



I N S T Y T U T Ł Ą C Z N O Ś C I
ZAKŁAD KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

ul. Swojczycka 38

51-501 Wrocław

Telefon: (0-71) 372-88-
68

Telefax: (0-71) 372-88-
78

Konto Bankowe: BPH PBK S.A. O/Warszawa nr 64 1060 0076 0000 4010 5000
0396

**Badanie zmienności czasowej
sygnałów radiowych w zakresie
UKF FM**

Sprawozdanie nr Z21/21 30 004 8/1191/08

Wrocław, grudzień 2008

Nr pracy : 21 30 004 8

Nazwa pracy : „Badanie zmienności czasowej sygnałów radiowych w zakresie UKF FM”

Zleceniodawca : Instytut Łączności

Data rozpoczęcia : luty 2008 r.

Data zakończenia : grudzień 2008 r.

Kierownik pracy : dr inż. Maciej J. Grzybkowski
Wykonawcy pracy : dr inż. Janusz Sobolewski
mgr inż. Marek Michalak
mgr inż. Jacek Wroński
techn. Rafał Bobrowski

Autorzy : dr inż. Maciej J. Grzybkowski
sprawozdania : mgr inż. Jacek Wroński
mgr inż. Marek Michalak

Spis treści

1. Geneza i założenia pracy	2
2. Układ i metoda pomiarowa	3
3. Wyniki pomiarów	12
4. Wnioski	24
5. Literatura	26

1. Geneza i założenia pracy

Począwszy od 2005 roku w ramach rządowego Programu Wieloletniego „Rozwój telekomunikacji i poczty w dobie społeczeństwa informacyjnego na lata 2005 – 2008” i zadania p.t. „Działania na rzecz oceny rzeczywistej zajętości widma elektromagnetycznego przez radiofonie UKF- FM na terenie Polski” prowadzona była praca zatytułowana „Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski” [1, 2, 3, 4]. W ramach tej pracy przeprowadzono serie pomiarów natężenia pola elektrycznego w kilkudziesięciu lokalizacjach na Dolnym Śląsku. Wykorzystując metody interpolacyjne uzyskano przestrzenny rozkład natężenia pola na wybranym obszarze. Rozkład ten uwzględnia jednak zmienność obszarową, a nie czasową.

Tymczasem wiadomo, że propagacja fal radiowych cechuje się zmiennością zarówno czasową jak i obszarową (przestrzenną). Pomiary zmienności obszarowej są krótkotrwałe i wymagają przemieszczania się układu pomiarowego. Pomiary zmienności czasowej są długotrwałe, lecz z reguły odbywają się w jednej lokalizacji i koszt ich jest znacznie niższy. Jednak do poznania struktury rozkładu natężenia pola potrzebne jest wykonanie obu typu pomiarów. Z tego względu, dla uzupełnienia obrazu rzeczywistości pojawiła się konieczność wykonania takich pomiarów, aby uzyskać statystyki czasowe.

Badania zmienności obszarowej rozkładu natężenia pola prowadzone dotychczas na terenie Dolnego Śląska pozwoliły na uzyskanie obrazów rozkładu powierzchniowego dla każdej z 206 częstotliwości zakresu UKF FM, na której transmitowane są programy radiowe i umożliwiły określenie rejonów zarówno dobrego, jak i złego odbioru. Ponieważ prowadzone były w ograniczonym do kilku tygodni czasie, nie dały pełnej odpowiedzi na pytania o rzeczywisty rozkład, który zmienia się w skali roku skutkiem różnych warunków propagacyjnych obserwowanych w różnych porach roku. Oczywistym stało się, że dopiero badania zmienności czasowej natężenia pola prowadzone w skali np. jednego roku pozwolą na uzyskanie pełniejszych informacji o skali zmian czasowych, choć z uwagi na procedury badań prowadzone będą w jednym miejscu.

Dotychczasowe badania statystyk długookresowych różnych sygnałów sprowadzały się do pomiarów albo sygnałów o polaryzacji pionowej, albo poziomej.

Unikalna antena umożliwiła wykonanie badań w jednym miejscu, w jednym czasie, na obu polaryzacjach i pozwoliła na uzupełnienie wyników otrzymanych w ramach pracy wieloletniej, gdzie badano zmienność powierzchniową. Wydaje się, że równoczesne badanie poziomu natężenia pola sygnałów odbieranych dookoła w obu polaryzacjach jest rozwiązaniem nowatorskim w skali światowej.

Niniejsze sprawozdanie będzie przedstawione administracji państwowej w celu przedsięwzięcia stosownych działań w Polsce, by umożliwić wdrożenie najnowszych sposobów regulacji dostępu do widma radiowego. Po wykonaniu badań obejmujących okres całego roku przewiduje się wykonanie odrębnego sprawozdania na posiedzenie 3. Grupy Studiów ITU z informacją o wynikach. Ponadto zakłada się wygłoszenie referatu na krajowej konferencji dotyczącej radiokomunikacji rozszewczej.

2. Układ i metoda pomiarowa

Pomiary zmienności czasowej natężenia pola fal radiowych prowadzone były na terenie Łł przy ul. Swojczyckiej 38 we Wrocławiu (położenie geograficzne 17E6'40", 51N6'43") na wysokości 10 m n.p.t., przy wykorzystaniu specjalnej anteny pomiarowej umocowanej na maszcie ok. 3 m nad dachem budynku oraz odbiornika pomiarowego i przyrządu badającego temperaturę powietrza i wilgotność.

Zespół anten, zwany dalej anteną pomiarową, skonstruowany został według projektu pracownika Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności, mgr. inż. Piotra Tyrawy, zamieszczonego w sprawozdaniu z Pracy Wieloletniej z 2007 r. [2]. Jest to antena jednostkowa, typowo pomiarowa, o charakterystyce dookólnej, służąca do równoczesnego pomiaru sygnałów o polaryzacji poziomej i pionowej w zakresie częstotliwości, w którym pracują nadajniki sygnałów UKF-FM, rys. 1. Antena jest stosunkowo lekka, wykonana w większości z aluminium i o niewielkich wymiarach. Konstrukcja anteny umożliwia jej składanie, pręty poziome są do korpusu mocowane na przegubach, można je podnieść do góry i razem zespolić. Antena zajmuje wtedy przestrzeń w postaci walca o średnicy nieprzekraczającej 20 cm.

Współczynnik fali stojącej na wejściu anteny poziomej jest mniejszy od 1,8 w całym zakresie częstotliwości pracy, a na wejściu anteny pionowej mniejszy od 2, w zakresie powyżej 91 MHz, i nieco pogarsza się do 3 na początku zakresu.



