

Paweł Bieńkowski  
Bartłomiej Zubrzak  
Robert Surma

## POLE ELEKTROMAGNETYCZNE STACJI BAZOWEJ TELEFONII KOMÓRKOWEJ — STUDIUM PRZYPADKU

ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE MOBILE PHONE BASE STATION: CASE STUDY

Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław  
Laboratorium Wzorców i Metrologii Pola Elektromagnetycznego

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** W pracy przedstawiono zmiany natężenia pola elektromagnetycznego (PEM) w budynku szkoły oraz jej otoczeniu po zainstalowaniu na dachu budynku stacji bazowej telefonii komórkowej. **Materiał i metody:** Przedstawiono porównanie poziomów natężenia pola przed uruchomieniem stacji (pomiar tła elektromagnetycznego) i po jej uruchomieniu (dwa niezależne pomiary kontrolne). **Wyniki:** Przedstawiono analizę wyników pomiarów oraz zaproponowano metodę korekty rozkładu pola elektromagnetycznego w obszarze promieniowania listków bocznych anten w celu ograniczenia natężenia PEM w bezpośrednim otoczeniu stacji bazowej. Omówiona metoda bazuje na regulacji kątów pochylecia wiązki głównej anteny z wykorzystaniem tiltów elektrycznych i mechanicznych. **Wnioski:** Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że w budynku i jego otoczeniu nastąpił wzrost natężenia PEM, ale zmierzone wartości z dużym zapasem spełniają wymogi Ustawy prawo ochrony środowiska. Med. Pr. 2011;62(1):37–45

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, stacja bazowa, pomiary środowiskowe

### ABSTRACT

**Background:** The paper presents changes in the electromagnetic field intensity in a school building and its surrounding after the mobile phone base station installation on the roof of the school. **Material and Methods:** The comparison of EMF intensity measured before the base station was launched (electromagnetic background measurement) and after starting its operation (two independent control measurements) is discussed. **Results:** Analyses of measurements are presented and the authors also propose the method of the electromagnetic field distribution adjustment in the area of radiation antennas side lobe to reduce the intensity of the EMF level in the base station proximity. The presented method involves the regulation of the inclination. **Conclusions:** On the basis of the measurements, it was found that the EMF intensity increased in the building and its surroundings, but the values measured with wide margins meet the requirements of the Polish law on environmental protection. Med Pr 2011;62(1):37–45

Key words: electromagnetic field, base station, environmental measurements

Adres autorów: Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki, Politechnika Wroclawska,  
ul. Janiszewskiego 7/9, 50-370 Wroclaw, e-mail: pawel.bienkowski@pwr.wroc.pl  
Nadesłano: 15 grudnia 2010  
Zatwierdzono: 14 stycznia 2011

### WSTĘP

Telefonia komórkowa w ciągu ostatnich kilkunastu lat stała się jednym z najpopularniejszych systemów radiokomunikacyjnych. O ile jeszcze 10 lat temu posiadanie telefonu komórkowego było czynnikiem wyróżniającym, o tyle w tej chwili jest odwrotnie — dziwi jego brak. Ten środek komunikacji mają już właściwie przedstawiciele wszystkich pokoleń — od uczniów szkoły podstawowej po emerytów, i to nawet tych „starej daty”. Z sondażowych badań własnych autorów wynika, że obecnie pod koniec II klasy szkoły podstawowej telefon komórkowy ma ponad 50% dzieci, w klasie V — blisko 90%, a gimnazjalistów, którzy go nie mają, trudno znaleźć. Ponadto, rozwój sieci telefonii komórkowej umożliwił korzystanie

z telefonów praktycznie w każdym miejscu, więc brak zasięgu na określonym obszarze często dyskryminuje go w opinii mieszkańców lub przyjezdnych. Na tym tle trochę dziwi polityka dotycząca ograniczania rozwoju sieci np. w obszarach uzdrowiskowych — Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych (art. 38, 1.1j i 1.2c) zakazuje m.in. lokalizacji stacji bazowych telefonii komórkowej w strefie uzdrowiskowej A i w strefie B w odległości mniejszej niż 500 m od granicy strefy A (1). Tymczasem przecież właśnie w czasie okresowego oddalenia od domu i rozstania z bliskimi uaktywnia się duża grupa okazjonalnych użytkowników telefonów komórkowych. To samo zjawisko dotyczy też szpitali.

Mimo że telefon komórkowy całkowicie spowszedniał, budowa stacji bazowych telefonii komórkowej — podstawowego segmentu systemu — wciąż budzi wśród okolicznych mieszkańców wiele emocji związanych z obawą przed PEM. Dotyczy to zwłaszcza stacji zlokalizowanych w miejscach określanych jako szczególnie wrażliwe na oddziaływanie PEM, do których bez wątplenia zalicza się m.in. budynki szpitali szkół i przedszkoli. Wynika to najprawdopodobniej z przekonania o potrzebie ochrony przed czynnikami potencjalnie szkodliwymi części populacji o domniemanej większej podatności na oddziaływanie takich czynników.

