

OCHRONA ZDROWIA LUDNOŚCI PRZED ZAGROŻENIAMI ELEKTROMAGNETYCZNYMI – WYZWANIA WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO W POLSCE WDROŻENIA SYSTEMU RADIOKOMUNIKACJI STANDARDU 5G

PROTECTION OF THE POPULATION HEALTH FROM ELECTROMAGNETIC HAZARDS –
CHALLENGES RESULTING FROM THE IMPLEMENTATION OF THE 5G NETWORK PLANNED IN POLAND

Marek Zmysłony¹, Paweł Bieńkowski², Alicja Bortkiewicz³, Jolanta Karpowicz⁴, Jarosław Kieliszek⁵,
Piotr Politański¹, Konrad Rydzyński⁶

¹ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland
Zakład Ochrony Radiologicznej / Department of Radiological Protection

² Politechnika Wrocławska / Wrocław University of Sciences and Technology, Wrocław, Poland
Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki / Department of Telecommunications and Teleinformatics

³ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland
Zakład Fizjologii Pracy i Ergonomii / Department of Work Physiology and Ergonomics

⁴ Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labor Protection – National Research Institute,
Warsaw, Poland
Zakład Bioelektromagnetyzmu / Department of Bioelectromagnetism

⁵ Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii / Military Institute of Hygiene and Epidemiology, Warsaw, Poland

⁶ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland

STRESZCZENIE

Trwa dyskusja o zagrożeniach elektromagnetycznych w kontekście projektowania nowej technologii łączności bezprzewodowej piątej generacji – standardu 5G. Pojawiają się obawy o zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia wynikające z oddziaływania pola elektromagnetycznego (PEM) emitowanego przez projektowane urządzenia radionadawcze sieci 5G. W Polsce obowiązują wymagania ograniczające ekspozycję ludności na PEM powyżej częstotliwości 300 MHz do poziomu 7 V/m. Wynikają one z uwzględnienia działań ochronnych dotyczących nie tylko bezpośrednich zagrożeń termicznych, ale również zróżnicowanych zagrożeń pośrednich i długoterminowych. Wiele państw nie ustanowiło wymagań prawnych w tym zakresie częstotliwości lub wprowadziło je na podstawie rekomendacji dotyczącej jedynie ochrony przed bezpośrednimi zagrożeniami termicznymi (Council Recommendation 1999/519/EC), co odpowiada dopuszczalnym, zależnym od częstotliwości poziomom PEM rzędu 20–60 V/m. Niniejsza praca powstała w ramach interdyscyplinarnej współpracy inżynierów, biologów i lekarzy od lat związanych zawodowo z ochroną biosfery przed negatywnymi skutkami działania PEM. Przedstawiono w niej stan wiedzy na temat biologicznego i zdrowotnego działania PEM emitowanego przez urządzenia radionadawcze telefonii komórkowej (w tym planowanych do wykorzystania w sieci 5G fal milimetrowych) i na tym tle porównano zalecenia UE i obowiązujące w Polsce przepisy dotyczące ochrony ludności. Wyniki dotychczasowych badań nad biologicznym działaniem radiofaleowego PEM emitowanego przez urządzenia nadawcze telefonii komórkowej o częstotliwościach do 6 GHz nie pozwalają na postawienie zdecydowanych wniosków, chociaż dowody naukowe uznano za wystarczające do zaklasyfikowania przez Światową Organizację Zdrowia takiego PEM jako czynnika środowiskowego potencjalnie rakotwórczego dla ludzi. Obecnie nie ma również adekwatnych danych naukowych pozwalających na ocenę skutków zdrowotnych ekspozycji na elektromagnetyczne fale milimetrowe, jakie planuje się wykorzystać w projektowanych urządzeniach nadawczych systemów 5G. Niemniej ze względu na to, że istnieją dane wskazujące na istnienie mechanizmów biofizycznych oddziaływania PEM mogących prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych, konieczne wydaje się stosowanie przy tworzeniu wymagań środowiskowych dotyczących budowy i użytkowania infrastruktury radionadawczej planowanego systemu 5G zasady ostrożności i zasady ALARA. Med. Pr. 2020;71(1)

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, zdrowie środowiskowe, radiokomunikacja, zasada ostrożności, ochrona środowiska, standard 5G

Finansowanie / Funding: badanie sfinansowane przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w ramach realizacji tematu statutowego (temat nr IMP.16.20/2017–2018 pt. „Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w czasie podróży”, kierownik tematu: dr Piotr Politański) oraz w ramach realizacji IV etapu programu wieloletniego pt. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) finansowanego w latach 2017–2019 w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej [zadanie 1.G.12, Działalność Centrum Badań i Promocji Bezpieczeństwa Elektromagnetycznego Pracujących i Ludności (EM-Centrum) w kontekście stosowania w przedsiębiorstwach wymagań dotyczących rozpoznania i ograniczania zagrożeń elektromagnetycznych, kierownik zadania: dr inż. Jolanta Karpowicz].

