

Marek Zmysłony¹
Roman Kubacki²
Halina Aniołczyk¹
Jarosław Kieliszek²
Hubert Trzaska³
Paweł Bieńkowski³
Andrzej Krawczyk⁴
Stanisław Szmigielski²

PRACE KOMISJI DO SPRAW PROBLEMÓW BIOELEKTROMAGNETYCZNYCH POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH W ZAKRESIE WERYFIKACJI KRAJOWYCH PRZEPISÓW O NAJWYŻSZYCH DOPUSZCZALNYCH NATĘŻENIACH W POLACH ELEKTROMAGNETYCZNYCH

VERIFICATION OF POLISH REGULATIONS OF MAXIMUM PERMISSIBLE INTENSITIES IN ELECTROMAGNETIC FIELDS
BY THE COMMISSION FOR BIOELECTROMAGNETIC ISSUES OF THE POLISH RADIATION RESEARCH SOCIETY

¹ Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

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

² Zakład Ochrony Mikrofalowej

Wojskowego Instytut Higieny i Epidemiologii w Warszawie

³ Z Instytutu Telekomunikacji i Akustyki

Politechniki Wrocławskiej

⁴ Z Zakładu Bioelektromagnetyzmu

Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie

STRESZCZENIE

W środowisku bioelektromagnetyków w Polsce, coraz powszechniejszy staje się postulat konieczności weryfikacji polskich przepisów dotyczących ochrony przed polami elektromagnetycznymi (PEM) zakresu 0–300 GHz, a zwłaszcza ich najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN). Stwierdza się m.in., że polskie normatywy nie są w pełni zgodne z zaleceniami i dyrektywami Unii Europejskiej (UE) oraz brakuje zharmonizowanych krajowych przepisów, dotyczących wartości granicznych dla ekspozycji środowiskowej i zawodowej na PEM. Przy Polskim Towarzystwie Badań Radiacyjnych powstała Komisja ds. Problemów Bioelektromagnetycznych. Po gruntownym przeanalizowaniu normatywów polskich i obowiązujących w UE, Komisja przystąpiła do opracowania projektu zweryfikowanych NDN dla PEM. W pracy przedstawiono wybrane wystąpienia członków Komisji, wskazujące na złożoność podjętej pracy. Med. Pr., 2005;56(6):501–513

Słowa kluczowe: pola elektromagnetyczne, ekspozycja zawodowa, ekspozycja komunalna, normatyw higieniczny

ABSTRACT

Experts in the field of bioelectromagnetism have reported a growing need to verify Polish regulations on the protection against electromagnetic fields (EMF) in the 0–300 GHz range, especially in their maximal permissible intensities (MPI). There is a general belief that Polish standards do not fully comply with recommendations and directives of the European Union (EU) and that Polish regulations on the border values for environmental and occupational exposure to EMF are not harmonized. To this end, the Commission for Bioelectromagnetic Issues have been set up in the Polish Radiation Research Society. Following a thorough analysis of standards binding in Poland and EU, the Commission set about working on verified MPI values for EMF. This paper presents some comments of the Commission members, stressing the complexity of this undertaking. Med Pr 2005;56(6):501–513

Key words: electric field, magnetic field, health effects, mechanisms of interaction

Adres 1. autora: św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: zmyslmar@imp.lodz.pl

Nadesłano: 8.11.2005

Zatwierdzono: 30.11.2005

© 2005, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

WPROWADZENIE

W środowisku bioelektromagnetyków, zarówno wśród teoretyków, jak i praktyków, coraz powszechniejszy staje się postulat konieczności weryfikacji polskich przepi-

sów dotyczących ochrony przed polami elektromagnetycznymi (PEM) zakresu 0–300 GHz, a zwłaszcza ich najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN). Wyr-

zem tego była m.in. dyskusja tocząca się na konferencji „Ochrona przed polami elektromagnetycznymi 0–300 GHz w Polsce – nowe przepisy i perspektywy ich harmonizacji z wymogami Unii Europejskiej”, która odbyła się w Łodzi w Instytucie Medycyny Pracy w dniach 16 i 17 grudnia 2002 r. (1,2). Uczestniczyło w niej ponad 100 osób reprezentujących większość krajowych instytucji, zajmujących się problematyką ochrony przed PEM. W trakcie dyskusji stwierdzono m.in., że polskie normatywy nie są w pełni zgodne z zaleceniami i dyrektywami Unii Europejskiej (UE), a krajowe przepisy dotyczące wartości granicznych dla ekspozycji środowiskowej i zawodowej na PEM nie są ujednocnione. W związku z tym należy podjąć kroki prowadzące do uchwalenia przez Sejm RP ustawy o ochronie przed PEM, która łączyłaby problemy ekspozycji zawodowej i środowiskowej. W celu realizacji ww. postulatów zaproponowano utworzenie przy jednym z towarzystw naukowych niezależnej grupy ekspertów do spraw ochrony przed PEM, złożonej ze specjalistów i praktyków z zakresu bioelektromagnetyki, metrologii, zdrowia publicznego a także medycyny pracy, reprezentujących instytucje naukowe oraz ośrodki resortów zaangażowanych w ochronę zdrowia ludności i pracowników. Celem pracy tej grupy ekspertów powinno być permanentne dyskutowanie a także wypracowywanie zasad weryfikacji systemu ochrony przed ekspozycją środowiskową i zawodową zgodnie z aktualnym stanem wiedzy. Postulat ten zrealizowano powołując Komisję ds. Problemów Bioelektromagnetycznych przy Polskim Towarzystwie Badań Radiacyjnych*. Po gruntownym przeanalizowaniu normatywów polskich i obowiązujących w UE Komisja przystąpiła do opracowania projektu zweryfikowanych NDN dla PEM. Ponieważ Komisja uznała, że w dyskusji na ten temat powinno uczestniczyć jak najwięcej osób zainteresowanych, poniżej przedstawiamy wybrane wystąpienia członków Komisji na posiedzeniach, które odbyły się w dniach 18–22 października 2004 r. i 26 października 2005 r. Mamy nadzieję, że przedstawione propozycje skłonią czytelników do wyrażenia swoich opinii nt. poruszanych zagadnień.

EKSPOZYCJA ZAWODOWA I KOMUNALNA W ŚWIELE PRZEPISÓW POLSKICH I ZALECIEŃ UNII EUROPEJSKIEJ (DR HALINA ANIOŁCZYK)

Parlament Europejski w 2004 r. opublikował 18. szczegółową dyrektywę 2004/40/EC (3), dotyczącą mini-

malnych wymagań dla ryzyka zdrowia i bezpieczeństwa pracy pracowników podlegających ekspozycji na PEM zakresu 0 Hz–300 GHz. Jej podstawę stanowią wytyczne Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym – ICNIRP (wersja z 1998 r.) (4), popierane przez Światową Organizację Zdrowia. Wytyczne te stanowią również podstawę rekomendacji UE z 1999 r. (5) dotyczącej ochrony populacji generalnej przed PEM. W związku z przystąpieniem Polski do Wspólnoty Europejskiej będą nas obowiązywały dyrektywy UE, natomiast rekomendacja jest zaleceniem nieobligatoryjnym. Formalnie jest to przyjęcie dyrektywy jako przepisu narodowego, szczególnie w przypadku, gdy dopuszczalne wartości natężenia PEM przekraczają poziomy ustalony w dyrektywie. W praktyce jest to problem bardziej złożony, gdyż kryteria przyjęte w polskim ustawodawstwie (koncepcja stref ochronnych) są w ogólności bardziej rygorystyczne od proponowanych w dyrektywie. Unia Europejska jako zrzeszenie poszczególnych państw europejskich nie posiadała własnych przepisów (poza Wielką Brytanią). Stąd większość państw stosowała wytyczne ICNIRP, które są jednak krytykowane, szczególnie w odniesieniu do ochrony populacji generalnej (6). W tych wytycznych za kryterium limitów ekspozycji na PEM przyjęto efekty prądowe i skutki termiczne ekspozycji na PEM. Przeciwno takiemu podejściu protestują niektórzy uczeni i specjaliści, którzy uważają, że jest ono zbyt łagodnym kryterium stanowiącym podstawę ochrony człowieka przed skutkami przewlekłej ekspozycji na PEM (7). Polskie przepisy, zmienione w 2001 r. dla ekspozycji zawodowej (8) oraz w 2003 r. dla ekspozycji populacji generalnej (9), za podstawę limitów ekspozycji na PEM przyjmują jako kryterium efekty biologiczne przy poziomach nietermicznych, odmienne od wymogów proponowanych przez WHO czy UE, zalecających stosowanie wytycznych ICNIRP (10). Wobec nieustabilizowanej na świecie sytuacji w kwestii przepisów regulujących ekspozycje na PEM oraz bardziej rygorystycznych przepisów krajowych, nie ma podstaw bezpośredniego wdrożenia wymogów dyrektywy 2004/40/EC jako przepisów krajowych dla NDN, natomiast należy je zharmonizować w przypadku niezgodności z dyrektywą. A taka potrzeba występuje tylko przy porównaniu NDN dla ekspozycji chwilowej, tj. w górnym przedziale wartości dopuszczalnych dla strefy zagrożenia, określonych w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych

* Komisja ma siedzibę w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź.

stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (8). Rozbieżności te przedstawiono na rycinie 1 (na przykładzie normatywów dla natężenia pola elektrycznego).

