

# Ocena ekspozycji na pola elektromagnetyczne wytwarzane przez zgrzewarki dielektryczne

- analiza porównawcza wymagań zawartych w przepisach krajowych i dyrektywie 2004/40/WE

Na podstawie wyników pomiarów oraz obliczeń numerycznych pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez zgrzewarki dielektryczne przedstawiono analizę porównawczą różnych zasad ograniczania i oceny ekspozycji pracowników, według wymagań aktualnych krajowych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz dyrektywy 2004/40/WE. Wykazano, że w przypadku uwzględnienia realistycznej charakterystyki zmienności pól elektromagnetycznych oddziałujących na pracowników w czasie ekspozycji oraz w przestrzeni stanowiska pracy, odmienne zasady ograniczania i oceny ekspozycji dają porównywalne wyniki.

Uzyskana zgodność wyników pomiarów i symulacji numerycznych z zastosowaniem różnych metod numerycznych i uproszczonego modelu geometrycznego zgrzewarki dowodzi praktycznej przydatności tych metod do oceny ekspozycji pracowników na pola elektromagnetyczne z zakresu średniej częstotliwości.

## Assessment of the exposure to electromagnetic fields of dielectric heaters – a comparative analysis of the requirements established in Poland by occupational regulations and by Directive 2004/40/EC

The results of measurements and numerical calculations of workers' exposure to electromagnetic fields from dielectric heaters are discussed and used for a comparative analysis of various principles of limitation and assessment of workers' exposure, according to Directive 2004/40/EC and Polish occupational regulations. Both sets of regulations result in comparable exposure assessment when electromagnetic fields are considered in realistic time variability during workers' exposure and spatial distribution in the workplace.

The obtained results of measurements and numerical simulations of spatial distribution of electric fields from dielectric heaters made with various kinds of software and with a simplified model of a dielectric heater are in step. The practical usefulness of various calculations methods for assessing exposure to intermediate frequency electromagnetic fields is proven.

## Wstęp

Zgrzewarki dielektryczne wykorzystywane są do łączenia elementów z folii termoplastycznej i często obsługiwane są ręcznie przez pracownika siedzącego lub stojącego w odległości 30 – 50 cm od elektrod zgrzewarki (rys. 1.). Elektrody zgrzewarki (jedna zasilana napięciem wielkiej częstotliwości, zwykle ok. 27 MHz, i druga uziemiona), są źródłem oddziałującego na pracowników pola elektromagnetycznego (pola e-m.), zazwyczaj pola elektrycznego tzw. stref ochronnych. Z tego powodu istotne jest dokonanie oceny, czy spełnienie wymagań krajowych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (bhp) [1, 2] oznacza również spełnienie wymagań minimalnych dyrektywy 2004/40/WE [3]. Prezentowane badania przeprowadzono, aby dokonać takiej analizy na podstawie wyników pomiarów i symulacji komputerowych.

## Zasady oceny ekspozycji pracowników na pola elektromagnetyczne

Zasady oceny i ograniczania ekspozycji pracowników na pola e-m. zostały szczegółowo omówione w licznych publikacjach [m.in. 4, 5]. Poniżej przedstawiono postanowienia zawarte w krajowych przepisach bhp oraz dyrektywie europejskiej, odnośnie do zasad oceny ekspozycji pracowników, które mają zastosowanie do oceny ekspozycji pracowników obsługujących zgrzewarki.

## Dyrektywa 2004/40/WE

Dyrektywa 2004/40/WE [3] w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia powodowane czynnikami fizycznymi (pola elektromagnetyczne) została ustanowiona

