

PRACE POGLĄDOWE

Alicja Bortkiewicz¹
Marek Zmyślony²
Agata Szykowska¹
Elżbieta Gadzicka¹

STACJE BAZOWE TELEFONII KOMÓRKOWEJ A SUBIEKTYWNE DOLEGLIWOŚCI MIESZKAŃCÓW – PRZEGLĄD BADAŃ*

SUBJECTIVE SYMPTOMS REPORTED BY PEOPLE LIVING IN THE VICINITY OF CELLULAR PHONE BASE STATIONS: A REVIEW OF THE STUDIES

¹ Z Zakładu Fizjologii Pracy i Ergonomii

² Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

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

STRESZCZENIE Problem skutków zdrowotnych działania pól elektromagnetycznych (PEM) emitowanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej budzi szerokie zainteresowanie, gdyż mieszkańcy okolic stacji bazowych są ekspozowani w sposób ciągły i niezależny od ich woli. W żadnych badaniach przeprowadzonych na świecie nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych standardów zatwierdzonych przez ICNIRP. Pomimo to, wyniki badań ankietowych wskazują, że u mieszkańców okolic stacji bazowych występują różnego rodzaju dolegliwości, przede wszystkim ze strony układu krążenia, a także kłopoty ze snem, drażliwość, depresja, zaburzenia widzenia, trudności z koncentracją uwagi, nudności, utrata apetytu, zawroty i bóle głowy. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono związek między występowaniem poszczególnych symptomów a poziomem ekspozycji i odległością od stacji bazowej. Zależność tę zaobserwowano zarówno u osób, które wiązały swoje dolegliwości z obecnością stacji bazowej, jak i u tych, którzy nie widzieli takiego związku. Konieczne są dalsze badania nie tylko ankietowe, ale także kliniczne, które pozwolą wyjaśnić podłoże zgłaszanych dolegliwości. Med. Pr. 2004; 55 (4): 345–351

SŁOWA KLUCZOWE: stacje bazowe telefonii komórkowej, subiektywne dolegliwości, ekspozycja na PEM

ABSTRACT The problem of health effects of electromagnetic fields (EMF) emitted by cellular phone base stations evokes much interest in view of the fact that people living in their vicinity are fated to continuous exposure to EMF. None of the studies carried out throughout the world have revealed excessive values of standards adopted by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). A questionnaire was used as a study tool. The results of the questionnaire survey reveal that people living in the vicinity of base stations report various complaints mostly of the circulatory system, but also of sleep disturbances, irritability, depression, blurred vision, concentration difficulties, nausea, lack of appetite, headache and vertigo. The performed studies showed the relationship between the incidence of individual symptoms, the level of exposure, and the distance between a residential area and a base station. This association was observed in both groups of persons, those who linked their complaints with the presence of the base station and those who did not notice such a relation. Further studies, clinical and those based on questionnaires, are needed to explain the background of reported complaints. Med Pr 2004; 55 (4): 345–351

KEY WORDS: cellular phone base station, electromagnetic field exposure, subjective symptoms

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail:alab@sunlib.p.lodz.pl

Nadesłano: 28.05.2004

Zatwierdzono: 2.07.2004

© 2004, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

WPROWADZENIE

Telefony komórkowe stanowią nieodłączny element współczesnego życia, a liczba osób z nich korzystających wciąż wzrasta. Z tego względu, że emitują one pola elektromagnetyczne (PEM) prowadzone są badania, dotyczące skutków zdrowotnych związanych z korzystaniem z telefonów komórkowych. Wyniki tych badań są niejednoznaczne. Dotychczas nie ma bezspornych dowodów, że korzystanie z doręcznych telefonów komórkowych wywołuje szkodliwe efekty, nie ma

jednak też dowodów, że jest całkowicie bezpieczne. Użytkownicy takich telefonów sami muszą decydować czy i w jakim zakresie mają z nich korzystać. Zupełnie inny problem stanowią stacje bazowe telefonii komórkowej, instalowane na specjalnych wieżach, a w miastach na dachach lub ścianach domów mieszkalnych, szpitali, szkół i innych gmachów użyteczności publicznej. Wzrastająca liczba użytkowników telefonów komórkowych powoduje konieczność pokrycia sygnałem coraz większej powierzchni kraju, a w związku z tym budowy coraz większej liczby stacji bazowych. Sprzyja temu także konkurencja między operatorami sieci komórkowych, którzy starają się zapewnić swoim klientom jak najlepszy

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 20.6 pt. „Ocena stanu zdrowia osób mieszkających w otoczeniu stacji bazowych telefonii komórkowej. Kierownik zadania: dr hab. A. Bortkiewicz.

zasięg. Ekspozycja na PEM emitowane przez te stacje jest ciągła, niezależna od woli i decyzji mieszkańców okolic stacji bazowych. Ich obawy budzi możliwość ewentualnego, niekorzystnego wpływu ekspozycji na zdrowie i samopoczucie. Aby wyjaśnić, czy obawy te są słuszne w wielu krajach podejmowane są badania pod auspicjami organizacji rządowych i pozarządowych.

