

Galina KALDA¹

Katarzyna MAJ²

ANALIZA ZANIECZYSZCZEŃ PROMIENIOWANIEM ELEKTROMAGNETYCZNYM PODKARPACIA

W pracy przedstawiono metody pomiarów promieniowania elektromagnetycznego, źródła i instalacje elektroenergetyczne do wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej stosowane na Podkarpaciu. Zaprezentowano instalacje elektroenergetyczne do wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej. Linie energetyczne charakteryzują malejące natężenia składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego wraz z odległością. Omówiono obiekty elektroenergetyczne istotnie wpływające na środowisko Podkarpacia. Oprócz wcześniej wymienionych źródeł pól elektromagnetycznych, które mają największy udział w emisji energii promieniowania elektromagnetycznego do środowiska, istnieją również inne urządzenia mające podobny wpływ na środowisko. Do jednej z takich grup należą urządzenia do zastosowań przemysłowych, takie jak: piece elektryczne i indukcyjne, sprzęt elektroiskrowy, spawarki, urządzenia do zgrzewania opakowań, hartowania, lutowania, topienia, produkcji materiałów półprzewodnikowych, suszenia, mierniki mikrofalowe, urządzenia do obróbki gastronomicznej oraz kuchenki mikrofalowe. Kolejną grupę stanowią urządzenia stosowane w medycynie. Pośród nich najwyższe natężenia pól elektromagnetycznych emitują rezonans magnetyczny, diatermie krótkofalowe i mikrofalowe. Następną grupę stanowią urządzenia łączności osobistej, radiostopowe i radiolinie (urządzenia służące do transmisji danych). W tej grupie znajdują się radiotelefony mające przewagę nad telefonią komórkową, łączą się bowiem bezpośrednio bez użycia dodatkowej infrastruktury. Jeszcze inną grupę stanowią urządzenia bezpieczeństwa, takie jak np. czujki mikrofalowe. W urządzeniach tego typu używa się pola stacjonarne bądź impulsowe, a wykorzystywane moce nie osiągają kilkudziesięciu watów. Przedstawiono także analizę wyników pomiarów pól elektromagnetycznych w latach 2009-2011 dla różnych województw.

Słowa kluczowe: metody pomiarów, promieniowanie elektromagnetyczne, pole elektromagnetyczne

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Galina Kalda, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651068, e-mail: kaldagal@prz.edu.pl.

² Katarzyna Maj, Politechnika Rzeszowska

1. Wprowadzenie

Promieniowanie elektromagnetyczne jest kombinacją promieniowania elektrycznego i magnetycznego, którego energia oddziaływania na dane ciało materialne nie powoduje w nim procesu jonizacji. Naturalne pola elektryczne i magnetyczne nie są związane z działalnością człowieka, lecz mają swoje źródło w naturalnych procesach zachodzących na Ziemi. Ich źródłem są m.in. ziemskie pole elektryczne i magnetyczne, Słońce, wyładowania atmosferyczne. Naturalne procesy elektromagnetyczne stanowią istotny element środowiska Ziemi i rozwijają się we wszechświecie od początków jego istnienia.

Człowiek zakłócił naturalne środowisko elektromagnetyczne Ziemi przez wprowadzanie do niego urządzenia emitujące energię elektromagnetyczną w szerokim zakresie częstotliwości. Sztuczne pola elektromagnetyczne towarzyszą człowiekowi w każdym miejscu, zarówno w domu, pracy, podczas podróży, jak i w czasie odpoczynku.

Sztuczne pola elektromagnetyczne, nakładając się na pola naturalne, zmieniają warunki bytowania człowieka, a zanieczyszczenie naturalnego środowiska tym promieniowaniem traktuje się na równi z innymi czynnikami szkodliwymi dla środowiska naturalnego. Wymusza to rozwój metod badawczych wpływu promieniowania elektromagnetycznego na ludzi i środowisko naturalne oraz ustalenie progowych dopuszczalnych wartości tego pola, które nie wywołują szkód na organizm ludzki i środowisko.

2. Metody pomiarów promieniowania elektromagnetycznego

Ocena poziomów pola elektromagnetycznego (PEM) w środowisku jest realizowana w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) zgodnie z art. 123 ustawy Prawo ochrony środowiska (POŚ). Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) przeprowadza w sposób jednakowy dla wszystkich województw monitoring pól elektromagnetycznych od 2008 r. [1].

WIOŚ przeprowadza monitoring poziomów pól elektromagnetycznych i posiada aktualizowany corocznie rejestr, w którym są odnotowane informacje o terenach, gdzie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych w środowisku. Wyszczególnia się przekroczenia występujące na obszarach dotyczących [2]:

- terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową,
- miejsc dostępnych dla ludności.

Pomiary przeprowadza się zgodnie z wymaganiami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku. Rozporządzenie definiuje zakres przeprowadzenia badań, kryteria doboru punktów pomiarowych, obowiązującą częstotliwość prowadzenia pomiarów, a także metodę przedstawiania wyników pomiarów.

Na obszarze każdego województwa badania są wykonywane w 135 punktach pomiarowych w trzyletnim cyklu pomiarowym, po 15 punktów rocznie dla trzech typów terenów dostępnych dla ludności, tj.:

- w centralnych dzielnicach lub osiedlach miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 50 tys. osób,
- w pozostałych miastach,
- na terenach wiejskich.

