

Halina Aniołczyk

## KONCEPCJA POLSKICH PRZEPISÓW O NDN 2001 W POLACH ELEKTROMAGNETYCZNYCH WIELKICH CZĘSTOTLIWOŚCI A REKOMENDACJE UNII EUROPEJSKIEJ

POLISH GUIDELINES CONCEPTION 2001 FOR MAXIMUM ADMISSIBLE INTENSITIES IN HIGH FREQUENCY EMF VERSUS EU RECOMMENDATIONS

Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

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

Kierownik zakładu: prof. dr hab. M. Śliwińska Kowalska

**STRESZCZENIE** Projekt nowelizacji najwyższych dopuszczalnych nateżeń (NDN) dla pól elektromagnetycznych (PEM) zakresu 0 Hz–300 GHz został przygotowany w 1999 r. pod kierunkiem prof. H. Korniewicza z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Warszawie przy udziale Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi (radio- i mikrofałe) oraz Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii w Warszawie (promieniowanie impulsowe). Istniejące do 2000 r. krajowe przepisy o NDN dla zakresu częstotliwości 0,1 MHz–300 GHz tworzone były na podstawie wiedzy o efektach biologicznych i skutkach zdrowotnych ekspozycji na PEM z przełomu lat 60. i 70. Aktualnie podstawą ustaleń NDN w normach międzynarodowych jest dobrze udokumentowany efekt termiczny, którego miarą jest wielkość SAR (tempo absorpcji dawki), a efekty rezonansowej absorpcji narzuciły charakter zależności funkcyjnej od częstotliwości PEM. Standardy obowiązujące w Rosji, poddane wnikliwej analizie, nadal utrzymują za podstawę NDN tzw. efekty nietermiczne i koncepcję obciążenia energetycznego za okres zmiany roboczej, z postępującym jego uśrednianiem (patrz strefa zagrożenia w przepisach polskich). WHO zaleca zharmonizowanie istniejących w różnych krajach przepisów stosowanych w ochronie przed PEM z wytycznymi Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (ICNIRP). Stanowisko WHO popiera Unia Europejska (UE). Med. Pr. 2003; 54 (2): 181–187

**SŁOWA KLUCZOWE:** limity ekspozycji, radiofałe, mikrofałe, strefy ochronne

**ABSTRACT** In 1999, a draft of amendments to maximum admissible intensities (MAI) of electromagnetic fields (0 Hz–300 GHz) was prepared by Professor H. Korniewicz of the Central Institute for Labour Protection, Warsaw, in cooperation with the Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź (radio- and microwaves) and the Military Institute of Hygiene and Epidemiology, Warsaw (pulse radiation). Before 2000, the development of the national MAI guidelines for the frequency range of 0.1 MHz–300 GHz was based on the knowledge of biological and health effects of EMF exposure available on the turn of the 1960s. A current basis for establishing the MAI international standards is a well-documented thermal effect measured by the value of a specific absorption rate (SAR), whereas the effects of resonant absorption imposes the nature of the functional dependency on EMF frequency. The Russian standards, already thoroughly analyzed, still take so-called non-thermal effects and the conception of energetic load for a work-shift with its progressive averaging (see hazardous zone in Polish guidelines) as a basis for setting maximum admissible intensities. The World Health Organization recommends a harmonization of the EMF protection guidelines, existing in different countries, with the guidelines of the International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), and its position is supported by the European Union. Med Pr 2003; 54 (2): 181–187

**KEY WORDS:** exposure limits, radiowave, microwave, safety zones

Nadesłano: 3.02.2003

Zatwierdzono: 10.03.2003

Adres autorki: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: h\_aniol@imp.lodz.pl

### WSTĘP

W Polsce przepisy higieniczne w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne (PEM) wielkiej częstotliwości (w.cz.) obowiązujące do 2001 r. wyróżniały zakres radiofalowy, obejmujący częstotliwości od 0,1 MHz do 300 MHz i zakres mikrofalowy, obejmujący częstotliwości od 300 MHz do 300 000 MHz. W lipcu 2001 r. zostały wprowadzone do stosowania nowe przepisy, dotyczące ekspozycji zawodowej na pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz–300 GHz. Dopuszczalne limity ekspozycji zawodowej na PEM opublikowane zostały w randze Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej i obowiązują na terenie całego kraju (1,2).

