



KANCELARIA PREZESA
RADY MINISTRÓW



Instytut Łączności
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



RAPORT Z PILOTAŻU

Selektywny monitoring stacjonarny PEM
(SELMS PEM)



Warszawa, grudzień 2020

METRYKA

Dane	Opis
Tytuł dokumentu	RAPORT Z PILOTAŻU. Sелеktywny monitoring stacjonarny PEM (SELMS PEM)
Autor dokumentu	Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy (IŁ-PIB)
Nr pracy IŁ-PIB	01.10.1.01.01.0
Nr Podzadania	1
Nazwa Podzadania	Pomiary pól elektromagnetycznych (PEM) wytwarzanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej – kontynuacja prac z lat 2016-2019
Umowa dotacji celowej	Nr 1/DT/2020 z dnia 13 lipca 2020 r.
Rodzaj dokumentu	Produkt podzadania 1

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	3
WYKAZ TABLIC	3
WYKAZ RYSUNKÓW	4
WYKAZ SKRÓTÓW	5
1. WPROWADZENIE.....	6
1.1 Podstawa opracowania	6
1.2 Zakres podzadania	6
1.3 Zakres opracowania i cel pracy.....	6
2. PODSUMOWANIE, WNIOSKI, REKOMENDACJE.....	7
3. PRZYGOTOWANIE DO PILOTAŻU.....	14
3.1 Konfiguracja sprzętowa	14
3.2 Szkolenie	15
4. PROGRAM BADAŃ PILOTAŻOWYCH.....	17
5. URUCHOMIENIE PILOTAŻOWEGO SYSTEMU	18
5.1 Wykonawcy badań	18
5.2 Aparatura i oprzyrządowanie wykorzystane do badań	19
5.3 Architektura systemu	19
5.4 Konfiguracja stacji monitorujących	20
5.5 Transmisja danych	25
5.6 Serwer i baza danych.....	25
5.7 Dane rejestrowane przez stację monitorującą.....	26
6. WYNIKÓW PILOTAŻOWYCH POMIARÓW	27
6.1 Miejsca instalacji.....	27
6.2 Wyniki pomiarów.....	30
6.3 Podsumowanie wyników	44
6.4 Wnioski	46

WYKAZ TABLIC

Tabl. 1 Dostępne opcje stacji monitorującej model AMS-8061.....	14
Tabl. 2 Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych.....	15
Tabl. 3 Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej model EHA-2B-01	15
Tabl. 4 Wykaz aparatury pomiarowej	19
Tabl. 5 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 1	42
Tabl. 6 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 2	42
Tabl. 7 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 3	42
Tabl. 8 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 4	42
Tabl. 9 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) w podziale na zakresy pomiarowe – lokalizacja 1	43
Tabl. 10. Zestawienie wyników pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa)	44
Tabl. 11. Procentowe wykorzystanie wartości dopuszczalnej ME_{gr} w zakresie częstotliwości 2620 – 2690 MHz, w lokalizacji nr 1.....	45

WYKAZ RYSUNKÓW

Rys. 1 Schemat architektury pilotażowego systemu SELMS PEM.....	19
Rys. 2 Okno konfiguracji podzakresów pomiarowych	20
Rys. 3 Okna konfiguracji parametru <i>Rate</i> oraz <i>Averaging Period</i>	21
Rys. 4 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 1	21
Rys. 5 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 2	22
Rys. 6 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji <i>Point to Point</i>).....	22
Rys. 7 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji <i>FTP</i>) – 1	23
Rys. 8 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji <i>FTP</i>) – 2	23
Rys. 9 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji <i>FTP</i>) – 3	24
Rys. 10 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji <i>FTP</i>) – 4	24
Rys. 11 Okno konfiguracji eksportu danych	25
Rys. 12 Lokalizacja pomiarowa nr 1 na terenie IŁ-PIB w Warszawie	27
Rys. 13 Lokalizacja pomiarowa nr 2 na terenie IŁ-PIB w Warszawie	28
Rys. 14 Lokalizacja pomiarowa nr 3 na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu	28
Rys. 15 Lokalizacja pomiarowa nr 4 na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu	29
Rys. 16 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 1	30
Rys. 17 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 2	30
Rys. 18 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 3	31
Rys. 19 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 4	31
Rys. 20 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 0,1 MHz – 6000,0 MHz	32
Rys. 21 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 87,5 MHz – 108,0 MHz	32
Rys. 22 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 108,0 MHz – 174,0 MHz	33
Rys. 23 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 174,0 MHz – 230,0 MHz	33
Rys. 24 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 230,0 MHz – 470,0 MHz	34
Rys. 25 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 470,0 MHz – 790,0 MHz	34
Rys. 26 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 791,0 MHz – 821,0 MHz	35
Rys. 27 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 832,0 MHz – 862,0 MHz	35
Rys. 28 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 880,0 MHz – 915,0 MHz	36
Rys. 29 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 925,0 MHz – 960,0 MHz	36
Rys. 30 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1710,0 MHz – 1785,0 MHz	37
Rys. 31 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1805,0 MHz – 1882,0 MHz	37
Rys. 32 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1900,0 MHz – 1980,0 MHz	38
Rys. 33 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2100,0 MHz – 2170,0 MHz	38
Rys. 34 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2400,0 MHz – 2483,5 MHz	39
Rys. 35 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2500,0 MHz – 2570,0 MHz	39
Rys. 36 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2570,0 MHz – 2620,0 MHz	40
Rys. 37 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2620,0 MHz – 2690,0 MHz	40
Rys. 38 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 3400,0 MHz – 3800,0 MHz	41
Rys. 39 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 5150,0 MHz – 5725,0 MHz	41
Rys. 40 Procentowe wykorzystanie dopuszczalnego natężenia w zakresie częstotliwości: 2620,0 MHz – 2690,0 MHz – lokalizacja nr 1	45

WYKAZ SKRÓTÓW

Skrót	Rozwinięcie
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> – protokół komunikacyjny typu klient-serwer
IŁ-PIB	Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy
PMŚ	Państwowy Monitoring Środowiska
PEM	Pole elektromagnetyczne
PIBUK	Platforma Informatyczna systemu Badań i diagnozowania właściwości Usług Komunikacji elektronicznej
SELMS PEM	Selektywny Monitoring Stacjonarny PEM
RLAN	<i>Radio Local Area Network</i> – radiowa sieć lokalna oparta na standardach serii IEEE 802.11 Sieci działające na obszarze Unii Europejskiej w paśmie częstotliwości 2,4 GHz (od 2400 MHz do 2483,5 MHz) i / lub w paśmie częstotliwości 5 GHz (od 5150 MHz do 5350 MHz oraz od 5470 MHz do 5725 MHz)
SBTK	Stacja Bazowa Telefonii Komórkowej
USB	<i>Universal Serial Bus</i> – port szeregowy
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> – synonim określenia radiowej sieci lokalnej RLAN
WIOŚ	Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

1. WPROWADZENIE

1.1 Podstawa opracowania

Umowa dotacji celowej Nr 1/DT/2020 z dnia 13 lipca 2020 r.

Podzadanie nr 1: *Pomiary pól elektromagnetycznych (PEM) wytwarzanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej – kontynuacja prac z lat 2016-2019.*

1.2 Zakres podzadania

Podzadanie nr 1 było kontynuacją prac wykonanych w latach 2016 –2019. Głównym celem podzadania było wykonanie pomiarów poziomów PEM w otoczeniu stacji bazowych telefonii komórkowej, a także w otoczeniu punktów dostępowych do sieci RLAN 2,4 GHz / 5 GHz.

Zakres podzadania nr 1 obejmował także zaprojektowanie, zakup, instalację i uruchomienie pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego PEM umożliwiającego pomiary selektywne (zakres częstotliwości od 100 kHz do 6 GHz).

Działania wykonane w tej części podzadania obejmowały:

- **zakup dwóch kompletów** przyrządów selektywnych oraz sond pomiarowych 100 kHz – 6 GHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem;
- **szkolenie** w zakresie instalacji elementów, konfiguracji i uruchomienia systemu oraz funkcjonalności i obsługi systemu;
- **instalację i uruchomienie systemu pilotażowego** obejmujące uzgodnienie i przygotowanie miejsc prowadzenia pomiarów, wykonanie instalacji, uruchomienie, sprawdzenie komunikacji z dedykowanym dla systemu serwerem IŁ-PIB;
- **cykl pomiarów pilotażowych**, zgromadzenie wyników pomiarów w przygotowanej do tego celu bazie danych, zobrazowanie uzyskanych wyników, w formie zestawień tabelarycznych i wykresów;
- **opracowanie raportu** z pilotażu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM, nazywanego dalej również w skrócie **SELMS PEM**.

1.3 Zakres opracowania i cel pracy

Niniejsze opracowanie stanowi jeden z produktów podzadania 1 i nazywane jest dalej Raportem.

Raport przedstawia:

- wyniki oraz wnioski z wykonanego cyklu pilotażowych pomiarów z zastosowaniem systemu monitoringu stacjonarnego PEM umożliwiającego pomiary selektywne w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 6 GHz, zainstalowanego w dwóch lokalizacjach na terenie siedzib IŁ-PIB w Warszawie i we Wrocławiu;
- rekomendacje w zakresie wdrożenia selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM w Polsce.

Uruchomienie i przeprowadzenie pomiarów z wykorzystaniem pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego PEM miało na celu:

- zweryfikowanie funkcjonalności przyrządów selektywnych z sondami pomiarowymi 100 kHz – 6 GHz oraz ich oprogramowania;
- zaproponowanie rozwiązań dla rozwoju krajowego monitoringu stacjonarnego PEM.

2. PODSUMOWANIE, WNIOSKI, REKOMENDACJE

Stacja monitoringu stacjonarnego model AMS-8061, firmy Safety Test Solutions GmbH, z dołączoną sondą pomiarową model EHA-2B-01, to urządzenie umożliwiające ciągłą, selektywną rejestrację natężenia pola elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 6 GHz.

Uzyskane wyniki pomiarów dają możliwość, w przeciwieństwie do wyników klasycznych chwilowych pomiarów PEM, dokonania obserwacji zmian wartości PEM w dowolnym czasie z okresu obserwacji, pozwalają na jednoznaczną identyfikację częstotliwości oraz wartości składowych.

Ponadto stacja monitoringu rejestruje cały szereg danych (innych niż wartość natężenia PEM), które mogą być użyteczne podczas późniejszej interpretacji wyników.

Stacja monitorująca z dołączoną sondą pomiarową, wraz z dedykowaną konstrukcją wsporczą oraz panelem słonecznym, to urządzenie o wadze około 35 kg. Zarówno waga, jak i konstrukcja oraz wymiary (1480 mm × 1100 mm × 715 mm) skompletowanej stacji monitorującej nie pozwalają na jej wygodny transport samochodem osobowym i niestety zazwyczaj wymagają co najmniej częściowego demontażu.

Pierwsza konfiguracja stacji monitorującej odbywa się z wykorzystaniem oryginalnego oprogramowania uruchamianego na komputerze dołączonym do urządzenia przewodem dostarczonym przez producenta. Tak skonfigurowana stacja jest gotowa do pomiaru w warunkach autonomicznych. Z uwzględnieniem rekomendacji producenta i własnych wniosków dotyczących częstości przekazywania danych, stacja może pracować samowystarczalnie ładując wbudowany akumulator za pomocą zintegrowanego ogniwa fotowoltaicznego.

Dane zarejestrowane przez urządzenie mogą być przekazywane do serwera FTP z wykorzystaniem łącza radiowego za pośrednictwem łącza radiowego w systemie Wi-Fi lub z wykorzystaniem transmisji danych w sieciach 2G/3G. W pilotażowym systemie monitoringu stacjonarnego stacje zostały wyposażone w karty SIM umożliwiające transmisję danych w sieci komórkowej, dzięki czemu uzyskano w zasadzie pełną niezależność odnośnie wyboru miejsca pomiarowego, co było tym bardziej korzystne, że na etapie pilotażu lokalizacje stacji zmieniano stosunkowo często, bo nawet w odstępach kilkudniowych. Stacje monitorujące były ustawiane w takich miejscach na terenie Instytutu Łączności – PIB w Warszawie i we Wrocławiu, w których zapewnione było ich bezpieczeństwo. Z uwagi na konstrukcję, wymiary oraz wagę stacji monitorujących istotną stała się także kwestia transportu na miejsce instalacji, bez konieczności całkowitego ich demontażu. Stąd na etapie pilotażu jako miejsca instalacji stacji monitorujących wybierano oczywiście miejsca reprezentatywne dla prowadzonych pomiarów, ale jednocześnie zwracano szczególną uwagę na dostępność tych miejsc dla stosunkowo dużej aparatury.

Analiza wyników wskazuje, że mierzalne wartości PEM są osiągalne w przypadku dobrej, najlepiej bezpośredniej widoczności anten nadajników. Wartość informacyjną pozwalającą na formułowanie wniosków niosą pomiary realizowane przez dłuższy okres czasu, co najmniej trzech dni. Pozwalają one wówczas na identyfikację okresów, w których transmisja danych jest ograniczona oraz tych, w których jest największa. Należy mieć jednak na uwadze, że zasada ta jest zróżnicowana w zależności od charakteru lokalizacji. Zebrane wyniki uzyskane w trakcie realizacji pilotażowych stacjonarnych pomiarów PEM oraz ich analiza, wskazują na pewne prawidłowości odnośnie poziomów PEM w średo-

wisku, które są powiązane zarówno z porą dnia, jak i samym dniem tygodnia, w których pomiary były wykonywane.

Wyniki pomiarów uzyskanych w trakcie realizacji selektywnego monitoringu PEM, z uwagi na wybrane miejsca instalacji stacji monitorujących oraz okres prowadzenia badań pilotażowych, wskazują na:

- bardzo niski, praktycznie pomijalny, poziom PEM w tych zakresach częstotliwości pracy SBTk, w których działają nadajniki terminali abonenckich (tzw. „up-link”) – widoczne na wykresach „szpilki” można identyfikować jako chwilowe emisje od terminali abonenckich;
- niski poziom PEM w zakresach UKF oraz DVB-T;
- niski poziom PEM w zakresach RLAN 2,4 GHz oraz 5 GHz – widoczne na wykresach „szpilki” można identyfikować jako chwilowe emisje od terminali abonenckich pracujących w sieciach lokalnych Wi-Fi;
- wyraźnie ponad szumem tła, mierzalny poziom PEM w tych zakresach częstotliwości pracy SBTk, w których działają nadajniki stacji bazowych telefonii komórkowej (tzw. „down-link”).

W związku z zapewnieniem bezpośredniej widoczności anten nadajników bardziej miarodajne wyniki monitoringu PEM uzyskiwane są podczas instalacji stacji monitorujących na zewnątrz niż wewnątrz pomieszczeń. Zaprogramowanie konkretnych zakresów pomiarowych pozwala na prowadzenie pomiarów w sposób selektywny częstotliwościowo, co w przypadku szerokopasmowego monitoringu PEM z zasady nie jest możliwe. Ma to szczególne znaczenie w kontekście obowiązujących od 1.01.2020 r. dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, które są zróżnicowane częstotliwościowo. Dzięki selektywnemu monitoringowi PEM można określić oraz zobrazować graficznie udział poszczególnych podzakresów pomiarowych w określonym poziomie dopuszczalnym bądź też w skumulowanej wartości PEM, zmierzonej w zakresie pracy sondy pomiarowej. Szczególnie atrakcyjne wydaje się właśnie zobrazowanie graficzne, które pozwala na przedstawienie wyników w przystępny i łatwo przyswajalny sposób, np. jako pewien procent wykorzystania poziomu dopuszczalnego, a więc z pominięciem jednostek (np. V/m), które mogą wydawać się niezrozumiałe dla przeciętnego odbiorcy.

Uzyskane niskie poziomy PEM w zakresach częstotliwości pracy nadajników terminali abonenckich bądź RLAN 2,4 GHz oraz 5 GHz nie oznaczają, że nie warto monitorować tych pasm częstotliwości ze względu na niskie rejestrowane poziomy PEM. Wskazują natomiast na to, że należy odpowiednio dobierać lokalizacje do posadowienia stacji selektywnego monitoringu PEM – lokalizacje charakteryzujące się dużymi skupiskami użytkowników, którzy często korzystają z transmisji danych.

Poniżej zostały przedstawione propozycje i rekomendacje w zakresie realizacji sieci monitoringu stacjonarnego z wykorzystaniem stacji monitoringu stacjonarnego, umożliwiających pomiary szerokopasmowe, jak i pomiary selektywne.

1. Wymagania formalne

Projektując sieć monitoringu należy brać pod uwagę wymagania zalecenia ITU-T K.83 „Monitoring of electromagnetic field levels”. Zalecenie to określa metody i cechy charakterystyczne systemu monitorowania przeznaczonego do ciągłego monitorowania pól elektromagnetycznych emitowanych przez nadajniki radiowe. Zalecenie odnosi się zarówno do szerokopasmowych, jak i w selektywnych systemów pomiarowych, stosowanych w celu oceny długotrwałej ekspozycji ludzi na działanie pola elektromagnetyczne-

go. Z dokumentacji technicznej stacji monitoringu stacjonarnego firmy Narda Safety Test Solutions GmbH wynika, że oferowane urządzenia spełniają wymagania zalecenia ITU-T K.83.