Lokalizacja punktów pomiarowych jest wskazana przez WIOŚ w wojewódzkim programie monitoringu środowiska.

Badania pomiarów są wykonywane w sposób ciągły przez dwie godziny z częstotliwością próbkowania minimum co 10 s, w godzinach od 10 do 16 w dni robocze. Temperatura powietrza musi wynosić co najmniej 0°C, wilgotność względna powietrza powinna być nie większa niż 75% oraz nie powinny występować opady atmosferyczne.

Monitoring PEM odbywa się poprzez pomiary natężenia składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego w przedziale częstotliwości od 3 do 3000 MHz. Za wynik przyjmuje się średnią arytmetyczną zmierzonych wartości dla punktu pomiarowego oraz średnią arytmetyczną z uśrednionych wartości dla każdego typu terenu (15 punktów) określonego w rozporządzeniu. Co trzy lata podaje się średnią arytmetyczną z uśrednionych wartości natężeń pól elektromagnetycznych uzyskanych w 45 punktach składających się na trzyletni cykl pomiarowy [3].

Ocenę wpływu PEM na środowisko przeprowadza się dwiema podstawowymi metodami, tj. analizą teoretyczną rozkładu poziomów pola elektromagnetycznego w sąsiedztwie struktur promieniujących i metodą pomiarową.

Symulacje rozkładu PEM przeprowadza się np. w fazie projektowania systemów radiokomunikacyjnych, aby określić parametry użytkowe systemu i oddziaływania na środowisko, bądź podczas projektowania urządzeń mających spełniać wymogi kompatybilności elektromagnetycznej. W tym celu do rozwiązań analitycznych wykorzystuje się różne metody od tych stosujących nieskomplikowane modele propagacyjne w wolnej przestrzeni do analiz popartych szczegółowymi modelami numerycznych radiatorów, a także ich otoczenia [4].

Pomiary są najistotniejszym sposobem oceny poziomów pól elektromagnetycznych sprawdzającym w warunkach rzeczywistych teoretyczne analizy. W odniesieniu od przeznaczenia wykonywanych pomiarów przeprowadza się analizę parametrów PEM, które mają być mierzone odpowiednio dobranym sprzętem pomiarowym i odpowiednią metodą pomiaru.

Ze względu na cel pomiary dzieli się na propagacyjne i ochronne. Pomiary propagacyjne stosuje się w planowaniu i analizie systemów radiokomunikacyjnych. Służą one do wykonywania pomiarów zasięgu, pokrycia terenu, określania poziomów niepożądanych sygnałów czy prawidłowość systemów. Natomiast pomiary ochronne wykonuje się do oceny ekspozycji na PEM ludzi i środo-

wiska oraz spełniania wymagań dopuszczalnych poziomów. Wyróżnia się pomiary ochronne:

- selektywne,
- szerokopasmowe,
- szerokopasmowe wykonywane miernikiem selektywnym.

Pomiary selektywne są używane w przypadku pomiarów propagacyjnych i oszacowania parametrów PEM od jednego źródła. Pomiar jest realizowany z użyciem anteny przyłączonej do selektywnego odbiornika pomiarowego, aby znacznie zwiększyć czułość pomiaru.

Badania szerokopasmowe są najczęściej wykorzystywane do oszacowania oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na środowisko. Pomiaru dokonuje się miernikami z sondami szerokopasmowymi w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł PEM (pierwotnych i wtórnych). Wyniki badań to wypadkowe natężenie pola z całkowitego pasma pomiarowego sondy.

Pomiary szerokopasmowe miernikiem selektywnym zawierają w sobie plusy dwu poprzednich metod, czyli znaczną czułość pomiarów selektywnych i ewentualne wyznaczenie wypadkowego natężenia pola charakterystycznego dla pomiarów szerokopasmowych. Podczas pomiaru bardzo niskich natężeń, które powszechnie występują w środowisku, wymienionymi metodami trzeba uwzględnić szumy własne miernika, co może fałszować wyniki, zawyżając je [4, 5].

Pomiary na terenie województwa podkarpackiego są wykonywane miernikiem PMM8053A wyposażonym w sondę pola elektrycznego EP 300 (zakres mierzonych częstotliwości 100 kHz-3 GHz o zakresie mierzonego natężenia pola elektrycznego 0,1-300 V/m) [1, 6, 7].

3. Instalacje elektroenergetyczne do wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej

Linie i stacje elektroenergetyczne

Pola elektromagnetyczne występują jako działanie niezamierzone przy przesyłaniu energii elektrycznej. W Polsce, jak i w innych krajach europejskich energię przesyła się z częstotliwością 50 Hz. Przesył do odbiorców odbywa się za pomocą linii i stacji elektroenergetycznych.

Napięcia stosowane do transportu energii dzieli się na [8]:

- napięcia niskie (NN) do 1 kV (230 V, 400 V, 500 V),
- napięcia średnie (NS) od 1 kV do 60 kV (6, 10, 15, 20, 30 kV, rzadko 40 i 60 kV),
- napięcia wysokie (NW) (110 kV),
- napięcia najwyższe (NNW) (220 kV, 400 kV, 450 kV),
- napięcia ultrawysokie (UWN lub UHV) (750 kV i wyższe).

