

dr inż. PATRYK ZRADZIŃSKI
 mgr inż. WIESŁAW LESZKO
 dr inż. JOLANTA KARPOWICZ
 dr inż. KRZYSZTOF GRYZ
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy
 Kontakt: pazra@ciop.pl

Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych związanych z użytkowaniem radiotelefonów

Fot. Gerry/Bigstockphoto



Artykuł prezentuje dotyczące użytkowników radiotelefonów zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia, wynikające z oddziaływania pola elektromagnetycznego na ludzi i środowisko pracy oraz działania profilaktyczne służące ich ograniczeniu. Urządzenia te są powszechnie używane do realizacji obowiązków zawodowych m.in. przez pracowników pogotowia ratunkowego, straży pożarnej, policji.

Słowa kluczowe: urządzenia łączności bezprzewodowej, system konwencjonalny, system trunkingowy, pola elektromagnetyczne, szybkość pochłaniania właściwego energii

Prevention of electromagnetic hazards related to the use of radiophones

This paper shows safety and health hazards related to electromagnetic fields interaction with human body and preventive actions for their limitations among users of radiophones. Such devices are commonly used to perform working activities e.g. by workers of Medical Rescue, State Fire Service and Police services.

Keywords: communication devices, conventional system, trunked system, electromagnetic fields, specific absorption rate

Wstęp

Urządzenia łączności bezprzewodowej eksploatowane w Polsce wykorzystują szeroki zakres częstotliwości, od pojedynczych MHz (łączność wojskowa i amatorska) przez wyższe częstotliwości pracy takich systemów, jak: amatorskie, ogólnodostępne pasmo CB-Radio, łączność różnego rodzaju służb ratunkowych i mundurowych, publiczne systemy telefonii komórkowej GSM (Global System for Mobile Communications)

900, DCS (Digital Communication System) 1800, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, zwany także systemem 3G), szerokopasmowy radiowy dostęp do internetu (WiMax – Worldwide Interoperability for Microwave Access, zwany także systemem 4G) aż do ok. 6 GHz (beprzewodowe sieci Wi-Fi – Wireless Fidelity, także ok. 2,4 GHz).

W takich jednostkach organizacyjnych służb ratunkowych i mundurowych, jak pogotowie

ratunkowe, policja, straż pożarna czy straż graniczna, pracownicy wykonujący zadania poza siedzibą pracodawcy powszechnie użytkują urządzenia łączności bezprzewodowej, które nazywane są radiotelefonami. W Polsce obecnie wykorzystują one pasma częstotliwości 147 – 174 MHz oraz 380 – 450 MHz. Urządzenia te można podzielić na: radiotelefony stacjonarne; radiotelefony przewoźne i radiotelefony przenośne (zwane także nasobnymi), [1-4].

Zagrożenia elektromagnetyczne i dotyczące ich podstawowe wymagania prawa pracy

Pola elektromagnetyczne występują tak w środowisku pracy, jak i środowisku ogólnym, w rezultacie wykorzystywania energii elektrycznej (każde urządzenie zasilane elektrycznie jest ich źródłem) oraz łączności bezprzewodowej czy emisji radiowo-telewizyjnych. Jedną z najważniejszych właściwości pól elektromagnetycznych jest indukowanie w przewodzących obiektach pola elektrycznego i przepływu prądu elektrycznego, co umożliwia ich szerokie wykorzystanie w różnych obszarach techniki, ale sprawia również, że ich oddziaływanie na organizm ludzki, a także infrastrukturę techniczną może powodować niepożądane skutki [1, 5-7].

Najczęściej stosowanymi wielkościami do ich scharakteryzowania są:

- natężenie pola elektrycznego, E – wyrażane w voltach na metr (V/m)
- natężenie pola magnetycznego, H – wyrażane w amperach na metr (A/m)
- częstotliwość zmienności w czasie, f – wyrażana w hercach (Hz).

W ocenie zagrożeń ludzi, poza natężeniem pola i częstotliwością, istotna jest także jego polaryzacja i rozkład przestrzenny natężenia pola, w którym człowiek przebywa.

Pole elektromagnetyczne może oddziaływać na ludzi w sposób bezpośredni lub pośredni, będący wynikiem absorpcji energii pola przez obiekty przewodzące (konstrukcje metalowe) znajdujące się w środowisku.