W Polsce, dodatkowo, uzasadnienia takiej sytuacji możemy doszukiwać się w zaszcłościach historycznych. Przepisy ochrony środowiska przed promieniowaniem elektromagnetycznym z 1980 roku wyróżniały dwie strefy ochronne: pierwszego i drugiego stopnia (2). W strefie pierwszego stopnia przebywanie ludności było zabronione, z wyjątkiem osób zatrudnionych przy eksploatacji źródeł pól. W strefie drugiego stopnia dopuszczało się okresowe przebywanie ludności związane z prowadzeniem działalności gospodarczej, turystycznej, rekreacyjnej itp., natomiast na obszarze tej strefy zabraniało się lokalizowania budynków mieszkalnych i budynków wymagających szczególnej ochrony przed działaniem pól elektromagnetycznych, zwłaszcza szpitali, internatów, żłobków, przedszkoli itp. Czy takie budynki rzeczywiście wymagają „szczególnej ochrony” i co przez to należy rozumieć, pozostaje kwestią dyskusyjną. Obecnie obowiązujące przepisy (3) nie narzucają już takich ograniczeń, ale społeczne poczucie potrzeby ochrony pozostało.

Niezależnie od subiektywnej oceny umieszczenia stacji bazowej na budynkach szkół, przedszkoli czy szpitali, należy rozważyć techniczne aspekty takiego przedsięwzięcia. Instalacja elementów sieci telefonii komórkowej jako taka w żaden sposób nie zależy od przeznaczenia budynku i co więcej — poziomy PEM w budynku i jego otoczeniu również nie zależy od jego przeznaczenia, a jedynie od parametrów technicznych stacji bazowej. Rozważania i wnioski przedstawione poniżej dotyczą więc praktycznie wszystkich budynków, na których zainstalowano lub planuje się instalację stacji bazowej.

## OBIEKT BADAŃ

Jako materiał do analizy wybrano przypadek instalacji stacji bazowej telefonii komórkowej na dachu budynku szkoły podstawowej w jednym z miast na Śląsku. Szkoła mieści się w budynku murowa-

nym 3-kondygnacyjnym (parter, przyziemie, I i II piętro). Nad II piętrem znajduje się płaski strop z przestronią wentylacyjną — nieużytkowym strychem o wysokości ok. 1,5 m. Dach kryty jest papą. Całkowita wysokość budynku wynosi 14 m.

Na dachu budynku zlokalizowano maszt antenowy o wysokości ok. 10 m. Anteny stacji bazowej zawieszono na wysokości 9 m nad poziomem dachu. Stacja bazowa jest stacją dwusystemową (z możliwością rozbudowy do trójsystemowej) GSM900/UMTS. Obszar działania stacji podzielono na trzy sektory z kierunkami podstawowymi na azymutach 40°, 160° i 280°. W promieniu do 500 m od szkoły nie występują inne istotne źródła pola elektromagnetycznego.



Fot. 1. Budynek szkoły z antenami stacji bazowej.

Photo 1. School building with base station antennas.

W literaturze można znaleźć wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego w budynkach mieszkalnych czy szpitalach, ale są to pomiary systemów już działających (4,5). Autorzy przyjęli inną metodykę badań. Na etapie projektu stacji bazowej przeprowadzono pomiary tła elektromagnetycznego w reprezentatywnych pionach pomiarowych wewnątrz budynku szkoły i w jej otoczeniu. Piony pomiarowe dobierano w miarę możliwości zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (3), aby w tych samych miejscach powtórzyć pomiary po uruchomieniu instalacji. Takie działanie miało umożliwić określenie zmian natężenia PEM po uruchomieniu

