

Marek Zmysłony¹
Halina Aniołczyk¹
Alicja Bortkiewicz²

WPŁYW POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO ZAKRESU VHF I UHF NA UKŁAD KRĄŻENIA I REGULACJĘ NEUROWEGETATYWNĄ PRACOWNIKÓW RADIOWO-TELEWIZYJNYCH CENTRÓW NADAWCZYCH. I. OCENA EKSPOZYCJI*

EXPOSURE TO VHF AND UHF ELECTROMAGNETIC FIELDS AMONG WORKERS EMPLOYED IN RADIO AND TV BROADCAST CENTERS. I. EXPOSURE ASSESSMENT

¹ Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

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

² Zakładu Fizjologii Pracy i Ergonomii

Kierownik zakładu: dr hab. med. T. Makowiec-Dąbrowska

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

STRESZCZENIE Radio i telewizja stanowią współcześnie jedne z najszybciej rozwijających się dziedzin działalności technicznej człowieka. Współcześnie najważniejszym nośnikiem programów radiowych i telewizyjnych są fale ultrakrótkie pasma VHF (30–300 MHz) i UHF (0,3–3 GHz). W Polsce w latach 60.–70. powstała sieć radiowo-telewizyjnych centrów nadawczych (RTCN) z wysokimi (ponad 200 m) masztami, w których skoncentrowana jest większość stacji nadawczych programów ogólnopolskich i regionalnych (dla obszaru leżącego w zasięgu RTCN). Również obecnie RTCN, nie zmniejszyły swojego znaczenia.

Ocena ekspozycji pracowników wieloprogramowych obiektów nadawczych na pola elektromagnetyczne jest skomplikowana i możliwa do dokonania jedynie w sposób przybliżony, ze względu na zmiany w ciągu historii danego obiektu warunków ekspozycji, wynikające ze zmian ilości i rodzaju nadajników w nim zainstalowanych.

W pracy przedstawiono metodykę retrospektywnego szacowania dozy ekspozycyjnej i wyniki tej oceny dokonanej dla trzech typowych RTCN. Wynika z niej, że w RTCN pracownicy ekspozycyjni są przede wszystkim na pola elektromagnetyczne z zakresu VHF i UHF, a ekspozycję na nie można uznać za dopuszczalną, nie powinna więc ona powodować negatywnych skutków zdrowotnych. Med. Pr. 2001; 52; 5; 321–327

SŁOWA KLUCZOWE: pole elektromagnetyczne, ekspozycja zawodowa, radiowo-telewizyjne obiekty nadawcze

ABSTRACT Nowadays, radio and television have become one of the areas of the human technical activity that develops most rapidly. Also ultra-short waves of VHF (30–300 MHz) and UHF (0.3–3 GHz) bands have proved to be the most important carriers of radio and TV-programs. In Poland, a network of radio and TV broadcast centers (RTCN) with high (over 200 m) masts was set up in the 1960s and 1970s. These centers concentrate the majority of stations broadcasting national and local programs (for areas within the RTCN range). At present, the RTCN established several decades ago are equally important.

The assessment of the exposure to electromagnetic fields among workers of multi-program broadcast stations is complicated and feasible only to a certain degree of approximation because of changing conditions of exposure in individual stations during their long history, resulting from the changing numbers and types of transmitters installed.

In this work, the method of retrospective estimation of exposure dose is described, and the results of the assessment carried out at three kinds of typical RTCN are discussed. The results of the analysis indicate that the workers of RTCN are exposed primarily to electromagnetic fields of VHF and UHF bands, but this exposure may be considered as admissible, hence it should not exert an adverse effect on the workers' health. Med Pr 2001; 52; 5; 321–327

KEY WORDS: electromagnetic field, occupational exposure, radio and TV broadcast stations

WSTĘP

Radio i telewizja stanowią współcześnie jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin działalności technicznej człowieka. W celu nadawania programów wykorzystuje się promieniowanie elektromagnetyczne (PEM) o bardzo szerokim spektrum (od kilkuset kHz do kilku GHz). Jest to promieniowanie długofalowe (30–300 kHz), średnifalowe (0,3–3 MHz), krótkofalowe (3–30 MHz) i ultrakrótkofalowe zak-

resów VHF (30–300 MHz) i UHF (0,3–3 GHz). Współcześnie najważniejszym nośnikiem programów radiowych i telewizyjnych są fale ultrakrótkie pasma VHF i UHF.