Bezpośrednie oddziaływanie zmiennych w czasie pól elektromagnetycznych o częstotliwościach powyżej kilkuset kHz (w tym częstotliwości pól emitowanych przez radiotelefony) na organizm ludzki powoduje pochłanianie energii pól, którego wynikiem może być ogrzewanie tkanek (tak zwany skutek termiczny). Zjawisko to jest zależne od częstotliwości i występuje zarówno na powierzchni ciała, jak i w jego wnętrzu. Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (ICNIRP) [7], miarą oddziaływania, które może wywołać skutki termiczne, jest szybkość pochłaniania właściwego energii, tzw. SAR, wyrażany w watach na kilogram (W/kg).

Przeprowadzona przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakim (IARC) analiza wyników licznych badań dotyczących związku między oddziaływaniem na ludzi radiofalo- wych pól elektromagnetycznych, głównie związanych z korzystaniem z osobistych telefonów komórkowych pracujących w sieciach publicznych operatorów, a chorobami nowotworowymi, skutkowałą zakwalifikowaniem takich pól elektromagnetycznych do czynników, które należy klasyfikować jako prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi (grupa 2B), [8].

Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na infrastrukturę techniczną może prowadzić do zakłóceń pracy urządzeń elektronicznych (w tym także takich elektronicznych wyrobów medycznych przeznaczonych do implantacji, jak stymulatory serca) mogących inicjować różnego rodzaju wypadki, nawet skutkujące ciężkimi obrażeniami, kalectwem czy śmiercią.

Zgodnie z polskimi przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy ekspozycja pracowników na pola elektromagnetyczne klasyfikowana jest jako [6,9]:

- Ekspozycja pozazawodowa, kiedy podlegają oni oddziaływaniu pola o natężeniach, w którym nie ma ograniczeń dotyczących ekspozycji ludności (w tym kobiet w ciąży) i pracowników (w tym młodocianych), czyli przebywają w polach tzw. strefy bezpiecznej.

- Ekspozycja zawodowa, kiedy podlegają oni ekspozycji na pola o natężeniach przewyższających granicę ekspozycji pozazawodowej, a nieprzekraczających granicy ekspozycji zabronionej, czyli przebywają w polach tzw. strefy pośredniej lub zagrożenia. W polach takich mogą przebywać pracownicy, w stosunku do których nie potwierdzono przeciwwskazań zdrowotnych do ich narażenia na pola elektromagnetyczne i którzy zostali przeszkoleni nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola elektromagnetycznego. Ekspozycji zawodo-



Fot. Przykładowa lokalizacja różnego typu anten radiotelefonów przewoźnych na nadkolu samochodu terenowego straży granicznej: spiralna (z lewej) i prętowa

Fig. An example of the localisation of various types of mobile radiophones antennas on the wheel arch of the border guard vehicle: helical (to the left) and whip (flexible wire)

wej nie mogą jednak nigdy podlegać kobiety w ciąży i pracownicy młodociani.

- Ekspozycja zabroniona, kiedy podlegają oni ekspozycji zabronionej przez prawo pracy, czyli przebywają w polach tzw. strefy niebezpiecznej. Do pracy w tej strefie dopuszczony może być wyłącznie pracownik stosujący odpowiednie środki ochrony indywidualnej (np. kombinezon chroniący przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego).

Zagrożenia elektromagnetyczne przy radiotelefonach i ich profilaktyka

Badania charakterystyki zagrożeń elektromagnetycznych związanych z użytkowaniem radiotelefonów, przeprowadzone przez pracowników CIOP-PIB w latach 2011-2013, obejmowały badania ankietowe i środowiskowe pierwotnych pól elektromagnetycznych (niezakłóconych obecnością człowieka zgodnie z PN-T 06580-3:2002) w jednostkach pogotowia ratunkowego, straży pożarnej, straży granicznej i policji na terenie różnych województw oraz symulacje numeryczne narażeń na pola elektromagnetyczne [2,3,4,10,11]. Ich wyniki dowiodły, że pracownicy obsługujący radiotelefony są narażeni na pola elektryczne i magnetyczne stanowiące ekspozycję pozazawodową lub zawodową w zależności od rodzaju użytkowanych urządzeń i warunków ich eksploatacji:

- przy obsłudze radiotelefonów stacjonarnych stwierdzono ekspozycję pozazawodową

- przy obsłudze radiotelefonów przewoźnych (fot.):

- w odniesieniu do anteny umieszczonej na dachu pojazdu stwierdzona została ekspozycja zawodowa (na zewnątrz pojazdów) lub pozazawodowa (w ich wnętrzu)

- w pozostałych przypadkach: ekspozycja zawodowa, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz pojazdów

- przy obsłudze radiotelefonów przenośnych ekspozycja zawodowa, a w odległości od anteny radiotelefonu przekraczającej 10 cm nie występowały pola o natężeniach ekspozycji zabronionej.