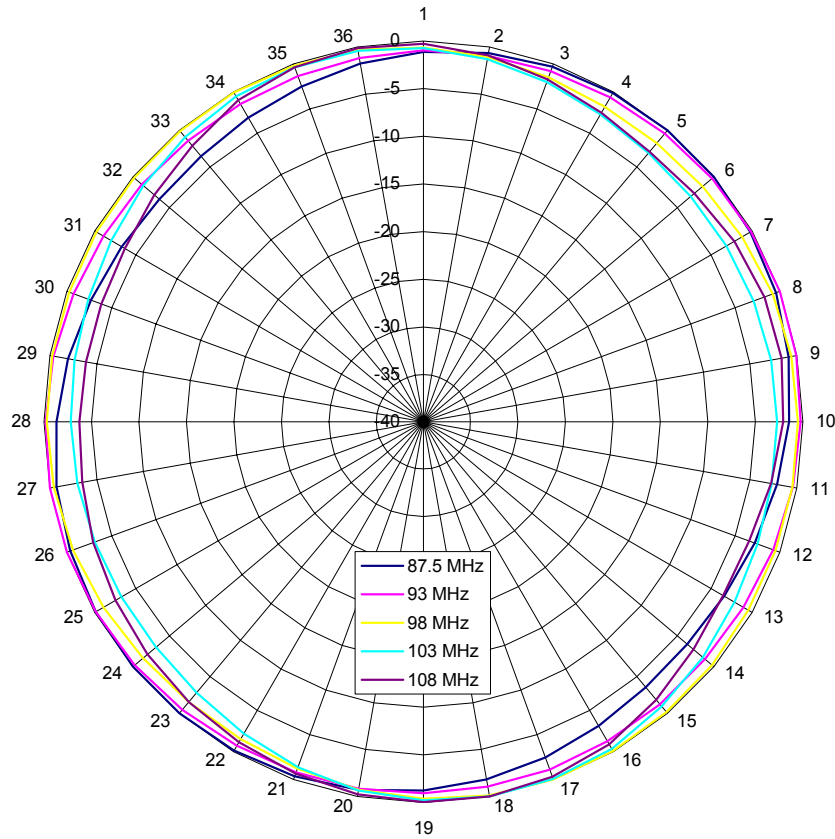
Rys. 1. Antena do pomiaru natężenia pola fal radiowych w polaryzacjach pionowej i poziomej w zakresie UKF-FM

Charakterystyka pozioma anteny spolaryzowanej pionowo zainstalowanej na wierzchołku masztu pomiarowego jest praktycznie dookólna. Charakterystyka pozioma anteny spolaryzowanej poziomo również jest dookólna, ale posiada pewne nierównomierności, które nie przekraczają jednak ± 2 dB, rys.2.

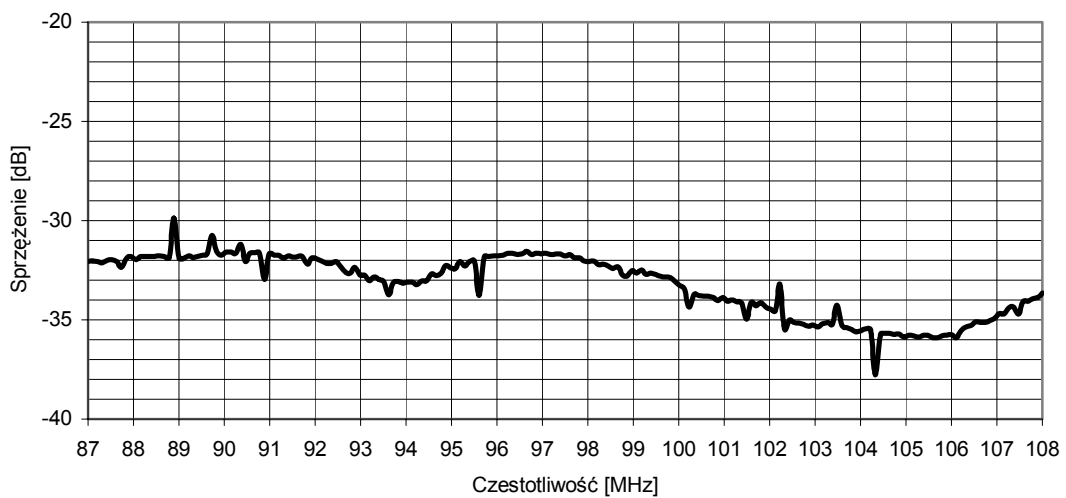
Antena została wyposażona w dwa gniazda wyjściowe typu N, jedno dla anteny pionowej drugie dla poziomej. Wymagane było więc poprowadzenie wzdłuż masztu dwóch przewodów współosiowych (fiderów), które dochodzą do komutatora, z którego sygnały podawane są na wejście odbiornika.

Konstrukcja antenowa użyta do pomiarów jest zespołem dwóch anten, w którym niektóre elementy czynne są wspólne. Mimo rozdzielonych, indywidualnych układów zasilania może istnieć obawa przenikania sygnałów odbieranych przez jedną z anten, np. pionową, do drugiej, poziomej anteny, i odwrotnie. Jednak zmierzony stopień odseparowania układów zasilania od siebie (sprężenie) pozwolił na jej użycie bez obaw o wystąpienie istotnego przeniku, rys. 3. Separacja na

poziomie ponad -30 dB pozwoliła na użycie tego zespołu anten do wykonania niezbędnych pomiarów, gdyż praktyczny poziom depolaryzacji obserwowanych sygnałów waha się w granicach 12 – 16 dB.



Rys. 2. Charakterystyki poziome anteny spolaryzowanej poziomo [2]



Rys. 3. Poziom separacji układów zasilania zespołu antenowego [2]

Sposób zainstalowania anteny pomiarowej nad dachem budynku podczas pomiarów przedstawiony jest na rys. 4.



Rys. 4. Instalacja anteny pomiarowej

Przed przystąpieniem do wykonywania zadania założono, że w czasie wykonywania pomiarów zestaw odbiorczy powinien cechować się stabilnością w odniesieniu do zysku, częstotliwości, szerokości pasma pomiarowego i wszelkiego typu tłumień. Odbiornik pomiarowy powinien być sterowany komputerowo, pomiary powinny się odbywać automatycznie a wyniki powinny być natychmiast zapisywane. Kalibracja odbiornika pomiarowego, anten i fiderów powinna odbywać się przy zastosowaniu ogólnie uznanych procedur (sporządzanych przez wytwórców lub instytucje akredytujące).

Każdy odbiornik pomiarowy (lub analizator widma) przeznaczony do pomiarów sygnałów radiowych w paśmie FM powinien zgodnie z Zaleceniem CEPT ERC 74-02 [5] dysponować detektorem wartości średniej (liniowej lub logarytmicznej) o paśmie pomiarowym równym lub większym od 120 kHz. Uwzględniając wymagania postawione przy sporządzaniu mapy rozkładu natężenia pola w ramach Programu

Wieloletniego oraz określania na jej podstawie ewentualnych lokalizacji nowych stacji radiowych założono, że odbiornik ten powinien umożliwiać dokonanie pomiarów na minimalnym poziomie natężenia pola równym 0 – 5 dB/ μ V. Wymagania takie spełnił odbiornik ESVS10 firmy Rohde&Schwarz.