dr inż. KRZYSZTOF GRYZ

dr inż. JOLANTA KARPOWICZ

mgr inż. MARCIN MOLENDĄ

mgr inż. PATRYK ZRADZIŃSKI

Centralny Instytut Ochrony Pracy

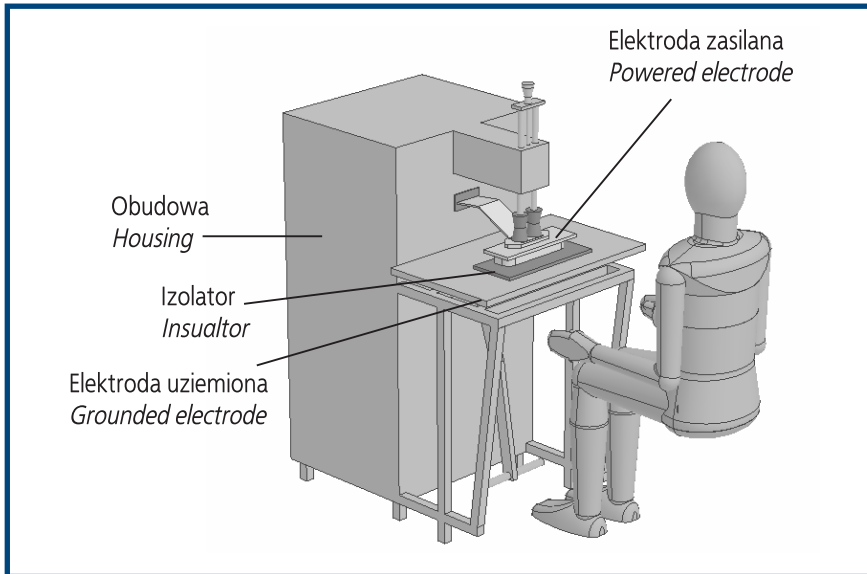
– Państwowy Instytut Badawczy

w 2004 roku, jako 18. dyrektywa szczegółowa w rozumieniu artykułu 16(1) dyrektywy ramowej 89/391/EWG. Dyrektywa ta ustanawia minimalne wymagania, a zatem daje państwom członkowskim możliwość utrzymania lub przyjmowania bardziej zaostrzonych wymagań odnośnie do ochrony pracowników. Wykonanie dyrektywy nie powinno spowodować regresu w stosunku do stanu jaki był wcześniej w danym państwie członkowskim. Kraje członkowskie powinny wprowadzić jej postanowienia do prawa krajowego do kwietnia 2008 r.

## Miary wewnętrzne i zewnętrzne ekspozycji

Dyrektywa nakazuje pracodawcom dokonanie oceny zagrożeń. Do tego celu służyć mają podane w dyrektywie tzw. dopuszczalne wartości miar zewnętrznych i wewnętrznych. Dopuszczalne wartości miar wewnętrznych, odnoszące się do maksymalnych dopuszczalnych skutków ekspozycji występujących w organizmie ekspozowanego pracownika (tj. gęstość prądu indukowanego,  $J$ , oraz szybkość pochłaniania właściwego energii,  $SAR$ ), zostały zdefiniowane do celu ustalenia nieprzekraczalnego w żadnym wypadku progu ekspozycji pracowników. Dopuszczalne wartości miar zewnętrznych (tj. natężenie pola elektrycznego,  $E$ , czy natężenie pola magnetycznego,  $H$ , na stanowisku pracy) zostały zdefiniowane do celów kontroli i oceny warunków ekspozycji. Ich wartości zostały obliczone na podstawie granicznych wartości miar wewnętrznych według metody podanej w zaleceniach ICNIRP [6].

Przestrzeganie ograniczeń dotyczących dopuszczalnych wartości miar zewnętrznych gwarantuje spełnienie ograniczeń dotyczących miar wewnętrznych, natomiast prze-



Rys. 1. Realistyczny model geometryczny zgrzewarki dielektrycznej  
Fig. 1. A realistic geometrical model of a dielectric heater

kroczenie ograniczeń miar zewnętrznych nie oznacza przekroczenia dopuszczalnych miar wewnętrznych, a jedynie potrzebę wykonania dalszej analizy ich spełnienia.

Pracodawca powinien oszacować oraz, jeśli jest to konieczne, zmierzyć lub obliczyć poziomy pola e-m., na które ekspozowany jest pracownik. W przypadku stwierdzenia przekroczenia granicznych wartości miar zewnętrznych na stanowisku pracy, pracodawca powinien oszacować oraz – jeśli jest to konieczne – obliczyć czy dopuszczalne wartości miar wewnętrznych nie zostały przekroczone. Oszacowanie,

pomiary oraz obliczenia powinny być wykonywane zgodnie z procedurami podanymi w zharmonizowanych z dyrektywą normach europejskich Europejskiego Komitetu Normalizacji Elektrotechnicznej (CENELEC), które nie zostały jednak jeszcze ustanowione. Do czasu ich opracowania mogą być wykorzystywane normy i zalecenia krajowe lub międzynarodowe.

Ponieważ wartości miar zewnętrznych, odnoszące się do pól o częstotliwości z zakresu od 100 kHz do 10 GHz (w tym ok. 27 MHz, typowej dla zgrzewarek), zostały obliczone tak, by chronić przed efektem termicznym

organizm ekspozowanego pracownika, to do analizy zgodności z granicznymi wartościami miar wewnętrznych natężenie pola elektrycznego oddziałującego na pracownika powinno być uśrednione w przestrzeni stanowiska pracy i w czasie ekspozycji.

