



Ministerstwo
Cyfryzacji



Instytut Łączności
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

RAPORT Z PILOTAŻU STACJONARNEGO MONITORINGU PEM



Warszawa, grudzień 2019



METRYKA

Dane	Opis
Tytuł dokumentu	RAPORT Z PILOTAŻU STACJONARNEGO MONITORINGU PEM
Autor dokumentu	Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy (IŁ-PIB)
Nr pracy IŁ-PIB	01.10.1.01.01.9
Nr Podzadania	1
Nazwa Podzadania	Pomiary pól elektromagnetycznych (PEM) wytwarzanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej – kontynuacja prac z lat 2016-2018
Umowa dotacji celowej	Nr 1/DT/2019 z dnia 13 maja 2019 r.
Rodzaj dokumentu	Produkt podzadania 1 – Raport z pilotażu stacjonarnego monitoringu PEM

SPIS TREŚCI

WYKAZ TABLIC	4
WYKAZ RYSUNKÓW	4
WYKAZ SKRÓTÓW	6
1. WPROWADZENIE.....	7
1.1 Podstawa opracowania	7
1.2 Zakres podzadania	7
1.3 Zakres opracowania i cel pracy.....	7
2. PODSUMOWANIE, WNIOSKI, REKOMENDACJE.....	9
3. PRZYGOTOWANIE DO PILOTAŻU	14
3.1 Konfiguracja sprzętowa	14
3.2 Szkolenie	16
4. PRÓBNE URUCHOMIENIE SYSTEMU	17
4.1 Różne miejsca pomiarów.....	17
4.2 Analiza wyniki pomiarów.....	20
4.3 Wnioski z próbnego uruchomienia systemu	22
4.4 Przykłady wizualizacji wyników pomiarów.....	23
5. WYBRANE SYSTEMY MONITORINGU STACJONARNEGO DZIAŁAJĄCE W EUROPIE	25
5.1 Monitoring PEM w Rumunii	25
5.2 Monitoring PEM w Serbii.....	28
5.3 Monitoring PEM w Grecji	31
5.4 Przykłady lokalizacji stacji monitorujących	37
6. MOBILNY MONITORING PEM	39
7. PROGRAM BADAŃ PILOTAŻOWYCH.....	42
8. URUCHOMIENIE PILOTAŻOWEGO SYSTEMU	43
8.1 Wykonawcy badań	43
8.2 Aparatura i oprzyrządowanie wykorzystane do badań.....	44
8.3 Architektura systemu	44
8.4 Konfiguracja stacji monitorujących	45
8.5 Transmisja danych	47
8.6 Serwer i baza danych.....	49
8.7 Dane rejestrowane przez stację monitorującą.....	51
9. OBRAZOWANIE WYNIKÓW CYKLU PILOTAŻOWYCH POMIARÓW	51
9.1 Wyniki pomiarów – Warszawa	51
9.2 Wyniki pomiarów – Wrocław	53
9.3 Wyniki pomiarów nomadycznych	56

WYKAZ TABLIC

Tabl. 1 Dostępne opcje wersji stacji monitorujących firmy Narda model AMB-8059	14
Tabl. 2 Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych	15
Tabl. 3 Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej firmy Narda model EP-1B-06	16
Tabl. 4 Wykaz aparatury pomiarowej	44

WYKAZ RYSUNKÓW

Rys. 1 Lokalizacje pomiarowe na terenie IŁ-PIB w Warszawie – pomiary próbne	18
Rys. 2 Lokalizacja pomiarowa nr 1 na dachu budynku IŁ-PIB w Warszawie	18
Rys. 3 Lokalizacja pomiarowa nr 2 na dachu budynku IŁ-PIB w Warszawie	19
Rys. 4 Lokalizacja pomiarowa nr 3 w pomieszczeniu biurowym IŁ-PIB w Warszawie	19
Rys. 5 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 1	20
Rys. 6 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 2	21
Rys. 7 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 3	21
Rys. 8 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 4	22
Rys. 9 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 5	22
Rys. 10 Przykład sposobu wizualizacji wyników w PIBUK	23
Rys. 11 Przykład sposobu wizualizacji wyników w SAS Visual Analytics	23
Rys. 12 Przykład sposobu wizualizacji wyników z wykorzystaniem platformy Grafana	24
Rys. 13 Strona główna - monitoring PEM w Rumunii	25
Rys. 14 Mapa z rozmieszczeniem stacji monitorujących – monitoring PEM w Rumunii	26
Rys. 15 Tabelaryczne zestawienie wyników pomiarów – monitoring PEM w Rumunii	26
Rys. 16 Porównanie wyników – monitoring PEM w Rumunii	27
Rys. 17 Wyniki pomiarów w wybranym okresie, a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Rumunii	27
Rys. 18 Wyniki pomiarów w okresie 24 godz., a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Rumunii	28
Rys. 19 Mapa z rozmieszczeniem stacji monitorujących – monitoring PEM w Serbii	28
Rys. 20 Dane adresowe i zdjęcie stacji monitorującej – monitoring PEM w Serbii	29
Rys. 21 Wyniki pomiarów w wybranym okresie, a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Serbii	29
Rys. 22 Unormowane wyniki pomiarów w wybranym okresie, a wartość wskaźnikowa $W = 1$ – monitoring PEM w Serbii	30
Rys. 23 Podstawowe informacje o polu elektromagnetycznym – monitoring PEM w Serbii ..	30
Rys. 24 Podstawowe informacje o badaniach PEM – monitoring PEM w Serbii	31
Rys. 25 Podstawowe informacje o regulacjach prawnych w obszarze PEM – monitoring PEM w Serbii	31
Rys. 26 Strona główna – system NOEF w Grecji	32
Rys. 27 Bieżące wyniki dla wskazanej stacji – system NOEF w Grecji	33
Rys. 28 Szczegółowe dane i bieżące wyniki dla wskazanej stacji – system NOEF w Grecji	33
Rys. 29 Natężenie pola [V/m] we wskazanej lokalizacji – system NOEF w Grecji	34
Rys. 30 Gęstość mocy [W/m ²] we wskazanej lokalizacji – system NOEF w Grecji	34
Rys. 31 Strona główna – projekt pedion24 w Grecji	35
Rys. 32 Wybór lokalizacji – projekt pedion24 w Grecji	35
Rys. 33 Szczegółowe dane wskazanej stacji – projekt pedion24 w Grecji	36
Rys. 34 Wyniki pomiarów w danej lokalizacji – projekt pedion24 w Grecji	36

Rys. 35 Odniesienie wyników pomiarów do poziomów dopuszczalnych – projekt pedion24 w Grecji.....	37
Rys. 36 Przykłady różnych lokalizacji stacji monitorujących	38
Rys. 37 Stacja monitorująca model AMB-8059-00 zamontowana na dachu samochodu	39
Rys. 38 Szczegółowe wyniki pomiaru PEM w wybranym punkcie na trasie pomiarowej.....	40
Rys. 39 Wyniki pomiaru PEM na fragmencie trasy pomiarowej	40
Rys. 40 Wyniki pomiaru PEM na trasie w odniesieniu do określonych poziomów	41
Rys. 41 Schemat architektury pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego (PSMS)	44
Rys. 42 Okna konfiguracji parametru <i>Rate</i> i <i>Averaging Period</i>	45
Rys. 43 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 1	45
Rys. 44 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 2	46
Rys. 45 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 3	46
Rys. 46 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 4	47
Rys. 47 Wyniki pomiaru wartości natężenia pola elektromagnetycznego, dobry zasięg	48
Rys. 48 Wyniki pomiaru wartości natężenia pola elektromagnetycznego, zły zasięg	49
Rys. 49 Kod programu do pobierania i interpretacji danych z serwera FTP	50
Rys. 50 Lokalizacje pomiarowe na terenie IŁ-PIB w Warszawie – pomiary pilotażowe	52
Rys. 51 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 1	52
Rys. 52 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 2	53
Rys. 53 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 3 i 4.....	53
Rys. 54 Lokalizacje pomiarowe na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu.....	54
Rys. 55 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 1 i 2.....	54
Rys. 56 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 3 i 2.....	55
Rys. 57 Stacja monitorująca zainstalowana na pokładzie MLB.....	56
Rys. 58 Wyniki pomiarów na terenie trzech lokalizacji SBTK w Warszawie	57
Rys. 59 Wyniki pomiarów na terenie PGE Narodowy w Warszawie.....	57
Rys. 60 Wyniki na terenie dwóch lokalizacji SBTK we Wrocławiu	58

WYKAZ SKRÓTÓW

Skrót	Rozwinięcie
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> – protokół komunikacyjny typu klient-serwer
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> – system komórkowy drugiej generacji
IŁ-PIB	Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy
MC	Ministerstwo Cyfryzacji
MLB	Mobilne Laboratorium Badawcze
PEM	Pole elektromagnetyczne
PIBUK	Platforma Informatyczna systemu Badań i diagnozowania właściwości Usług Komunikacji elektronicznej
PSMS	Pilotażowy System Monitoringu Stacjonarnego
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
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – system komórkowy trzeciej generacji
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
WiMax	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i> – radiowa transmisja danych oparta na standardach serii IEEE 802.16

1. WPROWADZENIE

1.1 Podstawa opracowania

Umowa dotacji celowej Nr 1/DT/2019 z dnia 13 maja 2019 r.

Podzadanie nr 1: *Pomiary pól elektromagnetycznych (PEM) wytwarzanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej – kontynuacja prac z lat 2016-2018.*

1.2 Zakres podzadania

Podzadanie nr 1 było kontynuacją prac wykonanych w 2016 r., 2017 r. oraz w 2018 r.

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 (zakres częstotliwości od 300 kHz do 40 GHz), w dwóch lokalizacjach na terenie siedzib IŁ-PIB w Warszawie i we Wrocławiu.

Działania wykonane w tej części podzadania obejmowały:

- **zakup dwóch kompletów** przyrządów szerokopasmowych oraz sond pomiarowych 300 kHz – 40 GHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem;
- **szkolenie** w zakresie instalacji elementów, konfiguracji i uruchomienia systemu oraz funkcjonalności i obsługi systemu;
- **cykl testów próbnych** działania systemu obejmujących konfigurację i uruchomienie modelowego systemu z wykorzystaniem egzemplarza demonstracyjnego stacji monitorującej firmy Narda model AMB-8059-03, będącej funkcjonalnym odpowiednikiem zamawianych urządzeń;
- **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;
- **opracowanie sposobów wizualizacji** uzyskanych wyników, w formie zestawień tabelarycznych i wykresów;
- **opracowanie raportu** z pilotażu stacjonarnego monitoringu PEM, nazywanego dalej również w skrócie **PSMS**.

1.3 Zakres opracowania i cel pracy

Niniejsze opracowanie stanowi jeden z produktów podzadania 1 pn. **Raport z pilotażu stacjonarnego monitoringu PEM** i nazywany jest dalej Raportem. Raport wraz załącznikami przedstawia:

- wyniki oraz wnioski z wykonanego cyklu pilotażowych pomiarów z zastosowaniem systemu monitoringu stacjonarnego PEM (zakres częstotliwości od 300 kHz do 40 GHz), zainstalowanego w dwóch lokalizacjach na terenie siedzib IŁ-PIB w Warszawie i we Wrocławiu;
- wyniki przeglądu działających w Europie systemów monitoringu, bazujących na stacjach monitorujących firmy Narda z serii AMB;

- rekomendacje w zakresie wdrożenia stacjonarnego monitoringu PEM w Polsce.

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

- zweryfikowanie funkcjonalności przyrządów szerokopasmowych z sondami pomiarowymi 300 kHz – 40 GHz oraz ich oprogramowania;
- pozyskanie wiedzy na temat stosowanych w Europie systemów monitoringu stacjonarnego PEM;
- zaproponowanie rozwiązań dla krajowego monitoringu stacjonarnego PEM.

2. PODSUMOWANIE, WNIOSKI, REKOMENDACJE

Stacja monitoringu stacjonarnego firmy Narda model AMB-8059-03 z dołączoną sondą pomiarową model EP-1B-06 to urządzenie umożliwiające ciągłą, szerokopasmową rejestrację natężenia pola elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości od 300 kHz do 40 GHz. Uzyskane wyniki pomiarów dają zatem możliwość, w przeciwieństwie do wyników klasycznych chwilowych pomiarów PEM, dokonania obserwacji zmian wartości PEM w dowolnym czasie z okresu obserwacji. Ponadto stacja monitoringu rejestruje cały szereg danych (innych niż wartość natężenia PEM), które mogą być użyteczne podczas późniejszej interpretacji wyników.

Stacja monitorująca, wraz z dedykowaną konstrukcją wsporczą, to urządzenie o niewielkiej wadze około 8 kg. Sama stacja waży około 2 kg, a jej wymiary pozwalają na wygodny transport nawet typowym samochodem osobowym.

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 modemów Wi-Fi lub 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 w Warszawie i we Wrocławiu, w których zapewnione było ich bezpieczeństwo. Na etapie pilotażu wybierano zatem miejsca na dachach budynków i w pomieszczeniach biurowych.

W ramach pilotażu wykonane zostały również krótkie sesje pomiarowe na terenie Warszawy i Wrocławia. W sesjach tych stacje były transportowane, a następnie ustawiane w lokalizacjach, w których w ramach pomiarów PEM wykonywanych w 2019 roku, zostały zarejestrowane przekroczenia dopuszczalnego poziomu natężenia pola elektromagnetycznego z uwzględnieniem rozszerzonej niepewności pomiaru. Stacje monitorujące, przez czas pomiarów (od 1 do 4 godzin), znajdowały się pod stałym nadzorem pracownika.

Analiza wyników wskazuje, że mierzalne wartości PEM są osiągalne w przypadku bezpośredniej widoczności anteny. 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, oprócz istotnych różnic wynikających z różnych miejsc prowadzenia pomiarów, wskazują na pewne prawidłowości odnośnie poziomów PEM w środowisku,

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

Poniżej zostały przedstawione propozycje i rekomendacje w zakresie realizacji sieci monitoringu stacjonarnego.

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 elektromagnetycznego. Z dokumentacji technicznej stacji monitoringu stacjonarnego firmy Narda 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.

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 w pierwszej kolejności, przy wsparciu i zaangażowaniu Ministerstwa Cyfryzacji, należałoby przeprowadzić kampanię informacyjną dotyczącą możliwości przeprowadzenia monitoringu stacjonarnego w tych miastach, które zgłaszają się do IŁ-PIB i spełniają wymagany postanowieniami polisy ubezpieczeniowej warunek za-

bezpieczenia 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 monitoring PEM powinno również uwzględniać wieloletnie doświadczenie zgromadzone przez organ odpowiedzialny za realizację Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce, tj. przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

3. Uwarunkowania prawne

Zapisy wynikające z aktualnie obowiązującego Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, umożliwiają wyłącznie prowadzenie krótkotrwałych badań PEM w wybranych punktach pomiarowych na terenie kraju.

Zgodnie z ww. Rozporządzeniem na obszarze każdego województwa (w centralnych dzielnicach lub osiedlach miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 50 tys., w pozostałych miastach oraz na terenach wiejskich), dla każdego roku kalendarzowego z trzyletniego cyklu pomiarowego, wyznacza się po 15 punktów pomiarowych w dostępnych dla ludności miejscach, w każdym z ww. obszarów. Łącznie na terenie województwa wyznacza się 135 punktów pomiarowych dla trzyletniego cyklu pomiarowego, po 45 punktów pomiarowych dla każdego roku. Zatem, aby budowę sieci monitoringu stacjonarnego można było formalnie połączyć z działaniami Państwowego Monitoringu Środowiska, wydaje się konieczna nowelizacja przepisów prawa w tym obszarze.

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, 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). Niewątpliwym 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. Oferowane stacje model AMS-8061 firmy Narda, 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.

Biorąc pod uwagę przewidywane do wprowadzenia w życie od 1.01.2020 r. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, definiujące graniczne poziomy PEM zależnie od częstotliwości, należy zauważyć, że ocena zgodności dotrzymania tych poziomów musi również przebiegać w sposób selektywny częstotliwościowo (poziomy składowych o różnych częstotliwościach należy bowiem odnosić do odpowiednich dla tych częstotliwości wartości dopuszczalnej). Wskazuje to, że w tej sytuacji celowe jest budowanie systemu monitoringu stacjonarnego PEM w oparciu o stacje umożliwiające selektywną rejestrację PEM.

5. Potencjalne kierunki rozwoju pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego PEM

Na bazie doświadczeń wypracowanych przez IŁ-PIB w trakcie realizacji pilotażowego systemu szerokopasmowego monitoringu stacjonarnego PEM, w kolejnym kroku można zaproponować budowę i uruchomienie systemu umożliwiającego selektywną rejestrację PEM na obszarze całego kraju – również w wersji pilotażowej. Przykładowa konfiguracja mogłaby obejmować np. po 2 stacje firmy Narda model AMS-8061 z dołączoną sondą pomiarową model EHA-2B-01, zlokalizowane w każdym województwie, co oznacza budowę systemu składającego się z 32 stacji. Z uwagi na niewielką liczbę stacji monitorujących w wersji pilotażowej, koniecznym wydaje się okresowa zmiana lokalizacji stacji – np. w cyklu miesięcznym. Jeśli założyć, że monitoringowe pomiary PEM w okresie jednego miesiąca będą na tyle długotrwałe, żeby zapewnić ich reprezentatywność, wówczas uzyskane w ten sposób wyniki pozwolą na wyciągnięcie istotnych wniosków, w tym nie tylko na temat bezwzględnych poziomów PEM warunkujących dotrzymanie nowych, przewidywanych do wprowadzenia od 1 stycznia 2020 r., poziomów dopuszczalnych, ale co ciekawsze – odnoszących się np. do dobowej zmienności PEM i jej periodyczności. Dzięki cyklicznej zmianie lokalizacji, liczba lokalizacji pomiarowych monitoringu stacjonarnego w kolejnych latach wzrosłaby do 480 rocznie w skali kraju (16 województw × 2 stacje w województwie × 12 miesięcy). Ogólnie należy pamiętać, aby każda lokalizacja była zarówno reprezentatywna (w sensie dostępności miejsca dla ludności), jak i zapewniała bezpieczną pracę stacji.

Docelowo, instalując stacje monitorujące w kolejnych lokalizacjach (np. po 25 stacji do monitoringu szerokopasmowego na obszarze każdego województwa), bez szkody dla działającego systemu pilotażowego, można planować rozbudowę systemu stacjonarnego monitoringu PEM w kierunku uzyskania funkcjonalności o zasięgu ogólnopolskim. W systemie ogólnopolskim również można planować cykliczne zmiany lokalizacji stacji, np. co rok, systematycznie zwiększając w ten sposób monitorowany obszar.

Taki ogólnopolski system stacjonarnego monitoringu PEM mógłby ostatecznie zostać zintegrowany z Systemem Informacyjnym o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne (SI2PEM), co oczywiście również wymaga wypracowania adekwatnych przepisów prawa w tym obszarze, zwłaszcza w kontekście Systemu JELMAG prowadzonego w ramach Systemu Informatycznego Inspekcji Ochrony Środowiska.

W ramach stacjonarnego monitoringu PEM istnieje możliwość realizacji krótkookresowego (kilku-, kilkunastogodzinnego) monitoringu PEM, zbliżonego do przeprowadzanych obecnie przez WIOŚ pomiarów interwencyjnych czy kontrolnych, ale dającego w rezultacie znacznie więcej informacji. Tego typu monitoring PEM, z wykorzystaniem selektywnych stacji monitorujących, miałby wówczas tzw. charakter nomadyczny, tzn. stacja musiałaby zostać przetransportowana, a następnie (dzięki swej autonomiczności) umiesz-

czona w określonej lokalizacji i dopiero wówczas mogłaby dokonywać ciągłych pomiarów PEM przez określony czas.

3. PRZYGOTOWANIE DO PILOTAŻU

Przygotowanie do pilotażu stacjonarnego systemu monitoringu 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 PSMS PEM wybrane zostały dwa zestawy przyrządów szerokopasmowych z sondami pomiarowymi wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem.

W skład jednego zestawu wchodzi:

- stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego firmy Narda model AMB-8059-03;
- sonda pomiarowa model EP-1B-06 do pomiarów w zakresie częstotliwości od 300 kHz do 40 GHz.

Specyfikacja zestawu pomiarowego:

1. Szerokopasmowa, stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego firmy Narda model AMB-8059-03, zasilana panelem słonecznym, z wbudowanym akumulatorem kwasowo-ołowiowym, modemami 2G/3G oraz Wi-Fi, w tym:

- stacja monitoringu pola elektromagnetycznego model AMB-8059-03;
- oprogramowanie do komputera PC: AMB-8059-SW-02;
- przewód USB;
- przewód Ethernet;
- obrotowy uchwyt do instalacji;
- podstawa masztu i maszt: AMB-8059-MAST;
- certyfikat kalibracji;
- zasilacz 230 V AC.

2. Sonda pomiarowa firmy Narda model EP-1B-06 do pomiarów w zakresie częstotliwości od 300 kHz do 40 GHz.

Dostępne opcje różnych wykonania stacji monitorujących firmy Narda model AMB-8059 zostały przedstawione w Tabl. 1.

Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych dla różnych zakresów częstotliwości zostały przedstawione w Tabl. 2.

Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej firmy Narda model EP-1B-06 została przedstawiona w Tab. 3.

