

## ***ELEKTROMAGNETNA SEVANJA NA DELOVNEM MESTU V DISTRIBUCIJSKIH PODJETJIH***

**BLAŽ VALIČ**

Inštitut za neionizirna sevanja  
[blaz.valic@inis.si](mailto:blaz.valic@inis.si)

**VESNA OMAN**

Elektro Ljubljana  
[vesna.oman@elektro-ljubljana.si](mailto:vesna.oman@elektro-ljubljana.si)

**VILI KORITNIK**

Elektro Celje  
[vili.koritnik@elektro-celje.si](mailto:vili.koritnik@elektro-celje.si)

**MIRO PEČOVNIK**

Elektro Maribor  
[miro.pecovnik@elektro-maribor.si](mailto:miro.pecovnik@elektro-maribor.si)

**MIHA ZUPAN**

Elektro Gorenjska  
[miha.zupan@elektro-gorenjska.si](mailto:miha.zupan@elektro-gorenjska.si)

**ROBERT ŠAVLI**

Elektro Primorska  
[robert.savli@elektro-primorska.si](mailto:robert.savli@elektro-primorska.si)

**BOR KOS**

Fakulteta za elektrotehniko  
[bor.kos@fe.uni-lj.si](mailto:bor.kos@fe.uni-lj.si)

**PETER GAJŠEK**

Inštitut za neionizirna sevanja  
[peter.gajsek@inis.si](mailto:peter.gajsek@inis.si)

Povzetek – Direktiva 2004/40/ES, ki omejuje poklicno izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem (EMS), bo do leta 2012 postala pravno zavezujoča za vse države članice EU. Eden od prizadetih sektorjev je gotovo elektroenergetika, kjer se zaposleni v proizvodnji, prenosu in distribuciji pri svojem delu srečujejo s čezmerno izpostavljenostjo EMS. S pomočjo meritev in numeričnih izračunov smo v raziskovalnem projektu vseh distribucijskih podjetij v Sloveniji analizirali izpostavljenost zaposlenih. V nekaterih primerih so presežene opozorilne vrednosti, ki veljajo v praznem prostoru, mejne vrednosti izpostavljenosti, ki veljajo znotraj človeškega telesa, pa so presežene samo v najneugodnejših razmerah. Rezultati raziskave bodo služili za dopolnitev ocene tveganja zaradi izpostavljenosti EMS.

## ***ELECTROMAGNETIC FIELDS IN SLOVENE POWER DISTRIBUTION COMPANIES***

**BLAŽ VALIČ**

Inštitut za neionizirna sevanja

[blaz.valic@inis.si](mailto:blaz.valic@inis.si)

**VESNA OMAN**

Elektro Ljubljana

[vesna.oman@elektro-ljubljana.si](mailto:vesna.oman@elektro-ljubljana.si)

**VILI KORITNIK**

Elektro Celje

[vili.koritnik@elektro-celje.si](mailto:vili.koritnik@elektro-celje.si)

**MIRO PEČOVNIK**

Elektro Maribor

[miro.pecovnik@elektro-maribor.si](mailto:miro.pecovnik@elektro-maribor.si)

**MIHA ZUPAN**

Elektro Gorenjska

[miha.zupan@elektro-gorenjska.si](mailto:miha.zupan@elektro-gorenjska.si)

**ROBERT ŠAVLI**

Elektro Primorska

[robert.savli@elektro-primorska.si](mailto:robert.savli@elektro-primorska.si)

**BOR KOS**

Fakulteta za elektrotehniko

[bor.kos@fe.uni-lj.si](mailto:bor.kos@fe.uni-lj.si)

**PETER GAJŠEK**

Inštitut za neionizirna sevanja

[peter.gajsek@inis.si](mailto:peter.gajsek@inis.si)

**Abstract** – *The deadline to implement the measures of the Directive 2004/40/EC, limiting the occupational exposure to EMF, in the national legislation of the EU countries is set to year 2012. The power distribution is one of the most affected sectors, as the workers in the generation, transmission and distribution of the electric energy could be overexposed to EMF. In a joint project of all the power distribution companies in Slovenia we have analyzed the exposure of the workers. Based on the results of measurements we have found that action levels are exceeded for some situations, whereas the results of the numerical calculations of the current density inside the human model showed that exposure limits are exceeded only for a few worst case situations. Results of the study will be used to revise current risk assessments due to the exposure to the EMF.*