W dyrektywie podano, że w przypadku pól o ww. częstotliwościach należy uśrednić wartości kwadratów natężeń pól w czasie dowolnych 6 minut ekspozycji pracownika. Ze względu na brak w dyrektywie ustaleń odnośnie do procedury uśredniania natężenia pola w przestrzeni oraz braku wymienionych znormalizowanych procedur pomiaru i oceny ekspozycji pracowników, w prezentowanych badaniach zostały wykorzystane przykładowo dwie różne procedury uśredniania przestrzennego zaczerpnięte z istniejących norm międzynarodowych.

#### Norma dotycząca badań produktu (PN-EN 50357: 2004)

Metoda uśredniania przestrzennego wyników pomiarów pola e-m. jest przedstawiona w normie PN-EN 50357: 2004 dotyczącej badania pól wytwarzanych przez urządzenia zapobiegające kradzieży [7]. Przyjęto w niej, że ocena emitowanych przez te urządzenia pól powinna odnosić się do ekspozycji tułowia. Aby ją porównać z wartościami odniesienia ustalonymi dla natężenia pola elektrycznego (miary zewnętrzne), należy wykonać pomiary natężenia pola elektrycznego,  $E$ , w 45 punktach (rys. 2.) i obliczyć średnią arytmetyczną z wyników tych pomiarów.

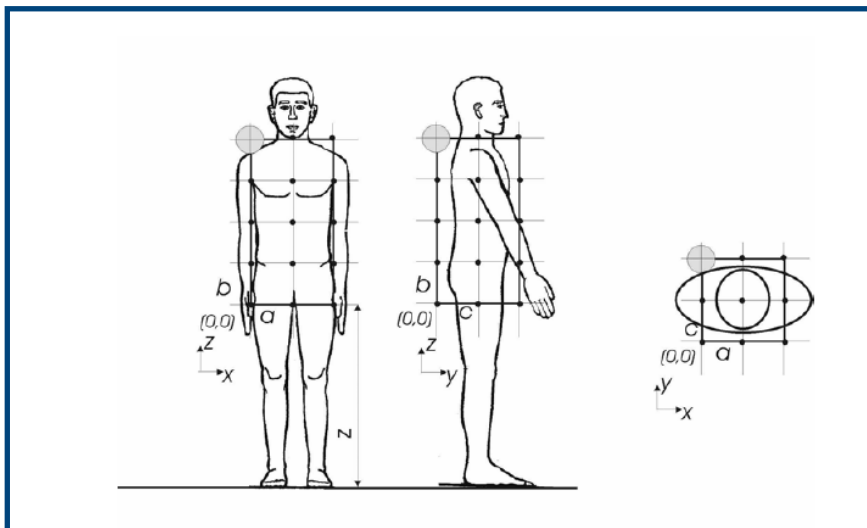
#### Norma dotycząca oceny ekspozycji (IEEE Std C95.3-2002)

Zgodnie z postanowieniami normy IEEE Std C95.3-2002 [8] ocena ekspozycji pracowników powinna być wykonywana na podstawie wyników pomiarów wartości skutecznych natężenia pola elektrycznego uśrednionych „energetycznie”, tzn. wg zależności:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i)^2 / n} \quad [1]$$

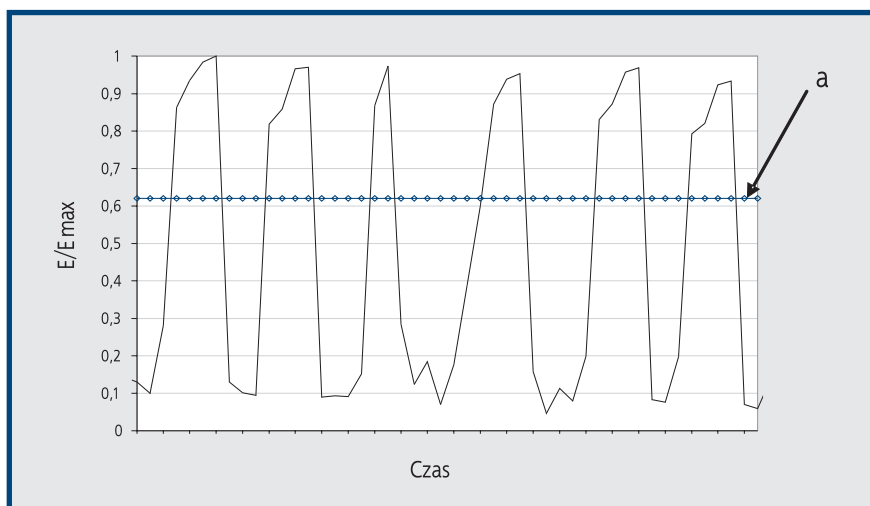
gdzie  $E$  to wyniki pomiarów wartości skutecznej w kolejnych punktach pomiarowych, w obszarze odpowiadającym przekrojowi pionowemu ciała stojącego pracownika.