Tabl. 1 Dostępne opcje wersji stacji monitorujących firmy Narda model AMB-8059

Oznakowanie wersji	AMB-8059/03	AMB-8059/02	AMB-8059/01	AMB-8059/00
Ogniwo fotowoltaiczne i akumulator	✓		✓	
Wbudowany modem 2G/3G	✓	✓		

Oznakowanie wersji	AMB-8059/03	AMB-8059/02	AMB-8059/01	AMB-8059/00
Wi-Fi	✓	✓	✓	✓
Gniazdo Ethernet	✓		✓	
USB	✓	✓	✓	
RS232	✓		✓	
Łącze optyczne	✓		✓	✓
GPS	✓	✓	✓	✓
Czas pracy na baterii 6 - 12 miesięcy (Li-Ion)		✓		✓
Zdalne sterowanie	✓	✓	✓	✓
Stała instalacja zewnętrzna	S		S	
Instalacja wewnętrzna		S		S
Pomiary mobilne typu drive-test				N, W
S – sugerowane N – niezbędne W – wymagane zastosowanie uchwytu do montażu na dachu samochodu				

Tabl. 2 Typowe zastosowania dostępnych modeli sond pomiarowych

Zakres częstotliwości	100 kHz - 3 GHz	100 kHz - 7 GHz	10 Hz - 5 kHz	300 kHz - 18 GHz	300 kHz - 40 GHz	100 kHz - 3 GHz / 100 kHz - 862 MHz / 933 MHz - 3 GHz	100 kHz - 3 GHz / GSM900 / GSM1800 / UMTS	100 kHz - 7 GHz / GSM900 / GSM1800 / UMTS	10 Hz - 5 kHz
Składowa pola (izotropowo)	E	E	E	E	E	E	E	E	H
Liczba zakresów	1	1	1	1	1	3	4	4	1
Model sondy	EP-1B-01	EP-1B-03	EP-1B-04	EP-1B-05	EP-1B-06	EP-3B-01	EP-4B-01	EP-4B-02	HP-1B-01
Telefonia komórkowa	●	●		●	●	●	●	●	
Radiofonia / TV	●	●		●	●	●	●	●	
Radiolinie		○		●	●	○	○	○	
Komunikacja satelitarna				●	●				
Radary				●	●				
Przemysł	●	●	●			●	●	●	●
Kolej			●						●
Linie energetyczne			●						●
Stacje transformatorowe			●						●
● – większa użyteczność ○ – zróżnicowana użyteczność E – składowa elektryczna H – składowa magnetyczna									

Tabl. 3 Specyfikacja techniczna sondy pomiarowej firmy Narda model EP-1B-06

EP-1B-06 Sonda pola elektrycznego	
Zakres częstotliwości	od 300 kHz do 40 GHz
Zakres pomiarowy	0,5 V/m do 800 V/m (zakres dynamiki > 64 dB)
Rozdzielczość pomiaru	0,01 V/m
Przesterowanie	1200 V/m
Nierównomierność dla 6 V/m	od 1 MHz do 1 GHz: $\pm 1,5$ dB od 1 GHz do 12 GHz: $\pm 3,5$ dB od 12 GHz do 23 GHz: $\pm 4,0$ dB od 23 MHz do 40 GHz: $\pm 5,0$ dB
Liniiowość	$\pm 0,5$ dB (typowo $\pm 0,3$ dB) (1,2 V/m do 200 V/m) dla 200 MHz
Anizotropowość dla 200 MHz	$\pm 0,8$ dB (typowo 0,5 dB dla 930 MHz i 1800 MHz)
Tłumienie składowej pola H	> 20 dB
Wymiary i waga	450 mm $\times$ 55 mm $\varnothing$, 180 g

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 systemu monitoringu stacjonarnego PEM oraz warsztaty w zakresie konfiguracji stacji monitorujących (2.09.2019 r.). W szkoleniu tym wzięli udział pracownicy IŁ-PIB z Warszawy i Wrocławia:

- Joanna Kalina,
- Piotr Karpeta,
- Jakub Kwiecień,
- Konrad Łakomiec,
- Przemysław Opała,
- Tomasz Sędek,
- Rafał Pawlak,
- Barbara Regulska,
- Mikołaj Waszkiewicz,
- Jagoda Wierzbicka.

Szkolenie pozwoliło między innymi na zapoznanie się z funkcjonalnościami stacji monitorujących, zarówno szerokopasmowych, jak i selektywnych, ich budową i parametrami pracy, w tym związanymi z zasilaniem, transmisją danych, itp. Poznano ogólną architekturę systemu stacjonarnego monitoringu, elastyczne możliwości transferu danych, dostępne interfejsy, formaty przechowywanych danych. Istotnym elementem szkolenia była prezentacja konfiguracji stacji oraz omówienie możliwych przyczyn zakłóceń pomiarów.

4. PRÓBNE URUCHOMIENIE SYSTEMU

Dostawę zamówionych zestawów stacji monitorujących i sond pomiarowych poprzedziło uruchomienie systemu monitoringu stacjonarnego PEM, zrealizowane z wykorzystaniem dostarczonej do IŁ-PIB demonstracyjnej stacji monitorującej firmy Narda model AMB-8059-03, będącej funkcjonalnym odpowiednikiem stacji docelowych.

Zrealizowane prace obejmowały:

- a) konfigurację stacji monitorującej;
- b) testy i sprawdzenie komunikacji stacji z serwerem w IŁ-PIB;
- c) wytypowanie i przygotowanie miejsc do przeprowadzenia pomiarów próbnych;
- d) wykonanie cyklu pomiarów próbnych – pomiary w różnych lokalizacjach;
- e) przygotowanie bazy danych do gromadzenia wyników pomiarów;
- f) analiza zebranych wyników, porównania wyników z różnych lokalizacji;
- g) opracowanie propozycji sposobów wizualizacji uzyskanych wyników, w formie zestawień tabelarycznych i wykresów.

4.1 Różne miejsca pomiarów

Cykl pomiarów próbnych został wykonany w kilku różnych lokalizacjach pomiarowych na terenie IŁ-PIB w Warszawie.

Lokalizacje pomiarowe, w których wykonywano próbne, stacjonarne pomiary monitoringowe PEM, zostały pokazane na Rys. 1 oraz opisane poniżej.

- (1) Dach budynku IŁ w Warszawie, platforma pomiarowa, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 90 m.
- (2) Dach budynku IŁ-PIB, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 20 m w poziomie i 30 m w pionie.
- (3) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 95 m.
- (4) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, brak widoczności anten SBTK, odległość ok. 110 m.
- (5) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 100 m.



Rys. 1 Lokalizacje pomiarowe na terenie Ł-PIB w Warszawie – pomiary próbne

Zdjęcia przykładowych lokalizacji pomiarowych zostały przedstawione na Rys. 2, Rys. 3 oraz Rys. 4.



Rys. 2 Lokalizacja pomiarowa nr 1 na dachu budynku Ł-PIB w Warszawie



Rys. 3 Lokalizacja pomiarowa nr 2 na dachu budynku IŁ-PIB w Warszawie



Rys. 4 Lokalizacja pomiarowa nr 3 w pomieszczeniu biurowym IŁ-PIB w Warszawie

Zebrane wyniki pomiarów oraz ich analiza zostały wykorzystane przy formułowaniu wniosków odnośnie wyboru lokalizacji stacji monitorujących, zarówno w cyklu badań PSMS, jak i w przypadku ewentualnego rozwoju systemu i wielu instalacji w całym kraju.

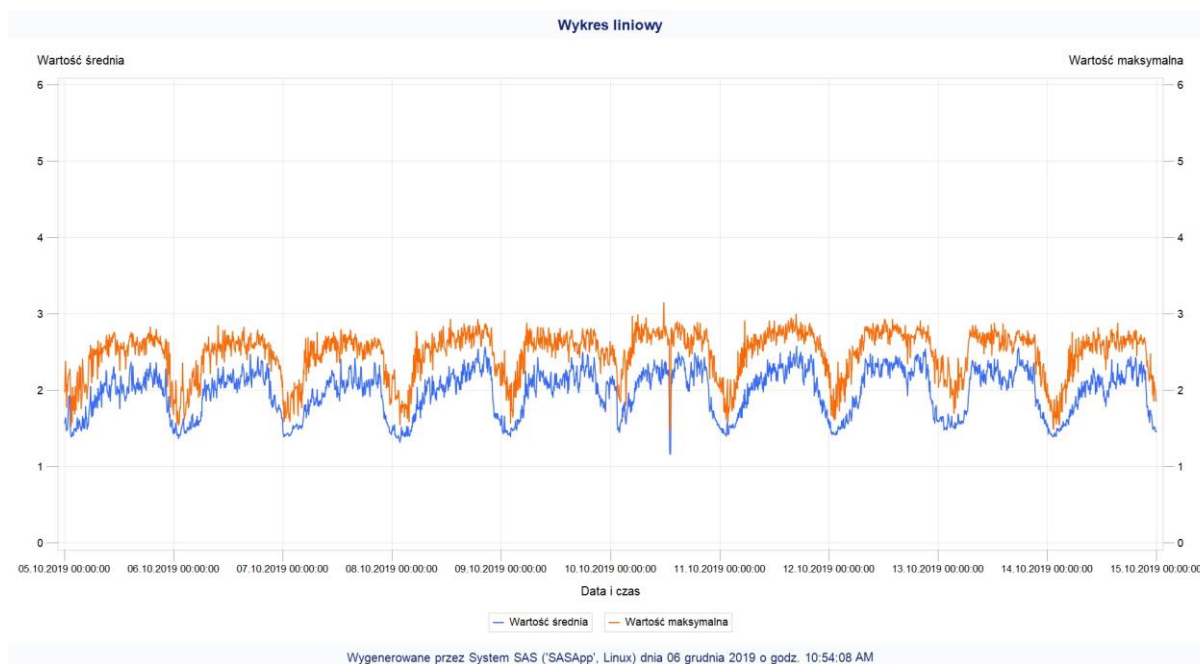
4.2 Analiza wyników pomiarów

Zebrane wyniki stacjonarnych pomiarów PEM oraz ich analiza, oprócz istotnych różnic wynikających z różnych miejsc prowadzenia pomiarów, wskazują na pewne prawidłowości związane z porą dnia oraz z dniami tygodnia, w których wykonywano pomiary.

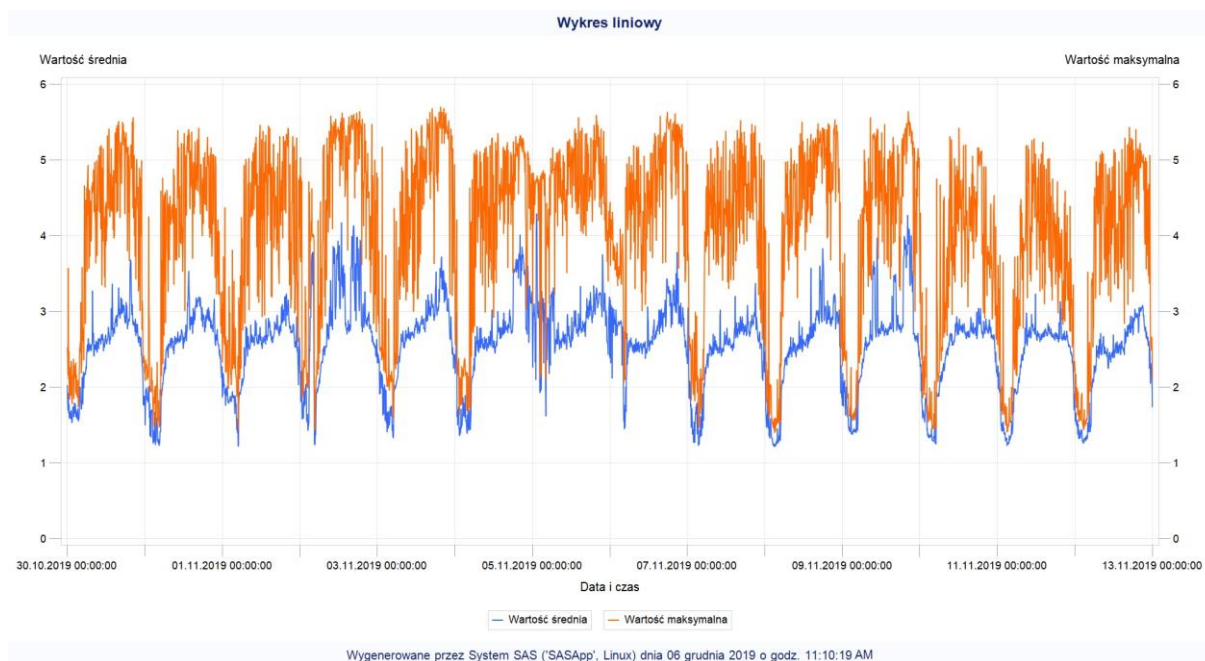
Sesje pomiarowe przeprowadzano w cyklach kilkudniowych. Poniżej podano poszczególne przedziały czasowe, odnoszące się do kolejnych lokalizacji pomiarowych, przedstawionych w punkcie 4.1:

1. Lokalizacja pomiarowa nr 1: 4.10.2019 – 15.10.2019;
2. Lokalizacja pomiarowa nr 2: 29.10.2019 – 13.11.2019;
3. Lokalizacja pomiarowa nr 3: 18.10.2019 – 29.10.2019;
4. Lokalizacja pomiarowa nr 4: 19.09.2019 – 23.09.2019;
5. Lokalizacja pomiarowa nr 5: 16.09.2019 – 19.09.2019.

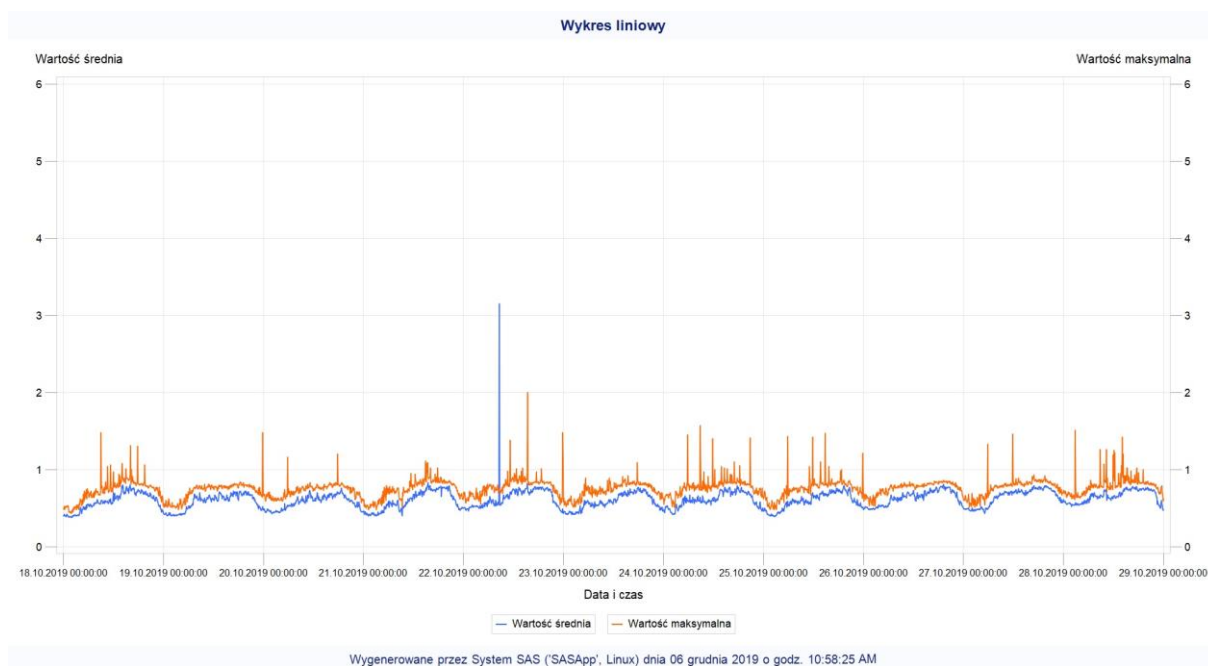
Wyniki pomiarów uzyskane w kolejnych lokalizacjach pomiarowych przedstawiono na Rys. 5 ÷ Rys. 9. Kolorem niebieskim oznaczono wartości średnie natężenia pola elektromagnetycznego, natomiast kolorem pomarańczowym – wartości maksymalne.



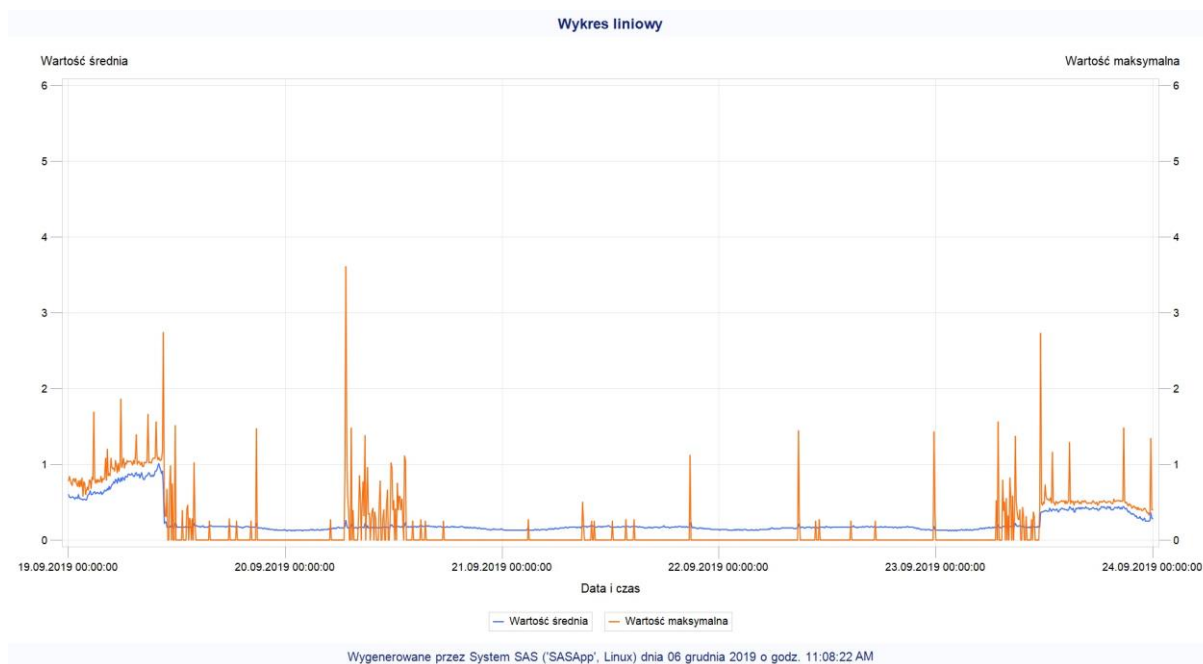
Rys. 5 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 1



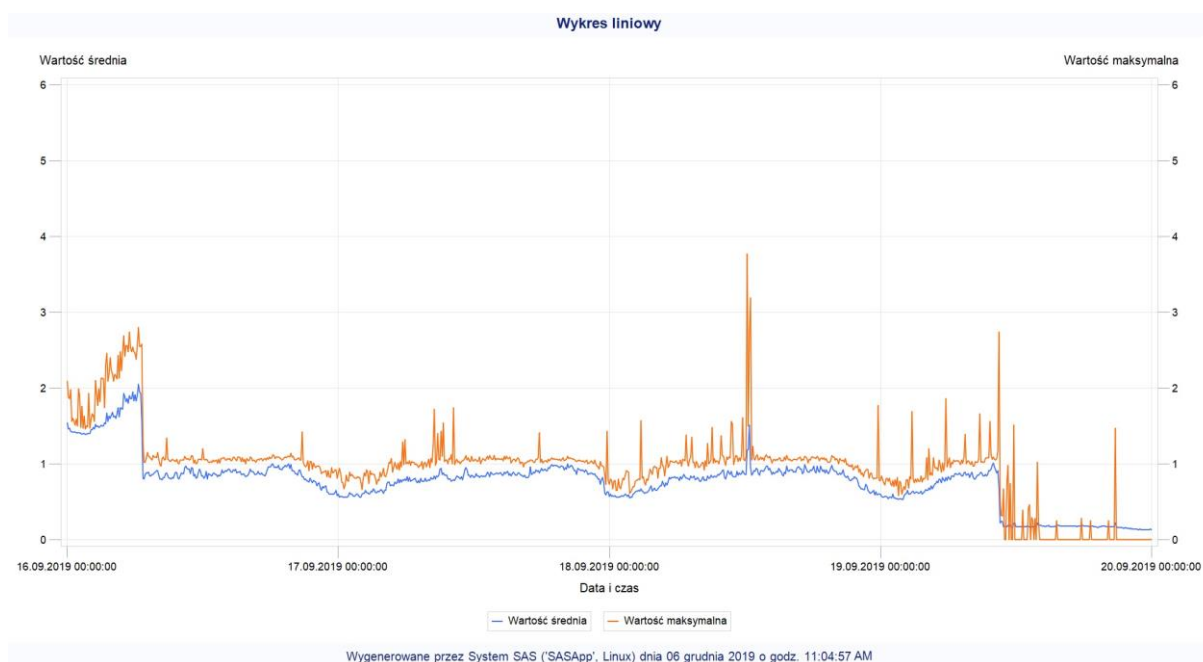
Rys. 6 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 2



Rys. 7 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 3



Rys. 8 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 4



Rys. 9 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 5

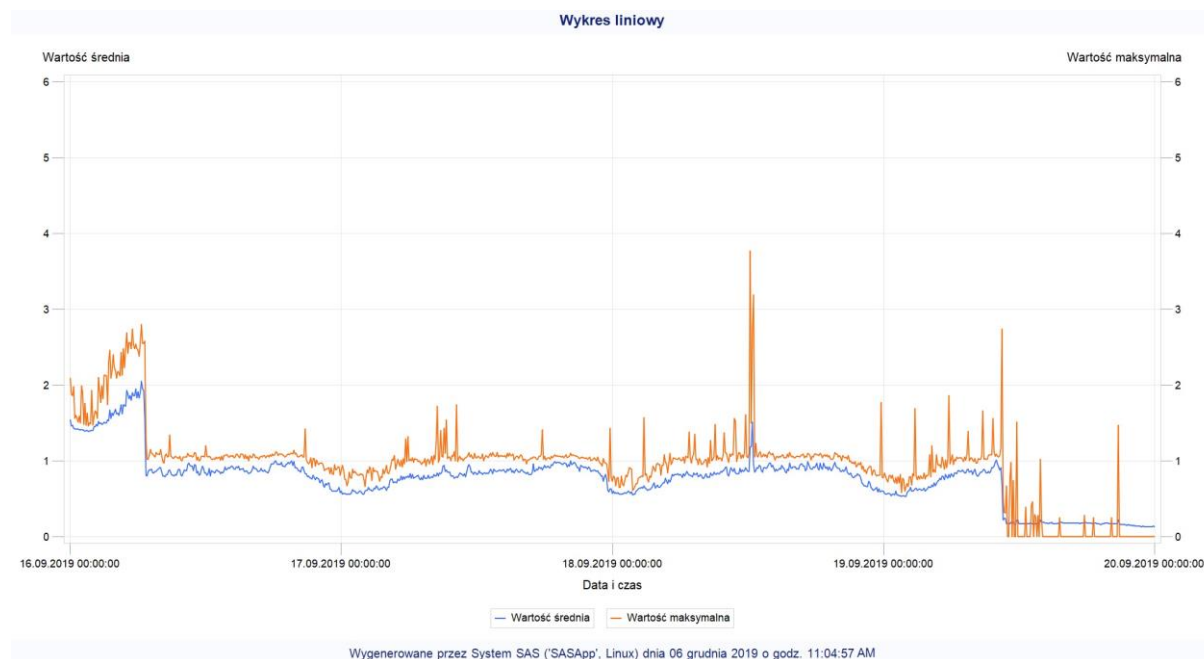
4.3 Wnioski z próbnego uruchomienia systemu

Sonda pomiarowa urządzenia charakteryzuje się szerokim zakresem dynamiki: od 0,5 V/m do 800 V/m. Analiza wyników pozwoliła zauważyć, że w przypadku pomiarów w środowisku o niskim poziomie natężenia PEM (poniżej progu czułości urządzenia 0,5 V/m) wyniki wartości maksymalnej przyjmują wartość „0”. Natomiast pojedyncze „szpilki” wartości maksymalnej w lokalizacjach wewnątrz budynków mogą wynikać z tego, że sonda stała w pomieszczeniach biurowych i rejestrowała wypadkowe natężenie pola elektromagnetycznego, także pochodzące od różnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych znajdujących się w tych pomieszczeniach. Analiza cykli pomiarowych

wskazuje, że największą wartość informacyjną niosą pomiary realizowane przez dłuższy okres czasu, co najmniej trzech dni. Wówczas można zauważyć regularną zmienność wartości PEM oraz zidentyfikować okresy, w których natężenie PEM jest najwyższe.