Oszacowano odsetek urządzeń, które mogą nie spełniać wymogów dyrektywy UE. Na uwagę zasługują takie urządzenia, jak nagrzewnice indukcyjne (ok. 58%), prasy wysokich częstotliwości (57%), iskierniki (ponad 43%) czy zgrzewarki wysokiej częstotliwości (ponad 35%) (11).

PROPOZYCJE DOPUSZCZALNYCH WARTOŚCI NATĘŻEŃ PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH W PAŚMIE OD 0 HZ DO 1 MHz DLA CELÓW BHP ORAZ W RAMACH OCHRONY ŚRODOWISKA (DR HAB. MAREK ZMYŚLONY, MGR PIOTR POLITAŃSKI)

Przy ustalaniu dopuszczalnych wartości natężeń PEM w paśmie od 0 Hz do 1 MHz przyjęliśmy założenie, leżące u podstaw normatywu ICNIRP (4) (a co za tym idzie przepisów UE (3,5)), że w przypadku PEM z zakresu 0 Hz–100 kHz przyczyną efektów zdrowotnych jest przede wszystkim działanie prądu indukowanego na błony (zwłaszcza pobudliwe), natomiast w zakresie powyżej 100 kHz należy wziąć pod uwagę możliwość wystąpienia efektów termicznych. Ponieważ stymulacyjne działanie prądu nie zależy od czasu, więc dla PEM o częstotliwościach do 100 kHz nie ma konieczności ograniczania czasu ich działania, a jedynie wartości ich natężenia. Czas działania PEM staje się istotny w zakresie powyżej 100 kHz.

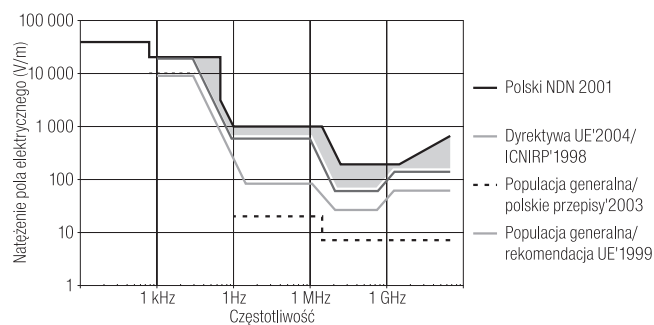
Po przestudiowaniu dostępnej literatury uznaliśmy, że najpełniejszy przegląd danych eksperymentalnych i teoretycznych dotyczących omawianego zakresu częstotliwości został dokonany przez Bernhardta (12). Dane te mogą być podstawą do ustalenia dopuszczal-

nych poziomów – zarówno wielkości podstawowych (gęstości prądu wewnątrz ekspozowanego człowieka oraz wielkości Specific Absorption Rate – SAR), jak i wielkości wyprowadzonych (natężenia pola elektrycznego, natężenia pola magnetycznego – indukcji magnetycznej) na zewnątrz obiektów ekspozowanych oraz prądu kontaktowego (przy dotykaniu ekspozowanych metalowych nieuziemionych przedmiotów). Przegląd ten stał się podstawą tworzenia normatywu ICNIRP (a co za tym idzie UE) dla PEM w zakresie do 1 MHz dla ekspozycji zarówno populacji zawodowej jak i generalnej. W związku z tym uważamy, że normatyw ten mógłby z pewnymi modyfikacjami być przyjęty również w naszym kraju.

Uznaliśmy też, że przepisy, dotyczące ochrony przed PEM, powinny być oparte o dwie wartości dla każdej składowej (elektrycznej i magnetycznej) w każdej częstotliwości, tj. maksymalną wartość pola dopuszczalną dla ekspozycji zawodowej i maksymalną wartość pola dla ekspozycji populacji generalnej, która jednocześnie będzie stanowiła dolną granicę ekspozycji zawodowej (obszar pomiędzy obiema wartościami byłby obszarem ekspozycji zawodowej wraz ze wszystkimi konsekwencjami z tego wypływającymi).

Pole elektryczne zakresu 0–1 MHz

Porównanie normatywów ICNIRP z danymi Bernhardta pokazuje, że w przypadku normatywu dla pola magnetycznego jest uwzględniony fakt, że powyżej około 100 kHz decydujące znaczenie zaczyna odgrywać efekt termiczny. W tym zakresie dopuszczalne wartości H spadają tak, by zabezpieczyć ekspozowanego pracownika przed nadmierną ekspozycją wyrażoną przez SAR, natomiast normatywy dla pola elektrycznego tego zjawiska nie uwzględniają i obniżanie wartości E zaczyna się dopiero od 1 MHz. Według nas nie ma powodów, aby różnicować podejście do ochrony przed PEM. Jak wynika z danych Bernhardta, dla PEM o częstotliwości powyżej 100 kHz, efekty biologiczne są w coraz większym stopniu determinowane przez efekt termiczny (ogólnie pochłanianie energii opisywane przez SAR). Dlatego też proponujemy, by normatyw dla pola elektrycznego w tym zakresie ograniczał pochłoniętą energię. W tym celu można przyjąć założenie leżące u podstaw obecnie obowiązujących polskich przepisów dla ekspozycji zawodowej – ograniczenie dozy pola. Maksymalna dopuszczalna doza pola elektrycznego o częstotliwości 1 MHz wynosi $(190 \text{ V/m})^2 \cdot 6 \text{ min} = 3610 \text{ V}^2\text{h/m}^2$. Stąd dopuszczalna wartość natężenia pola elektrycznego dla



Ryc. 1. Ilustracja rozbieżności w dopuszczalnych wartościach natężenia pola elektrycznego pomiędzy polskimi przepisami o NDN dla PEM (8) a wymogami Dyrektywy 2004/40/EC (3).

ekspozycji 8 h (czyli dolna granica ekspozycji zawodowej) wynosi około 21 V/m ($E = \sqrt{3610 \cdot 8}$ V/m). W związku z tym proponujemy, by dopuszczalne wartości E dla ekspozycji zawodowej w zakresie 100 kHz–1 MHz były:

$$610/\sqrt{10f} \text{ (w V/m)}$$

gdzie:

f – częstotliwość w MHz.

Proponowane przez nas dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego (w V/m) z zakresu 0–1 MHz dla ekspozycji zawodowej przedstawione są w tabeli 1.

Analiza dopuszczalnych wartości ekspozycji populacji generalnej na pole elektryczne standardu ICNIRP pozwala przypuszczać, że jego autorzy posłużyli się wprowadzeniem dodatkowego współczynnika bezpieczeństwa 5 w stosunku do wartości dla ekspozycji zawodowej. Po przeanalizowaniu danych przedstawionych przez Bernhardta doszliśmy do wniosku, że przy ustalaniu tego normatywu należy uwzględnić efekt pośredni działania pola elektrycznego, jakim jest możliwość przepływu przez człowieka prądów elektrycznych, indukowanych w nieziemionych obiektach metalowych w przypadku dotknięcia pojazdu (np. palcem).