W normie podano, że w większości przypadków wystarczające jest uśrednienie wyników pomiarów natężenia pola wykonanych w pionie pomiarowym przechodzącym przez środek przekroju, do wysokości 2 m od podłoża. Nie sprecyzowano jednak, jak wybierać punkty pomiarowe.



Rys. 2. Siatka pomiarowa do uśrednienia przestrzennego natężenia pola według normy PN-EN 50357: 2004 (a, b, c = 15 cm; Z = 85 cm)

Fig. 2. A measurement grid for spatial averaging of field strength according to PN-EN 50357: 2004 (a, b, c = 15 cm; Z = 85 cm)



Rys. 4. Fragment przykładowego przebiegu wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego, zarejestrowanego w czasie kolejnych zgrzewów przy symulowanej pracy, przy maksymalnej częstotliwości powtarzania (długość pojedynczego zgrzewu ok. 4 sekundy) - odniesione do wartości maksymalnej przebiegu: a - wartość uśredniona w czasie wg dyrektywy 2004/40/WE

Fig 4. Electric field strength RMS value registered during consecutive welds of simulated work with maximum repetition frequency (time of weld 4 seconds) - related to the maximum value of registration: a - a value time-averaged according to Directive 2004/40/EC

Tabela

GRANICZNE WARTOŚCI EKSPOZYCJI NA POLA ELEKTROMAGNETYCZNE O CZĘSTOTLIWOŚCI 27 MHz PODANE W DYREKTYWIE 2004/40/EC I ROZPORZĄDZENIU MPIPS W SPRAWIE NDS I NDN [1, 3]

Exposure limitation for electromagnetic fields of 27 mhz frequency given by Directive 2004/40/EC and the Regulation of the Minister of Labour and Social Policy [1, 3]

Rodzaj ograniczenia	Zasada oceny ekspozycji	Wartość graniczna
<b>Wartości graniczne podane w dyrektywie 2004/40/EC [3]:</b>		
dopuszczalne miary zewnętrzne – natężenie pola elektrycznego, $E$	uśrednione w przestrzeni i uśrednione w czasie 6 minut *) (brak norm zharmonizowanych)	61 V/m
dopuszczalne miary zewnętrzne – prąd indukowany, $I_L$	uśrednione w czasie 6 minut *) (brak norm zharmonizowanych)	100 mA
dopuszczalne miary zewnętrzne – prąd kontaktowy, $I_C$	(brak norm zharmonizowanych)	40 mA
dopuszczalne miary wewnętrzne – SAR – całe ciało	uśredniony w obszarze całego ciała i uśredniony w czasie 6 minut *) (brak norm zharmonizowanych)	0,4 W/kg
dopuszczalne miary wewnętrzne – SAR – lokalny w głowie i tułowiu	maksymalny w obszarze głowy i tułowia oraz uśredniony w czasie 6 minut *) (brak norm zharmonizowanych)	10 W/kg (w 10 g)
dopuszczalne miary wewnętrzne – SAR – lokalny w kończynach	maksymalny w obszarze kończyn i uśredniony w czasie 6 minut *) (brak norm zharmonizowanych)	20 W/kg (w 10 g)
<b>Wartości graniczne podane w rozporządzeniu MPIPS [1]:</b>		
granica ekspozycji zabronionej – natężenie pola elektrycznego, $E$	wartość maksymalna w czasie i przestrzeni (wg PN-T-06580:2002)	200 V/m
NDN – natężenie pola elektrycznego, $E$	wartość maksymalna w czasie i przestrzeni (wg PN-T-06580:2002)	20 V/m

\*) zgodnie z postanowieniami dyrektywy uśrednianie w okresie 6 minut dotyczy wartości  $E$ ,  $H$ ,  $I_L$  podniesionych do kwadratu