Linie energetyczne charakteryzuje malejące natężenie składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego wraz z odległością. Dochodzą one nawet do wartości 1 kV/m, mierząc odległość od rzutu skrajnego przewodu na powierzchnię ziemi od 10 do 30 m [9].

Do odbiorców indywidualnych energia jest przesyłana napięciami niskimi 230 i 400 V. Energia elektryczna jest rozdzielana za pomocą linii napowietrznych bądź kablowych o znamionowych napięciach w granicach 6-10 kV. Wyższe napięcia 220 i 400 kV są stosowane do przesyłu liniami, zwłaszcza na większe odległości [8].

Układ linii wysokiego napięcia w województwie podkarpackim tworzą:

- linia 750 kV relacji Widelka – Ukraina (obecnie nie pracuje, ale jest zaplanowana modernizacja),
- linia 400/220 kV relacji Połaniec – Tarnów,
- linia 400 kV relacji Połaniec – Widelka,
- linia 400 kV relacji Widelka – Tarnów,
- linia 400 kV relacji Widelka – Iskrzynia k. Krosna,
- linia 400 kV relacji Iskrzynia k. Krosna – Słowacja,
- linia 220 kV relacji Połaniec – Chmielów,
- linia 220 kV relacji Połaniec – Boguchwała,
- linia 220 kV relacji Chmielów – Stalowa Wola,
- linia 220 kV relacji Stalowa Wola – Abramowice,
- linia 110 kV relacji Stalowa Wola – Boguchwała,
- linia 110 kV relacji Elektrownia Solina – główne punkty zasilania (GPZ) Ustrzyki, Bircza – Sanok,
- linie 110 kV stanowiące powiązania pomiędzy stacjami redukcyjnymi (głównymi punktami zasilania).

Linie energetyczne schodzą się w stacjach redukcyjnych, które stanowią tereny lokalizacji węzłów energetycznych lub głównych punktów zasilania. W węzłach energetycznych napięcie jest obniżane z 750, 400 i 220 kV do 110 kV. Natomiast w punktach głównych zasilania napięcie 110 kV jest ograniczane do niższych napięć średnich 30,15 lub 6 kV, którymi są zasilane rozdzielcze sieci terenowe.

Na obszarach stacji ujętych w granicach ogrodzenia natężenie pola elektromagnetycznego powinno nie przekraczać wartości wskazanych przepisami branżowymi. W razie niewywiązania się z przepisów stosuje się środki techniczne zmniejszające je do poziomów dopuszczalnych (ekrany, dodatkowe uziemienia, ograniczenie czasu przebywania ludzi).

W województwie podkarpackim znajdują się:

- węzeł energetyczny 750/400/110 kV – Widelka k. Rzeszowa,
- węzeł energetyczny 400/110 kV – Iskrzynia k. Krosna,
- węzeł energetyczny 220/110 kV – Chmielów k. Tarnobrzega,
- węzeł energetyczny 220/110 kV – Boguchwała k. Rzeszowa,
- projektowany węzeł energetyczny 400/110 kV – Jarosław,

- główne punkty zasilania – w całym województwie jest umiejscowionych 78 stacji redukcyjnych wysokiego napięcia; przewiduje się budowę 30 nowych stacji redukcyjnych [9].

Czynne linie wysokich napięć wytwarzają takie czynniki fizyczne, jak:

- pole elektryczne,
- pole magnetyczne,
- szumy akustyczne i wibracje,

które w pewnych warunkach mogą oddziaływać niekorzystnie bądź szkodliwie na organizm ludzki. Mogą mieć również negatywny wpływ na inne organizmy żywe i pozostałe elementy ekosystemu, np. na świat roślinny.

Linie przesyłowe o napięciu 110 kV mogą w odpowiednich warunkach stać się źródłem innych czynników chemicznych i fizycznych, np. ozonu czy dwutlenku azotu. Poziomy emisji tych czynników są całkowicie pomijane, zwłaszcza dla linii o wysokim napięciu [10].

Do innych obiektów elektroenergetycznych istotnie wpływających na środowisko w województwie podkarpackim należą [9]:

- Elektrownia Stalowa Wola,
- Zespół Elektrowni Wodnych Solina – Myczkowce,
- Elektrociepłownia Sarzyna,
- Elektrociepłownia Rzeszów – Załęże,
- Elektrociepłownia Sanok – Trepcza,
- Elektrociepłownia Przemyśl,
- elektrociepłownie przemysłowe.