Polska należy do tych państw europejskich, które mają najstarsze tradycje w zakresie ochrony przed PEM w środowisku pracy. Pierwsze przepisy zostały wprowadzone do stosowania w 1961 r. dla zakresu mikrofalowego i były one adaptacją przepisów obowiązujących w b. ZSRR. Od 1972 r. Polska wprowadzała sukcesywnie własne przepisy krajowe, najpierw dla zakresu mikrofalowego (1972), a następnie dla zakresu radiofalowego (1977), które limitowały ekspozycję na PEM w środowisku pracy. W 1980 r. zostały po raz pierwszy wprowadzone limity ekspozycji dla populacji generalnej, w których poza zakresem radio- i mikrofalowym (0,1 MHz–300 GHz) wprowadzono ograniczenia dla częstotliwości 50 Hz, mając na uwadze przede wszystkim urządzenia elektroenergetyczne i linie przesyłowe. W środowisku pracy zakres 50 Hz oraz 1–100 kHz został unormowany dopiero w latach 90., ale tylko dla składowej magnetycznej. W 1998 r. zmieniono przepisy regulujące ekspozycję na PEM dla populacji generalnej. Nadal poza ww. regulacją pozostawały zakresy częstotliwości: od 0 Hz

\* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 18.8. pt. „Ocena porównawcza wyników badań ekspozycji zawodowej na pole elektromagnetyczne zakresu 0 Hz–300 GHz po wprowadzeniu nowych przepisów o NDN – z wytycznymi WHO i Unii Europejskiej”. Kierownik zadania: dr H. Aniołczyk.



do 50 Hz, >50 Hz-1 kHz a dla zakresów częstotliwości 50 Hz i 1-100 kHz brak było takiej regulacji dla składowej elektrycznej. Opublikowane w styczniu 2001 r. rozporządzenie ministra pracy uregulowało limity ekspozycji na PEM w środowisku pracy w całym zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Nowe przepisy zostały zweryfikowane na podstawie przeprowadzonych analiz światowego piśmiennictwa w zakresie skutków biologicznych i skutków zdrowotnych ekspozycji na PEM a także badań własnych realizowanych przez krajowe instytuty naukowo-badawcze, takie jak: Instytut Medycyny Pracy w Łodzi, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii w Warszawie oraz Centralny Instytut Ochrony Pracy w Warszawie. Dokumentacja znowelizowanych wartości dopuszczalnej ekspozycji zawodowej na PEM została opublikowana w kwartalniku wydawanym przez Międzyresortową Komisję do Spraw Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynn timerów Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy pt. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy (3).

Za podstawę limitów ekspozycji przyjęto jako kryterium tzw. skutki biologiczne. Nie ma dotychczas jednolitego stanowiska w świecie naukowym w kwestii określenia bezpiecznego dla ludzi poziomu ekspozycji na PEM (a dyskusje przyjmują bardziej charakter polityczny niż naukowy).

Wobec niestabilizowanej sytuacji w Europie jak i na świecie odnośnie zasad normowania PEM dla celów ochrony ludzi w środowisku pracy oraz w środowisku komunalnym, brak jest podstaw do przeniesienia wprost do przepisów krajowych, zalecanych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO - World Health Organization) (4) wytycznych Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (International Committee on Non Ionising Radiation Protection) znanych jako „Wytyczne ICNIRP”. W zaleceniach ICNIRP (5), za kryterium limitów ekspozycji na PEM przyjęto efekty prądowe i skutki termiczne ekspozycji na PEM (podstawy filozoficzne pochodzą jeszcze z lat 50., opartych na pracach Schwana i pierwszym normatywie wprowadzonym w USA, uwzględniającym tylko efekty termiczne oddziaływania PEM z obiektami biologicznymi) (6). Odmienna filozofia dotycząca ustalania normatywów higienicznych istniała i istnieje nadal w krajach Europy Środkowo-Wschodniej i Rosji, gdzie za kryterium wprowadzanych normatywów przyjęto kwestionowane za „nieracjonalne” (według opinii krajów Zachodu i USA) - efekty nietermiczne oddziaływania PEM z obiektami biologicznymi - z braku przekonujących i dobrze udokumentowanych dowodów dotyczących skutków zdrowotnych, będących następstwem takiej ekspozycji na PEM. Podstawy tego podejścia pochodzą również z lat 50., a najważniejsze badania prowadzone były w moskiewskim instytucie pod kierunkiem Z.G. Gordon (7).

Polska intensywnie włączyła się do badań nad ustaleniem podstaw istniejących normatywów na początku lat 60. (8,9,10), a o randze tych działań świadczy zorganizowane w 1973 r., pod Warszawą, międzynarodowe sympozjum nt. „Biologiczne efekty i zagrożenia zdrowia od promieniowa-

nia mikrofalowego”, w którym uczestniczyli wszyscy najwybitniejsi uczeni m. in. z USA, b. ZSRR, Europy Zachodniej i Polski - twórcy podstaw normowania PEM dla celów ochrony ludzi (11). Nieosiągnięte wówczas porozumienie w kwestii podstaw ustalania normatywów skutkuje do dziś.

### **AKTUALNE ZASADY USTALANIA NAJWYŻSZYCH DOPUSZCZALNYCH NATĘŻEŃ PÓL I PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO W POLSCE**

W 1996 r. rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów została powołana Międzyresortowa Komisja ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynn timerów Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (12). W skład ww. Komisji wchodzi przedstawiciele resortów: zdrowia, pracy, przemysłu i ochrony środowiska oraz instytucji naukowych, pracodawców i związków zawodowych. Zadania Międzyresortowej Komisji realizowane są przez dwa zespoły ekspertów: ds. Czynn timerów Chemicznych i ds. Czynn timerów Fizycznych. W Zespole ds. Czynn timerów Fizycznych powołana została Grupa ds. Pól Elektromagnetycznych zajmująca się przygotowaniem propozycji wartości dopuszczalnych natężeń PEM.