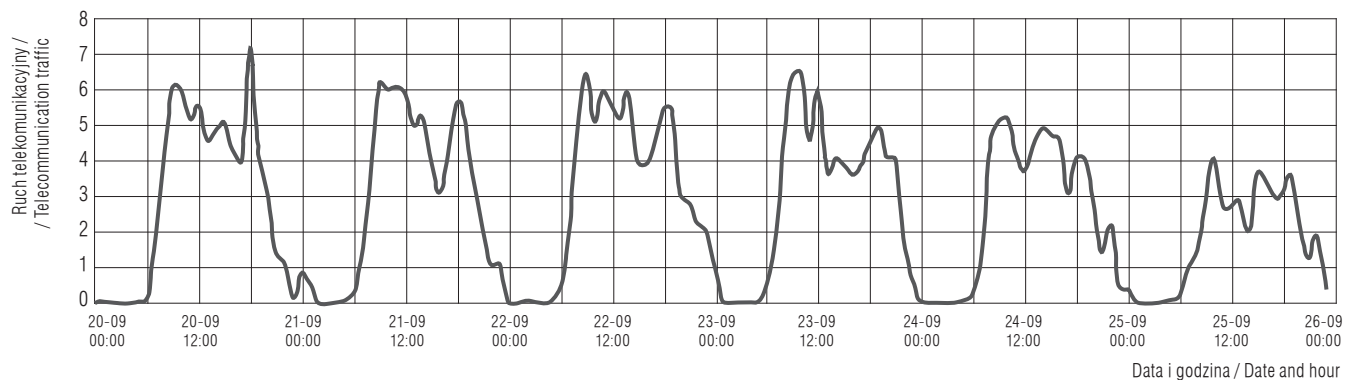
stacji bazowej, a nie jedynie wyznaczenie jego bieżącego natężenia w obiekcie. Po zakończeniu inwestycji i włączeniu stacji bazowej do normalnej eksploatacji zaplanowano okresowe pomiary kontrolne. Do chwili obecnej przeprowadzono 4 serie pomiarów, z których 3 serie przeprowadziło Laboratorium Wzorców i Metrologii Pola Elektromagnetycznego Politechniki Wrocławskiej (LWiMP).

Pierwsze pomiary miały miejsce 13 maja 2009 r. i były to pomiary tła elektromagnetycznego przed instalacją stacji bazowej. Po uruchomieniu instalacji pomiary zgodnie z wymogami ww. rozporządzenia przeprowadziło inne akredytowane laboratorium badawcze. Kolejne pomiary prowadzone przez LWiMP odbyły się 12 lipca i 24 września 2010. Pierwsze z nich były pomiarami wykonanymi bez wiedzy operatora eksploatującego stację bazową, drugie — na zlecenie operatora. Ze względu na cel pomiarów ich program został rozszerzony w stosunku do typowych pomiarów realizowanych zgodnie z cytowanym rozporządzeniem. Oprócz pomiarów miernikiem szerokopasmowym wykonano pomiary z analizą widma, mierni-

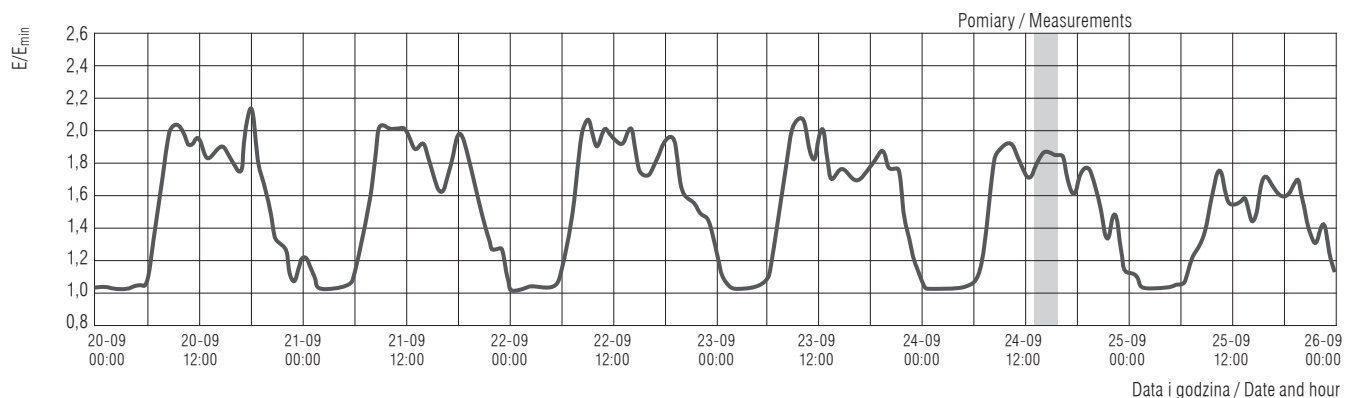
kiem o znacznie niższym dolnym progu pomiarowym (miernik SRM-3000) niż urządzenia szerokopasmowe (np. MEH-25, EMR-200 czy NBM-550) (6). Pozwoliło to na miarodajne oszacowanie zmian poziomów PEM po uruchomieniu stacji bazowej.

Pomiary realizowano zgodnie z wytycznymi zawartymi we wcześniejszych publikacjach autorów, w okresie statystycznie największego ruchu telekomunikacyjnego (7,8). W celu weryfikacji poprawności przyjętych założeń dokonano analizy ruchu *post factum* na podstawie statystyki ruchu stacji udostępnionej przez operatora stacji dla pomiarów z września 2010 r. Na rycinie 1. przedstawiono wykres zmienności ruchu stacji z tygodnia 20–25 września 2010.