Ze względu na konieczność pokrycia sygnałem jak największego obszaru, anteny nadawcze instalowane są na masztach wolno stojących lub usytuowanych na dachach wysokich budynków. Z reguły są one wykorzystywane do instalowania kilku systemów antenowych. Tworzone są w ten sposób wieloprogramowe obiekty nadawcze, składające się z kilku nadajników pracujących z różnymi częstotliwościami, ich anten nadawczych oraz fiderów łączących nadajniki z antenami. W Polsce w latach 60.–70. powstała sieć radiowo-telewizyjnych centrów nadawczych (RTCN) z wysokimi

*Praca przygotowana w ramach Strategicznego Programu Rządowego „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowywanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1998–2001. Główny Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy. Zadanie nr SPR 04.10.58 pt. „Wpływ pól elektromagnetycznych na funkcjonowanie układu krążenia u pracowników wybranych, wieloprogramowych obiektów nadawczych”. Kierownik zadania: dr A. Bortkiewicz.

(ponad 200 m) masztami, w których skoncentrowana jest większość stacji nadawczych programów ogólnopolskich i regionalnych (dla obszaru leżącego w zasięgu RTCN). Również obecnie RTCN, ze względu na ich rozbudowaną infrastrukturę i dobre przygotowanie zawodowe zatrudnionych w nich pracowników, nie zmniejszyły swojego znaczenia i chętnie wykorzystywane są przez nadawców, nie tylko publicznych.

ŹRÓDŁA PEM W RTCN

Instalowane w obiektach wieloprogramowych nadajniki radiowe i telewizyjne pracujące w zakresach VHF i UHF, wytwarzają z reguły sygnały o mocy rzędu kilku – kilkunastu kW, ich anteny nadawcze mają zyski energetyczne kilka – kilkanaście dB, tak więc należy się spodziewać, że są to urządzenia, dające znaczący wkład do wypadkowego PEM, działającego na pracowników. Oprócz urządzeń nadawczych radiowych i telewizyjnych, w obiektach wieloprogramowych instalowane są również urządzenia radio- i telekomunikacyjne (linie radiowe, radiotelefony, stacje bazowe telefonii komórkowej), jednakże ze względu bądź to na charakter emitowanego przez nie pola (wąskie, ściśle kierunkowe wiązki anten linii radiowych), bądź niewielkie moce (moce wychodzące z nadajnika rzędu kilku-kilkudziesięciu watów), znaczącego wkładu do wypadkowego PEM, działającego na pracowników, nie należy się spodziewać, tym bardziej że są to urządzenia bezobsługowe. W związku z powyższym analizę ekspozycji pracowników RTCN na PEM ograniczono w niniejszej pracy do urządzeń nadawczych radiowych i telewizyjnych, pracujących w zakresach VHF i UHF.

W całym okresie eksploatacji RTCN instalowano w nich cztery podstawowe rodzaje urządzeń nadawczych:

1) ultrakrótkofalowe nadajniki radiofoniczne pracujące z częstotliwościami od 66 MHz do 74 MHz (w standardzie OIRT), tzw. „stare UKF”;

2) ultrakrótkofalowe nadajniki radiofoniczne pracujące z częstotliwościami od 87,5 MHz do 108 MHz (w standardzie CCIR), tzw. „nowe” UKF;

3) nadajniki telewizyjne pracujące w I-III zakresie telewizyjnym OIRT (częstotliwość nośnej wizji 49,75 MHz – 223,25 MHz, częstotliwość nośnej fonii 56,25 MHz – 229,75 MHz);

4) nadajniki telewizyjne pracujące w IV-V zakresie telewizyjnym CCIR i OIRT (częstotliwość nośnej wizji 471,25 MHz – 783,25 MHz, częstotliwość nośnej fonii 477,75 MHz – 789,75 MHz).

Jak z powyższego wynika, w RTCN w zakresie UHF pracują jedynie niektóre nadajniki telewizyjne.