2. Czynniki warunkujące wybór lokalizacji

W opinii IŁ-PIB należy uwzględniać następujące czynniki, warunkujące wybór lokalizacji do prowadzenia monitoringu stacjonarnego:

- lokalizacja powinna być reprezentatywna:
 - miejsce pomiarów powinno oddawać faktyczne warunki, w których mogą najczęściej przebywać ludzie (np. sąsiedztwo instytucji publicznych, obszary z dużymi skupiskami ludności lub miejsca publiczne, znajdujące się w pobliżu wielu źródeł pola elektromagnetycznego);
 - należy uwzględniać miejsca o szczególnym znaczeniu (np. placówki edukacyjne, żłobki, szpitale);
 - kierując się uzyskaniem potencjalnie najwyższych poziomów PEM należy wybierać w miarę możliwości lokalizacje z bezpośrednią widocznością anten SBTk, unikając drzew, zabudowy, czy innych elementów infrastruktury, przesłaniających widoczność anten;
 - aby rozkład PEM nie był zaburzony nie należy umieszczać sondy pomiarowej w pobliżu dużych metalowych przedmiotów;
 - lokalizacja powinna być bezpieczna – miejsce pomiarów powinno gwarantować, że urządzenie nie zostanie uszkodzone, zniszczone lub skradzione;
 - lokalizacja powinna być dostępna na potrzeby instalacji stacji – miejsce pomiarów powinno uwzględniać konieczność przetransportowania stosunkowo ciężkiego zestawu urządzeń (blisko 35 kg) o znacznych wymiarach^{/*} (np. dobrze zabezpieczony dach z bezpośrednią widocznością anten SBTk może ostatecznie jednak okazać się lokalizacją nieakceptowalną, właśnie z uwagi na to, że dostęp do dachu odbywa się wyłącznie poprzez niewielki wyłaz).
- ^{/*} W przypadku stacji szerokopasmowego monitoringu PEM wskazane problemy praktycznie nie występują i wiele lokalizacji niedostępnych dla instalacji selektywnych stacji monitorujących PEM może okazać się idealnych dla instalacji stacji szerokopasmowych.

Z uwagi na fakt, że stacje monitorujące przesyłają dane korzystając z radiowej transmisji danych, należy zadbać o dostępność i jakość usługi transmisji danych w miejscu instalacji stacji.

Ponieważ podstawowe źródło zasilania stacji monitorujących stanowi wbudowany akumulator doładowywany w ciągu dnia z panelu słonecznego (ogniwo fotowoltaiczne), stacje należy umieszczać w miejscach o dużym nasłonecznieniu (unikając lokalizacji zacienionych), w taki sposób, aby panel słoneczny był skierowany na południe.

Aby stacjonarny monitoring PEM spełniał jak najwięcej oczekiwań obywateli, lokalizacje przeznaczone do zainstalowania stacji monitorujących powinny być uzgadniane z urzędami miast. Jednocześnie to właśnie miasta powinny być głównymi beneficjentami montażu tego monitoringu. Dlatego też należy, przy wsparciu i zaangażowaniu Departamentu Telekomunikacji odpowiedzialnego za obszar cyfryzacji, działającego w strukturach Kancelarii Prezesa Rady Ministrów, kontynuować i rozszerzać kampanię informacyjną dotyczącą możliwości przeprowadzenia monitoringu stacjonarnego w tych miastach, które zgłoszą się do IŁ-PIB i spełnią wymagany postanowieniami polisy ubezpieczeniowej

warunek zabezpieczenia instalacji stacji monitorujących przed ewentualną kradzieżą/zniszczeniem, obowiązujący dla sprzętu laboratoryjnego (urządzeń pomiarowych) stacjonarnego i przenośnego, wykorzystywanego w pomiarach zewnętrznych poza siedzibami IŁ-PIB.

Typowanie lokalizacji, w których powinien odbywać się stacjonarny, zarówno szerokopasmowy, jak i selektywny monitoring PEM powinno również uwzględniać wieloletnie doświadczenie zgromadzone przez organ odpowiedzialny za realizację Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce (PMS), tj. przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

3. Uwarunkowania prawne

Zapisy Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 15 grudnia 2020 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz.U. 2020, poz. 2311), mają na celu m.in.:

- zapewnienie pomiarów pól elektromagnetycznych w środowisku w ramach PMS w zakresie częstotliwości od 80 MHz do 40 GHz, obejmując tym samym zakres częstotliwości nowej technologii 5G;
- zachowanie obowiązującej metodyki pomiarowej dostosowanej do posiadanej przez Inspekcję Ochrony Środowiska aparatury pomiarowej;
- dostosowanie lokalizacji punktów pomiarowych do potrzeby zapewnienia rzetelnej informacji o poziomie PEM w środowisku w miejscach potencjalnie największego narażenia na PEM;
- zwiększenie liczby punktów pomiarowych, poprzez wyznaczanie punktów we wszystkich miastach w liczbie zależnej od liczby mieszkańców oraz ustalenie punktów pomiarowych w każdej gminie wiejskiej.

Projekt rozporządzenia zakłada prowadzenie badań PEM w ramach sieci monitoringu, wyznaczając dla każdego województwa punkty pomiarowe dla dwuletniego cyklu pomiarowego na obszarze miast oraz dla czteroletniego cyklu pomiarowego na obszarze wszystkich gmin wiejskich.

Zgodnie z ww. Rozporządzeniem na obszarze każdego województwa liczba punktów pomiarowych w miastach zależy od liczby mieszkańców i dla każdego z miast jest to:

- 1 punkt pomiarowy: dla miast poniżej 20 000 mieszkańców;
- 2 punkty pomiarowe: dla miast od 20 000 do 50 000 mieszkańców;
- 3 punkty pomiarowe: dla miast od 50 000 do 100 000 mieszkańców;
- 4 punkty pomiarowe: dla miast od 100 000 do 200 000 mieszkańców;
- 4 punkty pomiarowe: dla miast powyżej 200 000 mieszkańców + 3 punkty pomiarowe na każde kolejne 100 000 mieszkańców;

Zgodnie z ww. Rozporządzeniem na obszarze gmin wiejskich wyznacza się 1 punkt pomiarowy w każdej gminie wiejskiej.

Rozporządzenie nie przewiduje zastosowania urządzeń pomiarowych realizujących stały monitoring PEM, określając wymaganą częstotliwość pomiarów w każdym punkcie pomiarowym: *raz w roku kalendarzowym, w dni robocze pomiędzy godzinami 8⁰⁰ a 16⁰⁰, w sposób nieprzerwany przez 0,5 godziny, wykonując w tym czasie nie mniej niż 180 próbek w równych odstępach czasu.*

Zatem, aby budowę sieci monitoringu stacjonarnego można było formalnie połączyć z działaniami Państwowego Monitoringu Środowiska, niezbędna byłaby kolejna nowelizacja przepisów prawa w tym obszarze. Przy czym ze względu na wymagany zakres częstotliwości PMŚ należałoby korzystać ze stacji szerokopasmowego monitoringu PEM, natomiast ze względu np. na identyfikowalność źródeł emisji – rozbudować system o stacje selektywnego monitoringu PEM.

4. Wybór urządzeń

Sieć monitoringu stacjonarnego można budować w oparciu o stacje umożliwiające szerokopasmową i / lub selektywną rejestrację natężenia pola elektromagnetycznego. Obydwa rozwiązania mają swoje zalety, ale wprowadzają również pewne ograniczenia.

W przypadku stacji model AMB-8059 firmy Narda Safety Test Solutions GmbH, umożliwiających szerokopasmową rejestrację PEM, niewątpliwą zaletą jest bardzo szeroki zakres analizowanych częstotliwości, od 10 Hz do 40 GHz, w praktyce zależny od rodzaju zastosowanej sondy pomiarowej. Np. w przypadku sondy pomiarowej model EP-1B-06 zakres częstotliwości wynosi od 300 kHz aż do 40 GHz, a więc obejmuje wszystkie częstotliwości z zakresu radiowego, w tym te które obecnie wykorzystują SBTk działające w sieciach 2G, 3G oraz 4G, ale także i te, które dopiero będą stosowane przy budowie sieci 5G (zwłaszcza pasmo 26 GHz). Istotnym ograniczeniem jest tu zakres uzyskiwanych wyników – jako rezultat przeprowadzonego pomiaru uzyskujemy jeden, „sumaryczny” wynik, dla całego analizowanego zakresu częstotliwości, bez możliwości identyfikacji składowych: ani co do częstotliwości, ani co do wartości. Należy jednak pamiętać, że jest to jednocześnie cecha charakterystyczna wszystkich pomiarów szerokopasmowych, a nie tylko tych wykonywanych w trakcie monitoringu.

W odróżnieniu od stacji szerokopasmowych, stacje selektywne pozwalają na jednoznaczную identyfikację częstotliwości oraz wartości składowych. Jest to szczególnie istotne wobec konieczności odróżnienia PEM wytwarzanego przez terminale abonenckie od PEM wytwarzanego przez instalacje radiokomunikacyjne, czy nawet konieczności rozróżnienia instalacji wytwarzających PEM, zależnie od zidentyfikowanych częstotliwości. Wykorzystane w pilotażu stacje model AMS-8061 firmy Narda Safety Test Solutions GmbH, umożliwiające selektywną rejestrację PEM charakteryzują się znacznie węższym zakresem częstotliwości, od 100 kHz do 6 GHz, dostępnym w przypadku zastosowania sondy pomiarowej model EHA-2B-01.

Wprowadzone w życie od 1.01.2020 r. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, definiuje graniczne poziomy PEM zależnie od częstotliwości. Potwierdza to zasadność stosowania dla oceny zgodności dotrzymania tych poziomów również sposobu selektywnego częstotliwościowo (poziomy składowych o różnych częstotliwościach należy bowiem odnosić do odpowiednich dla tych częstotliwości wartości dopuszczalnej) poza powszechnie stosowaną metodą szerokopasmową.

Mając jednak na względzie obecne uwarunkowania prawne dotyczące PMŚ, w tym:

- określoną Rozporządzeniem Ministra Klimatu z dnia 17 lutego 2020 roku w sprawie sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, dopuszczalność obu metod pomiarowych: szerokopasmowej i selektywnej;

- zamierzone zapewnienie pomiarów pól elektromagnetycznych w środowisku w ramach PMŚ w zakresie technologii 5G;
- zachowanie obowiązującej metodyki pomiarowej dostosowanej do posiadanej przez Inspekcję Ochrony Środowiska aparatury pomiarowej;

a także mając na względzie ograniczenia stacji umożliwiających selektywną rejestrację PEM (węższy zakres pomiarowy, duże wymiary i waga, ale także wyższa cena w stosunku do stacji szerokopasmowej), wydaje się celowe tworzenie krajowego systemu monitorowania PEM zbudowanego zasadniczo w oparciu o stacje umożliwiające szerokopasmową rejestrację PEM, ale jednocześnie wyposażonego w stacje umożliwiające rejestrację selektywną w tych lokalizacjach, w których:

- na stosunkowo niewielkim obszarze funkcjonuje wiele źródeł PEM, występują duże skupiska użytkowników często korzystających z transmisji danych;
- wyniki uzyskiwane podczas prowadzenia szerokopasmowej rejestracji PEM przekraczają np. 50% najniższej wartości dopuszczalnej w zakresie częstotliwości powyżej 10 MHz, tj. 14 V/m.

Oczywiście taki system wraz z upływem czasu można rozbudować, dodając kolejne stacje monitorujące PEM, zarówno szerokopasmowe, jak i selektywne.

Zbliżony model krajowego systemu monitorowania PEM został w ostatnich latach wdrożony np. w Grecji. Jest to system monitoringu, o nazwie National Observatory on Electromagnetic Fields (NOEF), zrealizowany przez krajowy organ regulacyjny Greek Atomic Energy Commission (EEAE), właściwy m.in. do kontroli, regulacji i nadzoru w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem. System NOEF obejmuje stacje monitorujące, zarówno szerokopasmowe, jak i selektywne, w tym 500 stacji stacjonarnych oraz 13 stacji przemieszczalnych, zainstalowanych na pojazdach¹.

5. Potencjalne kierunki dalszych działań pilotażowych

Na bazie doświadczeń wypracowanych przez IŁ-PIB w trakcie realizacji badań z wykorzystaniem pilotażowego systemu szerokopasmowego monitoringu stacjonarnego PEM oraz pilotażu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM, w kolejnym kroku można zaproponować przeprowadzenie cyklu pilotażowych badań umożliwiających zarówno szerokopasmową, jak i selektywną rejestrację PEM na obszarze całego kraju, w lokalizacjach wskazanych i uzgodnionych z urzędami miast.

- szerokopasmowy monitoring stacjonarny PEM: można przyjąć, że szerokopasmowa rejestracja PEM będzie podstawowym sposobem prowadzenia monitoringu PEM i będzie odbywać się w cyklach min. dwutygodniowych, w lokalizacjach wskazanych przez przedstawicieli urzędów miast. Pierwsze tego rodzaju badania pilotażowe, przeprowadzone przez IŁ-PIB w 2020 roku, w ramach Umowy dotacji Nr 1/DT/2020 z dnia 13 lipca 2020 r., zostały szczegółowo opisane w produkcie podzadania 1 pn.: RAPORT Z BADAŃ – Pomiary PEM wykonywane z wykorzystaniem szerokopasmowego monitoringu stacjonarnego (SMS PEM).
- selektywny monitoring stacjonarny PEM: można przyjąć, że selektywna rejestracja PEM będzie miała charakter uzupełniający i rozszerzający w stosunku do podstawowego sposobu prowadzenia monitoringu, tj. szerokopasmowej reje-

¹ Źródło: <https://paratiritirioemf.eeae.gr/index.php?lang=en>

stracji PEM. Prowadzenie selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM jest uzasadnione w lokalizacjach, w których na stosunkowo niewielkim obszarze funkcjonuje wiele źródeł PEM, występują duże skupiska użytkowników często korzystających z transmisji danych oraz gdy wyniki uzyskiwane podczas prowadzenia szerokopasmowego monitoringu PEM przekraczają np. 50% najniższej wartości dopuszczalnej w zakresie częstotliwości powyżej 10 MHz, tj. 14 V/m. Przy czym należy zwracać szczególną uwagę na dostępność lokalizacji na potrzeby instalacji selektywnych stacji monitorujących (konieczność przetransportowania stosunkowo ciężkiego zestawu urządzeń o znacznych wymiarach). Może zatem dojść do takiej sytuacji, że lokalizacja, w której prowadzono wcześniej monitoring szerokopasmowy, nie będzie akceptowalna do prowadzenia monitoringu selektywnego. Także właśnie ze względu na wspomnianą powyżej konieczność transportowania pomiędzy lokalizacjami stosunkowo ciężkiego zestawu urządzeń o znacznych wymiarach, w tym konieczność przeniesienia panelu słonecznego o wymiarach 1100 mm × 610 mm × 35 mm, należy zakładać dłuższe okresy prowadzenia monitoringu selektywnego w jednej lokalizacji, kosztem mniejszej ich liczby. Podsumowując, sam dobór lokalizacji wymaga poświęcenia większego czasu i uwagi (także z uwagi na niewielką liczbę stacji monitorujących i dostępność lokalizacji na potrzeby prowadzenia badań pilotażowych) i może stanowić istotny problem, eliminujący część potencjalnych lokalizacji pomiarowych.

Ogólnopolski system stacjonarnego monitoringu PEM (szerokopasmowego i selektywnego), budowany na bazie doświadczeń PMŚ oraz wyżej opisanych pilotażowych badań, mógłby docelowo zostać zintegrowany z Systemem Informacyjnym o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne (SI2PEM), co wymaga wypracowania adekwatnych przepisów prawa w tym obszarze, także w kontekście przekazywania danych gromadzonych w bazie JELMAG do SI2PEM.

3. PRZYGOTOWANIE DO PILOTAŻU

Przygotowanie do pilotażu systemu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM (SELMS PEM) obejmowało:

- przegląd dostępnych przyrządów;
- wybór odpowiedniej konfiguracji sprzętowej;
- przeprowadzenie postępowania ofertowego;
- przygotowanie i realizację szkolenia.

3.1 Konfiguracja sprzętowa

W wyniku przeglądu i analizy dostępnych przyrządów, do realizacji SELMS PEM wybrane zostały dwa zestawy przyrządów selektywnych firmy Narda Safety Test Solutions GmbH z sondami pomiarowymi oraz niezbędnym oprzyrządowaniem.

W skład jednego zestawu wchodzi:

- stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego model AMS-8061;
- sonda pomiarowa model EHA-2B-01 do pomiarów w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 6 GHz.

Specyfikacja zestawu pomiarowego firmy Narda Safety Test Solutions GmbH:

1. Sелеktywna, stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego model AMS-8061, w tym:

- stacja monitoringu pola elektromagnetycznego model AMS-8061 z wbudowanym akumulatorem i modemem do bezprzewodowej transmisji danych;
- oprogramowanie do komputera PC: AMS-8061-SW-02;
- przewody: USB, Ethernet, RS-232;
- zasilacz 230 V AC i ładowarka 12 V DC;
- panel słoneczny do ładowania baterii;
- konstrukcja wsporcza do montażu, w tym maszt, podstawa, torby balastowe;
- certyfikat kalibracji.

2. Sonda pomiarowa model EHA-2B-01 do pomiarów w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 6 GHz.

Dostępne opcje stacji monitorującej firmy Narda Safety Test Solutions GmbH model AMS-8061, przedstawiono w Tabl. 1.

Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych firmy Narda Safety Test Solutions GmbH, dla różnych zakresów częstotliwości, przedstawiono w Tabl. 2.

Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej model EHA-2B-01 firmy Narda Safety Test Solutions GmbH, przedstawiono w Tab. 3.