PEM EMITOWANE PRZEZ STACJE BAZOWE TELEFONII KOMÓRKOWEJ

Radiokomunikacja ruchoma lądowa, zwana popularnie telefonią komórkową, ma za zadanie przesyłanie informacji do i od użytkowników, którzy są (lub mogą być) w ruchu. Systemy radiokomunikacji komórkowej oparte są na podziale na „komórki”, objętej usługami powierzchni. Każda „komórka” wyposażona jest w stację bazową, odpowiedzialną za gromadzenie i aktualizację danych o użytkowniku oraz pośredniczenie w połączeniu użytkownika z wybranym abonentem tej samej sieci, innej sieci, bądź sieci telefonii stacjonarnej. Do zapewnienia łączności na terenie jednej komórki stosuje się anteny dookólne lub sektorowe, natomiast do łączności między stacjami bazowymi anteny kierunkowe – w większości przypadków paraboliczne. Typowy system radiokomunikacyjny składa się z radiostacji (stałych i ruchomych), central radiotelefonicznych oraz torów telekomunikacyjnych radiowych i przewodowych.

Źródłami PEM stacji bazowych w miastach są głównie sektorowe anteny rozsiewcze lokowane na dachach budynków. Rozkład gęstości mocy wokół anten stacji bazowych zależy głównie od takich parametrów, jak:

- wartość mocy doprowadzonej do anten (najczęściej anteny stacji bazowych zasilane są mocą nieprzekraczającą 25 W),
- charakterystyk kierunkowych anten nadawczych (azy-mut i nachylenie),
- odległości od anten, przy czym wartość gęstości mocy maleje z kwadratem odległości od anteny.

Wartości gęstości mocy w miejscach przebywania ludzi zależą zwłaszcza od wysokości zainstalowania anteny. Stwierdzono, że zainstalowana na wysokości 20 m nad ziemią typowa stacja bazowa GSM, pracująca z mocą 2 kW (ERP – mocą emitowaną w kierunku maksymalnego promieniowania anteny), spowoduje na poziomie ziemi powstanie PEM o maksymalnej wartości co najwyżej rzędu 0,2 W/m², chociaż najczęściej stwierdza się PEM o wartościach 0,001–0,005 W/m² (1). Petersen i wsp. (2) mierzyli natężenie pola wokół stacji bazowych o mocy nadawczej 1600 W (ERP), umieszczonych na wieżach o wysokości od 40 do 83 m. Maksymalne natężenie PEM na powierzchni ziemi, w odległości 20–80 m od stacji bazowej wynosiło 0,02 W/m². W odległości do 100 m średnie natężenie pola było niższe niż 0,01 W/m². Podobne wyniki uzyskali Haumann i wsp. (3) oraz uczestnicy międzynarodowych badań prowadzonych w ramach COST 244bis „Biomedical Effects of Electromagnetic Fields” (4). Wewnątrz

budynków wartości PEM są mniejsze od 3 do 20 razy niż na zewnątrz (5,6). Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze względu na charakterystykę promieniowania anten, promieniowanie w kierunku pionowym praktycznie nie występuje. Budynek, na którym zainstalowana jest antena, znajduje się jednocześnie w jej „cieniu”. Dodatkowo, ewentualne promieniowanie, które mogłoby się przedostać do pomieszczeń mieszkalnych, jest pochłaniane przez dach. Typowa konstrukcja dachowa osłabia fale elektromagnetyczne od pięciu do dziesięciu razy. Osłabienie to wzrasta, jeżeli dach wykonano z żelbetu lub metalu. W przypadku typowej stacji bazowej – 1000 W ERP, zamontowanej 3 m powyżej dachu, pomiary przeprowadzane w mieszkaniach usytuowanych na najwyższym piętrze budynku wykazują, że maksymalna gęstość mocy promieniowania w przedpokoju, na wysokości podłogi, bezpośrednio pod urządzeniem wynosiła 0,08 W/m² (7). Poziom PEM w mieszkaniach uzależniony jest również od wysokości budynków i ukształtowania terenu w otoczeniu anteny. Do odległości około 200 metrów od stacji bazowej w mieszkaniach znajdujących się ponad poziomem zainstalowania anteny, wielkość PEM może być wyższa niż na poziomie gruntu. W odległości przekraczającej 200 m od anteny wielkość pola nie zwiększa się wraz ze wzrostem wysokości (8).

STACJE BAZOWE A STANDARDY BEZPIECZEŃSTWA OKREŚLAJĄCE DOPUSZCZALNE NATĘŻENIE POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Istnieje cały szereg narodowych i międzynarodowych standardów higienicznych, mających na celu zabezpieczenie osób ekspozowanych na PEM przed ich negatywnym działaniem.

W Europie organizacją mającą największy autorytet w dziedzinie ochrony przed PEM jest Międzynarodowe Stowarzyszenie Ochrony przed Promieniowaniem (International Radiation Protection Association – IRPA), a w zasadzie jedna z komisji: Międzynarodowa Komisja ds. Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP), która do 1992 r. nosiła nazwę Międzynarodowy Komitet ds. Promieniowania Niejonizującego (International Non-Ionizing Radiation Committee – INIRC). Opracowane przez nią zalecenia ograniczenia ekspozycji przed PEM z zakresu 100 kHz – 300 GHz zostały opublikowane w 1984 (9), a następnie zweryfikowane w 1988 r. (10). Standardy ICNIRP stały się podstawą zaleceń Rady Unii Europejskiej (11). Podstawowe ograniczenia dla PEM z tego zakresu częstotliwości dotyczą SAR (Specific Absorption Rate) dla całego ciała i jego lokalnych wartości. Wielkość ta przedstawia tempo, w jakim może następować pochłanianie energii elektromagnetycznej. Poziomy dopuszczalnych SAR ustalono, przyjmując na podstawie danych literaturowych, że efekty biologiczne w tym zakresie częstotliwości są spowodowane efektem termicznym (wzrostem temperatury ponad 1°C). Z danych doświadczalnych wynika, że w neutralnym termicznie środowisku taki przyrost temperatury jest spowodowany działającym przez 30 minut SARem dla całego