Inne źródła pól elektromagnetycznych

Oprócz wcześniej wymienionych źródeł pól elektromagnetycznych, które mają największy udział w emisji energii promieniowania elektromagnetycznego do środowiska, są również inne urządzenia, mające podobny wpływ na środowisko. Do jednej z takich grup należą urządzenia do zastosowań przemysłowych. Są to piece elektryczne i indukcyjne, sprzęt elektroiskrowy, spawarki, urządzenia do zgrzewania opakowań, hartowania, lutowania, topienia, produkcji materiałów półprzewodnikowych, suszenia, mierniki mikrofalowe, urządzenia do obróbki gastronomicznej oraz kuchenki mikrofalowe. Urządzenia te produkują PEM o różnych zakresach częstotliwości, począwszy od fal radiowych krótkich, aż po mikrofałe. Wykorzystywane moce oscylują w granicach od setek watów do nawet setek kilowatów. Poziom natężenia pola elektromagnetycznego na ogół nie przekracza dużych wartości poza obszarami należącymi do zakładów pracy. Natomiast pomieszczenia, w których ten sprzęt jest umieszczony, są często ekranowane.

Na kolejną grupę składają się urządzenia stosowane w medycynie. Pośród nich najwyższe natężenia pól elektromagnetycznych emitują rezonans magnetyczny, diatermie krótkofalowe i mikrofalowe. Diatermie krótkofalowe wykorzystują do pracy częstotliwości 13, 27, 40 MHz, a mikrofalowe 430 MHz,

915 MHz, 2,3 GHz, 2,4 GHz. Urządzenia te wytwarzają promieniowanie elektromagnetyczne o wartościach w przedziale od kilku aż do setek watów. Poziomy tego promieniowania dotyczą wyłącznie pomieszczeń, w których są zainstalowane, w pozostałych natężenia pól nie uzyskują wyższych mocy.

Następną grupę stanowią urządzenia łączności osobistej, radiodostępowe i radiolinie (urządzenia służące do transmisji danych). W tej grupie znajdują się radiotelefony mające przewagę nad telefonią komórkową, ponieważ łączą się bezpośrednio bez użycia dodatkowej infrastruktury. Tę zależność wykorzystują służby profesjonalne: straż pożarna, policja, wojsko. Dla osób postronnych zostało wydzielone pasmo w zakresie częstotliwości od 26,96 do 27,4 MHz używane przez CB-radia.

Jeszcze inną grupę stanowią urządzenia bezpieczeństwa, takie jak np. czujki mikrofalowe. W urządzeniach tego typu używa się pola stacjonarne bądź impulsowe, a wykorzystywane moce nie osiągają kilkudziesięciu watów [8].

4. Analiza wyników pomiarów pól elektromagnetycznych

W celu określania poziomów pól elektromagnetycznych w województwie podkarpackim analizowano wyniki pomiarów z lat 2009-2011 udostępnionych przez WIOŚ w Rzeszowie [11]. W latach 2009 i 2010 pomiary przeprowadzono w ramach trzyletniego cyklu pomiarowego rozpoczętego w 2008 r., natomiast w 2011 badania realizowano dla trzyletniego cyklu obejmującego również lata 2012 i 2013.

Analiza wyników pomiarów dla 2009 r.

W 2009 roku WIOŚ Rzeszów przeprowadził badania poziomów pól elektromagnetycznych w 70 punktach pomiarowych: 24 pomiary w centralnych dzielnicach lub osiedlach miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 50 tys., 23 pomiary w pozostałych miastach i 23 pomiary na terenach wiejskich [12].

W 2009 roku w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców badań dokonywano w 24 punktach pomiarowych. Najwyższe wyniki w tych miastach odnotowano w:

- Mielcu, osiedle Lotników – 0,59 V/m,
- Przemyślu, osiedle Pogórze Znisienie – 0,52 V/m,
- Stalowej Woli, osiedle Fabryczne – 0,51 V/m,
- Przemyślu, osiedle Bakończyce – 0,45 V/m,
- Przemyślu, osiedle Lampertówka – 0,43 V/m.

Średnia wartość tych pomiarów wynosi 0,249 V/m.

W miastach poniżej 50 tys. ludności najwyższe wartości zmierzono w:

- Lubaczowie, osiedle Jagiellonów – 0,71 V/m,
- Tarnobrzegu, osiedle Podzwierzyniec – 0,69 V/m,
- Brzozowie, Plac Grunwaldzki – 0,55 V/m,

- Jarosławiu, osiedle Kolonia oficerska – 0,45 V/m,
- Tarnobrzegu, osiedle Wystawa – 0,35 V/m.

Uśredniona wartość pomiarowa dla tego obszaru wynosi 0,228 V/m.

Na terenach wiejskich wartości PEM w żadnym punkcie pomiarowym nie przekroczyła nawet wartości 0,25 V/m. Najwyższe wyniki otrzymano w miejscowościach:

- Wylewa – 0,22 V/m,
- Radomyśl n/Sanem – 0,19 V/m,
- Grodzisko Dolne – 0,18 V/m,
- Żyraków – 0,17 V/m,
- Brzegi Dolne – 0,15 V/m.

Średnia pomiarów na tych terenach wynosi 0,076 V/m.

W 2009 roku na Podkarpaciu najwyższa wartość zmierzona pól elektromagnetycznych wynosiła 0,71 V/m, a najniższa – poniżej 0,10 V/m. Najwyższe wartości promieniowania otrzymano w miastach o liczbie mieszkańców powyżej 50 tys., najniższe zaś na terenach wiejskich.

Analiza wyników pomiarów dla 2010 r.

Pomiary dla 2010 r. rozpoczęły cykl trzyletnich pomiarów do „Programu monitoringu środowiska w województwie podkarpackim na lata 2010-2012”. Badania wykonano w 45 punktach pomiarowych, po 15 na każdy badany obszar [11].