Tabl. 1 Dostępne opcje stacji monitorującej model AMS-8061

Stacja monitorująca AMS-8061	
Panel słoneczny (24/7) i akumulator	✓
Wbudowany modem 2G/3G	✓
Gniazdo Ethernet	✓

Stacja monitorująca AMS-8061	
USB	✓
RS232	✓
GPS	✓
Termometr	✓
Higrometr	✓
Zdalne sterowanie	✓

Tabl. 2 Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych

Zakres częstotliwości	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 100 MHz	110 MHz - 6 GHz	27 MHz - 3 GHz
Składowa pola (izotropowo)	E	H	E	E
Model sondy	EHA-2B-01	HA-1B-01	EA-1B-01	EA-1B-02
Telefonia komórkowa	●		●	●
TV	●		●	●
Radiolinie	●		●	●
Radiofonia	●	●		●
Wi-Fi	●		●	
Radionawigacja		●		

Tabl. 3 Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej model EHA-2B-01

EHA-2B-01 Sonda pola elektrycznego	
Zakres częstotliwości	od 100 kHz do 6 GHz
Zakres pomiarowy	0,01 V/m do 160 V/m
Czułość sondy	0,01 V/m
Przesterowanie	435 V/m
Rozdzielczość pomiaru	0,01 V/m
Liniiowość	$\leq \pm 2$ dB
Pasma przenoszenia	$\leq \pm 3$ dB
Anizotropowość	< 2,5 dB dla częstotliwości do 3 GHz, < 3,5 dB dla częstotliwości do 6 GHz
Wymiary panelu słonecznego (L × H × D)	1100 mm × 610 mm × 35 mm
Całkowite wymiary (L × H × D)	1480 mm × 1100 mm × 715 mm
Szacunkowa waga	~ 35 kg

3.2 Szkolenie

W ramach umowy na dostawę zamówionych zestawów stacji monitorujących i sond pomiarowych, przedstawiciele producenta i dostawcy przeprowadzili szkolenie w zakresie funkcjonalności i obsługi stacjonarnej stacji monitoringu pola elektromagnetycznego

firmy Narda Safety Test Solutions GmbH model AMS-8061. W szkoleniu tym wzięli udział pracownicy IŁ-PIB z Warszawy i Wrocławia:

- Dykiert Dagmara,
- Joanna Kalina,
- Arkadiusz Kalinowski,
- Jakub Kwiecień,
- Konrad Łakomiec,
- Tomasz Sędek,
- Rafał Pawlak,
- Mikołaj Waszkiewicz,
- Jagoda Wierzbicka.

Szkolenie pozwoliło między innymi na zapoznanie się z funkcjonalnościami stacji monitorującej realizującej pomiary selektywne, jej budową i parametrami pracy, w tym związanymi z konfiguracją, zasilaniem, transmisją danych, itp. Poznano elastyczne możliwości transferu danych, dostępne interfejsy, formaty przechowywanych danych. Istotnym elementem szkolenia była prezentacja konfiguracji stacji oraz omówienie możliwych przyczyn zakłóceń pomiarów PEM.

4. PROGRAM BADAŃ PILOTAŻOWYCH

Wiedza i doświadczenia zdobyte w trakcie zrealizowanego w 2019 roku pilotażu szerokopasmowego Systemu Monitoringu Stacjonarnego (SMS PEM) oraz z badań prowadzonych w 2020 roku z zastosowaniem tego systemu (w lokalizacjach wskazanych przez urzędy miast), zostały wykorzystane przy uzgadnianiu programu badań pilotażowego Sелеktywnego Monitoringu Stacjonarnego (SELMS PEM).

Istotne zmiany w stosunku do programu badań szerokopasmowego Systemu Monitoringu Stacjonarnego (SMS PEM) wynikały z konstrukcji, wymiarów i wagi selektywnej stacji monitorującej.

Uzgodnienia dotyczyły:

- konfiguracji stacji monitorujących – jednakowa konfiguracja obydwu stacji;
- uruchomienia systemu – uruchomienie obydwu stacji: w siedzibie IŁ-PIB w Warszawie oraz w siedzibie IŁ-PIB we Wrocławiu;
- zmian lokalizacji prowadzenia pomiarów – dwie różne lokalizacje (na dachu, w pomieszczeniu), minimum trzydniowe cykle pomiarowe;
- ewidencjonowania lokalizacji i czasu pomiarów – w pliku dostępnym dla użytkowników urządzenia;
- zapewnienia transmisji danych – z wykorzystaniem kart SIM pre-paid tego samego operatora, z takim samym pakietem transmisji danych;
- zapewnienia zasilania – przyjęto, że podstawowym źródłem zasilania jest panel słoneczny (ogniwo fotowoltaiczne), a w przypadku spadku napięcia użytkownik otrzymuje stosowny komunikat i ma możliwość dołączenia stacji do zasilania 230 V AC;
- miejsca gromadzenia wyników pomiarów – w jednej bazie danych na serwerze IŁ-PIB w siedzibie w Warszawie;
- obrazowania wyników pomiarów – zgodnie z propozycjami opracowanymi na potrzeby SMS PEM.

5. URUCHOMIENIE PILOTAŻOWEGO SYSTEMU

W pilotażu SELMS PEM wykorzystana została wiedza pozyskana w ramach szkolenia, doświadczenia zdobyte w testach próbnych, przygotowana baza danych, wypracowany program badań pilotażowych, wypracowany sposób wizualizacji wyników.

Prace obejmowały:

- a) konfigurację obydwu stacji monitorujących;
- b) instalację stacji monitorujących w wytypowanych miejscach w siedzibie IŁ-PIB w Warszawie oraz w siedzibie IŁ-PIB we Wrocławiu;
- c) sprawdzenie komunikacji obydwu stacji z serwerem w siedzibie IŁ-PIB w Warszawie;
- d) wykonanie cyklu pomiarów;
- e) zgromadzenie wyników pomiarów w dedykowanej bazie danych;
- f) analizę zebranych wyników;
- g) wizualizację uzyskanych wyników w formie wykresów i tabel;
- h) zmianę miejsc instalacji stacji monitorujących zgodnie z opracowanym programem;
- i) powtórne uruchomienie cyklu badań dla poszczególnych lokalizacji [pkt d – g].

5.1 Wykonawcy badań

Prace realizowanych w ramach podzadania 1 w zakresie pilotażowego systemu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM zostały podzielone pomiędzy dwa zespoły wykonawcze IŁ-PIB:

- Z-1 w Warszawie,
- Z-21 we Wrocławiu.

Kluczowy zespół projektowy IŁ-PIB w Warszawie:

- Piotr Karpeta,
- Jakub Kwiecień,
- Konrad Łakomiec,
- Rafał Pawlak,
- Tomasz Sędek,
- Mikołaj Waszkiewicz.

Kluczowy zespół projektowy IŁ-PIB we Wrocławiu:

- Dagmara Dykiert,
- Bartosz Głowacz,
- Joanna Kalina,
- Michał Stajszczyk,
- Jagoda Wierzbicka.

5.2 Aparatura i oprzyrządowanie wykorzystane do badań

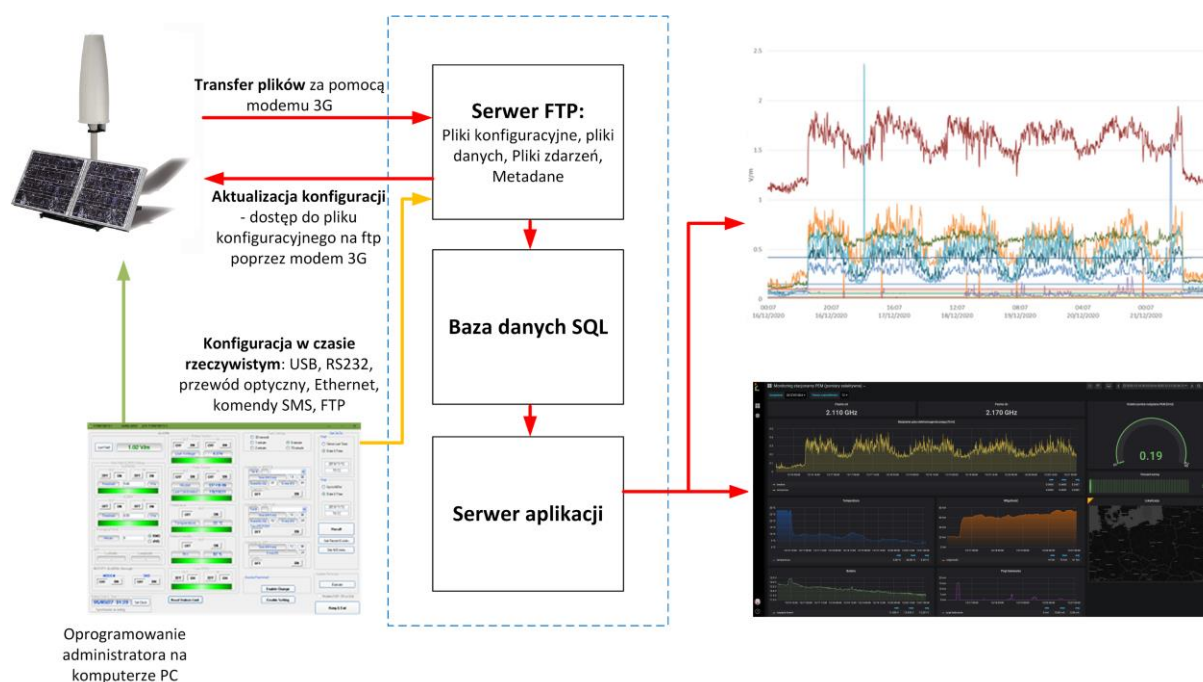
Wykazy aparatury pomiarowej stosowanej w pilotażu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM, prowadzonym przez zespół IŁ-PIB w Warszawie oraz we Wrocławiu, przedstawiono w Tabl. 4.

Tabl. 4 Wykaz aparatury pomiarowej

Lp.	Nazwa	Model	Nr seryjny	Producent
			Nr ewidencyjny	
Zestaw wykorzystywany przez zespół IŁ-PIB z Warszawy				
1.	Stacjonarna, selektywna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego	AMS-8061	031ZY01004	Narda Safety Test Solutions GmbH
			801-2438	
2.	Sonda pomiarowa do pomiarów w zakresie częstotliwości 100 kHz–6 GHz	EHA-2B-01	000ZX00112	
			801-2439	
Zestaw wykorzystywany przez zespół IŁ-PIB z Wrocławia				
3.	Stacjonarna, selektywna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego	AMS-8061	031ZY01005	Narda Safety Test Solutions GmbH
			801-24310	
4.	Sonda pomiarowa do pomiarów w zakresie częstotliwości 100 kHz–6 GHz	EHA-2B-01	000ZX00113	
			801-24311	

5.3 Architektura systemu

Architekturę pilotażowego systemu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM, przedstawiono na Rys. 1.



5.4 Konfiguracja stacji monitorujących

Stacja monitorująca umożliwia zaprogramowanie do 20 podzakresów częstotliwości – dla każdego podzakresu należy określić częstotliwość początkową i końcową. Ekran przykładowej konfiguracji podzakresów przedstawiono na Rys. 2.

Stacja monitorująca wykonuje pomiary nie częściej niż 5 razy na sekundę (dokładny czas próbkowania zależy od wartości częstotliwości i szerokości podzakresu) i zapisuje dwa wyniki dla każdego ze zdefiniowanych podzakresów: wartość średnią (*Avg*) oraz maksymalną (*Peak*) za wybrany okres (*Rate*), który może przyjąć wartość 1, 2, 6 lub 15 minut (*Rate Settings*), zgodnie z Rys. 3. Ponadto możliwe jest ustawienie czasu (*Averaging Period*) oraz rodzaju (*RMS* lub *AVG*) uśredniania wyników. Uśrednianie *RMS* oznacza średnią kwadratową, natomiast uśrednianie *AVG* – średnią arytmetyczną.

	Start Freq. [MHz]	Stop Freq. [MHz]	
1	87.500	108.000	✓
2	108.000	174.000	✓
3	174.000	230.000	✓
4	230.000	470.000	✓
5	470.000	790.000	✓
6	791.000	821.000	✓
7	832.000	862.000	✓
8	880.000	915.000	✓
9	925.000	960.000	✓
10	1710.000	1785.000	✓
11	1805.000	1880.000	✓
12	1900.000	1980.000	✓
13	2110.000	2170.000	✓
14	2400.000	2483.500	✓
15	2500.000	2570.000	✓
16	2570.000	2620.000	✓
17	2620.000	2690.000	✓
18	3400.000	3800.000	✓
19	5150.000	5725.000	✓
20	0.100	6000.000	✓

Rys. 2 Okno konfiguracji podzakresów pomiarowych

The image shows two separate configuration panels. The left panel, titled 'Rate Settings', contains four radio button options: '1 minute', '2 minute', '6 minute' (which is selected), and '15 minute'. The right panel, titled 'Averaging Period', features a 'Minute' button, a text input field containing the number '6', and two radio button options: 'RMS' (selected) and 'AVG'.

Rys. 3 Okna konfiguracji parametru *Rate* oraz *Averaging Period*

Zgodnie z zapisami zalecenia 1999/519/EC czas uśredniania pomiarów powinien wynosić 6 minut. Zatem, aby np. stacja przekazywała uśrednione wyniki co 6 minut obydwie parametry (*Rate* i *Averaging Period*) powinny być ustawione na 6 minut.

Na Rys. 4 ÷ Rys. 10 zostały przedstawione okna programu do konfiguracji stacji monitorujących.

The image displays a complex software interface for station configuration. At the top, it shows 'Point to Point' and 'FTP' tabs. Below these is a table with columns: '#', 'Station Identifier (Name)', 'Telephone Number', 'Last Link', 'Unlock', and 'Alarm'. The table contains two rows of data. To the right of the table are buttons for 'CALL', 'Hang up', 'Add Station', and 'Open Log File'. Below the table is an 'Edit Station # 2' section with fields for 'Station Identifier (Name)', 'Telephone number', 'Scheduled Call' (with a 'Time' field and 'Generate Call' checkbox), and 'Device Password'. There are also checkboxes for 'Automatic Download' (PC Answering, PC Calling), 'Remove Station', 'Hide digits', 'Auto ASCII File', and 'Autoload Events'. At the bottom left is a calendar for December 2020, showing days of the week and dates. At the bottom right is a 'Data Management' section with 'Data Exchange' and 'Data Export' buttons. At the very bottom are 'Direct Readings', 'Post Setting', and 'Exit' buttons.

#	Station Identifier (Name)	Telephone Number	Last Link	Unlock	Alarm
1	031ZY01005	1234567890	03/12/20 14.13	0/0	Unlock
2	031ZY01004	01234567890	07/12/20 12.49	0/0	Unlock

Rys. 4 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 1

8061SW-02

Point to Point

#	Station Identifier (Name)	Last Link	Links	Alarm
1	031ZY01005	14/12/20 12:20	16/16	UnLock
2	031ZY01004	14/12/20 12:42	8/8	UnLock

Edit Station # 2

Station Identifier (Name): 031ZY01004 Address: 193.110.137.184 Remove Station

S/N: 031ZY01004 User Name: mlb Hide digits

Password: Mobline1234 Auto ASCII File

Scheduled Call Time Generate Call Start 00:00 Stop 23:59 Data transfer settings

FTP

OPEN

☒ Do not move file

Add Station

Open Log File

December

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	
30	1	2	3	4	5	6	Week 49
7	8	9	10	11	12	13	Week 50
14	15	16	17	18	19	20	Week 51
21	22	23	24	25	26	27	Week 52
28	29	30	31	1	2	3	Week 53
4	5	6	7	8	9	10	Week FY 1

Status

Data Management

Data Exchange

Data Export

Direct Readings

Exit

Rys. 5 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 2

031ZY01004 (AMS-8061 S/N 031ZY01004) (as it WAS 07 gru 20)

ALARM

Last Field 0.75 V/m

Max Field ALARM Settings

WARNING

OUT OFF ON IN OFF ON

Threshold 6.00 V/m

ALARM

OUT OFF ON IN OFF ON

Threshold 20.00 V/m

Averaging Period

Minute 6 RMS AVG

GPS

Latitude Longitude

NOTIFY ALARMS through

MODEM OFF ON SMS OFF ON

Station Date & Time

07/12/20 12:49 Set Clock

☐ Synchronize on exiting

Battery Section

OUT OFF ON IN OFF ON

Last Voltage 13.62V

Probe Section

OUT OFF ON IN OFF ON

Model 000ZX00112

Last Calibrated 19/11/20

Temperature

OUT OFF ON

Temperature

Relative Humidity

OUT OFF ON

RH

Case OPEN

OUT OFF ON IN OFF ON

Rate Settings

1 minute 6 minute 2 minute 15 minute

Schedule for MODEM

Tel # Time (HH:mm) 17 : 15

Stand By (Q) 01 Every (H) 24

Originate CALL OFF ON

Schedule for SMS

Tel # Time (HH:mm) 16 : 10

Stand By (Q) 01 Every (H) 24

Send REPORT OFF ON

Get DATA

Start

Since Last Time Date & Time

15/12/2020 10:15

Stop

Up to NOW Date & Time

15/12/2020 11:15

Recall

Get Recent Events

Get All Events

Update FirmWare

Execute

☐ GSM Off on Exit

Hang & Exit

Read Station Conf. Attempt 3 (7DNF) Enable Setting

Sub Bands

Rys. 6 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji Point to Point)

Station: 031ZY01005 (FW: 1.35 05/20)

Data Alarm Communication Sub Bands

Retrieve data from:

☒ Since Last Time

☐ Date & Time

14.12.2020

12:00

Up to:

☒ NOW

☐ Date & Time

14.12.2020

12:20

Rate Settings:

☐ 1 minute

☐ 2 minute

☒ 6 minute

☐ 15 minute

Set

AMB 8061 current settings

Refresh Save Enable Setting Exit

Rys. 7 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji FTP) – 1

Station: 031ZY01005 (FW: 1.35 05/20)

Data **Alarm** Communication Sub Bands

Max Field ALARM Settings

WARNING

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Threshold: 6.00 V/m

ALARM

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Threshold: 20.00 V/m

Averaging Period

Minute: 06 ☒ RMS ☐ AVG

NOTIFY ALARMS through

FTP: OFF ON SMS: OFF ON

Battery Section

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Last Voltage: 11.68 V

Probe Section

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Model: 0002X00113

Last Calibrated: 20/11/20

Temperature

OUT: OFF ON

Temperature: 22.1 °C

Relative Humidity

OUT: OFF ON

RH: 31.6 %

Case OPEN

OUT: OFF ON IN: OFF ON

AMB 8061 current settings

Refresh Save Enable Setting Exit

Rys. 8 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji FTP) – 2

Station: 031ZY01005 (FW: 1.35 05/20)

Data Alarm **Communication** Sub Bands

Schedule for FTP

Time (HH:mm) 08 : 00

Stand By (Quarters) 01

Every (Hours) 04

Schedule for SMS

Time (HH:mm) 12 : 00

Stand By (Quarters) 01

Every (Hours) 24

☒ Send REPORT

AMB 8061 current settings

Refresh Save Enable Setting Exit

Rys. 9 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji FTP) – 3

Station: 031ZY01005 (FW: 1.35 05/20)

Data Alarm Communication **Sub Bands**

	Start Freq. [MHz]	Stop Freq. [MHz]	
1	87.500	108.000	✓
2	108.000	174.000	✓
3	174.000	230.000	✓
4	230.000	470.000	✓
5	470.000	790.000	✓
6	791.000	821.000	✓
7	832.000	862.000	✓
8	880.000	915.000	✓
9	925.000	960.000	✓
10	1710.000	1785.000	✓
11	1805.000	1880.000	✓
12	1900.000	1980.000	✓
13	2110.000	2170.000	✓
14	2400.000	2483.500	✓
15	2500.000	2570.000	✓
16	2570.000	2620.000	✓
17	2620.000	2690.000	✓
18	3400.000	3800.000	✓
19	5150.000	5725.000	✓
20	0.100	6000.000	✓

AMB 8061 current settings

Refresh Save Enable Setting Exit

Rys. 10 Okno konfiguracji stacji monitorującej (dla konfiguracji FTP) – 4

5.5 Transmisja danych

Dane uzyskane podczas pomiarów zostają zarejestrowane w pamięci stacji monitorującej. Transmisja informacji ze stacji monitorującej do bazy danych może być realizowana na kilka sposobów:

1. połączenie stacji z komputerem za pośrednictwem interfejsów: USB, RS-232 lub Ethernet, a następnie zastosowanie oprogramowania dedykowanego;
2. przesyłanie danych ze stacji do serwera FTP z wykorzystaniem wbudowanego modemu do transmisji danych w sieciach komórkowych 2G/3G;
3. zapisywanie danych na karcie micro SD.