ciała równym 4 W/kg. Wprowadzając odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa uznano SAR = 0,4 W/kg za bezpieczny poziom ekspozycji dla ekspozycji zawodowej (kontrolowanej), a 0,08 W/kg dla ekspozycji komunalnej (niekontrolowanej). W oparciu o takie same rozważania ustalono bezpieczne poziomy lokalnego SAR na 2 W/100 g tkanki w kończynach (ręce, nadgarstki, kostki i stopy) i 1 W/100 g tkanki w innych częściach ciała. Niestety, w zaleceniach dotyczących SAR lokalnego nie było rozróżnienia pomiędzy ekspozycją zawodową i komunalną. W chwili obecnej takie rozróżnienie już występuje (9), np. w przypadku ekspozycji zawodowej limit SAR w głowie wynosi 0,1 W/10 g tkanki, natomiast dla ekspozycji komunalnej ograniczony jest on do 0,02 W/10 g tkanki.

Ze względu na to, że pomiar SAR możliwy jest jedynie w warunkach laboratoryjnych, opracowano teoretyczną zależność pomiędzy SAR a gęstością mocy padającej (lub natężeniami pola elektrycznego czy magnetycznego). Dzięki temu można przedstawić normy w wielkościach mierzalnych w warunkach normalnej eksploatacji źródeł PEM. Dla PEM o częstotliwościach stosowanych w telefonii komórkowej opisane wyżej normy IRPA/ICNIRP dla populacji generalnej mają postać, jak w tabeli 1.

Oczywiście tego typu postępowanie może mieć miejsce jedynie w przypadku ekspozycji zachodzącej w dalekiej strefie promieniowania, dlatego też normy przedstawione w tabeli 1 można w zasadzie stosować jedynie do oceny higienicznej anten nadawczych stacji bazowych. Telefony doręczne wymagają oceny opartej na wyżej wspomnianych procedurach laboratoryjnych.

W Polsce, odnośnie do ochrony przed PEM zakresów stosowanych w telefonii komórkowej obowiązują:

- dla ochrony populacji ekspozowanej zawodowo – Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r., zmieniające rozporządzenia w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (12);

- dla ochrony populacji generalnej – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (13).

W przepisach, dotyczących ekspozycji zawodowej, limity ekspozycji dotyczą natężenia pola elektrycznego i czasu

przebywania w zasięgu PEM, natomiast w przepisach dla ekspozycji komunalnej gęstości mocy padającej. Najwyższa dopuszczalna wartość gęstości mocy dla częstotliwości telefonii komórkowej wynosi dla populacji generalnej 0,1 W/m².

Ocena higieniczna urządzeń nadawczych stacji bazowych GSM instalowanych w Polsce dokonana wg przepisów dla ekspozycji zawodowej, wykazała, że w otoczeniu anten linii radiowych (zapewniających połączenie systemu w całość), w miejscach przebywania ludzi, nie występują strefy ochronne, natomiast w otoczeniu anten o charakterystyce dookólnej (lub sektorowej) mogą występować PEM ze strefy zagrożenia i pośredniej (na nadbudówkach i dachach budynków oraz galeryjkach, pomostach wież i kominów EC, gdzie zainstalowane są anteny). Należy podkreślić, że na pola o takich wartościach mogą być ekspozowani pracownicy, a w miejscach dostępnych dla osób postronnych (populacja generalna) nie stwierdzono występowania PEM o wartościach odpowiadających ekspozycji zawodowej (14). Również badania przeprowadzane na świecie wskazują na bardzo niskie wartości gęstości mocy mikrofalowej w miejscach, w których mogą przebywać ludzie. Najczęściej mamy do czynienia z gęstościami mocy, mieszczącymi się w przedziale 0,0001–0,005 W/m² (1,2,6,15). W żadnych badaniach nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych standardów (16–22). Do szczególnie znanych badań należą:

- badania kanadyjskie, przeprowadzone przez Thansandote i wsp. (15). Dokonali oni w 1999 r. pomiarów PEM w 5 szkołach w Vancouver, z których 3 usytuowane były niedaleko stacji bazowej. Stwierdzili, że poziomy PEM były dużo niższe niż zalecane kanadyjskie, amerykańskie oraz międzynarodowe standardy;

- badania brytyjskie przeprowadzone w roku 2000 przez Narodową Komisję ds. Ochrony przed Promieniowaniem Zjednoczonego Królestwa (6). Pomiar wykonano w 118 miejscach publicznych, znajdujących się wokół 17 stacji bazowych. Maksymalna wartość PEM (na placu zabaw – 60 metrów od szkoły, na której dachu znajdowała się stacja bazowa) wynosiła 0,0083 W/m². Średnia gęstość mocy była niższa od 0,001 W/m² (około 0,01% zalecanych przez ICNIRP wartości dla populacji generalnej). Natężenie wewnątrz pomieszczeń było niższe niż na zewnątrz;

- badania brytyjskie, przeprowadzone w 2001 r. przez Agency of the UK Department of Trade and Industry. Stwierdzono, że maksymalne PEM w 100 szkołach, znajdujących się w sąsiedztwie stacji bazowych, było niższe od zalecanych standardów przez ICNIRP, stanowiło mniej niż 1% jego wartości, przy czym w większości szkół było niższe niż 0,1% (8,9).