Wykresu ruchu nie można jednoznacznie utożsamiać ze zmiennością natężenia PEM, ponieważ statystyki te nie uwzględniają regulacji mocy, z jaką nadajnik stacji bazowej dokonuje poszczególnych połączeń, oraz ruchu technicznego. Na rycinie 2. przedstawiono szacunkową zmienność natężenia PEM z uwzględnieniem ruchu technicznego i przy założeniu, że w szczycie ruchu stacja osiągnęła moc maksymalną.



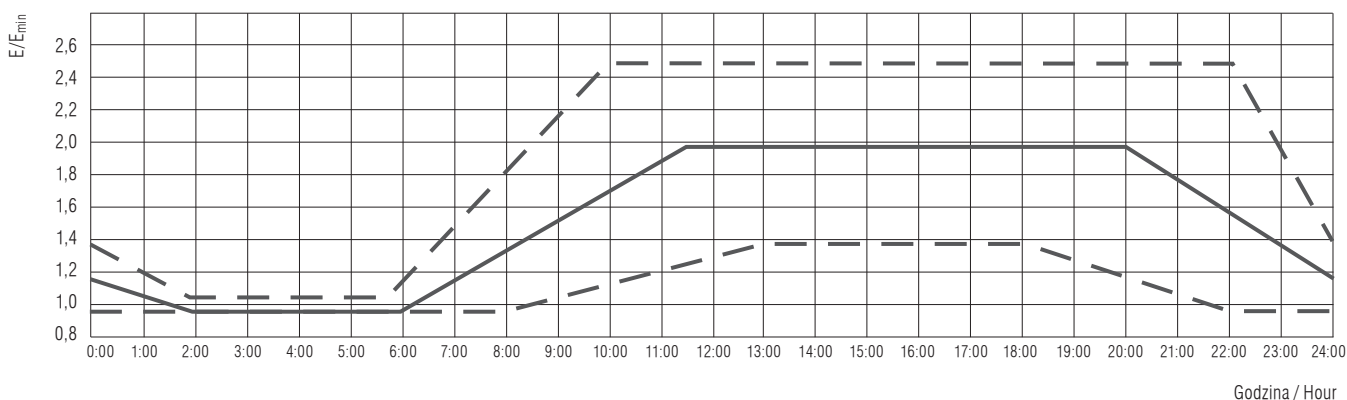
Ryc. 1. Ruch telekomunikacyjny na badanej stacji bazowej.  
Fig. 1. Telecommunication traffic in the studied base station.



Ryc. 2. Szacunkowa zmienność natężenia PEM w otoczeniu stacji bazowej.  
Fig. 2. Rated variability of EMF intensity in the base station surrounding.

Założenie takie maksymalizuje zmienność natężenia PEM. Uzyskane wyniki są zbieżne z uogólnioną zmiennością PEM w otoczeniu typowej stacji bazowej telefonii komórkowej opisaną w (8) — rycina 3.

■ Po uruchomieniu stacji bazowej natężenie PEM w pomieszczeniach szkoły wzrosło zauważalnie jedynie w dwóch pomieszczeniach — w jednej z klas na najwyższej kondygnacji i sali gimnastycznej,



Ryc. 3. Uśredniona dobowa zmienność natężenia PEM w otoczeniu stacji bazowych telefonii komórkowej (8).

Fig. 3. A 24-h average variability of EMF intensity in the base station surrounding (8).

## WYNIKI POMIARÓW

Pomiary dla porównań wykonano miernikiem szerokopasmowym MEH-25 oraz miernikiem selektywnym SRM-3000. Jako wynik przyjmowano wypadkowe natężenie pola wyznaczone przez miernik na podstawie pomiarów selektywnych w paśmie 850–2500 MHz (funkcja: Evaluate — integration over a frequency band). Pasma pomiarowe dobrano po wstępnym przeglądzie zajętości widma w punktach pomiarowych. Ograniczenie pasma pomiarowego do niezbędnego dla prawidłowej oceny ekspozycji zakresu wynikało z chęci minimalizacji błędu pomiaru spowodowanego szumami własnymi miernika (6). Wynikiem pomiarów jest wartość wyznaczona w trybie Max-Hold przy okresie obserwacji ok. 2 min na każdy punkt pomiarowy. W każdej serii pomiarów nastawy parametrów miernika były takie same, co pozwala na bezpośrednie porównanie uzyskanych wyników.

W tabeli 1. zebrano wyniki z poszczególnych serii pomiarowych. Punkty pomiarowe podzielono na obszary — wewnątrz budynku i na zewnątrz budynku (na terenie należącym do szkoły i poza terenem szkoły). Ponieważ analiza dotyczy terenu szkoły, punkty poza tym obszarem zgrupowano i przedstawiono jedynie zakres zmierzonych wartości.