Na potrzeby instalacji pilotażowej przyjęto, że dane ze stacji monitorującej do bazy danych będą przesyłane z wykorzystaniem wbudowanego modemu do transmisji danych w sieciach komórkowych 2G/3G. W tym celu zostały zakupione dwa zestawy startowe kart SIM w systemie pre-paid.

Próby wykonane w trakcie pilotażu systemu pozwoliły na ustawienie zróżnicowanych interwałów przesyłania danych do serwera FTP: od 2 godziny do 6 godzin. Analiza zużycia pakietu transmisji danych dla jednego konta abonenckiego (jednej stacji monitorującej) wykazała, że zapotrzebowanie na transmisję danych (w zależności od ustalonego interwału) wynosi od około 100 kB do 500 kB na dobę.

5.6 Serwer i baza danych

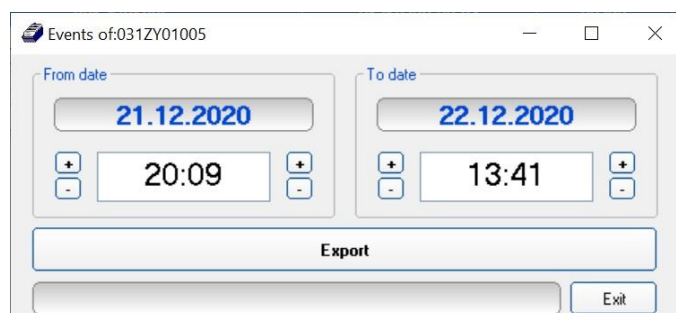
Stacja monitorująca zapisuje i przekazuje do serwera FTP dane w formacie binarnym. Dane są interpretowane i przekazywane do bazy danych z wykorzystaniem zewnętrznych programów.

Poniżej przedstawiono wymagania odnośnie serwera FTP:

- publiczny statyczny adres IPv4;
- otwarte porty do transmisji FTP (20 i 21);
- nazwa użytkownika i jego hasło może zawierać jedynie litery i cyfry.

Pliki binarne i logi tekstowe, z jednej stacji monitorującej, gromadzone na serwerze za okres jednej doby, zajmują około 90 kB. To oznacza, że roczne wykorzystanie przestrzeni dyskowej wraz z rezerwą, wymagane dla jednej stacji monitorującej, wyniosłoby około 35 MB.

Na potrzeby instalacji pilotażowej dane są pobierane z serwera FTP przez program dedykowany na komputerze PC, a następnie z tego programu eksportowane do pliku w formacie CSV z wynikami za zadany okres. Okno konfiguracji eksportu danych przedstawiono na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..**



Rys. 11 Okno konfiguracji eksportu danych

5.7 Dane rejestrowane przez stację monitorującą

Stacja monitorująca dokonuje pomiaru i rejestracji następujących parametrów:

- wartość średnia natężenia pola elektromagnetycznego dla każdego z nie więcej niż 20 podzakresów pomiarowych;
- wartość maksymalna natężenia pola elektromagnetycznego dla każdego z nie więcej niż 20 podzakresów pomiarowych;
- temperatura powietrza;
- wilgotność powietrza;
- napięcie pracy baterii;
- procent ładowania baterii;
- długość okresu pomiarowego;
- znacznik pomiarów zakłóconych;
- znacznik metody liczenia średniej;
- znacznik transmisji danych przez modem 2G/3G;
- znacznik dołączenia kabla USB;
- znacznik dołączenia kabla Ethernet;
- znacznik ładowania sondy przez zewnętrzny zasilacz;
- znacznik temperatury sondy poza zalecanym zakresem;
- znacznik wilgotności powietrza poza zalecanym zakresem;
- znacznik parametrów zasilania poza zalecanym zakresem;
- znacznik awarii sensora PEM;
- znacznik otwarcia obudowy.

6. WYNIKÓW PILOTAŻOWYCH POMIARÓW

Pomiary pilotażowe wykonywane były w lokalizacjach znajdujących się na terenach IŁ-PIB w Warszawie oraz we Wrocławiu.

6.1 Miejsca instalacji

Lokalizacje pomiarowe, w których prowadzono pilotażowy selektywny monitoring PEM zostały przedstawione na zdjęciach na Rys. 12 ÷ Rys. 15 oraz opisane poniżej.

- (1) Dach budynku IŁ-PIB w Warszawie, bezpośrednia widoczność anten SBTk w odległości ok. 90 m (por. Rys. 12).
- (2) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, bezpośrednia widoczność anten SBTk w odległości ok. 95 m (por. Rys. 13).
- (3) Dach budynku IŁ-PIB we Wrocławiu, bezpośrednia widoczność anten SBTk w odległości ok. 120 m w poziomie i 30 m w pionie (por. Rys. 14).
- (4) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, brak widoczności anten SBTk, odległość ok. 110 m (por. Rys. 15).



Rys. 12 Lokalizacja pomiarowa nr 1 na terenie IŁ-PIB w Warszawie



Rys. 13 Lokalizacja pomiarowa nr 2 na terenie IŁ-PIB w Warszawie



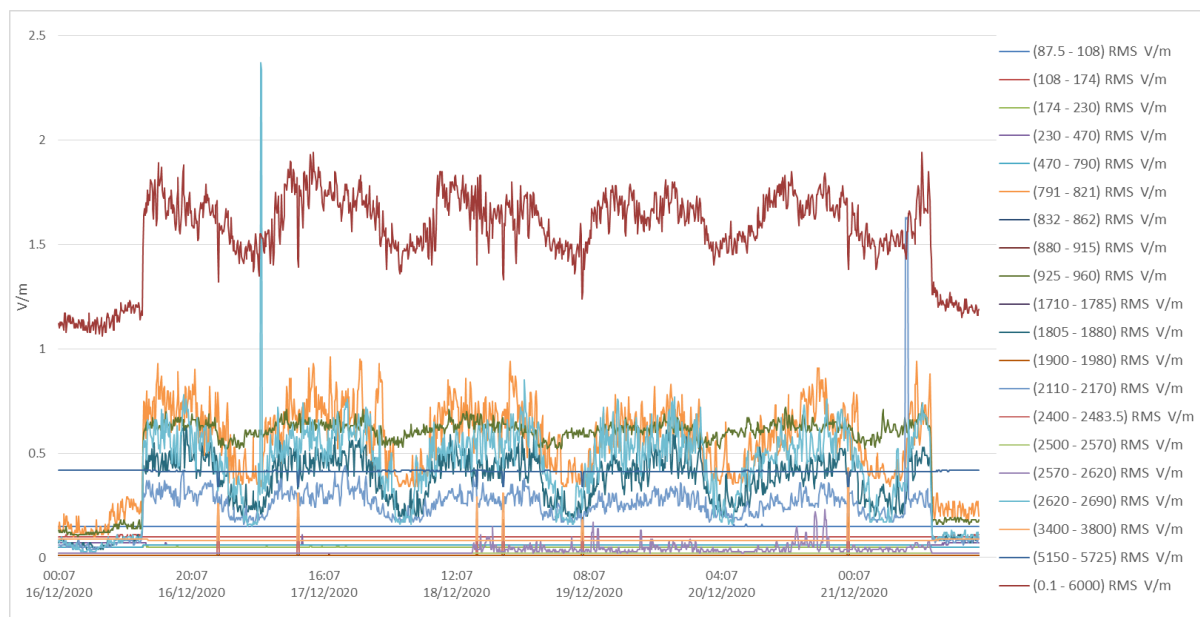
Rys. 14 Lokalizacja pomiarowa nr 3 na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu



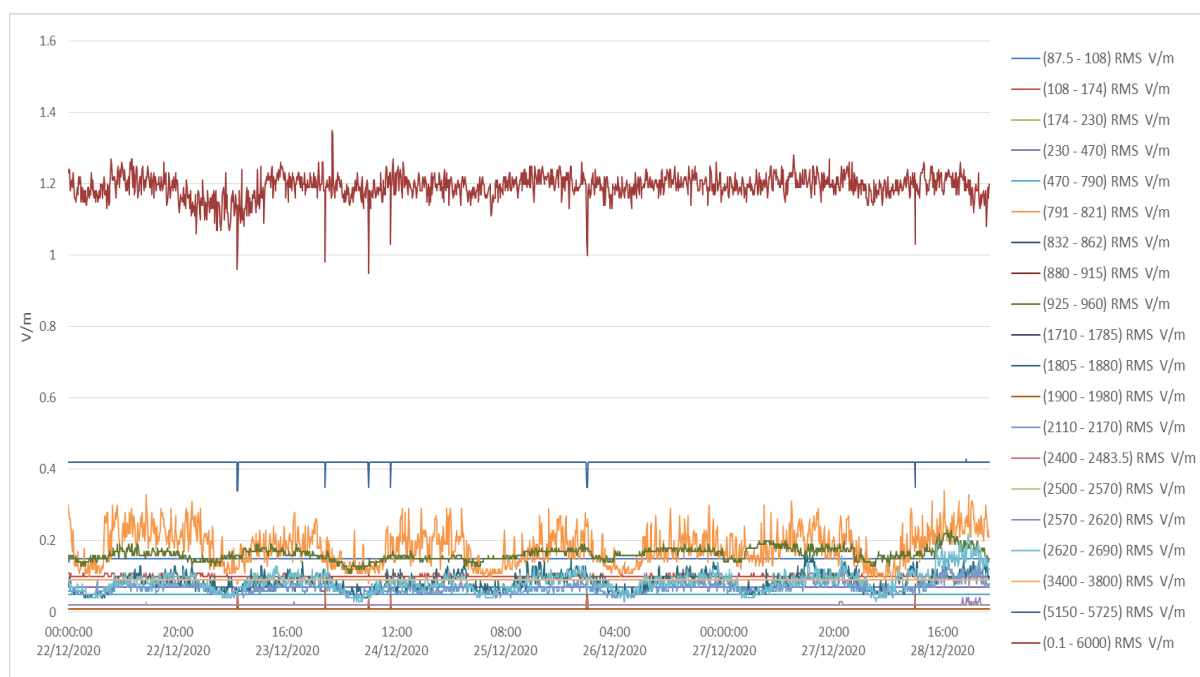
Rys. 15 Lokalizacja pomiarowa nr 4 na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu

6.2 Wyniki pomiarów

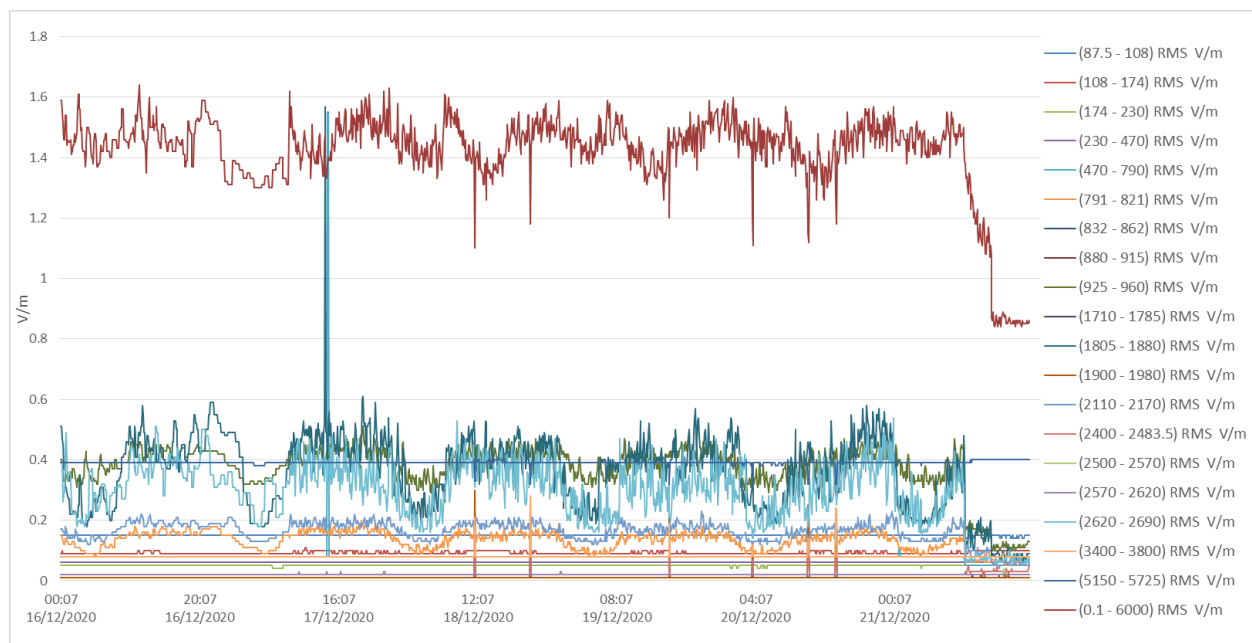
Wykresy zbiorcze, z wynikami pomiarów dla wszystkich 20 podzakresów częstotliwości, przeprowadzonych w lokalizacjach w Warszawie i we Wrocławiu przedstawiono na Rys. 16 ÷ Rys. 19.



