlo do prekoračenja graničnih vrijednosti za područje profesionalne izloženosti, prema Pravilniku [5], odnosno do prekoračenja vrijednosti upozorenja prema Pravilniku [7].

Kako je radni prostor u okolišu induktora bio ocijenjen kao najnepovoljniji slučaj s aspekta izloženosti radnika elektromagnetskim poljima u cijelom industrijskom postrojenju, može se zaključiti da niti u jednoj mjernoj točki unutar cijelog postrojenja ne dolazi do prekoračenja graničnih vrijednosti za područje profesionalne izloženosti, prema Pravilniku [5], odnosno do prekoračenja vrijednosti upozorenja prema Pravilniku [7].

Rezultati mjerenja su pokazali da je kod izloženosti radnika utjecaju elektromagnetskih polja dominantno magnetsko polje, dok je električno polje praktično zanemarivo. To se može objasniti time što radnici u pravilu rade u blizini elemenata niskonaponske razine gdje nisu izražena električna polja, ali se zbog većih snaga električnih strojeva mogu pojaviti i veće struje koje mogu biti uzrokom pojave značajnijih razina magnetskih polja.

U industrijskim postrojenjima u kojima postoje uređaji koji su u SCENIRH-ovom mišljenju [1], detektirani kao potencijalno najznačajniji izvori magnetskog polja na radnom mjestu, kao npr. elektrolučne peći, indukcijski grijači, uređaji za elektrolučno zavarivanje i sl., bilo bi nužno provesti provjeru razina magnetskog polja u okolišu takvih uređaja.



Pravilnik o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima koji se odnose na izloženost radnika rizicima koji potječu od elektromagnetskih polja [7] utvrdio je granične vrijednosti izloženosti i vrijednosti upozorenja i radnici ne smiju biti izloženi većim vrijednostima.

Obzirom da je pri procjeni rizika izloženosti radnika jedan od segmenata trajanje izloženosti radnika utjecaju elektromagnetskih polja, manjkavost Pravilnika je što nije ponudio mogućnost dopuštenog izlaganja radnika i većim vrijednostima polja od vrijednosti upozorenja, ali uz kraće i kontrolirano trajanje izloženosti.

## LITERATURA

- [1] SCENIRH, "Health Effects of Exposure to EMF", 2009.
- [2] ICNIRP, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz) ", Health Physics, 74, 494-522
- [3] Council of EU, Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz), Bruxelles, 1999.
- [4] Council of EU, Directive 2004/40/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields), April 2004.
- [5] Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja, Narodne novine broj 204/03, 15/04, 41/08.
- [6] Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, Narodne novine broj 105/99.
- [7] Pravilnik o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima koji se odnose na izloženost radnika rizicima koji potječu od elektromagnetskih polja, Narodne novine broj 38/08.
- [8] DZNM, Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings, HRN IEC 61786:2001.