W Polsce najwyższe dopuszczalne wartości stężeń (NDS) i najwyższe dopuszczalne wartości natężeń (NDN) czynn timerów szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy są określane w dwóch etapach. W pierwszym etapie, Zespół Ekspertów ds. Czynn timerów Fizycznych dokonuje oceny merytorycznej dokumentacji NDN, opracowanych przez ekspertów Grupy ds. Pól Elektromagnetycznych oraz ustala propozycję wartości NDN, wyłącznie na podstawie ustalonych kryteriów zdrowia i najbardziej aktualnych danych naukowych. Propozycje te, wraz z dokumentacją, są przedstawiane na posiedzeniu Międzyresortowej Komisji ds. NDS/NDN. Następnie w formie wniosku zostają one skierowane do ministra pracy, a po ich zatwierdzeniu są publikowane w Dzienniku Ustaw, w formie rozporządzenia tegoż ministra. Opublikowane wartości stanowią normatywy higieniczne, obowiązujące prawnie na terenie całego państwa. Normatywy te są wykorzystywane przez projektantów nowych lub modernizowanych technologii i wyrobów, a także stanowią kryteria do oceny warunków pracy i prowadzenia działalności profilaktycznej w zakładach pracy.

Przepisy dotyczące ochrony populacji generalnej i środowiska przed PEM regulowane są niezależnie przez ministra ochrony środowiska (13). Dotychczas, dopuszczalne wartości intensywności PEM w środowisku komunalnym były zharmonizowane z wartościami dopuszczalnymi dla ekspozycji zawodowej (za kryterium przyjmowano wartości graniczne ustalone dla strefy bezpiecznej według ustaleń normatywów obowiązujących w środowisku pracy).

Polskie przepisy higieniczne w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających PEM zostały zmienione w 2001 r. (1). W ostatecznym kształcie ukazały się w listopadzie 2002 r. (2). Dokumen-



tacja znowelizowanych wartości dopuszczalnej ekspozycji zawodowej na PEM została opublikowana w kwartalniku Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy Międzyresortowej Komisji do Spraw Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy pt. „Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz–300 GHz”. Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej (3).

### KONCEPCJA POLSKICH PRZEPISÓW O NDN W POLACH ELEKTROMAGNETYCZNYCH WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

Od 1972 r. podstawę ochrony przed PEM w zakresie mikrofalowym, stanowiło Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających PEM w zakresie mikrofalowym (14). Kryterium oceny higienicznej PEM w zakresie mikrofalowym był: rodzaj pola o promieniującego, wartość średniej gęstości strumienia energii i czas przebywania w zasięgu występowania PEM. Założenia do ustalenia dopuszczalnych wartości gęstości strumienia energii opracowane zostały w latach 1968–1970 przez grupę ekspertów, na podstawie: danych literatury światowej nt. efektów biologicznego działania PEM, wyników badań własnych prowadzonych przede wszystkim przez wojskową służbę zdrowia i wojskową służbę ochrony mikrofalowej, normatywów higienicznych opracowanych w innych krajach, ze szczególnym uwzględnieniem norm amerykańskich i radzieckich. Za podstawę przyjęto efekt nietermiczny. Za maksymalną wartość dopuszczalną gęstości strumienia energii przyjęto maksymalną dopuszczalną wartość 100 W/m<sup>2</sup> według standardu USA (ANSI). Wartość ta była utrzymywana na tym poziomie przez ponad 20 lat. Zweryfikowana następnie na podstawie: doświadczeń modelowych, analizy bilansu cieplnego ciała ludzkiego poddanego ekspozycji jednorodnej na PEM, przekrojów skutecznych „człowieka standardowego” na absorpcję PEM oraz analizy parametrów dielektrycznych poszczególnych tkanek i narządów przetrwała do dziś. Podstawę ww. badań stanowiła zasada, że dopuszczalna ekspozycja w polu mikrofalowym nie może powodować przyrostu temperatury ciała i że głównym skutkiem napromieniowywania mikrofal jest efekt termiczny, tzw. kryterium energetyczne (6). W późniejszych pracach koncepcję ustalania limitów ekspozycji oparto na tzw. wartości SAR (tzw. wskaźniku tempa absorpcji energii PEM) (15).

W odniesieniu do wartości granicznej uznanej za bezpieczną, w polskich przepisach przyjęto minimalną wartość dopuszczalną według standardu b. ZSRR, tj. 0,1 W/m<sup>2</sup>. Twórcy normy radzieckiej, przy ustalaniu maksymalnych dopuszczalnych wartości gęstości mocy mikrofal, brali pod uwagę nie tylko ograniczenie efektu termicznego, ale również tzw. efektów nietermicznego oddziaływania PEM (7). W późniejszych pracach ustalili oni, że chroniczne napro-

mieniowywanie zwierząt, przy gęstościach mocy nie dających mierzalnych przyrostów temperatury, wywołuje czynnościowe zmiany w układzie nerwowym i sercowo-naczyniowym, jest to tzw. kryterium biologiczne (16).