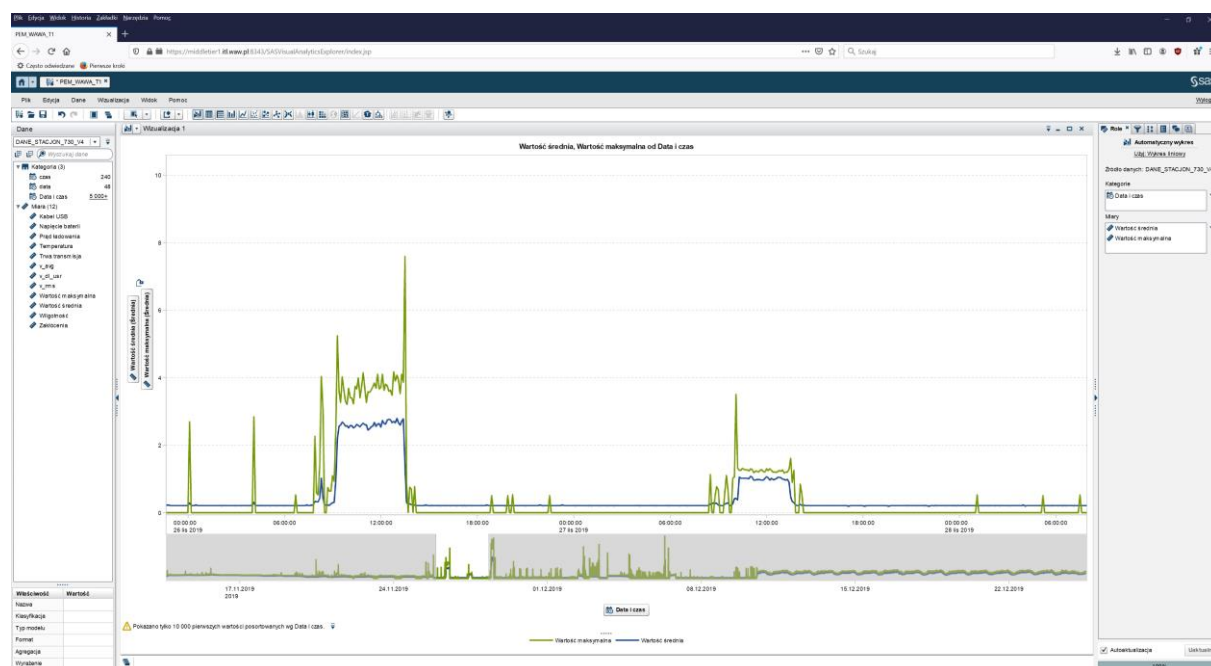
4.4 Przykłady wizualizacji wyników pomiarów

Podstawowym sposobem wizualizacji pomiarów, podczas pilotażowego uruchomienia systemu, były wykresy liniowe generowane przez oprogramowanie w ramach platformy PIBUK, z wykorzystaniem lokalnej aplikacji SAS Enterprise Guide.



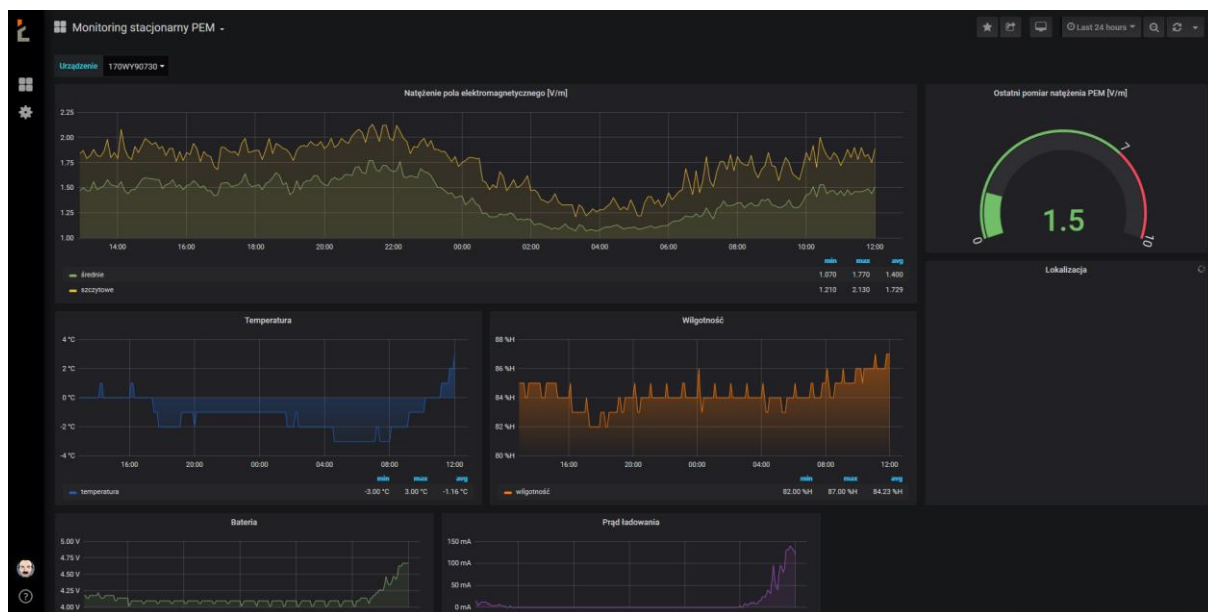
Rys. 10 Przykład sposobu wizualizacji wyników w PIBUK

Drugim wariantem obrazowania jest wykorzystanie oprogramowania SAS Visual Analytics, które jest elementem platformy PIBUK.



Rys. 11 Przykład sposobu wizualizacji wyników w SAS Visual Analytics

Kolejną możliwość wizualizacji, obecnie w fazie testowej, daje zastosowanie platformy on-line do analizowania i wizualizacji danych np. platformy Grafana, gdzie administrator projektuje interfejs, umożliwiając jednoczesny podgląd wyników pomiarów w formie różnego rodzaju wykresów oraz danych z czujników wilgotności i temperatury.



Rys. 12 Przykład sposobu wizualizacji wyników z wykorzystaniem platformy Grafana

5. WYBRANE SYSTEMY MONITORINGU STACJONARNEGO DZIAŁAJĄCE W EUROPIE

W pracach analityczno-koncepcyjnych dotyczących kierunków rozwoju i ewentualnego wdrożenia systemu stacjonarnego monitoringu PEM w Polsce, wykorzystane zostały wyniki przeglądu i analizy działających w Europie systemów monitoringu, bazujących na stacjach monitorujących firmy Narda szerokopasmowych (AMB) oraz selektywnych (AMS). Analizie podlegały stosowane w innych krajach konfiguracje systemów monitoringu, wybierane miejsca instalacji stacji monitorujących, sposoby obrazowania wyników pomiarów, itp.

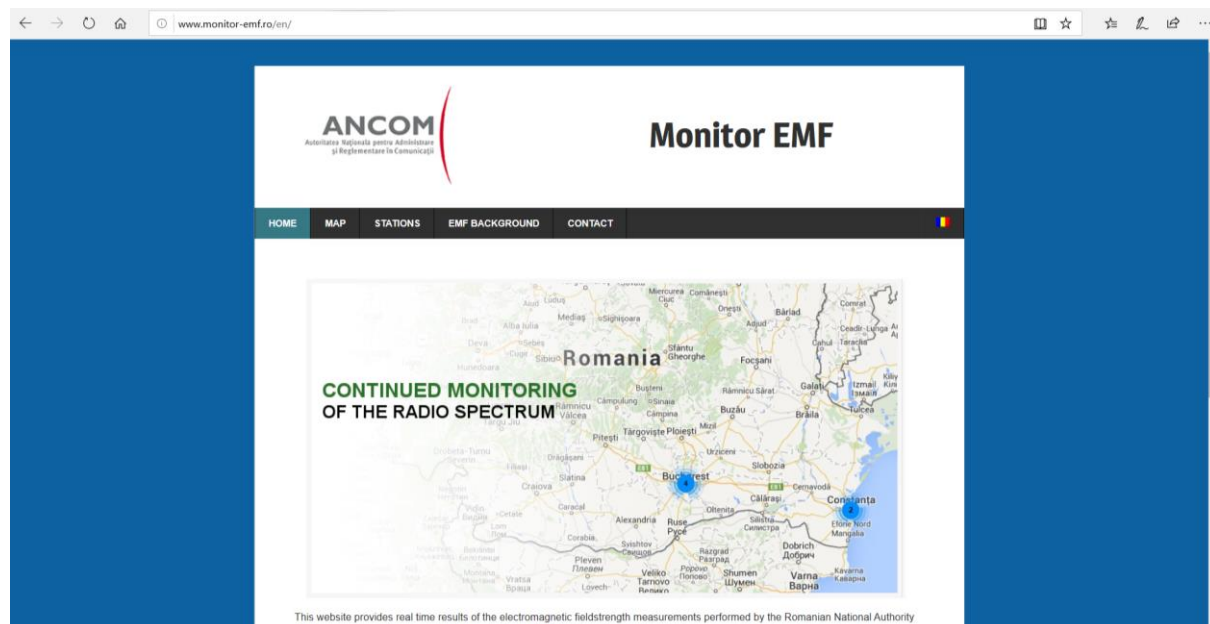
Poniżej przedstawione zostały krótkie opisy i ilustracje działających systemów stacjonarnego monitoringu PEM, wykorzystujących stacje monitorujące firmy Narda i prezentujących wyniki realizowanych pomiarów na stronach internetowych.

Źródłami ekranów prezentowanych na kolejnych rysunkach (Rys. 13 ÷ Rys. 36) są wskazane strony internetowe opisujących systemów.

5.1 Monitoring PEM w Rumunii

Monitoring PEM w czasie rzeczywistym jest prowadzony przez Rumuński Krajowy Urząd ds. Zarządzania i Regulacji w łączności (ANCOM). Stacje monitorujące są zainstalowane w ośrodkach miejskich. Każda stacja w sposób ciągły monitoruje pole elektromagnetyczne wytwarzane przez źródła niskiej i wysokiej częstotliwości, takie jak np.: nadajniki radiowe / telewizyjne, stacje bazowe GSM, UMTS, Wi-Fi, WiMax lub inne urządzenia nadawczo-odbiorcze działające w zakresie pracy sondy pomiarowej, tj. od 100 kHz do 7 GHz. Oprócz ciągłego monitorowania pola elektromagnetycznego za pomocą sieci stacji monitorujących, ANCOM wykonuje również pomiary z wykorzystaniem urządzeń przenośnych, zgodnie z opracowanym rocznym planem pomiarów.

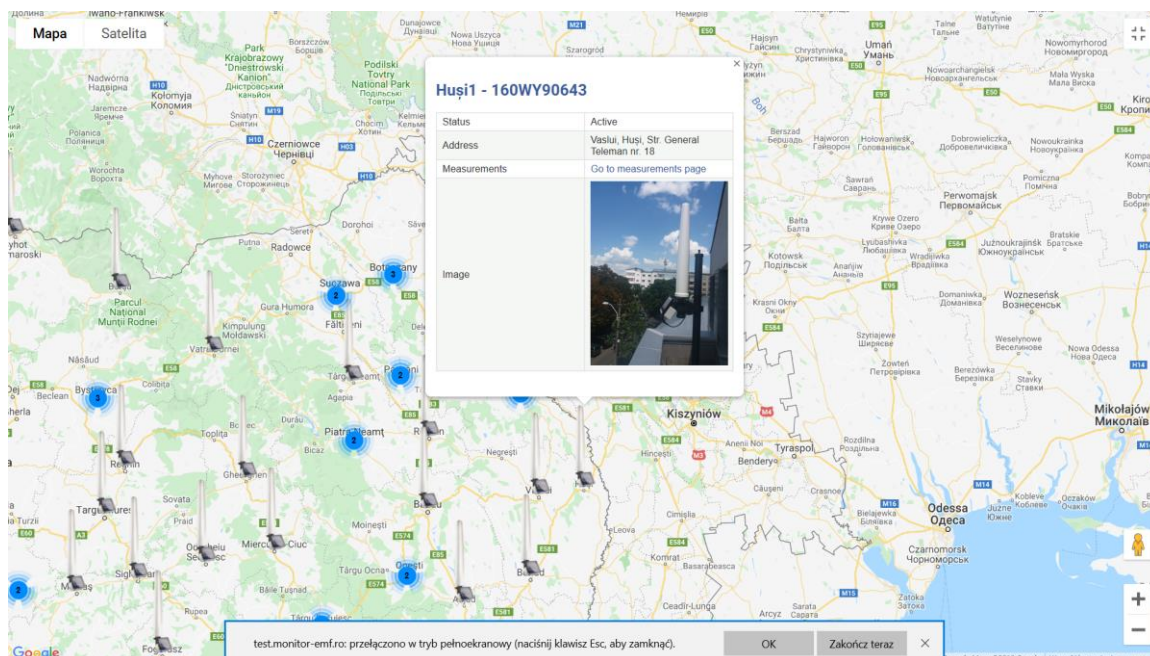
Wyniki pomiarów PEM udostępniane są na stronie: <http://www.monitor-emf.ro/en/> (Rys. 13).



Rys. 13 Strona główna - monitoring PEM w Rumunii

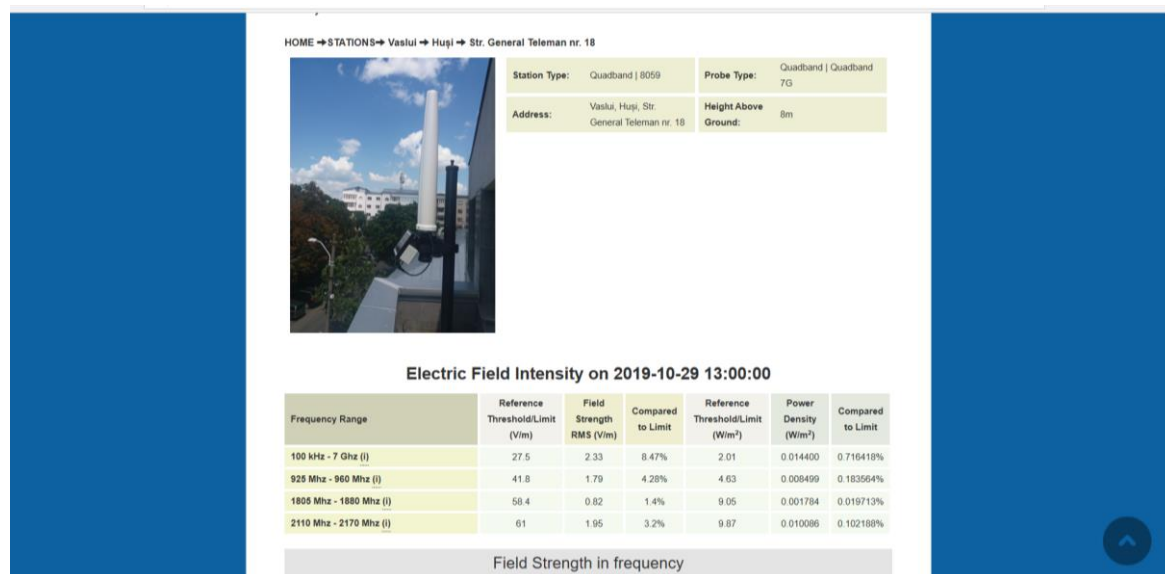
Stacjonarny monitoring PEM jest realizowany głównie na zewnątrz pomieszczeń, za pomocą 100 szerokopasmowych stacji monitorujących zainstalowanych w Bukareszcie

i w innych 62 miastach w Rumunii. Stacje monitorujące są zlokalizowane w sąsiedztwie placówek edukacyjnych, szpitali, instytucji publicznych, obszarów z dużymi skupiskami ludności (np. dworców kolejowych) lub miejsc publicznych znajdujących się w pobliżu wielu źródeł pola elektromagnetycznego. Udostępniona na stronie mapa (Rys. 14) umożliwia przeglądanie wszystkich miejsc instalacji stacji monitorujących oraz dostęp do wyników pomiarów wykonanych przez te stacje.

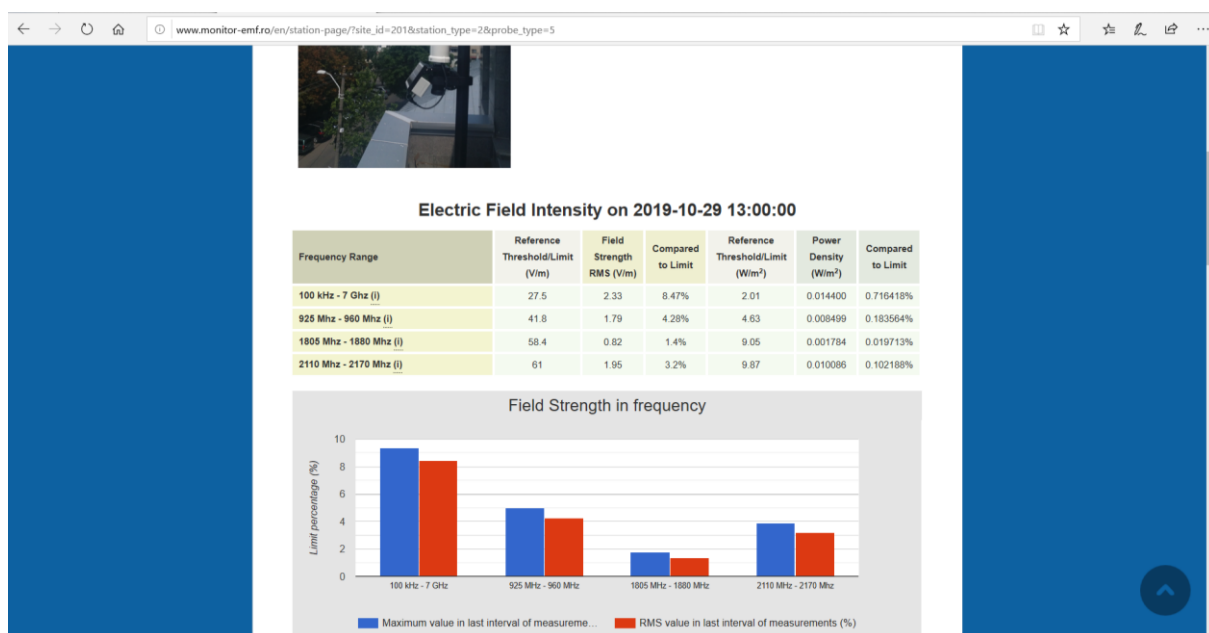


Rys. 14 Mapa z rozmieszczeniem stacji monitorujących – monitoring PEM w Rumunii

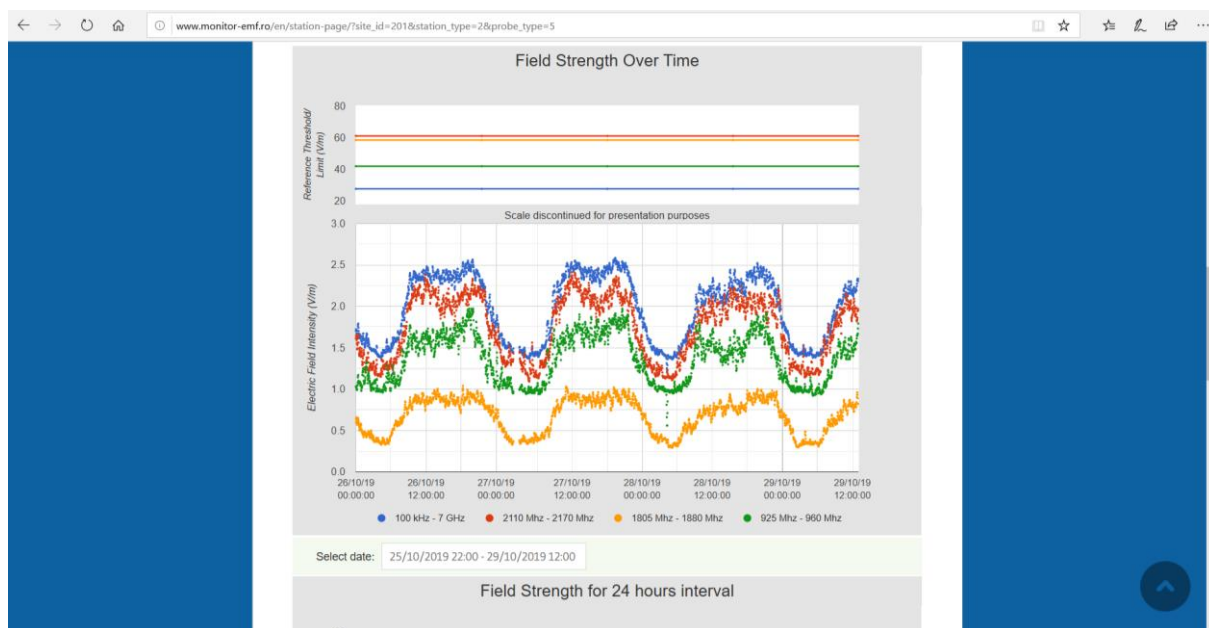
Wyniki pomiarów, dla każdej stacji, są prezentowane w formie tabel i wykresów (Rys. 15 – Rys. 18). Dla różnych zakresów częstotliwości udostępniane są: uzyskane średnie i maksymalne wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego, odpowiadające im wartości gęstości mocy oraz wyrażone w procentach odniesienie do poziomu dopuszczalnego ustanowionego rozporządzeniem Ministra Zdrowia Publicznego nr 1113/2006. Istnieje możliwość przedstawienia wyników dla wybranego okresu (wg daty).