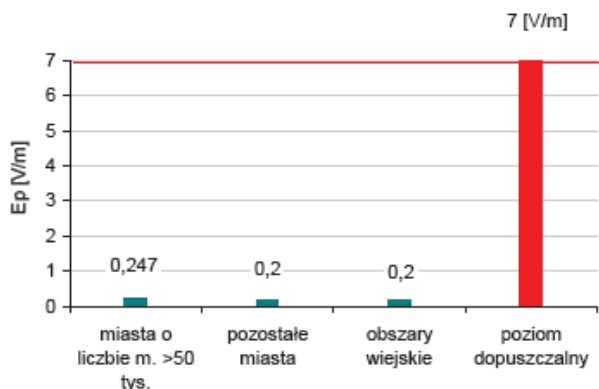
Najwyższą wartość składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego zarejestrowano w mieście:

- Przemyślu, osiedle Garbarze – 0,6 V/m,
- Przemyślu, osiedle Budy Małe – 0,5 V/m.

W pozostałych punktach pomiarowych odnotowano wyniki poniżej 0,40 V/m, dlatego za wyniki pomiarów przyjęto połowę wartości progu czułości sondy pomiarowej – 0,20 V/m. Średnia arytmetyczna tych wyników wynosi 0,247 V/m.

Na obszarach miast poniżej 50 tys. ludności poziom pól elektromagnetycznych był niższy od wartości 0,4 V/m, będącej progiem czułości sondy pomiarowej. Na terenach wiejskich, podobnie jak na obszarach pozostałych miast, poziom pól elektromagnetycznych nie przekroczył wartości 0,4 V/m. Na rysunku 1. przedstawiono średnie wartości składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego w 2010 r. [13].

Na obszarach wiejskich i w pozostałych miastach poziomy nie przekroczył wartości 0,2 V/m. Wyższą wartość odnotowano na terenach dużych miast, o liczbie ludności przekraczającej 50 tys. mieszkańców. W 2010 roku tylko w dwóch punktach pomiarowych wynik pomiarów wyniósł powyżej progu czułości sondy pomiarowej. Oba punkty znajdowały się na terenie miasta Przemyśla.



— dopuszczalny poziom składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego – $E_p = 7$ [V/m]

Rys. 1. Średnie wartości składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego E_p [V/m] w trzech kategoriach obszarów w województwie podkarpackim w 2010 r.

Fig. 1. Average values of the electrical component of the electromagnetic field E_p [V/m] in three different categories of Podkarpackie area in 2010

Analiza wyników pomiarów dla 2011 r.

Najwyższe poziomy pól elektromagnetycznych zarejestrowano na obszarach [14]:

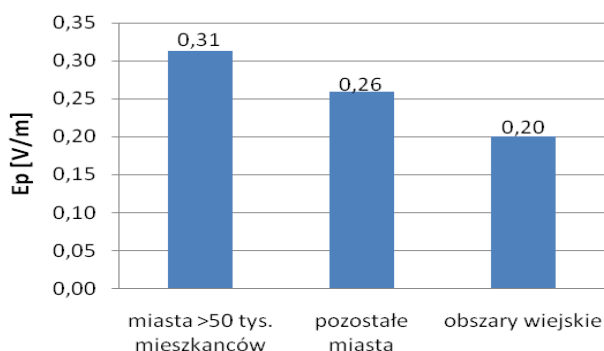
- Rzeszowa, o. Śródmieście – 0,65 V/m,
- Krosna, osiedle Śródmieście – 0,65 V/m,
- Mielca, osiedle Niepodległości – 0,50 V/m,
- Przemyśla, osiedle Bakończyce – 0,49 V/m,
- Rzeszowa, osiedle Generała Andersa – 0,41 V/m.

Średnia arytmetyczna dla wyników pomiarów monitoringu PEM w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców wynosiła 0,31 V/m.

Najwyższe poziomy pól elektromagnetycznych odnotowano na obszarach miejskich, takich jak:

- Tarnobrzeg, osiedle Serbinów – 0,56 V/m,
- Lubaczów, osiedle Jagiellonów – 0,51 V/m,
- Tarnobrzeg, osiedle Piastów – 0,42 V/m.

W pozostałych punktach pomiarowych otrzymano wyniki poniżej 0,40 V/m, za wyniki pomiarów przyjęto połowę wartości progu czułości sondy pomiarowej – 0,20 V/m. Średnia arytmetyczna dla wyników pomiarów monitoringu PEM w pozostałych miastach wynosiła 0,26 V/m. Na obszarach wiejskich, podobnie jak przed rokiem, poziom nie przekroczył wartości progu czułości sondy pomiarowej wynoszący 0,40 V/m [15]. Na rysunku 2. zaprezentowano średnie wartości składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego w 2011 r.



Rys. 2. Średnie wartości składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego E_p [V/m] w środowisku w trzech kategoriach obszarów w województwie podkarpackim w 2011 r.