## Rozporządzenie w sprawie NDN i norma PN-T-06580:2002

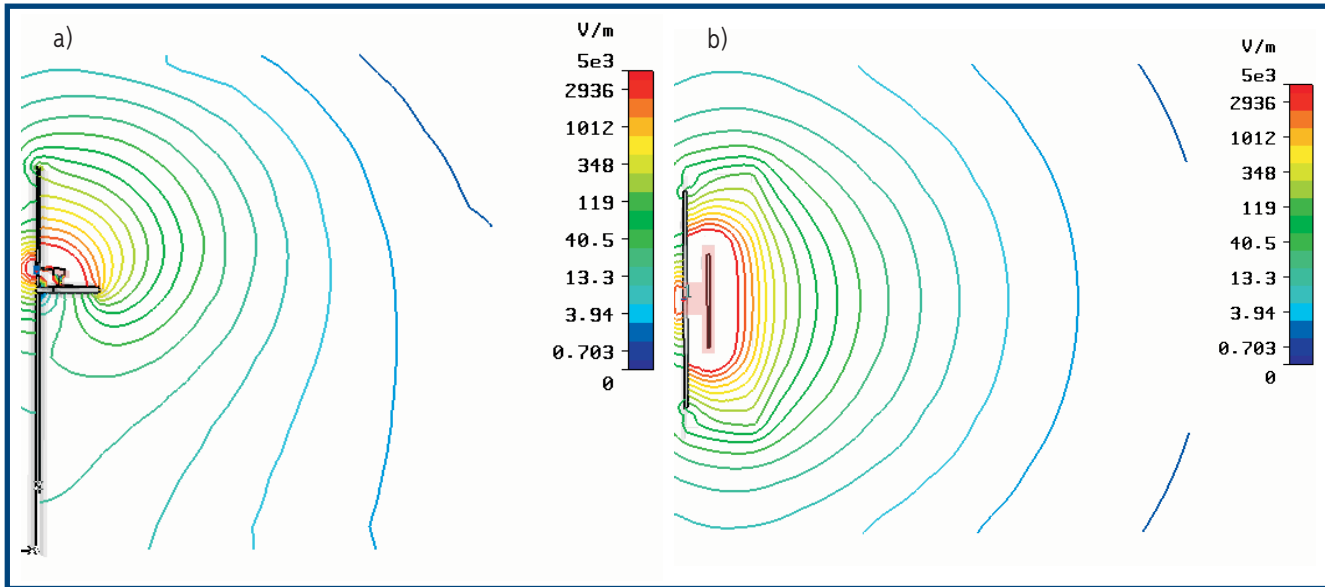
Dopuszczalna ekspozycja zawodowa na pola e-m. została ustalona w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń (NDS i NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [1], a szczegóły dotyczące metodyki pomiarów i oceny ekspozycji w związanej z nim normie PN-T-06580:2002 [2].

Rozporządzenie ustala wartość NDN pól elektromagnetycznych, czyli natężenia pola elektrycznego i magnetycznego ( $E$ ,  $H$ ) dopuszczalne przy 8-godzinnej ekspozycji pracowników oraz granicę tzw. ekspozycji niebezpiecznej/zabronionej, czyli natężenia pól w jakich pracownicy nie mogą przebywać bez ubiorów ochronnych. W przypadku pól o natężeniach większych od NDN, a mniejszych od granicy ekspozycji zabronionej, dopuszczalny czas trwania ekspozycji na takie pola jest krótszy od 8 godzin i określony przez tzw. wskaźnik ekspozycji,  $W$ .

Okresowa ocena poziomu ekspozycji na pola e-m. na stanowisku pracy jest w Polsce obowiązkowa, więc przepisy odnoszą się wyłącznie do miar zewnętrznych ( $E$ ,  $H$ ). Miary wewnętrzne ( $I$ ,  $SAR$ ) nie są podane w rozporządzeniu, ponieważ nie ma możliwości ich pomiaru w rzeczywistych warunkach ekspozycji pracowników. Jednakże, dopuszczalne wartości miar wewnętrznych zdefiniowane w zaleceniach ICNIRP [6], wykorzystanych w dyrektywie 2004/40/WE i zbliżone wartości podane w normach IEEE, zostały wykorzystane do analizy teoretycznej stanowiącej podstawę do ustalenia w przepisach krajowych poziomu ekspozycji zabronionej na pola e-m. różnych częstotliwości. Natomiast NDN pól e-m. jest odpowiednikiem wartości granicznych miar zewnętrznych z dyrektywy.