Rys. 15 Tabelaryczne zestawienie wyników pomiarów – monitoring PEM w Rumunii



Rys. 16 Porównanie wyników – monitoring PEM w Rumunii



Rys. 17 Wyniki pomiarów w wybranym okresie, a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Rumunii

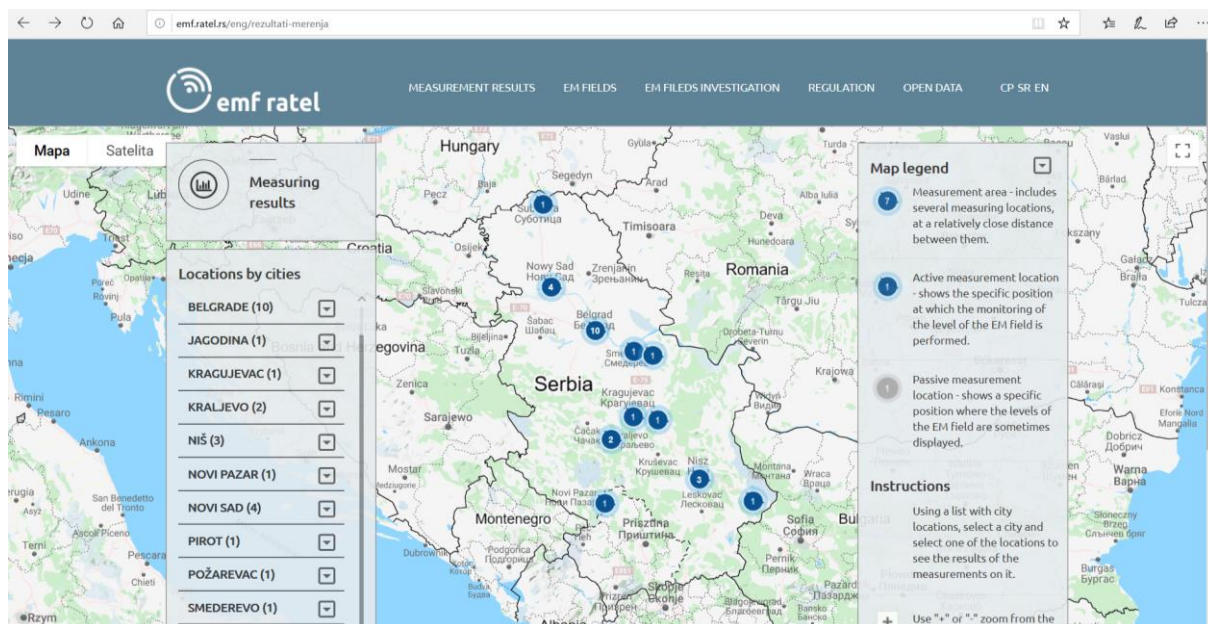


Rys. 18 Wyniki pomiarów w okresie 24 godz., a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Rumunii

5.2 Monitoring PEM w Serbii

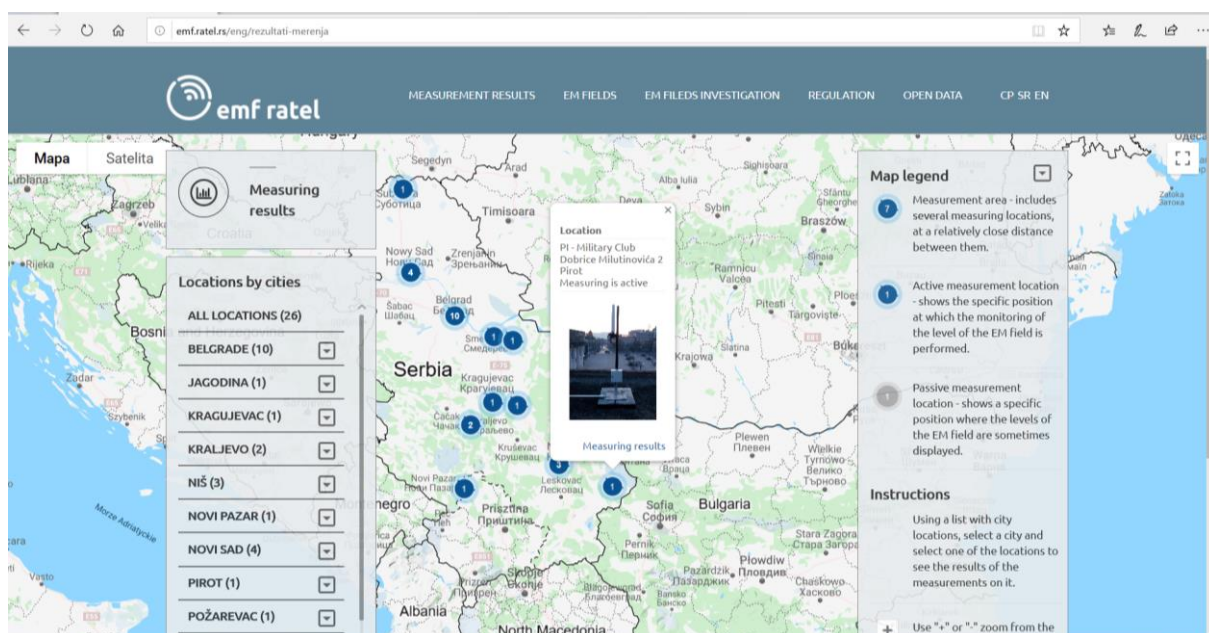
Działający w Serbii system monitoringu stacjonarnego PEM, bazuje na stacjach monitorujących firmy Narda z serii AMB, zainstalowanych w 26 lokalizacjach na terenie kraju.

Wyniki pomiarów PEM udostępniane są na stronie: <http://emf.ratel.rs/eng/rezultati-merenja>.



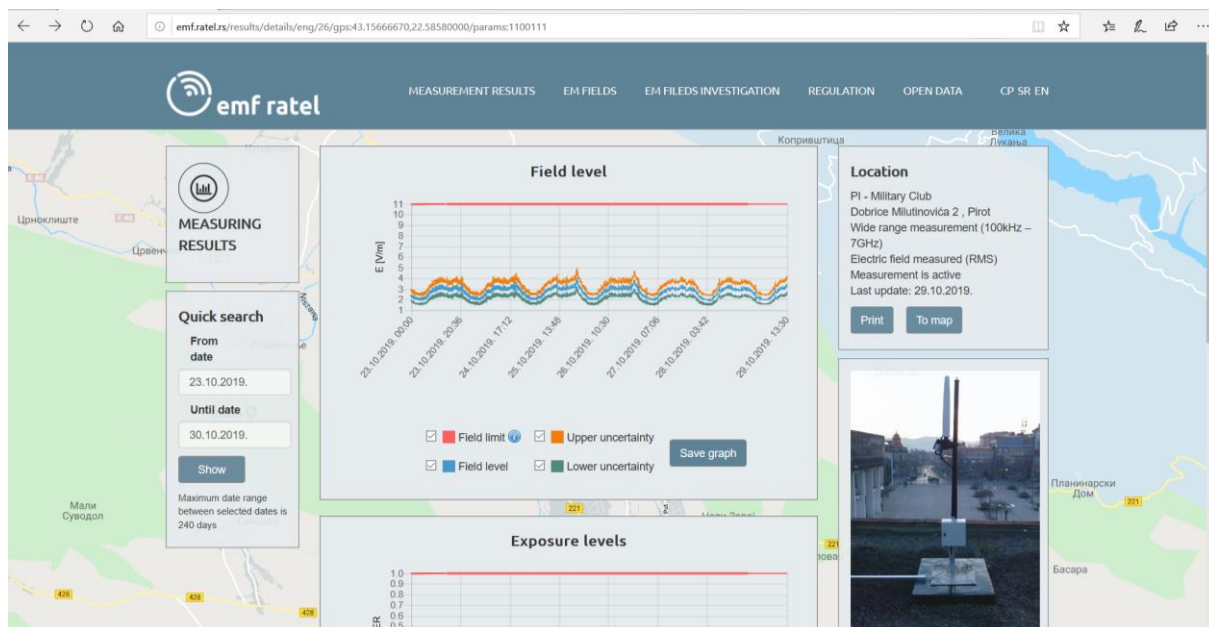
Rys. 19 Mapa z rozmieszczeniem stacji monitorujących – monitoring PEM w Serbii

Udostępniona na stronie mapa (Rys. 19) umożliwia przeglądanie wszystkich miejsc instalacji stacji monitorujących, w tym ich zdjęć i adresów (Rys. 20) oraz dostęp do wyników pomiarów wykonanych przez te stacje (Rys. 21).

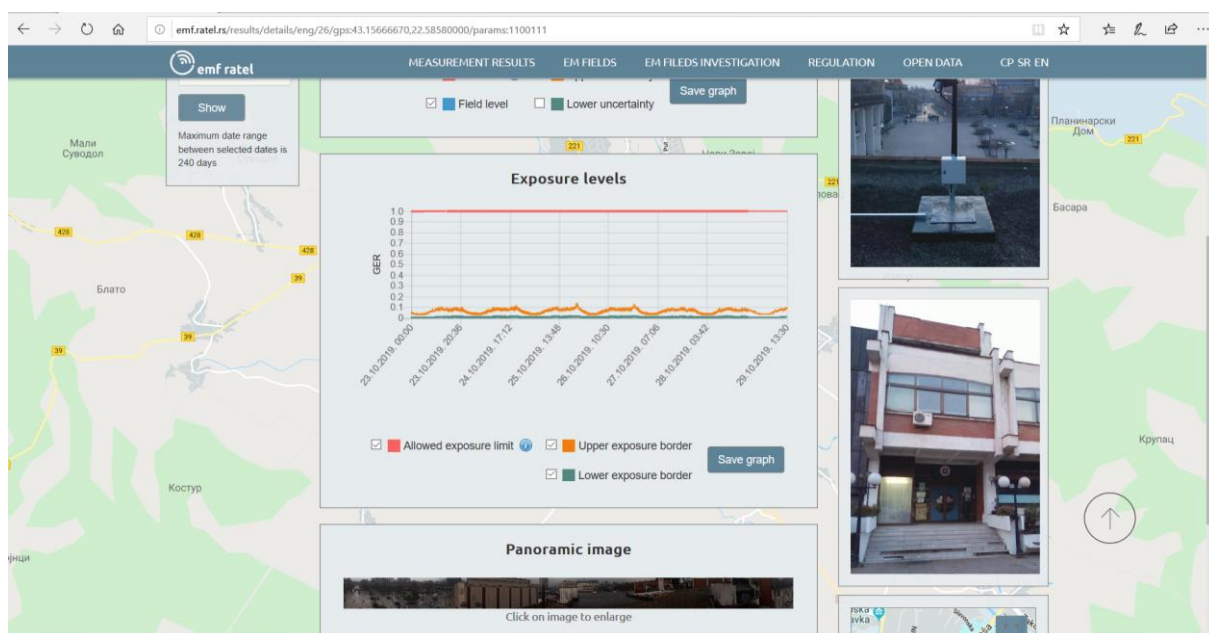


Rys. 20 Dane adresowe i zdjęcie stacji monitorującej – monitoring PEM w Serbii

Szczegółowe wyniki pomiarów, dla każdej stacji, są prezentowane w formie wykresów. Udostępniane są wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego wraz z uwzględnieniem niepewności pomiaru. Istnieje możliwość przedstawienia wyników dla wybranego okresu (wg daty). Odniesienie stanowi poziom dopuszczalny o wartości 11 V/m. Udostępniane są także unormowane wyniki pomiarów odniesione do wartości wskaźnikowej $W = 1$ (Rys. 22).

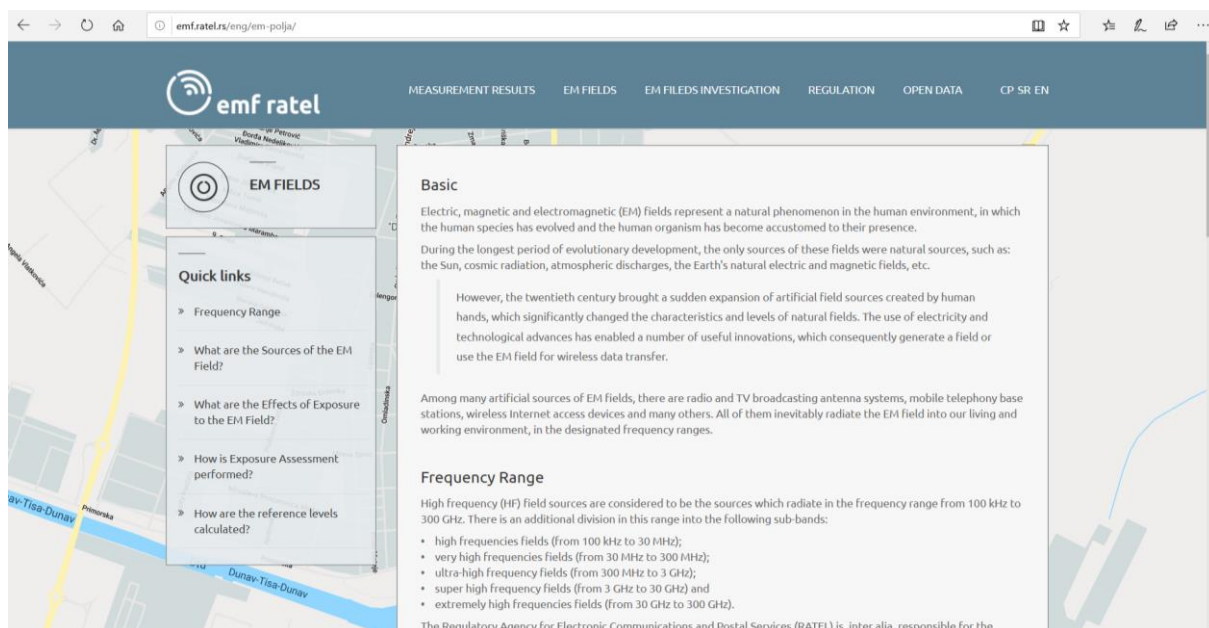


Rys. 21 Wyniki pomiarów w wybranym okresie, a poziom dopuszczalny – monitoring PEM w Serbii

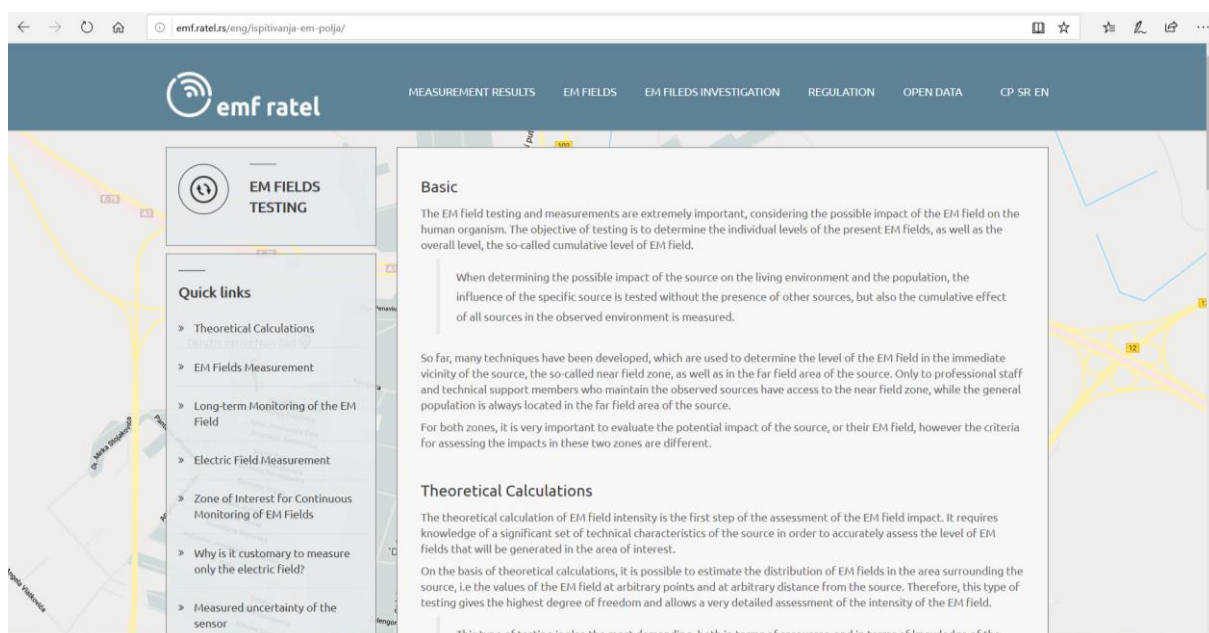


Rys. 22 Unormowane wyniki pomiarów w wybranym okresie, a wartość wskaźnika $W = 1$ – monitoring PEM w Serbii

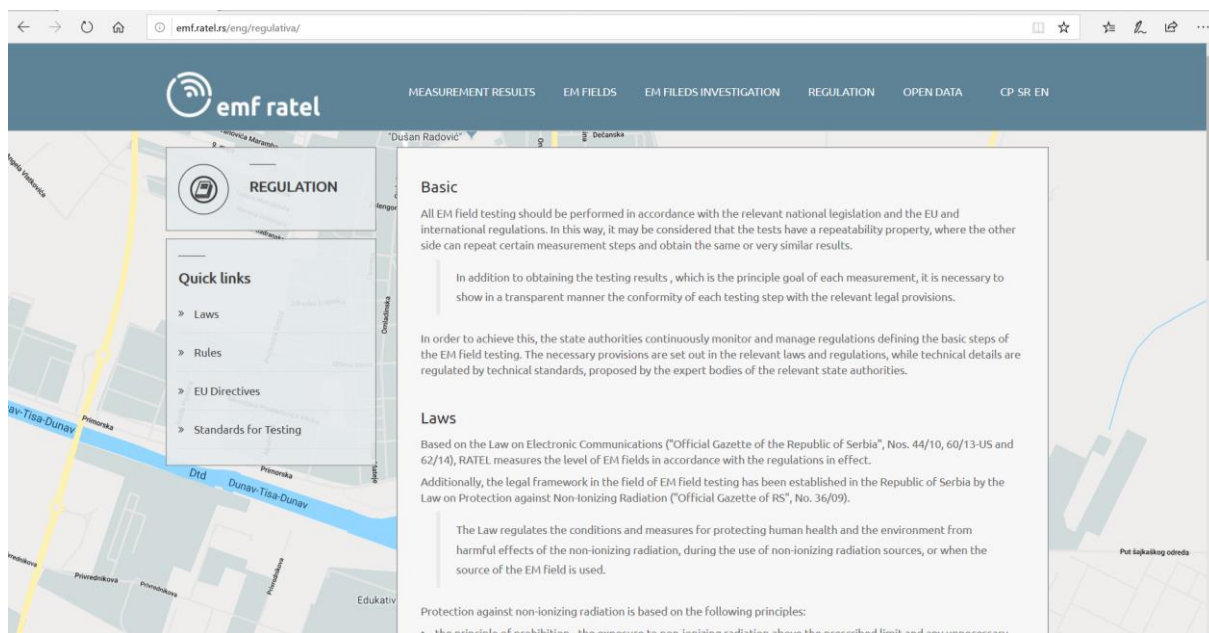
Na stronie prezentującej wyniki monitoringu stacjonarnego PEM w Serbii zamieszczone zostały także podstawowe informacje na temat pola elektromagnetycznego (Rys. 23), o prowadzonych badaniach (Rys. 24) oraz o regulacjach prawnych w tym obszarze (Rys. 25).



Rys. 23 Podstawowe informacje o polu elektromagnetycznym – monitoring PEM w Serbii



Rys. 24 Podstawowe informacje o badaniach PEM – monitoring PEM w Serbii



Rys. 25 Podstawowe informacje o regulacjach prawnych w obszarze PEM – monitoring PEM w Serbii

5.3 Monitoring PEM w Grecji

W Grecji działają obecnie dwa systemy stacjonarnego monitoringu PEM.

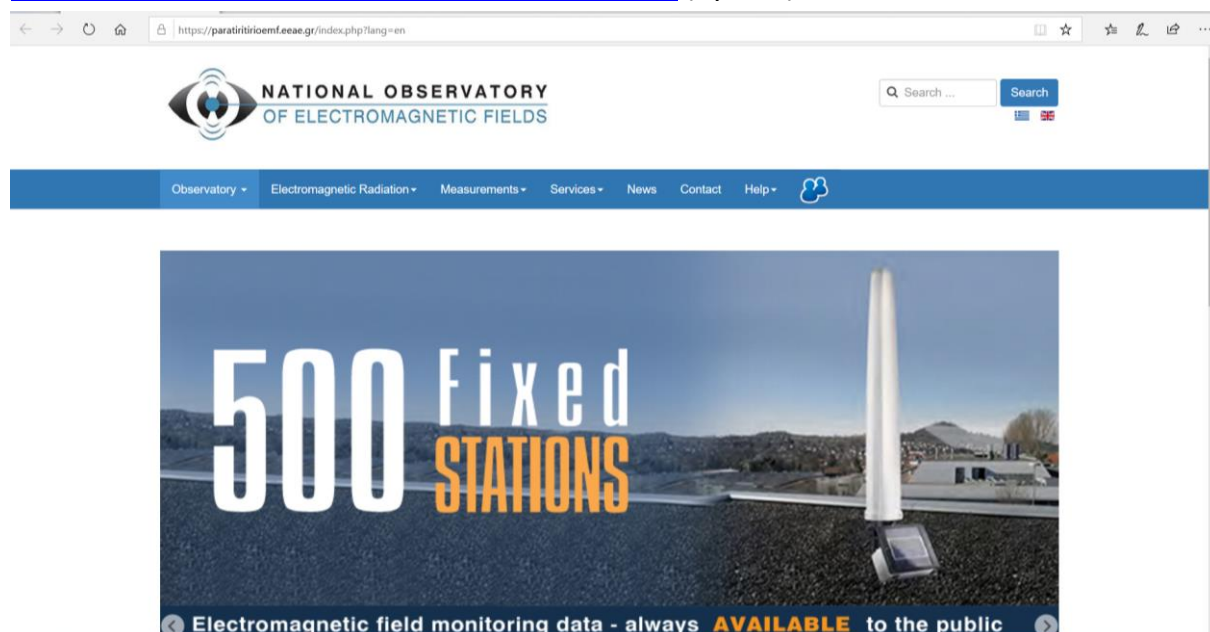
Pierwszy z nich to system monitoringu, o nazwie National Observatory on Electromagnetic Fields (NOEF), zrealizowany przez krajowy organ regulacyjny Greek Atomic Energy Commission (EEAE), właściwy m.in. do kontroli, regulacji i nadzoru w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem.

Drugi system, pod nazwą Projekt pedion24, jest systemem opracowanym przez Mobilne Laboratorium Radiokomunikacyjne Narodowego Uniwersytetu Technicznego w Atenach,

Laboratorium Radiokomunikacyjne Uniwersytetu Arystotelesa w Salonikach oraz Laboratorium Systemów Komputerowych i Komunikacyjnych Uniwersytetu Aegean.