Dodatkowa ocena narażenia pracowników na pola elektromagnetyczne emitowane przez radiotelefony przenośne, przeprowadzona z wykorzystaniem symulacji numerycznych współczynnika SAR w ciele użytkowników radiotelefonów i kryteriów międzynarodowych, wykazała, że w przypadku anten radiotelefonów, które są zlokalizowane w odległości mniejszej niż 5 cm od pracownika, wartości SAR uśredniane w dowolnych 10 g tkanek głowy i tułowia mogą przekraczać zalecenia ICNIRP [7].

Wyniki tych badań wskazują więc, że należy podejmować profilaktyczne działania organizacyjne i techniczne celem ograniczania omawianych zagrożeń – przykłady działań profilaktycznych dla różnych warunków narażenia zaprezentowano w tabelach 1-3.

Tabela 1. Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych przy radiotelefonach przewodnych

Table 1. Prevention of electromagnetic hazards near mobile radiophones

Działania	Profilaktyka	Uwagi
Działania organizacyjne	Odległość anteny od pracownika powinna być jak największa	Podczas wykonywania połączenia głosowego pracownicy (ich głowa, tułów) powinni znajdować się odpowiednio daleko od anteny radiotelefonu, montowanej w różnych miejscach karoserii pojazdów (np. na przednim nadkolu pojazdu terenowego, czy na dachu lub na klapie bagażnika w pojazdach osobowych). Dotyczy to zarówno pracownika wykonującego połączenie, jak również pozostałych pracowników znajdujących się w pobliżu pojazdu interwencyjnego. Ekspozycja pozazawodowa występuje w odległości przekraczającej 2 metry od anteny radiotelefonu. W odległości 50 cm od anteny poziom ekspozycji jest ok. 6-krotnie mniejszy niż przy niej.
	Badania lekarskie i szkolenia powinny być zorganizowane dla pracowników	Pracownicy podlegający ekspozycji zawodowej powinni być objęci profilaktycznymi badaniami lekarskimi i szkoleniem nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola elektromagnetycznego, takich jak radiotelefony przewodne.
Działania techniczne	Antena powinna być zlokalizowana na dachu pojazdu	Poziom narażenia pracowników na pola elektromagnetyczne zależy od miejsca zamontowania anteny radiotelefonu przewodnego na karoserii pojazdu. Umieszczenie jej na dachu pojazdu może ograniczyć narażenie pracowników znajdujących się zarówno wewnątrz pojazdu, jak i w jego otoczeniu, do poziomu ekspozycji pozazawodowej. Natomiast przy umiejscowieniu anteny na przednim nadkolu lub na klapie bagażnika narażenie może osiągać poziom ekspozycji zawodowej (szczególnie w przypadku pojazdów interwencyjnych terenowych i o gabarytach pojazdów osobowych).
	Antena powinna być montowana pionowo na dachu pojazdu	Poziom narażenia pracowników na pola elektromagnetyczne zależy od kąta między anteną a poziomem. Optymalny jest pionowy montaż anteny, mogący ograniczyć narażenie pracowników przebywających w pojeździe do poziomu ekspozycji pozazawodowej (szczególnie w przypadku montażu anteny na dachu z tworzywa sztucznego). Dach metalowy spełnia rolę ekranu elektromagnetycznego również przy innych położeniach anteny.

Tabela 2. Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych przy radiotelefonach przenośnych – działania organizacyjne

Table 2. Prevention of electromagnetic hazards near portable radiophones – organizational operations