Na rycinie 2 porównano wartości normatywu ICNIRP dla populacji generalnej z wartościami E, indukującymi w pojazdach odczuwalne prądy, mogące wywoływać odruch strachu (a co za tym idzie, mogą być przyczyną wypadków). Z wykresu wynika, że normatyw ICNIRP w zakresie od około 10 Hz do około 1000 Hz nie zabezpiecza wystarczająco dzieci przed efektem pośrednim działania pola elektrycznego, stąd konieczność jego modyfikacji. Proponujemy, by w zakresie 10–820 Hz dopuszczalne wartości E dla populacji generalnej były ograniczone do:

$$500/f \text{ (w V/m)}$$

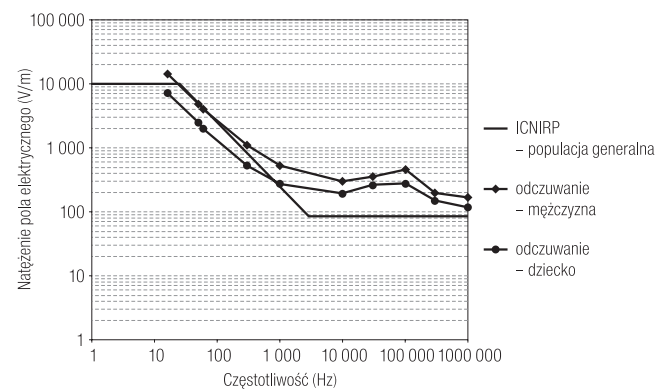
gdzie:

f – częstotliwość w kHz).

Podobnie jak dla ekspozycji zawodowej, również w przypadku ekspozycji populacji generalnej należy przyjąć, że efekty biologiczne w zakresie powyżej 100 kHz zależą od pochłoniętej energii. Chcąc utrzymać zasadę, że dolna granica ekspozycji zawodowej określa również maksymalną wartość ekspozycji populacji generalnej i jednocześnie nie dopuścić do paradoksu, że doza w strefie ekspozycji populacji generalnej jest większa od dozy w strefie ekspozycji zawodowej, należy uzupełnić przepis zapisem, ograniczającym czas przebywania w strefie ekspozycji po-

Tabela 1. Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego E(f) i czasu przebywania dla osób zawodowo ekspozowanych na PEM o częstotliwościach z zakresu 0–1 MHz

Częstotliwość f	Wartość dopuszczalna E V/m	Dopuszczalny czas przebywania h
0–1 Hz	–	–
1–10 Hz	20 000	bez ograniczeń w ciągu zmiany roboczej
0,025–0,82 kHz	500/f	bez ograniczeń w ciągu zmiany roboczej
0,82–100 kHz	610	bez ograniczeń w ciągu zmiany roboczej
0,1–1 MHz	$610/\sqrt{10f}$	dopuszczalny czas przebywania $t_{\text{dop}} \leq (3721/f)/E^2$



Ryc. 2. Porównanie wartości normatywu ICNIRP (4) dla populacji generalnej z wartościami zewnętrznego pola elektrycznego, powodującymi przepływ przez człowieka (mężczyznę lub dziecko) odczuwalnych prądów elektrycznych indukowanych w nieziemionych pojazdach (13).

populacji generalnej w polach przekraczających wartość $12,5/\sqrt{f}$ V/m ($E^2 \cdot 24h = 3721/f$ V²h/m²). Wzór na czas dopuszczalny wygląda następująco:

$$t = (3721/f)/E^2$$

gdzie:

t – czas dopuszczalny w godzinach.

Ograniczenie czasu przebywania w warunkach ekspozycji populacji generalnej oznacza w praktyce wymóg ograniczenia bądź to wielkości emitowanego pola, bądź czasu jego emisji. Proponowane przez nas wartości dopuszczalne natężenia pola elektrycznego dla ekspozycji populacji generalnej w zakresie 0–1 MHz przedstawione są w tabeli 2.

Pole magnetyczne zakresu 0–1 MHz

Przy opracowywaniu projektu dopuszczalnych wartości natężenia pola magnetycznego przyjęliśmy podobne zasady jak w przypadku pola elektrycznego. Górna granica ekspozycji zawodowej powinna być określona

Tabela 2. Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego $E(f)$ i czasu przebywania dla osób z populacji generalnej ekspozycjonowanych na PEM o częstotliwościach z zakresu 0–1 MHz

Częstotliwość f	Wartość dopuszczalna E V/m	Dopuszczalny czas przebywania h
0–1 Hz	–	–
1–10 Hz	10 000	bez ograniczeń
0,01–1,5 kHz	100/ f	bez ograniczeń
1,5–100 kHz	68	bez ograniczeń
0,1–1 MHz	$68/\sqrt{10f}$	czas przebywania $t_{dop} \leq (3721/f)/E^2$

przez normatyw wg ICNIRP. Proponowane modyfikacje dotyczą dolnej granicy ekspozycji zawodowej (czyli dopuszczalnego poziomu ekspozycji populacji generalnej) i wynikają z przyjęcia założenia, że efekty biologiczne PEM o częstotliwościach powyżej około 100 kHz mają charakter energetyczny i zależą od dozy pola. Korzystając z równości dozy w przeciągu 6 min (ICNIRP) i 8 h wyznaczyliśmy dolną granicę strefy ekspozycji zawodowej dla pól magnetycznych o częstotliwościach wyższych od 60 kHz na $0,18/f$ (w A/m) i ograniczenie dopuszczalnego czasu przebywania w strefie ekspozycji zawodowej w zależności od wartości natężenia pola magnetycznego w miejscu przebywania do:

$$t = (0,5/(f \cdot H))^2$$

gdzie:

H – zmierzone natężenie pola magnetycznego (w A/m);

t – dopuszczalny czas przebywania w strefie ekspozycji zawodowej w godzinach.

Proponowane przez nas podejście do ustalania wartości dopuszczalnych ekspozycji populacji generalnej powoduje, że podobnie jak dla pola elektrycznego konieczne jest ograniczenie czasu trwania jej ekspozycji, by nie dopuścić do paradoksu, że doza w strefie ekspozycji populacji generalnej jest większa od dozy w strefie ekspozycji zawodowej. W tym celu należy uzupełnić przepis zapisem ograniczającym czas przebywania w strefie ekspozycji populacji generalnej polu z zakresu 60 kHz–1 MHz w polach H o wartościach przekraczających $0,1/f$ (A/m), do okresu obliczanego wg wzoru obowiązującego dla obliczania dopuszczalnego czasu przebywania w strefie ekspozycji zawodowej:

$$(t = (0,5/(f \cdot H))^2$$

gdzie:

t – dopuszczalny czas przebywania w strefie ekspozycji zawodowej w godzinach.

Ograniczenie czasu przebywania w warunkach ekspozycji populacji generalnej oznacza w praktyce

wymóg ograniczenia bądź to wielkości emitowanego pola, bądź czasu jego emisji.

W ostatnich latach pojawiło się wiele doniesień mówiących o działaniu kancerogennym sieciowych pól magnetycznych. Nakazuje to szczególną ostrożność przy ustalaniu ich dopuszczalnych wartości. Metaanalizy badań epidemiologicznych pokazują, że zwiększone ryzyko zachorowania na nowotwory występuje przy ekspozycji na sieciowe pole magnetyczne o wartościach 0,3–0,4 μ T (13,14), przy czym wydaje się, że ekspozycja musi być ciągła (dane o wzroście ryzyka dotyczą przede wszystkim ekspozycji osób mieszkających w pobliżu linii przesyłowych wysokiego napięcia lub zatrudnionych w tzw. zawodach elektrycznych). W związku z tym należy poważnie zastanowić się nad możliwością wprowadzenia do polskich przepisów zapisu ograniczającego wartość t_{dop} pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz do 2,5 A/m.

Proponowane przez nas wartości dopuszczalne natężenia pola magnetycznego w zakresie 0–1 MHz dla ekspozycji populacji generalnej są przedstawione w tabeli 3.