ABSTRACT

There is an ongoing discussion about electromagnetic hazards in the context of the new wireless communication technology – the fifth generation (5G) standard. Concerns about safety and health hazards resulting from the influence of the electromagnetic field (EMF) emitted by the designed 5G antennas have been raised. In Poland, the level of the population's exposure to EMF is limited to 7 V/m for frequencies above 300 MHz. This limitation results from taking into account the protective measures related not only to direct thermal hazards, but also to diversified indirect and long-term threats. Many countries have not established legal requirements in this frequency range, or they have introduced regulations based on recommendations regarding protection against direct thermal risks only (Council Recommendation 1999/519/EC). For such protection, the permissible levels of electric field intensity are 20–60 V/m (depending on the frequency). This work has been created through an interdisciplinary collaboration of engineers, biologists and doctors, who have been for many years professionally dealing with the protection of the biosphere against the negative effects of EMF. It presents the state of knowledge on the biological and health effects of the EMF emitted by mobile phone devices (including millimeter waves which are planned to be used in the 5G network). A comparison of the EU recommendations and the provisions on public protection being in force in Poland was made against this background. The results of research conducted to date on the biological effects of the EMF radiofrequency emitted by mobile telecommunication devices, operating with the frequencies up to 6 GHz, do not allow drawing any firm conclusions; however, the research evidence is strong enough for the World Health Organization to classify EMF as an environmental factor potentially carcinogenic to humans. At the moment, there is a shortage of adequate scientific data to assess the health effects of exposure to electromagnetic millimeter waves, which are planned to be used in the designed 5G devices. Nevertheless, due to the fact that there are data indicating the existence of biophysical mechanisms of the EMF influence that may lead to adverse health effects, it seems necessary to use the precautionary principle and the ALARA principle when creating environmental requirements for the construction and exploitation of the infrastructure of the planned 5G system. *Med Pr.* 2020;71(1)

Key words: electromagnetic field, environmental health, radio communication, precautionary principle, environmental protection, 5G networks

Autor do korespondencji / Corresponding author: Marek Zmysłony, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Zakład Ochrony Radiologicznej, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: marek.zmyslony@imp.lodz.pl
Nadesłano: 18 stycznia 2019, zatwierdzono: 7 listopada 2019

WSTĘP

Rozwój każdej nowej technologii wykorzystującej energię elektromagnetyczną wznawia dyskusję o skutkach oddziaływania pola elektromagnetycznego (PEM) na zdrowie ludzi. Dyskusje takie wywoływały (i wciąż wywołują) elektroenergetyczne linie przesyłowe najwyższych napięć, kuchenki mikrofalowe, wi-fi czy telefonia komórkowa. Od kilku miesięcy trwa dyskusja o zagrożeniach elektromagnetycznych w kontekście projektowania i wdrożenia w Polsce nowej technologii łączności bezprzewodowej 5 generacji (standard 5G), mającej znacznie przyspieszyć przesyłanie informacji m.in. w ramach dostępu do sieci internetowych. Standard ten, zgodnie z założeniami technicznymi, będzie wykorzystywał pasma częstotliwości <1 GHz, 1–6 GHz i >30 GHz w ramach 4 różnych klas komórek (charakterystykę sieci 5G omówiono w odrębnej publikacji [1]). W dyskusji pojawiają się obawy o zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia wynikające z oddziaływania PEM emitowanego przez projektowane urządzenia radionadawcze sieci 5G. Niniejsza praca powstała w ramach interdyscyplinarnej współpracy inżynierów, biologów i lekarzy od lat związanych zawodowo z ochroną biosfery przed negatywnymi skutkami działania PEM [2–5].

W Polsce obowiązują wymagania ograniczające poziom ekspozycji ludności na PEM powyżej częstotliwości 300 MHz do poziomu 7 V/m, wynikającego z uwzględnienia działań ochronnych dotyczących nie tylko bezpośrednich zagrożeń termicznych, ale również zróżnicowanych zagrożeń pośrednich i długoterminowych. Zbliżone limity ochronne (a niekiedy nawet ostrzejsze) obowiązują w Chinach, Indiach, Rosji, Włoszech, Szwajcarii, Belgii, Izraelu, Litwie, Ukrainie, Luksemburgu i niektórych miastach, takich jak Bruksela (Belgia), Paryż (Francja), Toronto (Kanada) (rycina 1). Wiele państw nie ustanowiło wymagań prawnych w tym zakresie lub wprowadziło swoje przepisy na podstawie rekomendacji UE z 1999 r. dotyczącej ochrony jedynie przed bezpośrednimi zagrożeniami termicznymi [6], co odpowiada dopuszczalnym poziomom PEM 20–60 V/m w zależności od częstotliwości.