W historii tych obiektów można wyróżnić trzy główne okresy:

1) okres początkowy do połowy lat 90., w którym na obiektach pracowały „stare” UKF, nadajniki TV zakresu I-III i nieliczne nadajniki IV-V zakresu;

2) okres przejściowy do końca 1999 roku, gdy jednocześnie pracowały „stare” i „nowe” UKF oraz zainstalowano dużą liczbę nadajników TV IV-V zakresu;

3) okres współczesny od początku 2000 r., kiedy wyłączono z użytkowania „stare” UKF.

Jak z tego wynika, należy spodziewać się, że do połowy lat 90., pracownicy RTCN ekspozycyjni byli głównie na PEM z zakresu VHF.

Pracownicy RTCN mogą być ekspozycyjni na PEM emitowane przez wszystkie trzy główne elementy systemów nadawczych: nadajnik, fider i antenę nadawczą. Charakter PEM jest różny w zależności od rodzaju źródła. W przypadku pracowników znajdujących się w pobliżu nadajników (dokonujących kontroli ich pracy, czy usuwających awarie, czyli pracowników dozoru technicznego i eksploatacji) są to pola strefy indukcji lub bliskiej strefy promieniowania, natomiast wszyscy pracownicy obiektów znajdują się w strefie dalekiej promieniowania anten nadawczych. Ponieważ urządzenia nadawcze stosowane w wieloprogramowych obiektach nadawczych mają charakter elektryczny (w strefie indukcji i bliskim polu promieniowania są polami wielkiej impedancji, dla których $E/H \gg 377 \Omega$), więc w przypadku ekspozycji na PEM bliskie emitowane przez nadajniki i fidery, składową magnetyczną PEM można pominąć. W przypadku PEM emitowanych przez anteny nadawcze, obie składowe w miejscach przebywania ludzi są związane zależnością $E/H = 377 \Omega$. Wydaje się więc uzasadnione, że ocenę skutków biologicznych i zdrowotnych ekspozycji na PEM w obiektach wieloprogramowych można ograniczyć do ich składowej elektrycznej.

EKSPOZYCJA PRACOWNIKÓW RTCN – METODYKA BADAŃ

Celem oceny ekspozycji na PEM jest uzyskanie informacji niezbędnej bądź to do stwierdzenia jej zgodności z przepisami higienicznymi, bądź do prowadzenia badań jej związku z obserwowanymi skutkami biologicznymi. W Polsce do oceny higienicznej wystarcza w zasadzie pomiar wartości maksymalnych PEM (szacowanie dozy wymagane jest jedynie w strefie zagrożenia). W przypadku prowadzenia badań, ze względu na nierozstrzygnięty do chwili obecnej problem sposobu biologicznego działania PEM (ostre czy kumulacyjne), ocena ekspozycji powinna zawierać dane, dotyczące zarówno wartości maksymalnych PEM, jak i ich doz rzeczywistych (dobowych i życiowych). W przypadku wieloprogramowych obiektów nadawczych ocena ekspozycji jest szczególnie skomplikowana ze względu na wspomnianą wyżej zmienność warunków ekspozycji, wynikającą ze zmian ilości i rodzaju nadajników instalowanych na obiektach. W związku z powyższym, oceny ekspozycji długoletnich pracowników danego obiektu nie można dokonywać jedynie na podstawie pomiarów wykonywanych jednorazowo w chwili obecnej. Analiza retrospektywna jest bardzo utrudniona ze względu na brak szczegółowych pomiarów PEM w poszczególnych okresach eksploatacji obiektu. Co prawda w Polsce, w otoczeniu

urządzeń wytwarzających PEM, istnieje obowiązek wykonywanie pomiarów kontrolnych dla celów bhp (w przypadku mikrofal od 1972 r., w przypadku radiofal od 1977 r.), a wyniki pomiarów zestawiane są w protokole, którego jeden egzemplarz znajdować się powinien na obiekcie, jednakże ze względu na specyfikę rutynowych pomiarów wykonywanych dla celów bhp, nie dają one wystarczających danych, niezbędnych w badaniach biologicznych. Pomiaru te ograniczały się jedynie do wyznaczenia wartości maksymalnych PEM i zasięgu stref ochronnych wokół urządzeń nadawczych, nie pozwalają natomiast na ocenę dozy rzeczywistej PEM. Dlatego też ww. protokoły pomiarowe służyć mogą jako materiały pomocnicze przy dokonywaniu oceny ekspozycji.