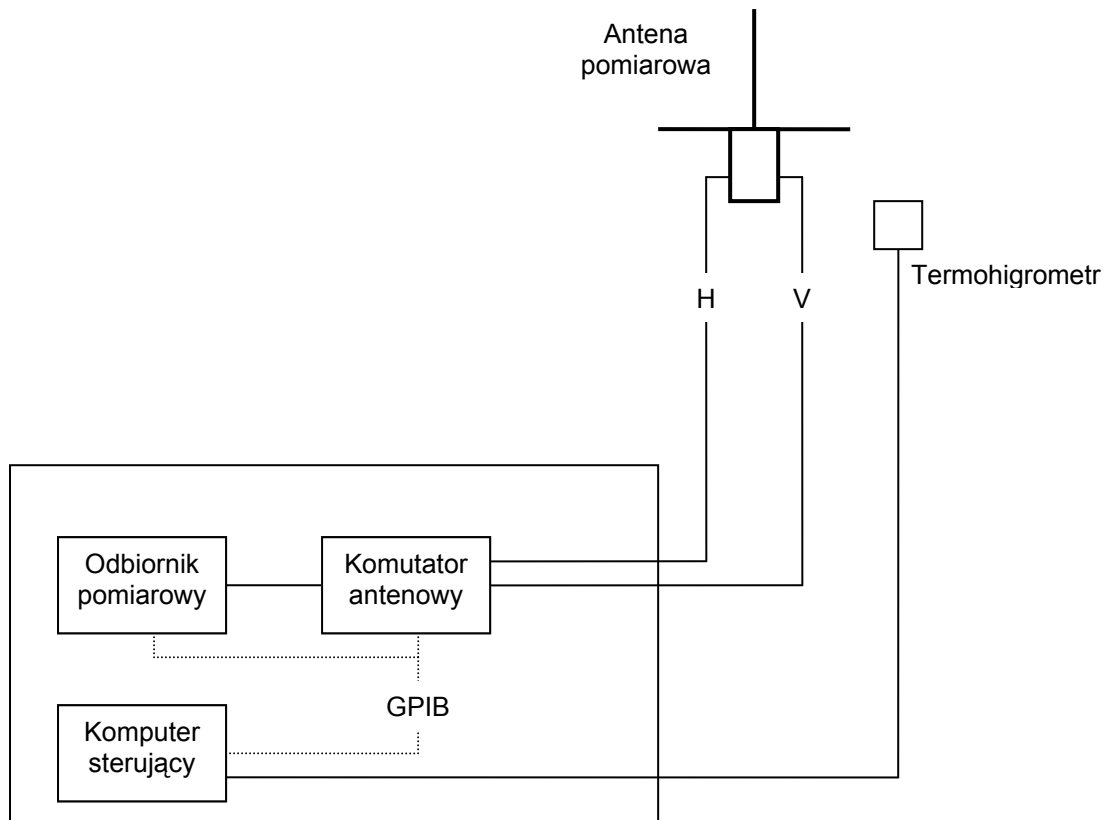
W związku z powyższym w skład układu do całorocznych pomiarów natężenia pola elektrycznego w zakresie UKF-FM weszły następujące urządzenia:

- Odbiornik pomiarowy Rohde&Schwarz ESVS10, nr fabr. 844594/020, wykonujący pomiar natężenia pola, w danym paśmie częstotliwości z określonym krokiem,
- Komutator antenowy UAC-01, nr fabr. 02/2000, produkcji Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności, przełączający pionową i poziomą antenę pomiarową, z której sygnał podawany jest na wejście odbiornika,
- Termohigrometr LB-701 z panelem LB-705, rejestrujący wilgotność oraz temperaturę,
- Antena pomiarowa o konstrukcji przedstawionej powyżej.

Przyrządy sterowane są z komputera, przy pomocy programu opracowanego w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności specjalnie na potrzeby tej pracy. Pomiary są wykonywane co pół godziny. W ramach każdej sesji pomiarowej wykonywane są pomiary z krokiem częstotliwości 100 kHz, w zakresie częstotliwości od 87,3 do 108,2 MHz, kolejno dla każdej polaryzacji. Wyniki pomiarów zapisywane są na twardym dysku komputera w odpowiednich plikach – jeden plik zawiera wyniki pomiarów dla jednej polaryzacji w jednym miesiącu. Dodatkowo notowane są wyniki odczytu temperatury i wilgotności powietrza w otoczeniu anteny pomiarowej. Schemat układu pomiarowego przedstawiony jest na rys. 5.

Sterowanie zestawem pomiarowym odbywa się poprzez aplikację uruchamianą w środowisku Microsoft.NET Framework 2.0. Aplikacja uruchamiana jest przy starcie systemu i zminimalizowana do ikony w kontenerze obszaru powiadomień (icon tray). Jest procesem drugoplanowym (tzw. background worked thread), który na podstawie zdefiniowanego harmonogramu, uaktywnia się na czas wykonania pomiaru. Komunikacja z przyrządami wchodzącymi w skład zestawu pomiarowego odbywa się poprzez interfejs GPIB (przyrządy ESVS 10 i UAC-01) oraz interfejs szeregowy (LB-701). Aplikacja, poprzez menu kontekstowe, umożliwia:

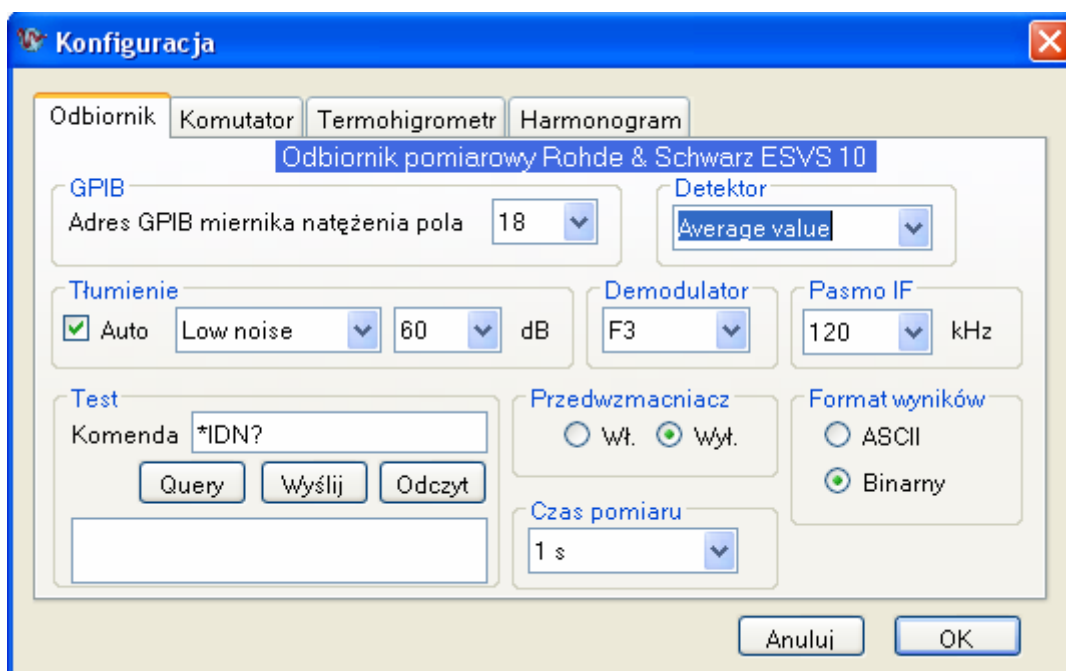
- skonfigurowanie nastaw poszczególnych przyrządów wchodzących w skład zestawu pomiarowego,
- zatrzymanie (pause), kontynuację (continue) i zakończenie aplikacji, z opcją zatrzymania bieżącego pomiaru (jeżeli zatrzymanie nastąpi w czasie, gdy wykonywany jest pomiar).