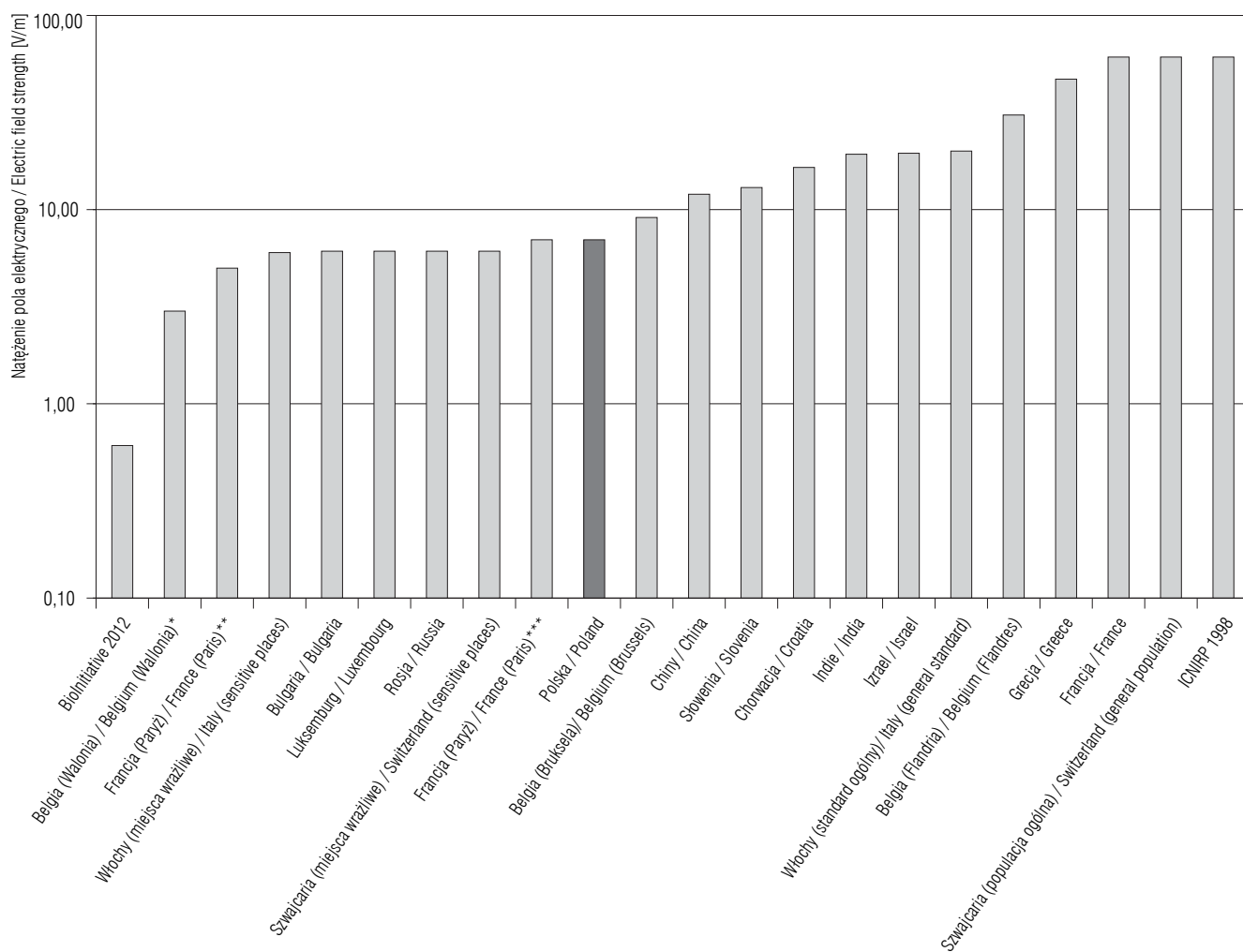
W niniejszej pracy przedstawiono stan wiedzy na temat biologicznego i zdrowotnego działania PEM emitowanego przez urządzenia radionadawcze telefonii komórkowej [w tym planowanych do wykorzystania w sieci 5G elektromagnetycznych fal milimetrycznych (EFM) – fal elektromagnetycznych o częstotliwościach 15–300 GHz, przy czym dolny próg częstotliwości jest różnie podawany w różnych źródłach] i na tym tle porównano zalecenia UE i obowiązujące w Polsce przepisy dotyczące ochrony ludności.

Działanie biologiczne PEM planowanych do wykorzystania w systemach 5G

Podstawowym pytaniem pozatechnicznym pojawiającym się w związku z oddziaływaniem PEM emitowanego przez różne urządzenia, w tym telekomunikacyjne, jest: „Jak taka ekspozycja może wpływać na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi?”. Jednak mimo kilkudziesięciu lat badań wciąż nie powstała jednoznaczna odpowiedź. Wiadomo na pewno, że szkodliwe jest oddziaływanie PEM o bardzo wysokich natężeniach, które powoduje elektrostymulację tkanek pobudliwych lub obciążenie termiczne, mogące doprowadzić do nieprawidłowego funkcjonowania organizmu – trwałego lub ustępującego po ustaniu ekspozycji. Sytuacja komplikuje się zdecydowanie, kiedy rozważamy konsekwencje oddziały-

wania PEM niepowodujących takich skutków. Ponadto następstwa biologiczne, w tym zdrowotne, zależą nie tylko od częstotliwości PEM i poziomu ekspozycji, ale i od czasu jej trwania oraz indywidualnej wrażliwości ekspozowanego człowieka. Z tego powodu można spodziewać się innych skutków ekspozycji podczas użytkowania telefonów komórkowych (kiedy oddziaływanie lokalne na organizm użytkownika charakteryzują stosunkowo wysoki poziom PEM i krótki czas ekspozycji) i stacji bazowych (kiedy występują stosunkowo niskie poziomy ekspozycji całego ciała na PEM, ale długi czas ekspozycji).

W przypadku ekspozycji, jakich spodziewamy się po uruchomieniu systemu 5G, dochodzi jeszcze 1 czynnik niepewności – ekspozycja na PEM o częstotliwościach



Rekomendacje / Wymagania prawne / Recommendations/Legal requirements

* Na antenę / Per antenna, ** dla 2G+3G / for 2G+3G, *** dla 2G+3G+4G / for 2G+3G+4G.