PROPOZYCJE DOPUSZCZALNYCH WARTOŚCI NATĘŻEŃ PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH W PAŃMIE OD 1 MHz DO 300 GHz DLA CELÓW BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY ORAZ W RAMACH OCHRONY ŚRODOWISKA

Dr hab. inż. Roman Kubacki, dr inż. Jarosław Kieliszek, mgr inż. Robert Puta: Przy tworzeniu projektu dopuszczalnych wartości natężeń PEM w zakresie częstotliwości wysokich (1 MHz–300 GHz) przyjęliśmy powszechnie akceptowane przez specjalistów założenie, że w tym zakresie absorpcja energii termicznej dominuje nad innymi efektami oddziaływania. Podobną filozofią kierowano się w przepisach Unii Europejskiej, dotyczących ochrony ludzi przed PEM, w której usta-

Tabela 3. Dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego $H(f)$ (w A/m) i czasu przebywania dla osób z populacji generalnej ekspozycjonowanych na PEM o częstotliwościach z zakresu 0–1 MHz

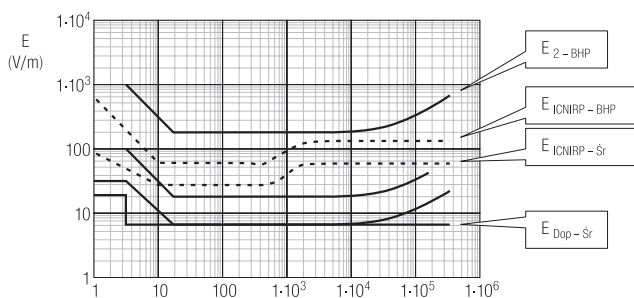
Częstotliwość	Wartość dopuszczalna H A/m	Dopuszczalny czas przebywania h
0–1 Hz	$3,2 \cdot 10^4$	bez ograniczeń
1–8 Hz	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	bez ograniczeń
0,008–1,3 kHz	$4/f$	bez ograniczeń
1,3–60 kHz	3	bez ograniczeń
0,06–1 MHz	$0,18/f$	czas przebywania $t_{dop} \leq (0,5/(f \cdot H))^2$

nowione są dopuszczalne wartości ich natężeń (3,5). Przepisy te zobowiązują kraje członkowskie do wprowadzenia ich zapisów w ustawodawstwie poszczególnych krajów, tak aby ludzie przebywający w zasięgu PEM byli zabezpieczeni przed negatywnymi skutkami ich oddziaływania. Należy jednakże podkreślić, że dopuszcza się ustanowienie krajowych dopuszczalnych wartości natężeń pól w sposób bardziej rygorystyczny, umożliwiając lepsze zabezpieczenie ludzi. Przy określaniu dopuszczalnych wartości natężeń PEM należy wyróżnić dwie grupy ludzi ze względu na specyfikę i odmienność ich narażenia, a mianowicie pracowników, którzy przebywają w polach tylko w czasie zmiany roboczej i podlegają regularnym badaniom lekarskim oraz populację ludzi, którzy mogą przebywać w zasięgu PEM przez całą dobę. W przedstawionych propozycjach kierowano się powyższymi uwarunkowaniami, a przede wszystkim tym aby dopuszczalne wartości natężeń pól zabezpieczały ludzi nie gorzej aniżeli w przepisach Unii Europejskiej, jednakże w przypadku gdy polskie wartości stanowią lepsze zabezpieczenie ludzi w polach wówczas skorzystano z tej możliwości.

Istniejące dopuszczalne wartości natężeń pól elektrycznych

Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego w ramach ochrony populacji generalnej zostały ustanowione w rozporządzeniu Ministra Środowiska (9) i są przedstawione na rycinie 3.

W przypadku pracowników w PEM, ustanowiono odrębne wartości graniczne natężeń pól (8). W celu wyróżnienia zasad przebywania pracowników w PEM w zależności od natężenia PEM ustanowione zostały strefy: bezpieczna, pośrednia, zagrożenia i niebezpieczna. W rozporządzeniu (8) ustanowiono wartość E_1 jako wartość natężenia pola elektrycznego rozgraniczającą strefę pośrednią od strefy zagrożenia



Ryc. 3. Porównanie dopuszczalnych wartości natężenia pola elektrycznego obowiązujących w Polsce (8,9) oraz rekomendowane przez przepisy UE (3,5).

nia. Obowiązujące wartości graniczne natężenia pola elektrycznego przedstawiono na rycinie 3. Porównanie dopuszczalnych wartości, obowiązujących w Polsce oraz rekomendowanych przez dyrektywę UE (3), przedstawiono na rycinie 3; oznaczono na niej:

- E_{Dop-Sr} – dopuszczalną wartość natężenia pola elektrycznego w ramach ochrony populacji generalnej,

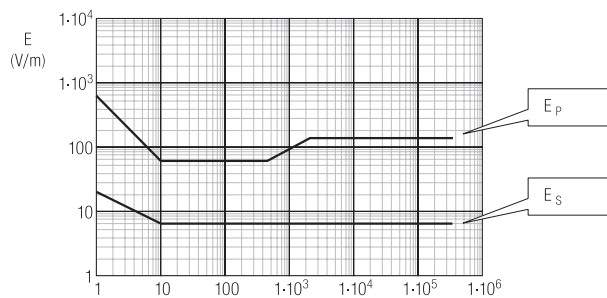
- H_{2-BHP} – dopuszczalną wartość natężenia pola elektrycznego strefy niebezpiecznej w ramach BHP,

- $E_{ICNIRP-BHP}$ $E_{ICNIRP-Sr}$ – dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego zgodnie z przepisami UE (3,5).

Z przedstawionych krzywych na rycinie 3 wynika, że wartość dopuszczalna E_{Dop-Sr} stanowiąca zabezpieczenie populacji generalnej (środownisko), jest o rząd wielkości niższa od wartości $E_{ICNIRP-Sr}$, dzięki czemu przepisy polskie lepiej zabezpieczają ludność przed PEM. Jednakże polska dopuszczalna wartość natężenia pola elektrycznego dla pracowników E_{2-BHP} jest wyższa od dopuszczalnej wartości dla pracowników proponowanej przez ICNIRP, tj. od $E_{ICNIRP-BHP}$. Wynika z tego że polskie prawo dopuszcza przebywanie pracowników w polach o wartościach wyższych od $E_{ICNIRP-BHP}$ podczas gdy przepisy europejskie kategorycznie tego zabraniają.

Propozycja dopuszczalnych wartości natężeń pól elektrycznych

W przypadku przepisów dotyczących populacji generalnej łatwo zauważyć, że istniejące krajowe wartości dopuszczalnych natężeń pól są znacznie bardziej rygorystyczne aniżeli normatyw rekomendacji UE. Dopuszczalna wartość $E_{Dop-Sr} = 7 \text{ V/m}$, ustanowiona w ramach ochrony populacji generalnej w Polsce, została określona na poziomie zabezpieczającym przed wystąpieniem jakichkolwiek zmian chorobowych. Podkreślić należy, że wartość ta została wprowadzona do normatywów kilku krajów europejskich (Włochy, Szwajcaria, Grecja). Z powyższych powodów proponuje się zachowanie istniejącej wartości E_{Dop-Sr} dla ochrony populacji generalnej. Podział częstotliwości zaproponowano podobnie jak w normatywie ICNIRP. W zakresie częstotliwości $1 \div 10 \text{ MHz}$ proponuje się wartości funkcyjną zależność od częstotliwości. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego w ramach ochrony populacji generalnej E_s przedstawiono w tabeli 4 oraz na rycinie 4. W ramach ochrony pracowników proponuje się ustanowienie wartości dopuszczalnej E_p na poziomie takim, jak w przypadku $E_{ICNIRP-BHP}$. Proponowane dopuszczalne wartości E_p przedstawiono w tabeli 5 oraz na rycinie 4.



Ryc. 4. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego dla ochrony pracowników E_p oraz populacji ogólnej E_s .

Tabela 4. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego w ramach ochrony populacji ogólnej E_s

Częstotliwość	E_s V/m
1 MHz–10 MHz	$20/\sqrt{f}$
10 MHz–300 GHz	6,3

Tabela 5. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego w ramach ochrony pracowników E_p

Częstotliwość	E_p V/m
1 MHz–10 MHz	$610/f$
10 MHz–400 MHz	61
400 MHz–2 GHz	$3 f^{1/2}$
2 GHz–300 GHz	137

Zaproponowane wartości dopuszczalne natężenia pola elektrycznego E_s dla populacji ogólnej oraz E_p dla pracowników stanowią kompatybilny normatyw ochrony prawnej w PEM. Zgodnie z zaproponowanymi wartościami dopuszczalnych natężeń PEM będą obowiązywać następujące zasady przebywania w polach:

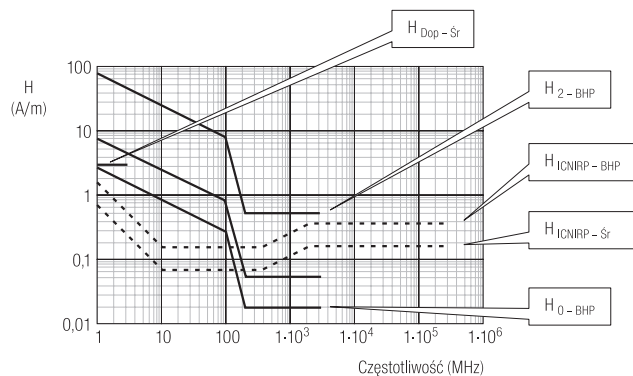
1. W polach o wartościach natężenia pola elektrycznego mniejszych od E_s przebywanie ludzi dozwolone jest bez ograniczeń.