Analiza wyników pomiarów pozwala wysunąć następujące wnioski:

która znajduje się w przybudówce na kierunku jednego z sektorów stacji bazowej. W obu przypadkach natężenie PEM nie przekroczyło 0,5 V/m. W pozostałych pomieszczeniach zmiany były na poziomie niepewności pomiaru.

■ Na terenie należącym do szkoły natężenie PEM wzrosło do ok. 0,9 V/m i jest to poziom mniejszy niż na terenie przyległym do szkoły. Sytuację taką można tłumaczyć dwojako. Po pierwsze, z konfiguracji stacji bazowej (zresztą dosyć typowej) wynika, że wiązki główne anten dochodzą do ziemi w odległości ok. 80–120 m od budynku szkoły, a więc teren przyległy bezpośrednio do szkoły jest w „cieniu radiowym” Początkowo zastanawiające może być, dlaczego na boisku szkolnym natężenie PEM nie zmienia się monotonicznie wraz z oddalaniem się od anten, a jest zmienne i większe w okolicy pionu 4 i 2 oraz znacznie mniejsze w otoczeniu pionu 3. Uznano, że jest to wpływ promieniowania przez listki boczne anteny. Dla potwierdzenia tej tezy przeprowadzono symulację rozkładu PEM w otoczeniu przedmiotowej stacji bazowej. Do symulacji przyjęto rzeczywiste dane stacji uzyskane od operatora (a nie dane modelowe wykorzystywane na etapie projektowania stacji). Wyniki analizy dla wysokości 2 m nad poziomem terenu (lub dachu na obszarze nad budynkiem szkoły) przedstawiono na rycinie 4.

**Tabela 1.** Wyniki pomiarów PEM w szkole i jej otoczeniu  
**Table 1.** Results of EMF measurements in the school and its surroundings

Lp. No	Opis pionu pomiarowego Measurement point description	Pomiary przed instalacją stacji bazowej Measurements before base station installation (13.05.2009) E [V/m]	Pomiary własne przy pracującej stacji Own measurements after base station installation (12.07.2010) E [V/m]	Pomiary na zlecenie operatora stacji Measurements ordered by base station operator (24.09.2010) E [V/m]
1	Szkoła — Sekretariat / School — Secretariat	0,11	0,15	0,16
2	Szkoła — krawędź dachu max. oddalona od konstrukcji antenowej / / School — roof edge at a maximal distance from antennas installation	0,50	1,05	1,56
3	Szkoła — II piętro, środek sali lekcyjnej nr 4 / / School — 2nd floor, in the middle of class room no. 4	0,16	0,40	0,49
4	Szkoła — II piętro, środek sali lekcyjnej nr 7 / / School — 2nd floor, in the middle of class room no. 7	0,20	0,22	0,20
5	Szkoła — I piętro, środek sali lekcyjnej nr 21 / / School — 1st floor, in the middle of class room no. 21	0,26	0,19	0,17
6	Szkoła — II piętro, środek sali lekcyjnej nr 18 / / School — 2nd floor, in the middle of class room no. 18	0,15	0,20	0,18
7	Szkoła — II piętro, środek sali lekcyjnej nr 16 / / School — 2nd floor, in the middle of class room no. 16	0,19	0,25	0,23
8	Szkoła — parter, środek sali lekcyjnej nr 27 / / School — Ground floor, in the middle of class room no. 27	0,17	0,17	0,19
9	Szkoła — sala gimnastyczna (w przybudówce) / / School — gym (in the annex)	0,13	0,39	0,45
10	Szkoła — szatnia — przyziemie / / School — dressing room — basement	0,13	–	0,15
	Teren należący do szkoły / School area			
11	Dziedziniec — 10 m przed głównym wejściem do budynku p. 1* / / Courtyard — 10 m in front of the main entrance to the school building p. 1	0,12	0,54	0,62
12	Boisko szkolne p. 2 / School playground p. 2	0,16	0,49	0,58
13	Boisko szkolne p. 3 / School playground p. 3	0,23	0,82	0,70
14	Boisko szkolne p. 4 / School playground p. 4	0,16	0,62	0,87
15–27	Otoczenie terenu szkoły do 100 m od budynku szkoły / / School surrounding area up to 100 m from the school building	0,14–0,38	0,27–1,45	0,31–1,49

\* p. 1–p. 4 — piony pomiarowe zgodnie z numeracją na ryc. 4 / measurement points according to numbers given in Fig. 4.

■ W żadnym pionie pomiarowym w budynku szkoły na terenie należącym do szkoły, a także na terenach przyległych zmierzony natężenie PEM nie przekroczyło 1,5 V/m. Nawet przy przyjęciu niepewności związanej ze zmiennością w czasie natężenia

PEM na poziomie 20% (8) jest to ok. 2 razy poniżej „starej” strefy ochronnej II stopnia (1), która dopuszczała gęstość mocy mikrofalowej poniżej 25 mW/m<sup>2</sup>, co odpowiada natężeniu PEM ok. 3 V/m.