Rycina 1. Limity natężenia pola elektrycznego częstotliwości radiowych w środowisku – wybrane rekomendacje i wymagania prawne
Figure 1. Limits of radio-frequency electric field strength in the environment – selected recommendations and legal requirements

znacznie przekraczających 6 GHz, czyli EFM. Dotychczas fale te wykorzystywano w radiokomunikacji naziemnej niemal wyłącznie do łączności punkt–punkt (tzw. radiolinie). Anteny radiolinii emitują bardzo wąskie wiązki promieniowania, co nadzwyczaj istotnie ogranicza możliwość ekspozycji ludności – nawet ekspozycja pracowników przy takich urządzeniach zdarza się sporadycznie. Poza radiokomunikacją EFM stosuje się obecnie w urządzeniach radarowych do wykrywania, lokalizacji lub oceny prędkości obiektów cywilnych i wojskowych, np. w radarach lądowych, lotniczych, morskich i meteorologicznych, a także w urządzeniach laboratoryjnych i naukowych oraz broni elektromagnetycznej. Zastosowania te, ze względu na brak dostępu do obszarów o znacząco wyższych od tła elektromagnetycznego poziomach PEM, nie powodują znaczących narażeń ludności, dlatego dotychczas nie przyczyniły się do szerszego zainteresowania naukowców oddziaływaniem EFM na obiekty biologiczne. Świadczyć o tym może fakt, że według baz PubMed i EMF-Portal publikacje na temat oddziaływania EFM stanowią jedynie ok. 3% wszystkich prac dotyczących oddziaływania PEM, a większość z nich dotyczyła ekspozycji krótkotrwałej, której skutki nie mogą być uogólniane w stosunku do ekspozycji chronicznej. Przegląd dostępnej literatury naukowej dotyczącej skutków oddziaływania EFM wskazuje na istnienie mechanizmów biofizycznych mogących doprowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych [7]. Ze względu na niewielką głębokość wnikania EFM narządami docelowego ich oddziaływania są skóra i oko. Nie oznacza to oczywiście, że można uznać EFM za mniej szkodliwe niż PEM niższych częstotliwości, wnikające w głąb ciała człowieka i sięgające narządów wewnętrznych. Znacząca rola skóry dla organizmu ludzkiego jest znana od dawna – każde zaburzenie jej funkcjonowania (wysoce prawdopodobne, jeśli w środowisku zostanie znacznie zwiększony poziom EFM) może istotnie naruszać homeostazę ustroju.

Nieporównywalnie więcej jest danych badawczych dotyczących skutków ekspozycji na PEM o częstotliwościach z zakresów już wykorzystywanych w telefonii komórkowej, tj. od ok. 700 MHz do ok. 6 GHz. Najobszerniejszy i stosunkowo aktualny jest przegląd tych danych opracowany i opublikowany w 2015 r. przez Komitet Naukowy ds. Pojawiających się i Nowo Zidentyfikowanych Zagrożeń dla Zdrowia (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR) [8]. Opisane w tym raporcie udokumentowane skutki oddziaływania PEM o częstotliwościach fal radiowych (bazujące również na pracach autorów ni-

niejszego opracowania), dotyczące ekspozycji wynikających z użytkowania doręcznych telefonów komórkowych, obejmują następujące wnioski:

- ekspozycja może wpływać na aktywność mózgu podczas czuwania i snu;
- wyniki badań epidemiologicznych wskazują na możliwość zwiększonego ryzyka wystąpienia glejaka i nerwiaka nerwu słuchowego u osób najintensywniej użytkujących telefony komórkowe, natomiast nie wskazują na zwiększone ryzyko wystąpienia innych nowotworów w regionie głowy i szyi, ani innych złośliwych nowotworów, w tym wieku dziecięcego;
- w większości badań nie zaobserwowano genotoksycznego działania PEM o poziomach nietermicznych, chociaż w niektórych przypadkach zauważono pęknięcia DNA i zaburzenia wrzeciona podziałowego;
- praktycznie wszystkie badania innych skutków zdrowotnych ekspozycji analizowanych przez SCENIHR (m.in. potencjałów wywołanych, oscylacji fal mózgowych, funkcji poznawczych, chorób i objawów neurologicznych, problemów behawioralnych, rozwoju płodu, zaburzeń płodności) można podsumować jako dające niespójne wyniki ze względu na różnorodność stosowanych PEM, czasów trwania ekspozycji, rodzajów rozpatrywanych oddziaływań i uwarunkowania metod statystycznych oraz niedoskonałości metodycznych i braku standardów w tym zakresie. To wszystko nie pozwala na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków na temat zagrożeń zdrowia wynikających z ekspozycji na PEM w ww. obszarach badań.

Już po opublikowaniu raportu SCENIHR pojawiły się nowe metaanalizy, w których autorzy jednoznacznie wykazują istotny wzrost ryzyka glejaka u długoletnich (>10 lat) użytkowników telefonów komórkowych, zwłaszcza po stronie głowy, po której najczęściej umieszczane jest urządzenie [9–13].

Jak wspomniano, charakterystyka ekspozycji na promieniowanie stacji bazowych jest odmienna od ekspozycji wynikających z oddziaływania PEM emitowanego przez terminale osobiste. Dlatego nie należy uogólniać wyników badań dotyczących zagrożeń zdrowia w obu przypadkach. Wśród mieszkańców budynków sąsiadujących ze stacjami bazowymi podnoszony jest problem objawów subiektywnych, wiązanych przez nich ze skutkami oddziaływania PEM. Ze względu na zastrzeżenia do metodologii badań tego problemu (m.in. zbyt małe liczby osób badanych czy nieuwzględnienie ekspozycji na PEM powodowanych przez inne źródła niż anteny

stacji bazowych), liczni specjaliści (w tym autorzy przeglądu SCENIHR) uważają, że ocena związku długoterminowego narażenia na PEM emitowane przez stacje bazowe z objawami subiektywnymi wymaga lepszych metodologicznie badań obserwacyjnych niż większość publikowanych dotychczas opracowań.