2. W PEM o wartościach natężenia wyższych od E_s , ale mniejszych od E_p ustanawia się strefę ochronną zawodową, w której przebywanie osób niezatrudnionych jest zabronione. Przebywanie pracowników w tej strefie ochronnej dozwolone jest w ciągu zmiany roboczej, przy czym czas przebywania w polu ulega skróceniu w zależności od natężenia pola elektrycznego, zgodnie z zależnością:

$$t = 0,085 (E_p/E)^2$$

gdzie:

E – wartość natężenia pola elektrycznego na stanowisku pracownika;



Ryc. 5. Porównanie dopuszczalnych wartości natężenia pola elektrycznego obowiązujących w Polsce oraz rekomendowanych przez przepisy UE.

t – dopuszczalny czas przebywania pracownika w polu o takim natężeniu w godzinach;

E_p – odpowiadająca dopuszczalna wartość natężenia pola elektrycznego.

3. W polach o wartościach natężenia pola elektrycznego wyższych od E_p przebywanie pracowników jest zabronione.

Istniejące dopuszczalne wartości natężeń pól magnetycznych

Porównanie istniejących krajowych dopuszczalnych wartości natężenia pola magnetycznego przedstawiono na rycinie 5; oznaczono na niej:

■ H_{Dop-Sr} – dopuszczalna wartość natężenia pola magnetycznego w ramach ochrony populacji ogólnej,

■ H_{0-BHP} , H_{2-BHP} – dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego w ramach BHP,

■ $H_{ICNIRP-BHP}$, $H_{ICNIRP-Sr}$ – dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego zgodnie z przepisami UE.

Propozycja dopuszczalnych wartości natężeń pól magnetycznych

Krajowe wartości dopuszczalnego natężenia pola magnetycznego rażąco odbiegają od propozycji dyrektywy UE i to na niekorzyść ludzi, zarówno dla pracowników, jak i dla populacji ogólnej zatem należy przyjąć wartości proponowane przez dyrektywę UE. Wartości te przedstawiono w tabelach 6 i 7 oraz na rycinie 6.

Zgodnie z zaproponowanymi wartościami dopuszczalnych natężeń PEM obowiązują następujące zasady przebywania w polach:

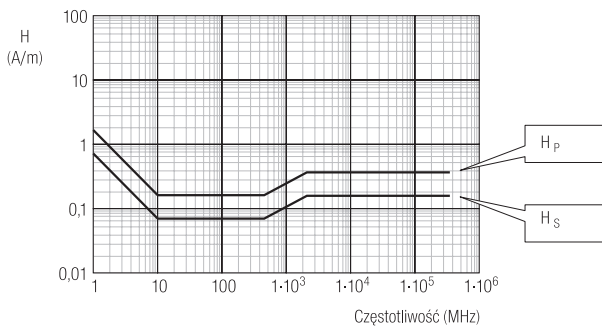
1. W polach o wartościach natężenia pola elektrycznego mniejszych od H_s przebywanie ludzi dozwolone jest bez ograniczeń.

Tabela 6. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego w ramach ochrony populacji generalnej H_S

Częstotliwość	H_S A/m
1 MHz–10 MHz	0,73/f
10 MHz–400 MHz	0,073
400 MHz–2 GHz	0,0037 $f^{1/2}$
2 GHz–300 GHz	0,36

Tabela 7. Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego w ramach ochrony pracowników H_p

Częstotliwość	H_p A/m
1 MHz–10 MHz	1,6/f
10 MHz–400 MHz	0,16
400 MHz–2 GHz	0,008 $f^{1/2}$
2 GHz–300 GHz	137

**Ryc. 6.** Proponowane dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego dla ochrony pracowników H_p oraz populacji generalnej H_S .

2. W PEM o wartościach natężenia wyższych od H_S , ale mniejszych od H_p , ustanawia się zawodową strefę ochronną, w której przebywanie osób niezatrudnionych jest zabronione. Przebywanie pracowników w tej strefie ochronnej jest dozwolone w ciągu zmiany roboczej, przy czym czas przebywania w polu ulega skróceniu w zależności od natężenia pola magnetycznego, zgodnie z zależnością:

$$t \text{ (godz)} = 0,35 (H_p/H)^2$$

gdzie:

H – wartość natężenia pola magnetycznego na stanowisku pracownika;

t – dopuszczalny czas przebywania pracownika w polu o takim natężeniu;

H_p – odpowiadająca dopuszczalna wartość natężenia pola magnetycznego.

3. W polach o wartościach natężenia pola magnetycznego wyższych od H_p przebywanie pracowników jest zabronione.

WYBRANE WYPOWIEDZI CZŁONKÓW KOMISJI

Prof. dr hab. med. Stanisław Szmigielski: NDN dla PEM wg obowiązujących obecnie w Polsce przepisów różnią się od NDN przyjętych w przepisach UE. Dla niektórych częstotliwości PEM pracownicy mogą podlegać ekspozycji w polach o natężeniach znacznie wyższych niż pozwala na to dyrektywa UE (3), dotyczy to szczególnie składowej magnetycznej PEM. Z kolei NDN obowiązujące w Polsce, w ramach ochrony populacji generalnej, są znacznie niższe niż dopuszcza Rekomendacja UE (5).

NDN, sprecyzowane w przepisach polskich, nie znajdują dostatecznego uzasadnienia w aktualnym stanie wiedzy o oddziaływaniu biologicznym PEM i ryzyku zdrowotnym, wynikającym z długotrwałej ekspozycji w PEM o niewielkim natężeniu. Nawet w dostępnej literaturze specjalistycznej nie ma żadnych wiarygodnych danych na temat zależności skutków zdrowotnych ekspozycji w PEM od dozy ekspozycyjnej, wyrażonej jako iloczyn natężenia PEM i czasu ekspozycji, co jest podstawą polskich przepisów o ochronie pracowników. Ponadto nieznanne są wartości progowe natężeń PEM, przy których można spodziewać się skutków zdrowotnych, choć istnieje wiele publikacji, wskazujących na możliwość pojawiania się mierzalnych efektów biologicznych i skutków zdrowotnych po ekspozycji w PEM o niewielkich i bardzo niewielkich natężeniach. Tradycyjnie, od ponad 30 lat, przepisy o ochronie pracowników i ludności obowiązujące w Polsce uwzględniają możliwość pojawiania się skutków zdrowotnych po wieloletniej ekspozycji w PEM o niewielkich natężeniach i również proponowane nowe NDN powinny taką możliwość uwzględnić.

W tej sytuacji konieczne jest podjęcie próby ujednolicenia przepisów ochrony pracowników i ludności (środowiska) przed PEM, obowiązujących w Polsce z zaleceniami przepisów UE. Propozycja NDN PEM w ramach ochrony pracowników i ludności powinna uwzględnić:

- słabą znajomość skutków ekspozycji w PEM o małych natężeniach i brak możliwości ustalenia wartości granicznych natężenia PEM dla powstania takich skutków;

- dobre uzasadnienie NDN sprecyzowanych w przepisach UE i propozycjach ICNIRP (4) jako pod-

stawę dla wartości granicznych przy krótkotrwałych ekspozycjach;

- brak danych potwierdzających zależność skutków zdrowotnych od dozy ekspozycyjnej PEM i czasu pracy czy zamieszkania w środowisku o podwyższonym natężeniu PEM;

- zmienność wielkości ekspozycji pracowników i ludności w ciągu zmiany roboczej lub doby i trudność określenia wielkości tej ekspozycji dla celów przepisów ochrony przez PEM.