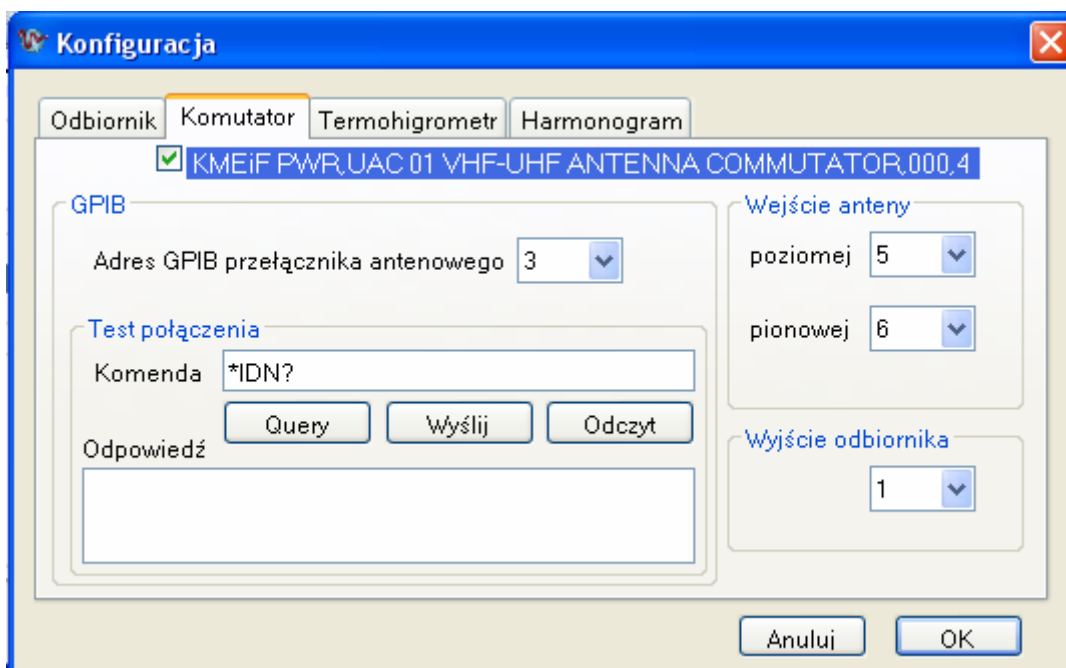
Rys. 5. Schemat układu pomiarowego

Pomiar odbywa się w sposób asynchroniczny. Po wysłaniu wymaganych nastaw do przyrządów i odebraniu od nich pozytywnych odpowiedzi, uruchamiany jest proces pomiarowy, a asynchroniczny wątek odczytuje bieżące bloki danych, w postaci tekstowej lub binarnej (w zależności od wybranej opcji) i zapisuje w wewnętrznym buforze. Po zakończeniu cyklu pomiarowego dane z bufora zapisywane są do plików tekstowych w formacie CSV, osobno dla polaryzacji poziomej i pionowej. Z uwagi na prostoty format danych, pliki mogą być wczytane do dowolnej aplikacji, w celu dalszej obróbki (np. wczytanie danych do arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel, lub Calc z pakietu OpenOffice, i wyznaczenie żądanych statystyk).

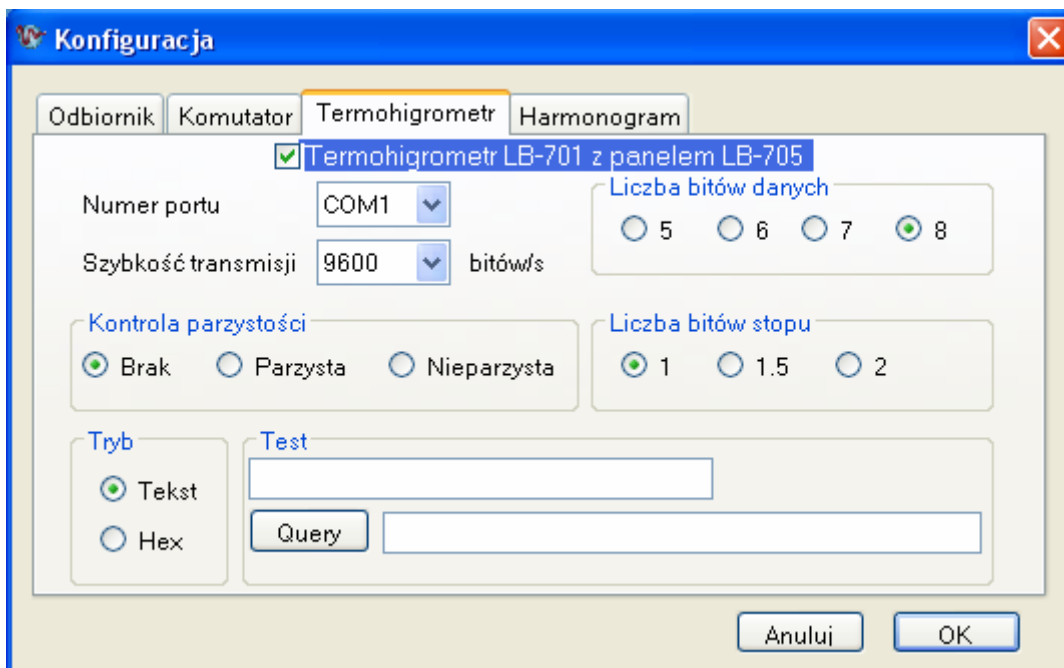
Konfiguracje nastaw poszczególnych elementów układu pomiarowego przedstawione są na rys. 6 – 8.



Rys. 6. Konfiguracja nastaw odbiornika Rohde & Schwarz ESVS 10

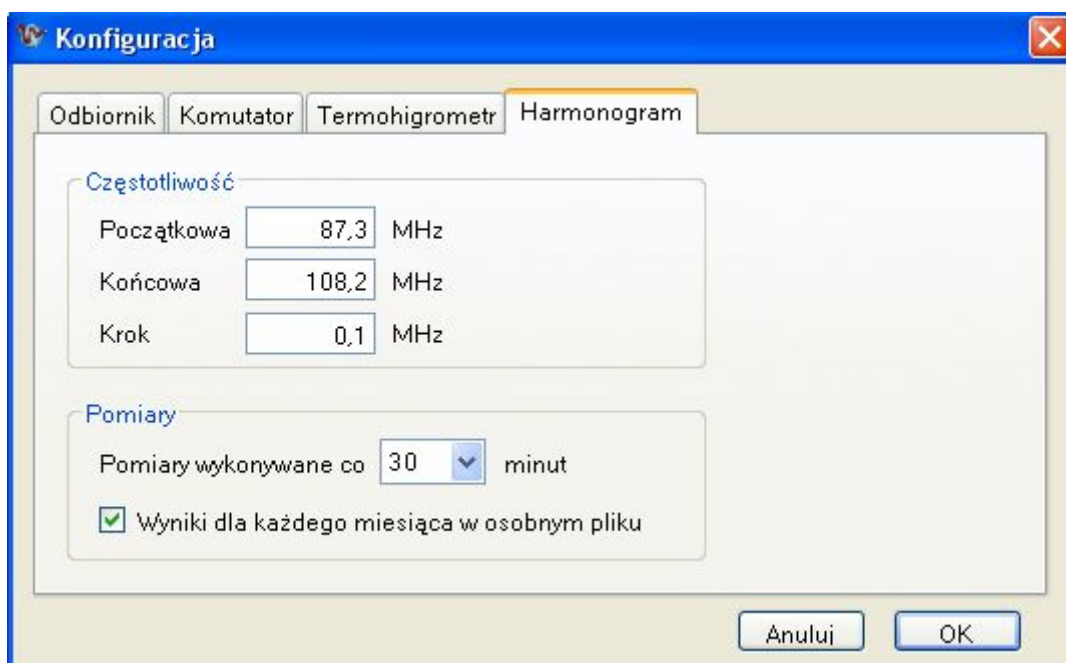


Rys. 7. Konfiguracja nastaw komutatora UAC01



Rys. 8. Konfiguracja nastaw higrometru

Sposób definiowania harmonogramu wykonywanych pomiarów przedstawiony jest na rys. 9.



Rys. 9. Definiowanie harmonogramu pomiarowego

Na rysunkach 10 – 11 przedstawiono zdjęcia elementów układu pomiarowego.