Tabela 1. Wyprowadzone limity wartości PEM (dla częstotliwości telefonii komórkowej) wg IRPA/ICNIRP* dla ekspozycji komunalnej

Częstotliwość MHz	Limit gęstości mocy W/m ²	Limit natężenia pola elektrycznego V/m	Limit natężenia pola magnetycznego A/m
450	2,25	29,2	0,1
900	4,5	41,25	0,1
1800	9,0	58,3	0,2

* IRPA – International Radiation Protection Association.

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

BADANIA SUBIEKTYWNYCH DOLEGLIWOŚCI U MIESZKAŃCÓW OKOLIC STACJI BAZOWYCH

Badania, dotyczące ewentualnych skutków zdrowotnych związanych z PEM, emitowanym przez stacje bazowe, mają głównie charakter przekrojowych badań ankietowych.

W Szwajcarii przeprowadzono badanie wśród osób, które swoje dolegliwości łączyły z ekspozycją na PEM, emitowane przez stacje bazowe. Pośród 394 badanych 74% twierdziło, że te dolegliwości spowodowane były obecnością stacji bazowej. Głównie były to zaburzenia snu (60%) oraz bóle głowy (40%), rzadziej zgłaszano nerwowość, drażliwość, obniżenie nastroju, zaburzenia koncentracji. Około 20% osób narzekało na szum w uszach. Symptomy te pojawiały się w krótkim czasie od wejścia w „strefę narażenia”, a ustępowały bardzo powoli (23).

We Francji przeprowadzono badanie wśród 530 osób (270 mężczyzn i 260 kobiet), mieszkających w różnych odległościach od stacji bazowych. Ekspozycję szacowano na podstawie odległości miejsca zamieszkania od stacji bazowej (mniej niż 10 m, 10–50 m, 50–100 m, 100–200 m, 200–300 m i ponad 300 m), jej usytuowania (przed, z boku, z tyłu, pod stacją bazową) oraz okresu zamieszkania w jej pobliżu (mniej niż rok, 1–2 lata, 2–5 lat i ponad 5 lat). Szacowano też ekspozycję na PEM o innych częstotliwościach (np. korzystanie z komputera, mieszkanie w pobliżu linii wysokiego napięcia itp.). Grupę kontrolną stanowiły osoby mieszkające w odległości większej niż 300 m od stacji bazowej. Do oceny rodzaju i częstości występowania dolegliwości zastosowano kwestionariusz stosowany już w innych badaniach (Non Specific Health Symptoms – NSHS). W kwestionariuszu wyszczególniono 18 symptomów, opisywanych jako choroba wywołwana przez PEM z zakresu mikro- i radiofalewego. Nasilenie występujących dolegliwości opisywano w skali 0 (nie występuje) – 3 (występuje bardzo często) (24). W porównaniu z osobami bez ekspozycji – grupa kontrolna – dolegliwości występowały istotnie częściej ($p < 0,05$) wśród mieszkańców z obszarów do 10 m od stacji bazowej, ale nie bezpośrednio pod stacją umieszczoną na dachu. Najczęściej podawane dolegliwości, to: nudności, utrata apetytu, zaburzenia widzenia, trudności w poruszaniu się. Osoby mieszkające w odległości do 100 m istotnie częściej zgłaszały drażliwość, depresję, trudności z koncentracją uwagi, problemy z pamięcią, zawroty głowy, spadek libido (mężczyźni). Bóle głowy, zaburzenia snu, uczucie dyskomfortu, problemy ze skórą istotnie częściej występowały wśród osób zamieszkujących obszar od 100 do 200 m od stacji bazowej. Natomiast w strefie powyżej 200 m tylko zmęczenie występowało częściej, w porównaniu z grupą osób mieszkających dalej niż 300 m od stacji bazowej. Analiza zależności między zgłaszanymi dolegliwościami a płcią wykazała, że wśród kobiet istotnie częściej występowały nudności (w obszarze do 10 m od stacji bazowej) oraz bóle głowy (w pozostałych obszarach). Spadek libido podawali mężczyźni mieszkający w odległości 50–100 m od stacji bazowej. U kobiet dolegliwości (bóle głowy, nudności, utrata apetytu, zaburzenia snu, depresja, uczucie dyskomfortu, zaburzenia widzenia) występowały istotnie częściej niż u mężczyzn (24). We wcześniejszych badaniach Santini i wsp. (25), wykazali, że kobiety częściej w porównaniu z mężczyznami mają kłopoty ze snem, które wiążą z używaniem telefonów komórkowych. Nie stwierdzono natomiast związku między odległością

mieszkania od stacji bazowej a występowaniem przedwczesnej menopauzy u kobiet.