Przy opracowaniu propozycji NDN PEM w ramach ochrony pracowników i ludności należy wypracować jednolite stanowisko zespołu roboczego w sprawie:

- podziału spektrum częstotliwości PEM (0–300 GHz) na odcinki, dla których opracowywane będą wartości NDN; zalecałbym podział zgodny z propozycjami ICNIRP oraz z przepisami UE z możliwością połączenia sąsiadujących odcinków, szczególnie w zakresie bardzo niskich częstotliwości (0–1 kHz lub 0–1 MHz). Podział spektrum częstotliwości powinien być identyczny dla składowej elektrycznej i magnetycznej. Przyjęcie podziału spektrum PEM identycznego z propozycjami ICNIRP ułatwiłoby porównanie NDN i łatwiejszą dyskusję o propozycjach NDN dla długotrwałej ekspozycji;

- przyjęcia NDN wg dyrektywy UE o ochronie pracowników przed działaniem PEM (NDN_{ICNIRP}) jako NDN dla krótkotrwałej ekspozycji osób zatrudnionych i dopuszczonych do pracy w PEM; należy zdefiniować znaczenie pojęcia „ekspozycja krótkotrwała” jako np. ekspozycja nie przekraczająca określonego czasu (np. 15, 30 lub 60 minut) jednorazowo albo łącznie w czasie zmiany roboczej;

- rezygnacji z koncepcji dozy i stref ochronnych wobec braku danych potwierdzających zależność skutków zdrowotnych od dozy ekspozycyjnej PEM i czasu pracy czy zamieszkania w środowisku o podwyższonym natężeniu PEM, a także przyjęcie dodatkowych dwu poziomów NDN dla ekspozycji trwającej do 4 godzin w czasie zmiany roboczej (np. $1/2 NDN_{ICNIRP}$) oraz ekspozycji w czasie całej zmiany roboczej (np. $1/4 NDN_{ICNIRP}$);

- ochrony ludności przed działaniem PEM i przyjęcia NDN wg dyrektywy UE ($1/5 NDN_{ICNIRP}$) jako normatyw dla ekspozycji krótkotrwałej (np. 1–2 lub do 4 godzin) w miejscach czasowego przebywania ludności oraz drugi poziom NDN (np. $1/10$ lub $1/15 NDN_{ICNIRP}$) jako normatyw dla ekspozycji ciągłej (24-godzinnej) w miejscach stałego przebywania ludności.

Prof. dr hab. inż. Hubert Trzaska, dr inż. Paweł Bienkowski: Przedmiotem uwag są opracowania przygotowane przez zespoły Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi i Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii w Warszawie (przedstawione wyżej), a dotyczące potrzeby zmian istniejących przepisów, dotyczących ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Potrzeba tych zmian jest dwojaka:

- nasze przystąpienie do Unii Europejskiej i zalecenia unifikacyjne w ramach Unii, a także, co ważniejsze,

- konieczność wypracowania w miarę rozsądnych unormowań na potrzeby krajowe.

Wymagania unijne nie narzucają obowiązku przenoszenia unijnych aktów prawnych na niwę poszczególnych krajów, zwłaszcza, jeżeli unijna ranga tych przepisów to rekomendacja. W interesującej nas dziedzinie mamy dość szeroką dowolność w podejściu do zagadnienia i możliwość ustanawiania norm krajowych według własnych potrzeb. Biorąc pod uwagę bardzo dyskusyjną zasadę w postaci „reference levels” i ich podległości „basic restriction”, wydaje się celowym opracowanie oryginalnych unormowań krajowych, jednak nawiązujących do zaleceń unijnych. Tu sprawdza się podstawowa zasada przyjęta w zaleceniach unijnych czy normach amerykańskich: nierozdzielność bezpieczeństwa pracy i ochrony populacji generalnej. Wprowadzenie jednolitego przepisu może u nas napotkać na opory ze strony zainteresowanych resortów, choć w interesie publicznym jest ujednoczenie obu tych podejść w ramach jednego aktu prawnego.

Przepisy higieniczne (8) wywodzą się w dużej mierze z naszego położenia geopolitycznego w niedalekiej przeszłości i wprowadzają wiele nowatorskich rozwiązań, np. pojęcie stref ochronnych (15). Ich obecna postać jest hybrydą tego, co było próbami unowocześnienia. Po ich wprowadzeniu w roku 2001 mówiło się, w czym wszyscy byli zgodni, o potrzebie i możliwościach ich modyfikacji (np. w trakcie spotkania w Dusznikach – Konferencja nt. „Zagrożenia elektromagnetyczne – znowelizowane zasady oceny ekspozycji zawodowej”, Warszawa–Duszniki 2001 r.). Skończyło się jak w powiedzeniu określającym prowizorki jako najtrwalsze rozwiązania.

W ochronie środowiska (9) aktywności było mniej, a modyfikacje wprowadzane do kolejnych wersji przepisów o znacznie mniejszej dyspersji.

Dobrze się stało, że Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych wystąpiło z inicjatywą, dzięki której powstały recenzowane opracowania. Szkoda, że w powo-

lanej grupie roboczej nie są w pełni reprezentowane wszystkie zainteresowane ośrodki krajowe. Uzupelnienie tego braku jest warunkiem *sine qua non* powodzenia zamierzenia.

Nie będziemy tu wypisywać zastrzeżeń, jakie budzą oba krajowe unormowania. Prezentowano je wielokrotnie (16). Przypomnimy kilka podstawowych zasad, które powinny być tu brane pod uwagę:

a) każdy przepis musi być jasny, prosty, zrozumiały i realizowalny,

b) formułowanie każdego przepisu wiąże się z pewnymi założeniami przyjmowanymi arbitralnie,

c) żaden przepis nie jest w stanie zadowolić wszystkich zainteresowanych,

d) przepis powinien zawierać delegację do jego przyszłych unowocześnień, zwłaszcza w naszej, szybko zmieniającej się branży.

Pasma częstotliwości. Zalecenia UE wprowadzają przedziwny podział pasm częstotliwości (stwierdzenie to dotyczy także wartości ekspozycji i zależności częstotliwościowych). Podział ten wynika z dogmatycznego przyjęcia $SAR = 4 \text{ W/kg}$ i przeliczeń odpowiedników połowych jako dopuszczalnych poziomów ekspozycji, tak aby uzyskana linia łamana w sposób quasiciągły najbardziej aproksymowała wyniki obliczeń. Zwróćmy tu uwagę na znaczne błędy, jakimi jest obciążona ta procedura. Wynikają one z przyjętego oświetlenia pionowego modelu falą płaską, spolaryzowaną zgodnie z osią modelu. Arbitralność takiego rozwiązania jest oczywista i prowadzi do znacznych rozbieżności przy zmianie kształtu i położenia modelu względem pola, rodzaju pola, przyjętych parametrów zastępczych modelu i in. Także zespół z IMP w Łodzi (patrz wyżej) zwraca tu uwagę na potrzebę uwzględnienia, w zakresie małych częstotliwości, efektów prądowych. Podejście takie powtarzają nasi autorzy i ma ono miejsce w rozporządzeniu (8). Tylko przepis środowiskowy przyjmuje rozsądny podział częstotliwości.

Odstępstwo od przyjętych podziałów częstotliwości sugeruje jakąś znaczącą zmianę efektów, jakie tej częstotliwości towarzyszą. Tymczasem czegoś takiego nie ma, a przyjęcie podziałów częstotliwościowych wynika z mechanistycznego podejścia do rezultatów obliczeń.

Jak powinien wyglądać podział częstotliwościowy:

1. 0–10 Hz, pasmo bardzo małych częstotliwości (b.m.cz.); w naszym przypadku dotyczy to głównie stałych pól E i H,

2. 10 Hz–1 kHz, energetyka i jej harmoniczne, zgrzewarki,

3. 1–100 kHz, głównie grzejnictwo indukcyjne,
4. 0,1–30 MHz z możliwością rozbicia na dwa podzakresy:

■ 0,1–1,6 MHz, fale średnie, grzejnictwo pojemnościowe,

■ 1,6–30 MHz, fale krótkie,

5. 30–300 MHz, radiofonia, radiotelefony, telewizja,

6. 300 MHz–300 GHz, mikrofały.

Podział taki z grubsza pokrywa się z przyjętym w rozporządzeniu (9), co nie znaczy, że nie można tego podziału jeszcze uprościć.

Zaletą przedstawionego podziału jest zgodność z przyjętym w elektro- i radiotechnice, oraz brak, przynajmniej obecnie w warunkach krajowych, konfliktów interesów na częstotliwościach granicznych.

Wartości ekspozycji. Uwagi dotyczące proponowanych poziomów ochronnych zacznijmy od dwu stwierdzeń:

■ dokładność prowadzonych badań biomedycznych jest niewielka, co pozwala na elastyczne podejście do danych literaturowych i przyjmowania propozycji rozwiązań,

■ wszystkie liczby, które proponuje się poniżej, są jedynie przykładami możliwości rozwiązań i żadną miarą nie są sugestiami dotyczącymi przyjęcia takich, a nie innych ekspozycji – to musi być domeną biologów i lekarzy, a inżynierom pozostaje tylko rola wygładzacz, co właśnie staramy się czynić.