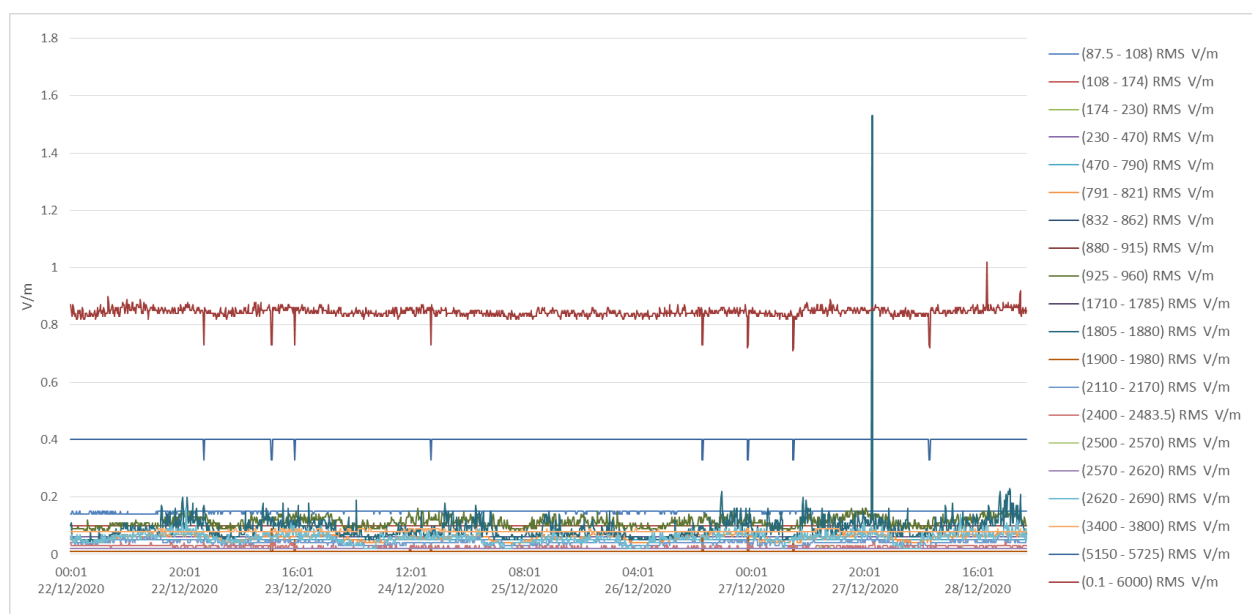
Rys. 16 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 1



Rys. 17 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 2

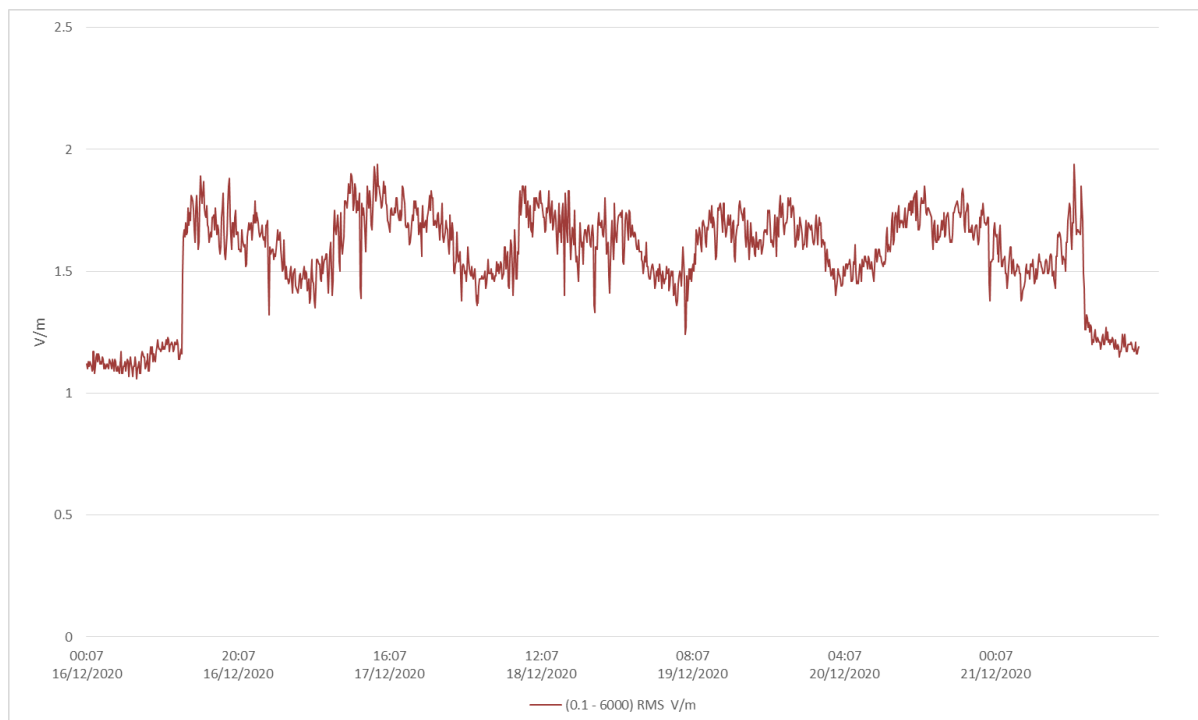


Rys. 18 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 3

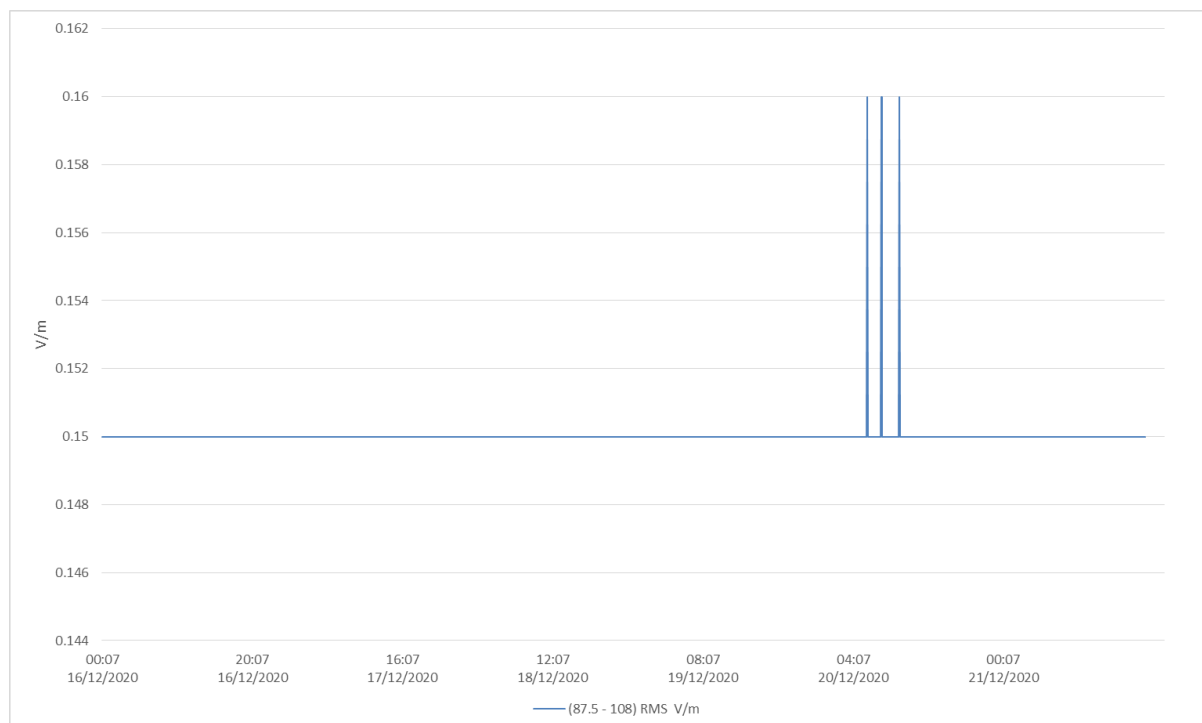


Rys. 19 Wyniki pomiarów dla 20 podzakresów częstotliwości – lokalizacja nr 4

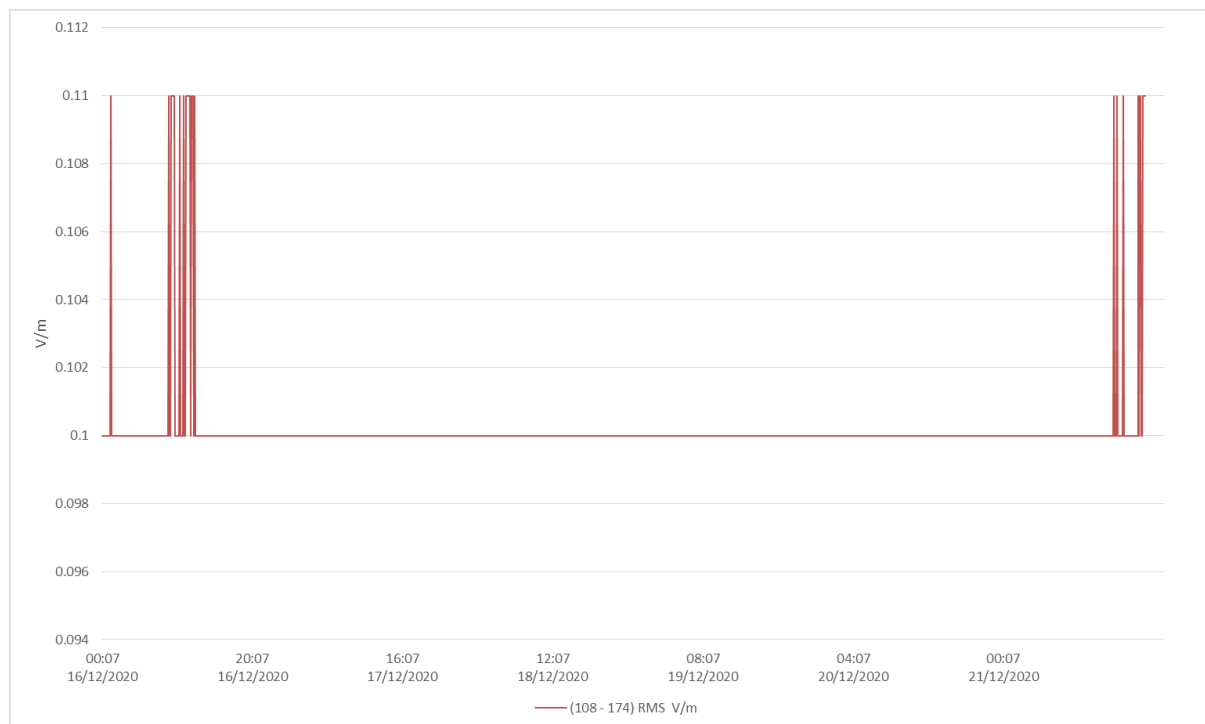
Wykresy z wynikami pomiarów dla poszczególnych 20 podzakresów częstotliwości, uzyskane w lokalizacji nr 1 w Warszawie, przedstawiono na Rys. 20 ÷ Rys. 39.



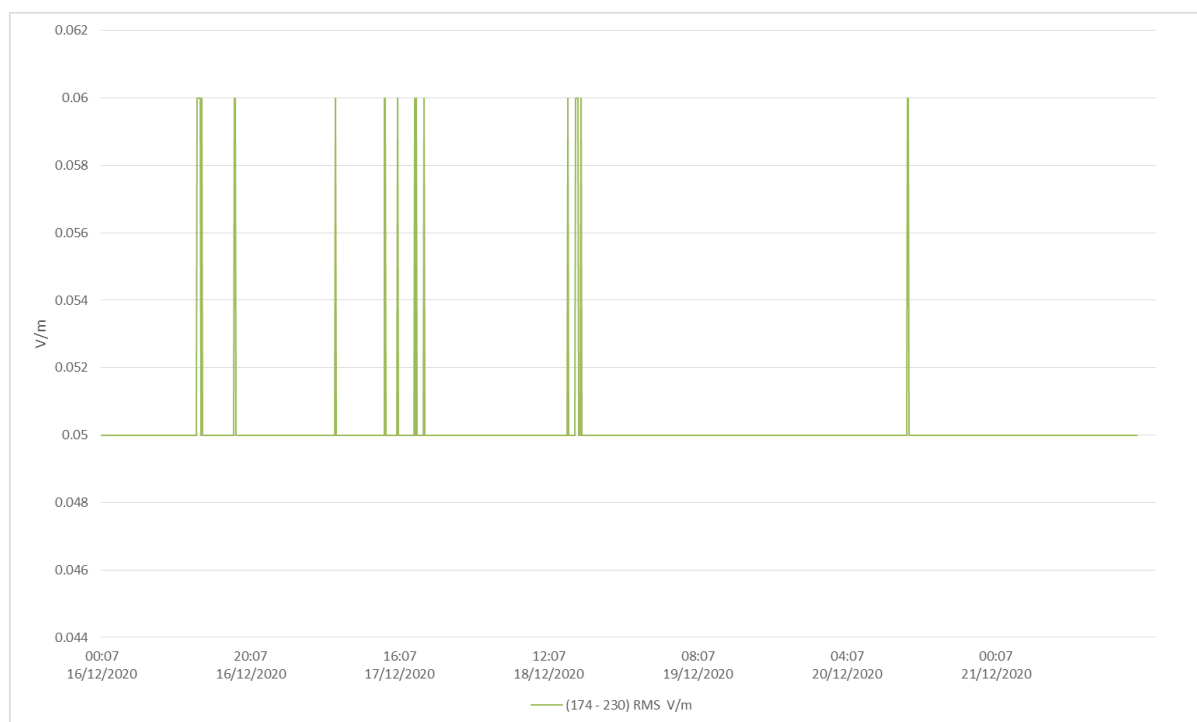
Rys. 20 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 0,1 MHz – 6000,0 MHz



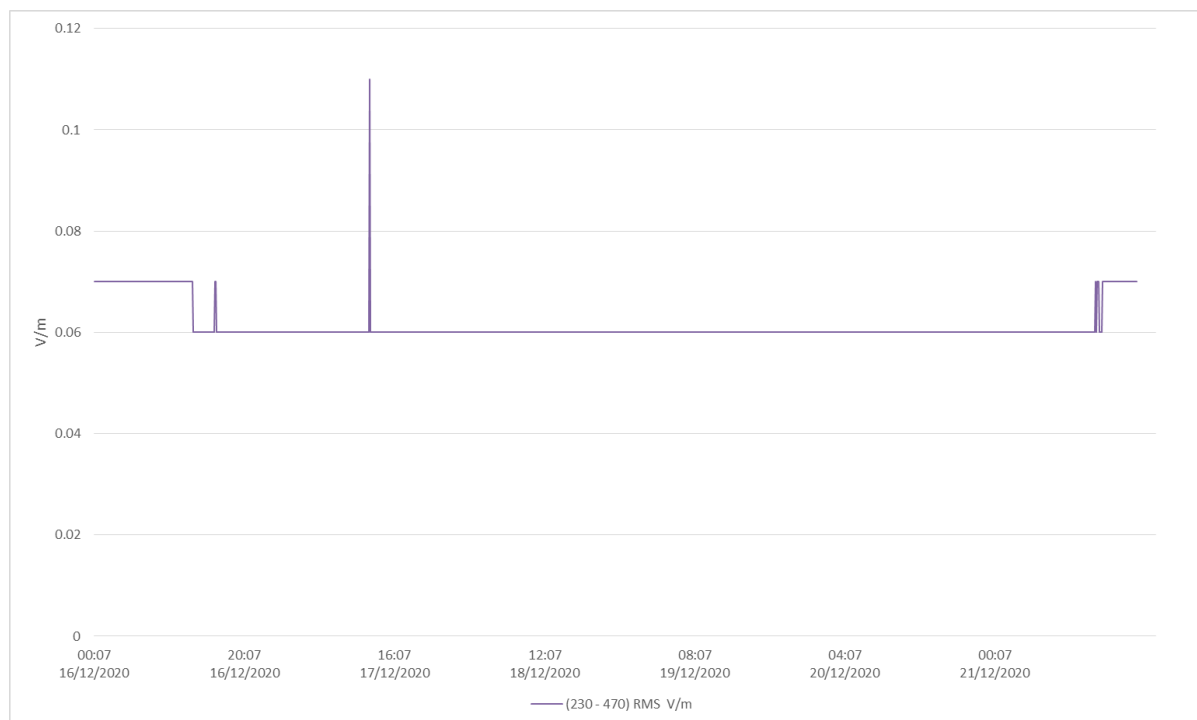
Rys. 21 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 87,5 MHz – 108,0 MHz



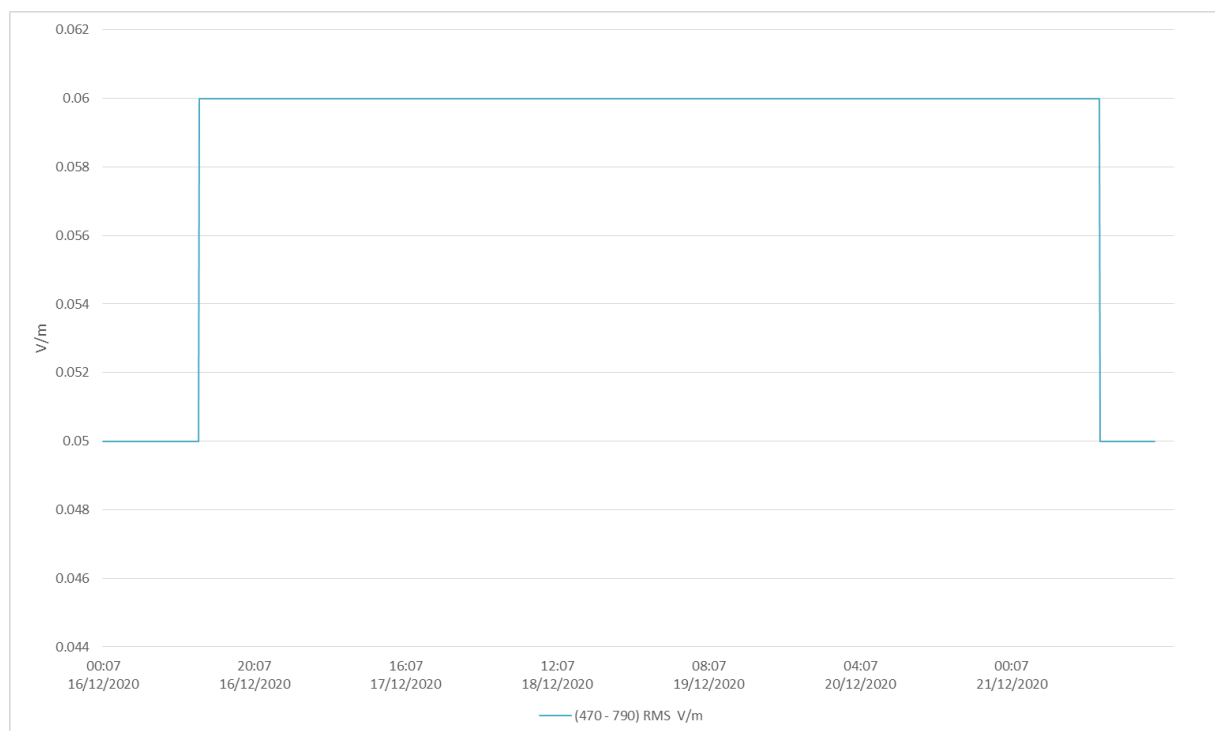
Rys. 22 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 108,0 MHz – 174,0 MHz