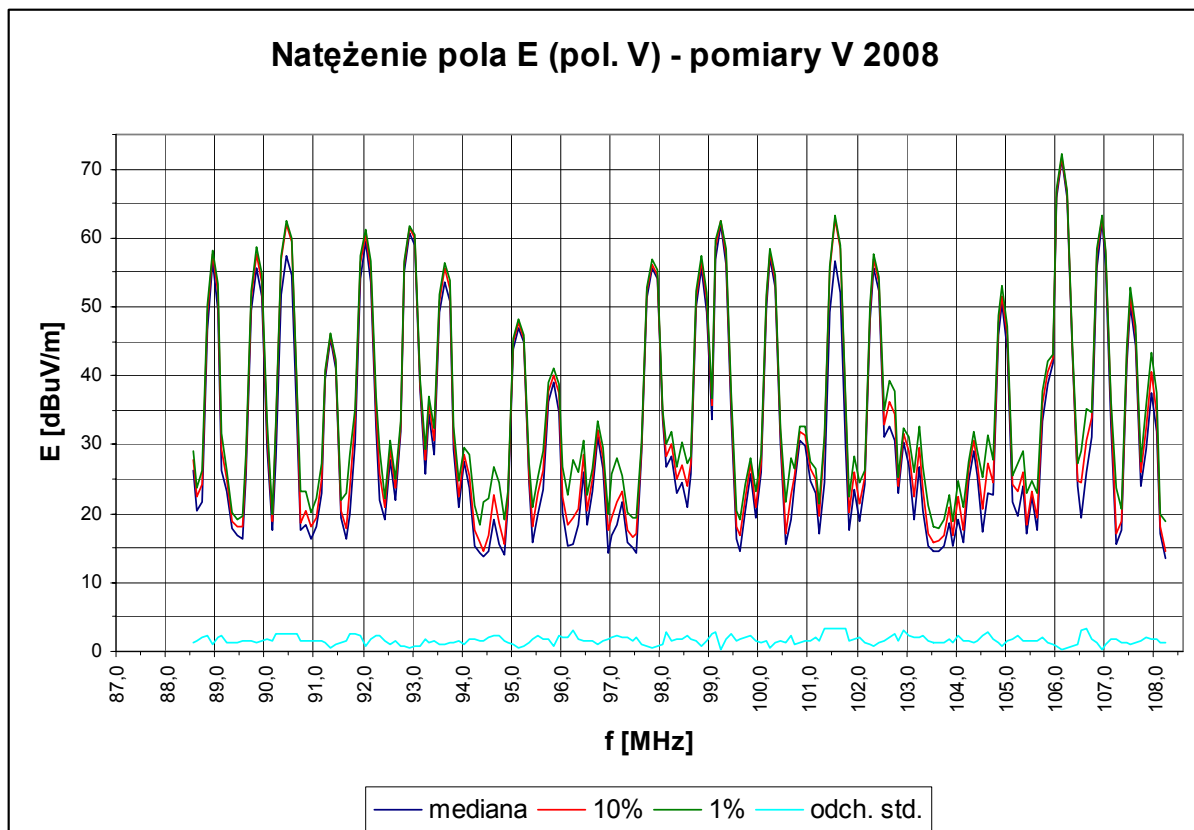
Rys. 10. Antena pomiarowa



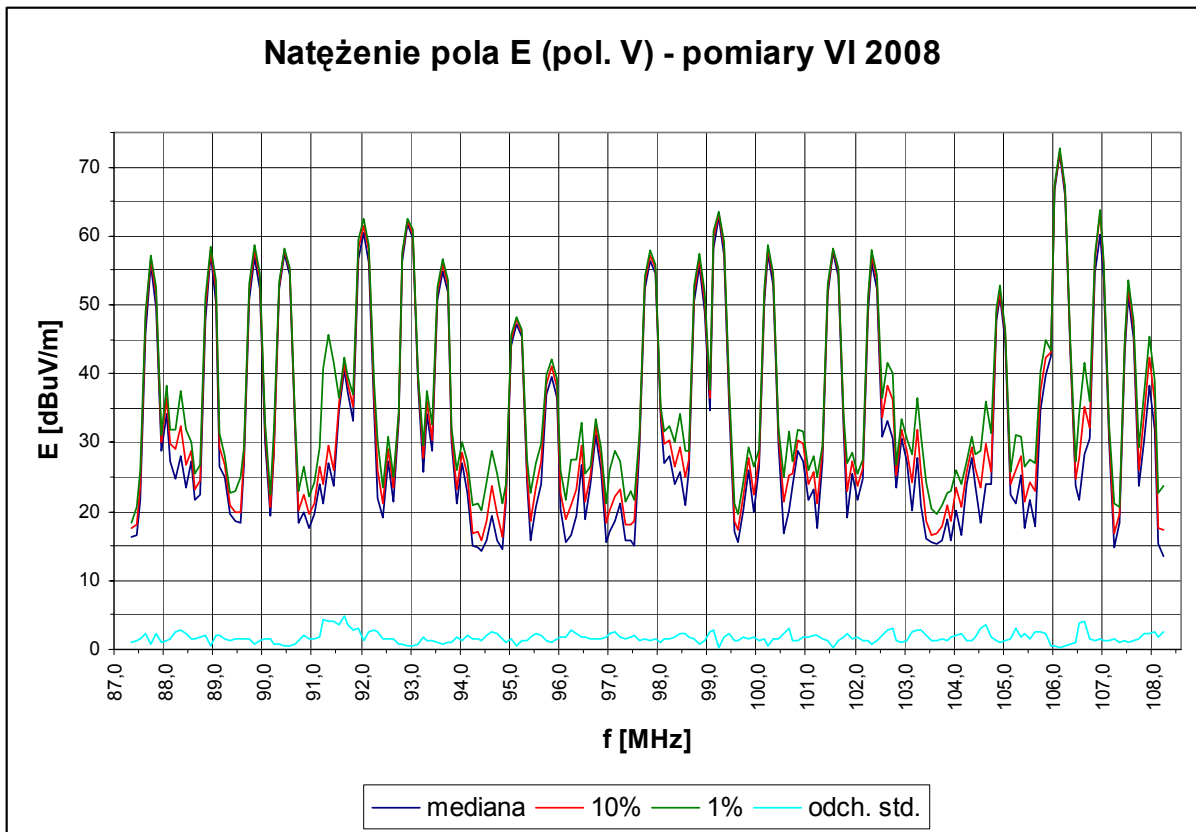
Rys. 11. Stanowisko pomiarowe

3. Wyniki pomiarów

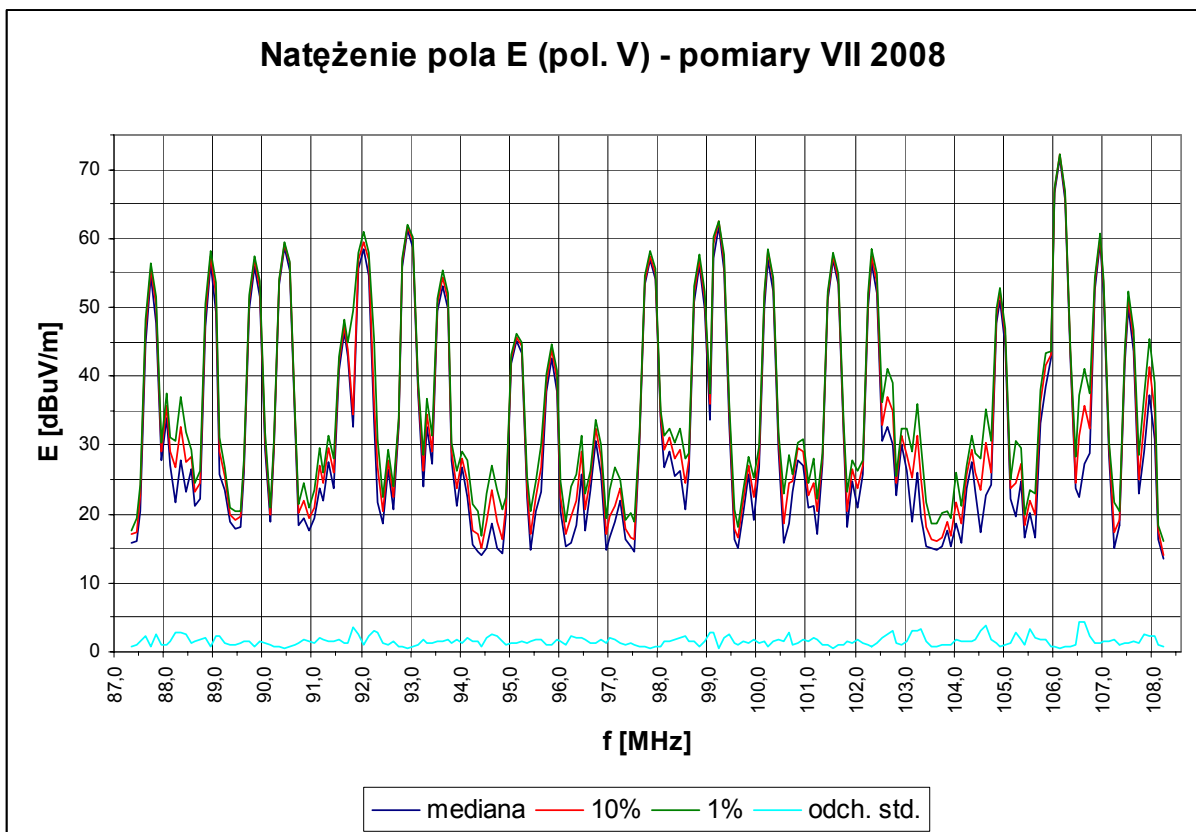
Pomiary prowadzone są w sposób ciągły (z niewielkimi przerwami spowodowanymi przez różne czynniki) od maja 2008 r. Wyniki zaprezentowane w niniejszym sprawozdaniu obejmują pomiary wykonane od maja do listopada 2008 r. Wyniki te, zapisane pierwotnie w postaci dwuwymiarowych tablic umieszczonych w plikach tekstowych obejmujących poszczególne miesiące, przetworzone zostały do postaci graficznej w formie wykresów. Wykresy zawierają