Fig. 2. Average values of the electrical component of the electromagnetic field E_p [V/m] in three different categories of Podkarpackie area in 2011

Najwyższe wartości składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego odnotowano w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców, niższy w pozostałych miastach i najmniejszy poziom w obszarach wiejskich (poniżej progu czułości sondy $<0,2$ V/m).

5. Porównanie wyników badań

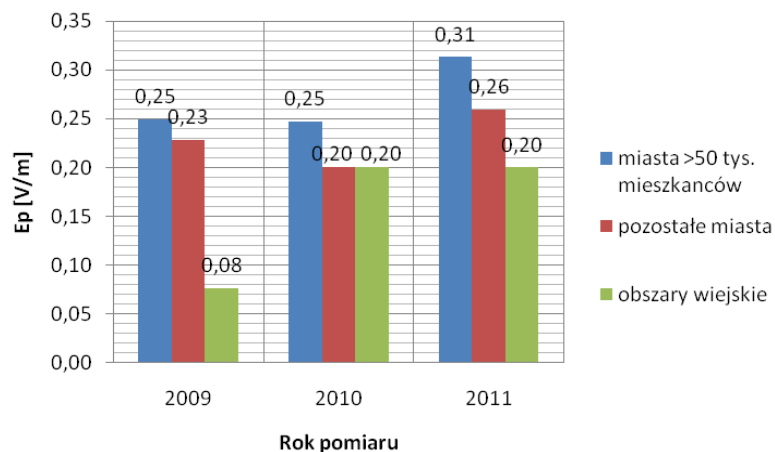
Porównanie z lat 2009-2011

Rysunek 3. obrazuje zestawianie wyników średnich wartości składowych elektrycznych PEM w środowisku w trzech kategoriach obszarów w województwie podkarpackim w latach 2009-2011. Na podstawie rys. 3. można stwierdzić, że podczas trzyletnich badań nie została przekroczona wartość dopuszczalnej emisji pole elektromagnetycznego, która wynosi 7 V/m. Najwyższe średnie poziomy na przestrzeni 3 lat uzyskano na terenach miast o liczbie ludności ponad 50 tys. Najniższe wartość zarejestrowano na obszarach wiejskich.

Wartości uzyskane w toku trzyletnich pomiarów są bardzo małe w porównaniu z dopuszczalnym poziomem. Najwyższa odnotowana wartość wynosiła 0,71 V/m, co stanowi niewiele ponad 10% wartości dopuszczalnej.

Porównanie z sąsiadującymi województwami

Wyniki pomiarów poziomów pól elektromagnetycznych w województwie podkarpackim porównano z województwami sąsiednimi: lubelskim, świętokrzyskim i małopolskim. Na podstawie tego zestawienia można ocenić poziom zanieczyszczenia promieniowaniem elektromagnetycznym w województwie podkarpackim, porównując wyniki badań z wynikami z innych obszarów kraju.



Rys. 3. Zestawienie wyników średnich wartości składowych elektrycznych PEM w środowisku w trzech kategoriach obszarów w województwie podkarpackim w latach 2009-2011

Fig. 3. The summary of the results of the average values of electrical components PEM in the environment in three different categories of Podkarpackie area in 2009-2011

Wyniki pomiarów PEM w województwie lubelskim w latach 2009-2011

Badania natężenia promieniowania elektromagnetycznego w województwie lubelskim wykonał WIOŚ w Lublinie [7]. Wyniki trzyletnich pomiarów przedstawiono w tab. 1. Wyniki pomiarów nie wykazały występowania przekroczeń obowiązujących norm.

Tabela 1. Zestawienie średnich arytmetycznych wyników pomiarów wykonanych w latach 2009-2011 w województwie lubelskim

Table 1. The summary of average arithmetic measurements made in 2009-2011 in Lubelskie Province

Rok pomiarów	Miasta >50 tys. mieszkańców	Pozostałe miasta	Obszary wiejskie
2009	0,48	0,35	0,31
2010	0,15	0,13	0,18
2011	0,17	0,14	0,20
Średnia	0,27	0,21	0,23

Wyniki promieniowania pól elektromagnetycznych w 2009 r. były najwyższe we wszystkich trzech obszarach pomiarowych. Zarówno w 2010, jak i 2011 r. najwyższe poziomy odnotowano na terenach wiejskich, najniższe w obszarach miast poniżej 50 tys. mieszkańców.

Wyniki pomiarów PEM w województwie świętokrzyskim w latach 2009-2011

W województwie świętokrzyskim badania poziomów pól elektromagnetycznych wykonał WIOŚ w Kielcach [7]. Pomiary w województwie świętokrzyskim wykonano na podstawie tych samych rozporządzeń i ustaw, co w województwie podkarpackim. Pomiary z lat 2009 i 2010 wchodzą w trzyletni cykl pomiarowy trwający od 2008 r., pomiary zaś z 2011 są wliczone do trzyletniego cyklu, który zakończy się w 2013 r. W tabeli 2. zestawiono wyniki pomiarów PEM z lat 2009-2011.

