

mgr inż. MAGDA MARIAŃSKA

dr HALINA ANIOŁCZYK

mgr inż. PAWEŁ MAMROT

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Kontakt: magmar@imp.lodz.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0010.6708

Kuchenki mikrofalowe

– kontrola emisji i ekspozycji na pole elektromagnetyczne

Fot. Stockfotocz./Bigstockphoto



Kuchenki mikrofalowe należą do obiektów technicznych mogących potencjalnie emitować pole – EM o wartościach mających wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy osób zatrudnionych w gastronomii czy serwisach firmowych. Formalnie, bezpieczeństwo użytkowania kuchenek mikrofalowych powinien gwarantować producent, który zobowiązany jest do przestrzegania standardów emisji promieniowania, po spełnieniu których urządzenia są dopuszczone do sprzedaży. Dla użytkowników kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych to warunek konieczny. Przedstawione w artykule dane o poziomach tego pola w otoczeniu ponad 170 urządzeń wskazują, że należy przedsięwziąć stosowne działania ochronne. Przedstawiony w opracowaniu istniejący stan prawny dotyczący limitów emisji, który obowiązuje producentów tych kuchenek jest oparty o rekomendacje ICNIRP i spełnia wymagania limitów ekspozycji człowieka na pole – EM. Krajowe przepisy są bardziej rygorystyczne. W pracy dyskutowane są wszystkie te aspekty, szczególnie w odniesieniu do pracowników gastronomii i służb serwisowych, gdzie brak jest faktycznego nadzoru nad warunkami pracy. Zwrócono także uwagę na możliwość zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, gęstość mocy, kuchenki mikrofalowe

Microwave ovens – to control emissions and exposure to electromagnetic fields

Microwave ovens can potentially emit electromagnetic fields (EMF) at levels affecting the safety and health of people employed in catering and authorized service centres. Theoretically, the manufacturer should guarantee that microwave ovens are safe; devices on the market should comply with emission standards. The levels of EMF in the vicinity of over 170 devices, presented in this article, indicate that appropriate protective measures are necessary. Current regulations on emission limits, which manufacturers of microwave ovens should comply with, are based on ICNIRP recommendations and meet human exposure limits for EMF. The regulations in Poland are more restrictive. This article discusses all those aspects, particularly in relation to staff in catering and in service centres, where there is no effective supervision of the working conditions. The ability to ensure safe household use of microwave ovens is considered, too.

Keywords: electromagnetic fields (EMF), power density (S), microwave ovens

Wstęp

Kuchenki mikrofalowe to urządzenia wykorzystujące energię pola elektromagnetycznego (pola-EM) do szybkiego podgrzewania potraw. Ich nazwa pochodzi od stosowanej częstotliwości, tj. 2450 MHz, która należy do zakresu promieniowania mikrofalowego (PMF). Pierwsza kuchenka mikrofalowa została wyprodukowana w 1947 r. przez amerykańską firmę Raytheon, a za jej twórcę uważa się amerykańskiego inżyniera i wynalazcę Percy'ego LeBarona Spencera.¹ Kuchenka ta, o nazwie Radarange, miała duże rozmiary (1,5 m wysokości, ważyła 300 kg) i kosztowała 5 tys. USD; współczesne mają wysokość co najwyżej 0,65 m.

W Polsce na początku lat 70. XX wieku wyprodukowano kuchnię² mikrofalową o nazwie „AGATA” (prod. Warszawskie Zakłady Radiowe Rawar w Warszawie), z przeznaczeniem dla profesjonalnej gastronomii, a kilka lat później ok. 250 kuchni mikrofalowych o nazwie KM-06 (prod. Unitra Warel w Warszawie) do użytku w gospodarstwach domowych [1]. Kuchenki mikrofalowe znalazły zastosowanie w restauracjach, barach, supermarketach, ośrodkach wypoczynkowych, stacjach benzynowych i sieciach fast food. W naszym kraju stosowanie kuchenki mikrofalowej stało się popularne dopiero pod koniec lat 90. ub. wieku, kiedy otworzyły się rynki europejskie; obecnie są to popularne urządzenia gospodarstwa domowego.

Badania ankietowe przeprowadzone przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi (IMP) w latach 2012 - 2014 na terenie dużego miasta wykazały, że wśród 110 ankietowanych osób blisko 66% posiadało kuchenkę mikrofalową [2]. Zbliżone dane za 2015 r. podaje Główny Urząd Statystyczny, wg którego prawie 59% gospodarstw domowych posiada kuchenkę mikrofalową³. Również profesjonalne wykorzystanie tych urzą-

¹ https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Kuchenka_mikrofalowa [20.03.2017]

² Ze względu na duże wymiary pierwsza kuchenka mikrofalowa była nazwana „kuchnią mikrofalową” (zgodnie z oryginalnym dokumentem instrukcji obsługi).

³ Raport GUS. Budżety gospodarstw domowych w 2015 r. <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia-ludnosci/budzety-gospodarstw-domowych-w-2015-r,-9,10.html> [20.03.2017]

dzeń w gastronomii, w tym w mobilnej (obiekty zmieniające lokalizację, najczęściej przyczepy gastronomiczne posiadające atest PZH), jest w Polsce bardzo rozpowszechnione.