Przy badaniu oddziaływania PEM na organizm człowieka, najistotniejszym problemem jest ustalenie progowych wartości gęstości mocy określających nieszkodliwe oddziaływanie PEM. Dotychczas nie ustalono takich wartości w całym zakresie normowanych częstotliwości, tak więc określenie bezpiecznych gęstości mocy, dla całego pasma jest określeniem przybliżonym. Warty podkreślenia jest fakt, że ustalając w 1972 r. dopuszczalne poziomy ekspozycji na promieniowanie mikrofalowe, w normatywach polskich przyjęto oryginalną koncepcję stref ochronnych, która w ocenie higienistów dobrze spełnia swoją rolę w ochronie pracowników przed PEM. Wartość gęstości mocy 0,1 W/m<sup>2</sup> przyjęto w polskich przepisach jako graniczną dla tzw. strefy bezpiecznej i pośredniej natomiast wartość gęstości mocy 100 W/m<sup>2</sup> przyjęto w polskich przepisach jako graniczną dla strefy zagrożenia i niebezpiecznej. Wprowadzenie koncepcji stref ochronnych oparto na gradacji wielkości ekspozycji na PEM z postępującym uśrednianiem „obciążenia energetycznego” dla organizmu pracownika w okresie zmiany roboczej (tu: dopuszczalnego czasu przebywania w PEM o ustalonej wartości gęstości mocy). I tak w strefie ochronnej niebezpiecznej wprowadzono zakaz przebywania bez środków ochrony osobistej, w strefie zagrożenia wprowadzono limitowanie dopuszczalnego czasu przebywania, a w strefie pośredniej dopuszcza się przebywanie w czasie 8 godzinnej zmiany roboczej. W obszarze poza strefami ochronnymi, tzw. strefie bezpiecznej nie ogranicza się czasu przebywania.

Przeprowadzona pod koniec lat 90. nowelizacja polskich przepisów o NDN wprowadzonych rozporządzeniem ministra pracy w 2001 r. oparta została przede wszystkim na definicji zdrowia według WHO. Według WHO: zdrowie jest to stan pełnego komfortu fizycznego, psychicznego i socjalnego, a nie tylko brak choroby czy ułomności.

Analiza piśmiennictwa światowego w zakresie skutków zdrowotnych ekspozycji na PEM wykazała, że przyjmowanie za kryterium ochrony przed PEM tylko efektów termicznych jest zbyt liberalne i przedwczesne. Problem ten ma istotne znaczenie w przypadku rewizji przepisów opartych na kryterium efektów nietermicznych, co dotyczy unormowań w Polsce i krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Do problemu unormowania należy podchodzić w sposób bardzo wyważony. Łagodzenie kryteriów przyjętych do oceny oddziaływania PEM na człowieka w środowisku pracy i w miejscu bytowania wymaga bardzo krytycznej i wielostronnej analizy dotychczasowych badań, ze szczególnym uwzględnieniem danych dotyczących poziomów PEM, określonych w literaturze Zachodniej, poziomami małej intensywności. Małe intensywności PEM (nazywane czasem nietermicznymi) to takie, przy których w czasie ekspozycji nie jest angażowany układ termoregulacji i nie występuje znacząca zmiana temperatury ustroju. Dostępna literatura



sugeruje, że przy poziomach SAR, które nie wytwarzają wzrostu temperatury, ponad poziomem, który ustrój może sam zrekomensować (fizjologiczne procesy termoregulacyjne) nie występują efekty szkodliwe, przy obecnym stanie wiedzy. Takiemu stanowisku sprzeciwia się coraz więcej higienistów na świecie, gdyż limity ustalone według wartości SAR dotyczą tylko krótkotrwałych ekspozycji. Podkreśla się, że efekty nietermiczne są wyraźniejsze, gdy PEM jest modulowane niskimi częstotliwościami. Mając powyższe na uwadze, przy nowelizacji polskich przepisów o NDN uwzględniono: limity ekspozycji przyjęte w istniejących przepisach na świecie (krajowych i międzynarodowych), analizę światowego piśmiennictwa dotyczącego wybranych efektów promieniowania mikrofalowego o niskiej intensywności, ze szczególnym wyróżnieniem układu nerwowego i układu krążenia, jako najbardziej wrażliwych, wyniki badań własnych przeprowadzonych w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi dla wybranych grup zawodowych ekspozowanych na PEM o podobnym charakterze, jak opisywane w literaturze b. ZSRR.