W 2017 r. opublikowano wyniki dużego badania kohortowego, przeprowadzonego w populacji 14 829 osób w wieku 31–65 lat [14]. Autorzy stwierdzili w nim występowanie związku między ogólną liczbą zgłaszanych dolegliwości subiektywnych, a postrzeganiem ekspozycji; wskazali natomiast brak istotnego statystycznie związku między występowaniem dolegliwości, a ekspozycją oszacowaną z zastosowaniem modelu geoprzestrzennego. Wykazano jednak niewielki, nieistotny statystycznie wzrost częstości zawrotów głowy i uczucia ucisku w klatce piersiowej wraz ze wzrostem oszacowanej ekspozycji [15].

Z kolei w badaniu przeprowadzonym w Polsce wśród mieszkańców okolic stacji bazowych (500 gospodarstw domowych) nie wykazano związku między obawą przed PEM emitowanym przez stacje bazowe, a zgłaszanymi dolegliwościami subiektywnymi. Stwierdzono natomiast, że osoby mieszkające w odległości 100–150 m od stacji bazowej istotnie częściej skarżyły się na bóle głowy w porównaniu z osobami mieszkającymi w dalszych odległościach – nie potwierdzono jednak tych zależności z chwilowym poziomem ekspozycji na PEM zmierzonym w ww. gospodarstwach [16].

Badania objawów subiektywnych prowadzono również u użytkowników telefonów komórkowych. W 2000 r. opublikowano wyniki badania epidemiologicznego wykonanego w Szwecji i Norwegii (12 000 badanych w Szwecji i 5000 w Norwegii), w którym stwierdzono, że 31% osób badanych w Norwegii i 13% w Szwecji podawało występowanie przynajmniej 1 symptomu kojarzonego z użytkowaniem telefonu komórkowego (uczucie ciepła w okolicy ucha, ból głowy, pieczenie skóry, zawroty głowy, uczucie zmęczenia, uczucie dyskomfortu). Na podstawie wyników badań autorzy sugerowali związek między częstotliwością i długością rozmów, a zgłaszanymi dolegliwościami [17]. Należy jednak pamiętać, że telefony użytkowane w tamtych latach emitowały znacznie silniejsze PEM niż aparaty stosowane obecnie, co powinno być powodem przeprowadzenia podobnych badań dla urządzeń nowych generacji. W 2014 r. opublikowano wyniki badania obejmującego 600 losowo dobranych osób z obszaru Polski, w wieku $32,6 \pm 11,3$, które wykazało, że u osób rozmawiających ponad 30 min dziennie, w porównaniu z rozmawiającymi krócej, isto-

tnie częściej występowały bóle głowy i zaburzenia pamięci [18].

Z omówionych przykładów wynika, że nawet w tak stosunkowo dobrze rozpoznanym obszarze, jakim są skutki oddziaływania PEM emitowanego przez telefony i stacje bazowe obecne w naszym otoczeniu przez ostatnich kilkanaście lat, większość pytań związanych ze skutkami biologicznymi ich oddziaływania pozostaje nadal bez jednoznacznych odpowiedzi – szczególnie dlatego, że w dotychczasowych badaniach stosowano zróżnicowane i mało precyzyjne metody szacowania parametrów ekspozycji na PEM. Nie mogą więc dziwić obawy specjalistów zajmujących się biologicznym działaniem PEM przed pojawieniem się w niedalekiej przyszłości nowego rodzaju ekspozycji elektromagnetycznych związanych z systemem 5G w środowisku. Prognozowane jest zwiększenie poziomu ekspozycji ogółu ludności na PEM o częstotliwościach fal radiowych, a dodatkowo pojawienie się ekspozycji na EFM. To drugie jest szczególnie niepokojące, ponieważ do tej pory – ze względu na ich małe rozpowszechnienie i w związku z tym niewielkie zainteresowanie w aspekcie ochrony populacji generalnej – brakuje dobrze opracowanych podstaw naukowych do oceny zagrożeń wynikających z ich skuteczności biologicznej.

Ochrona przed zagrożeniami elektromagnetycznymi Wymagania międzynarodowe

W UE rozróżnia się wymagania dotyczące ekspozycji pracowników i ludności. Należy jednak podkreślić, że o ile istnieją obligatoryjne wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracowników narażonych na zagrożenia spowodowane polami elektromagnetycznymi (w postaci Dyrektywy 2013/35/UE [19]), to w zakresie ochrony ludności (populacji generalnej) nie ma w UE aktu prawnego tej rangi. W 1999 r. opublikowano jedynie nieobligatoryjne zalecenia Rady Unii Europejskiej dotyczące ograniczenia środowiskowej ekspozycji populacji na PEM [6]. Oba dokumenty określają wymagania i limity ekspozycji o charakterze „minimalnych wymagań”, co oznacza, że w poszczególnych państwach są wdrażane w dowolny sposób, ale zapewniający ochronę nie gorszą od wynikającej z wymagań minimalnych.

Dla PEM o częstotliwości z pasm przewidzianych do wykorzystania przez projektowane urządzenia systemu 5G poziomy referencyjne ekspozycji określone w zaleceniach unijnych [6] są zależne od częstotliwości:

- dla pasma 400–2000 MHz wartości poziomu referencyjnego natężenia pola elektrycznego wynoszą:

$E(f) = 1,375 \times f^{0,5}$ [V/m], co daje 28–60 V/m i odpowiada ekwiwalentnej gęstości mocy 2–10 W/m²;

- dla pasma częstotliwości 2–300 GHz poziom referencyjny wynosi 61 V/m, czyli ok. 10 W/m².