Profilaktyka	Uwagi
Odległość anteny od pracownika powinna być jak największa	Podczas wykonywania połączenia głosowego antena radiotelefonu przenośnego powinna znajdować się w jak największej odległości od pracownika (szczególnie jego głowy, tułowia). Ekspozycja pozazawodowa występuje w odległości anteny radiotelefonu od ciała pracownika przekraczającej 60-70 cm podczas pracy z maksymalną mocą wyjściową 4 W, lub 40-50 cm – maksymalna moc wyjściowa 1 W. Odsunięcie radiotelefonu na taką odległość jest niepraktyczne, gdyż utrudnia prowadzenie komunikacji radiowej. Odsunięcie go na odległość ok. 20 cm może ok. 6-krotnie zmniejszyć poziom ekspozycji – w porównaniu z lokalizacją anteny radiotelefonu przy ciele pracownika. Głośnik radiotelefonu umożliwia jego użycie bez trzymania go blisko ucha (tak jak ma to miejsce w przypadku aparatów telefonii komórkowej).
Radiotelefon powinien być zlokalizowany na ramieniu lub trzymany przez pracownika w dłoni	Przy lokalizacji anteny na ramieniu wartości SAR (10g) w głowie i tułowiu są najmniejsze, nawet 3-krotnie mniejsze od wartości dla lokalizacji przy uchu. W przypadku trzymania radiotelefonu w dłoni (lokalizacja przy uchu lub twarzy), wartości SAR (nawet 7-krotnie większe od lokalizacji na ramieniu) mogą zostać ograniczone przy zachowaniu odpowiedniej odległości od głowy. Wartości SAR w przypadku lokalizacji przy klatce piersiowej mogą być nawet 6-krotnie większe od wartości przy uchu.
Czas połączeń głosowych powinien być jak najkrótszy	Wartości współczynnika SAR uśredniane są za czas 6 minut. Czas więc jest czynnikiem istotnie wpływającym na jego wartości. Aby zmniejszyć narażenie na pola elektromagnetyczne, połączenia głosowe powinny być jak najkrótsze.
Badania lekarskie i szkolenia powinny być zorganizowane dla pracowników	Pracownicy podlegający ekspozycji zawodowej powinni być objęci profilaktycznymi badaniami lekarskimi i szkoleniem nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola elektromagnetycznego, takich jak radiotelefony przenośne.

Tabela 3. Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych przy radiotelefonach przenośnych – działania techniczne

Table 3. Prevention of electromagnetic hazards near portable radiophones – technical operations

Działania	Profilaktyka	Uwagi
Do zastosowania przez użytkownika	Stosować najmniejszą możliwą, zapewniającą połączenie głosowe moc emitowaną przez radiotelefon	Poziom narażenia pracowników istotnie zależy od mocy emitowanej przez radiotelefon przenośny podczas połączenia głosowego. Omawiane radiotelefony przenośne mogą pracować w ręcznie wybieranych dwóch trybach maksymalnej emitowanej mocy wyjściowej: LOW (moc do 1 W) oraz HIGH (moc do 4 W) lub z adaptacyjną kontrolą mocy, jak w systemie TETRA. Czterokrotne zmniejszenie emitowanej mocy odpowiada czterokrotnemu zmniejszeniu wartości SAR. Zmniejszanie mocy wiąże się jednak z ograniczeniem zasięgu radiotelefonu.
	Nie używać radiotelefonu z uszkodzoną anteną	Przy antenie radiotelefonu, która jest wygięta lub ma uszkodzoną zewnętrzną osłonę mogą występować pola elektryczne i magnetyczne o większych natężeniach i rozleglejszych strefach ochronnych – w stosunku do zmierzonych przy antenach o dobrym stanie technicznym. Do użytkowania należy wybierać radiotelefony w dobrym stanie technicznym.
Do zastosowania przez pracodawcę	Umożliwić pracownikom ręczny wybór trybu maksymalnej mocy wyjściowej lub wybierać do stosowania radiotelefony z układami adaptacyjnej kontroli mocy	Wyposażenie pracownika w radiotelefon przenośny z ręcznym wyborem trybu maksymalnej mocy wyjściowej (LOW / HIGH) daje możliwość doboru mocy radiotelefonu, najmniejszej do zapewnienia połączenia głosowego, pozwalając zmniejszyć poziom narażenia pracownika na pola elektromagnetyczne. Problem ten nie występuje w przypadku radiotelefonów wykorzystujących układy adaptacyjnej kontroli mocy. Należy wybierać do stosowania radiotelefony wyposażone w takie układy.
	Wyposażać pracowników w radiotelefony pracujące w systemie trunkingowym	Cyfrowa technika transmisji polegająca na wielodostępie z podziałem czasowym – TDMA (ang. <i>Time Division Multiple Access</i>) powoduje, że w systemie trunkingowym ¹ uśredniona w czasie emitowana moc jest ok. 4-krotnie mniejsza od maksymalnej emitowanej mocy. Wartości SAR(10g) w głowie i tułowiu obliczone w odniesieniu do systemu trunkingowego są co najmniej 3-4-krotnie mniejsze od wartości obliczonych przy tej samej mocy maksymalnej w stosunku do systemu konwencjonalnego ² . Gdy jest to możliwe, należy wyposażać pracowników w radiotelefony pracujące w systemie trunkingowym (zamiast pracujących w systemie konwencjonalnym).
	Wyposażać pracowników w radiotelefony z anteną prętową	Dwa podstawowe rodzaje anten wykorzystywane w radiotelefonach przenośnych to anteny prętowe i spiralne. Mimo jednakowej długości elektrycznej (typowo równej ćwiertni długości fali) różnią się długością mechaniczną, która jest zbliżona do długości elektrycznej w przypadku anten prętowych lub jest od niej 2-3-krotnie mniejsza w przypadku anten spiralnych. Ze względu na długość mechaniczną w systemach konwencjonalnych (ok. 50 cm) anteny prętowe nie mają zastosowania. Gdy jest to możliwe, należy wyposażać pracowników w radiotelefony z anteną prętową (a nie spiralną). Wartości SAR(10g) w głowie i tułowiu obliczane przy antenie spiralnej mogą być nawet do 2-3-krotnie większe od wartości obliczanych przy antenie prętowej.
	Zapewnić dobry stan techniczny radiotelefonu	Poziom narażenia pracowników zależy od stanu technicznego radiotelefonu, a szczególnie jego anteny. Wpływ ten przedstawiono w punkcie „Nie używać radiotelefonu z uszkodzoną anteną”. Uszkodzone radiotelefony powinny być wycofane z użycia do czasu naprawienia lub wymiany anteny.