W wykonywanych badaniach retrospektywną ocenę ekspozycji w wieloprogramowych obiektach nadawczych prowadzono zakładając, że ze względu na zbliżone długości fal emitowanych przez anteny nadawcze w ciągu całego okresu eksploatacji obiektu, charakter przestrzenny PEM na obiekcie nie ulegał zmianie (zmieniał się skład widmowy i wartości pola). Przy takim założeniu do wykonania oceny retrospektywnej wykorzystywano następujące dane:

1) Wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego w badanych obiektach, wykonanych w trakcie realizacji badań, pozwalające na aktualną ocenę ekspozycji (wartości maksymalne PEM i dozy rzeczywiste).

2) Wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego w badanych obiektach, wykonanych w latach ubiegłych dla celów bhp. Dane te służyły do retrospektywnej oceny wartości maksymalnych natężenia pola elektrycznego, działającego na badanych pracownikach.

3) Informacji na temat składu widmowego PEM w typowym obiekcie wieloprogramowym.

4) Informacje o parametrach anten nadawczych zainstalowanych na obiektach badanych, w różnych okresach ich eksploatacji.

Informacje, o których mowa w punktach 3 i 4 pozwalają na oszacowanie wartości doz PEM emitowanego przez anteny nadawcze w poszczególnych okresach eksploatacji danego obiektu. Wynika to z następującego rozumowania: ze względu na znaczne wysokości zainstalowania poszczególnych anten na maszcie RTCN, długości fali promieniowania przez nie emitowanego są znacznie krótsze niż odległości tych anten od miejsc przebywania pracowników. W związku z tym do oceny PEM w miejscach przebywania pracowników można zastosować wzór:

$$E = \sqrt{\frac{(377 \Omega) P}{4\pi r^2}}$$

gdzie:

E – natężenie pola elektrycznego w punkcie pomiarowym,

P – moc emitowana przez antenę,

r – odległość punktu pomiarowego. W przypadku anten emitujących PEM o podobnych częstotliwościach zainstalo-

wanych na różnych obiektach (1 i 2), stosunek natężenia pola elektrycznego w analogicznych punktach pomiarowych na obu obiektach (znajdujących się w tej samej odległości od masztu) z dobrym przybliżeniem jest określony wyrażeniem:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{h_2}{h_1} \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

gdzie:

h_1 i h_2 – wysokości zainstalowania anten (jeżeli stosunek odległości punktu od masztu do wysokości zainstalowania anteny jest 0,2, błąd związany z zastąpieniem odległości od anteny przez wysokość zainstalowania anteny wynosi około 1%).

Znając moc dostarczaną do anten przez nadajniki, wysokość zainstalowania anten i ich zysk energetyczny oraz wartość pola w danym punkcie na jednym z obiektów, wielkość pola elektrycznego w drugim z nich można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$E_{ob} = E_w \left(\frac{h_w}{h_{ob}} \right) \sqrt{\frac{P_{ob}}{P_w}}$$

gdzie:

indeks „ob.” – obiekt badany,

„w” – obiekt referencyjny (typowy RTCN), dla którego znany jest rozkład natężenia pola elektrycznego wokół masztu.

W wyniku powyższych rozważań przyjęto następujący schemat oceny ekspozycji pracowników RTCN:

1) Podzielenie całego okresu eksploatacji obiektu na okresy o niezmiennej ekspozycji (dla każdego z zakresów PEM).

2) Wykonanie pomiarów pozwalających na ocenę ekspozycji w okresie bieżącym.

3) Określenie wartości maksymalnych natężenia pola elektrycznego i wyznaczenie współczynników pozwalających na oszacowanie wielkości zmian poziomu ekspozycji w okresie eksploatacji obiektu (na podstawie danych zawartych w protokołach z pomiarów PEM dla celów bhp i analizy wielkości PEM emitowanych przez anteny, dokonanej według rozumowania przedstawionego wyżej).