Przypomnijmy, że podając jako wartość ekspozycji, np. 137 V/m, mimo wszelkich manipulacji uśredniających, sugerujemy, że nasza wiedza biomedyczna jest na poziomie niedokładności poniżej 1%. Ponadto rzetelność metrologiczna wymaga pomiaru podanej wartości z dokładnością do ostatniego miejsca po przecinku; w tym przypadku $\pm 1 \text{ V/m}$. Tymczasem zmieniając tą wartość, np. na 130 V/m, jest to $\pm 10 \text{ V/m}$, czyli już w granicach rozsądku. Przytoczonej uwagi absolutnie nie zmienia stwierdzenie, że obie wartości mogą być podane z dokładnością, np.: $\pm 10\%$.

Ciekawe, że oba zespoły opracowujące propozycje robią tu krok do tyłu, obowiązujące bowiem przepisy krajowe są w tej mierze godne uznania.

Dla „purystów”, żądających określenia dopuszczalnych ekspozycji z dużą dokładnością, zalecamy uważne przesłanie Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej (8) w części dotyczącej innych zagrożeń. Podane tam wartości są zawsze okrągłe.

Poza poziomami ochronnymi, które powinny być okrągłe, jest problem przyjęcia koncepcji ciągłej zmiany ekspozycji (jak w większości w Rozporządzeniu

MPiPS (8)), czy nieciągłej (jak w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (9)).

Biorąc pod uwagę naszą niewielką wiedzę biomedyczną i niewiele lepsze możliwości metrologiczne, niżej podpisani, optują ku rozwiązaniu „nieciągłemu”. Wydaje się, że nasz przepis środowiskowy jako dopuszczający niższe ekspozycje w stosunku do zaleceń UE jest całkiem niezły, także pod względem „propagandowym”, powinien zatem zadowolić zarówno eurosceptyków (jesteśmy lepsi w dbałości o obywateli!), jak i osoby uczulone czy „nawiedzone”. Ponadto podane wartości są na tyle wysokie, że ich przekroczenie należy do rzadkości i w tym względzie zadowala odpowiedzialnych za wytwarzanie promieniowań. Abstrahując od jego „nieciągłej” koncepcji można tu zadowolić kolegów purystów zamieniając $0,1 \text{ W/m}^2$ na 7 V/m w zakresie do 300 GHz (pozbywamy się nieciągłości na poziomie 10%). Wydaje się, że w ślad za zespołem z WIHiE (rozdział 4), w zakresie częstotliwości od 10 MHz wzwyż, warto uwzględnić ograniczenia wg Eastern European Regional EMF Meeting and Workshop (7) w całym zakresie częstotliwości (tylko na poziomie, np. 7, a nie $6,3 \text{ V/m}$), a normę „zawodową” umieścić na poziomie, np. + 20 dB w identycznych przedziałach częstotliwości.

Jednak oba podejścia umożliwiają zaproponowanie możliwie prostych rozwiązań. W tabeli 8 przedstawiono wersję „ciągłą”, zaś w tabeli 9 wersję „nieciągłą”.

W obu tabelach uwzględniono relację E/H. Monotoniczność zmian tej relacji jest zachowana w zaleceniach UE, w naszych przepisach występuje dziwne lokalne maksimum przy m.cz. co koniecznie należy skorygować.

Nie jest jasne pochodzenie dopuszczalnej wartości tła pola H przy 50 Hz równa $2,5 \text{ A/m}$. Doświadczenie wskazuje, że wartości H w miejscach zamieszkania mogą przekraczać kilka A/m (vide prace Gandhi'ego (18)).

Jednostki. Obie propozycje przyjmują jako jednostki podstawowe V/m i A/m, także na bardzo wysokich częstotliwościach (b.w.cz.). Jest to jakieś odzwierciedlenie rzeczywistości, przedmiotem pomiaru jest bowiem E lub H. Możliwości są tu dwie:

- przywrócenie S powyżej 300 MHz jako jednostki tradycyjnej,

- pozostawienie E i H, co usuwa nieciągłość przy przejściu z E lub H na S.

Przy okazji zwrócimy uwagę na zbyteczność określania pola H powyżej 30 MHz. Powód po tego jest dwojaki:

Tabela 8. Proponowane wartości dopuszczalnej ekspozycji zawodowej (dla ciągłej zmiany częstotliwości) (17)

Zakres częstotliwości MHz	Pole E V/m	Pole H A/m	Gęstość mocy W/m^2	E/H Ω
0,003–0,1	600	160		3,75
0,1–3	600	16/f		37,5 f
3–30	1800/f	16/f		112,5
30–100	60	16/f		3,75 f
100–300	60	0,16		375
300–300000			10	

Tabela 9. Proponowane wartości dopuszczalnej ekspozycji zawodowej (dla nieciągłej zmiany częstotliwości) (16)

Lp.	Zakres częstotliwości	Pole E	Pole H	Gęstość mocy S W/m^2	E/H Ω
1	$0 \leq f \leq 1 \text{ kHz}$	25 kV/m	2,5 kA/m		10
2	$1 \text{ kHz} < f \leq 100 \text{ kHz}$	1 kV/m	25 A/m		40
3	$0,1 \text{ MHz} < f \leq 30 \text{ MHz}$	100 V/m	0,25 A/m		400
4	$30 \text{ MHz} < f \leq 300 \text{ MHz}$	100 V/m			
5	$300 \text{ MHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$			25	

- niewystępowanie znaczących pól H powyżej kilku MHz,

- przeliczalność E, H i S w tym zakresie częstotliwości, nawet w polach niezbyt odległych od źródła, co wykazał Kubacki (19).

Dodajmy, że nowe opracowanie mierników ITA zapewnia opcję odczytu mierzonego pola w dowolnych jednostkach.

Wykładniki potęgowe. Jeżeli już przyjmuje się konieczność częstotliwościowej quasiciągłości dopuszczalnej ekspozycji, to niech ona zależy od f, a nie f^2 czy pierwiastka z f. Antyprzykładem są tu zalecenia EU. Ponadto wszędzie tam, gdzie ewentualnie wystąpi zależność od f, należy zwrócić uwagę na zaokrąglanie przeliczonych wartości, f mierzy się z dokładnością powyżej 10^{-10} , co może zostać zrozumiane jako konieczność podania mierzonej wartości PEM z tą samą dokładnością.

Doza. Nie mamy wątpliwości, że mowa o dozie w przepisie środowiskowym to absurd. Natomiast podawanie dozy w przepisie „zawodowym” nie jest konieczne. Powinien on być skonstruowany w taki sposób, że podana wartość ekspozycji odpowiada osmiogodzinnemu czasowi pracy. Zaniechanie mówienia o dozie jest nakazem natury praktycznej, usuwa bowiem wszelkiego rodzaju zastrzeżenia dotyczące ekspozycji nieciągłej – kto i na jakiej podstawie miałby taką ekspozycję oceniać, zwłaszcza gdy jest ona nieregularna w czasie.

Ponadto, jeżeli mowa o dozie, to powinna być ona liczona jako E_t , a nie E^2t , przedmiotem ochrony jest bowiem E , a nie P – choć u podstaw normy, jak podano w dyrektywie 2004/40/EC(3), leżą efekty termiczne.

Jeżeli większość uzna za konieczne wprowadzenie do przepisów zawodowych pojęcia dozy, proponuje się następujące rozwiązanie:

- ustalenie poziomu dopuszczalnej ekspozycji zawodowej na poziomie ośmiogodzinnego dnia pracy odpowiadającego ekspozycji ciągłej,

- dopuszczenie czasowego przebywania w polach o natężeniach wyższych od dopuszczalnych przy założeniu maksymalnej dozy równej $8E$; wtedy czas przebywania wyniesie $t = 8E/E_{\max}$, (znów bez kwadratu),

- uznanie, że nieprzekraczalna wartość E może być równa:

$$xE$$

gdzie:

x – uznane za dopuszczalne przekroczenie dopuszczalnej wartości E ; np. $x = 3$).

Prof. dr hab. inż. Andrzej Krawczyk: Dokumenty, zarówno krajowe, jak i międzynarodowe, normalizujące sferę oddziaływań elektromagnetycznych na człowieka, charakteryzują się dużą niespójnością i nie mają jasno podanych podstaw merytorycznych, wskazujących na prawidłowość doboru wartości parametrów PEM. Dowodów na to można wskazać bardzo wiele – tutaj chciałbym się skupić na kilku.