Limity te uwzględniają jedynie ochronę przed zagrożeniami wynikającymi z bezpośredniego oddziaływania (termicznego) podczas ekspozycji – bez uwzględnienia ochrony przed skutkami ekspozycji chronicznej i przed skutkami oddziaływania pośredniego, obejmującego m.in. skutki oddziaływania PEM na implanty medyczne (zauważmy, że wymagania kompatybilności elektromagnetycznej stosowane w przypadku elektronicznych implantów medycznych wskazują, że w pełni bezpieczny poziom narażenia ich użytkowników na PEM jest niższy od poziomów referencyjnych ekspozycji ludności).

Przepisy polskie

Ochrona przed niepożądanym oddziaływaniem PEM w Polsce dotyczy zarówno ograniczania ekspozycji w miejscach dostępnych dla ludności, jak i ochrony pracowników przed zagrożeniami elektromagnetycznymi, obejmującej zgodnie z konstytucją i odpowiednimi ustawami wszystkie rodzaje zagrożeń elektromagnetycznych (bezpośrednie, pośrednie i przewlekłe). Podstawowymi aktami prawnymi dotyczącymi ochrony są:

- Prawo ochrony środowiska: Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Dział VI: Ochrona przed polami elektromagnetycznymi [20];
- Kodeks pracy: Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Dział X – Bezpieczeństwo i higiena pracy [21].

Szczegółowo oba rodzaje ochrony regulowane są przepisami wykonawczymi, obejmującymi pełny zakres częstotliwości 0–300 GHz, w tym EFM:

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów [22] – wymagania tego rozporządzenia określają najważniejsze aspekty ochrony przed oddziaływaniem PEM w miejscach dostępnych dla ludności, w tym precyzują: jakie obiekty emitujące PEM podlegają ocenie, kiedy należy wykonywać pomiary PEM, metodykę pomiarów oraz wartości dopuszczalnych PEM w miejscach dostępnych dla ludności.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [23] – rozporządzenie to reguluje częstotliwość wykonywania pomiarów oraz wskazuje jednostki upoważnione do ich wykonywania w środowisku pracy.

3. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 3 lipca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [24].
4. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne [25] – rozporządzenie określa wymagania dotyczące rozpoznawania obiektów technicznych emitujących PEM, mające wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy, miar oraz limitów do oceny bezpośrednich skutków narażenia pracującego na PEM, środków ochronnych w celu zapobiegania zagrożeniom elektromagnetycznym, tj. szkodliwym dla zdrowia, niebezpiecznym lub uciążliwym skutkom bezpośredniego lub pośredniego oddziaływania PEM w środowisku pracy, stosowanych, kiedy ekspozycja pracujących przekracza poziom dopuszczalny w miejscach dostępnych dla ludności.

Polskie przepisy określają, w miejscach dostępnych dla ludności dla PEM o częstotliwości 0,3–300 GHz, wartość dopuszczalną natężenia pola elektrycznego <7 V/m (wartość skuteczna) lub wartość dopuszczalną ekwiwalentnej gęstości mocy PEM <0,1 W/m² – obie niezależne od częstotliwości. W konsekwencji uwzględnienia wszystkich rodzajów zagrożeń elektromagnetycznych polskie limity – jako kilkakrotnie niższe od minimalnych wymagań wyznaczonych przez poziomy referencyjne, określone w rekomendacji UE ze względu na natychmiastowe skutki termiczne oddziaływania na organizm – w pełni spełniają wymagania tej rekomendacji.

Przepisy polskie a zalecenia UE

W paśmie częstotliwości, w którym będzie pracowała sieć 5G (aktualnie planowane pasma: 700 MHz, 3,5 GHz i 26 GHz), właściwe rozporządzenie Ministra Środowiska [22] ustala wartość limitu na 7 V/m, natomiast UE zaleca wartość ok. 4–9 razy wyższą, tj. 28–61 V/m (w zależności od rozpatrywanej częstotliwości). Różnice te są jeszcze większe (20–100 razy), gdy porówna się przepisy polskie i zalecenia UE dla przenoszanej przez PEM energii. Ze względów metrologicznych (dla analizowanych częstotliwości w praktyce jest mierzone tylko natężenie pola elektrycznego [V/m], a gęstość mocy mikrofalowej [W/m²] stosuje się jako ekwiwalent oceny oddziaływania PEM jedynie w strefie dalekiej), precyzyjniejsze jest omawianie różnic między limitami pola elektrycznego.

Dokładniejsza analiza przepisów wskazuje możliwość zaistnienia jeszcze większych różnic, ponieważ przepisy polskie nakazują odniesienie się do wartości maksymalnej, która może wystąpić w danym miejscu, zaś wartość referencyjna podawana w wytycznych UE [6] jest wartością uśrednioną w pewnym przedziale czasu (6 min dla częstotliwości do 10 GHz i coraz krótszym wraz ze wzrostem częstotliwości, aż do 10 s przy częstotliwości 300 GHz). Powoduje to, że zalecenia UE wydają się dopuszczać nawet znacznie wyższe chwilowe wartości natężenia pola elektrycznego. Dzieje się tak przy spełnionym warunku krótkotrwałej ekspozycji. Natomiast testy systemów bezprzewodowego szerokopasmowego internetu wskazują, że w warunkach intensywnego użytkowania przez licznych użytkowników emisja PEM nabiera cech emisji ciągłej. W takich warunkach różnice miar narażenia, określonych w zaleceniach UE i polskich przepisach ochrony środowiska, tracą znaczenie (kwestiom metodyki pomiarowej i wyzwaniami, jakie będą stawiane przed nimi w kontekście wdrażania sieci 5G, zostanie poświęcona odrębna publikacja – w przygotowaniu).