statystyki zmian czasowych natężenia pola elektrycznego E sygnałów z modulacją częstotliwości odbieranych w zakresie częstotliwości 87,3 – 108,2 MHz, nieco szerszym od zakresu UKF-FM, w którym pracują nadajniki radiowe. Statystyki obejmują wartości: medianową E(50), decylową E(10) i percentylową E(1) rozkładu czasowego oraz odchylenie standardowe tego rozkładu i przedstawione są w poszczególnych miesiącach osobno dla sygnałów o polaryzacji pionowej (V) – rysunki 12 – 18 oraz poziomej (H) – rysunki 19 - 25.



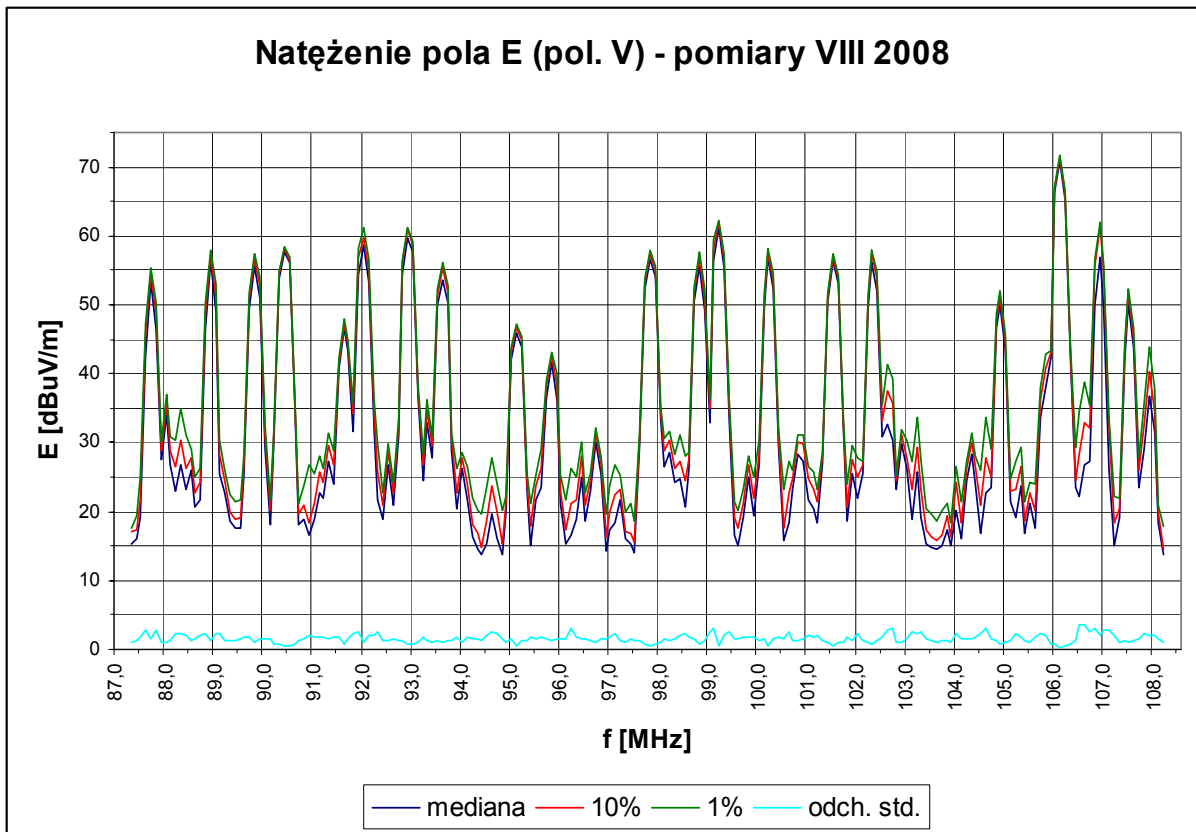
Rys. 12. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - maj 2008