## I. UVOD

Izpostavljenost visokim jakostim elektromagnetnih sevanj (EMS) lahko povzročajo akutne negativne vplive na zdravje. Biološki učinki EMS so odvisni od frekvence [1]: pri nizkih frekvencah do 1 MHz je njihov bistveni učinek stimulacija vzdražnih (živčnih in mišičnih) tkiv, ki nastane zaradi inducirane električnega polja v tkivih. Najobčutljivejši organ za tovrstno stimulacijo je oko (mrežnica), zato se pojav izkazuje kot bliskanje pred očmi, ter centralni živčni sistem, kar se izkazuje kot občutek mravljinčenja v okončinah. Pri višjih frekvencah ne pride več do stimulacije vzdražnih tkiv, pomembno pa postane segrevanje posameznih tkiv, organov ali celotnega telesa zaradi absorpcije energije. Ponovno je eden izmed najbolj občutljivih organov oko (leča), saj je slabše prekrvavljeno od večine drugih tkiv. Čezmerno lokalno segrevanje lahko privede do poškodb tkiva, pomembno pa je tudi čezmerno segrevanje celotnega telesa prek meja, ki jih je telo še sposobno uravnati s termoregulacijo. Poleg akutnih učinkov, ki so jasno in nedvomno dokazani, se pogosto postavljajo vprašanja o zapoznelih učinki izpostavljenosti pri nižjih jakostih, ki pa še niso dokazani in jih zato zakonodaja ne upošteva.

Največje sevalne obremenitve zaradi nizkofrekvenčnih EMS so prisotne v sektorju proizvodnje, prenosa in distribucije električne energije, ter v kovinsko predelovalni industriji, predvsem v bližini naprav za indukcijsko segrevanje, ter pri uporabnem varjenju [2], [3], [4]. V visokonapetostnih 400 kV stikališčih se pri tipičnih opravilih pojavljajo električna polja do 40 kV/m (400 % opozorilne vrednosti), vendar mejne vrednosti izpostavljenosti za tokove dotika in inducirane tokove niso nujno presežene (običajno manj kot 50 % mejne vrednosti) [5]. Opozorilne vrednosti za magnetno polje v okolici 400 kV daljnoveoda tipično niso presežene (do 20 % za magnetno ter do 80 % za električno polje), na daljnoveodnem stebru v nivoju vodnikov pa lahko gostota magnetnega pretoka doseže opozorilno vrednost, električno polje pa jo preseže do dvakrat [2].

V Sloveniji področje varovanja zdravja ljudi pred vplivi EMS ureja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju [6], področje poklicne izpostavljenosti pa še ni regulirano. To se bo predvidoma spremenilo v letu 2012, ko naj bi v Evropski uniji stopila v veljavo Direktiva 2004/40/ES Evropskega parlamenta in Sveta dne 29. aprila 2004 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih sevanj) [7].

V luči priprave podjetij na prihajajočo direktivo 2004/40/EC od leta 2008 poteka skupni projekt vseh slovenskih podjetij elektrodistribucije ter Inštituta za neionizirna sevanja. Za podjetja distribucije je

značilno, da je po številu zaposlenih zelo velik, saj je samo v Sloveniji skoraj 2000 zaposlenih, ki imajo glede na sistematizacijo delovnih mest dostop do območij, kjer so opozorilne vrednosti lahko presežene, prav tako pa je veliko tudi število delavcev, ki se v takšnih območjih nahajajo dnevno. Zato je bil v sklopu projekta izveden tako pregled sistematizacije delovnih mest kot tudi pregled dosedanjih ocen tveganja. Skupna ugotovitev je, da je v trenutnih ocenah tveganja izpostavljenost EMS obdelana le delno in površno. Da bi pridobili podatke o dejanski izpostavljenosti, smo v sklopu projekta opravili podrobne meritve EMS v 9 RTP, 4 TP, enemu kabelskemu hodniku ter na enem 110 kV daljnoveodu. V nadaljevanju smo naredili numerične izračune gostote toka in električne poljske jakosti znotraj človeškega telesa za tiste situacije, kjer so bile opozorilne vrednosti presežene. Skupni projekt se bo zaključil v letošnjem letu, ko bomo na podlagi rezultatov meritev, numeričnih izračunov, strokovne literature ter sistematizacije delovnih mest pripravili strokovne podlage za oceno tveganja, ki jo bodo distribucijska podjetja vključila v svojo oceno tveganja. Za zaposlene bomo pripravili tudi usposabljanje, kjer bodo seznanjeni s potrebnimi ukrepi za zagotavljanje njihove varnosti in zdravja.