Pomimo ogromnego postępu w rozwiązaniach technicznych i materiałowych dotyczących głównie udoskonalień w uszczelnieniu drzwi kuchenek mikrofalowych, problem „wycieku” promieniowania mikrofalowego pozostaje otwarty. Ma to istotne znaczenie dla bezpiecznego użytkownika kuchenek mikrofalowych, głównie ze względu na rozwój gastronomii mobilnej, przy jednoczesnym braku kontroli warunków ekspozycji na pole-EM w przestrzeni pracy pracowników gastronomii. Nie do przecenienia jest również fakt braku jakiegokolwiek kontroli poziomu pola-EM od kuchenek mikrofalowych użytkowanych w gospodarstwach domowych.

Celem artykułu jest zaprezentowanie przeglądu wyników badań własnych IMP w Łodzi, przeprowadzonych w latach 2012 - 2016, dotyczących pomiarów poziomu pola-EM w otoczeniu obecnie dostępnych kuchenek mikrofalowych i ich przeanalizowanie na potrzeby doskonalenia nadzoru nad przestrzeganiem zmienionych w 2016 roku przepisów krajowych, regulujących zakres ochrony pracowników przed polem-EM.

Przepisy prawa i wymagania norm w odniesieniu do kuchenek mikrofalowych

Kuchenska mikrofalowa zaliczana jest do urządzeń, w otoczeniu których może występować PMF. W zasięgu tego promieniowania mogą przebywać pracownicy zatrudnieni w gastronomii, użytkownicy kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych, jak i pracownicy serwisujący te urządzenia. Formalnie, bezpieczeństwo użytkownika kuchenek mikrofalowych powinien gwarantować producent, zobowiązany do przestrzegania standardów emisji promieniowania, po spełnieniu których urządzenia są dopuszczone do sprzedaży.

Większość przepisów międzynarodowych (IEC – International Electrotechnical Commission, ICES – International Committee on Electromagnetic Safety, CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, Radiation Emitting Devices Regulations, Canada, U.S. FDA Microwave Oven Safety Standards) [3-5], a także polska norma PN-EN 60335-2-25, zharmonizowana z dyrektywą 2006/95/WE [6] za dopuszczalną wartość graniczną gęstości mocy przyjmuje 50 W/m^2 . Nie może ona być przekroczona w żadnym, dowolnie wybranym punkcie, znajdującym się w odległości 5 cm od obudowy firmowej kuchenki. Są to standardy dotyczące bezpieczeństwa wyrobów.

Limit gęstości mocy w odniesieniu do emisji „wycieku” PMF jest zbieżny z wytycznymi ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Międzynarodowej Komisji ds. Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym) w kontekście ekspozycji człowieka na pole-EM 3 kHz - 300 GHz [7]. W zakresie częstotliwości pracy kuchenek mikrofalowych

na świecie (kraje UE, Kanada, USA, Australia) jako parametr określający intensywność pola-EM przyjęto stosować wartość gęstości mocy promieniowania, wyrażaną w W/m^2 . W swobodnej przestrzeni wartość gęstości mocy równoważna jest natężeniu pola elektrycznego (pola-E), wyrażanemu w V/m na podstawie zależności: $S = E^2/Z$, gdzie S – gęstość mocy promieniowania, E – natężenie składowej elektrycznej pola – EM, $Z = 377 \Omega$ – impedancja⁴ swobodnej przestrzeni. Mając na uwadze wymienioną minimalną odległość punktu testowego od obudowy kuchenki, ze względu na charakter występującego tam tzw. pola bliskiego warunek ten nie jest spełniony, stąd stosowanie zależności między S i E należy rozumieć jako umowną.

Badania kuchenek mikrofalowych na świecie

Badania przeprowadzone w Kanadzie w odniesieniu do 60 kuchenek mikrofalowych, ze standardowym obciążeniem wnęki, przeznaczonych do sprzedaży, wykazały, że zmierzone wartości gęstości mocy w odległości 5 cm od ich obudowy wynosiły od 0,01 do 4 W/m^2 (tj. do ok. 39 V/m) i spełniały wymogi dopuszczalnego limitu 10 W/m^2 według przepisów amerykańskich (FDA), obowiązujących w przypadku kuchenek przed dopuszczeniem do sprzedaży [8]. Natomiast badania wykonane w otoczeniu 103 kuchenek mikrofalowych będących w użytkowaniu wykazały, że w warunkach standardowego obciążenia wnęki kuchenki, zmierzone wartości gęstości mocy wynosiły od 0,1 do 45 W/m^2 (tj. do ok. 130 V/m) i również spełniały wymogi dopuszczalnego limitu, tj. 50 W/m^2 według przepisów amerykańskich dotyczących kuchenek będących w użytkowaniu [5, 8].

Alhekail w swoich badaniach zmierzył w otoczeniu 106 kuchenek mikrofalowych stosowanych w gospodarstwach domowych (26) oraz restauracjach (80) następujące wartości gęstości mocy (w odległości 5 cm od obudowy urządzenia): w odniesieniu do mniej niż 1% powyżej 50 W/m^2 (tj. powyżej 137 V/m), a w otoczeniu 14% urządzeń powyżej 10 W/m^2 (tj. powyżej $61,4 \text{ V/m}$), [9]. Analiza statystyczna wykazała, że wartość średniej gęstości mocy w przypadku kuchenek użytkowanych w restauracjach wynosiła $5,09 \text{ W/m}^2$, podczas gdy w odniesieniu do kuchenek stosowanych w gospodarstwach domowych – tylko $0,98 \text{ W/m}^2$. Przyczyną tak wysokich różnic były uszkodzenia drzwiczek oraz zanieczyszczenie tłuszczem uszczelek drzwiowych, co obserwowano znacznie częściej przy kuchenkach użytkowanych w gastronomii [9].