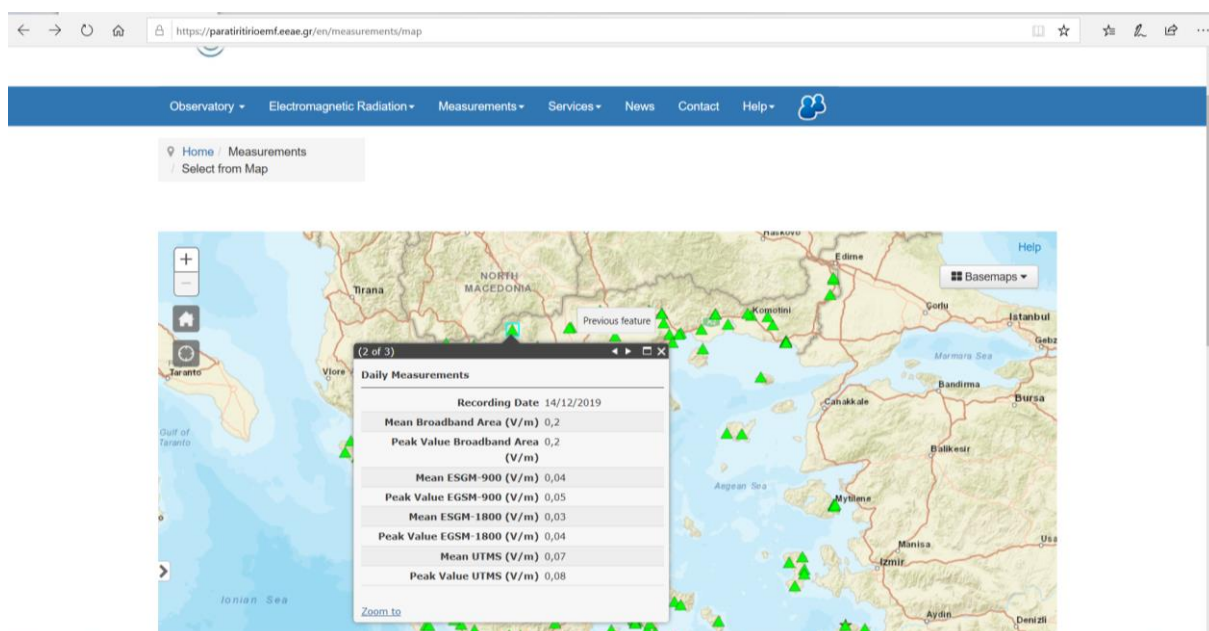
System NOEF obejmuje stacje monitorujące, zarówno szerokopasmowe, jak i selektywne, w tym 500 stacji stacjonarnych oraz 13 stacji przemieszczalnych, zainstalowanych na pojeździe. Wyniki pomiarów PEM udostępniane są na stronie:

<https://paratiritirioemf.eeae.gr/index.php?lang=en> (Rys. 26).

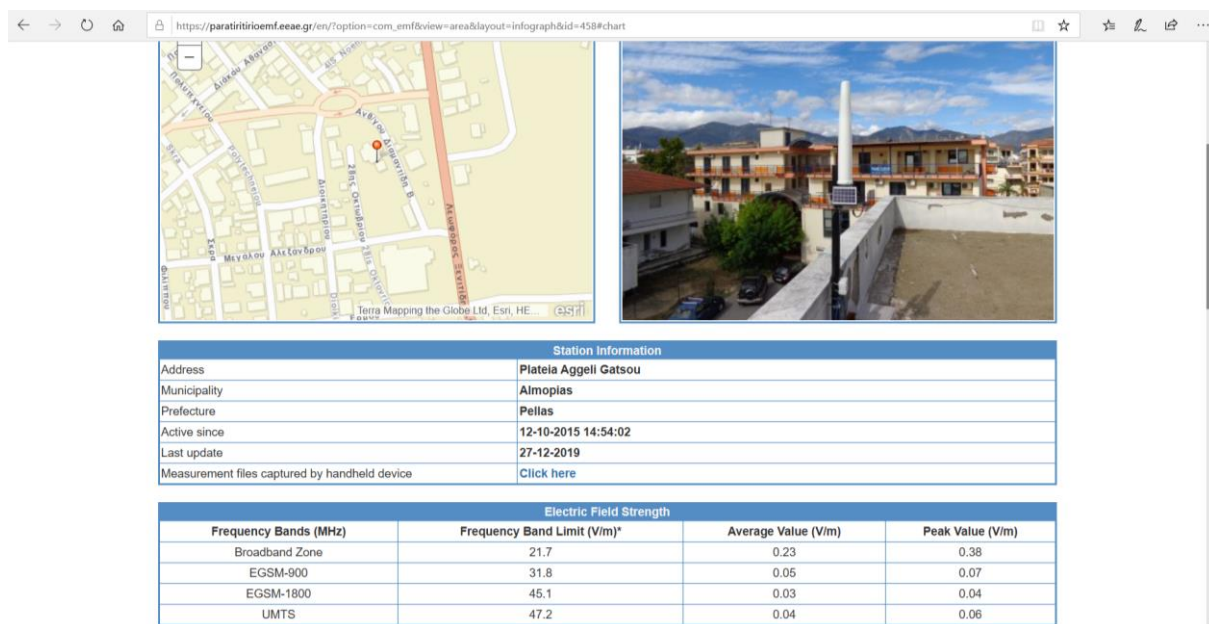


Rys. 26 Strona główna – system NOEF w Grecji

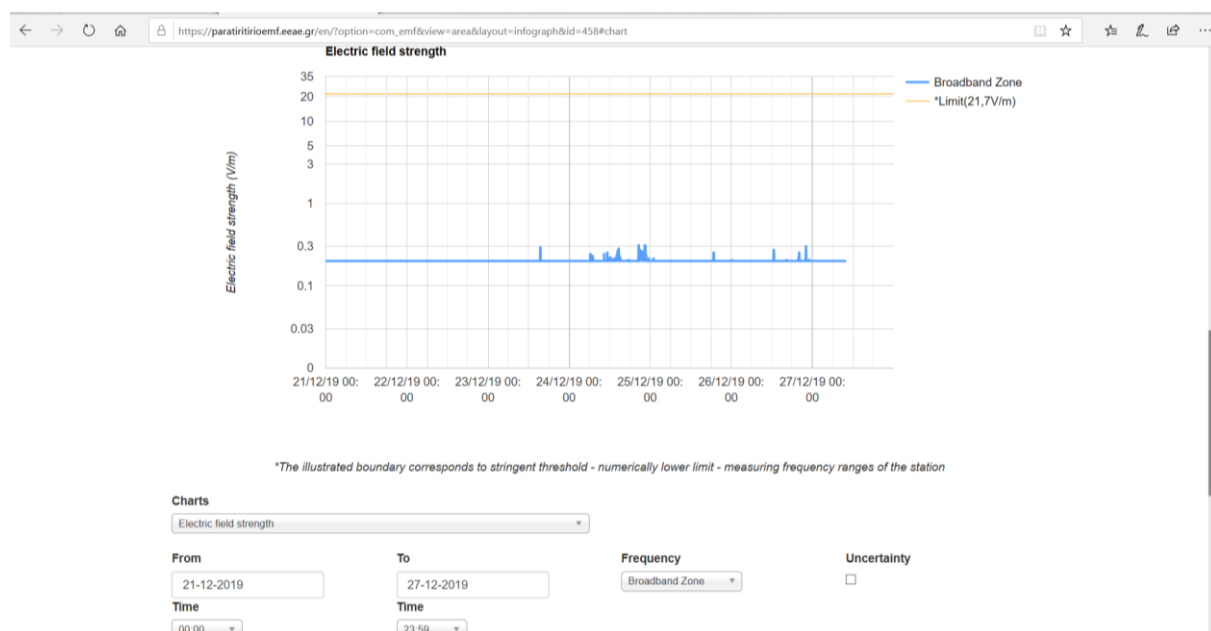
Dostęp do wyników pomiarów PEM następuje albo poprzez bezpośrednie wskazanie stacji monitorujących na mapie, albo poprzez wybór z listy. Po wskazaniu stacji uzyskuje się dostęp do wyników pomiarów szerokopasmowych oraz selektywnych, jeżeli takie były wykonywane (Rys. 27). Szczegółowe wyniki pomiarów, dla każdej stacji, są prezentowane w formie tabel i wykresów (Rys. 28, Rys. 29, Rys. 30). Dla różnych zakresów częstotliwości udostępniane są m.in.: uzyskane średnie i maksymalne wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego, odpowiadające im wartości gęstości mocy oraz unormowane wyniki pomiarów odniesione do wartości wskaźnikowej $W = 1$. Istnieje możliwość przedstawienia wyników dla precyzyjnie wybranego okresu (wg daty i godziny), także z uwzględnieniem niepewności pomiaru.



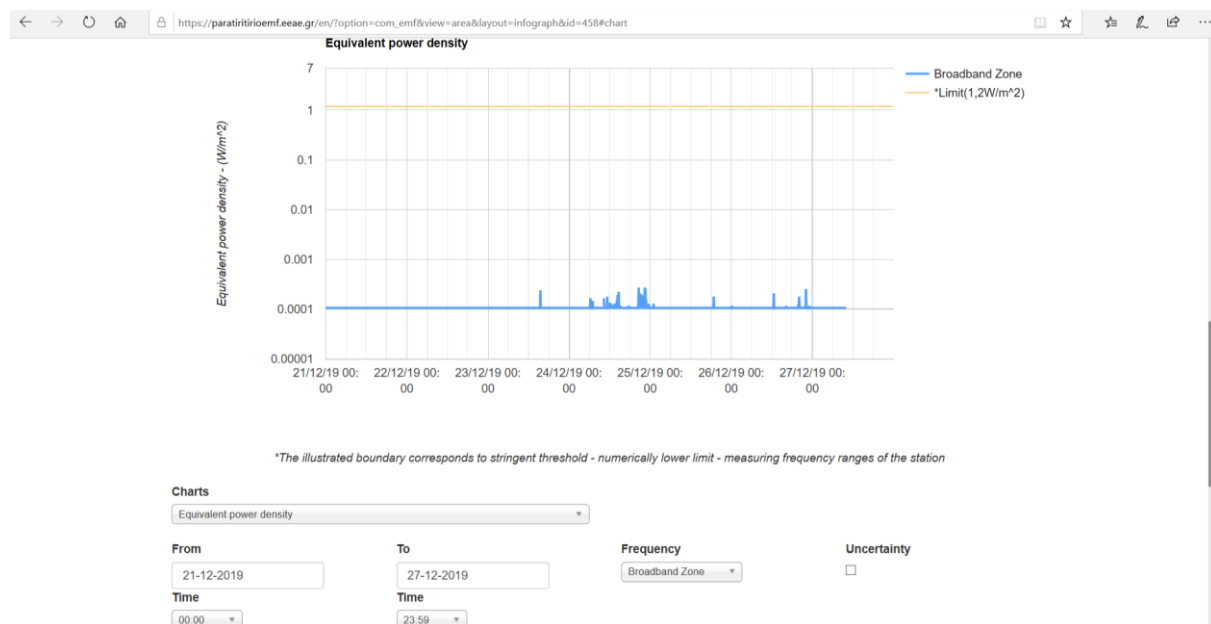
Rys. 27 Bieżące wyniki dla wskazanej stacji – system NOEF w Grecji



Rys. 28 Szczegółowe dane i bieżące wyniki dla wskazanej stacji – system NOEF w Grecji



Rys. 29 Natężenie pola [V/m] we wskazanej lokalizacji – system NOEF w Grecji



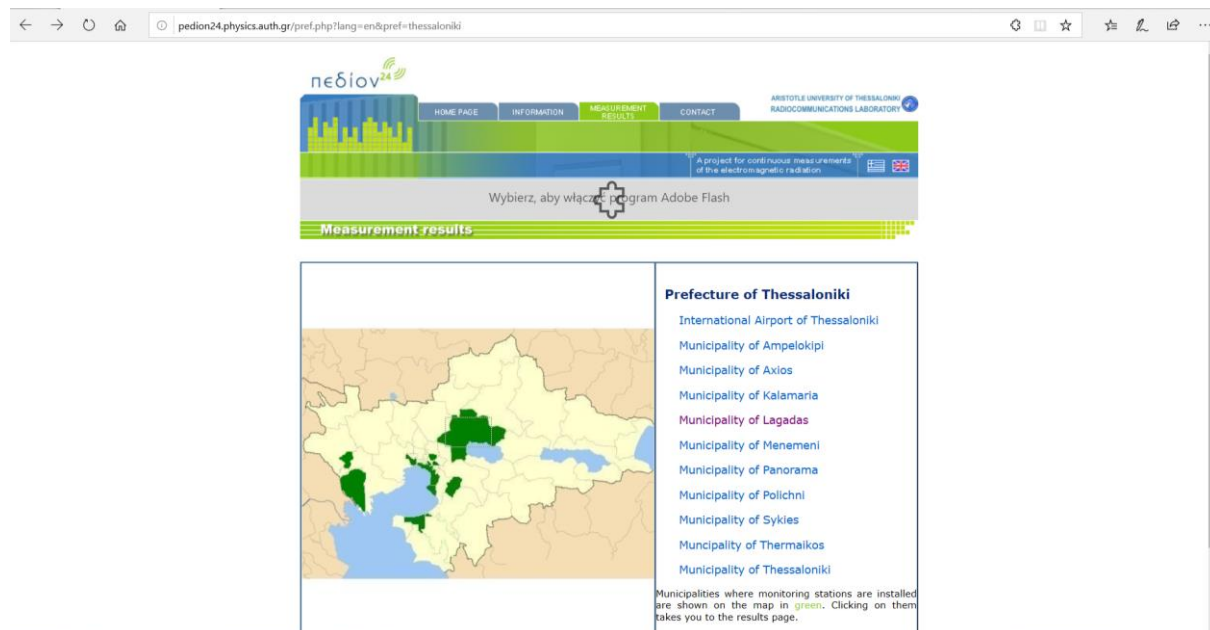
Rys. 30 Gęstość mocy [W/m²] we wskazanej lokalizacji – system NOEF w Grecji

Projekt pedion24 wykorzystuje 245 (207 aktywnych) stacji monitorujących zainstalowanych w 41 prefekturach Grecji. Lokalizacje stacji monitorujących są starannie dobierane, aby objąć miejsca o szczególnym znaczeniu (szkoły, szpitale, żłobki i obszary o wysokiej gęstości zaludnienia). Wyniki pomiarów wykonywanych przez stacje monitorujące są udostępniane na tej stronie internetowej: http://www.pedion24.gr/en/index_en.jsp (Rys. 31).



Rys. 31 Strona główna – projekt pedion24 w Grecji

Prezentacja wyników następuje poprzez wskazanie na mapie prefektury i gminy, a następnie wybór konkretnej lokalizacji, w której zainstalowana jest stacja monitorująca (Rys. 32).

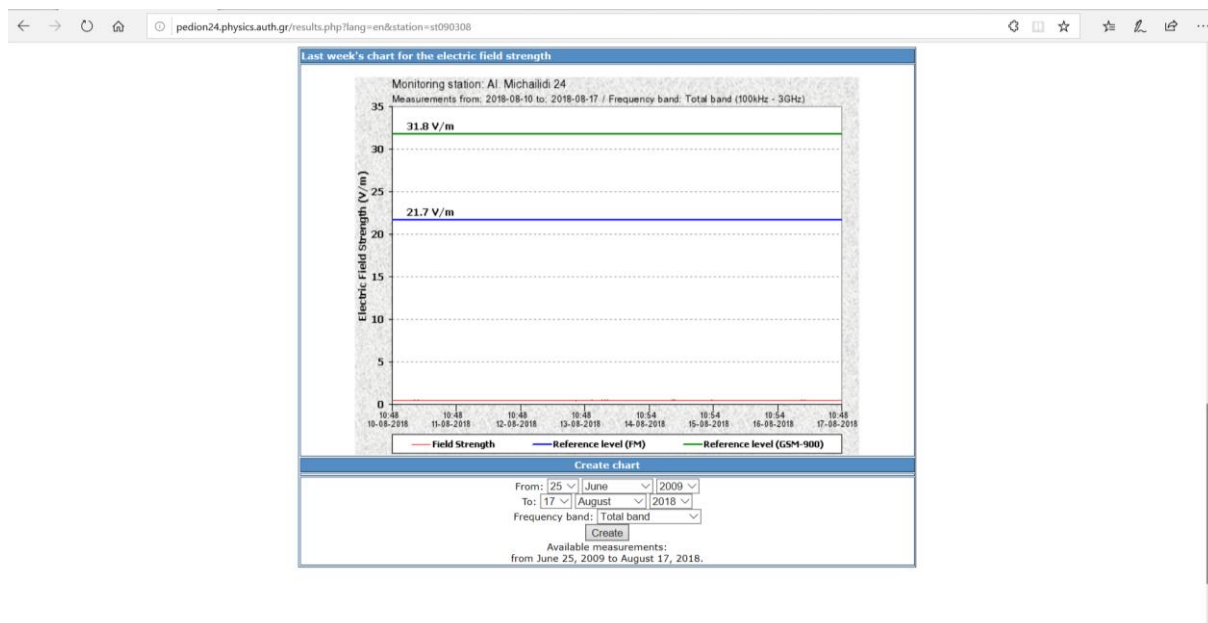


Rys. 32 Wybór lokalizacji – projekt pedion24 w Grecji

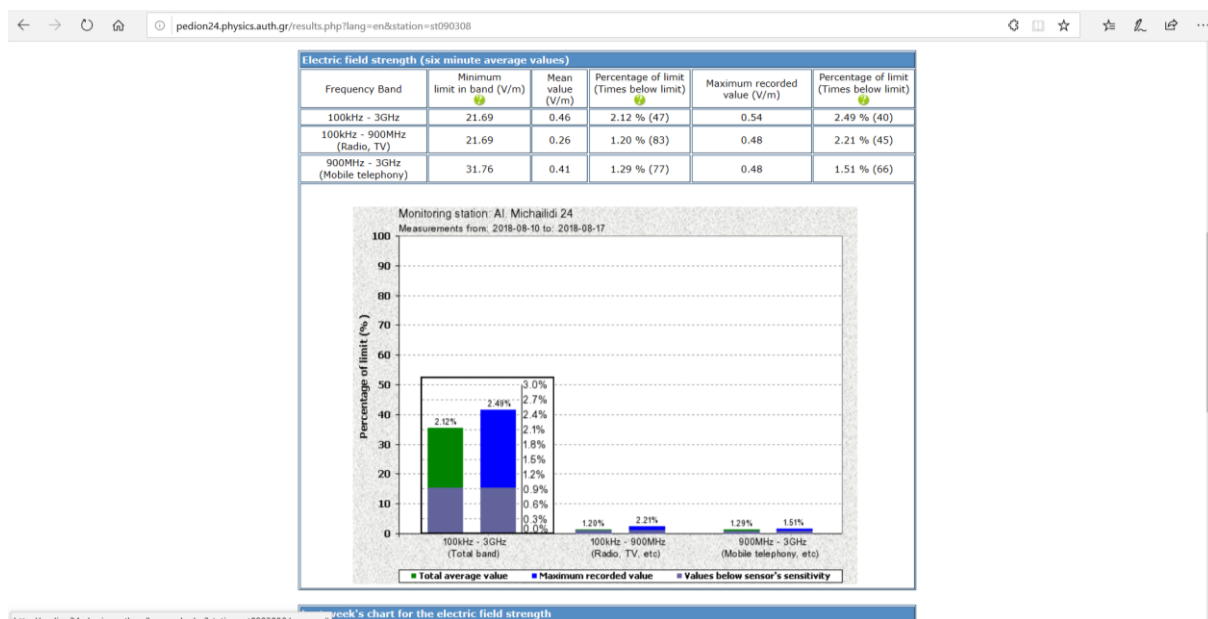


Rys. 33 Szczegółowe dane wskazanej stacji – projekt pedion24 w Grecji

Kolejne okna prezentują szczegółowe dane o wskazanej stacji oraz, w formie tabel i wykresów, uzyskane średnie i maksymalne wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego dla różnych zakresów częstotliwości oraz wybranych okresów czasu, w odniesieniu do poziomów dopuszczalnych (Rys. 33, Rys. 34, Rys. 35).



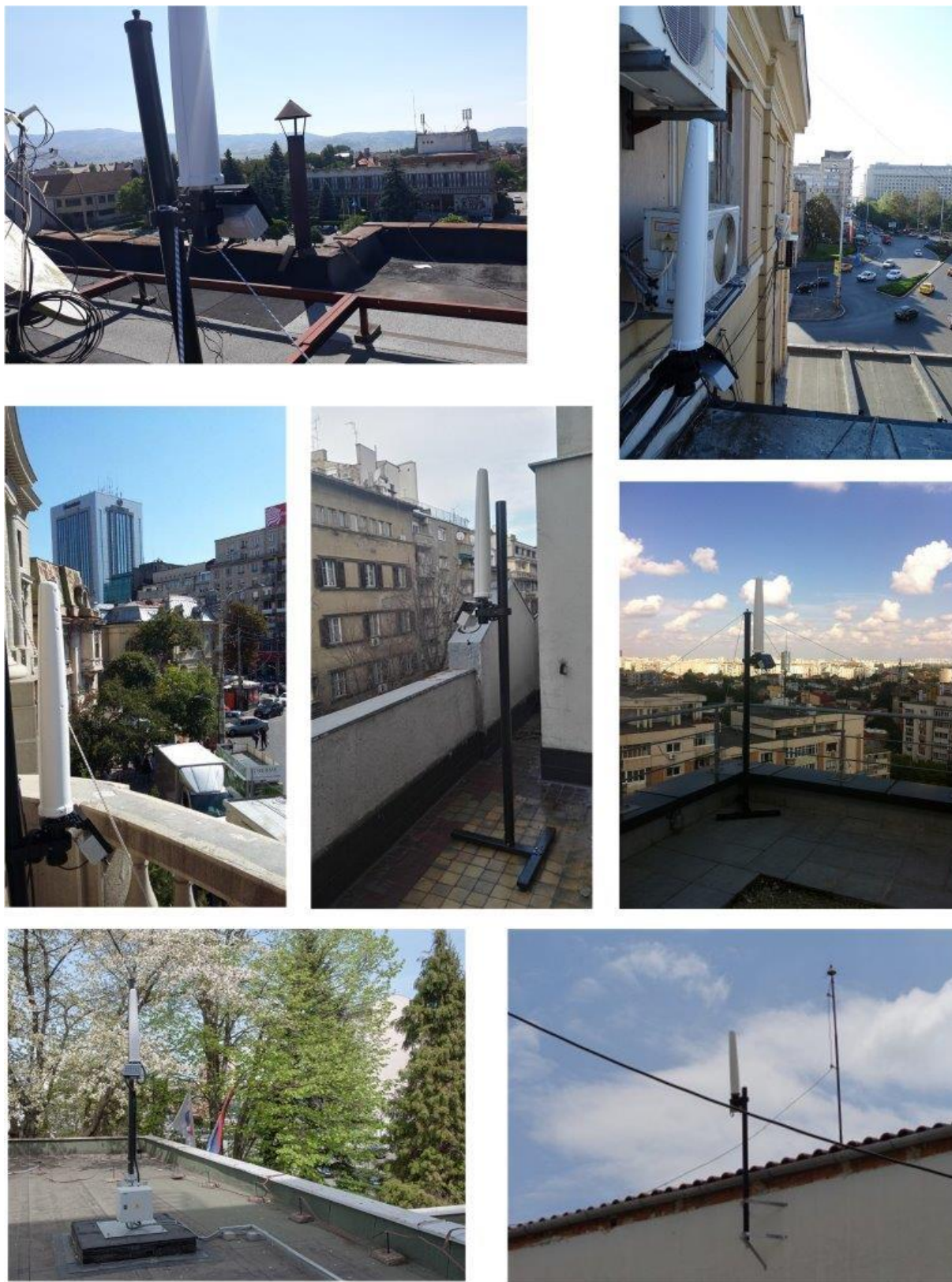
Rys. 34 Wyniki pomiarów w danej lokalizacji – projekt pedion24 w Grecji



Rys. 35 Odniesienie wyników pomiarów do poziomów dopuszczalnych – projekt pedion24 w Grecji

5.4 Przykłady lokalizacji stacji monitorujących

Na podstawie analizy opisanych powyżej stacjonarnych systemów monitoringu PEM, na Rys. 36 przedstawiono przykłady lokalizacji stacji monitorujących.