Analiza zależności między częstością występowania dolegliwości a wiekiem wykazała, że wśród badanych poniżej 20 roku życia nie było istotnych różnic pomiędzy dolegliwościami osób zamieszkujących w obszarze do 300 m od stacji bazowej a osób bez ekspozycji. Natomiast badani powyżej 21 roku życia (a poniżej 60 lat) mieszkający w odległości do 300 m istotnie częściej niż grupa kontrolna (w tym samym wieku) odczuwali bóle i zawroty głowy, zmęczenie, drażliwość, zaburzenia snu, poczucie dyskomfortu, zaburzenia widzenia (24). Te wyniki zgodne są z wcześniejszymi doniesieniami o większej wrażliwości ludzi starszych na PEM (26).

Dla bliskiej odległości od stacji bazowej (<100 m) wykazano, że najwięcej dolegliwości występowało wśród osób mieszkających na wprost stacji. Można to tłumaczyć faktem, że promieniowanie emitowane przez stację bazową ma największe poziomy na wprost anteny (2,24).

Wzrost częstości występowania symptomów, w porównaniu do grupy kontrolnej (osoby nienarażone lub mieszkające dalej niż 300 m od stacji bazowej) również stwierdzono w australijskim badaniu, z którego wynika, że osoby mieszkające w odległości 200 m od stacji bazowej skarżą się na ciągłe zmęczenie i zaburzenia snu (27). Natomiast z niepublikowanych badań hiszpańskich, przeprowadzonych przez Gomez-Perretta i wsp. wynika, że większa liczba osób zamieszkujących obszar do 150 m od stacji bazowej odczuwa drażliwość, bóle głowy, nudności i zaburzenia snu niż z terenów położonych dalej >250 m.

W badaniu przeprowadzonym przez Navarro i wsp. (28), w hiszpańskim mieście La Nora, wykorzystano ankietę skonstruowaną przez Santiniego (29). Składała się ona z 25 pytań, dotyczących pojawiania się dolegliwości, takich jak: zmęczenie, drażliwość, bóle i zawroty głowy, mdłości, utrata apetytu, bezsenność, uczucie dyskomfortu, trudności z koncentracją, utrata pamięci, zmiany skórne, zaburzenia widzenia i słuchu, problemy z wykonywaniem ruchów (autorzy nie podają jakiego rodzaju są to problemy), dolegliwości dotyczące układu krążenia. Badani oceniali pojawianie się danego symptomu za pomocą 4-stopniowej skali: 0 – nigdy, 1 – czasami, 2 – często, 3 – bardzo często. Ponadto w kwestionariuszu uwzględniono – dane osobowe (adres, wiek, płeć), odległość od stacji bazowej, czas ekspozycji (liczba dni/tydzień, liczba godz./dzień) i jej początek, obecność linii wysokiego napięcia oraz korzystanie z komputera i telefonu komórkowego.

Spośród ok. 1900 mieszkańców miasta La Nora badaniami objęto ok. 5% osób. Z analizy wyłączono ankiety osób z chorobami psychicznymi lub neurologicznymi. W końcowej analizie uwzględniono 101 ankiet. Następnie przeprowadzono pomiar natężenia pola elektromagnetycznego w sypialni każdego badanego w ciągu dwóch dni (w godz. 11:00–19:00) oraz PEM na ulicy podczas dnia roboczego i weekendu. Wśród badanych było 47% mężczyzn i 53% kobiet. Grupa ta była różnorodna pod względem wieku (15–80 lat).

Czas ekspozycji, czyli czas przebywania w sąsiedztwie stacji bazowej, u 95% badanych wynosił więcej niż 6 godz. dziennie przez 7 dni w tygodniu. Poziom ekspozycji był niższy niż $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, czyli niższy niż europejskie (10) i hiszpańskie standardy bezpieczeństwa. 24% badanych korzystało z telefonu komórkowego dłużej niż 20 min dziennie. Badani zostali podzieleni na dwie grupy:

- grupa I – osoby mieszkające w odległości bliższej niż 150 m od anteny stacji bazowej (47 osób), średni poziom ekspozycji – $0,11 \mu\text{W}/\text{cm}^2$;

- grupa II – osoby mieszkające w odległości dalszej niż 250 m od anteny stacji bazowej – średni poziom ekspozycji – $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Najwięcej dolegliwości odczuwali badani z grupy I. W grupie tej zespoły rzekomonerwicowe występowały u 42% badanych, zespół podwzgórzowy u 55% osób, a zaburzenia czucia u 25% osób. Dolegliwości sercowo-naczyniowe zgłaszała ponad połowa badanych (55%). Największe różnice między grupami stwierdzono w odniesieniu do bólów głowy, zaburzeń snu, problemów z koncentracją uwagi oraz drażliwości.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że 30% ankietowanych z grupy I używało telefonu komórkowego, a 16% komputera, podczas gdy w grupie II z telefonu korzystało tylko 17%, a z komputera 1% badanych. Różnice te mogły wpłynąć na wynik badania, gdyż zgłaszane dolegliwości mogły być związane z korzystaniem z telefonu komórkowego. Rozmowa przez telefon komórkowy powoduje powstanie ekspozycji miejscowej (głowa) o wartości 10 000 razy wyższej niż podczas maksymalnej ekspozycji na PEM emitowane przez stację bazową. Promieniowanie pochodzące z monitora komputera nie było brane pod uwagę ze względu na jego małą intensywność ($<0,3 \mu\text{T}$).