¹ System trunkingowy to system cyfrowy łączności bezprzewodowej, wykorzystujący częstotliwości z zakresu 380-450 MHz, opracowany z myślą o służbach ratunkowych i mundurowych (przyp. aut.).

² System konwencjonalny to analogowy system łączności bezprzewodowej, wykorzystujący częstotliwości z zakresu 147-174 MHz (przyp. aut.).



Znajdziesz nas w Internecie: www.ciop.pl, e-mail: bpredakcja@ciop.pl

Podsumowanie

Całkowita eliminacja narażenia pracowników służb ratunkowych i mundurowych na pola elektromagnetyczne jest niemożliwa ze względu na konieczność zlokalizowania blisko ich ciała radiotelefonu przenośnego podczas wykonywania połączenia głosowego. Można je jednak ograniczyć, stosując się do zaprezentowanych profilaktycznych działań organizacyjnych i technicznych.

Stosowanie ich może nawet wielokrotnie zmniejszyć narażenie pracowników (w tym zmniejszyć je z poziomu ekspozycji zawodowej do pozazawodowej). Jest to szczególnie istotne wobec najnowszych doniesień naukowych dotyczących częstszego występowania chorób nowotworowych wśród osób narażonych na radiofalowe pola elektromagnetyczne, takie jak emitowane m.in. przez omawiane urządzenia łączności bezprzewodowej [8].

PIŚMIENNICTWO

[1] Karpowicz J., Gryz K. *Pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i nieprzemysłowych. Kształtowanie środowiska pracy.* Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa, 2007

[2] Leszko W., Zradziński P. *Badanie narażenia funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej na pole elektromagnetyczne profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej.* „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2013, 31, 3:87-96

[3] Leszko W., Gryz K. *Ocena zagrożeń elektromagnetycznych na stanowiskach dyspozytorów punktów alarmowania jednostek ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie.* „Bezpieczeństwo Pracy” 2009, 456, 9: 13-16

[4] Leszko W., Zradziński P. *Profesjonalna łączność mobilna i związane z nią zagrożenia elektromagnetyczne.* „Bezpieczeństwo Pracy” 2012, 487, 4: 15-17

[5] Karpowicz J., Gryz K. *Ograniczanie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych – wybrane źródła pól i charakterystyka odzieży ochronnej.* „Bezpieczeństwo Pracy” 2009, 449, 2: 2-5

[6] Karpowicz J., Gryz K. *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne. [W:] Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne 2012.* Red. D. Augustyńska, M. Pośniak. Warszawa, CIOP-PIB 2012

[7] ICNIRP, *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).* “Health Physics” 1998, 74, 4 (April): 494-522

[8] IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields.* International Agency for Research on Cancer (IARC), Volume 102; Lyon, France 2013

[9] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik 2, Część E. Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. DzU 2002, nr 217, poz. 1833. (w nowelizacji bez zmian merytorycznych dotyczących pól elektromagnetycznych)

[10] Zradziński P., Karpowicz J., Gryz K., Leszko W. *An assessment of SAR in numerical male and female phantoms through the use of professional wireless communication handsets.* BioEM 2013, Abstract collection, s. 461-462

[11] PN-T-06580-3:2002. *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym o częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Część 3. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy*

Opracowano na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (zadanie 04.A.02).