4) Przeskalowanie danych, o których mowa w punkcie 2 przy użyciu ww. współczynników.

Ocena dozy ekspozycyjnej dokonywana była na podstawie pomiarów *quasi*-dozymetrycznych (w związku z brakiem wiarygodnych dozymetrów pola elektrycznego). Wymagały one:

1) Oszacowania czasu przebywania pracowników w poszczególnych częściach obiektu w ciągu zmiany roboczej. Cel ten realizowano przeprowadzając chronometraż czasu pracy wybranych pracowników oraz na podstawie wywiadu.

2) Wyznaczenia wartości średniej natężenia pola elektrycznego w ww. obszarach. W praktyce cel ten realizowano wykonując pomiary w kilku-kilkunastu miejscach, dostępnych

dla pracowników w każdym z obszarów, a ich wyniki uśredniano po całym obszarze. W każdym z obszarów wyznaczano również wartość maksymalną pola na jakie może być ekspozycja pracownik.

Ze względu na fakt, że w RTCN głównymi źródłami PEM są urządzenia nadawcze pracujące w zakresach VHF i UHF, ocena była dokonywana oddzielnie dla każdego z nich, a następnie łącznie dla pola wypadkowego (będącego pierwiastkiem sumy kwadratów obu pól składowych). W przypadku korzystania z danych zawartych w protokołach bhp, a dotyczących zakresu UHF, wartości gęstości mocy mikrofalowej przeliczano na wartości natężenia pola elektrycznego, korzystając z ich związku obowiązującego dla fali płaskiej.

Pomiary natężenia pola elektrycznego wykonywano przy użyciu szerokopasmowego miernika natężenia pola elektrycznego, magnetycznego i gęstości mocy mikrofalowej typ MEH-1a nr 017, prod. Politechniki Wrocławskiej:

- z sondą kierunkową typu AE-2 nr 017. Zestaw ten pozwala na szerokopasmowy pomiar natężenia pola elektrycznego o częstotliwości 10–300 MHz w zakresie natężenia pola od 0,4 V/m do 15 V/m. Niedokładność pomiaru pola wynosi $\pm 10\%$ w swobodnej przestrzeni i ± 3 dB w odległości 10 cm od pierwotnych lub wtórnych źródeł promieniowania;

- z sondą kierunkową typu AS-2 nr 017. Zestaw ten pozwala na pomiar gęstości mocy mikrofalowej w zakresie 0,005 W/m² – 100 W/m² w paśmie 0,4–14 GHz. Niedokładność pomiaru pola wynosi $\pm 15\%$ w swobodnej przestrzeni i ± 4 dB w odległości 10 cm od pierwotnych lub wtórnych źródeł promieniowania.

Jak wynika z podanych wyżej danych sond pomiarowych, zakresy mierzonych przez nie PEM są rozdzielne (koniec zakresu pomiarowego sondy AE-2 wynosi 300 MHz, początek zakresu sondy AS-2 jest 400 MHz). Błąd pomiaru wynikający z wpływu PEM spoza zakresu pomiarowego wynosi około 10%, nie ma więc większego wpływu na jakość uzyskiwanych wyników.

EKSPOZYCJA NA PEM ZAKRESU VHF I UHF W WYBRANYCH RTCN – WYNIKI BADAŃ

Ocenę ekspozycji na PEM zakresu VHF i UHF przeprowadzono w trzech RTCN, typowych dla terenów płaskich. Wybrane parametry anten nadawczych zainstalowanych na ich masztach antenowych przedstawiono w tabeli I.

Retrospektywną analizę wielkości doz w poszczególnych obiektach prowadzono na podstawie wyników pomiarów natężenia pola elektrycznego i gęstości mocy, wykonanych w 1998 r. w RTCN Ślęza przez Pracownię Zagrożeń Elektromagnetycznych Instytutu Medycyny Pracy oraz Laboratorium Badań RSDWR i Techniki Mikrofalowej (Pracownia Techniki Mikrofalowej), Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia przy użyciu analizatora widma HP 8563E prod. Hewlett Packard (1).