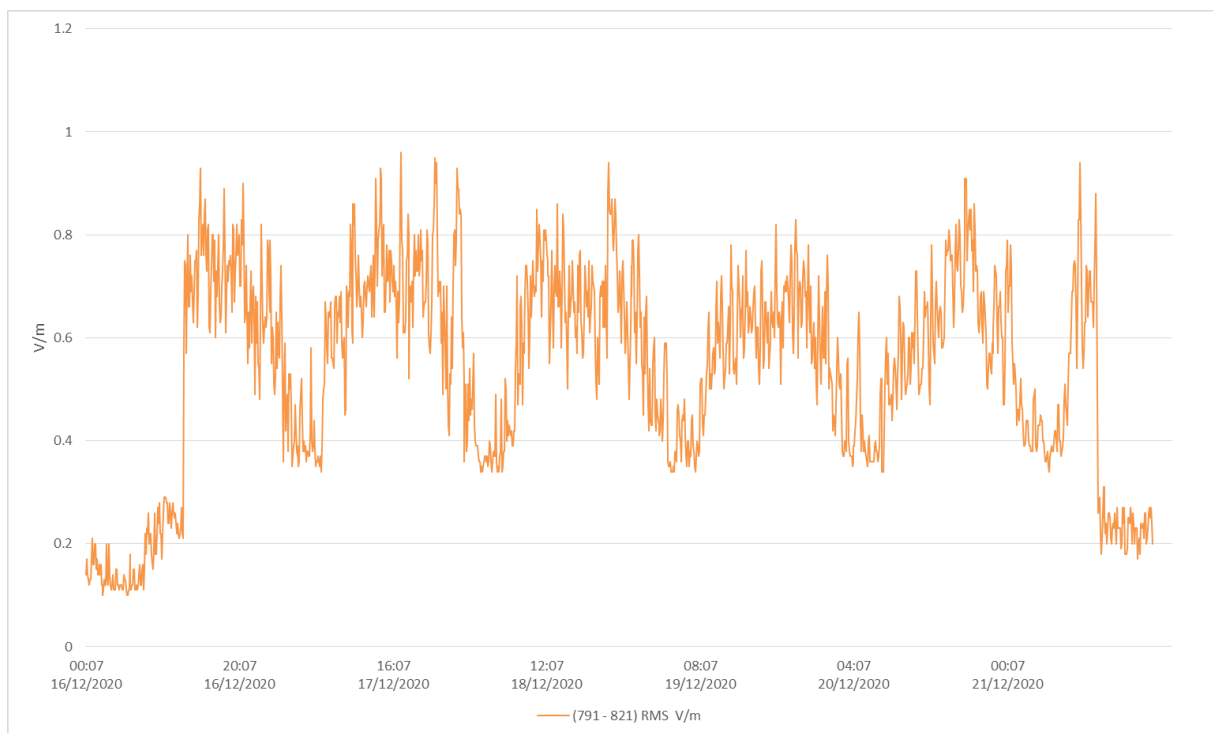
Rys. 23 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 174,0 MHz – 230,0 MHz



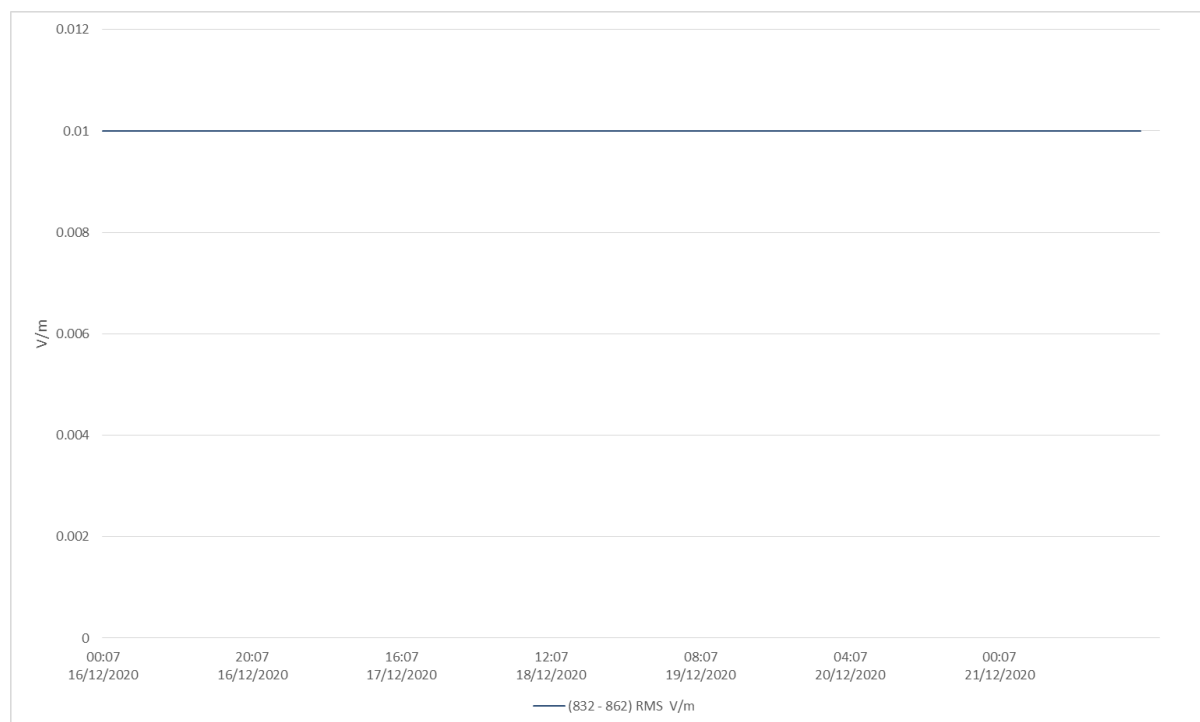
Rys. 24 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 230,0 MHz – 470,0 MHz



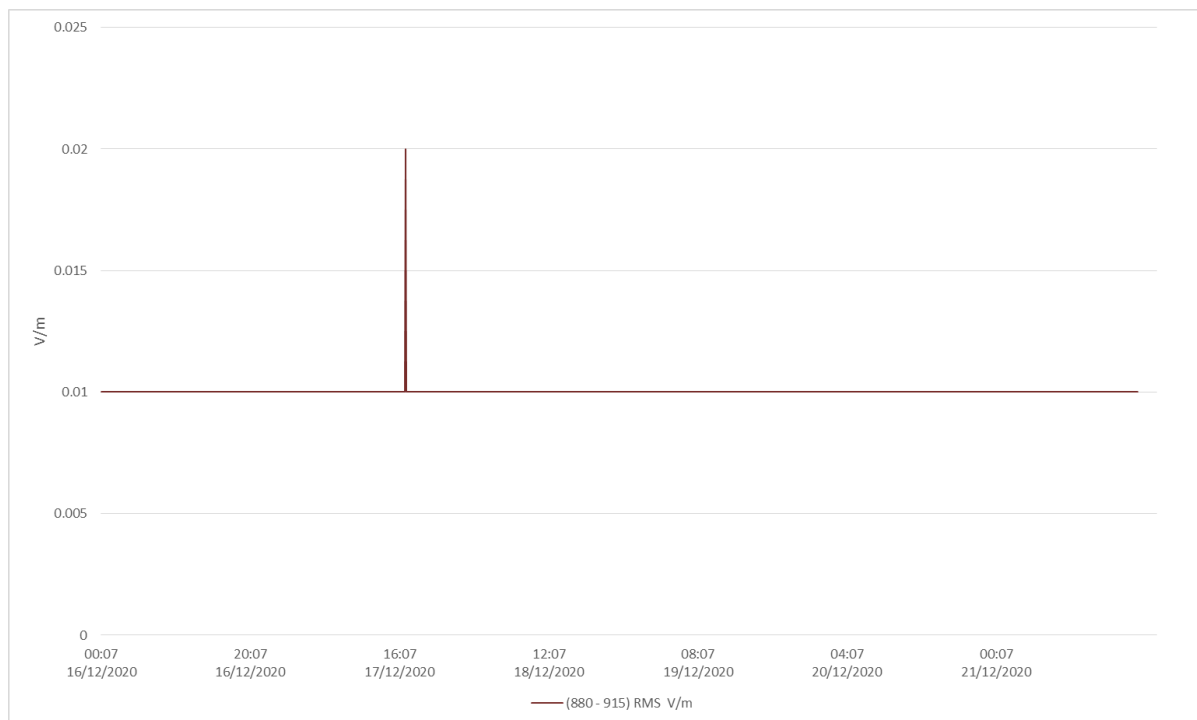
Rys. 25 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 470,0 MHz – 790,0 MHz



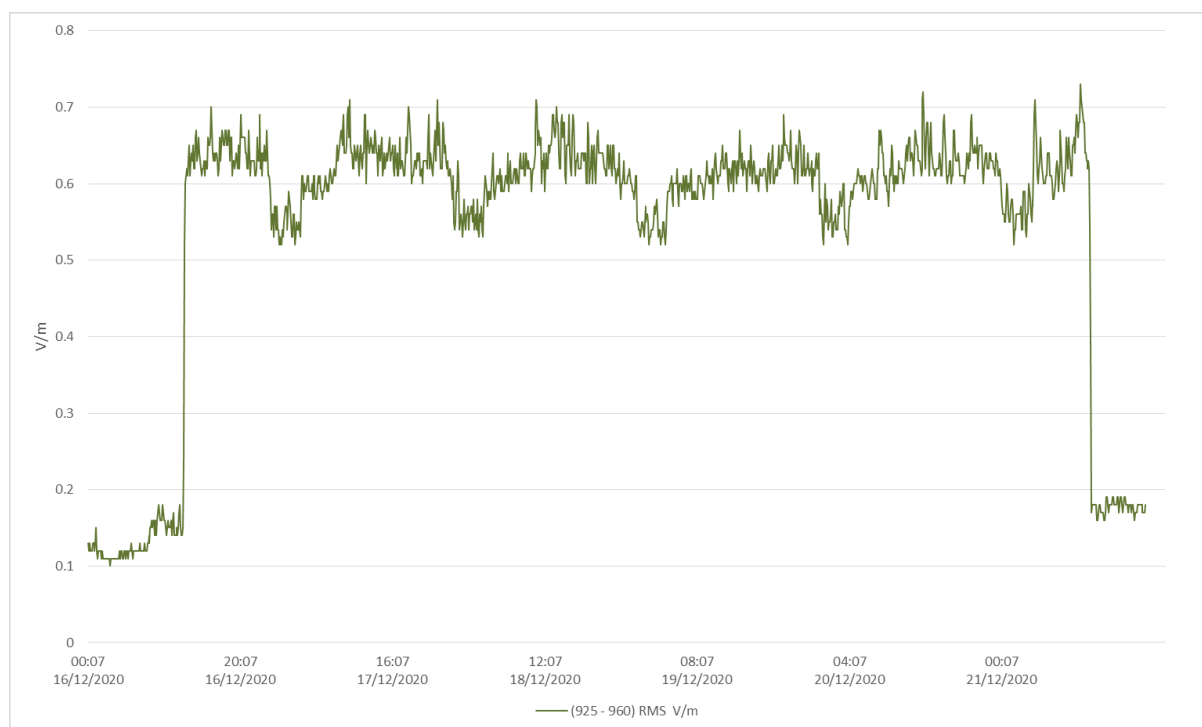
Rys. 26 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 791,0 MHz – 821,0 MHz



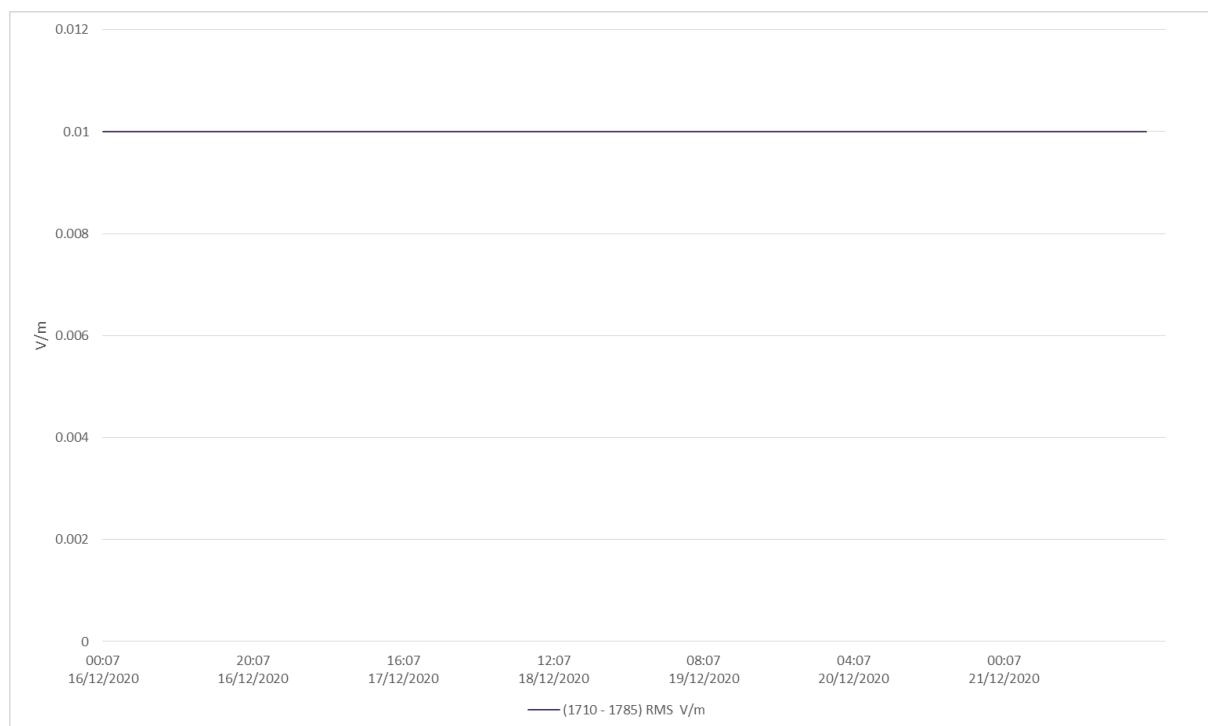
Rys. 27 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 832,0 MHz – 862,0 MHz



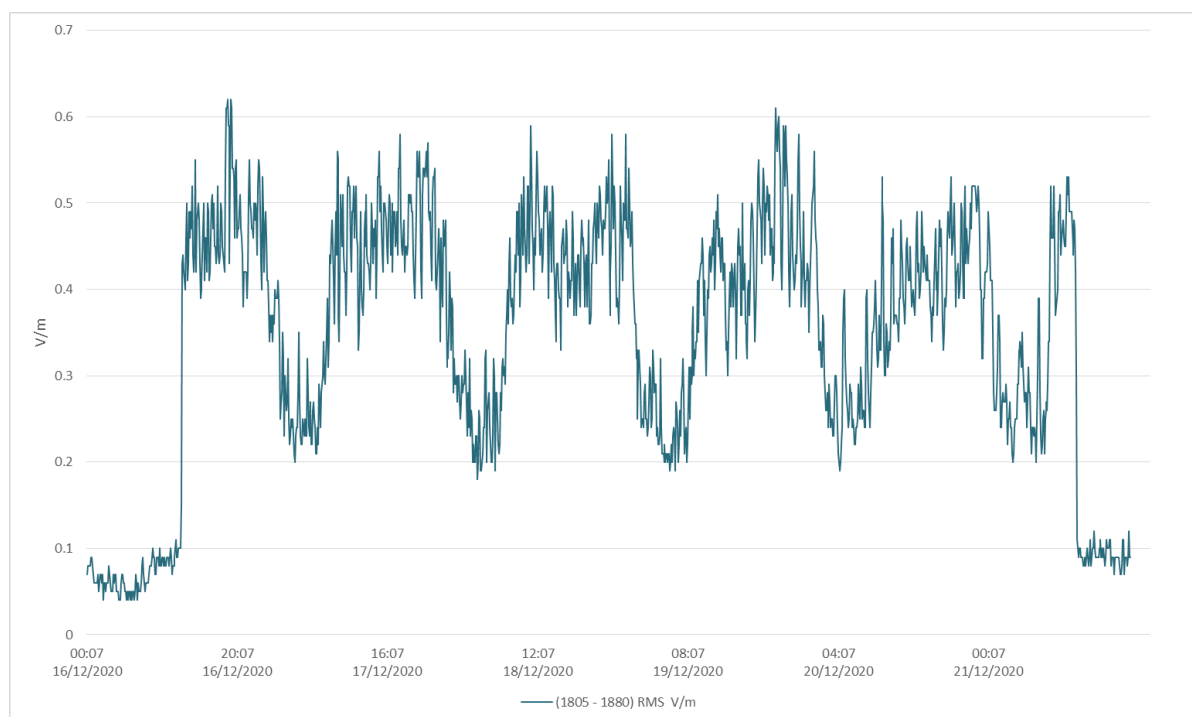
Rys. 28 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 880,0 MHz – 915,0 MHz