W badaniach przeprowadzonych przez Lahham i Sharabati w odniesieniu do 117 kuchenek mikrofalowych stosowanych w gospodarstwach domowych oraz w restauracjach, stwierdzono,

⁴ Impedancja (z łac. przeszkoda) – jest to wielkość, która charakteryzuje zależność między natężeniem prądu i napięciem w obwodach prądu zmiennego. Jest uogólnieniem oporu elektrycznego, charakteryzującego tę zależność w obwodach prądu stałego.

że w odległości 1 m od badanych urządzeń, wartości gęstości mocy zawierały się w przedziale od $0,0043$ do $0,164 \text{ W/m}^2$ (tj. do $7,9 \text{ V/m}$) [10] i w żadnym przypadku nie przekraczały wartości 10 W/m^2 , przyjętej jako dopuszczalną dla populacji według przepisów ICNIRP [7] oraz rekomendacji Rady UE [11]. Krajowe przepisy są tu bardziej rygorystyczne: w przypadku ekspozycji zawodowej dopuszczają w tym zakresie częstotliwości 20 - 240 V/m (tj. $1,1 - 9,5 \text{ W/m}^2$) w odniesieniu do narażenia kontrolowanego, a dla ludności – 7 V/m (tj. ok. $0,1 \text{ W/m}^2$) [12, 13]. W badaniach krajowych przeprowadzonych w 25 punktach gastronomicznych w otoczeniu 28 kuchenek mikrofalowych (14 typów) stwierdzono, że w odległości 5 cm od ich powierzchni zmierzone wartości gęstości mocy wynosiły od 0,4 do 5 W/m^2 ($12,3 - 43,4 \text{ V/m}$), przy czym najwyższe zmierzone wartości dotyczyły nieco powyżej 7% badanych urządzeń [14]. Zasięg obszaru o wartościach przekraczających $0,1 \text{ W/m}^2$ (wartość graniczna strefy bezpiecznej według obowiązujących wówczas przepisów w środowisku pracy [15]) wynosił $0,3 - 0,6 \text{ m}$ w odniesieniu do 61% badanych urządzeń, a w stosunku do 14,3% przekraczał odległość 1 - $1,5 \text{ m}$. Na przestrzeni lat 1972-2016, wartość dopuszczalna gęstości mocy nie zmieniła się w przepisach krajowych obowiązujących w odniesieniu do populacji. W 2003 r. wprowadzono również możliwość oceny poziomu natężenia pola-E w V/m , przyjmując za wartość dopuszczalną 7 V/m [13].

Kuchenki mikrofalowe jako źródło promieniowania mikrofalowego

W kuchenkach mikrofalowych źródłem silnego PMF o częstotliwości 2450 MHz jest lampa typu magnetron (podobna do stosowanych w radarach), z której bezpośrednio lub za pomocą specjalnego elementu mikrofalowego (falowód, antena tubowa) promieniowanie jest doprowadzane do metalowej wnęki kuchenki, zwanej komorą grzejną. Na skutek zjawiska wielokrotnego odbicia fali elektromagnetycznej od metalowych ścianek tej wnęki, uzyskuje się duże wartości energii pola-EM, która absorbowana przez żywność zamienia się w niej na ciepło i ją ogrzewa. W celu redukcji nierównomiernego nagrzewania na skutek występowania stałego rozkładu energii tego pola w komorze grzejnej kuchenki, potrawy umieszcza się na obrotowym talerzu, względnie stosuje się metalowe mieszadła. Cała kuchenska mikrofalowa jest ekranowana elektrycznie, ponadto wziernik w jej drzwiach zabezpieczony jest za pomocą szybki z napyłoną metalową siatką ekranującą, a krawędzie drzwi wyłożone są materiałem pochłaniającym mikrofałe (tzw. uszczelkami). Przypadkowe otwarcie drzwi kuchenki podczas obróbki termicznej żywności uniemożliwiają blokady drzwiowe.

Moc wytwarzanego promieniowania (zwana mocą wyjściową) w przypadku kuchenek mikrofalowych stosowanych w gospodarstwach domowych wynosi od 600 do 2100 W. Moce

wyjściowe profesjonalnych urządzeń są wyższe i sięgają aż 4960 W, czyli prawie 5 kW!

Fakt występowania we wnęce/komorze grzejnej kuchenki silnego pola-EM pozwala założyć możliwość wystąpienia jego „wycieku” na zewnątrz obudowy kuchenki, tj. w jej bezpośrednim otoczeniu. Najczęstszą przyczyną „wycieku” są: szczeliny w metalowej obudowie kuchenki, nieszczelne lub uszkodzone drzwi czy nieszczelność szyby ekranującej we wzierniku do komory kuchenki. Brak konserwacji, niedbałe użytkowanie (zanieczyszczone tłuszczem elementy kuchenki), bądź uszkodzenia mechaniczne drzwi, mogą być przyczyną pogorszenia skuteczności ekranowania pola-EM przez wymienione elementy. Z analizy parametrów technicznych i sposobu eksploatacji kuchenki mikrofalowej wynika więc, że należy ona do urządzeń będących źródłem pola-EM, w otoczeniu którego poziom natężenia/gęstości mocy należy kontrolować.