Przeprowadzono także analizę związku między występowaniem dolegliwości a natężeniem pola elektrycznego. Wykazano, że wraz ze wzrostem natężenia istotnie wzrastało uczucie dyskomfortu, drażliwość oraz nasilały się problemy z łaknieniem. Inne dolegliwości, takie jak zmęczenie, bóle głowy, trudności z koncentracją uwagi oraz zaburzenia snu również były istotnie skorelowane z poziomem ekspozycji. Zaburzenia słuchu, problemy z chodzeniem (autorzy nie precyzują jakiego rodzaju były to problemy) oraz zaburzenia układu krążenia miały niskie, ale także istotne statystycznie współczynniki korelacji (28).

Hutter i wsp. przeprowadzili badania ankietowe, dotyczące samopoczucia osób mieszkających w pobliżu 10 stacji bazowych telefonii komórkowej w Austrii, w rejonie rolniczym (5 stacji bazowych) oraz w Wiedniu (5 stacji bazowych). Wybrane do badań stacje bazowe musiały spełniać następujące warunki: działać co najmniej 2 lata w paśmie 900 MHz, w ich pobliżu nie mogły znajdować się inne urządzenia tego typu oraz mieszkańcy obszarów wokół stacji nie mogli protestować przeciwko ich budowie. Poza tym w promieniu 200 m od stacji musiało mieszkać co najmniej 18 osób (30).

Ankieta zawierała: dane na temat innych źródeł PEM w obrębie gospodarstwa, czasu używania telefonu komórko-

wego, subiektywną ocenę wpływu na zdrowie różnych czynników środowiska, subiektywną ocenę dolegliwości z zastośowananiem skali Zerssena (31), ocenę jakości snu – Pittsburgh Sleeping Scale oraz testy pamięci, czasu reakcji i szybkości postrzegania. Następnie dokonano pomiaru natężenia PEM w mieszkaniach osób badanych.

Badaniami objęto 365 osób w tym: 59% kobiet i 41% mężczyzn. Średnia wieku wynosiła 44 ± 16 lat. Z powodu nieobecności mieszkańców, natężenie PEM zmierzono w 336 gospodarstwach. Średni czas przebywania w sąsiedztwie stacji bazowej wynosił 10 ± 5 godz/dzień. Ekspozycja na PEM pochodziła głównie z systemu telefonii komórkowej (około 70%), a jej poziom był niski – od 0,0002 do $1,4 \text{ mW}/\text{m}^2$.

Osoby badane podzielono na 3 grupy w zależności od ekspozycji na PEM emitowane przez stacje bazowe: ekspozycja do $0,05 \text{ mW}/\text{m}^2$, $0,05-0,1 \text{ mW}/\text{m}^2$ i powyżej $0,1 \text{ mW}/\text{m}^2$.

Dolegliwości podzielono na 3 kategorie – związane z poczuciem wyczerpania, z dolegliwościami ze strony układu pokarmowego oraz układu krążenia. Wykazano istotną zależność między poziomem ekspozycji, a występowaniem dolegliwości ze strony układu krążenia ($p = 0,007$) zarówno w grupie osób wiążących dolegliwości z obecnością stacji bazowej jak i wśród tych, którzy nie widzieli takiego związku. Natomiast nie stwierdzono istotnej korelacji między poziomem ekspozycji na PEM emitowane przez stacje bazowe a występowaniem kłopotów ze snem. Spośród funkcji poznawczych tylko szybkość postrzegania była istotnie zależna od poziomu ekspozycji (30).

W ocenie badanych, dotyczącej wpływu innych czynników środowiska na zdrowie, konsekwencje obecności stacji bazowej były ocenione jako mniej szkodliwe niż hałas lub zanieczyszczenia powietrza związane z ruchem ulicznym. Ocena ta była podobna na wsi i w mieście. Tylko 8% badanych (5% na wsi, 10% w mieście) oceniło związek pomiędzy stanem zdrowia a obecnością stacji bazowej jako silny. Wśród badanych z telefonu komórkowego korzystało aż 74% osób (30).

PODSUMOWANIE

Wyniki badań ankietowych wskazują, że u mieszkańców okolic stacji bazowych występowały różnego rodzaju dolegliwości, przede wszystkim ze strony układu krążenia oraz kłopoty ze snem. Częstość ich występowania była istotnie zależna od poziomu ekspozycji, mimo że poziom ten był niski i nie przekraczał dopuszczalnych norm. Jednak tłumaczenie tych dolegliwości wyłącznie obawą badanych przed negatywnymi skutkami ekspozycji na PEM emitowane przez stacje bazowe nie jest przekonujące, gdyż niektóre dolegliwości występowały również często u osób, które łączyły je z obecnością stacji bazowej jak i u tych, które nie widzieli z tym faktem żadnego związku.

Porównanie symptomów zgłaszanych przez mieszkańców okolic stacji bazowych z podawanymi przez użytkowników telefonów doręcznych wskazuje na inny charakter dolegli-

ści. Z badań przeprowadzonych w Skandynawii i Australii wynika, że u osób korzystających z telefonów komórkowych dominowały objawy miejscowe (uczucie ciepła na- i wokół ucha, swędzenie i pieczenie skóry), a także bóle i zawroty głowy oraz uczucie znużenia i problemy z koncentracją uwagi (32,33). Te różnice mogą wynikać z innego charakteru ekspozycji w przypadku PEM emitowane przez telefony doreczne (ekspozycja miejscowa) i PEM emitowane przez stacje bazowe (ekspozycja obejmująca całe ciało).