1-4 — piony pomiarowe / measurement points.

Ryc. 4. Symulacja rozkładu natężenia PEM w otoczeniu stacji bazowej.  
Fig. 4. Simulation of EMF intensity distribution in the base station surrounding.

## OMÓWIENIE

W pracy przedstawiono analizy i wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego w otoczeniu stacji bazowej zainstalowanej na dachu budynku szkoły. Ze względu na obawy związane z potencjalnym oddziaływaniem PEM stacji bazowej na teren szkoły i jej uczniów inwestor zdecydował się na przeprowadzenie badań znacznie wykraczających poza podstawowe wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (POŚ) (9). Wykonanie pomiarów przedinwestycyjnych pozwoliło na pełną analizę zmian poziomu PEM po uruchomieniu instalacji.

Uzyskane wyniki wskazują, że uruchomienie stacji bazowej nie spowodowało istotnego wzrostu natężenia PEM w szkole i na terenie należącym do szkoły. Również w większej odległości od stacji bazowej wymagania POŚ są spełnione z dużym zapasem, a obawy o znaczną ekspozycję na PEM uczniów i personelu szkoły można uznać w tym przypadku za nieuzasadnione. Do zminimalizowania obaw ludności i unik-

nięcia fobii związanej z polem elektromagnetycznym z pewnością przyczyniły się, niezależnie od aspektów technicznych, m.in. konsultacje użytkownika obiektu z LWiMP czy deklaracja operatora wykonywania okresowych pomiarów PEM w zakresie przekraczającym wymogi POŚ. Oczywiście przedstawione analizy dotyczą konkretnej konfiguracji stacji bazowej i uwarunkowań topograficznych instalacji, więc uzyskanych wyników nie można wprost przenosić na inne stacje bazowe. Należy jednak spodziewać się, że zachowane zostaną tendencje zmian przedstawione powyżej.

Rzeczywisty stopień oddziaływania systemu radiokomunikacyjnego na środowisko w dużej mierze zależy od podstawowych parametrów technicznych wpływających na możliwości użytkowe systemu, ale również od podejścia inwestora do zagadnień związanych z ochroną środowiska elektromagnetycznego. Każdy system można zoptymalizować pod kątem minimalizacji ekspozycji na PEM ludności, zwłaszcza przebywającej w pobliżu instalacji antenowych. Prace takie prowadzi się dla dużych centrów nadawczych (10), ale nic

nie stoi na przeszkodzie, żeby również stacje bazowe telefonii komórkowej optymalizować pod tym kątem. Przy tym nie chodzi tu o oddalanie stacji bazowych od siedzib ludzkich (bo działania takie w skrajnym przypadku mogą prowadzić paradoksalnie do zwiększenia narażenia ludności na PEM ze względu na konieczność pracy terminali przenośnych z większymi mocami), ale o optymalizację doboru typów i położenia anten.

Analizowana stacja bazowa ma anteny zawieszane 9 m nad poziomem dachu. Na rycinie 5. przedstawiono symulację rozkładu PEM dla wysokości zawieszenia tych anten 2 m nad poziomem dachu. Działania takie w znaczący sposób upraszczają inwestycję, ale nie pozostaje to bez wpływu na ekspozycję środowiska na PEM, mimo że tak zaprojektowana stacja również wypełnia wymagania POŚ i mogłaby powstać w takiej konfiguracji.

Optymalizacja dotyczy również doboru typu anten stosowanych na stacjach bazowych. W jednej z wcześniejszych publikacji zwracano uwagę, że anteny o zbliżonych parametrach użytkowych w głównym obszarze