Rys. 36 Przykłady różnych lokalizacji stacji monitorujących

6. MOBILNY MONITORING PEM

Mobilny monitoring PEM umożliwia szybkie mapowanie rozległych obszarów geograficznych. Wykonywane podczas jazdy samochodem pomiary pola elektromagnetycznego są rejestrowane, a następnie obrazowane na mapach, dzięki czemu możliwe jest sprawna identyfikacja i wskazanie tych obszarów, które wymagają wykonania szczegółowych pomiarów PEM.

Monitoring mobilny może być np. realizowany z zastosowaniem stacji monitorującej firmy Narda model AMB-8059-00 z zestawem do montażu na dachu pojazdu (patrz Tabl. 1). W tym zautomatyzowanym rozwiązaniu do monitorowania PEM możliwa jest praca z wymiennymi modelami sond pomiarowych dla różnych zakresów częstotliwości (od 10 Hz do 7 GHz). Do rejestracji współrzędnych geograficznych stosowany jest pokładowy odbiornik GPS, uzyskiwanie informacji w czasie rzeczywistym umożliwia łączy optyczne, a łatwą wymianę danych – zintegrowany interfejs Wi-Fi. Systemowy adapter samochodowy, stacja monitorująca i sondy pomiarowe są zoptymalizowane do zastosowań mobilnych charakteryzujących się m.in. występowaniem wibracji.

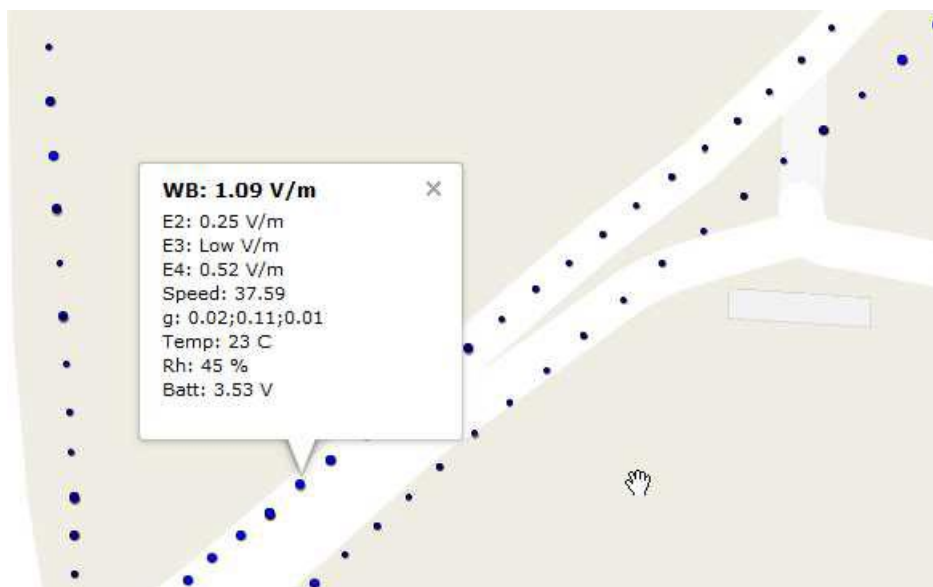
Magnetyczna podstawa pozwala na bezpieczny i szybki montaż stacji monitorującej na metalowym dachu samochodu (Rys. 37).



Rys. 37 Stacja monitorująca model AMB-8059-00 zamontowana na dachu samochodu

Rozwiązanie umożliwia bezpośredni odczyt danych w pojeździe z wykorzystaniem laptopa połączonych ze stacją monitorującą za pomocą światłowodu. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskuje się dostęp do wyników pomiarów w czasie rzeczywistym, bez zakłócania samego procesu pomiarowego. Dane pomiarowe są rejestrowane wraz ze współrzędnymi GPS, co pozwala na sprawne obrazowanie wyników pomiarów na mapach. Dane pobrane ze stacji monitorującej są konwertowane do formatu plików GPX lub KML. Oprogramowanie sieciowe (wizualizator GPS lub Google Earth) lokuje wyniki pomiarów na trasie przejazdu w formie kół, których rozmiar i kolor odnoszą się do poziomów predefiniowanych przez użytkownika. Dodatkowo można ustawić alarm dźwiękowy ostrzegający o przekroczeniu pewnej ustalonej progowej wartości PEM, co pozwala na podjęcie szybkiej decyzji dalszego przebiegu procesu pomiarowego.

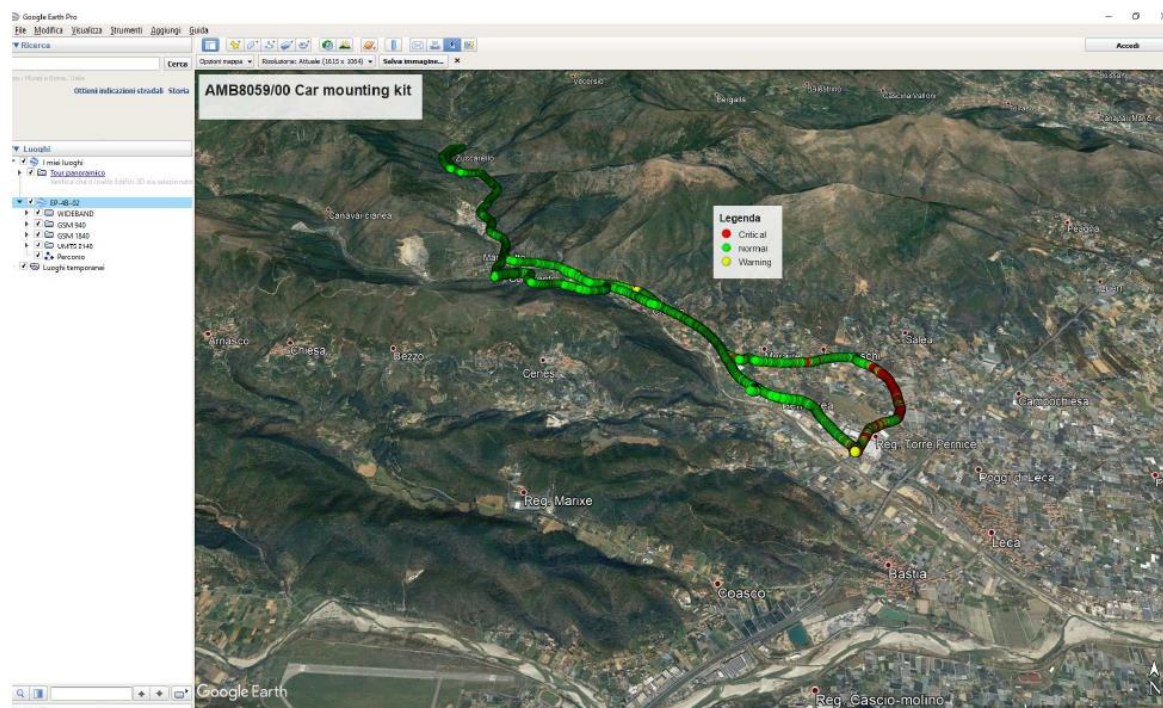
Kolejne rysunki przedstawiają przykłady wizualizacji wyników mobilnych pomiarów PEM, w tym: szczegółowe dane dotyczące wybranego punktu na trasie pomiarowej (Rys. 38), wybrany fragment trasy pomiarowej z wynikami pomiarów PEM zobrazowanymi zgodnie z przyjętą kolorystyką (Rys. 39) oraz całość trasy pomiarowej z wynikami pomiarów PEM w odniesieniu do kilku ustawionych poziomów (Rys. 40).



Rys. 38 Szczegółowe wyniki pomiaru PEM w wybranym punkcie na trasie pomiarowej



Rys. 39 Wyniki pomiaru PEM na fragmencie trasy pomiarowej



Rys. 40 Wyniki pomiaru PEM na trasie w odniesieniu do określonych poziomów

7. PROGRAM BADAŃ PILOTAŻOWYCH

Wiedza i doświadczenia zdobyte w trakcie próbnego uruchomienia systemu zostały wykorzystane przy uzgadnianiu programu badań Pilotażowego Systemu Monitoringu Stacjonarnego (PSMS) PEM.

Uzgodnienia dotyczyły:

- konfiguracji stacji monitorujących – jednakowa konfiguracja obydwu stacji;
- uruchomienia systemu – jednoczesne uruchomienie obydwu stacji, po sprawdzeniu komunikacji z serwerem;
- zmian lokalizacji prowadzenia pomiarów – minimum 3 dniowe cykle pomiarowe, obejmujące również weekendy;
- ewidencjonowania lokalizacji i czasu pomiarów – w dostępnym dla użytkowników urządzenia pliku;
- 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;
- obrazowania wyników pomiarów – zgodnie z propozycjami opracowanymi w ramach próbnego uruchomienia (pkt. 4.4).

Stacja monitorująca znajdująca się w siedzibie IŁ-PIB w Warszawie była również wykorzystana do wykonania dodatkowych pomiarów stacjonarnych w tych lokalizacjach, w których podczas kampanii pomiarowej PEM realizowanej w roku 2019, zostały stwierdzone najwyższe poziomy natężenia pola elektromagnetycznego. Ponadto była ona elementem stanowiska demonstracyjnego, udostępnianego podczas konferencji „Pole elektromagnetyczne i przyszłość telekomunikacji. Badania. Monitoring. Doświadczenia krajowe i zagraniczne.” – pomiary PEM były wykonywane w sposób ciągły, z cyklicznym uśrednianiem za okres każdych kolejnych 6 minut a jego wyniki stacja przekazywała do serwera ze zwiększoną częstością (raz na godzinę), aby w miejscu sesji plenarnych można było prowadzić na bieżąco obserwację zmian poziomu PEM (także wytwarzanego przez terminale abonenckie uczestników) w trakcie trwania konferencji.

8. URUCHOMIENIE PILOTAŻOWEGO SYSTEMU

Uruchomienie PSMS PEM nastąpiło bezpośrednio po dostawie zamówionych zestawów stacji monitorujących i sond pomiarowych.

W pilotażu wykorzystane zostały wiedza pozyskana w ramach szkolenia, doświadczenia zdobyte w testach próbnych, wyniki analizy systemów stacjonarnego monitoringu działających w Europie oraz przygotowana baza danych, wypracowany program badań pilotażowych, zaproponowane sposoby 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;
- h) zmianę miejsc instalacji stacji monitorujących zgodnie z opracowanym programem;
- i) powtórne uruchomienie cyklu badań [pkt d – g].

8.1 Wykonawcy badań

Prace realizowanych w ramach podzadania 1 w zakresie pilotażowego systemu stacjonarnego monitoringu 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,
- Henryk Parapura,
- Rafał Pawlak,
- Tomasz Sędek,
- Mikołaj Waszkiewicz.

Kluczowy zespół projektowy IŁ-PIB we Wrocławiu:

- Joanna Kalina,
- Jagoda Wierzbicka.

8.2 Aparatura i oprzyrządowanie wykorzystane do badań

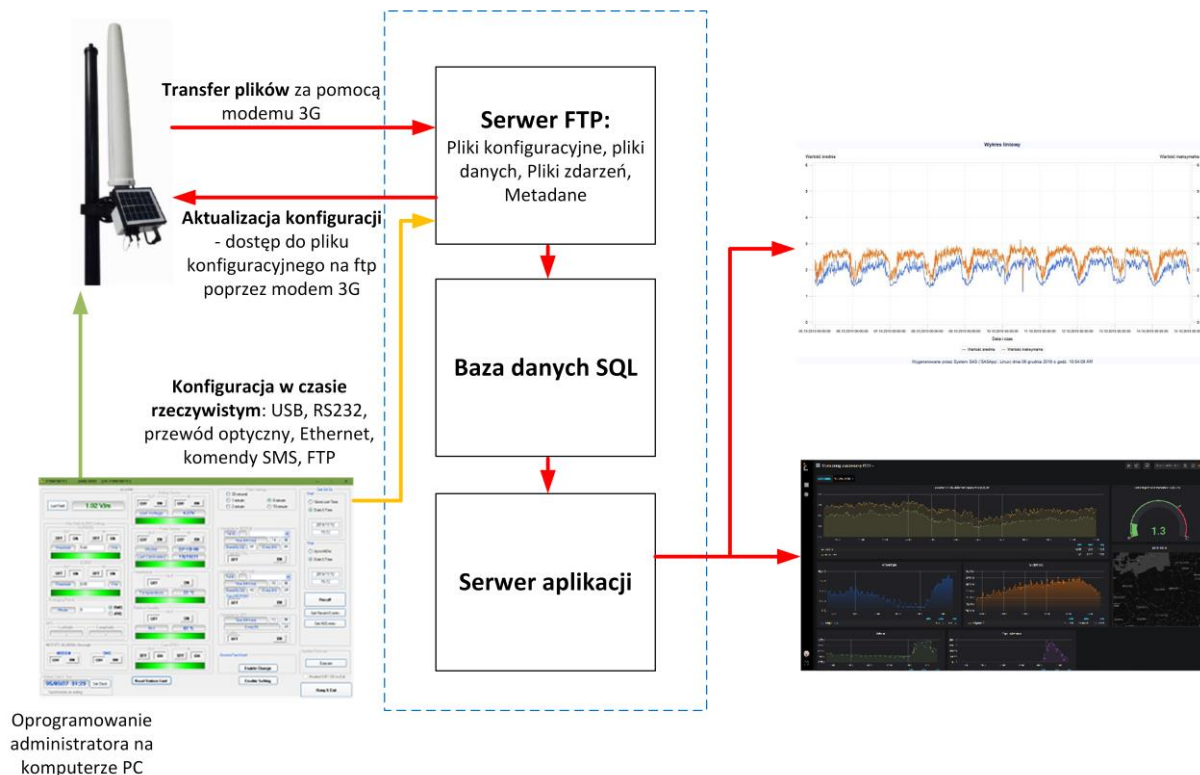
Wykazy aparatury pomiarowej stosowanej w pilotażu stacjonarnego monitoringu PEM, prowadzonym przez zespół IŁ-PIB w Warszawie oraz we Wrocławiu, są zawarte Tabl. 1.

Tabl. 4 Wykaz aparatury pomiarowej

Lp.	Nazwa	Model	Numer seryjny	Producent
1.	Stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego	AMB-8059-03	170WY90730	Narda Safety Test Solutions GmbH
2.	Stacjonarna stacja monitoringu pola elektromagnetycznego	AMB-8059-03	170WY90731	
3.	Sonda pomiarowa do pomiarów w zakresie częstotliwości 300 kHz–40 GHz	EP-1B-06	000WW91002	
4.	Sonda pomiarowa do pomiarów w zakresie częstotliwości 300 kHz–40 GHz	EP-1B-06	000WW91003	

8.3 Architektura systemu

Architektura pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego PEM, została przedstawiona na Rys. 41.



Rys. 41 Schemat architektury pilotażowego systemu monitoringu stacjonarnego (PSMS)

8.4 Konfiguracja stacji monitorujących

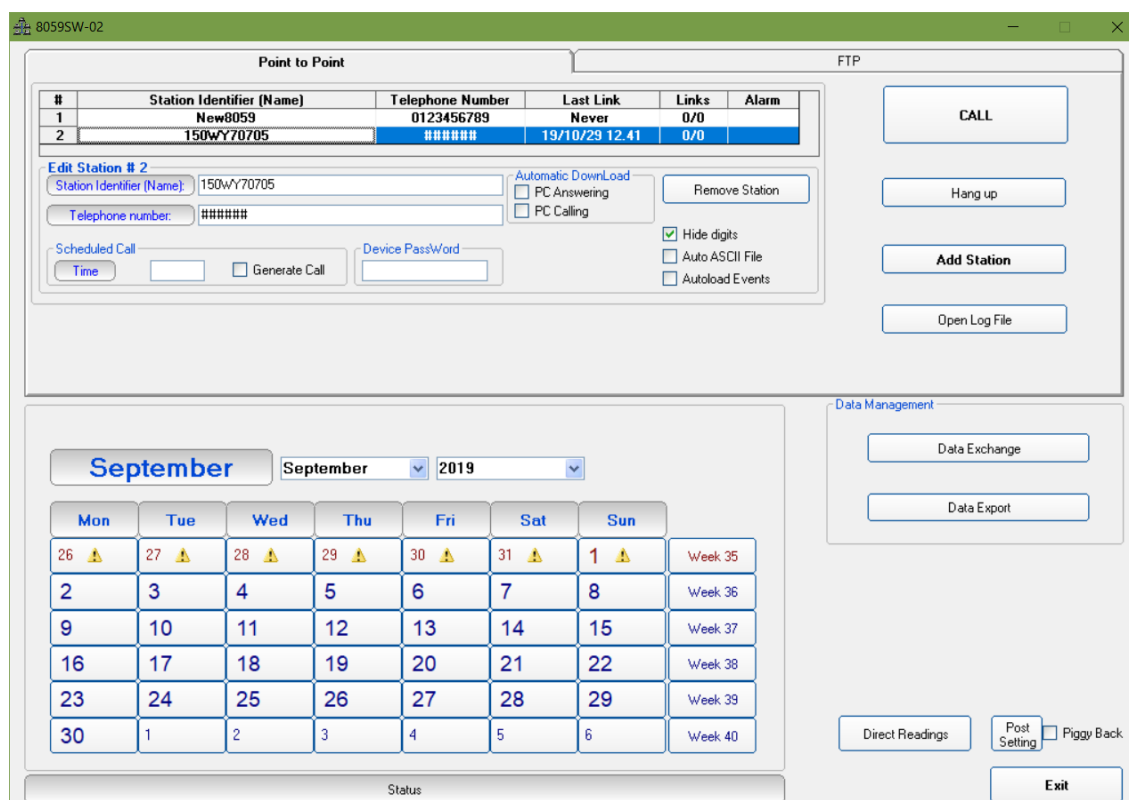
Stacja monitorująca wykonuje pomiary co sekundę i zapisuje dwa wyniki: wartość średnią oraz maksymalną (*Peak*) za wybrany okres (*Rate*), który można ustawić od 30 sekund do 15 minut (*Rate Settings*), zgodnie z Rys. 42. Ponadto możliwe jest ustawienie czasu (*Averaging Period*) oraz rodzaju (*RMS* lub *AVG*) uśredniania wyników. Uśrednianie RMS oznacza średnią kwadratową, natomiast uśrednianie AVG – średnią arytmetyczną.



Rys. 42 Okna konfiguracji parametru *Rate* i *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 obydwa parametry (*Rate* i *Averaging Period*) powinny być ustawione na 6 minut.

Na Rys. 43 ÷ Rys. 46 zostały przedstawione okna programu do konfiguracji stacji monitorujących.



#	Station Identifier (Name)	Telephone Number	Last Link	Links	Alarm
1	New8059	0123456789	Never	0/0	
2	150WY70705	#####	19/10/29 12.41	0/0	

Rys. 43 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 1

Point to Point

#	Station Identifier (Name)	Last Link	Links	Alarm
1	New8059FTP	Never	0/0	
2	150WY70705	/ /	0/10	

Edit Station # 2

Station Identifier (Name): 150WY70705
 S/N: 150WY70705
 Address: 193.110.137.184
 User Name: ###
 Password: #####

Scheduled Call
 Time: ☐ Generate Call
 Start: 00:00 (2019-09-02) Stop: 23:59 (2019-09-02) ☐

Buttons: Remove Station, Hide digits, Auto ASCII File, Data transfer settings

FTP

☐ Do not move file

Data Management

Calendar

September 2019

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	
26	27	28	29	30	31	1	Week 35
2	3	4	5	6	7	8	Week 36
9	10	11	12	13	14	15	Week 37
16	17	18	19	20	21	22	Week 38
23	24	25	26	27	28	29	Week 39
30	1	2	3	4	5	6	Week 40

Status

Rys. 44 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 2

150WY70705 (AMB-8059 S/N 150WY70705) (as it WAS 19 paź 29)

ALARM

Max Field ALARM Settings

WARNING

OUT: OFF ON IN: OFF ON
 Threshold: 5.00

ALARM

OUT: OFF ON IN: OFF ON
 Threshold: 7.00

Averaging Period: Minute 6 RMS AVG

NOTIFY ALARMS through

MODEM: OFF ON SMS: OFF ON

Battery Section

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Probe Section

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Temperature Limits

OUT: OFF ON

Relative Humidity

OUT: OFF ON

Case OPEN

OUT: OFF ON IN: OFF ON

Rate Settings

☐ 30 second ☐ 1 minute ☒ 6 minute ☐ 2 minute ☐ 15 minute

Schedule for MODEM

Tel #: Time (HH:mm) 06 : 00
 Stand By (Q) 01 Every (H) 08
 Originate CALL: OFF ON

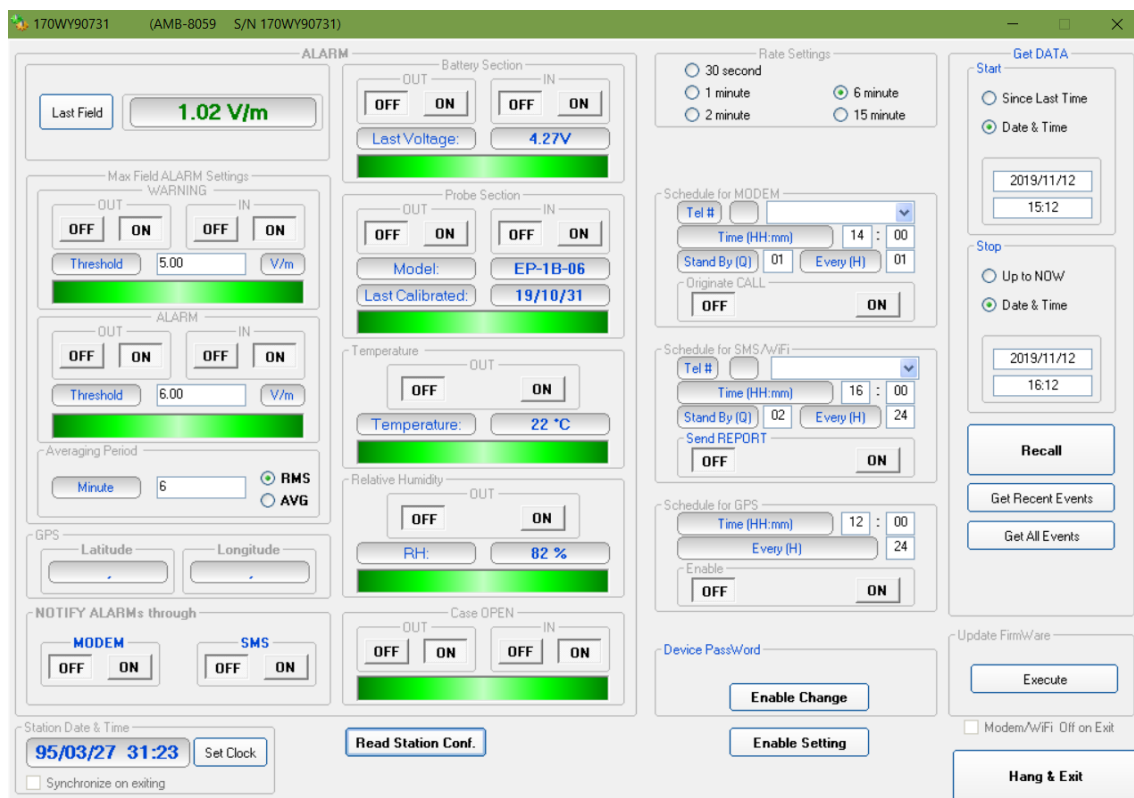
Schedule for SMS

Tel #: Time (HH:mm) 16 : 00
 Stand By (Q) 01 Every (H) 24
 Send REPORT: OFF ON

Schedule for GPS

Time (HH:mm) 05 : 00
 Every (H) 24
 Enable: OFF ON

Rys. 45 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 3



Rys. 46 Okno konfiguracji stacji monitorującej – 4

8.5 Transmisja danych

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

1. połączenie komputera ze stacją przewodem z interfejsem USB, światłowodem lub kablem Ethernet, a następnie zastosowanie oprogramowania dedykowanego;
2. przesyłanie danych do serwera FTP z wykorzystaniem wbudowanego modemu do radiowej transmisji danych 2G/3G;
3. przesyłanie danych do serwera FTP z wykorzystaniem wbudowanego modemu Wi-Fi.