Reasumując:

- przyjęto za oczywiste efekty termiczne ekspozycji na PEM, które są podstawą wytycznych ICNIRP i postanawia się przyjąć dla krótkotrwałej ekspozycji wartość wyjściową NDN 100 W/m<sup>2</sup>,

- przyjęto za możliwe efekty nietermiczne dla ekspozycji długotrwałej i postanawia się przyjąć dla 8 godzinnej zmiany roboczej wartość wyjściową NDN 1 W/m<sup>2</sup>,

- uznano za sprawdzone w praktyce i zasadne utrzymanie postępującego uśredniania obciążenia energetycznego pracownika ekspozowanego na PEM w funkcji czasu (tj. utrzymanie zasady stref ochronnych),

- ponadto, uwzględniono rezonansową absorpcję PEM i wprowadzono zależność NDN od częstotliwości PEM.

W tabeli I podano dopuszczalne wartości pola elektrycznego  $E_1(f)$  i pola magnetycznego  $H_1(f)$ , odpowiadające granicy strefy pośredniej i zagrożenia oraz wartości dozy dopuszczalnej dla odpowiednich zakresów częstotliwości według nowych przepisów o NDN. Aby uzyskać wartości graniczne dla strefy bezpiecznej i pośredniej, należy podane wartości podzielić przez współczynnik 3. Aby uzyskać wartości graniczne dla strefy zagrożenia i niebezpiecznej, należy podane wartości pomnożyć przez 10. Terminologię oraz metody pomiarów natężenia pola na stanowiskach pracy i ocenę ekspozycji regulują polskie normy PN-T-06580-1 (17) i PN-T-06580-3 (18).

Dopuszczalne poziomy PEM dla celów ochrony ludzi i środowiska reguluje Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z 1998 r. (13). Zestawienie wartości dopuszczalnych przedstawiono w tabeli II. Obszar o wartościach ponadnormatywnych określa się jako obszar ograniczonego użytkowania. Zgodnie z § 3, pkt 3 dopuszczalnych

**Tabela I.** Limity ekspozycji na pole elektryczne (E) i magnetyczne (H) dla ekspozycji zawodowej w Polsce w zakresie częstotliwości 0 Hz–300 GHz

Zakres częstotliwości	Natężenie pola elektrycznego $E_1(f)$ V/m	Doza dopuszczalna $Dd_E(f)$	Natężenie pola magnetycznego $H_1(f)$ A/m	Doza dopuszczalna $Dd_H(f)$
0 Hz $\leq$ f $\leq$ 0,5 Hz	20 000	3200 (kV/m) <sup>2</sup> ·h	8 000	512 (kA/m) <sup>2</sup> ·h
0,5 Hz < f $\leq$ 50 Hz	10 000	800 (kV/m) <sup>2</sup> ·h	200	0,32 (kA/m) <sup>2</sup> ·h
0,05 kHz < f $\leq$ 0,3 kHz	10 000	800 (kV/m) <sup>2</sup> ·h	10/f	800/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> ·h
0,3 kHz < f $\leq$ 1 kHz	100/f	0,08/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> ·h	10/f	800/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> ·h
1 kHz < f $\leq$ 800 kHz	100	0,08 (kV/m) <sup>2</sup> ·h	10	800 (A/m) <sup>2</sup> ·h
0,8 MHz < f $\leq$ 3 MHz	100	0,08 (kV/m) <sup>2</sup> ·h	8/f	512/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> ·h
3 MHz < f $\leq$ 15 MHz	300/f	0,72/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> ·h	8/f	512/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> ·h
15 MHz < f $\leq$ 150 MHz	20	3200 (V/m) <sup>2</sup> ·h	8/f	512/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> ·h
0,15 GHz < f $\leq$ 3 GHz	20	3200 (V/m) <sup>2</sup> ·h	0,053	0,022 (A/m) <sup>2</sup> ·h
3 GHz < f $\leq$ 300 GHz	0,16f + 19,5	(f/2+55) <sup>2</sup> (V/m) <sup>2</sup> ·h	-	-



**Tabela II.** Dopuszczalne wartości natężenia/gęstości mocy PEM w ochronie ludzi i środowiska

Zakres częstotliwości pola elektromagnetycznego	Parametr fizyczny		
	Składowa elektryczna	Składowa magnetyczna	Gęstość mocy
Pola stałe	16 kV/m	8 kA/m	-
Pola 50 Hz	10 kV/m	80 A/m	-
0,001 - 0,1 MHz	100 V/m	10 A/m	-
0,1 MHz < f ≤ 10 MHz	20 V/m	2 A/m	-
10 MHz < f ≤ 300 MHz	7 V/m	-	-
300 MHz < f ≤ 300 GHz	-	-	0,1 W/m <sup>2</sup>

poziomów elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego nie stosuje się w miejscach niedostępnych dla ludzi. Poziom PEM w środowisku otaczającym źródła PEM podlega obowiązkowej kontroli w ramach działającego systemu państwowego monitoringu środowiska, określonego w odrębnych przepisach.