Z uwagi na miejsce użytkowania, kuchenki mikrofalowe z jednej strony zalicza się do urządzeń AGD, a z drugiej – do urządzeń stosowanych profesjonalnie w gastronomii, mimo że same kuchenki mogą nie być urządzeniem w wersji profesjonalnej. Z obserwacji wynika, że małe punkty gastronomiczne (w tym mobilne) stosują te same kuchenki mikrofalowe, co gospodarstwa domowe, tylko ich liczba może być w jednym miejscu (pomieszczeniu) większa niż 1. Cytowane we wstępie dane, dotyczące zmierzonych wartości gęstości mocy PMF, wskazują, że wg kryteriów krajowych przepisów istnieje możliwość narażenia pracowników gastronomii i serwisów na pole-EM stref ochronnych podczas użytkowania oraz serwisowania kuchenek mikrofalowych. Z uwagi na znacząco niższe wartości dopuszczalne dla ludności w krajowych przepisach możliwe jest występowanie niepożądanego ekspozycji od urządzeń AGD [13]. Tego aspektu nie reguluje obowiązujące rozporządzenie ministra środowiska.

Bezpieczeństwo użytkowania kuchenek mikrofalowych i kontrola poziomu niepożądanego promieniowania

W praktyce wszystkie urządzenia dopuszczone do sprzedaży muszą spełniać określone standardy emisji promieniowania elektromagnetycznego. W Polsce w przypadku ekspozycji zawodowej obowiązują nawet bardziej rygorystyczne niż międzynarodowe limity, dotyczące poziomów natężenia pola-EM, podane w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej [12]. Ten akt prawny wprowadza limity narażenia na pole-EM: IPN_{og-E} – odnoszące się do limitów operacyjnych górnych, określających górny limit pola-EM strefy zagrożenia – tu w odniesieniu do częstotliwości pracy kuchenki mikrofalowej ($f = 2450$ MHz) – na poziomie 240 V/m (tj. $152,8$ W/m²); IPN_{od-E} poziom natężenia pola E określający dolny limit pola-EM strefy zagrożenia, tj. 20 V/m (tj. $1,1$ W/m²) oraz IPN_{og-E} poziom natężenia pola-E określający dolny limit pola-E strefy pośredniej – 7 V/m (tj. $0,1$ W/m²).

Tabela 1. Dopuszczalne wartości gęstości mocy (S) i odpowiadające im natężenie pola elektrycznego (E) dla częstotliwości 2450 MHz (według wybranych norm, wytycznych i rozporządzeń)

Table 1. Admissible levels of the power density (S) and corresponding electrical field strength (E) for frequency 2450 MHz (according to selected standards, guidelines and regulations)

Źródło informacji/kraj	Gęstość mocy S [W/m ²]	Natężenie pola elektrycznego E [V/m]
PN-EN 60335 dotyczy urządzeń kuchenek mikrofalowych/Polska i inne kraje UE, [6]	50	137
ICNIRP dotyczy ogółu ludności/wytyczne międzynarodowe, [7]	10	61
ICNIRP dotyczy ekspozycji zawodowej/wytyczne międzynarodowe, [7]	50	137
FDA (21CFR1030.10 (2016) dotyczy urządzeń kuchenek mikrofalowych przed sprzedażą/USA, [5]	10	61
FDA (21CFR1030.10 (2016) dotyczy urządzeń kuchenek mikrofalowych w użytkowaniu/USA, [5]	50	137
Rozporządzenie MRPiPS (2016) dotyczy ekspozycji zawodowej/Polska, [16]	-	7*/20**/240***
Rozporządzenie MŚ (2003), dotyczy ogółu ludności/Polska, [18]	0,1	7

* przestrzeń pola-EM strefy pośredniej (IPN_{og-E} – pomocniczy limit)

** przestrzeń pola-EM strefy zagrożenia (IPN_{od-E} – dolny limit operacyjny)

*** przestrzeń pola-EM strefy zagrożenia (IPN_{og-E} – górny limit operacyjny)

Tabela 2. Wartości natężenia pola-E i odpowiadające im gęstości mocy w funkcji odległości od obudowy kuchenki mikrofalowej pracującej z mocą wyjściową 650 W

Table 2. Electrical field strength (E) and corresponding power density levels as a function of the distance from microwave oven front panel (operating power 650 W)

Odległość od urządzenia [m]	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	1	1,5
Natężenie pola elektrycznego [V/m]	19,0	12,0	8,0	6,7	3,7	2,9	2,3	1,4
Gęstość mocy [W/m ²]	0,96	0,38	0,17	0,118	0,036	0,022	0,014	0,005

Zgodnie z nowymi przepisami użytkownik (pracodawca) ma obowiązek rozpoznać i ocenić zagrożenie elektromagnetyczne w przestrzeni pracy, w ustalonych okresach czasu, nie rzadziej niż co 4 lata [16]. Natomiast dla polskiej populacji obowiązują limity podane w rozporządzeniu Ministra Środowiska [13]. Wymagania tego rozporządzenia dotyczą jednak tylko zewnętrznych urządzeń, tj. instalacji i systemów wytwarzających pola-EM w środowisku ogólnym (np. stacje radiowe i telewizyjne, stacje bazowe telefonii komórkowej). Wartości graniczne w odniesieniu do częstotliwości 2450 MHz, która jest stosowana w kuchenkach mikrofalowych, w przepisach „środowiskowych” ustalono na poziomie $0,1$ W/m² lub 7 V/m. Limit ten jest bardziej rygorystyczny w porównaniu z wartościami zalecanymi przez ICNIRP i inne standardy międzynarodowe, których wymogi zestawiono w tabeli 1.