Tabela 2. Zestawienie średnich arytmetycznych wyników pomiarów wykonanych w latach 2009-2011 w województwie świętokrzyskim

Table 2. The summary of average arithmetic measurements made in 2009-2011 in Swietokrzyskie Province

Rok pomiarów	Miasta >50 tys. mieszkańców	Pozostałe miasta	Obszary wiejskie
2009	0,45	0,43	0,46
2010	0,20	0,05	0,02
2011	0,34	0,21	0,04
Średnia	0,33	0,23	0,17

Na podstawie wyników pomiarów stwierdzono nieprzekroczenie dopuszczalnego poziomu PEM. Najwyższą średnią odnotowano w 2009 r. na terenach wiejskich, a najniższą w miastach o liczbie mieszkańców mniejszej niż 50 tys.

W latach 2010 i 2011 najwyższe średnie poziomy pól zarejestrowano w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców, najniższe zaś na obszarach wiejskich. Zestawienie wyników średnich wartości składowych elektrycznych PEM w środowisku w trzech kategoriach obszarów w województwie świętokrzyskim obrazuje, że podczas trzech lat badań nie została przekroczona wartość dopuszczalnej emisji pola elektromagnetycznego, która wynosi 7 V/m. Najwyższe wyniki uzyskano w 2009 r., najniższe zaś w 2010.

Wyniki pomiarów PEM w województwie małopolskim w latach 2009-2011

Pomiarów poziomów pól elektromagnetycznych w województwie małopolskim dokonał WIOŚ w Krakowie [7]. W tabeli 3. przedstawiono średnie wyniki pomiarów z lat 2009-2011.

Przez trzy lata w żadnym z obszarów badań nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych norm promieniowania. Najwyższe średnie w danym roku wartości to 0,53 V/m, a najniższe – 0,22 V/m.

Najwyższe średnie roczne poziomy PEM zarejestrowano w punktach pomiarowych usytuowanych w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców. Najwyższą średnią wartość w tym obszarze pomiarowym odnotowano w 2011 r. Najniższe średnie roczne wyniki przypadają na obszary wiejskie.

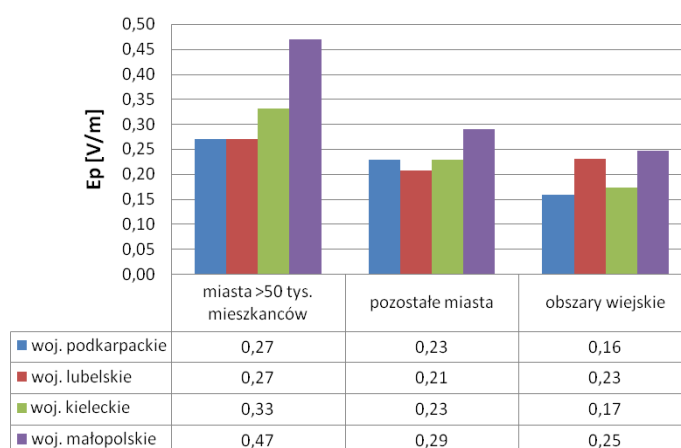
Tabela 3. Zestawienie średnich arytmetycznych wyników pomiarów wykonanych w latach 2009-2011 w województwie małopolskim

Table 3. The summary of average arithmetic measurements made in 2009-2011 in Malopolskie Province

Rok pomiarów	Miasta >50 tys. mieszkańców	Pozostałe miasta	Obszary wiejskie
2009	0,53	0,29	0,28
2010	0,31	0,32	0,22
2011	0,57	0,26	0,24
Średnia	0,47	0,29	0,25

Zestawienie wyników badań

Pomiary we wszystkich województwach wykonano zgodnie z takimi samymi przepisami prawnymi, lecz różnymi przyrządami mierniczymi. Wyniki na rys. 4. przedstawiono jako średnie arytmetyczne trzyletnie dla poszczególnych obszarów pomiarowych.



Rys. 4. Zestawienie średnich arytmetycznych wyników pomiarów pól elektromagnetycznych w latach 2009-2011 w województwie podkarpackim, lubelskim, świętokrzyskim i małopolskim

Fig. 4. The summary of average arithmetic measurements of electromagnetic fields in the years 2009-2011 in Podkarpackie Province, Lubelskie Province, Świętokrzyskie Province and Malopolskie Province

Na rysunku 4. zostały zobrazowane trzyletnie średnie wyniki pomiarów PEM w województwach podkarpackim, lubelskim, świętokrzyskim i małopolskim. W żadnym z wymienionych województw w czasie trzyletnich pomiarów

nie zostały przekroczone dopuszczalne wartości promieniowania, które wynoszą 7 V/m.

W miastach powyżej 50 tys. mieszkańców największe wartości otrzymano dla województw małopolskiego (0,47 V/m), kieleckiego (0,33 V/m) oraz lubelskiego i podkarpackiego (0,27 V/m). Na terenach pozostałych miast najwyższe poziomy zarejestrowano ponownie w województwach małopolskim (0,29 V/m), kieleckim i podkarpackim (0,23 V/m), a najniższe w lubelskim (0,21 V/m). W punktach pomiarowych na obszarach wiejskich ponownie największe wartości zmierzono w województwie małopolskim (0,25 V/m), kolejno w lubelskim (0,23 V/m), kieleckim (0,17 V/m) i najmniejsze w podkarpackim (0,16 V/m). Najwyższe średnie trzyletnie poziomy odnotowano w województwie małopolskim na wszystkich obszarach, na których wykonywano badania.