W tabelach II–IV przedstawiono wyniki oceny wielkości ekspozycji na pole elektryczne (wartość maksymalną, średnie natężenie pola elektrycznego na obiekcie i dozę dobową) na poszczególnych obiektach w zależności od zakresu PEM (odpowiednio VHF, UHF i pole wypadkowe). Oceny tej dokonano dla różnych grup zawodowych zatrudnionych w RTCN: kierownictwo, eksploatacja (wraz z dozorem technicznym), obsługa (pracownicy warsztatów, ogrodnicy, kierowcy itp.), wartownicy, których zakresy obowiązków różniły czasy przebywania w poszczególnych częściach obiektu, a tym samym wpływają na wielkość ekspozycji. Dla przykładu: pracownicy obsługi i wartownicy nie przebywają w pobliżu nadajników, ekspozycją są więc jedynie na pola emitowane przez anteny (rzadziej fidery). Zgodnie z tym co powiedziano wyżej, ocena była wykonywana dla trzech różnych okresów eksploatacji: początkowego (do połowy lat 90.), przejściowego (do końca 1999 roku) i współczesnego.

Jak wynika z tabel II i III pracownicy RTCN są ekspozycją głównie na PEM z zakresu VHF, chociaż w ostatnim okresie, gdy zostały wyłączone nadajniki „starego” UKF, udział PEM z zakresu UHF w całkowitym widmie stał się bardziej znaczący. Aby stwierdzić, czy ekspozycja na PEM z obu

Tabela I. Wysokości zainstalowania poszczególnych systemów antenowych pracujących w ównych zakresach częstotliwości oraz moce sygnałów dochodzących do tych anten i ich zyski energetyczne w obiektach badanych

Table I. The highs at which individual aerial systems are installed and operate at different frequencies, and the power of signals reaching these aeriels and their energetic gain in the stations under study

	RTCN I			RTCN II			RTCN III			
	h m npt	P kW	zysk Gain dB	h m npt	P kW	zysk Gain dB	h m npt	P kW	zysk Gain dB	
VHF	„Stare” UKF „Old” UKF	166,3	45	10,3	148	30	8,24	283,3	30	7,8
	„Nowe” UKF „New” UKF	192,5	20	6,0	230	60	11,48	253,5	60	4,6
	TV	213,6	11	11,2	210,5	11	14,2	268	22	10,9
UHF	TV (IV zakres) TV (IV band)	259,5	22	18,0	-	-	-	309,7	80	15,7
	TV (V zakres) TV (V band)	259,5	16,5	18,0	306,4	33	15,77	271	6,6	17,8

Tabela II. Ekspozycja pracowników trzech wybranych RTCN na pole elektryczne zakresu VHF
 Table II. Exposure to VHF electromagnetic field among workers employed in the three selected RTCN

Okres eksploatacji Operating period	Ekspozycja Exposure	Grupa zawodowa Occupational group											
		kierownictwo Management			eksploatacja Operation			obsługa Service			wartownicy Watchmen		
		RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III
Początkowy Initial	E_{\max} (V/m)	6,8	6,5	6,8	6,8	6,5	6,8	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,1	-	0,2	0,1	-	0,3	0,2	0,1	0,8	0,1	0,1	0,5
	Doza (V^2h/m^2) Dose	0,03	0,01	0,46	0,12	0,005	0,75	0,35	0,16	5,38	0,10	0,04	2,76
Przejściowy Transient	E_{\max} (V/m)	8,0	6,5	6,8	8,0	6,5	6,8	5,8	3,0	6,7	5,8	3,0	6,7
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	1,6	0,3	0,5	0,9	0,2	0,5	2,1	1,1	1,7	1,8	0,5	1,0
	Doza (V^2h/m^2) Dose	20,73	0,92	1,92	10,38	0,48	3,37	34,94	9,86	23,39	38,02	2,76	11,76
Współczesny Current	E_{\max} (V/m)	2,0	5,0	4,0	2,0	5,0	4,0	0,9	0,9	4,0	0,9	0,9	4,0
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,4	0,1	0,4	0,2	0,1	0,5	0,5	0,3	1,5	0,4	0,1	0,9
	Doza (V^2h/m^2) Dose	1,10	0,05	1,56	0,58	0,03	2,66	1,92	0,63	18,48	2,02	0,17	9,29

Znak „-”, oznacza wartość $E < 0,1$ V/m.