## II. ZAKONODAJA IN MEJNE VREDNOSTI ZA POKLICNO IZPOSTAVLJENOST EMS

V smernicah Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) [2] so že v letu 1998 določili mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost, ki zagotavljajo ustrezno stopnjo varnosti. Na podlagi literature so sestavljalci smernic ICNIRP za nizkofrekvenčna EMS identificirali gostoto toka v telesu, pod katero doslej ni bilo ugotovljenih nobenih škodljivih bioloških vplivov. Ob upoštevanju 10 kratnega varnostnega faktorja za poklicno izpostavljenost so določili mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost (tabela 1), medtem ko so za splošno prebivalstvo uporabili varnostni faktor 50 (tabela 2). Ker je določanje elektromagnetnih veličin znotraj človeškega telesa zahtevno, so poleg mejnih vrednosti določili tudi izvedene mejne vrednosti, ki veljajo za veličine v praznem prostoru (brez prisotnosti človeka): gostoto magnetnega pretoka in električno poljsko jakost. Te veličine je veliko lažje določiti, saj jih je z ustreznimi merilnimi napravami mogoče izmeriti. Izvedene mejne vrednosti so določene konzervativno, kar pomeni, da v primeru, ko izvedene mejne vrednosti niso presežene, tudi mejnih vrednosti zagotovo niso presežene.

Na mejnih vrednostih smernic ICNIRP temeljijo določila Direktive 2004/40/ES, razlika je le v poimenovanju mejnih vrednosti, ki se v Direktivi 2004/40/ES imenujejo mejne vrednosti izpostavljenosti, ter izvedenih mejnih vrednosti, ki se imenujejo opozorilne vrednosti.

Tabela 1: Poklicna izpostavljenost: mejne vrednosti izpostavljenosti (gostota toka) ter opozorilne vrednosti (električna poljska jakost in gostota magnetnega pretoka) za EMS nizkih frekvenc glede na Direktivo 2004/40/ES.

frekvenca $f$ [Hz]	gostota toka $I$ [mA/m <sup>2</sup> ]	električna poljska jakost $E$ [kV/m]	gostota magnetnega pretoka $B$ [ $\mu$ T]
do 1	40	-	$2 \times 10^5$
1 – 8	$40/f$	20	$2 \times 10^5/f^2$
8 – 25	$40/f$	20	$2,5 \times 10^4/f$
25 – 820	10	$500/f$	$2,5 \times 10^4/f$
<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>500</b>

Tabela 2: Prebivalstvo: mejne vrednosti (gostota toka) ter izvedene mejne vrednosti (električna poljska jakost in gostota magnetnega pretoka) za EMS nizkih frekvenc glede na priporočila 1999/519/ES.

frekvenca $f$ [Hz]	gostota toka $I$ [mA/m <sup>2</sup> ]	električna poljska jakost $E$ [kV/m]	gostota magnetnega pretoka $B$ [ $\mu$ T]
do 1	8	-	$4 \times 10^4$
1 – 8	$8/f$	10	$4 \times 10^4/f^2$
8 – 25	$8/f$	10	$5 \times 10^3/f$
25 – 820	2	$250/f$	$5 \times 10^3/f$
<b>50</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

Ob sprejetju direktive 2004/40/ES v letu 2004 je bil rok, do katerega morajo države članice EU določila direktive prenesti v svoj pravni red, določen na konec aprila 2008, vendar se je zaradi pritiskov proizvajalcev in uporabnikov naprav za MR slikanje v medicini ta rok podaljšal za štiri leta na april 2012. V tem prehodnem obdobju je ICNIRP v lanskem letu izdala prenovljene smernice za izpostavljenost nizkofrekvenčnim magnetnim poljem [8], kjer mejne vrednosti namesto gostote toka omejujejo električno poljsko jakost v človeškem telesu. Tudi Direktiva 2004/40/EC je v postopku sprememb in dopolnitev, a določila oziroma omejitve se ne bodo bistveno spremenile, njen sprejem pa je načrtovan tako, da bo datum, do katerega morajo države članice izpolniti njene zahteve (april 2012) ostal nespremenjen.