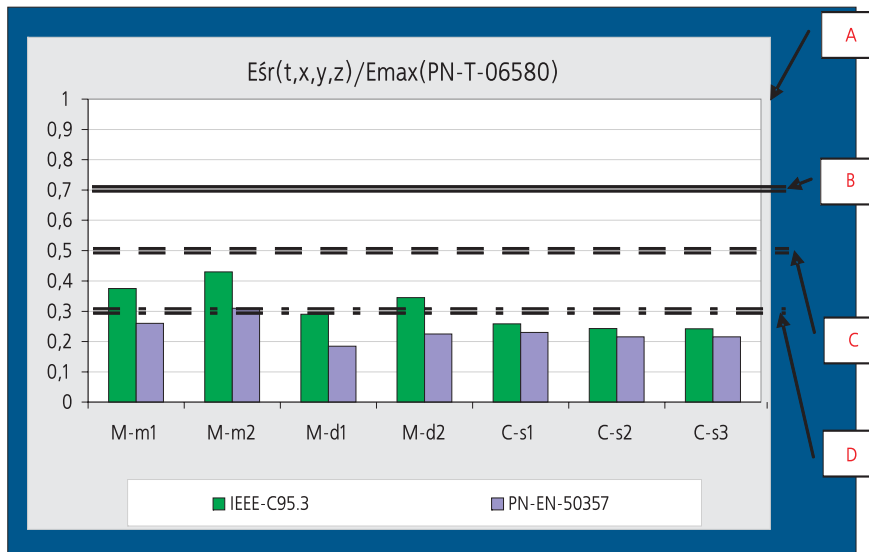
Zgodnie z postanowieniami normy PN-T-06580:2002, ekspozycja pracowników oceniana jest na podstawie pomiarów wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego lub magnetycznego. Jako wynik pomiarów należy przyjąć maksymalną chwilową wartość skuteczną, zmierzoną wzdłuż linii odpowiadającej osi ciała pracownika, od podłoża do wysokości 2 m.

Graniczne parametry ekspozycji na pole e-m. o częstotliwości 27 MHz, ustalone postanowieniami dyrektywy i rozporządzenia w sprawie NDN, zostały zestawione w tabeli.



Rys. 3. Przykładowy rozkład przestrzenny natężenia pola elektrycznego obliczony przy najprostszym modelu geometrycznym zgrzewarki: a) przekrój pionowy w połowie szerokości elektrod; b) przekrój poziomy na wysokości elektrod

Fig. 3. Spatial distribution of electric field strength, calculated with the use of a simplest geometrical model of a dielectric heater; a) a vertical cross-section at mid-width of the electrodes; b) a horizontal cross-section at the level of the electrodes



Rys. 5. Wartości skuteczne natężenia pola elektrycznego przy badanych zgrzewarkach, uśrednione w czasie ekspozycji i w przestrzeni stanowiska pracy – odniesione do wartości maksymalnych wyznaczonych zgodnie z PN-T-06580:2002:

A – wynik pomiaru zgodny z PN-T-06580, wykorzystywany do porównania z wartościami granicznymi ekspozycji z rozp. w sprawie NDN

B – uśredniona w czasie wg dyrektywy 2004/40/WE wartość natężenia pola o przebiegu impulsowym, prostokątnym o współczynniku wypełnienia 0,5

C – uśredniona w czasie wg dyrektywy 2004/40/WE wartość natężenia pola o realistycznym przebiegu

D – średni poziom wyników pomiarów uśrednionych w czasie ekspozycji i w przestrzeni stanowiska pracy, wykorzystywanych do porównania z wartościami granicznymi z dyrektywy 2004/40/WE

Fig. 5. RMS values of electric field strength in the vicinity of the investigated dielectric heaters, time-averaged for exposure duration and spatially-averaged over workplace - related to maximum values measured according to PN-T-06580:2002.

A – a measurement result according to PN-T-06580:2002, used for comparison with exposure limitation according to the regulation of the Minister of Labour and Social Policy

B – the time-averaged – according to Directive 2004/40/EC – value of electric field strength of pulses of rectangular shape with a duty factor of 0,5

C – the time-averaged – according to Directive 2004/40/EC – value of electric field strength of pulses of realistic shape

D – the average level of measurements results, time-averaged for exposure duration and spatially-averaged over workplace used for comparison with exposure limitation given by Directive 2004/40/EC