1. W rekomendacji UE z 12 lipca 1999 (1999/519/EC) (5) oraz w dyrektywie unijnej z 19 kwietnia 2004 (2004/40/EC) (3) podaje się dwie grupy wartości, różnie je nazywając: w rekomendacji mamy basic restriction i reference levels, a w dyrektywie exposure limit values i action values. Pierwsze wielkości są związane z oceną zagrożenia człowieka i są niemierzalne, drugie zaś – z wielkościami możliwymi do pomierzenia. Ocena zagrożenia odbywa się według tych dokumentów dwustopniowo: jeśli wartości dopuszczalne mierzalne nie zostały przekroczone to ekspozycja jest oceniona jako bezpieczna, jeśli wartości mierzalne zostały przekroczone, to następuje etap drugi, czyli konfrontacja z wielkościami z pierwszej grupy, a więc basic restrictions albo exposure limit values. I tutaj pojawia się zasadnicza niejednoznaczność, bo wielkości niemierzalne mają być wyznaczane poprzez symulację komputerową. Wiadomym jest dla każdego, kto zajmuje się obliczeniami numerycznymi, że na dokładność rozwiązania przy stosowaniu tego samego programu obliczeniowego mają wpływ przeróżne czynniki, wynikające zarówno z samego modelu numerycznego

(dyskretyzacja, parametry komputera), jak i przyjętego modelu matematycznego (geometria obiektu, parametry wewnętrzne obiektu, parametry źródła pola). Trudno zatem oczekiwać, że symulacja prowadzona w różnych ośrodkach da jednakowe wyniki. A wzięwszy jeszcze pod uwagę fakt, że ośrodki badawcze używają różnego oprogramowania, to sytuacja, w której wyniki symulacji miałyby decydować o ważnych decyzjach technicznych, wydaje się być zupełnie dziwaczna. Można oczywiście rzecz całą ujednoznaczyć poprzez stworzenie jednoznacznego fantomu komputerowego ze standardowymi parametrami, modelowego źródła PEM, posiadanie tego samego oprogramowania i tego samego sprzętu. Jeśli nawet z przesadą przedstawiłem te wymagania, to i tak pozostaje problem potrzeby ujednoznaczenia przepisów (bądź ich likwidacji).

2. Podawanie w niektórych przepisach ograniczenia czasu ekspozycji (tzw. dozy) jest w pewien sposób uzasadnione, kiedy efektem oddziaływania PEM jest nagrzewanie tkanki – wtedy czas trwania ekspozycji determinuje przyrost temperatury. Ale dozy wprowadzane są też do oceny PEM niskiej częstotliwości, gdzie nie występuje efekt kumulacji zagrożenia. Takie podejście wprowadza kolejną niespójność w przepisach.

3. Przepisy unijne każą uśredniać w okresie 6 minut wspomniane w punkcie 1 wartości niemierzalne. Jeśli dopuszcza się określenie tych wielkości w drodze symulacji komputerowej, to jaki sens ma owo uśrednianie? Zupełne pomieszanie pojęć...

PODSUMOWANIE

Nawet pobieżna analiza przedstawionych wyżej wypowiedzi członków Komisji ds. Problemów Bioelektromagnetycznych przy Polskim Towarzystwie Badań Radiacyjnych Komisji pokazuje, że są wszyscy są zgodni jedynie co do konieczności weryfikacji polskich przepisów o NDN w PEM. Jednak w szczegółach poglądy poszczególnych członków na temat kierunku zmian NDN są rozbieżne. Różnice dotyczą w zasadzie wszystkiego, począwszy od uzasadnienia proponowanych wartości NDN (z jednej strony pogląd o dozowym działaniu przewlekłej ekspozycji na PEM, prezentowany przez dr H. Aniołczyk i dra hab. M. Zmyślonego, z drugiej zaś podkreślenie braku dowodów na takie działanie PEM przez prof. dra hab. med. S. Szmigielskiego) aż do przedziałów częstotliwości (z jednej strony postulat przyjęcia podziału obowiązującego w przepisach UE prof. dra hab. med. S. Szmigielski, dra hab. inż. R. Kubackiego z zespołem,

z drugiej postulat gruntownych zmian granic przedziałów częstotliwości prof. dra hab. inż. H. Trzaski i dra inż. P. Bienkowskiego. Do przedyskutowania pozostają też problemy związane z dokładnością określania wartości NDN (związane z problemami metrologicznymi, obliczeniowymi oraz z dokładnością danych na temat wartości progowych efektów biologicznych) czy ich jednostkami. Jednak wydaje się, że bardzo wnikliwa analiza niedostatków obecnie obowiązujących krajowych przepisów nt. wartości NDN, jaka została dokonana w trakcie prac komisji, a także prezentowany przez członków komisji wysoki poziom wiedzy na temat uwarunkowań tworzenia normatywów, pozwala z nadzieją oczekiwać, że stworzony zostanie nowoczesny i spójny normatyw a co najważniejsze, dobrze służący ludziom ekspozycyjnemu na PEM.

PIŚMIENNICTWO

1. Konferencja naukowa „Ochrona przed polami elektromagnetycznymi 0–300 GHz w Polsce – nowe przepisy i perspektywy ich harmonizacji z wymogami Unii Europejskiej”, Łódź, 16–17 grudnia 2002. *Med. Pr.*, 2003;2:167–201
2. Konferencja naukowa „Ochrona przed polami elektromagnetycznymi 0–300 GHz w Polsce – nowe przepisy i perspektywy ich harmonizacji z wymogami Unii Europejskiej” (część II), Łódź, 16–17 grudnia 2002. *Med. Pr.*, 2003;3:269–305
3. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). *EN Off. J. EU*, L159, Brussels, 30.04.2004
4. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.*, 1988;74(4):494–522.
5. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). *Off. J. European Communities*, L 199/59, Brussels, 30.07.1999
6. Baumann J., Goldberg G.: Regulation for the Protection of the General Population in Switzerland. *Proceedings of the International Wrocław Symposium on Electromagnetic Compatibility EMC 2000*; 27–30 czerwca 2000; Wrocław. Instytut Łączności, Wrocław 2000, ss. 410–412
7. 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”; 29 kwietnia – 3 maja 2001; Warna, Bułgaria [streszczenia, referaty programowe]. National Centre of Hygiene, Sofia 2001
8. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia, zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU* 2001, nr 4, poz. 36
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r., w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów dotrzymania tych poziomów. *DzU* 2003, nr 192, poz. 1883
10. Aniołczyk H.: Koncepcja polskich przepisów o NDN 2001 w polach elektromagnetycznych wielkiej częstotliwości a rekomendacje Unii Europejskiej. *Med. Pr.*, 2003;54(2):181–187
11. Aniołczyk H.: Electromagnetic Fields from Devices, Installations, and Systems in Protection of Humans in Occupational Environment. *Proceedings of the PIERS 2004 Symposium „Progress in Electromagnetic Research”*; 28–31 kwietnia 2004; Pisa, Italy[CD-rom]. University of Pisa, Italy 2004, ss. 879–882.
12. Bernhardt J.H.: The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effects. *Radiat. Environ. Biophys.*, 1988;27:1–27
13. Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J. i wsp.: A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer*, 2000;83(5):692–698
14. Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.Y., Poole C., Kelsh M.A.: A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood Leukemia-EMF Study Group. Epidemiology*, 11(6), 624–634.
15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym. *DzU* 1972, nr 21, poz. 153
16. Trzaska H.: Ochrona przed polami elektromagnetycznymi 0–300 GHz w Polsce, nowe przepisy i perspektywy ich harmonizacji z wymogami Unii Europejskiej. *Med. Pr.*, 2003;54(2):197–201.
17. Trzaska H.: Limitations in the SAR use. *The Environmentalist*, 25/2005, ss.181–185.
18. Chen J.Y., Gandhi O.P., Wu D., Sarvepalli V.: Electric Field and Current Density Distributions Induced in a Millimeter-Resolution Human Model for EMFS of Power Lines. *Proceedings of the 16th Annual Meeting of the BEMS*; 12–17 czerwca 1994; Copenhagen, Denmark
19. Kubacki R.: Modelowanie rozkładu promieniowania mikrofalowego w polu bliskim anten oraz pewne konsekwencje biomedyczne. *Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2000*