Določanje izpostavljenosti nizkofrekvenčnim EMS poteka glede na določila Direktive 2004/40/ES na dveh ravneh. Prvi korak je izvedba meritev električne poljske jakosti in gostote magnetnega pretoka ter primerjava izmerjenih vrednosti z opozorilnimi vrednostmi. V kolikor opozorilne vrednosti niso presežene, je takšno delovno mesto skladno z zahtevami Direktive 2004/40/ES. V primeru preseganja opozorilnih vrednosti je pred izvajanjem ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti mogoče ugotavljanje skladnosti z mejnimi vrednostmi izpostavljenosti, ki se nanašajo na dozimetrične veličine v telesu. Pri nizkih frekvencah je to gostota toka.

### III. MATERIALI IN METODE

Podrobne meritve EMS so bile opravljene v 9 RTP, 4 TP, enemu kabelskemu hodniku ter na enem 110 kV daljnovodu. Meritve električne poljske jakosti in

gostote magnetnega pretoka so bile izvedene z merilnim inštrumentom W&G EFA-3 z merilno negotovostjo  $\pm 2,46$  dB za električno poljsko jakost ter  $\pm 2,12$  dB za gostoto magnetnega pretoka. Objekti, v katerih so se meritve izvajale, so bili izbrani tako, da so vključevali različne tipe naprav in postrojev, ki se uporabljajo. Tako so bile meritve izvedene v RTP s klasično ter GIS izvedbo 110 kV stikališča, v 110/20 ter 110/10 kV RTP, transformatorji pa so bili moči 20, 31,5 ter 40 MVA. Prav tako so bile meritve opravljene v različnih TP s transformatorji moči od 160 do 1000 kVA.

Za numerično modeliranje je bil uporabljen programski paket SEMCAD X (Speag, Zürich, Švica). Pri izračunih smo uporabili model moškega, starega 32 let, višine 174 cm ter teže 68 kg. Model človeka je vseboval več kot 70 različnih tkiv.

Numerični izračuni so bili glede na rezultate meritev opravljeni za tri različne scenarije izpostavljenosti, in sicer za izpostavljenost pod 110 kV zbiralkami v RTP, ter v bližini vertikalnih in horizontalnih vodnikov, po katerih tečejo tokovi 2000 A.

### IV. REZULTATI MERITEV

Meritve so bile opravljene v 15 objektih. V vsakem objektu je bilo izmerjenih več deset merilnih mest, zato je skupno število vseh merilnih mest več sto. Na večini merilnih mest opozorilne vrednosti niso presežene. Gostota magnetnega pretoka presega opozorilne vrednosti v nekaterih primerih v bližini vodnikov ali zbiralk, po katerih tečejo veliki tokovi. Najvišje vrednosti gostote magnetnega pretoka so bile tako izmerjene v bližini SN zbiralk 40 MVA transformatorja, pri katerem SN del obratuje pri napetosti 10 kV.



Slika 1: Mesto, kjer so bile izmerjene najvišje vrednosti gostote magnetnega pretoka v bližini SN zbiralk v RTP s 40 MVA transformatorjem in SN delom na 10 kV.

Zaradi nižje napetosti na SN delu (v primerjavi z 20 kV, ki se večinoma uporablja) so tokovi v SN zbiralkah večji: pri nazivni obremenitvi znašajo kar 2300 A, med meritvijo pa približno 1500 A. Zbiralke so v tem delu izvedene kot 3×4 kabli preseka 630 mm<sup>2</sup>, položeni na stenske konzole tako, da so kabli posamezne faze na eni konzoli (slika 1). Najvišja vrednost, 3200 μT, je bila izmerjena neposredno med kabli, a tudi na oddaljenosti 0,3 m so opozorilne vrednosti še vedno presežene. Rezultati meritev so predstavljeni v tabeli 3.

Tabela 3: Sevalne obremenitve v okolici 10 kV SN zbiralk na mestu, ki ga prikazuje slika 1. Tok v zbiralkah v času meritev je bil 1500 A.

višina [m]	oddaljenost [m]	B [μT]	Opozorilna vrednost [μT]
	0	3200	500
0,2	0,1	580	500
0,5	0,1	720	500
0,8	0,1	820	500
1,3	0,1	1180	500
1,5	0,1	1130	500
1,8	0,1	1060	500
0,2	0,3	340	500
0,5	0,3	410	500
0,8	0,3	460	500
1,3	0,3	620	500
1,5	0,3	625	500
1,8	0,3	440	500
0,2	1	75	500
0,5	1	100	500
0,8	1	120	500
1,3	1	140	500
1,5	1	130	500
1,8	1	120	500

Visoke vrednosti gostote magnetnega pretoka so bile izmerjene tudi v eni od TP, kjer se nahajajo 4 1000 kVA transformatorji – najvišje vrednosti so bile izmerjene ob NN zbiralkah. Iz rezultatov v tabeli 4 je razvidno, da so izmerjene vrednosti gostote magnetnega pretoka večinoma nizke in dosežajo 20 do 40 μT, vendar v neposredni bližini NN zbiralk narastejo do 2800 μT, kar je skoraj za faktor 6 nad opozorilnimi vrednostmi.