## Metoda badań

Prezentowane badania objęły szczegółowe pomiary rozkładu przestrzennego natężenia pola elektrycznego w otoczeniu wybranych 4 zgrzewarek dielektrycznych oraz jego symulacje numeryczne. Pomiary wykonano przy 2 zgrzewarkach wytwarzających stosunkowo słabe pole – nieekranowanej (M-m1) i ekranowanej (M-m2), oraz przy 2 wytwarzających stosunkowo silne pole – nieekranowanej (M-d1) i ekranowanej (M-d2). Obliczenia numeryczne zostały wykonane z wykorzystaniem uproszczonego modelu geometrycznego zgrzewarki i specjalistycznych pakietów oprogramowania: OPERA 3D v. 8.7 (Vector Fields Ltd.) opartego na metodzie elementów skończonych (C-s1), CST MICROWAVE STUDIO i CST EM STUDIO (CST – Computer Simulation Technology) opartego na metodzie całek brzegowych odnośnie do pól małych (C-s2) i wielkich (C-s3) częstotliwości.

Wartości skuteczne natężenia pola elektrycznego były rejestrowane miernikiem z sondą izotropową, umieszczaną w regularnych odstępach co 10 cm, w kolejnych punktach wzdłuż pionów pomiarowych. Tego samego typu dane, odnoszące się do rozkładu przestrzennego natężenia pola elektrycznego na stanowisku pracy, uzyskano również z obliczeń numerycznych wykonanych każdym z ww. pakietów oprogramowania (rys. 3.).

W każdym punkcie pomiarowym wykonywano rejestrację natężenia pola w czasie pojedynczego zgrzewu trwającego ok. 4 sekundy. Do analizy rozkładu przestrzennego natężenia pola i wyliczenia jego wartości



uśrednionych w przestrzeni wykorzystano maksymalne wartości zarejestrowane w poszczególnych impulsach.

## Wyniki badań

Pole elektromagnetyczne zgrzewarek wytwarzane jest impulsowo, po każdorazowym załączeniu zgrzewu przez pracownika (rys. 4.). Czas trwania impulsu zależy od trybu pracy zgrzewarki. Czas powtarzania zgrzewów nie jest regularny w przypadku obsługi ręcznej. Współczynnik wypełnienia pola wytwarzanego przy ręcznym załączeniu zgrzewów nie przekracza 0,5, a więc jego natężenie „uśrednione energetycznie” w czasie ekspozycji 6-minutowej (zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2004/40/WE) nie przekracza 0,707 (poziom B na rys. 5.) wartości skutecznej natężenia występującego w czasie trwania każdego impulsu prostokątnego (poziom A na rys. 5.). Przy typowych urządzeniach rzeczywiste impulsy nie mają kształtu prostokątnego (rys. 4.), więc wartość uśredniona w czasie jest jeszcze mniejsza – w omawianym przypadku ok. 0,63 maksymalnej wartości skutecznej tego przebiegu. W przypadku typowych warunków pracy, przygotowana partia detali wykonywana jest w czasie krótszym niż 6 minut, co dodatkowo zmniejsza wartość natężenia pola uśrednionego w czasie pełnych 6 minut. Z tego powodu do prezentowanej analizy przyjęto, że realistycznym warunkom ekspozycji pracowników odpowiada wartość uśredniona w czasie, nie przekraczająca 0,5 maksymalnej wartości skutecznej natężenia pola w czasie ekspozycji (poziom C na rys. 5.).

Kolejnym krokiem jest uśrednienie natężenia pola w przestrzeni stanowiska pracy powodujące dalsze zmniejszenie wartości średniej w stosunku do maksymalnej, występującej w rozpatrywanym obszarze. Na rys. 5 przykładowo zestawiono wartości natężenia pola zmierzone na stanowiskach pracy przy 4 zgrzewarkach –  $E_{sr}(t,x,y,z)$  oraz wyniki obliczeń natężenia pola przy najprostszym modelu zgrzewarki wykonanych z wykorzystaniem 3 programów, uśrednione w przestrzeni stanowiska pracy oraz uśrednione w czasie wg opisanych realistycznych założeń opisujących zmienność poziomu ekspozycji w czasie (poziom D na rys. 5.). Wszystkie wielkości podano jako wartości względne w stosunku do wartości maksymalnej w czasie ekspozycji i w przestrzeni stanowiska pracy –  $E_{max}(PN-T-06580)$ , odpo-

wiadającej wynikowi pomiarów wykonanych zgodnie z postanowieniami normy polskiej [2]. Uśrednianie w czasie wykonano zgodnie z postanowieniami dyrektywy [3], a uśrednianie w przestrzeni zgodnie z omówionymi normami międzynarodowymi [7, 8].