**USTALENIA UNII EUROPEJSKIEJ  
W ZAKRESIE LIMITÓW EKSPOZYCJI NA POLA  
ELEKTROMAGNETYCZNE**

Unia Europejska (UE) nie posiada własnych przepisów regulujących ekspozycję zawodową na PEM. Na świecie w ostatnich latach obserwuje się bardzo intensywne prace w zakresie ustalania bezpiecznych limitów ekspozycji zawodowej i środowiskowej na PEM, wynikające głównie z potrzeb ich harmonizacji zarówno na szczeblu europejskim jak i w skali globalnej. Intensywne działania w tym kierunku są wynikiem nacisku różnych grup interesu. Nie mały jest też w tym udział społeczności międzynarodowych, które na skutek budowy ogromnej ilości stacji bazowych telefonii komórkowej obawiają się o swoje zdrowie. Problem rozwiązywany jest dwutorowo: poprzez standaryzację biologiczno-higieniczną oraz standaryzację techniczną, która musi mieć na uwadze również bezpieczeństwo i zdrowie człowieka stosującego urządzenia elektryczne i elektroniczne.

Ustalaniem limitów bezpiecznej ekspozycji na PEM zajmują się organizacje krajowe w poszczególnych państwach oraz międzynarodowe, o zasięgu światowym.

W UE pracami nad normami określającymi bezpieczne poziomy PEM dla ludzi w środowisku pracy i w środowisku komunalnym do 1999 r. zajmował się Europejski Komitet Normalizacji w Elektrotechnice (CENELEC), a dokładnie, Komitet Techniczny 211 (TC211/CLC) „Electromagnetic Fields in the Human Environment”. W roku 1995 opublikowane zostały dwie tymczasowe normy europejskie ENV 50166-1 (19) i ENV 50166-2 (20), które po trzyletnim okresie próbnym miały być przekształcone w pełnoprawne normy europejskie. Po ich krytyce a także zmianach organizacyjnych i kompetencyjnych wewnątrz CENELEC zostały definitywnie wycofane w 1999 r., a CENELEC zmienił swoje wcześniejsze podejście do standaryzacji powołując Komitet TC21/CLC1, który od tegoż roku racuje w kilkunastu grupach roboczych. Tak więc prace prowadzone w UE (czytaj CENELEC-u) dotyczą tylko tzw. standaryzacji technicznej PEM, mającej na uwadze głównie zagrożenia dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej. Ostatnie działania obejmują również prace w zakresie standaryzacji: metod oceny ekspozycji, metod i przyrządów pomiarowych, sposobu dokumentowania wyników badań eksperymentalnych czy wyników pomiarów kontrolnych w środowisku.

Europejska Rada Ministrów zaleca do stosowania w państwach członkowskich UE wymogi normy europejskiej EN: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0Hz to 300 GHz) nieobligatoryjne, które ukazały się w połowie 1999 r. (21) i dotyczą limitów ekspozycji na PEM dla populacji generalnej. Dokument ten stanowi normę referencyjną, do której odnoszą się wszystkie standardy opracowywane przez CENELEC dla wyrobów, urządzeń i instalacji elektrycznych i elektronicznych. Kryteria ww. normy oparte są na wytycznych ICNIRP, 1998 (5) dla populacji generalnej i są pochodną wytycznych dla ekspozycji zawodowej. Należy więc przyjąć, że UE zaleca do stosowania dla pracowników wytyczne ICNIRP, co jest z kolei zgodne z zaleceniami WHO, dążącymi do harmonizacji limitów ekspozycji na PEM w skali globalnej. W tabelach III i IV przedstawiono wymagania ww. wytycznych i zaleceń.

Normatywy w poszczególnych krajach mogą być wprowadzane przepisami międzynarodowymi lub krajowymi, a ich zastosowanie może być obowiązkowe lub dobrowolne. W Europie harmonizacja standardów będzie połączona przez ustawodawstwo europejskie w formie Dyrektyw publikowanych w Dzienniku Urzędowym Komisji Europejskiej.

**Tabela III.** Poziomy odniesienia dla ekspozycji zawodowej na zmianie w czasie pole elektryczne i magnetyczne obejmujące zakres mikrofalowy wg wytycznych ICNIRP (5)

Zakres częstotliwości MHz	Wartość RMS natężenia pola		Gęstość mocy równoważna fali płaskiej S W/m <sup>2</sup>	Czas uśredniania min
	E V/m	H A/m		
10-400	61	0,16	10	6
400-2000	3 f <sup>0.5</sup>	8 • 10 <sup>-3</sup> f <sup>0.5</sup>	f/40	6
2000-300000	137	0,36	50	68/f <sup>1.05</sup> (f > 10GHz)



**Tabela IV.** Poziomy odniesienia dla ekspozycji populacji generalnej na zmienne w czasie pole elektryczne i magnetyczne w zakresie mikrofalowym, według rekomendowanej normy europejskiej EN 199/519/EC (21)

Zakres częstotliwości MHz	Pole elektryczne Wartość RMS V/m	Pole magnetyczne Wartość RMS		Gęstość mocy równoważna fali płaskiej W/m <sup>2</sup>
		A/m	μT	
10 - 400	28	0,073	0,092	2
400 - 2000	1,375 f <sup>0.5</sup>	3,7 • 10 <sup>-3</sup> f <sup>0.5</sup>	4,6 • 10 <sup>-3</sup> f <sup>0.5</sup>	f/200
2000 - 300 000	61	0,16	0,20	10

## PODSUMOWANIE

Wytyczne ICNIRP określają ograniczenia podstawowe ekspozycji oraz odpowiadające im poziomy referencyjne (odniesienia) niezależnie dla pracowników oraz dla ogółu ludności.