Tabela 4: Sevalne obremenitve v TP z nameščenimi 4 × 1000 kVA transformatorji.

Višina [m]	Opis	B [μT]	Opozorilna vrednost [μT]
1	pred razd. omarico	20	500
1,8	pred razd. omarico	20	500
1	pred razd. omarico	25	500
1,8	pred razd. omarico	25	500
1	pred razd. omarico	40	500
1,8	pred razd. omarico	21	500
1	pred TR 2	30	500
1	pred TR 3	20	500
1	pred TR 4	30	500
2	pri zbiralkah	2800	500

Iz rezultatov v tabelah 3 in 4 je razvidno, da so opozorilne vrednosti presežene v neposredni bližini

vodnikov, po katerih tečejo veliki tokovi, a z razdaljo vrednosti zelo hitro upadejo in so že na oddaljenosti 0,5 m manjše od opozorilnih vrednosti. Poleg preseženih opozorilnih vrednosti za gostoto magnetnega pretoka so bile v nekaterih 110 kV stikališčih presežene opozorilne vrednosti za električno poljsko jakost. Na sliki 2 so prikazana merilna mesta v 110 kV stikališču s tremi transformatorskimi ter tremi daljnovodnimi polji, rezultati meritev pa so podani v tabeli 5.



Slika 2: Merilna mesta v 110 kV, kjer so bile izmerjene najvišje vrednosti električne poljske jakosti.

Tabela 5: Sevalne obremenitve v 110 kV stikališču.

MM	višina [m]	B [μT]	E [kV/m]	Opis	Opozorilna vrednost
1	1	1			500 μT; 10 kV/m
2	1	4			500 μT; 10 kV/m
	2	6			500 μT; 10 kV/m
3	1	7,6			500 μT; 10 kV/m
	2	10,9			500 μT; 10 kV/m
4	1,5	480		ob kablh	500 μT; 10 kV/m
	1,5	170		0,2 m od kablov	500 μT; 10 kV/m
5	1,5	17			500 μT; 10 kV/m
6	1	8,5			500 μT; 10 kV/m
	2	12,3			500 μT; 10 kV/m
7	1		1,8	sredina DV polja	500 μT; 10 kV/m
	2		4,3	sredina DV polja	500 μT; 10 kV/m
8	2		20	ob mer. TR	500 μT; 10 kV/m
9	2		28	med mer. TR in odklopniki	500 μT; 10 kV/m
10	1		6	pod ZV poljem	500 μT; 10 kV/m
	2		27	pod ZV poljem	500 μT; 10 kV/m
11	2		16	TR2 pod merilnim TR	500 μT; 10 kV/m
12	2		19	TR1 pod mer. TR	500 μT; 10 kV/m
13	2		32	pod L3 ZV polja	500 μT; 10 kV/m
	2		36	pod L1 ZV polja	500 μT; 10 kV/m
14	1		150	ob NN zbiralkah	500 μT; 10 kV/m
15	1		30	ob 20kV kablovodu do TR	500 μT; 10 kV/m

**V. REZULTATI NUMERIČNIH IZRAČUNOV**

Za najbolj neugodne razmere izpostavljenosti smo izvedli numerične izračune gostote toka in električne poljske jakosti v človeškem telesu. Izračune smo opravili za izpostavljenost električnemu polju pod 110 kV zbiralkami v RTP, ko znaša električna poljska jakost do 20 kV/m, ter v bližini vertikalnih in horizontalnih vodnikov, po katerih tečejo tokovi 2000 A. Rezultati so predstavljeni v tabelah 6 in 7, in sicer v tabeli 6 za gostoto toka znotraj človeškega telesa glede na določila Direktive 2004/40/ES, v tabeli 7 pa za električno poljsko jakost znotraj človeškega telesa glede na določila smernic ICNIRP iz leta 2010.

Tabela 6: Največja gostota znotraj modela človeškega telesa za izpostavljenost električnemu polju pod 110 kV zbiralkami v RTP za razmere, ko znaša električna poljska jakost do 20 kV/m (1), ter v bližini vertikalnih (2) in horizontalnih (3) vodnikov, po katerih tečejo tokovi 2000 A. Oznaka CZŠ se nanaša na centralni živčni sistem.