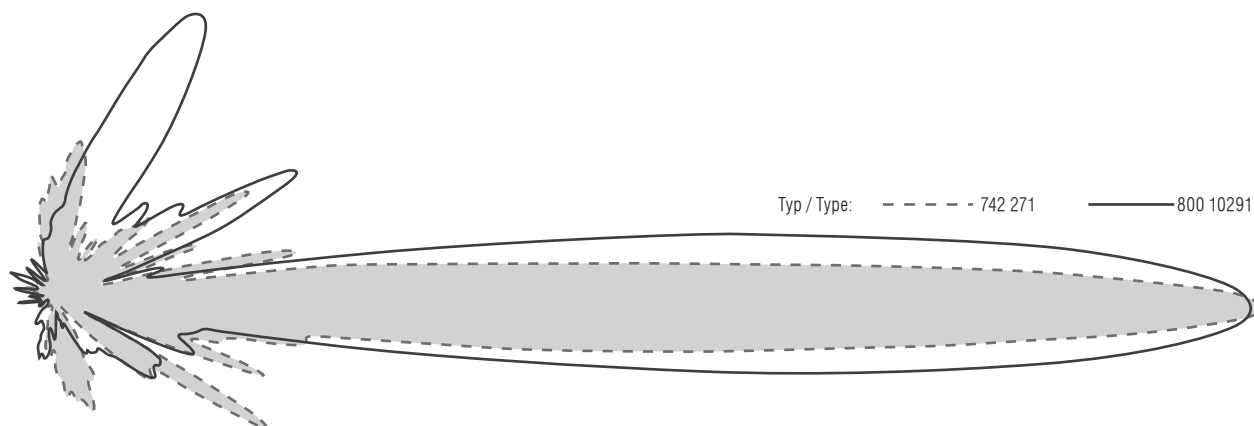
promieniowania mogą bardzo znacznie różnić się pod względem poziomu promieniowania w obszarze tzw. listków bocznych (11). W tym przypadku istotny jest obszar w promieniu ok. 20–50 m od podstawy anteny. Poziom promieniowanie w tym obszarze w znaczny sposób zależy od wybranego typu anteny oraz jej konfiguracji — tzw. tiltu, czyli zmiany pochylenia kierunku promieniowania w celu optymalizacji zasięgu stacji bazowej.

Korzystając z tej własności anten, można zaproponować działania umożliwiające zmniejszenie poziomu PEM w wybranych obszarach. Takie rozwiązanie przedstawiono poniżej. Celem optymalizacji było obniżenie poziomu PEM na terenie boiska szkolnego. Po przeglądzie dostępnych anten oraz możliwych konfiguracji jako antenę alternatywną do zastosowanej autorzy zaproponowali inną w dość nietypowej konfiguracji (duży tilt elektryczny i kompensujący go ujemny tilt mechaniczny). Na rycinie 6. przedstawiono porównanie zasięgów stref ochronnych obu anten: zastosowanej w stacji bazowej (typ 742271) i proponowanej przez autorów (typ 800 10291).



Ryc. 5. Symulacja rozkładu natężenia PEM w otoczeniu stacji bazowej przy obniżeniu anten do 2 m nad poziom dachu.

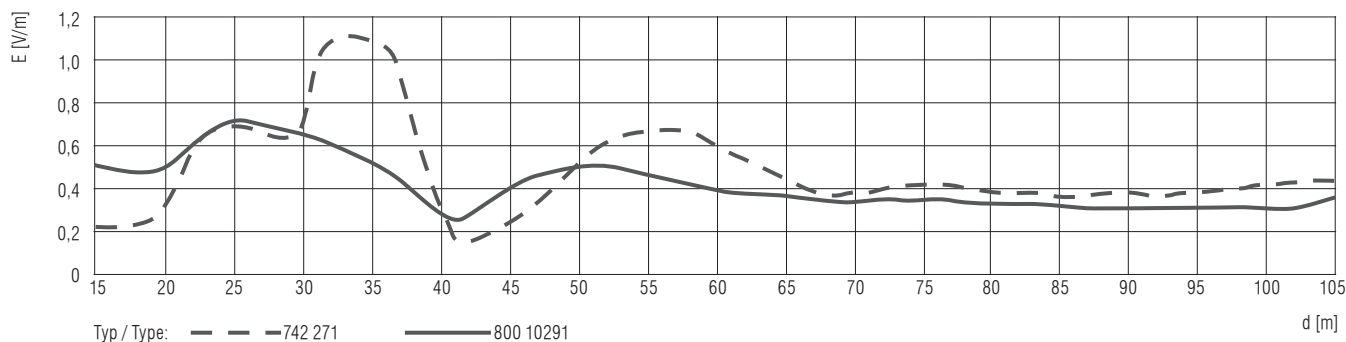
Fig. 5. Simulation of EMF intensity distribution in the base station surrounding after lowering the antennas to 2 m over the roof level.



**Ryc. 6.** Porównanie pionowych charakterystyk anteny zastosowanej w instalacji (742 271) oraz anteny proponowanej przez autorów (800 10291).  
**Fig. 6.** Comparison of the vertical characteristics of the used (742 271) and suggested (800 10291) antennas.

Na rycinie 7. przedstawiono wyliczone różnice w natężeniu pola wzdłuż przekątnej boiska (ryc. 4). W niewalgiicznym obszarze boiska udało się uzyskać blisko dwukrotne obniżenie natężenia PEM.

otoczeniu anteny w zależności od jej typu i sposobu instalacji ostateczne modyfikacje konfiguracji stacji bazowej powinno wykonać się już po uruchomieniu stacji i jej włączeniu do struktury sieci. Właśnie



**Ryc. 7.** Różnice w natężeniu pola wzdłuż przekątnej boiska (azymut 280° na ryc. 4).  
**Fig. 7.** Differences between EMF intensities alongside the playground diagonal (azimuth 280°, Figure 4).