Obecnie poziom emisji pola elektromagnetycznego w otoczeniu kuchenek mikrofalowych, użytkowanych w gastronomii i w serwisach, nie jest w naszym kraju kontrolowany. Nie jest on również kontrolowany po naprawach kuchenek użytkowanych w gospodarstwach domowych. W przypadku użytkowania kuchenek mikrofalowych w biurach, sklepach czy hotelach znajduje zastosowanie § 5, ust. 2 rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, zgodnie z którym pracodawca nie rozpatruje pola-EM jako czynnika szkodliwego dla zdrowia w przestrzeni pracy, jeżeli udokumentuje, że występuje w tej przestrzeni pole-EM strefy bezpiecznej. W szczególności dotyczy to pola-EM emitowanego przez elektryczny sprzęt powszechnego użytku [16], przeznaczony do użytkowania w gospodarstwach domowych, lub w warunkach podobnych. Mając na uwa-

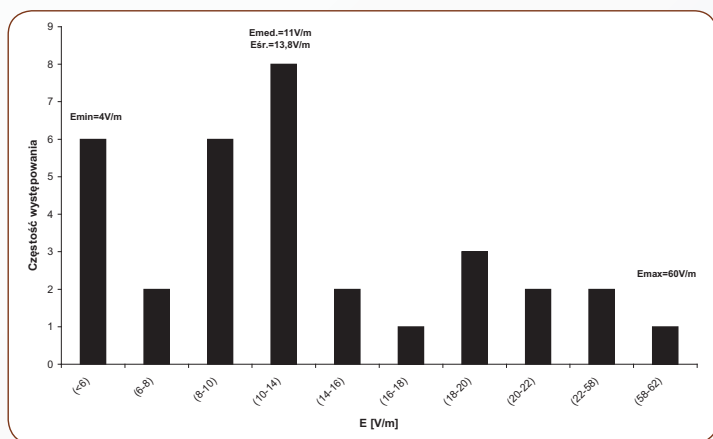
dze ochronę kobiet w ciąży należy pamiętać, że mogą one przebywać w polu-EM, którego poziom natężenia odpowiada obszarowi spoza stref ochronnych, tj. strefie bezpiecznej. W analizowanym przypadku limit ten wynosi 7 V/m, tj. $0,1$ W/m² [17].

Kuchenki mikrofalowe w badaniach Instytutu Medycyny Pracy

Badania w gospodarstwach domowych

W latach 2012-2016 IMP przeprowadził badania i pomiary w otoczeniu różnych typów kuchenek mikrofalowych stosowanych w 33 gospodarstwach domowych. Jako obciążenie testowe w komorze grzejnej kuchenki umieszczano pojemnik szklany z $0,275$ l czystej wody przy najczęściej stosowanej nastawie mocy wyjściowej urządzenia. Pomiary składowej elektrycznej (pole-E) pola-EM rozpoczynano od minimalnej odległości od obudowy kuchenki, wynoszącej tu $0,05$ m – zgodnie z przepisami polskiej normy PN-EN 60335 oraz instrukcją zastosowanej sondy pomiarowej [6]. Do pomiarów zastosowano szerokopasmowy miernik wyposażony w sondę pomiarową EF 1891. Miernik ten pozwala na pomiar natężenia pola-E od $0,6$ do 1000 V/m w zakresie częstotliwości od 3 do 18 GHz. W tym zakresie względna niepewność rozszerzona, obliczona ze współczynnikiem rozszerzenia 2 (przy prawdopodobieństwie rozszerzenia ok. 95%) wymienionego zestawu pomiarowego wynosi $30,4\%$.

Najwyższe zmierzone, punktowe wartości natężenia pola-E w otoczeniu 33 zbadanych kuchenek mikrofalowych zawierały się w przedziale od 4 do 60 V/m ($0,04$ do $9,55$ W/m²) w odległości $0,05$ m. Najwięcej kuchenek mikrofalowych



Rys. 1. Zmienność wartości natężenia pola-E w otoczeniu 33 kuchenek mikrofalowych użytkowanych w gospodarstwach domowych

Fig. 1. Variability of the electrical field strength (E) around 33 microwave ovens used in household

(42%) emitowało niepożądane pole-E o wartościach natężenia pola-E w przedziale 9 - 14 V/m (0,21-0,52 W/m²). Uwzględniając lokalizację występowania pola-E o najwyższych wartościach natężenia, potwierdzono fakt, że przyczyną jest brak szczelności elektrycznej i mechanicznej w drzwiach kuchenek oraz wziernikach z szybą ekranującą.

Na rys. 1. zestawiono uzyskane wyniki pomiarów poziomów pola-E w umownej odległości testowej od badanych urządzeń.

W otoczeniu 81% badanych kuchenek przekroczone był limit 7 V/m (0,1 W/m²) przyjęty w przepisach krajowych dla ogółu ludności. Natomiast według ICNIRP uzyskane wartości są bliskie wartości normatywnej 61 V/m (10 W/m²) tylko w przypadku jednego urządzenia, a w odniesieniu do pozostałych – co najmniej 6,5-krotnie od niej niższe.