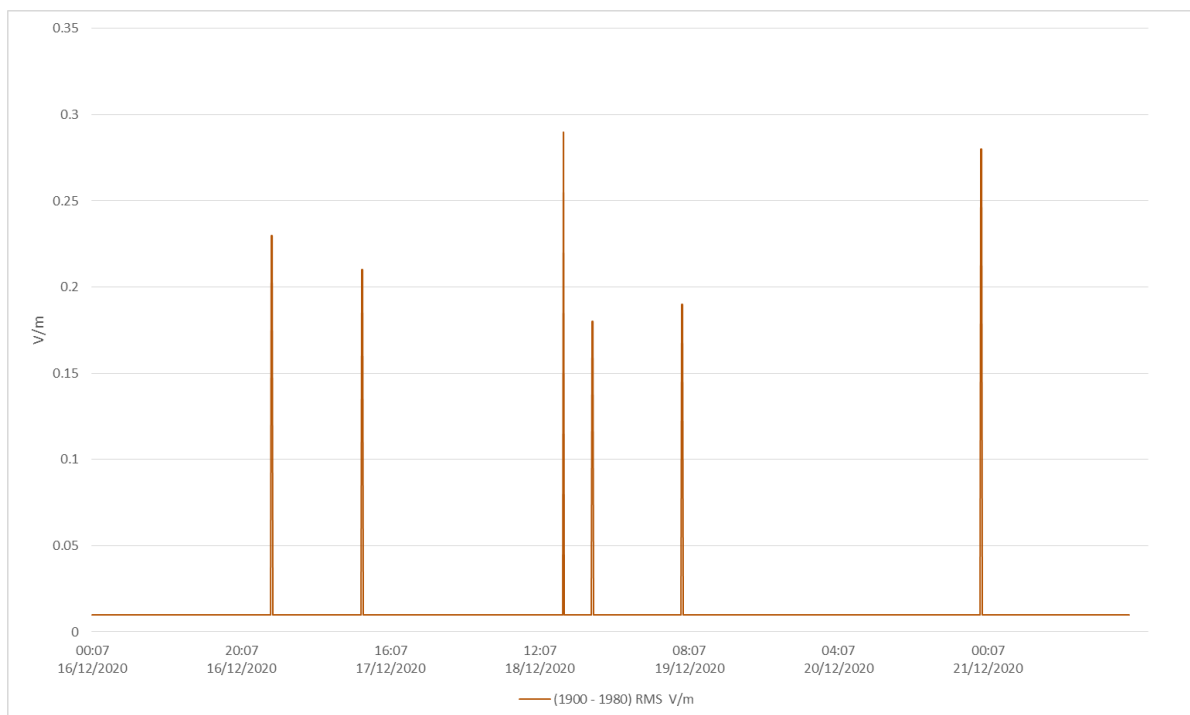
Rys. 29 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 925,0 MHz – 960,0 MHz



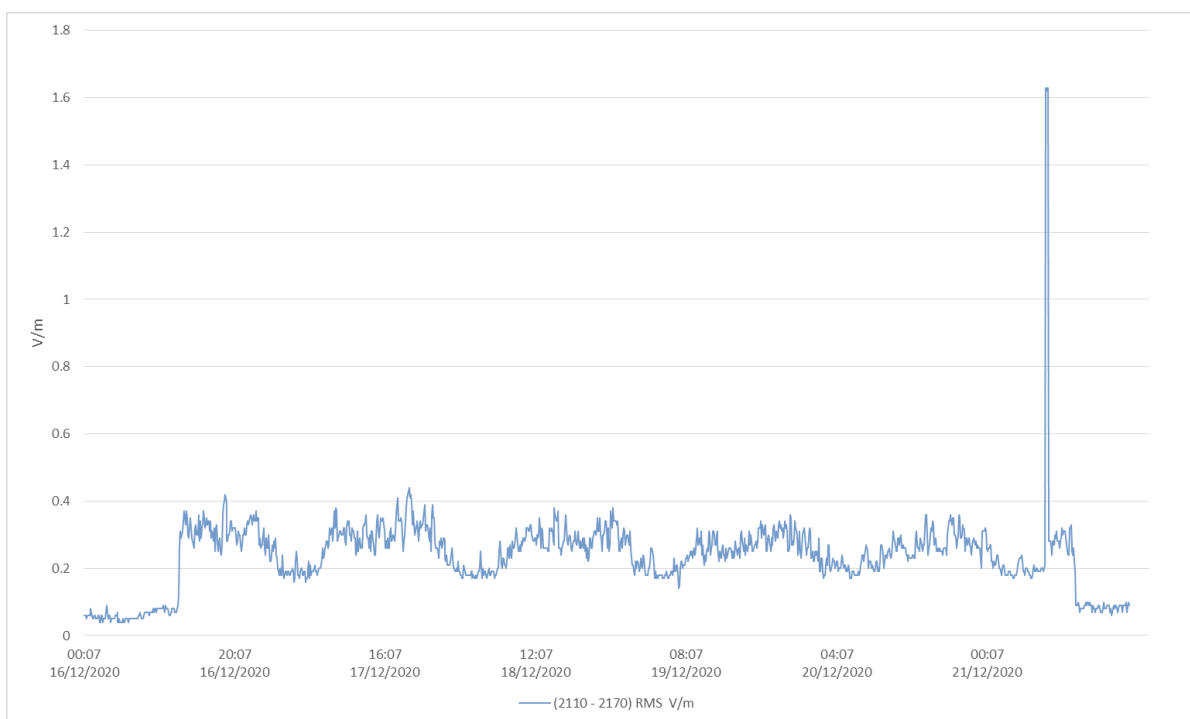
Rys. 30 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1710,0 MHz – 1785,0 MHz



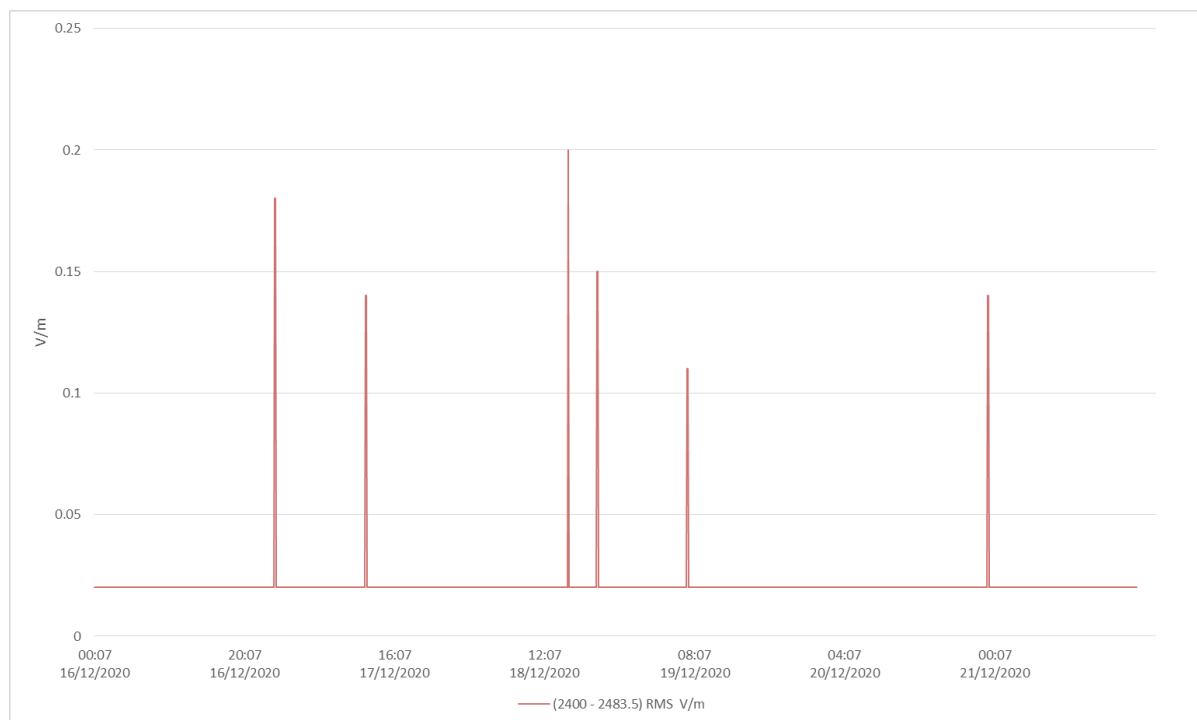
Rys. 31 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1805,0 MHz – 1882,0 MHz



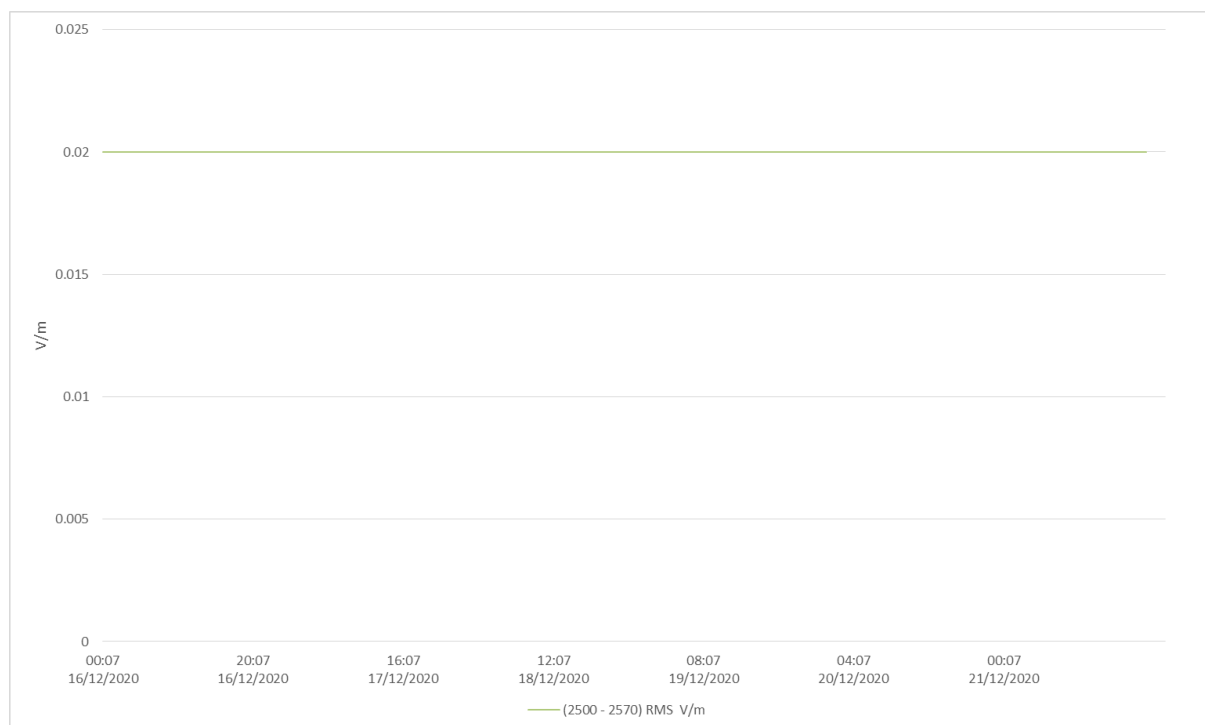
Rys. 32 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 1900,0 MHz – 1980,0 MHz



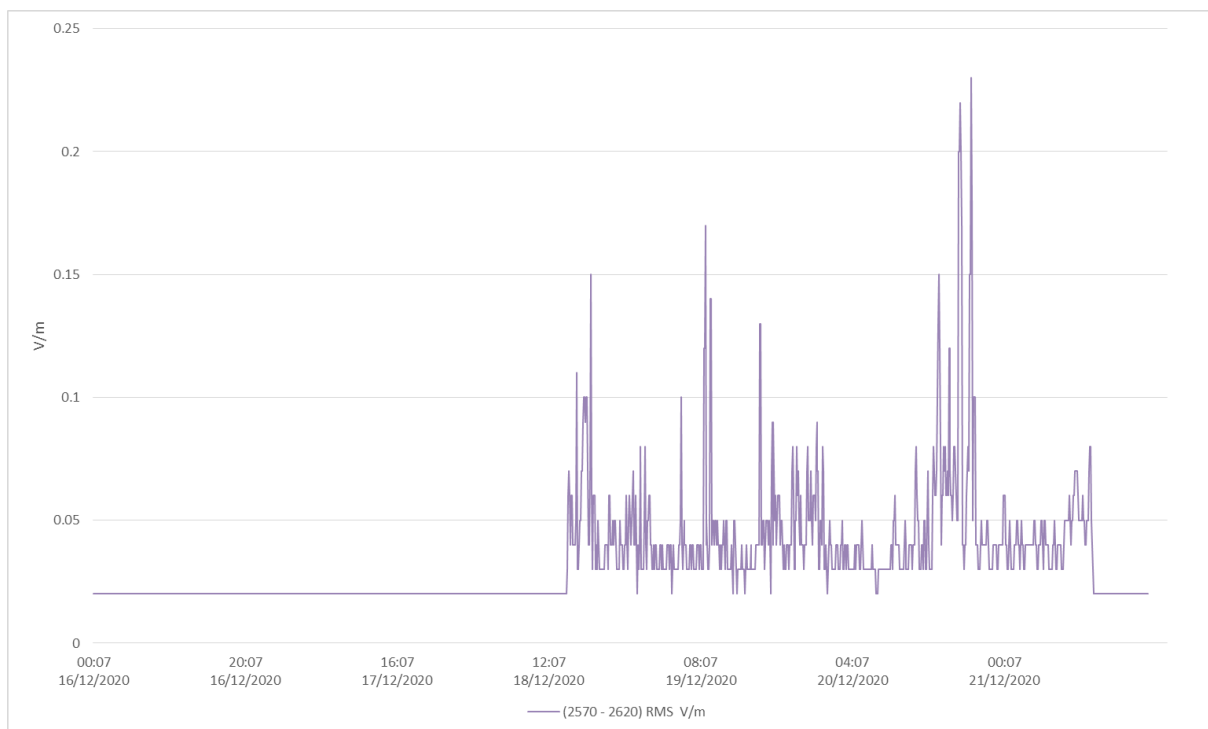
Rys. 33 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2100,0 MHz – 2170,0 MHz



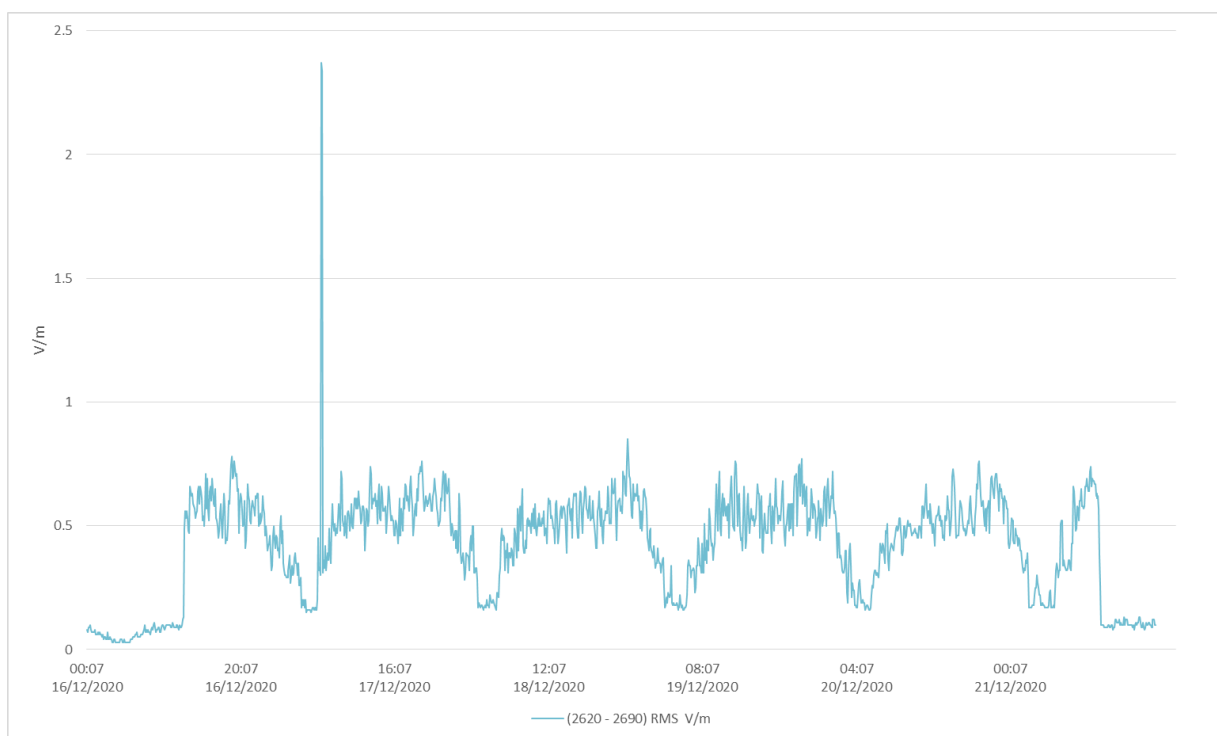
Rys. 34 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2400,0 MHz – 2483,5 MHz



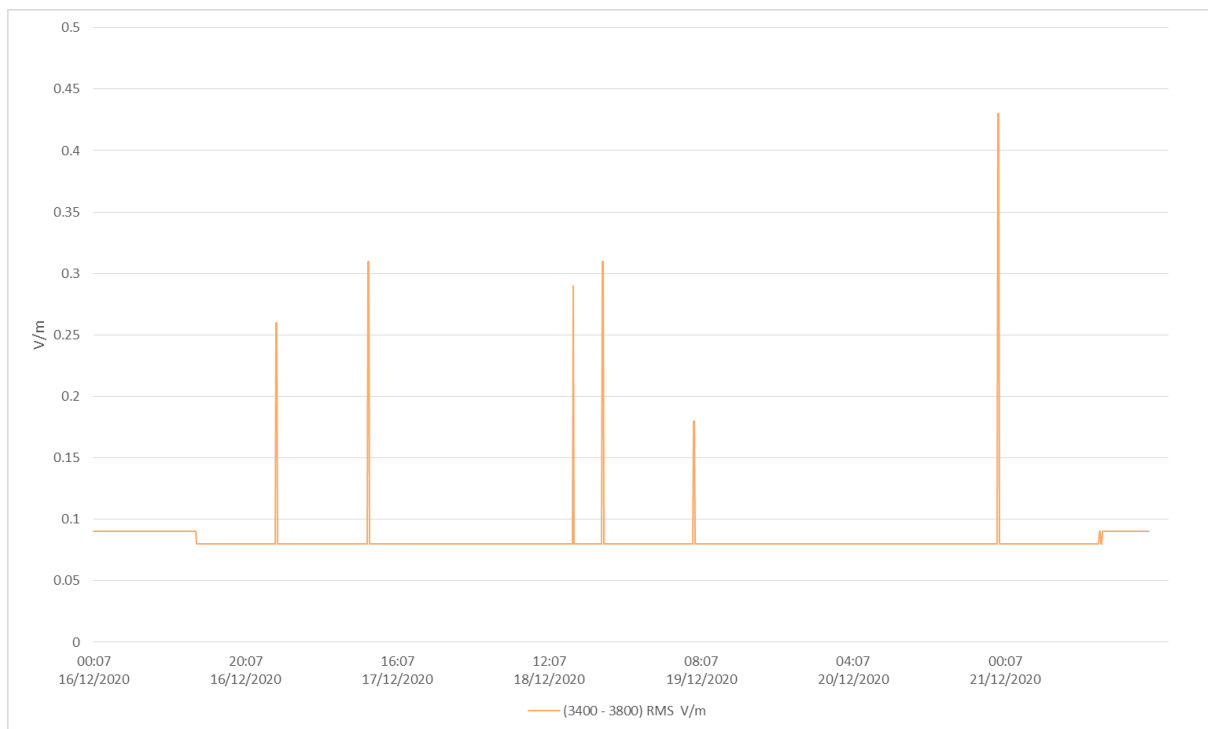
Rys. 35 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2500,0 MHz – 2570,0 MHz