	J [mA/m <sup>2</sup> ]	J <sub>CZŠ</sub> [mA/m <sup>2</sup> ]	Mejna vrednost izpostavljenosti
1	4	0,5	10 mA/m <sup>2</sup>
2	37	5	10 mA/m <sup>2</sup>
3	24	3,1	10 mA/m <sup>2</sup>

Tabela 7: Največja električna poljska jakost znotraj modela človeškega telesa za izpostavljenost v bližini vertikalnih (2) in horizontalnih (3) vodnikov, po katerih tečejo tokovi 2000 A. Oznaka CZŠ se nanaša na centralni živčni sistem.

	E [V/m]	Mejna vrednost	E <sub>CZŠ</sub> [V/m]	Mejna vrednost CZŠ
2	1,5	0,8	0,09	0,1
3	1	0,8	0,07	0,1

Iz rezultatov v tabeli 6 je razvidno, da mejne vrednosti izpostavljenosti za izpostavljenost pod 110 kV zbiralkami niso presežene, čeprav so bile opozorilne vrednosti v istem območju presežene za kar 2 krat. Glede na to, da so izračunane največje vrednosti gostote toka več kot 2 krat manjše od mejnih vrednosti, je za izpostavljenost električnemu polju opozorilna vrednost razmeroma konzervativna. To se sklada tudi z ugotovitvami iz literature [5], kjer so za izpostavljenost električnim poljem v 400 kV stikališču tudi ob preseganju opozorilnih vrednosti ugotovili skladnost z mejnimi vrednostmi izpostavljenosti.

Za izpostavljenost magnetnemu polju, ko smo v modelu določali izpostavljenost v neposredni bližini NN zbiralk, se je izkazalo, da opozorilne vrednosti niso tako konzervativne kot za električno polje. Ob preseganju opozorilnih vrednosti so bile tudi v telesu presežene mejne vrednosti izpostavljenosti, kakor je razvidno iz tabel 6 in 7. Obenem vseeno velja omeniti, da so mejne vrednosti izpostavljenosti za gostoto toka, kljub temu, da so določene za celo telo, relevantne predvsem za centralni živčni sistem, v njem pa niso bile presežene.

**VI. ZAKLJUČKI**

Študija izpostavljenosti delavcev v distribuciji je pokazala, da se lahko zaposleni pri svojih rednih opravilih srečajo s situacijami, kjer so opozorilne vrednosti glede na določila Direktive 2004/40/ES presežene. Takšno preseganje opozorilnih vrednosti zahteva natančnejšo analizo izpostavljenosti delavcev, ki je pokazala, da so celo mejne vrednosti izpostavljenosti lahko presežene v nekaterih najneugodnejših situacijah, predvsem v neposredni bližini vodnikov ali zbiralk, po katerih tečejo zelo veliki tokovi. Takšne situacije so glede na določila Direktive 2004/40/ES nedopustne, zato je z ustreznimi ukrepi potrebno preprečiti, da bi bili delavci čezmerno izpostavljeni. Najenostavnejši ukrep je zagotavljanje ustrezne oddaljenosti, kar v praksi pomeni, da se zaposleni najbolj obremenjenim kablovodom ali zbiralkam (1000 A ali več) ne smejo približati na manj kot 1 m.

**REFERENCE**

- [1] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics. 4: 1998, 494-522
- [2] Kos B, Valič B, Kotnik T, Gajšek P. Poklicna izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem. Elektroteh. Vestn. 77: 200-207, 2010.
- [3] J. Bolte and M. Pruppers, Electromagnetic fields in the working environment, Ministry of Social Affairs and Employment (SZW), 2006.
- [4] Maila Heitanen, Anna-Maija Hämäläinen, and Patrick von Nandelstadh, Electromagnetic fields in the work environment, Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 2002.
- [5] L. Korpinen, J. Elovaara, and H. Kuisti, "Evaluation of Current Densities and Total Contact Currents in Occupational Exposure at 400 kV Substations and Power Lines," Bioelectromagnetics, vol. 30, Apr. 2009, pp. 231-240.
- [6] Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. 70/1996, 1996.
- [7] Direktiva 2004/40/ES Evropskega parlamenta in Sveta dne 29. aprila 2004 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih sevanj). Ur. l. EU, L 159/1, 2004.
- [8] ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz). Health Physics. 99(6): 2010, 818-836.