Oczywiście działania takie powinny być prowadzone tylko w uzasadnionych przypadkach, kiedy rzeczywiście istnieje potrzeba obniżania poziomu PEM na danym obszarze, zwłaszcza jeżeli natężenia pola są zbliżone do wartości dopuszczalnych lub istnieją inne uzasadnione powody dla zmiany rozkładu PEM w określonych obszarach. W większości prawidłowo zaprojektowanych stacji nie ma takiej konieczności — także w analizowanej stacji nie ma realnej potrzeby zmian, a przedstawione rozwiązanie jest tylko ilustracją możliwości.

Ze względu na wspomniane wcześniej znaczne zmiany poziomów promieniowania w bezpośrednim

bowiem na etapie uruchomienia ustala się rzeczywiste moce nadajników w poszczególnych sektorach i dostraja anteny dla zapewnienia optymalnej pracy nowej stacji w istniejącej sieci.

## WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych w pracy rozważań można przedstawić następujące wnioski:

1. Prawidłowo zaprojektowana i zrealizowana instalacja stacji bazowej telefonii komórkowej ponad dachem budynku nie musi powodować istotnego wzrostu natężenia pola elektromagnetycznego



- wewnątrz tego budynku. W rozpatrywanym przypadku natężenie PEM w budynku przy pracującej stacji bazowej było 14 do 30 razy mniejsze od wartości dopuszczalnej w środowisku (dla tego zakresu częstotliwości jest to 7V/m (3)). Natężenie PEM na terenie należącym do szkoły było ponad 7 razy mniejsze od wartości dopuszczalnej.
2. Przy ocenie ekspozycji na PEM na danym obszarze należy zwrócić uwagę na poziom PEM występujący tam przed uruchomieniem nowej instalacji. Wtedy można mówić nie tylko o bezwzględnym poziomie, ale też o zmianie poziomu PEM po uruchomieniu nowej instalacji.
  3. Przy projektowaniu instalacji radiokomunikacyjnych ponad dachami budynków istnieje stosunkowo duża swoboda techniczna. W dużej mierze od projektanta zależy wybór takiego rozwiązania, które nie tylko pozwala na wypełnienie podstawowych wymagań POŚ, ale także na zminimalizowanie ekspozycji na PEM ludności, zwłaszcza w najbliższym otoczeniu instalacji (np. odpowiednia wysokość zawieszenia anten i ich wzajemne rozmieszczenie na dachu).
  4. W uzasadnionych przypadkach istnieje możliwość szczególnie dokładnej optymalizacji konfiguracji stacji bazowej (bez istotnych zmian konstrukcyjnych), przy której ogranicza się poziom PEM na wybranych obszarach — propozycję takiego rozwiązania przedstawiono w odniesieniu do boiska szkolnego.

## PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Polskiej Telefonii Cyfrowej za udostępnienie informacji i zgodę na ich wykorzystanie w prezentowanej pracy.

## PIŚMIENNICTWO

1. Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych. DzU z 2005 r. nr 167, poz. 1399; z 2007 r. nr 133, poz. 921; z 2009 r. nr 62, poz. 504
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 1980 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska. DzU z 1980 r. nr 25, poz. 101
3. 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
4. Zmyślony M., Politański P., Mamrot P., Bortkiewicz A.: Ocena wielkości pól elektromagnetycznych emitowanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej w mieszkaniach znajdujących się w sąsiedztwie tych stacji — badania wstępne. Med. Pr. 2006;57(5): 415–418
5. Riederer M., Lauer O., Fahrni P., Vahldieck R., Froblich J.: Characterization of the electromagnetic environment in a hospital: measurement procedures and results, IEEE EMC Soc. Newsl. 2010;224:50–56
6. Bieńkowski P., Zubrzak B.: Techniczne możliwości oceny ekspozycji na pole elektromagnetyczne w środowisku pod kątem badań biomedycznych na przykładzie systemów telefonii komórkowej. Med. Pr. 2010;61(2): 223–239
7. Bieńkowski P.: Pomiary PEM jako element systemu oceny oddziaływania na środowisko obiektów radiokomunikacyjnych. Zesz. Nauk. Wydz. Elektron. Telekom. Informat. Politech. Gdańsk. 2007;1:403–406 (KKRRiT 2007)
8. Bieńkowski P.: Pomiary natężenia pola elektromagnetycznego w środowisku. Przegl. Telekom. 2010;6: 401–403
9. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. DzU z 2001 r. nr 62, poz. 627 z późn. zm.
10. Lewicki F.: Progress in the ITU work concerning protection against radiation. Stud. Appl. Electromagn. Mech. 2008;29:244–248
11. Bieńkowski P.: Czytelność „Raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko” dla osób bez przygotowania specjalistycznego w zakresie telekomunikacji. Med. Pr. 2007;58(2):161–168