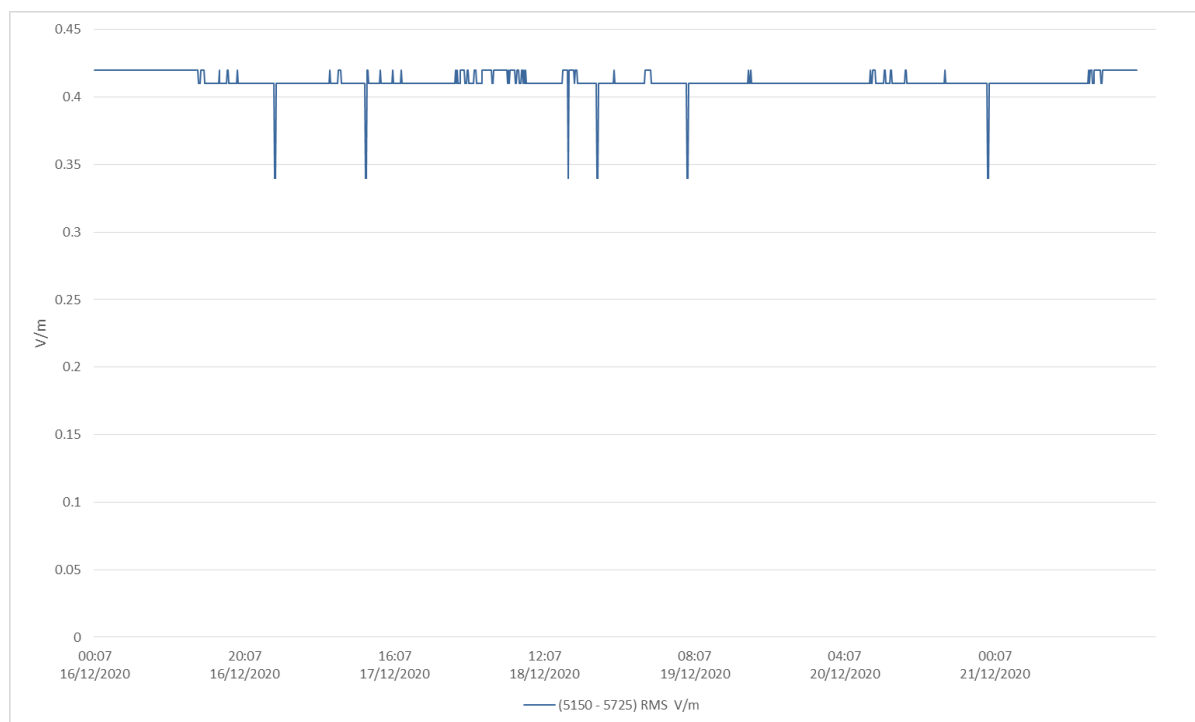
Rys. 36 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2570,0 MHz – 2620,0 MHz



Rys. 37 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 2620,0 MHz – 2690,0 MHz



Rys. 38 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 3400,0 MHz – 3800,0 MHz



Rys. 39 Wyniki pomiaru w lokalizacji nr 1: 5150,0 MHz – 5725,0 MHz

Wyniki pomiarów: RMS (wartość średnia) i PEAK (wartość szczytowa) w kolejnych dniach, dla wszystkich 20 podzakresów częstotliwości, przedstawiono w Tabl. 5 ÷ Tabl. 8. Wyniki pomiarów dla poszczególnych 20 podzakresów częstotliwości, uzyskane w lokalizacji nr 1 w Warszawie, przedstawiono w Tabl. 9.

Tabl. 5 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 1

Data	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
2020-12-16	0,01	1,89	1,92
2020-12-17	0,01	2,37	4,03
2020-12-18	0,01	1,85	1,95
2020-12-19	0,01	1,81	1,95
2020-12-20	0,01	1,85	1,99

Tabl. 6 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 2

Data	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
2020-12-21	0,01	1,94	2,80
2020-12-22	0,01	1,27	1,31
2020-12-23	0,01	1,26	1,33
2020-12-24	0,01	1,35	1,65
2020-12-25	0,01	1,26	1,30
2020-12-26	0,01	1,26	1,31
2020-12-27	0,01	1,28	1,31
2020-12-28	0,01	1,26	1,30

Tabl. 7 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 3

Data	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
2020-12-16	0,01	1,64	1,72
2020-12-17	0,01	1,63	2,68
2020-12-18	0,01	1,61	1,72
2020-12-19	0,01	1,59	1,71
2020-12-20	0,01	1,60	1,68

Tabl. 8 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) – lokalizacja 4

Data	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
2020-12-21	0,01	1,55	1,65
2020-12-22	0,01	0,90	0,99
2020-12-23	0,01	0,88	0,91

Data	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
2020-12-24	0,01	0,87	0,90
2020-12-25	0,01	0,86	0,88
2020-12-26	0,01	0,87	0,93
2020-12-27	0,01	1,53	2,65
2020-12-28	0,01	1,02	1,03

Tabl. 9 Wyniki pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa) w podziale na zakresy pomiarowe – lokalizacja 1

Zakres pomiarowy	Wartości PEM [V/m]	Data wykonania pomiarów				
		16.12.2020	17.12.2020	18.12.2020	19.12.2020	20.12.2020
87,5 MHz – 108,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Najwyższy wynik RMS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
	Najwyższy wynik PEAK	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16
108,0 MHz – 174,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Najwyższy wynik RMS	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
	Najwyższy wynik PEAK	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
174,0 MHz – 230,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Najwyższy wynik RMS	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
	Najwyższy wynik PEAK	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
230,0 MHz – 470,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Najwyższy wynik RMS	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06
	Najwyższy wynik PEAK	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
470,0 MHz – 790,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
	Najwyższy wynik RMS	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Najwyższy wynik PEAK	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
791,0 MHz – 821,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,10	0,34	0,34	0,34	0,34
	Najwyższy wynik RMS	0,93	0,96	0,94	0,83	0,91
	Najwyższy wynik PEAK	1,00	1,04	1,02	0,92	1,05
832,0 MHz – 862,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik PEAK	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
880,0 MHz – 915,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik RMS	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik PEAK	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
925,0 MHz – 960,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,10	0,52	0,53	0,52	0,52
	Najwyższy wynik RMS	0,70	0,71	0,71	0,69	0,72
	Najwyższy wynik PEAK	0,75	0,77	0,79	0,72	0,74
1710,0 MHz – 1785,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik PEAK	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
1805,0 MHz – 1882,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,04	0,20	0,18	0,19	0,19
	Najwyższy wynik RMS	0,62	0,58	0,59	0,61	0,56
	Najwyższy wynik PEAK	0,68	0,66	0,63	0,70	0,65
1900,0 MHz – 1980,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Najwyższy wynik RMS	0,01	0,23	0,29	0,19	0,28
	Najwyższy wynik PEAK	0,01	0,41	0,31	0,33	0,49

Zakres pomiarowy	Wartości PEM [V/m]	Data wykonania pomiarów				
		16.12.2020	17.12.2020	18.12.2020	19.12.2020	20.12.2020
2100,0 MHz – 2170,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,04	0,16	0,17	0,14	0,17
	Najwyższy wynik RMS	0,42	0,44	0,38	0,36	0,36
	Najwyższy wynik PEAK	0,44	0,46	0,44	0,45	0,43
2400,0 MHz – 2483,5 MHz	Najniższy wynik RMS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Najwyższy wynik RMS	0,02	0,18	0,20	0,11	0,14
	Najwyższy wynik PEAK	0,03	0,32	0,26	0,19	0,24
2500,0 MHz – 2570,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Najwyższy wynik RMS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Najwyższy wynik PEAK	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
2570,0 MHz – 2620,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Najwyższy wynik RMS	0,02	0,02	0,15	0,17	0,23
	Najwyższy wynik PEAK	0,02	0,02	0,12	0,24	0,34
2620,0 MHz – 2690,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,03	0,15	0,16	0,16	0,16
	Najwyższy wynik RMS	0,78	2,37	0,85	0,77	0,76
	Najwyższy wynik PEAK	0,81	4,03	0,92	0,89	0,89
3400,0 MHz – 3800,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Najwyższy wynik RMS	0,09	0,31	0,31	0,18	0,43
	Najwyższy wynik PEAK	0,09	0,44	0,52	0,30	0,74
5150,0 MHz – 5725,0 MHz	Najniższy wynik RMS	0,41	0,34	0,34	0,34	0,34
	Najwyższy wynik RMS	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
	Najwyższy wynik PEAK	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42

6.3 Podsumowanie wyników

W ramach pilotażu selektywnego monitoringu stacjonarnego (SELMS PEM) wykonywano ciągłe pomiary natężenia pola elektromagnetycznego w okresie 16.12.2020 r. – 28.12.2020 r. Zarejestrowane wyniki wartości średniej natężenia pola elektromagnetycznego wynosiły od 0,01 V/m do 2,37 V/m.

W przypadku monitoringu selektywnego uzyskiwane wartości natężenia PEM na poziomie 0,01 V/m w określonych zakresach pomiarowych oznaczają praktycznie brak emisji PEM w tych zakresach.

Nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku.

Zestawienie, zarejestrowanych w poszczególnych lokalizacjach, najwyższych i najniższych średnich wartości natężenia pola elektromagnetycznego (RMS) oraz najwyższych wartości szczytowych (PEAK), przedstawiono w Tabl. 10.

Tabl. 10. Zestawienie wyników pomiarów wartości RMS (średnia) i PEAK (szczytowa)

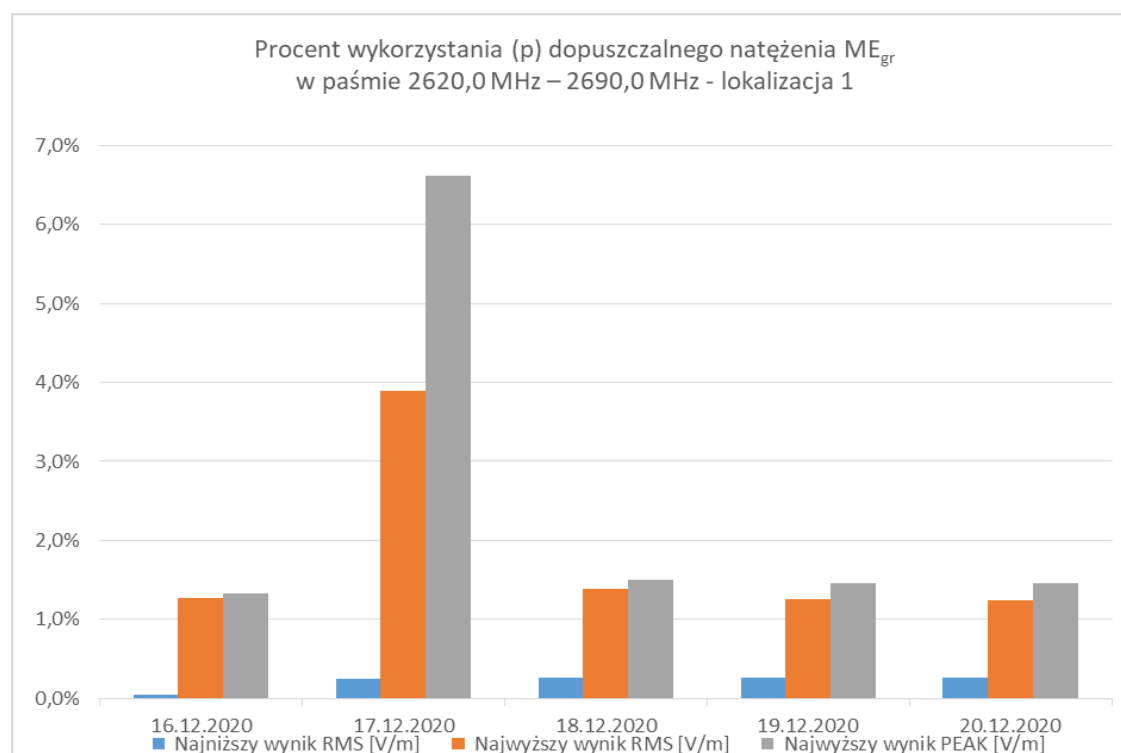
Lp.	Lokalizacja	Miasto	Najniższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik RMS (V/m)	Najwyższy wynik PEAK (V/m)
1.	Nr 1 – dach	Warszawa	0,01	2,37	4,03
2.	Nr 2 – pomieszczenie	Warszawa	0,01	1,94	2,80
3.	Nr 3 – dach	Wrocław	0,01	1,64	2,68
4.	Nr 4 – pomieszczenie	Wrocław	0,01	1,55	2,65

Analiza wyników uzyskanych w poszczególnych zakresach częstotliwości pozwala na procentowe określenie „wykorzystania” wartości dopuszczalnej PEM obowiązującej w określonym zakresie częstotliwości. Na przykład w lokalizacji nr 1 najwyższy wynik RMS wynoszący 2,37 V/m oraz najwyższy wynik PEAK wynoszący 4,03 V/m zarejestrowano w zakresie częstotliwości 2620 – 2690 MHz. Ponieważ dla częstotliwości powyżej 2 GHz wartość dopuszczalna PEM w środowisku wynosi 61 V/m, więc można mówić odpowiednio o 3,9% oraz o 6,6%, a więc o bardzo niskim wykorzystaniu wartości dopuszczalnej.

Przykładowe zestawienie procentowego wykorzystania wartości dopuszczalnej ME_{gr} w zakresie częstotliwości 2620 – 2690 MHz, w lokalizacji nr 1, przedstawia Tabl. 11 oraz ilustruje wykres na Rys. 40.

Tabl. 11. Procentowe wykorzystanie wartości dopuszczalnej ME_{gr} w zakresie częstotliwości 2620 – 2690 MHz, w lokalizacji nr 1

Data pomiarów	16.12.2020	17.12.2020	18.12.2020	19.12.2020	20.12.2020
Najniższy wynik RMS [V/m]	0,05%	0,25%	0,26%	0,26%	0,26%
Najwyższy wynik RMS [V/m]	1,28%	3,89%	1,39%	1,26%	1,25%
Najwyższy wynik PEAK [V/m]	1,33%	6,61%	1,51%	1,46%	1,46%



Rys. 40 Procentowe wykorzystanie dopuszczalnego natężenia w zakresie częstotliwości: 2620,0 MHz – 2690,0 MHz – lokalizacja nr 1

Zarejestrowane poziomy PEM w zakresach pracy SBTK, w których działają nadajniki stacji bazowych telefonii komórkowej, wskazują na dobową zmienność PEM i periodiczność tych zmian.

6.4 Wnioski

Uzyskane wyniki pomiarów z wykorzystaniem systemu selektywnego monitoringu stacjonarnego PEM dają możliwość, w przeciwieństwie do wyników klasycznych chwilowych bądź krótkoterminowych pomiarów PEM, dokonania obserwacji zmian wartości PEM w dowolnym czasie z okresu obserwacji. Pozwalają także na jednoznaczną identyfikację poziomów PEM w zdefiniowanych zakresach częstotliwości oraz na procentowe określenie „wykorzystania” wartości dopuszczalnej PEM obowiązującej w określonym zakresie częstotliwości. Jest to niewątpliwa przewaga monitoringu selektywnego nad monitoringiem szerokopasmowym.

Monitoring PEM prowadzony w okresie niecałego tygodnia pozwala na wyciągnięcie wniosków odnoszących się nie tylko do bezwzględnych poziomów PEM warunkujących dotrzymanie poziomów dopuszczalnych, ale także do ich dobowej zmienności i regularnej powtarzalności.

Przeprowadzone badania z wykorzystaniem systemu selektywnego monitoringu stacjonarnego potwierdziły autonomiczność stacji monitorującej, w tym:

- bezobsługowy pomiar, rejestrację i przekazywanie danych do serwera;
- transmisję danych w sieci komórkowej;
- możliwość ładowania wbudowanego akumulatora za pośrednictwem zintegrowanego ogniwa fotowoltaicznego.

Jednocześnie pilotaż SELMS PEM potwierdził pewne istotne ograniczenia wynikające z samej konstrukcji stacji monitorujących, jej wymiarów (1480 mm × 1100 mm × 715 mm) oraz wagi (~ 35 kg), które bezpośrednio wpływają na wybór miejsc instalacji (reprezentatywnych dla prowadzonych pomiarów) oraz czas trwania cykli pomiarowych (bez częstego przemieszczania stacji).

Istotne okazało się w tym wypadku zapewnienie transportu stacji na miejsce instalacji bez konieczności całkowitego demontażu konstrukcji oraz dostęp do miejsca instalacji aparatury o stosunkowo dużych wymiarach i wadze.



Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa

www.il-pib.pl