Na potrzeby instalacji pilotażowej przyjęto, że dane ze stacji monitorującej do bazy danych będą przesyłane z wykorzystaniem wbudowanego modemu do radiowej transmisji danych 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 przesyłu danych do serwera FTP: od 1 godziny do 8 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.

Jednocześnie warto zauważyć, że ustawienie minimalnego interwału czasowego wpływa na efektywność pracy stacji oraz na wyniki pomiarów i skutkuje:

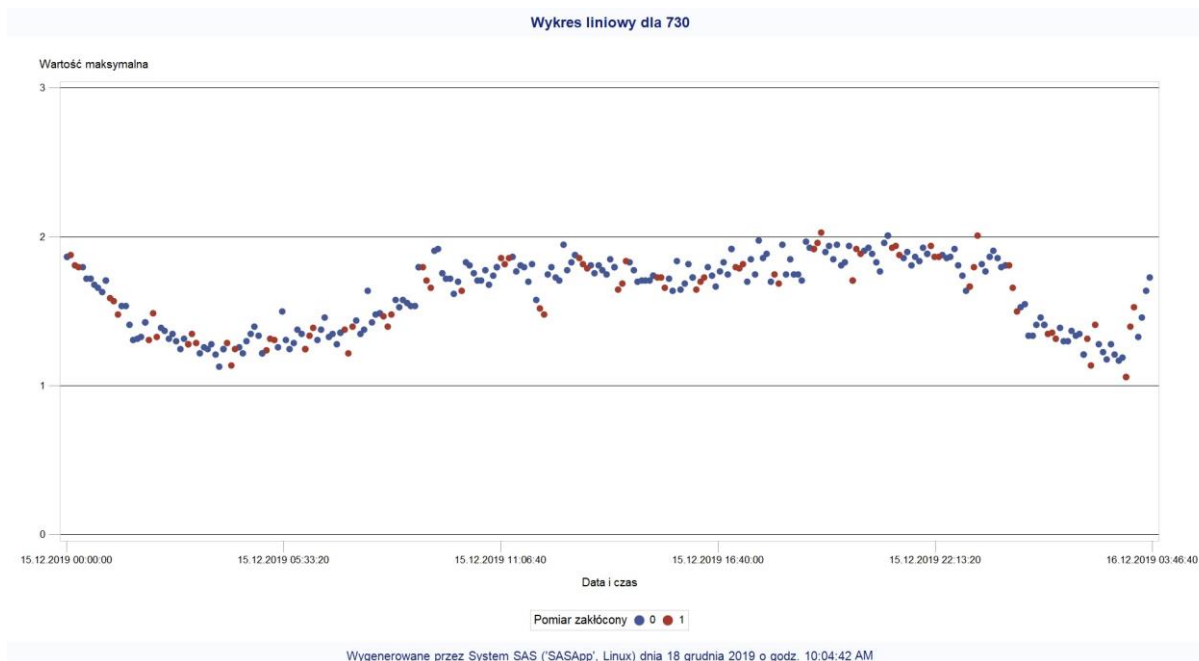
- krótszym czasem pracy z wykorzystaniem podstawowego zasilania akumulatorowego bez konieczności dołączania zasilania sieciowego 230 V AC;
- większym zapotrzebowaniem na transmisję danych;
- częstszymi zakłóceniami wyników pomiarów PEM – należy wyjaśnić, że w czasie, kiedy trwa transmisja danych przez modem radiowy 2G/3G, pomiary PEM wykonane przez stację monitorującą są oznaczane jako tzw. „zakłócone”.

Oznaczenie pomiaru, jako zakłócony może wynikać z kilku czynników:

- trwa transmisja danych za pośrednictwem modemu radiowego 2G/3G;
- włączony jest moduł Wi-Fi;
- przyrząd jest połączony kablem USB z komputerem;
- obudowa stacji została otworzona;
- do stacji dołączono kabel Ethernet.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wyniki pomiarów oznaczonych jako zakłócone, co do wartości nie odbiegają istotnie od wyników pomiarów niezakłóconych, co zostało zobrazowane na Rys. 47. Może się to wiązać z jakością sygnału sieci komórkowej (dobry / zły zasięg). Zauważono bowiem, że w warunkach charakterystycznych dla złego zasięgu sieci komórkowej, zarejestrowane wysokie wartości maksymalne PEM są powiązane z momentem aktywowania modemu radiowego 2G/3G, co zostało zobrazowane na Rys. 48.

Na obydwu rysunkach kolor niebieski oznacza pomiar zakłócony, natomiast kolor czerwony oznacza pomiar niezakłócony.



Rys. 47 Wyniki pomiaru wartości natężenia pola elektromagnetycznego, dobry zasięg



Rys. 48 Wyniki pomiaru wartości natężenia pola elektromagnetycznego, zły zasięg

Producent w instrukcji obsługi zaleca ustawienie przesyłania danych za pośrednictwem modemu radiowego 2G/3G do serwera FTP jeden raz na dobę. Jest to korzystne dla zachowania prawidłowego bilansu energetycznego, co pozwala na zapewnienie autonomii zasilania stacji monitorującej nawet podczas długich okresów złej pogody z niskim nasłonecznieniem, niewystarczającym do zasilenia urządzenia z panelu słonecznego.

Według danych producenta aktywność modemu radiowego 2G/3G skutkuje najwyższą energochłonnością. Natomiast krótka aktywność modemu radiowego 2G/3G (tylko jeden raz dziennie) pozwala na autonomiczną pracę, wyłącznie akumulatorowo, bez zasilania z ogniwa fotowoltaicznego, przez 80 dni.

8.6 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 platformy PIBUK. W celu przetworzenia danych do czytelnego formatu, opracowano dedykowany program w języku SAS 4GL, którego fragment przedstawiono na Rys. 49.

```

FILENAME files1 FTP LS
HOST=' ' USER=' ' PASS=' ' * RECFM=f LRECL=32 PASSIVE;

DATA file_list1;
  LENGTH file_name1 $100;
  INFILE files1 LENGTH=reclen;
  INPUT file_name1 $VARYING100. reclen;
  file_name1=TRIM(file_name1);
  IF prxmach('/^1.0WY.*$/ ', file_name1);
RUN;

DATA dane_stacjon2;
  FORMAT v0_ : HEX4. DEFAULT=HEX2.;
  LENGTH v_idstation $ 33;
  FORMAT v_dt NLDATM20.;
  FORMAT v_data NLDATM10.;
  FORMAT v_czas TIMES.;
  LENGTH v_fn1 $ 100;
  IF v_idstation= ' ' THEN v_idstation=SYMGET('v1_idstation');
  v_dzielnik=INPUT( SYMGET('v1_dzielnik'), 12.);
  v_min=INPUT( SYMGET('v1_min'), 12.);
  v_max=INPUT( SYMGET('v1_max'), 12.);
  SET file_list1;
  filepath1=TRIM(file_name1)||'/02_*.D59';
  INFILE infile52 FTP HOST='193.110.137.184' USER='mlb' PASS='"{SAS002}D56378550C0E2B474506961B51ABB996531FDA07"'
  RECFM=f LRECL=512 BINARY PASSIVE CD='/' FILEVAR=filepath1 FILENAME=filepath3 EOVS=v_eov END=v_end MGET;
  v_idstation=file_name1;
  v_fn1=filepath3;
  DO WHILE(NOT v_end);
    INPUT v0_wide_a S370FPIB2. v0_wide_p S370FPIB2. v0_r1 S370FPIB4. v0_bat S370FPIB1.
      v0_temp S370FPIB1. v0_al S370FPIB1. v0_perts S370FPIB1. v0_misc S370FPIB2.
      v0_dt S370FPIB2. v0_2140_a S370FPIB2. v0_2140_p S370FPIB2. v0_1842_a S370FPIB2.
      v0_1842_p S370FPIB2. v0_942_a S370FPIB2. v0_942_p S370FPIB2. v0_r2 S370FPIB2.
      v0_ch S370FPIB1. v0_rh S370FPIB1.;
    IF v0_wide_a=0FFFFx THEN DELETE;
    IF v0_wide_p=0FFFFx THEN DELETE;
    v_id_urz=SCAN( v_fn1, -2, '/' ); /* nazwa ostatniego katalogu (druga nazwa od końca), czyli id. urządzenia */
    v_plik=SCAN( v_fn1, -1, '/' ); /* nazwa pliku (pierwsza nazwa od końca) */
    v_zakl=BAND(v0_wide_a,08000x)/08000x; /* czy pomiar był czymś zakłócony */
    v_wide_sr=BAND(v0_wide_a,07FFFx)/v_dzielnik; /*dzielone przez v_dzielnik*/
    IF v_wide_sr<v_min THEN v_wide_sr=0; /* poniżej minimum */
    v_rms=BAND(v0_wide_p,08000x)/08000x; /* czy uśrednienie przez RMS */
    v_avg=BXOR(v_rms,01x); /* czy uśrednienie przez zwykłą średnią */
    v_wide_max=BAND(v0_wide_p,07FFFx)/v_dzielnik; /*dzielone przez v_dzielnik*/
    IF v_wide_max<v_min THEN v_wide_max=0; /* poniżej minimum */
    v_bat=v0_bat*0.0406; /* napięcie baterii w V */
    v_temp=BAND(v0_temp,07Fx)-40; /* temperatura w C */
    v_al_bat=BAND(v0_al,080x)/080x; /* czy był alarm związany z napięciem baterii */
    v_al_wilg=BAND(v0_al,040x)/040x; /* czy był alarm związany z przekroczeniem wilgotności względnej */
    v_al_temp=BAND(v0_al,020x)/020x; /* czy był alarm związany z przekroczeniem temperatury */
    v_al_obud=BAND(v0_al,010x)/010x; /* czy był alarm związany z otwarciem obudowy */
    v_al_uszk=BAND(v0_al,04x)/04x; /* czy był alarm związany z uszkodzeniem sprzętu */
    v_al_wart_o=BAND(v0_al,02x)/02x; /* czy był alarm związany z przekroczeniem wartości ostrzegawczej, np. 5 V/m */
    v_al_wart_al=BAND(v0_al,01x); /* czy był alarm związany z przekroczeniem wartości alarmowej, np. 7 V/m */
    v_pert_tr=BAND(v0_perts,010x)/010x; /* czy było zakłócenie związane z trwającą transmisją */
    v_pert_usb=BAND(v0_perts,04x)/04x; /* czy było zakłócenie związane z podłączeniem USB */
    v_pert_lad=BAND(v0_perts,02x)/02x; /* czy było zakłócenie związane z ładowaniem przez USB */
    v_pert_lan=BAND(v0_perts,01x); /* czy było zakłócenie związane z podłączeniem kabla Ethernet */
    v_dl_usr=BAND(v0_misc,0780x)/128; /* okres uśredniania w minutach */
    v_mi=BAND(v0_misc,07Fx);
    v_dtmi=INTNX('MONTH', '01jan2014'd,v_mi);
    v_dtmi1=DHMS(v_dtmi,0,0,0);
    v_dt=INTNX('MINUTE',v_dtmi1,v0_dt); /* data i czas pomiaru, dokładność w minutach */
    v_data=DATEPART( v_dt);
    v_czas=TIMEPART( v_dt);
    IF v_dt<=v_dt_gps THEN DO;
      v_geo_x=.;
      v_geo_y=.;
    END;
    v_pr_lad=v0_ch*4; /* prąd ładowania w mA */
    v_wilg_w=v0_rh; /*wilgotność względna*/
    eov=v_eov;
    IF v_eov=1 THEN v_eov=0;
    OUTPUT;
  END;
  DROP v0_r1 v0_r2 v_mi v_dtmi v_dtmi1 v_dzielnik v_dt_gps
  v0_2140_a v0_2140_p v0_1842_a v0_1842_p v0_942_a v0_942_p v_2140_sr v_2140_max v_1842_sr v_1842_max v_942_sr v_942_max
  file_name1;
RUN;

FILENAME _ALL_ CLEAR;

```

Rys. 49 Kod programu do pobierania i interpretacji danych z serwera FTP

Poniżej przedstawiono wymagania ze strony stacji monitorującej, jakie musi spełnić serwer 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 20 kB. To oznacza, że roczne wykorzystanie przestrzeni dyskowej wraz z rezerwą, wymagane dla jednej stacji monitorującej, wyniosłoby około 10 MB.

8.7 Dane rejestrowane przez stację monitorującą

Stacja monitorująca dokonuje pomiaru i rejestracji następujących parametrów:

- wartość średnia natężenia pola elektromagnetycznego;
- wartość maksymalna natężenia pola elektromagnetycznego;
- temperatura powietrza;
- wilgotność powietrza;
- napięcie pracy baterii;
- napięcie ładowania baterii;
- długość okresu pomiarowego;
- znacznik pomiarów zakłóconych;
- znacznik metody liczenia średniej;
- znacznik transmisji danych przez modem 2G/3G lub Wi-Fi;
- znacznik dołączenia kabla USB;
- znacznik dołączenia kabla Ethernet;
- znacznik otwarcia obudowy.

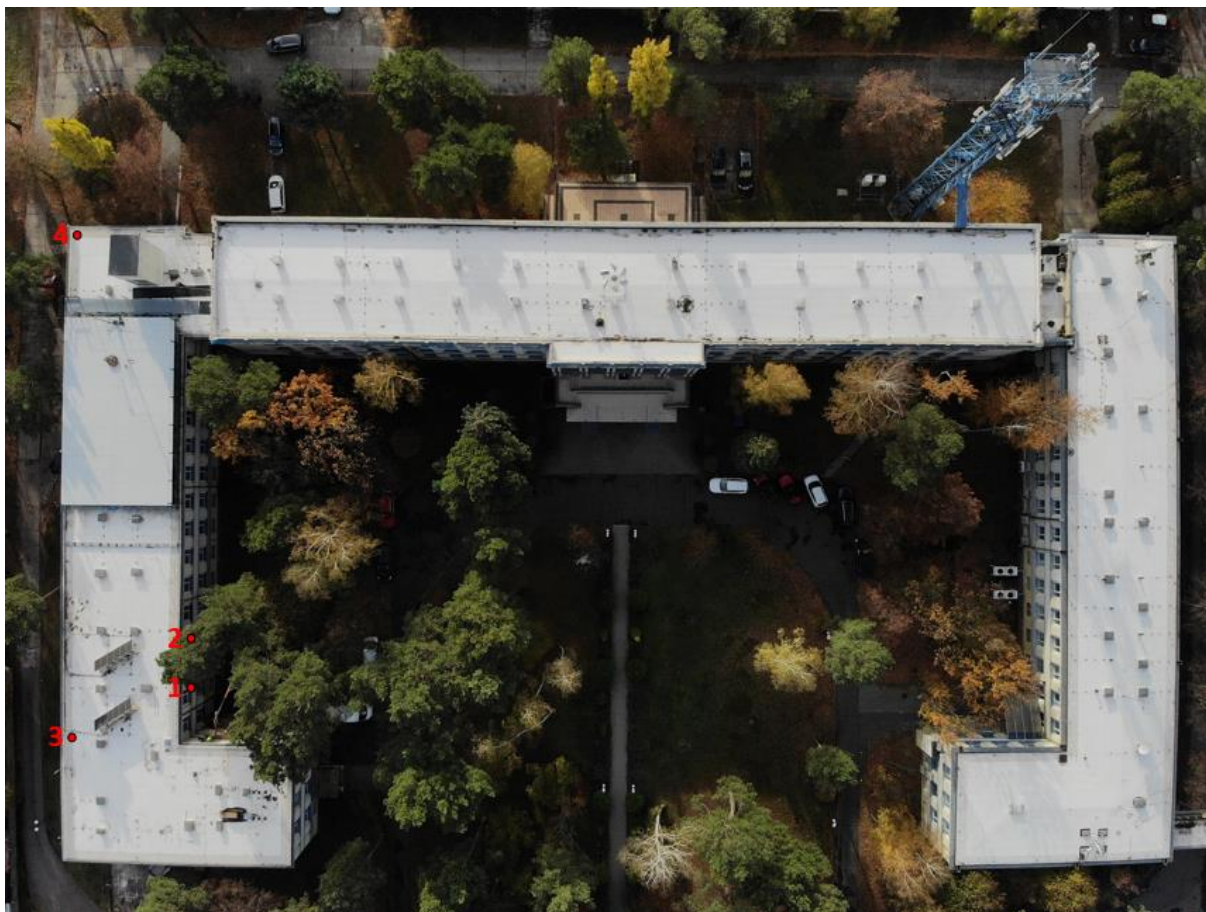
9. OBRAZOWANIE WYNIKÓW CYKLU PILOTAŻOWYCH POMIARÓW

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

9.1 Wyniki pomiarów – Warszawa

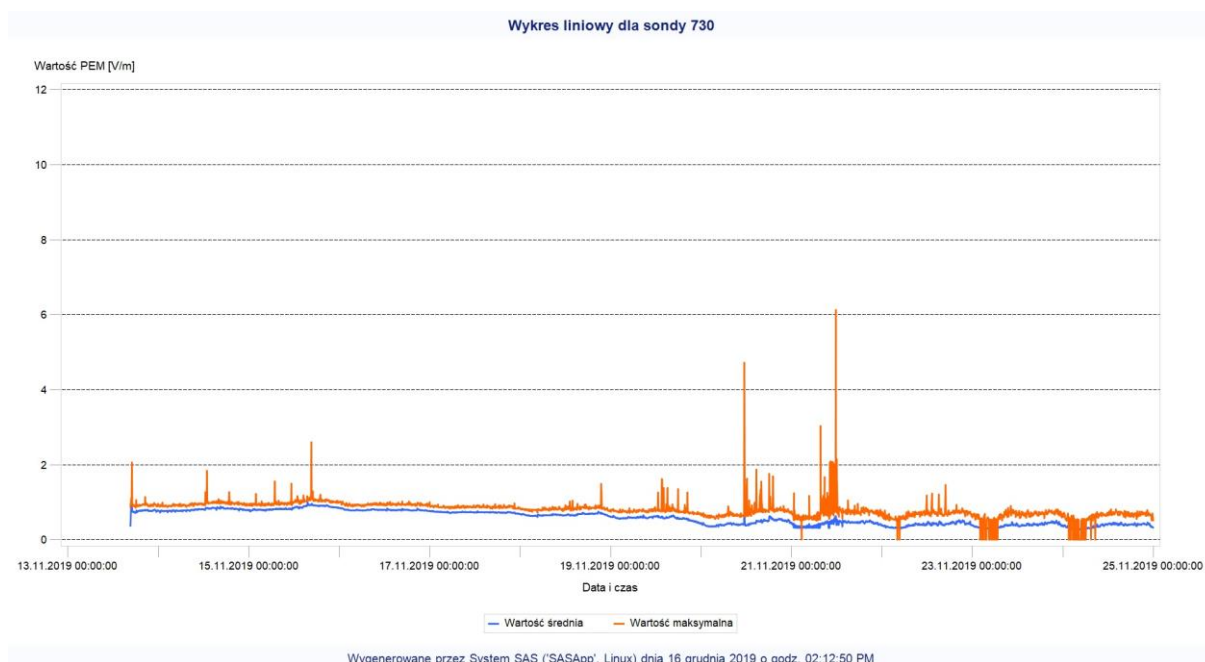
Lokalizacje pomiarowe, w których wykonywano pilotażowe stacjonarne pomiary PEM zostały zaznaczone na Rys. 50 oraz opisane poniżej.

- (1) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 95 m.
- (2) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, bezpośrednia widoczność anten SBTK w odległości ok. 90 m.
- (3) Pomieszczenie biurowe, w świetle okna, brak widoczności anten SBTK, odległość ok. 100 m.
- (4) Dach budynku, bezpośrednia widoczności anten SBTK w odległości ok. 70 m.