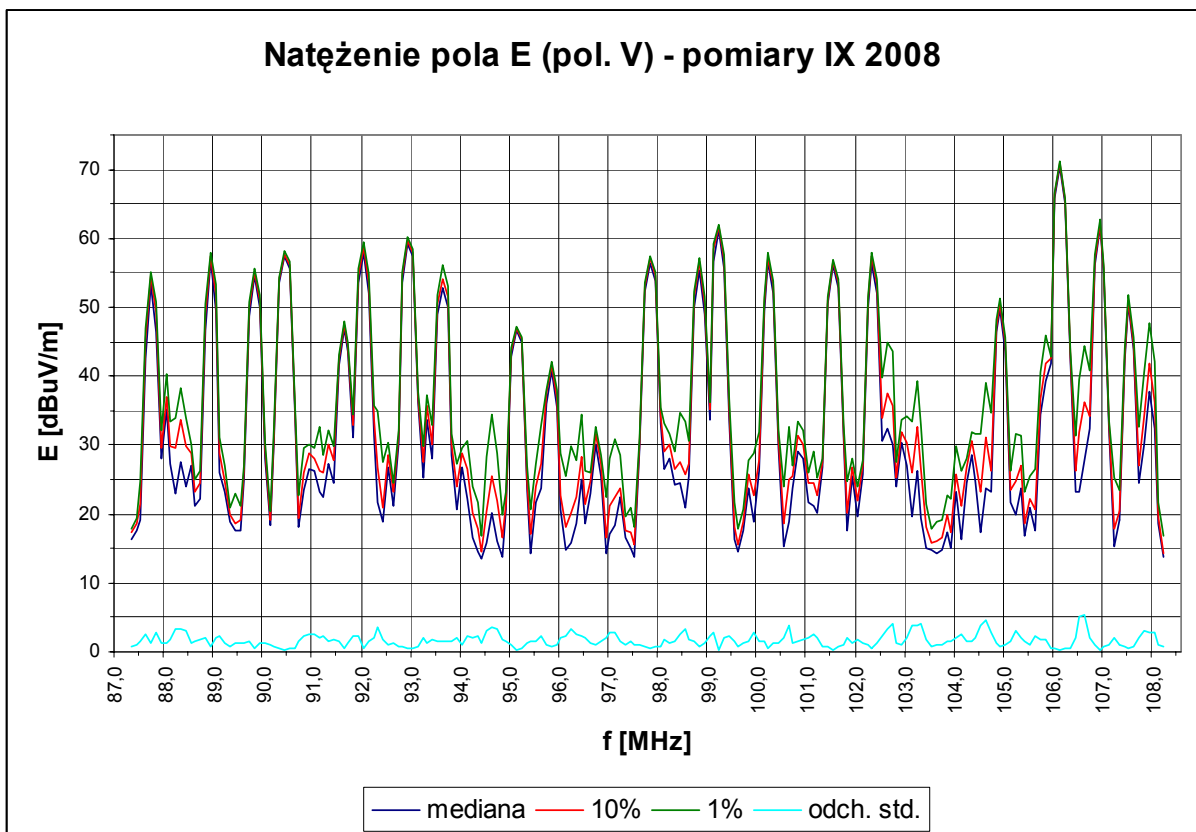
Rys. 13. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - czerwiec 2008



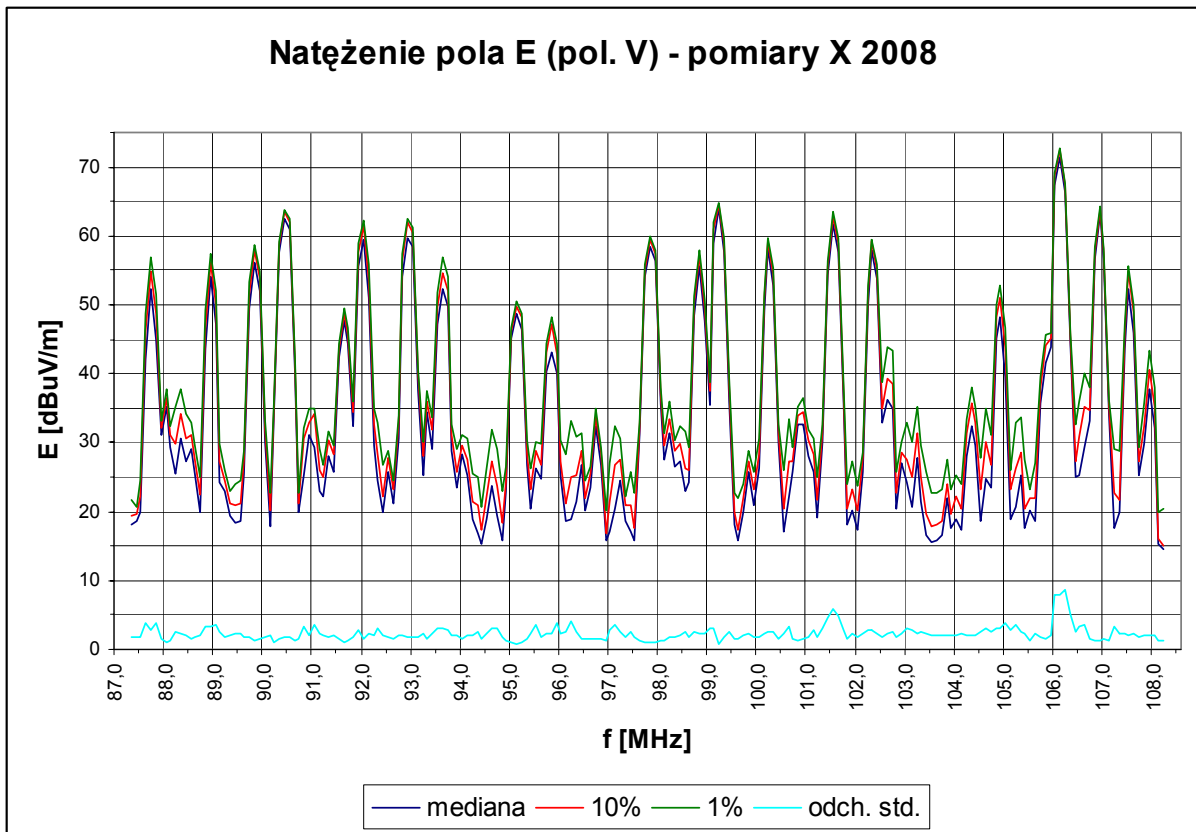
Rys. 14. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - lipiec 2008



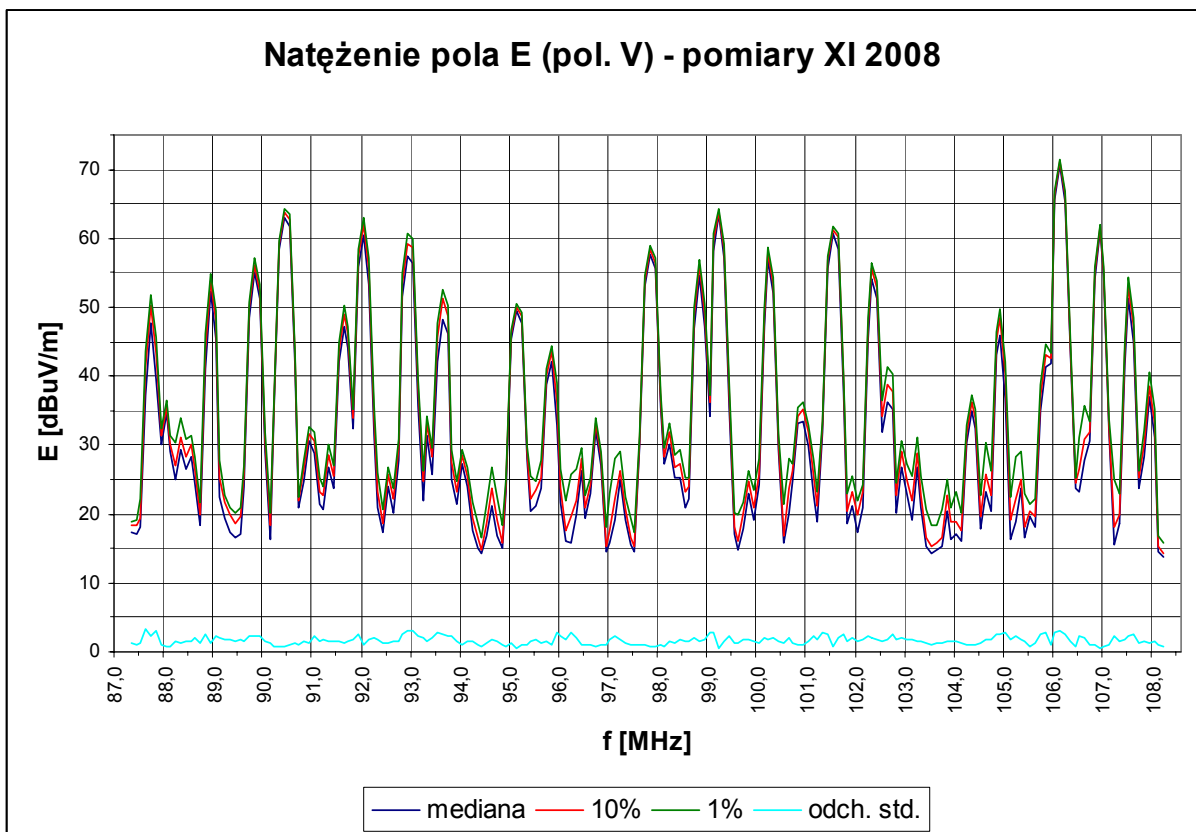
Rys. 15. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - sierpień 2008