Nie można jednoznacznie określić województwa o najniższym średnim arytmetycznym trzyletnim poziomie promieniowania pól elektromagnetycznych, gdyż niskie wartości o nieznacznej różnicy uzyskano zarówno w województwie podkarpackim, jak i lubelskim. Województwo podkarpackie odnotowało najniższe średnie z trzyletnich pomiarów na obszarach wiejskich, również najniższe na równi z lubelskim w obszarze miast o liczbie mieszkańców powyżej 50 tys. Na terenach pozostałych miast zarejestrowano tylko o 0,02 V/m wyższe promieniowanie niż w województwie lubelskim.

6. Podsumowanie

1. Poziomy pól elektromagnetycznych w województwie podkarpackim nie przekraczają dozwolonej wartości 7 V/m.

2. Z przeprowadzonej analizy wynika, że poziomy promieniowania elektromagnetycznego w środowisku na terenie województwa podkarpackiego są bardzo niskie.

3. Wyższe wartości promieniowania niejonizującego występują na obszarach miejskich.

4. W odniesieniu do województw sąsiednich w województwie podkarpackim odnotowano niższe wartości promieniowania.

5. Najliczniejszą grupę źródeł promieniowania elektromagnetycznego, w szczególności na obszarach miejskich, stanowią stacje bazowe telefonii komórkowej.

6. Wielkość poziomów pól elektromagnetycznych w poszczególnych obszarach jest zmienna w czasie i zależy głównie od liczby źródeł promieniowania oraz zainstalowanych w nich mocy urządzeń nadawczych.

Literatura

- [1] Moskalik K.: Ocena poziomów pól elektromagnetycznych w Polsce na podstawie pomiarów wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska w 2011 roku. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2012.

- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.).
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz. U. Nr 221 poz. 1645).
- [4] Bielski M., Bieńkowski P. i in.: Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko. Oficyna Wydawnicza Rem Script Sp. z o.o., Warszawa 2010.
- [5] Bieńkowski P.: Pole elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia w zakresie radio- i mikrofal – aparatura i metodyka pomiarów dla ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy. *Medycyna Pracy*, nr 6, 2008, s. 513-519.
- [6] Różycki S.: Ocena poziomów pól elektromagnetycznych na podstawie badań Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska w 2009 roku. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2010.
- [7] Różycki S.: Ocena poziomów pól elektromagnetycznych w Polsce w oparciu o wyniki z trzyletniego cyklu pomiarów 2008-2010. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2011.
- [8] Białaszewski P.: Pola elektromagnetyczne w środowisku – opis źródeł i wyniki badań. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2007.
- [9] Rybak T.: Ocena poziomów pól elektromagnetycznych w województwie podkarpackim w latach 2005-2008. WIOŚ, Rzeszów 2009.
- [10] Aniołczyk H., Pachocki K. i Różycki S.: Pola elektromagnetyczne wielkiego miasta z punktu widzenia ochrony środowiska. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995.
- [11] Wyniki badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku na terenie województwa podkarpackiego wykonanych w latach 2010-2012 udostępnione przez WIOŚ w Rzeszowie.
- [12] Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w roku 2009. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów 2010.
- [13] Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w roku 2010. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów 2011.
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. Nr 192 poz. 1883).
- [15] Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w roku 2011. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów 2012.

ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN PODCARTHIA

S u m m a r y

The paper discusses methods for measuring electromagnetic radiation in its source and industrial power facilities for electric-power transmission, applied in Podcarpathia. It represents analysis results on measuring electromagnetic fields over 2009-2011 years period, and also assessing research results for various regions. The article presents the methods of measurement of electromagnetic radiation, sources and the electrical installations used for the production and

transmission of electricity that are applied in Podkarpackie Province. Electrical installations for the production and transmission of electricity are presented. It is shown that the power lines are characterized by decreasing intensity of the electrical component of the electromagnetic field accordingly to the distance. Presented electromagnetic devices have a significant impact on the environment in Podkarpackie Province. There are also other devices having a similar impact on the environment as previously mentioned sources of electromagnetic fields, which have the largest share of the emission of electromagnetic radiation into the environment. One of such groups includes devices used in industrial applications. These are: electric and induction furnaces, electrospark equipment, welding equipment, devices for sealing containers, tempering, soldering, melting, production of semiconductors, drying, microwave measuring instruments, food processing devices and microwave ovens. The next group consists of devices used in medicine. Among them, the highest intensity of electromagnetic fields emit: magnetic resonance, short-wave and microwave diathermy. Another group consists of personal communication devices having radio access and radio links (devices for data transmission). There are radiotelephones having an advantage over mobile telephony as they connect directly without the use of additional infrastructure. Yet another group consists of safety devices, such as, for example, microwave detectors. Stationery or pulsed fields are used in such devices. What is more, used powers do not reach tens of watts. The analysis of the results of measurements of electromagnetic fields in 2009-2011 and the summary of the results of the researches in various provinces is represented.

Keywords: methods for measuring, electromagnetic radiation, electromagnetic fields

Przesłano do redakcji: 20.11.2013 r.

Przyjęto do druku: 02.06.2014 r.

DOI:10.7862/rb.2014.8