Wydaje się, że konieczne są dalsze badania nie tylko ankietowe, ale także kliniczne, dotyczące zarówno mieszkańców okolic stacji bazowych jak i użytkowników telefonów komórkowych, które pozwolą wyjaśnić podłoże zgłaszanych dolegliwości.

Z dotychczas przeprowadzonych badań eksperymentalnych wynika bowiem, że ekspozycja na PEM o częstotliwościach stosowanych w telefonii komórkowej może wywołać zmiany na poziomie komórkowym i tkankowym, które w konsekwencji mogą prowadzić do zaburzeń funkcjonalnych w obrębie różnych układów. W badaniach tych wykazano zaburzenia transportu jonów wapnia (Ca^{++}) (34–36), potasu i sodu (K^+ , Na^+) (37,38), zaburzenia przepuszczalności bariery krew-mózg (39,40), zmiany aktywności systemu cholinergicznego (41–43), wzrost stężenia noradrenaliny (44). Zaburzenia te mogą być teoretycznie przyczyną zmian czynnościowych, a w konsekwencji różnego rodzaju dolegliwości u ludzi, np. zaburzenia w transporcie jonów przez błony komórkowe mogą być przyczyną zmian w EEG, obserwowanych zarówno w okresie czuwania jak i snu oraz zaburzeń pracy serca, zmiany aktywności systemu cholinergicznego mogą powodować zakłócenia funkcji poznawczych, wzrost przepuszczalności bariery krew-mózg może być jedną z przyczyn bólów głowy (45). Kłopoty ze snem podawane przez użytkowników telefonów komórkowych mogą być też skutkiem obniżenia poziomu melatoniny, a wzrost stężenia noradrenaliny może być przyczyną wzrostu ciśnienia tętniczego. Potwierdzenie tych hipotez wymaga jednak dalszych badań. Problem ten należy wyjaśnić, aby rozwiązać wątpliwości i obawy mieszkańców okolic stacji bazowych i ustalić merytoryczne podstawy racjonalnej lokalizacji tych obiektów.

PIŚMIENNICTWO

- Mantiply E.D., Pohl K.R., Poppell S.W., Murphy J.A.: Summary of measured radiofrequency electric and magnetic fields (10 kHz to 30 GHz) in the general and work environment. *Bioelectromagnetics* 1997; 18 (8): 563–577.
- Petersen R.C., Testagrossa P.A.: Radio-frequency electromagnetic fields associated with cellular-radio cell-site antennas. *Bioelectromagnetics* 1992; 13 (3): 527–542.
- Haumann T., Münzenberg U., Maes W., Sierck P.: HF-radiation levels of GSM cellular phone towers in residential areas. W: Kostarakis P. [red.]. *Proceedings of the 2nd International Workshop „Biological Effects of PEMs”*, 7–11 października 2002; Rodos, Grecja, Electronics – Telecom and Applications Laboratory, Physics Department, University of Ioannina, Institute of Informatics and Telecommunications N.C.S.R. „Demokritos”, Ateny 2002, ss. 344–352.
- Bergqvist U., Friedrich G., Hamnerius Y., Martens L., Neubauer G., Thuroczy G. i wsp.: Mobile telecommunication base stations – exposure to electromagnetic fields. Report of a Short Term Emission, COST 244bis. 11th Workshop on Biomedical Applications of EMFs and Management Committee Meeting, 7–8 października 2000; Bled, Slovenia.
- Parsons J.D.: *The Mobile Phone Propagation Channel*. Wiley and Sons, New York 1992.
- Mann S.M., Cooper T.G.: Exposure to radio waves near mobile phone base stations. National Radiological Protection Board, Chilton, United Kingdom 2000.
- Petersen R.C., Fahly-Elwood A.K.: *Wireless telecommunications: Technology and RF safety issues*. W: Hardy K.A., Meltz M.L. i wsp. [red.]. *Non-Ionizing Radiation: An Overview of the Physics and biology*. Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1997, ss. 197–26.
- Moulder J.E.: *Cellular Phone Antennas (Mobile Phone Base Stations) and Human Health*. *Electromagnetic Fields and Human Health*, Wisconsin, USA 2004.
- ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 1998; 74 (4): 494–522.
- INIRC: Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. *Health Phys.* 1988; 54 (1): 115–123.
- EC/519/1999: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure to the general public to electromagnetic fields (0–300 GHz). *Off. J. Eur. Communities* 1999, L. 199, 59–61.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU* 2001, nr 4, poz. 36.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. *DzU* 2003, nr 192, poz. 1883.
- Aniolczyk H.: Electromagnetic field pattern in the environment of GSM base stations. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 1996; 12 (1): 47–58.
- Thansandote A., Gajda G.B., Lecuyer D.W.: Radiofrequency radiation in five Vancouver schools: exposure standards not exceeded. *Can. Med. Assoc. J.* 1999; 160 (9): 1311–1312.
- Independent Expert Group on Mobile Phones: Report on Mobile Phones and Health. National Radiological Protection Board, Chilton, United Kingdom 2000.
- National Radiation Protection Board: Restrictions on human exposure to static and time varying electromagnetic fields and radiation. *Doc. NRPB* 1993; 4: 1–69.
- Royal Society of Canada: A review of the potential risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. Royal Society of Canada, Ottawa, Ontario 2000.
- Safety Issues Associated With Base Stations Used for Personal Wireless Communications, A COMAR Technical Information Statement. *IEEE Eng Med. Biol.* 2001: 128–131.
- Mobile Telephones: an evaluation of health effects. Health Council of the Netherlands, The Hague, 2002.