Należy podkreślić, że stosowanie wymagań ostrzejszych niż minimalne (określone w dyrektywie [19] czy rekomendacji UE [6]), jest jak najbardziej zgodne z międzynarodową praktyką w tym zakresie. Ponadto realizuje ono zasadę ostrożności, która definiuje działania w warunkach uważanych za niepewne, np. przy zarządzaniu ryzykiem. Jest ona uzasadnieniem w sytuacjach, w których istnieje możliwość wyrządzenia szkody w wyniku podjęcia określonej decyzji uznaniowej (np. poprzez podjęcie określonego kierunku działania), gdy brakuje adekwatnej wiedzy naukowej w tej dziedzinie. Zasada ostrożności zakłada np., że istnieje odpowiedzialność za ochronę społeczeństwa przed narażeniem na krzywdę, gdy badania naukowe wskazują na wystąpienie potencjalnego ryzyka takiej krzywdy. Zabezpieczenia podejmowane zgodnie z zasadą ostrożności mogą zostać złagodzone tylko wtedy, gdy pojawią się bardziej precyzyjne dane naukowe, umożliwiające dokładniejsze ocenienie ryzyka spowodowania rozpatrywanej szkody. W prawie UE zasada ostrożności w dziedzinie ochrony środowiska obowiązuje od początku istnienia Unii (art. 174 Traktatu Ustanawiającego Wspólnotę Europejską). W Traktacie o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej (traktat lizboński) zasada ta została zapisana w art. 191. Konieczność uznania obszaru PEM jako podlegającego stosowaniu zasady ostrożności zauważyło również Zgromadzenie Parlamentarne Rady Europy, które w 2011 r. przyjęło Rezolucję 1815. Znajduje się

w niej zapis: „W odniesieniu do norm i progów dotyczących emisji PEM wszystkich rodzajów i wszystkich częstotliwości [...] zaleca zastosowanie zasady ostrożności i ALARA (*as low as reasonably achievable*), czyli wymogu zapewnienia najmniejszego realnie możliwego poziomu ekspozycji ludności”.

W polskim prawodawstwie również znajdują się zapisy nakazujące przezorność i podjęcie wszelkich możliwych środków zapobiegawczych w kwestii czynników, których negatywne działanie na środowisko nie jest w pełni rozpoznane – zgodnie z art. 6. ust. 2 Prawa ochrony środowiska: „kto podejmuje działalność, której negatywne oddziaływanie na środowisko nie jest jeszcze w pełni rozpoznane, jest obowiązany, kierując się przezornością, podjąć wszelkie możliwe środki zapobiegawcze” [20].

WNIOSKI

Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań nad biologicznym działaniem radiofaleowego PEM emitowanego przez telefony komórkowe o częstotliwościach do 6 GHz wskazują, że:

- taka ekspozycja może wpływać na aktywność mózgu i skutkować zwiększonym ryzykiem wystąpienia gglejaka i nerwiaka nerwu słuchowego u osób intensywnie użytkujących telefony komórkowe;
- w większości badań nie zaobserwowano genotoksycznego działania takiej ekspozycji o poziomach nietermicznych, chociaż w niektórych przypadkach zauważono pęknięcia DNA i zaburzenia wrzeciona podziałowego;
- badania potencjałów wywołanych, oscylacji fal mózgowych, funkcji poznawczych, chorób i objawów neurologicznych, problemów behawioralnych, rozwoju płodu, zaburzeń płodności można podsumować jako dające niespójne wyniki – ze względu na różnorodność stosowanych PEM, czasów trwania ekspozycji, rozpatrywanych oddziaływań i uwarunkowania metod statystycznych oraz niedoskonałości metodyczne i brak standaryzacji w tym zakresie, niepozwalające na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.

Nie ma adekwatnych danych naukowych pozwalających na ocenę skutków zdrowotnych ekspozycji na EFM, jakie planuje się wykorzystać w projektowanych urządzeniach nadawczych systemów 5G, przy czym istnieją dane wskazujące na istnienie mechanizmów biofizycznych ich oddziaływania, mogących prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych.

Wydaje się zatem konieczne stosowanie – przy tworzeniu wymagań środowiskowych dotyczących budowy i użytkowania infrastruktury radionadawczej planowanego systemu 5G – zasady ostrożności i zasady ALARA (dla zapewnienia najmniejszego realnie możliwego poziomu ekspozycji ludności), przynajmniej do czasu przeprowadzenia adekwatnych badań, które pozwolą na bardziej obiektywne ustosunkowanie się do tego problemu. W związku z tym należy nadal stosować dotychczas obowiązujące polskie limity i utrzymać w miejscach dostępnych dla ludności natężenie pola elektrycznego i gęstość mocy w granicach aktualnie dopuszczalnych przez prawo ochrony środowiska ($<7 \text{ V/m}$, $<0,1 \text{ W/m}^2$).