Ograniczenia podstawowe (basic restrictions) – określają najwyższe dopuszczalne poziomy ekspozycji, które nie powinny być przekroczone pod żadnym warunkiem. Ograniczenia podstawowe zawierają niezbędne marginesy bezpieczeństwa. Ochrona przed występowaniem negatywnych skutków zdrowotnych polega na przestrzeganiu takich warunków ekspozycji, aby wartości odpowiadające ograniczeniom podstawowym nie były przekroczone. Ograniczenia podstawowe, to podane, w zależności od częstotliwości PEM, graniczne wartości gęstości prądu indukowanego w obrębie głowy i tułowia, SAR uśredniony dla całego ciała, wartości lokalne SAR w obrębie głowy i tułowia oraz odrębne, lokalne wartości SAR w obrębie kończyn. Podane wartości SAR nie są mierzalne wprost. Dla umożliwienia oceny ekspozycji określono więc tzw. poziomy odniesienia (reference levels), tj. wartości natężeń składowej elektrycznej pola, składowej magnetycznej, indukcji magnetycznej i gęstości mocy pola dla równoważnej fali płaskiej. Poziomy odniesienia określono posługując się odpowiednimi modelami matematycznymi lub ekstrapolując wyniki badań laboratoryjnych, uzyskując tzw. krzywą rezonansową. Dla zakresu powyżej 10 GHz podano ograniczenia dla gęstości mocy, której wartość nie może przekroczyć 50 W/m<sup>2</sup>. Jest to wartość uśredniona za okres 68/f<sup>1.05</sup>min. (gdzie f – częstotliwość w GHz), a w pozostałych zakresach częstotliwości (do 10 GHz) czas uśredniania wynosi 6 min dla każdego dowolnego okresu ekspozycji, co w praktyce daje, że ustalone limity ekspozycji obowiązują dla całego 8 godzinowego dnia pracy. Wytyczne ICNIRP zostały zaadoptowane w większości krajów Europy Zachodniej oraz ostatnio w Australii (2002 r.) jako przepisy narodowe. Jednak w niektórych z nich, jak np. Włochy, Szwajcaria czy Austria czynione są dla szczególnych uwarunkowań odstępstwa polegające na obniżeniu limitów ekspozycji, szczególnie w odniesieniu do ekspozycji na PEM populacji generalnej. przez wprowadzenie tzw. „zasady ostrożnego podejścia” (Włochy, Szwajcaria). We Włoszech, zasada „ostrożnego podejścia” w ochronie populacji generalnej przed PEM w zakresie częstotliwości 100 kHz–300 GHz została wprowadzona dekretem w 1998 r. Rząd Szwajcarii wprowadził 1 lutego 2000 r. nowe rozporządzenie dotyczące ochrony

populacji generalnej przed promieniowaniem niejonizującym dla zakresu 0 Hz–300 GHz, uwzględniające również ww. zasadę „ostrożnego podejścia” (16). Szczegółowe wartości dla poszczególnych instalacji podane w przepisach szwajcarskich podano tabeli V.

**Tabela V.** Wartości dopuszczalne PEM dla ochrony populacji generalnej w Szwajcarii od różnych instalacji

Rodzaj instalacji	Wartość RMS	
Linie elektroenergetyczne, stacje transformatorowe, podstacje	1 μT	
Kolejowa trakcja elektryczna	1 μT	
Stacje bazowe telefonii komórkowej	900 MHz ≥ 1800 MHz	4 V/m 6 V/m
	Częstotliwości „mieszane”	5 V/m
Stacje radiowe długo- i średniofalowe		8,5 V/m
Radary		5,5 V/m
Inne nadajniki radiowe		3 V/m

W uzasadnieniu do ww. postanowień podaje się, że wytyczne ICNIRP nie uwzględniają możliwych skutków zdrowotnych przewlekłej ekspozycji na PEM o niskich poziomach wartości natężenia/gęstości mocy.

Polska zrewidowała swoje dotychczasowe przepisy, uwzględniając najnowsze dane światowej literatury w zakresie efektów biologicznych i skutków zdrowotnych ekspozycji na PEM, utrzymując filozofię stref ochronnych jako zasadę ostrożnego podejścia. Uwzględniono możliwość niekorzystnych, długotrwałych oddziaływań PEM. Stąd w strefie zagrożenia dopuszczalny czas przebywania jest limitowany dla okresu zmiany roboczej i np. w PEM o częstotliwości 5 GHz i wartości gęstości mocy 50 W/m<sup>2</sup> nie może on przekroczyć 10,44 min., a przy wartości 100 W/m<sup>2</sup> – 5,22 min. w okresie 8 godz. zmiany roboczej, przy czym może to być ekspozycja jednorazowa lub wielokrotna pod warunkiem nieprzekroczenia łącznego czasu dopuszczalnej ekspozycji podanego powyżej. Dla porównania z wytycznymi ICNIRP, przy czasie uśredniania dla ww. zakresu częstotliwości wynoszącym 6 min. w dowolnym przedziale czasu trwania, ekspozycja jednorazowa w PEM o wartości 50 W/m<sup>2</sup> będzie przekroczona ze względu na czas