Mark „-”, means value $E < 0,1$ V/m.

Tabela III. Ekspozycja pracowników trzech wybranych RTCN na pole elektryczne zakresu UHF
 Table III. Exposure to UHF electromagnetic field among workers employed in the three selected RTCN

Okres eksploatacji Operating period	Ekspozycja Exposure	Grupa zawodowa Occupational group											
		kierownictwo Management			eksploatacja Operation			obsługa Service			wartownicy Watchmen		
		RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III
Początkowy Initial	E_{\max} (V/m)	-	20,0	6,0	-	20,0	6,0	-	-	0,2	-	-	0,2
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Doza (V^2h/m^2) Dose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Przejściowy Transient	E_{\max} (V/m)	2,0	20,0	8,0	2,0	20,0	8,0	1,5	0,1	1,1	1,5	0,1	1,1
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,4	-	0,1	0,2	-	0,2	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,2
	Doza (V^2h/m^2) Dose	1,34	0,01	0,15	0,69	0,005	0,31	2,33	0,10	0,67	2,54	0,03	0,35
Współczesny Current	E_{\max} (V/m)	2,0	20,0	8,0	2,0	20,0	8,0	0,4	0,1	1,0	0,4	0,1	1,0
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,2	-	0,1	0,1	-	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
	Doza (V^2h/m^2) Dose	0,26	0,01	0,15	0,12	0,005	0,31	0,42	0,10	0,20	0,48	0,03	0,31

Znak „-”, oznacza wartość $E < 0,1$ V/m.

Mark „-”, means value $E < 0,1$ V/m.

Tabela IV. Ekspozycja pracowników trzech wybranych RTCN na wypadkowe pole elektryczne (zakres VHF + UHF)
Table IV. Exposure to the resultant of the electromagnetic field (VHF + UHF bands) among workers employed in the three selected RTCN

Okres eksploatacji Operating period	Ekspozycja Exposure	Grupa zawodowa Occupational group											
		kierownictwo Management			eksploatacja Operation			obsługa Service			wartownicy Watchmen		
		RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III	RTCN I	RTCN II	RTCN III
Początkowy Initial	E_{\max} (V/m)	6,8	20,0	6,8	6,8	20,0	6,8	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,1	-	0,2	0,1	-	0,3	0,2	0,1	0,8	0,1	0,1	0,5
	Doza (V^2h/m^2) Dose	0,03	0,01	0,46	0,12	0,005	0,75	0,35	0,16	5,38	0,10	0,04	2,76
Przejściowy Transient	E_{\max} (V/m)	8,0	20,0	8,0	8,0	20,0	8,0	6,0	3,0	6,8	6,0	3,0	6,8
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	1,7	0,3	0,5	1,0	0,2	0,6	2,2	1,1	1,7	1,8	0,5	1,0
	Doza (V^2h/m^2) Dose	22,04	0,92	2,08	11,06	0,48	3,63	37,32	9,86	35,91	40,63	2,76	12,00
Współczesny Current	E_{\max} (V/m)	2,0	20,0	8,0	2,0	20,0	8,0	1,0	0,9	4,1	1,0	0,9	4,1
	$E_{\text{śr}}$ (V/m)	0,4	0,1	0,5	0,2	0,1	0,5	0,5	0,3	1,5	0,5	0,1	0,9
	Doza (V^2h/m^2) Dose	1,38	0,06	1,77	0,69	0,03	3,22	2,33	0,72	18,48	2,54	0,20	9,29

Znak „-„ oznacza wartość $E < 0,1$ V/m.

Mark „-„ means value $E < 0,1$ V/m.

ww. zakresów występująca w RTCN jest duża, porównano dane zawarte w tabelach II-IV z wartościami normatywnymi ustanowionymi w polskich przepisach higienicznych.