21. GSM Base Station. Health Council of the Netherlands, The Hague 2000.
22. Les Telephones Mobiles leurs Stations de Base et la Sante. Directeur General de la Sante, Paris, 2001.
23. Moser M., Roosli M.: Epidemiological Studies on Mobile Phone Base Stations and Health Possible Biological Outcomes and Study Designs. Cost 281 Workshop „Mobile Phone base Stations and Health”, 15–16 maja 2003; Dublin, Ireland.
24. Santini R., Santini P., Le Ruz P., Danze J.M., Seigne M.: Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations. *Electromagnetic Biol. Med.* 2003; 1: 41–49
25. Santini R.: Breast cancer in women, high voltage power lines and melatonin. *Bioelectromagn. Newsl.* 1998; 144 (5):
26. Tell R.A., Harlen F.: A review of selected biological effects and dosimetric data useful for development of radiofrequency standards for human exposure. *J. Microw. Power* 1979; 14 (4): 405–424.
27. Line P., Cornelius W.A., Banagay M.J., Grollo M.: Levels of Radiofrequency Radiation from GSM Mobile Telephone Base Stations. Tech. Rep. 129. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2000. Adres: <http://www.arpana.gov.au>.
28. Navarro E.A., Segura J., Portoles M., Gomez-Perretta C.: The Microwave Syndrome: A preliminary study in Spain. *Electromagnetic Biol. Med.* 2003; 22: 161–169.
29. Santini R., Santini P., Seigne M., Danze J.M.: Symptoms expressed by people living near cell phone relay stations. *La Presse Med.* 2001; 30 (32): 1594–1598.
30. Hutter H.P., Moshhammer H., Kundi M.: Mobile Telephone Base-Stations: Effects on Health and Wellbeing. W: Kostarakis P. [red.]. Proceedings of the 2nd International Workshop „Biological Effects of PEMs”, 7–11 października 2002; Rodos, Grecja. Electronics – Telecom and Applications Laboratory, Physics Department, University of Ioannina, Institute of Informatics and Telecommunications N.C.S.R. „Demokritos” Ateny 2002, ss. 344–352.
31. Zerssen D.V., Koeller D.M.: Die Belfindlichkeitsskala. Testzentrale, Göttingen 1976.
32. Oftedal G., Wilen J., Sandstrom M., Mild K.H.: Symptoms experienced in connection with mobile phone: *Occup. Med.* 2000; 50 (4): 237–245.
33. Hocking B. Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use. *Occup. Med.* 1998; 48: 357–360.
34. Dutta S.K., Ghosh B., Blackman C.F.: Radiofrequency radiation induced calcium ion efflux enhancement from human and other neuroblastoma cells in culture. *Bioelectromagnetics* 1989; 10 (12): 197–202.
35. Seaman R.L., de Haan R.L.: Inter beat intervals of cardiac cell aggregates during exposure to 2.45 GHz CW, pulsed and square wave modulated microwaves. *Bioelectromagnetics* 1993; 14 (1): 41–55.
36. Somosy Z., Kittel A., Thuroczy G.: Ultrastructural distribution of calcium after ELF modulated microwave and GSM modulated RF irradiation in the temporal cortex of rat brain. Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, 8–13 czerwca 1997; Bologna, Italy.
37. Liu D.S., Astumian R.D., Tsong T.Y.: Activation of Na and K pumping modes of Na, K-ATPase by an oscillating electric field. *J. Biol. Chem.* 1990; 265 (13): 7260–7267.
38. Cleary S.F.: Effects of radio-frequency radiation on mammalian cells and biomolecules in vitro. W: Blank M. [red.]. *Electromagnetic Fields: Biological Interaction and Mechanisms*. American Chemical Society, Washington 1995, ss. 467–477.
39. Salford L.G., Brun A., Sturesson K., Eberhard J.L., Person B.R.: Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8,16,50 and 200 Hz. *Microsc. Res. Tech.* 1994; 27 (6): 535–542.
40. Fritze K., Sommer G., Schmitz B., Mies G., Hossmann K.A., Kiessling M. i wsp.: Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain permeability in rat. *Acta Neuropathol.* 1997; 94 (5): 465–470.
41. Modak A.T., Stavinoha W.B., Deam U.P.: Effect of short electromagnetic pulses on brain acetylcholine content and spontaneous motor activity in mice. *Bioelectromagnetics* 1981; 2 (1): 89–92.
42. Lai H.: Research on the neurological effects of nonionizing radiation at the University of Washington. *Bioelectromagnetics* 1992; 13 (6): 513–526.
43. Dutta S.K., Das K., Ghosh B., Blackman C.F.: Dose dependance of acetylcholinesterase activity in neuroblastoma cells exposed to modulated radio-frequency electromagnetic radiation. *Bioelectromagnetics* 1992; 13 (4): 317–322
44. Inaba R., Shisido K., Okada A., Moroji T.: Effects of whole body microwave exposure on the rat brain contents of biogenic amines. *Eur. Appl. Physiol.* 1992; 65 (2): 124–128.
45. Salford L.G., Brun A.E., Eberhard J.L., Malmgren L., Person B.R.: Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ. Health Perspect.* 2003; 111 (7): 881–883.