Mając na uwadze fakt, że intensywność pola-EM maleje szybko wraz z odległością od źródła, co ilustruje tabela 2., wartości natężenia pola-E/gęstości mocy w obszarze przebywania użytkownika urządzenia będą dużo niższe.

Analiza wyników pomiarów wykonanych w miejscu najczęstszego przebywania użytkownika po włączeniu kuchenki mikrofalowej wykazała, że zmierzone wartości natężenia pola-E wynosiły od 0,61-6 V/m (0,001 - 0,096 W/m²; wartość średnia 2,9V/m, tj. 0,022W/m², mediana 2,1V/m tj. 0,012 W/m²). W żadnym badanym przypadku nie został przekroczony poziom dopuszczalny 7V/m lub 0,1W/m² – według krajowych przepisów dla ogółu ludności.

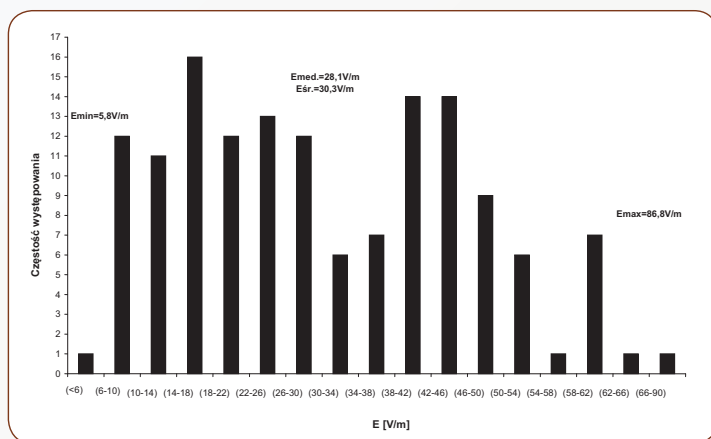
Badania w zakładach gastronomicznych

Ocena poziomu gęstości mocy w otoczeniu kuchenek mikrofalowych stosowanych w zakładach gastronomicznych (tego samego rodzaju, co w gospodarstwach domowych) wykonano na podstawie danych dostępnych w Bazie Danych PEM, którą z upoważnienia Głównego Inspektora Sanitarnego do 2008 r. prowadził IMP w Łodzi przy współpracy z wojewódzkimi stacjami sanitarno-epidemiologicznymi [14], a także ar-

chiwalnych danych z pomiarów wykonywanych przez Instytut w Łodzi [18-20].

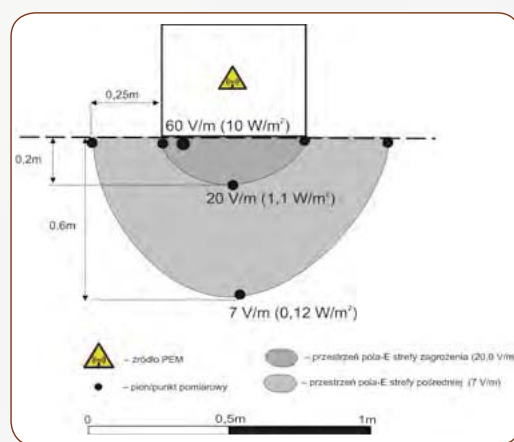
Analiza statystyczna danych dotyczących 143 urządzeń wykazała, że najwyższe wartości natężenia pola-E (gęstości mocy) wynosiły: od 5,8 do 86,8 V/m (0,09 do 20 W/m²), wartość średnia: 30,3 V/m (2,44 W/m²), a mediana: 28,1 V/m (2,1 W/m²). Najwięcej „gastronomicznych” kuchenek mikrofalowych emitowało w swoim otoczeniu PMF o natężeniu pola-E (gęstości mocy) w przedziale 14-18V/m (0,52-0,86 W/m²), co przedstawiono na rys. 2. Tylko w otoczeniu 3% badanych kuchenek mikrofalowych zmierzone wartości natężenia pola-E nie przekraczały wartości 6,67 V/m (0,12 W/m²), obowiązującej jako wartość graniczna strefy bezpiecznej w środowisku pracy wg przepisów krajowych obowiązujących w latach 1995-2002 i 2002-2016 [15,19] – obecnie 7 V/m [12]. W otoczeniu 99% kuchenek mikrofalowych występowała strefa pośrednia, której zasięg wynosił do 1,3 m. Stwierdzono również występowanie strefy zagrożenia, natomiast strefa niebezpieczna nie występowała [18]. Przywołanie obowiązujących do 2002 r. przepisów obowiązujących w środowisku pracy ma znaczenie przy analizie archiwalnych danych w odniesieniu do kuchenek mikrofalowych stosowanych w gastronomii, gdyż wartość graniczna dla strefy pośredniej i zagrożenia została blisko dwukrotnie obniżona (z 2 W/m² do 2002 r. do 1,1W/m² od 2002 r.).