jej trwania natomiast przy  $100 \text{ W/m}^2$  będzie przekroczona ze względu na poziom PEM. Jednak według polskich przepisów, pracownik będzie podlegał takiej ekspozycji, przy maksymalnym obciążeniu energetycznym (czytaj doza) wynoszącym  $8,7 \text{ Wh/m}^2$  na dobę, podczas gdy według kryterium ICNIRP  $5 \text{ Wh/m}^2$  w każdym 6-minutowym odcinku czasu trwania ekspozycji. Te różnice wynikają z przyjętej filozofii do ww. przepisów i wymagają bardzo wnikliwej analizy, w celu ustalenia potrzeby czy kierunku ewentualnej ich korekty odnośnie do przyjętej wartości maksymalnej natężenia/gęstości mocy w polskich przepisach, przed wejściem do UE.

## PIŚMIENNICTWO

- 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. Część E: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. DzU nr 4, poz. 36, 2001.
- 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 nr 217, poz. 1833, 2002.
- Korniewicz H., Karpowicz J., Gryz K., Aniołczyk H., Zmysłony M., Kubański R., Ciołek Z.: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, Warszawa 2001; 17, 2 (28): 97–237.
- Repacholi M.H.: Eastern European Regional EMF Meeting and Workshop „Measurements and Criteria for Standard harmonization in the Field of EMF Exposure” and WHO EMF Standards Harmonization Meeting [streszczenia]. 28 kwietnia – 3 maja 2001, Varna, Bułgaria.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74 (4): 494–522.
- Schwan H.P.: Early history of bioelectromagnetics. Bioelectromagnetics 1992; 13: 453–467.
- Gordon Z.V.: Voprosy gigieny truda i biologiceskogo deistvija elektromagnitnych polei swerhvisokich castot. Medicina, Moskwa 1966.
- Czerski P., Sikieryński M.: Analysis of Occupational Exposure to Microwave Radiation. Fundamental and Applied Aspects of Nonionizing Radiation. Plenum Press, New York-London, 1974, ss. 367–377.
- Czerski P., Sikieryński M., Gidyński A.: Health Surveillance of Personnel Occupationally Exposed to Microwaves. I. The Actual Considerations and Practical Aspects. Aeorsp. Med. 1974; 45: 1137–1142.
- Barański S., Czerski P.: Badania zachowania się składników upostaciowych krwi u osób zatrudnionych w zasięgu mikrofal. Lek. Wojsk. 1966; 10: 903.
- Biological Effects and Health Hazards of Microwave Radiation. Proceedings of the International Symposium. 15–18 października 1973, Warsaw. Polish Medical Publishers, Warszawa 1974.
- Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie powołania Międzyresortowej Komisji do Spraw Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynnników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy. DzU nr 61, poz. 284, 1996.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 11 sierpnia 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed promieniowaniem szkodliwym dla ludzi i środowiska, dopuszczalnych poziomów promieniowania, jakie mogą występować w środowisku, oraz wymagań obowiązujących przy wykonywaniu pomiarów kontrolnych promieniowania. DzU nr 107, poz. 676, 1988 [w nowelizacji].
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym. DzU nr 21, poz. 153, 1972.
- Durney C.H., Johnson C.C., Barber P.W., Massoudi H., Iskander M.F., Lords J.L i wsp.: Radiofrequency Radiation Dosimetry Handbook (Sec. E). Report SAM-TR-78-22. Departments of Electrical Engineering and Bioengineering, The University of Utah, Salt Lake City, Utah 1978.
- Sawin B.M.: Problema higienicznego normowania elektromagnitnych izluceni radiocastotnogo diapazona na sovremennom etapie. W: Sawin B.M. [red.]. Metodologiceske voprosy higieniceskogo normowania elektromagnitnych izluceni radiocastotnogo diapazona. Ordena Trudowego Krasnogo Znamieni Nauczno-Issledowatelski Institute Gigieny Truda i Professionalnych Zabolevanii AMN, Moskwa 1979, ss. 12–42.
- PN-T-06580: Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Ark. 1. Terminologia. PKN, Warszawa 2002.
- PN-T-06580: Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Ark. 3. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy. PKN, Warszawa 2002.
- ENV 50166-1:1995: CENELEC European prestandard. Human exposure to electromagnetic fields. Low-frequency (0 Hz to 10 kHz). CENELEC, Brussels 1995.
- ENV 50166-2:1995: CENELEC European prestandard. Human exposure to electromagnetic fields. High-frequency (10 kHz to 300 GHz). CENELEC, Brussels 1995.
- EN: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0Hz to 300 GHz). Off. J. Eur. Communities 199/519/EC, L.199/59-61, 1999.