## Podsumowanie

Stosowanie (według postanowień dyrektywy) procedury uśredniania w czasie ekspozycji i w przestrzeni stanowiska pracy natężenia pola elektrycznego oddziałującego na pracownika do wyznaczenia jego wartości, która jest porównywana z wartościami miar zewnętrznych sprawia, że jest to sposób oceny poziomu ekspozycji pracowników znacznie łagodniejszy od stosowanej w Polsce procedury wymagającej użycia wartości maksymalnych do oceny poziomu ekspozycji. Jest to równoznaczne z tym, że stosowane w kraju wartości graniczne ekspozycji zabronionej i NDN mogą być proporcjonalnie większe niż podane w dyrektywie.

Zaprezentowane wyniki oceny ekspozycji na pola o realistycznym przebiegu w czasie i rozkładzie przestrzennym (rys. 5.) wskazują więc, że spełnienie wymagań krajowych przepisów bhp, odnośnie do zakazu ekspozycji pracowników w strefie niebezpiecznej, tj.  $E_{max}(PN-T-06580) < 200 \text{ V/m}$ , w praktyce oznacza spełnienie wymagań dyrektywy odnośnie do dopuszczalnych wartości miar zewnętrznych, tj.  $E_{sr}(t,x,y,z) < 61 \text{ V/m}$ .

W przypadku urządzeń o znacznych rozmiarach, które byłyby źródłem bardzo silnego pola o jednorodnym rozkładzie w przestrzeni stanowiska pracy oraz ciągłej emisji, mogłoby wystąpić przekroczenie dopuszczalnych miar zewnętrznych przy ekspozycji ocenianej jako dopuszczalna na podstawie krajowych przepisów bhp (tj. poza strefą niebezpieczną gdzie  $E_{max}(PN-T-06580) < 200 \text{ V/m}$ ). W takiej sytuacji do rozstrzygającej oceny spełnienia wymagań dyrektywy niezbędne byłoby wykonanie obliczeń odnoszących się do wartości dopuszczalnych miar wewnętrznych (SAR) w organizmie ekspozowanego pracownika. Przypadek takiej ekspozycji na rzeczywistym stanowisku pracy (tzn. pole elektryczne jednorodne w przestrzeni

stanowiska pracy, o wartości natężenia niezmiennego w czasie i równej wartości zbliżonej do granicznej strefy niebezpiecznej, tj.  $200 \text{ V/m}$  przy  $27 \text{ MHz}$ ) wydaje się mało prawdopodobny. Pomocniczym kryterium oceny takiej ekspozycji może być również przeprowadzenie pomiarów lub obliczeń prądów kontaktowych lub indukowanych. Należy również podkreślić, że ocena poziomu ekspozycji na podstawie wartości uśrednianych jest znacznie bardziej czasochłonna, a także bardziej kosztowna niż stosowane dotychczas w kraju wykonywanie ocen na podstawie zmierzonej wartości maksymalnej natężenia pola.

## PIŚMIENICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik 2, Część E. *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz*. DzU 2002, nr 217, poz. 1833
- [2] PN-T-06580: 2002 *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz*. Arkusz 01. Terminologia. Arkusz 03. *Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy*
- [3] Dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia powodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) (18. dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. Wydanie specjalne, PL, Rozdział 05, Tom 005, L159/1, str. 61-71, <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/pl/index.htm>
- [4] Karpowicz J., Gryz K. *Dyrektywa dotycząca ekspozycji zawodowej na pola elektromagnetyczne – 2004/40/WE, „Bezpieczeństwo Pracy”, nr 11(400), 2004, str. 20-23*
- [5] Karpowicz J., Gryz K. *Kontrola i kształtowanie warunków pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym. Zakres częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz, „Bezpieczeństwo Pracy”, nr 10 (363), 2001, str. 7-13*
- [6] ICNIRP *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*, Health Physics, vol. 74, No. 4 (April), 494-522, 1998
- [7] PN-EN 50357:2004. *Ocena ekspozycji ludzi w polach elektromagnetycznych urządzeń wykorzystywanych do elektronicznej ochrony artykułów (EAS), identyfikacji drogi radiowej (RFID) i tym podobnych zastosowań*
- [8] IEEE Std C95.3-2002 IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz

*Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” – I etapu w latach 2002-2004 – dofinansowanego w zakresie badań naukowych przez Komitet Badań Naukowych i II etapu w latach 2005-2007 dofinansowanego w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Edukacji i Nauki, a w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*