W dokonanej przez autorów analizie teoretycznej ekspozycji na PEM w środowisku od systemów 5G, opracowanej na podstawie dostępnej dokumentacji ich proponowanych standardów, wykazano, że przy racjonalnym gospodarowaniu mocą możliwe jest jednoczesne utrzymanie obowiązujących poziomów dopuszczalnych i uzyskanie oczekiwanej (zgodnej ze standardami 5G) jakości połączeń [1].

PIŚMIENNICTWO

1. Bieńkowski P., Zmyślony M., Karpowicz J., Politański P., Bortkiewicz A., Kieliszek J. i wsp.: Uwarunkowania ekspozycji ludności w Polsce na pola elektromagnetyczne związane z użytkowaniem radiokomunikacyjnych sieci standardu 5G. *Med. Pr.* W druku 2019
2. Korniewicz H., Karpowicz J., Gryz K., Aniołczyk H., Zmyślony M., Kubacki R.: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej. *Podst. Met. Oceny Środ. Pr.* 2001;28(2):97–197
3. Karpowicz J., Bortkiewicz A., Gryz K., Kubacki R., Wierdkiewicz R.: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości z zakresu 0 Hz–300 GHz. Dokumentacja nowelizacji harmonizującej dopuszczalny poziom ekspozycji pracowników z wymaganiami dyrektywy 2004/40/WE. *Podst. Met. Oceny Środ. Pr.* 2008;58(4):7–45
4. Zmyślony M., Nowosielska E. [red.]: Ochrona przed promieniowaniem jonizującym i niejonizującym. Nowe uregulowania prawne, źródła, problemy pomiarowe. *Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa* 2015
5. Zmyślony M., Nowosielska E.M., Sobiczewska E. [red.]: Nowe uregulowania w ochronie przed polami elektromagnetycznymi i promieniowaniem jonizującym. *Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa* 2018
6. Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). *Off. J. Eur. Communities* 1999 L 199/59-70
7. Rydzyński K. [red.]: Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5G i populacji generalnej [Internet]. Warszawa 2018 [cytowany 18 stycznia 2019]. Adres: http://www.imp.lodz.pl/upload/npz/raport_5g.pdf
8. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR): Opinion on “Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)”, SCENIHR adopted this Opinion at the 9th plenary meeting on 27 January 2015 [Internet]. European Commission, Luxembourg 2015 [cytowany 18 stycznia 2019]. Adres: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf
9. Yang M., Guo W., Yang C., Tang J., Huang Q., Feng S. i wsp.: Mobile phone use and glioma risk: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2017;12(5):e0175136, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175136>
10. Prasad M., Kathuria P., Nair P., Kumar A., Prasad K.: Mobile phone use and risk of brain tumours: a systematic review of association between study quality, source of funding, and research outcomes. *Neurol. Sci.* 2017;38(5):797–810, <https://doi.org/10.1007/s10072-017-2850-8>
11. Carlberg M., Hardell L.: Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation. *Biomed. Res. Int.* 2017;2017:9218486, <https://doi.org/10.1155/2017/9218486>
12. Momoli F., Siemiatycki J., McBride M.L., Parent M.É., Richardson L., Bedard D. i wsp.: Probabilistic Multiple-Bias Modeling Applied to the Canadian Data From the Interphone Study of Mobile Phone Use and Risk of Glioma, Meningioma, Acoustic Neuroma, and Parotid Gland Tumors. *Am. J. Epidemiol.* 2017;186(7):885–893, <https://doi.org/10.1093/aje/kwx157>
13. Bortkiewicz A., Gadzicka E., Szymczak W.: Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors – A meta-analysis [z erratą w: *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2017;30(4):685]. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2017;30(1):27–43, <https://doi.org/10.13075/ijomh.1896.00802>
14. Slottje P., Yzermans C.J., Korevaar J.C., Hooiveld M., Vermeulen R.C.H.: The population-based Occupational and Environmental Health Prospective Cohort Study (AMIGO) in the Netherlands. *BMJ Open* 2014;4:e005858, <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005858>
15. Martens A.L., Slottje P., Timmermans D.R.M., Kromhout H., Reedijk M., Vermeulen R.C.H. i wsp.: Modeled and Per-

- ceived Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields From Mobile-Phone Base Stations and the Development of Symptoms Over Time in a General Population Cohort. *Am. J. Epidemiol.* 2017;186(2):210–219, <https://doi.org/10.1093/aje/kwx041>
16. Bortkiewicz A., Gadzicka E., Szykowska A., Politański P., Mamrot P., Szymczak W. i wsp.: Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2012;25(1):31–40, <https://doi.org/10.2478/s13382-012-0007-9>
 17. Oftedal G., Wilen J., Sandstrom M., Mild K.H.: Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup. Med. (Oxford)* 2000;50(4):237–245, <https://doi.org/10.1093/occmed/50.4.237>
 18. Szykowska A., Gadzicka E., Szymczak W., Bortkiewicz A.: The risk of subjective symptoms in mobile phone users in Poland—an epidemiological study. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2014;27(2):293–303, <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0260-1>
 19. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/35/UE z dnia 26 czerwca 2013 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) (dwudziesta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) i uchylająca dyrektywę 2004/40/WE. DzU UE z 2013 r. L 179/1–21
 20. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. DzU z 2019 r., poz. 1396
 21. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. DzU z 2019 r., poz. 1040
 22. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. DzU z 2003 r. nr 192, poz. 1883
 23. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2011 r. nr 33, poz. 166
 24. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 3 lipca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2018 r., poz. 1286
 25. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne. DzU z 2018 r., poz. 331