W żadnym przypadku nie stwierdzono przekroczenia wartości 137 V/m (50 W/m²) wg zaleceń ICNIRP [7] w odniesieniu do ekspozycji zawodowej, natomiast w otoczeniu 5% ba-



Rys. 2. Zmienność wartości natężenia pola-E w otoczeniu 143 kuchenek mikrofalowych stosowanych w zakładach gastronomicznych

Fig. 2. Variability of the electrical field strength (E) around 143 microwave ovens used in gastronomy



Rys. 3. Rozmieszczenie pionów/punktów pomiarowych i pola-EM stref ochronnych w otoczeniu kuchenki mikrofalowej typ Koenic KMW 255 w zabudowie meblowej

Fig. 3. Locations of measurement points and protective zones around KOENIC KMW 255 microwave oven embedded in furniture construction

danych kuchenek mikrofalowych stwierdzono przekroczenie wartości 61 V/m (10 W/m²), obowiązującej w wymaganiach standardu emisji w przepisach amerykańskich FDA [5]. Według dawnych i aktualnych przepisów krajowych jest to obszar pola strefy zagrożenia.

Przykładowy rozkład stref ochronnych według składowej E przedstawiono na rys. 3.

Porównanie uzyskanych wyników badań dotyczących kuchenek mikrofalowych stosowanych w gospodarstwach domowych i w gastronomii wykazało, że w otoczeniu kuchenek mikrofalowych stosowanych w gastronomii wartości natężenia pola-EM były wyższe (tabela 3.)

Tabela 3. Analiza statystyczna wyników pomiarów natężenia pola-E z zakresu PMF w otoczeniu kuchenek mikrofalowych stosowanych w gospodarstwach domowych i w gastronomii (w minimalnej odległości 5 cm od obudowy)

Table 3. Statistical analysis of electrical field strength (E) measurements results in vicinity of microwave ovens used in households and in gastronomy (minimum distance from front panel 5 cm)

Liczba zbadanych kuchenek mikrofalowych	Miejsce użytkownika	Wartość natężenia pola-E [V/m]			
		minimalna	maksymalna	średnia	mediana
143	gastronomia	5,8	86,8	34,4	28,1
33	gospodarstwa domowe	3,9	60,0	17,0	11,0

Przyczyny takiego stanu są oczywiste. Wszystkie niewralgiczne miejsca „wycieku” PMF, a więc drzwi kuchenki (zawiasy i zamki) na skutek długiego ich używania zostają poluzowane, uszczelki ze stali sprężynującej czy specjalnej gumy z materiałem ekranującym tracą swoją elastyczność i sprężystość, obniżając skuteczność ekranowania, a tym samym zwiększając ryzyko wzrostu poziomu emitowanego promieniowania w otoczeniu urządzenia, nie wspominając o zaniedbaniach związanych z utrzymaniem ich w czystości (szczególnie zanieczyszczenie uszczelki warstwą tłuszczu).

Należy też wziąć pod uwagę możliwość użytkowania kilku kuchenek umieszczonych na niewielkiej powierzchni mobilnego punktu gastronomicznego i tym samym wzrostu ryzyka narażenia pracowników gastronomii na pole-EM o nierozpoznanym poziomie natężenia/gęstości mocy w przestrzeni ich pracy. W sezonie turystycznym również rośnie wartość parametru ekspozycji, którym jest czas przebywania w polu-EM. Podjęcie odpowiednich działań w celu rozpoznania takich miejsc pracy i zastosowanie środków ochronnych, zmierzających do wyeliminowania lub ograniczenia emisji ze źródła pola-EM zgodnie z wymogami obowiązujących zapisów prawa pracy wydaje się uzasadnione.

Podsumowanie

Kuchenki mikrofalowe – z racji parametrów technicznych (częstotliwość z zakresu PMF, wysoka moc generatora – magnetronu) i sposobów użytkowania (grzanie potraw), należą do obiektów technicznych mogących potencjalnie emitować pole-EM o wartościach mających wpływ na bhp w gastronomii. Przedstawione w artykule dane o poziomach tego pola wskazują, że należy przedsięwziąć stosowne działania ochronne.

Opisany stan prawny dotyczy limitów emisji PMF przez kuchenki mikrofalowe i obowiązuje ich producentów. Limity emisji są tak ustalone, aby spełnione były limity ekspozycji człowieka na PMF (tu rekomendacje ICNIRP). Ze względu jednak na zużycie elementów zabezpieczających w trakcie użytkowania kuchenek, w różnych krajach (USA, Australia, Wielka Brytania i in.) istnieją systemy tych urządzeń, w tym również stosowanych w gospodarstwach domowych. Do tego celu znane firmy skonstruowały specjalne zestawy aparatury pomiarowej oraz wskaźniki promieniowania.

Coraz częściej jednak odstępuje się od rygorystycznego kontrolowania, motywując to wysokim poziomem technicznych rozwiązań nowoczesnych kuchenek mikrofalowych pod względem ich bezpieczeństwa, niską „wykrywalnością” przekraczania wartości normatywnych, a przy tym wysokimi kosztami takich pomiarów.

Sytuacja w Polsce jest bardziej skomplikowana z uwagi na rygorystyczne przepisy odnośnie do limitów narażenia w środowisku kontrolowanym, jakim jest środowisko pracy (faktycznie w przypadku gastronomii niekontrolowanym). Wynika ona też z braku świadomości pracodawców

(a więc i pracowników) i zaniedbań służb sprawujących nadzór nad warunkami pracy: specjalistów ds. bhp, inspekcji sanitarnej czy inspekcji pracy. Analiza statystyczna wyników pomiarów natężenia pola-EM w otoczeniu kuchenek mikrofalowych wykazała, że poziom emisji tego pola, wyrażony wartością średnią, jest dwukrotnie wyższy w zakładach gastronomicznych w porównaniu z gospodarstwami domowymi. Stanowi to merytoryczne uzasadnienie do objęcia kuchenek mikrofalowych w zakładach gastronomicznych kontrolą poziomów emisji pola-EM.