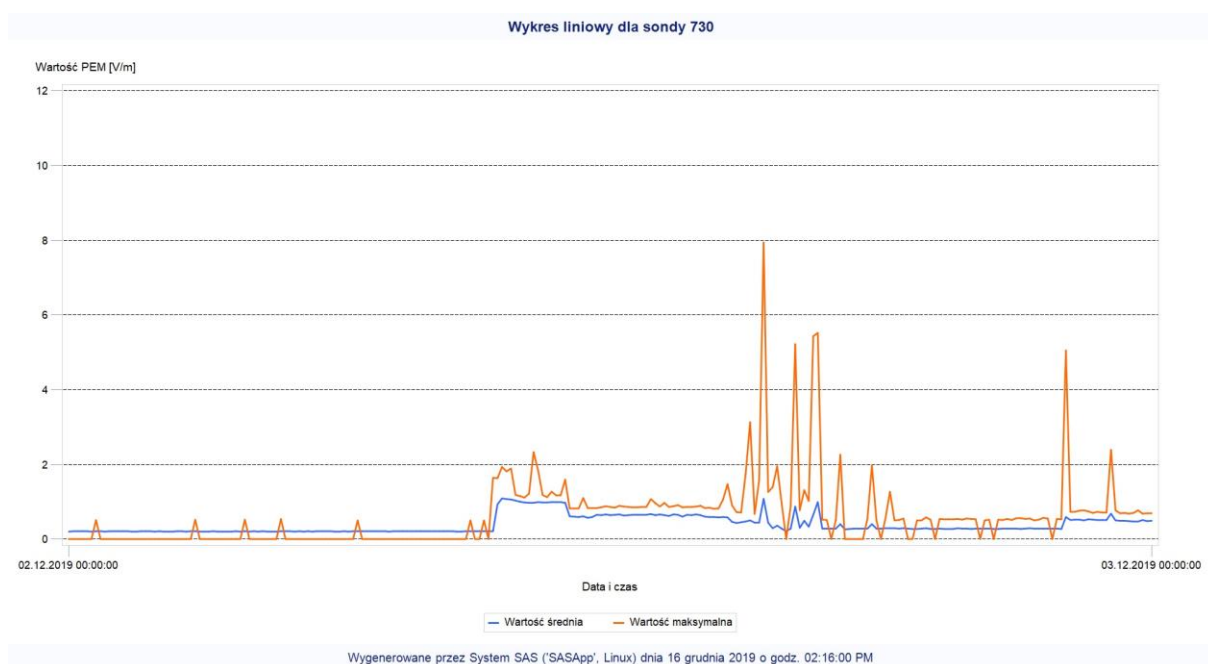


Rys. 50 Lokalizacje pomiarowe na terenie IŁ-PIB w Warszawie – pomiary pilotażowe

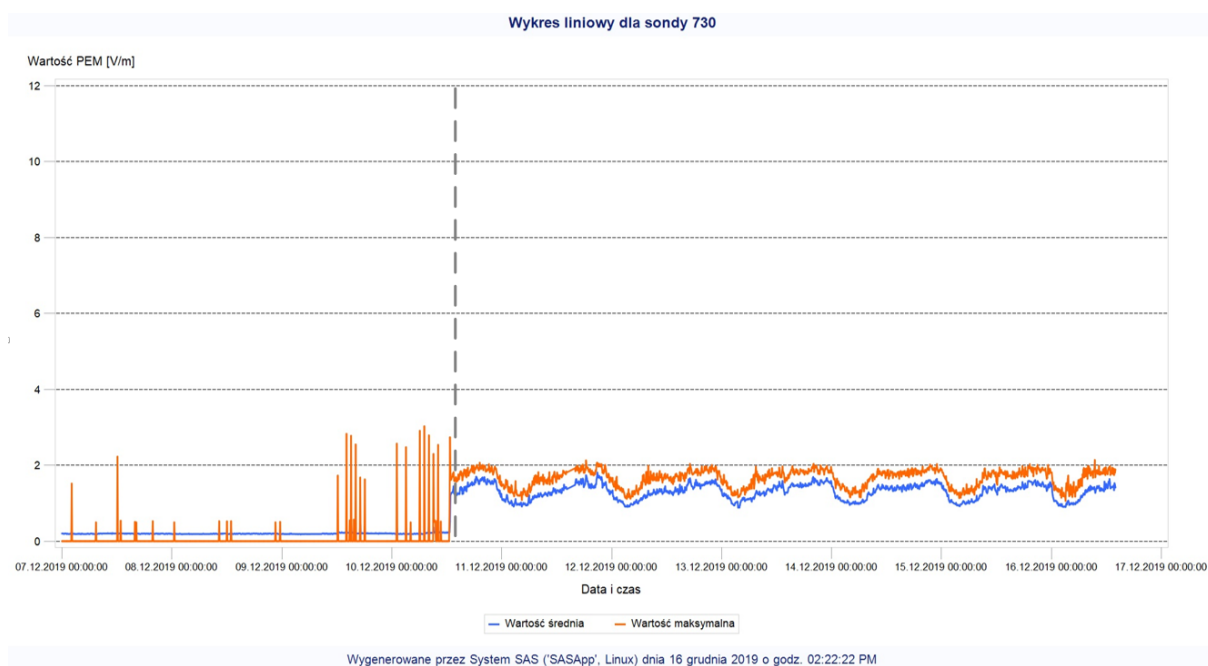
Wyniki pomiarów przeprowadzonych w lokalizacjach w Warszawie przedstawiono na Rys. 51 ÷ Rys. 53.



Rys. 51 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 1



Rys. 52 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacji nr 2

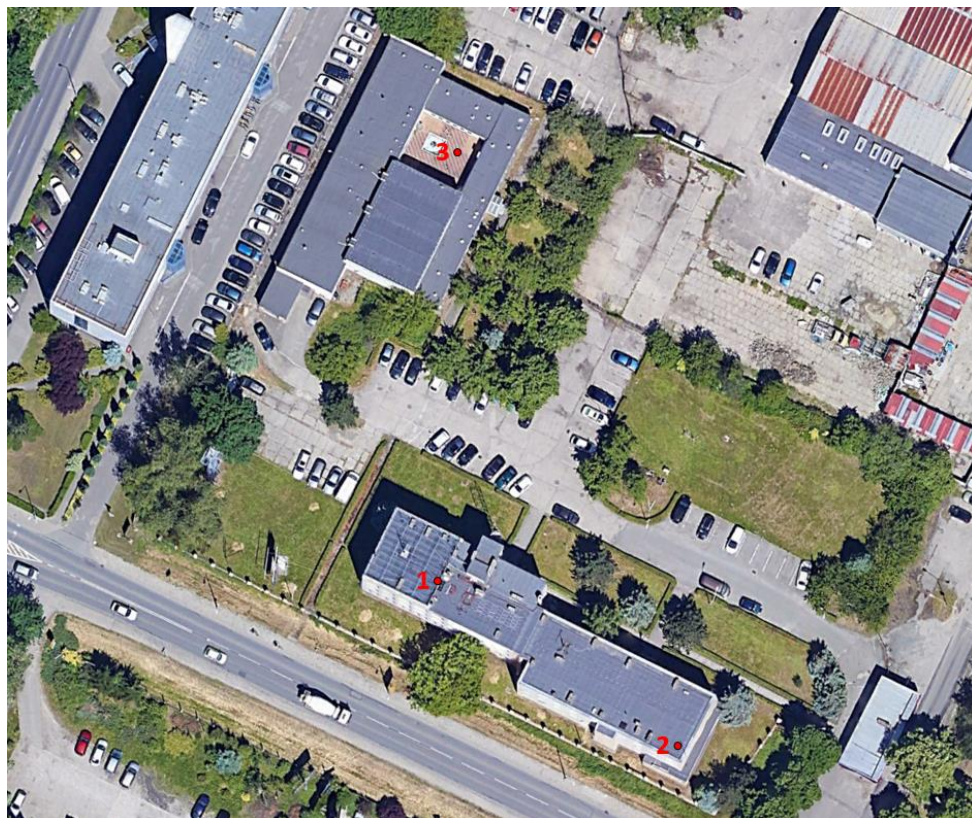


Rys. 53 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 3 i 4

Wyniki pomiarów widoczne na Rys. 53 obrazują, jak zmienia się natężenie mierzonego pola elektromagnetycznego w zależności od zlokalizowania stacji monitorującej. Po lewej stronie linii przerywanej widoczne są wyniki z lokalizacji pomiarowej nr 3, w której nie występuje bezpośrednia widoczność anten SBTk. Po przeniesieniu stacji do lokalizacji pomiarowej nr 4, w której występowała bezpośrednia widoczność anten SBTk, mierzony poziom PEM znacząco wzrósł, a jednocześnie liczba pomiarów zakłóconych uległa istotnemu zmniejszeniu.

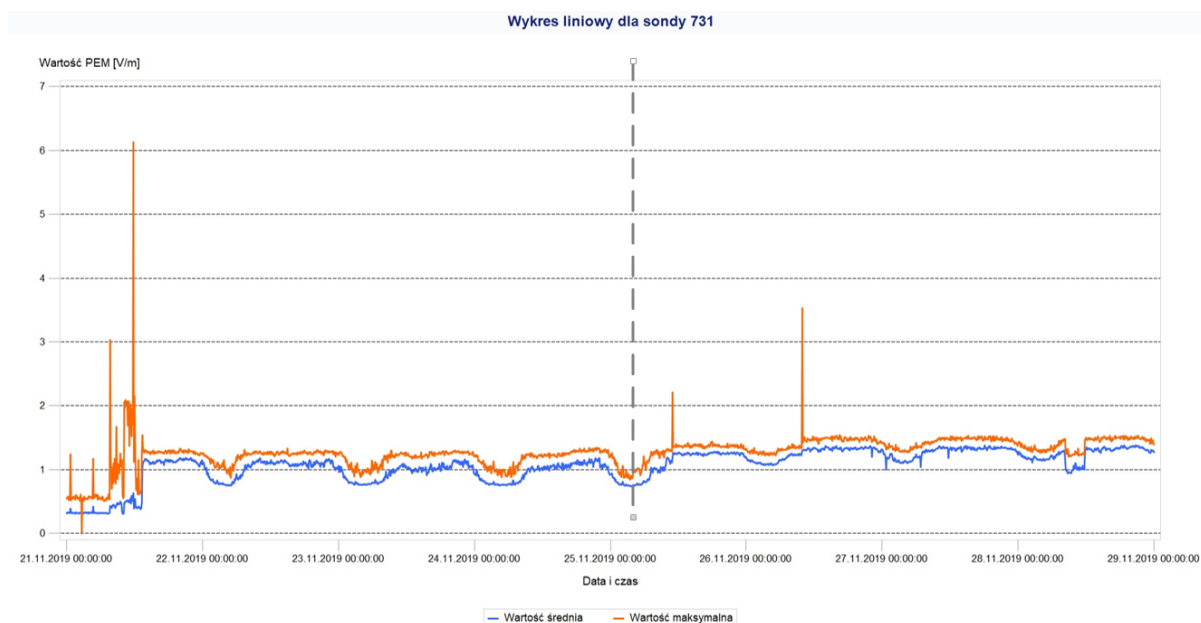
9.2 Wyniki pomiarów – Wrocław

Lokalizacje punktów pomiarowych we Wrocławiu zostały zaznaczone na Rys. 54.



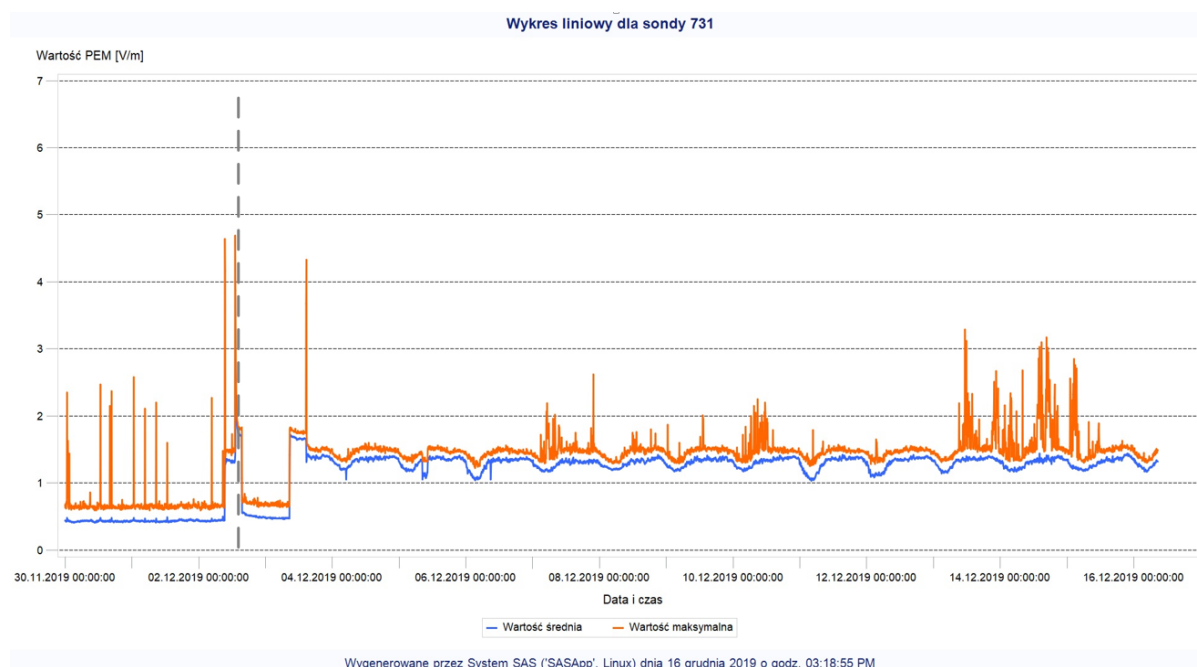
Rys. 54 Lokalizacje pomiarowe na terenie IŁ-PIB we Wrocławiu

Wyniki pomiarów przeprowadzonych w lokalizacji we Wrocławiu przedstawiono na Rys. 55 i Rys. 56.



Rys. 55 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 1 i 2

Po lewej stronie linii przerywanej widoczne są wyniki z lokalizacji pomiarowej nr 1. Przeniesieniu urządzenia do lokalizacji pomiarowej nr 2 towarzyszył nieznaczny wzrost wartości mierzonego poziomu PEM, związany prawdopodobnie z położeniem względem sąsiadującej SBTk.



Rys. 56 Wyniki pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego w lokalizacjach nr 3 i 2

Po lewej stronie linii przerywanej widoczne są wyniki z lokalizacji pomiarowej nr 3, natomiast po prawej stronie – ponownie wyniki z lokalizacji pomiarowej nr 2.

9.3 Wyniki pomiarów nomadycznych

W ramach pilotażu zostały przeprowadzone również pomiary w wybranych lokalizacjach na terenie Warszawy i Wrocławia, które miały tzw. charakter nomadyczny, tzn. stacje zostały przetransportowane, a następnie (dzięki swej autonomiczności) umieszczone w określonej lokalizacji i wówczas, podczas pracy stacjonarnej, dokonywały ciągłych pomiarów PEM przez określony czas. Pomiary w Warszawie były prowadzone z wykorzystaniem pojazdu Mobilnego Laboratorium Badawczego (MLB).

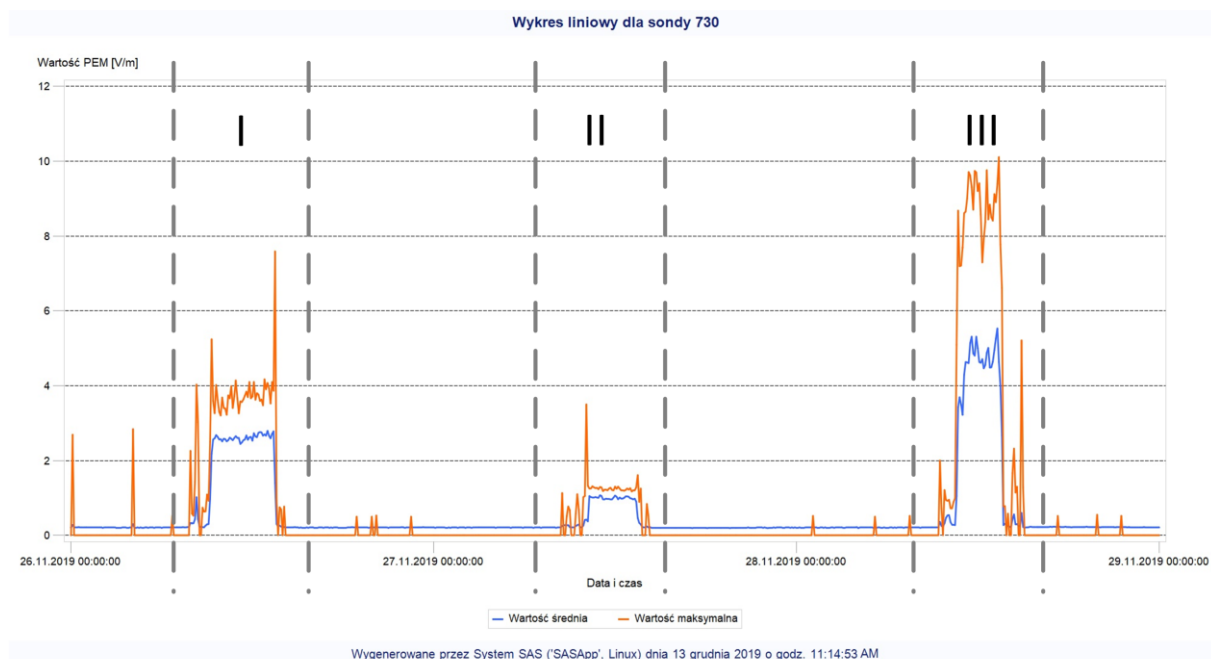


Rys. 57 Stacja monitorująca zainstalowana na pokładzie MLB

Pomiary w Warszawie były przeprowadzane w cyklach około 3 godzinnych, w kolejnych dniach, w następujących lokalizacjach SBTK, w których podczas kampanii pomiarowej PEM realizowanej w roku 2019, zostały stwierdzone najwyższe poziomy natężenia pola elektromagnetycznego:

- I. skrzyżowanie ul. Branickiego i ul. Przyczółkowej;
- II. Al. Jana Pawła II 34;
- III. ul. Świętojerska 16.

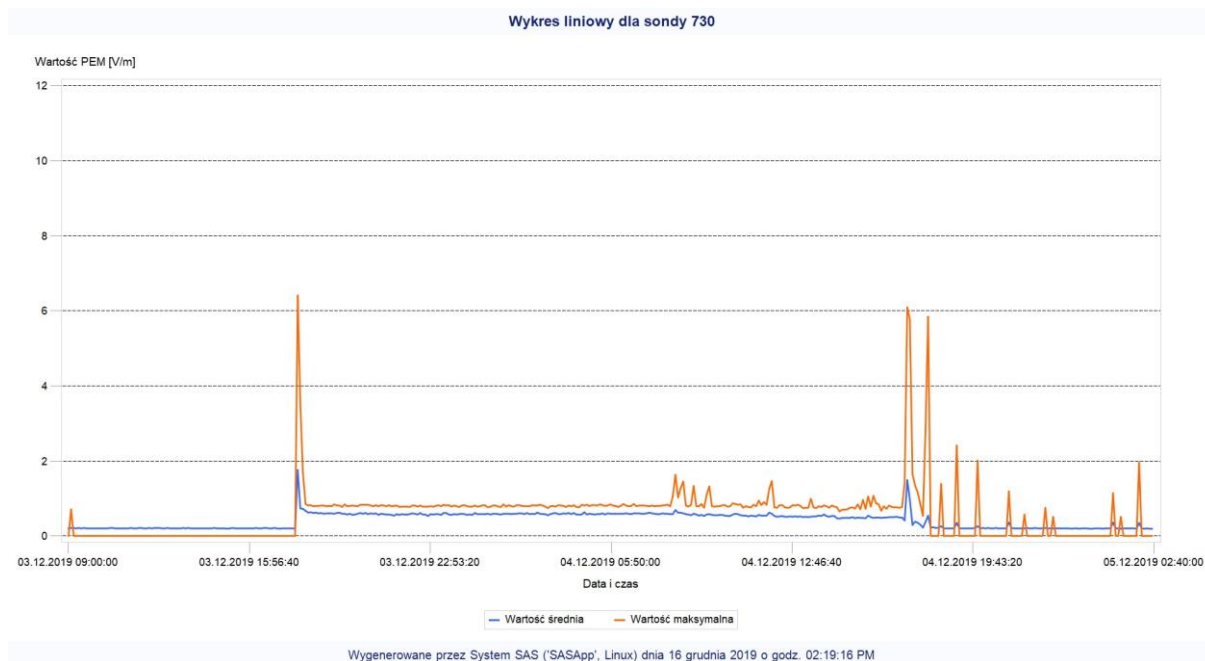
Wyniki z tych pomiarów, wykonanych w trzech wskazanych lokalizacjach SBTK na terenie Warszawy, przedstawiono na Rys. 58.



Rys. 58 Wyniki pomiarów na terenie trzech lokalizacji SBTk w Warszawie

Kolejno od lewej widoczne są wyniki z lokalizacji pomiarowej I. Warszawa, skrzyżowanie ul. Branickiego i ul. Przyczółkowej, lokalizacji pomiarowej II. Warszawa, Al. Jana Pawła II 34, lokalizacji pomiarowej III. Warszawa, ul. Świętojerska 16.

Pomiary były wykonywane również na terenie PGE Narodowy w Warszawie podczas konferencji „Pole elektromagnetyczne i przyszłość telekomunikacji. Badania. Monitoring. Doświadczenia krajowe i zagraniczne.”. Wyniki pomiarów przedstawiono na Rys. 59.

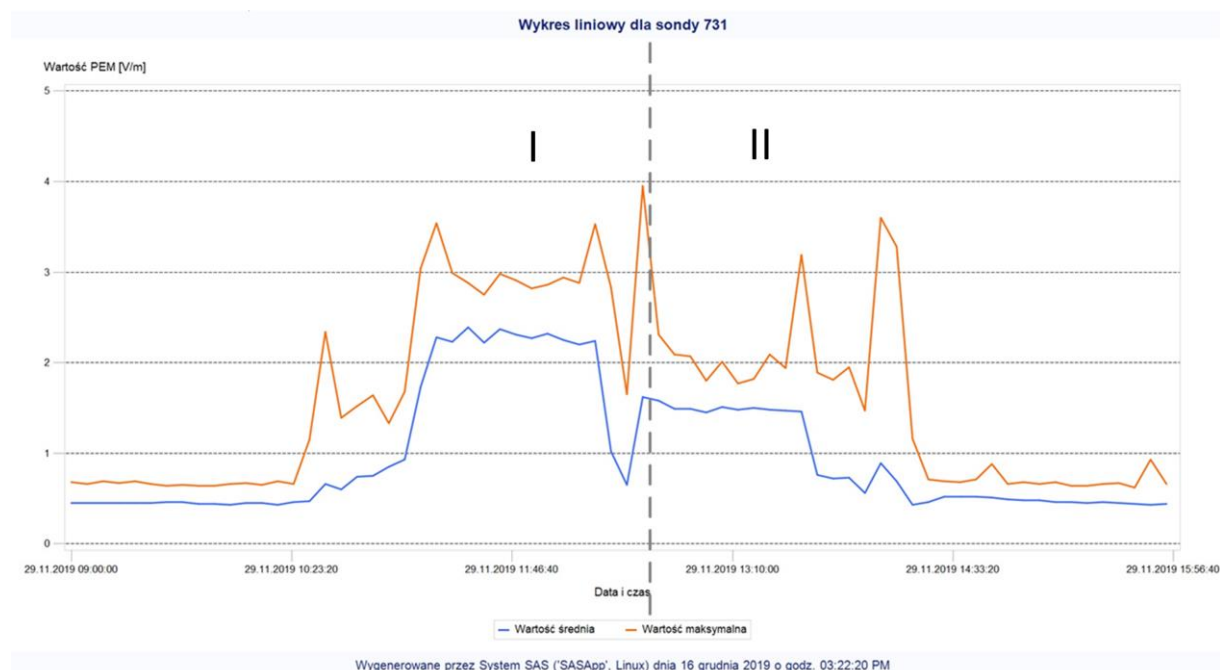


Rys. 59 Wyniki pomiarów na terenie PGE Narodowy w Warszawie

Pomiary we Wrocławiu były przeprowadzane w cyklach 1 godzinnych, w dwóch lokalizacjach:

- I. ul. Świeradowska 51-57;
- II. Al. Hallera 81.

Wyniki z pomiarów w lokalizacjach SBTk na terenie Wrocławia przedstawiono na Rys. 60.



Rys. 60 Wyniki na terenie dwóch lokalizacji SBTk we Wrocławiu

Po lewej stronie linii przerywanej widoczne są wyniki z lokalizacji pomiarowej I. Wrocław, ul. Świeradowska 51-57, natomiast po prawej stronie – wyniki z lokalizacji pomiarowej II. Wrocław, Al. Hallera 81.



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

www.il-pib.pl