W Polsce przepisy higieniczne, dotyczące ekspozycji zawodowej na PEM obowiązują od lat 70., w tym dla zakresu VHF od 1977 (2), a dla zakresu UHF od 1972 roku (3). W roku bieżącym uległy one zmianie (4). Przy ocenie higienicznej ekspozycji na pole elektryczne, zakresy VHF i UHF stanowią jeden zakres normatywny. Zasady przebywania w strefach ochronnych w tym zakresie (od 15 MHz do 3 GHz) przedstawione są w tabeli V.

Porównując dane przedstawione w tabeli IV z wartościami normatywnymi z tabeli V można stwierdzić, że pracownicy badanych obiektów byli i są ekspozycyjni na PEM z zakresu obejmującego VHF i UHF o wartościach maksymalnych odpowiadających co najwyżej strefie pośredniej, czyli ich ekspozycja była zgodnie z polskimi przepisami higienicznymi dopuszczalna. Gdyby wziąć pod uwagę wskaźnik ekspozycji, czyli stosunek dozy rzeczywistej do dozy dopuszczalnej ($3200 V^2h/m^2$), to ekspozycję pracowników RTCN można by uznać za pomijalną (wskaźnik w zależności od okresu eksploatacji i obiektu wahał się od $1,6 \cdot 10^{-6}$ do $1,3 \cdot 10^{-2}$). O jej skali niech świadczy fakt, że dobowe dozy rzeczywiste (dozy rzeczywiste ekspozycji na PEM w ciągu 24 h) pracowników badanych RTCN nigdy nie przekraczały doz dobowych obliczonych na podstawie obowiązujących do 1998 r.

przepisów, dotyczących ochrony ludzi i środowiska (tj. populacji generalnej niepodlegającej szczególnej kontroli i opiece medycznej z racji ekspozycji), uznawanych za bardzo restrykcyjne (5). Dla przykładu dopuszczalna doza dobową dla zakresu VHF wynosiła $96 V^2h/m^2$, podczas gdy najwyższa doza dobową przez nas stwierdzona wynosiła w tym zakresie około $38 V^2h/m^2$.

Tabela V. Wartości graniczne ekspozycji zawodowej na pole elektryczne z zakresu częstotliwości 15 MHz - 3 GHz (wg obowiązujących przepisów higienicznych (4))

Table 5. Boundary values of occupational exposure to electromagnetic field at the frequencies of 15 MHz - 3 GHz (according to the binding hygiene regulations (4))

Nazwa strefy Zone	E_{\max} (V/m)	E_{\min} (V/m)	Dopuszczalny czas przebywania Admissible time of stay
Bezpieczna Safe	6,7	-	bez żadnych ograniczeń No limitations
Pośrednia Intermediate	20	6,7	zmiana robocza Working shift
Zagrożenia Hazard	200	20	$t_d = 3200/E^2$ (h/dobę) $t_d = 3200/E^2$ (h/day)
Niebezpieczna Danger	-	200	zakaz przebywania Stay forbidden

WNIOSKI

1. W RTCN pracownicy ekspozowani są przede wszystkim na PEM z zakresu VHF i UHF.

2. Możliwa jest jedynie przybliżona ocena retrospektywna ich ekspozycji na PEM, ze względu na brak odpowiednich danych pomiarowych.

3. Ekspozycję pracowników RTCN na PEM można uznać za dopuszczalną, nie powinna więc ona powodować negatywnych skutków zdrowotnych.

PIŚMIENNICTWO

1. Aniołczyk H.: Protokół Nr OŚ/198/98 z pomiarów natężenia pola elektrycznego i gęstości mocy mikrofalowej. Praca niepublikowana. IMP, Łódź 1998.
2. Rozporządzenie Ministrów Pracy, Płacy i Spraw Socjalnych oraz Zdrowia i Opieki Społecznej z dn. 19 lutego 1977 r. w sprawie bezpieczeństwa

- i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie od 0,1 do 300 MHz. DzU n 8, poz. 33, 1977.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 25 maja 1972 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym. DzU n 21, poz. 153, 1972.
4. Rozporządzenie Ministra pracy i Polityki Społecznej z dn. 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU n 4, poz. 36, 2001.
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 5 listopada 1980 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska. DzU n 25, poz. 101, 1980.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: zmyslmar@imp.lodz.pl

Nadesłano: 5.09.2001

Zatwierdzono: 28.09.2001