Wydaje się, że wprowadzenie odpowiednich działań organizacyjnych w ramach środków ochronnych, na co kładzie silny nacisk nowe rozporządzenie, powinno skutecznie rozwiązać problem zatrudnionych w gastronomii. W odniesieniu do bezpieczeństwa użytkowników kuchenek mikrofalowych, wydaje się, że wyposażenie przez producentów serwisów firmowych w mierniki/wskaźniki promieniowania mikrofalowego w celu kontroli poziomu tego promieniowania po wszelkich naprawach i konserwacjach kuchenek, będzie pełniło ważną rolę w ochronie człowieka przed niepożądaną ekspozycją na pole-EM.

Najprostszym sposobem ograniczania poziomu narażenia lub zagrożeń wynikających z możliwości silnej emisji PMF w otoczeniu kuchenki mikrofalowej, jest przestrzeganie informacji zawartych w instrukcji dotyczącej jej bezpiecznego użytkowania oraz udokumentowanych informacji o poziomach narażenia na przykład w dostępnych publikacjach naukowych. W celu uniknięcia narażenia na ewentualne działanie energii promieniowania mikrofalowego, osoby korzystające z kuchenki mikrofalowej powinny: 1) zwracać uwagę na jej stan techniczny; sprawdzać, czy nie ma uszkodzeń w drzwiach lub zawiasach drzwiowych kuchenek, 2) nie uruchamiać kuchenki z otwartymi drzwiami, gdyż może to spowodować narażenie na energię promieniowania mikrofal, 3) nie umieszczać żadnych przedmiotów między czółową powierzchnią kuchenki a drzwiczkami ani nie dopuszczać, aby brud, lub resztki środka czyszczącego zbierały się na powierzchniach uszczelniających, 4) nie wyłączać blokady zabezpieczających ani nie manipulować przy nich, 5) nie uruchamiać kuchenki, jeżeli jest ona uszkodzona, 6) powierzać regulację i wszelkie naprawy kuchenki wyłącznie odpowiednio wykwalifikowanemu personelowi serwisowemu producenta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aniołczyk H. *Kuchenki mikrofalowe – problem oceny higienicznej*. „Aura” 1991, 9: 22-23
- [2] Mariańska M., Aniołczyk H., Mamrot P. *Urządzenia nowych technologii w życiu mieszkańca wielkiego miasta*. „Przegląd Telekomunikacyjny – Wiadomości Telekomunikacyjne” 2015, 4, 515-518
- [3] Electromagnetic Fields (EMF), Electromagnetic field and public health: Microwave ovens. WHO Information Sheet, February 2005
- [4] Radiation Emitting Devices Regulations – C.R.C., c. 1370, Canada [Health Canada] 2015
- [5] United States Food and Drug Administration's Center for Devices and Radiological Health, Microwave Oven Safety Standard (21CFR 1030.10)

[6] PN-EN 60335-2-25:2012 – wersja angielska – Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego. – Bezpieczeństwo użytkownika – Część 2-25: Wymagania szczegółowe dotyczące kuchenek mikrofalowych oraz kuchenek mikrofalowych kombinowanych. Norma zharmonizowana na podstawie dyrektywy 2006/95/WE w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia

[7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. „Health Phys.” 1998, 74, 4:494-522

[8] Thansandote A., Lecuyer D., Gajde G., *Radiation Leakage of Before-Sale and Used Microwave Ovens*. „Microwave World” 2000, 21, 1: 4-8

[9] Alhekal Z.O. *Electromagnetic radiation from microwave ovens*. „J. Radiol. Prot.” 2001, 21, 3:251-258

[10] Lahham A., Sharabati A. *Radiofrequency radiation leakage from microwave ovens*. „Radiat. Prot. Dosimetry” 2013, 157, 4:488-490

[11] Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) 1999/519/EC

[12] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 czerwca 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2016, poz. 952

[13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. Dz.U. 2003, Nr 192, poz. 1883

[14] Baranowski J. Ocena stanu bezpieczeństwa pracy przy stosowaniu kuchni mikrofalowych w punktach gastronomicznych. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Tarnobrzegu, 1993 (raport niepublikowany)

[15] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym Dz.U. 1972, Nr 21, poz.153

[16] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne. Dz.U. 2016, poz. 950

[17] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom. Dz.U. 2002, nr 127, poz. 1092

[18] Prowadzenie Centralnego Rejestru Źródeł Emisji Pól Elektromagnetycznych dla celów higieniczno-sanitarnych. Centralny System Informatyczny Kontroli Źródeł Pól Elektromagnetycznych (Baza danych o źródłach PEM). Sprawozdanie z realizacji tematu nr IMP-1/02, Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2002

[19] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik nr 2, Część E. Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz-300 GHz

[20] *Ekspertyzy, orzeczenia, protokoły i sprawozdania z pomiarów pola elektromagnetycznego dla celów bezpieczeństwa i higieny pracy opracowane w ramach usług naukowo-badawczych (materiały niepublikowane)*. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1995-2013

Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP/18.8/2012-2014) „Ekspozycja współczesnego człowieka na pola elektromagnetyczne”.