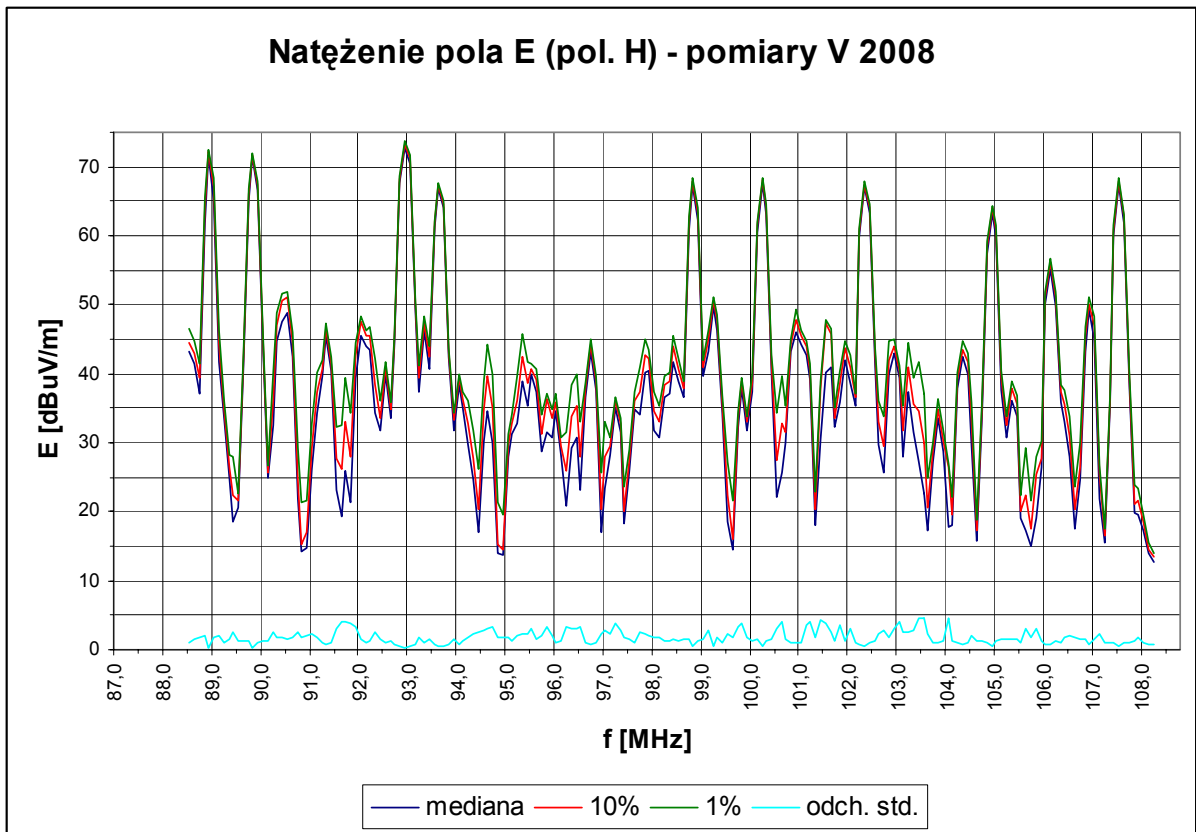
Rys. 16. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - wrzesień 2008



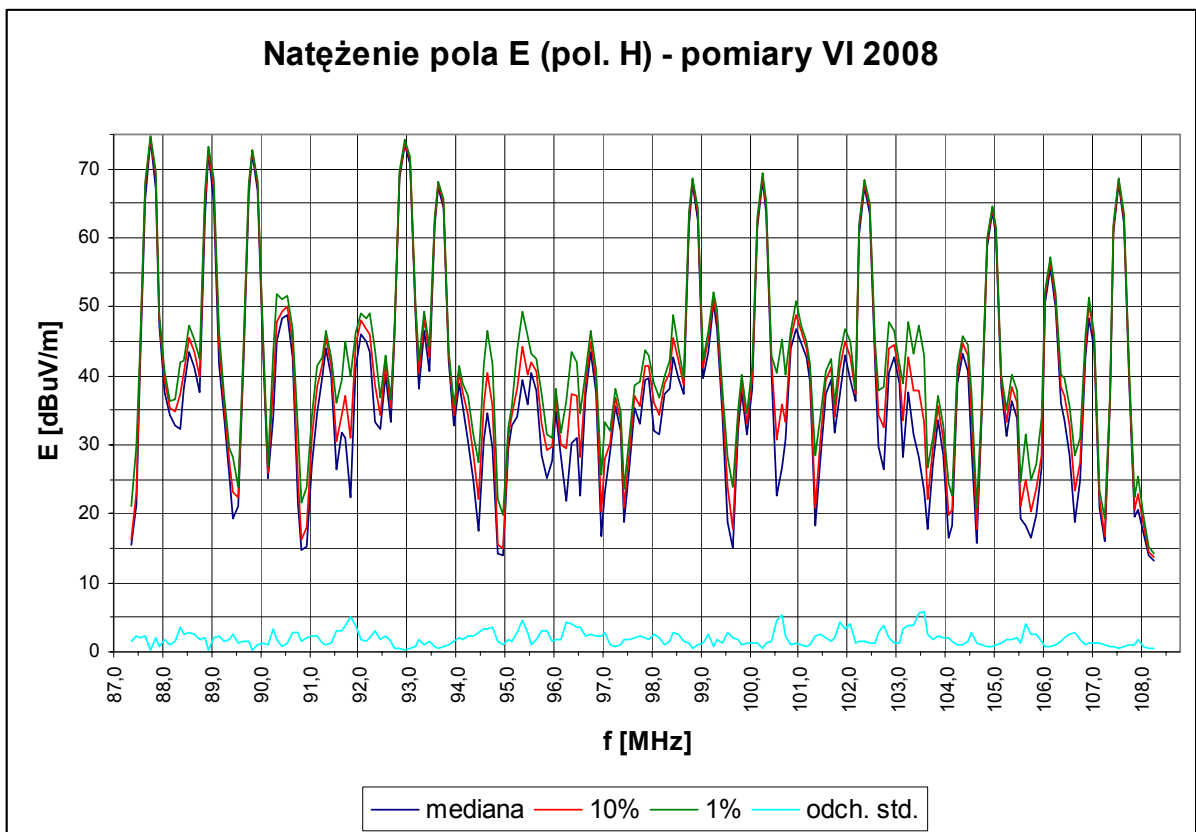
Rys. 17. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - październik 2008



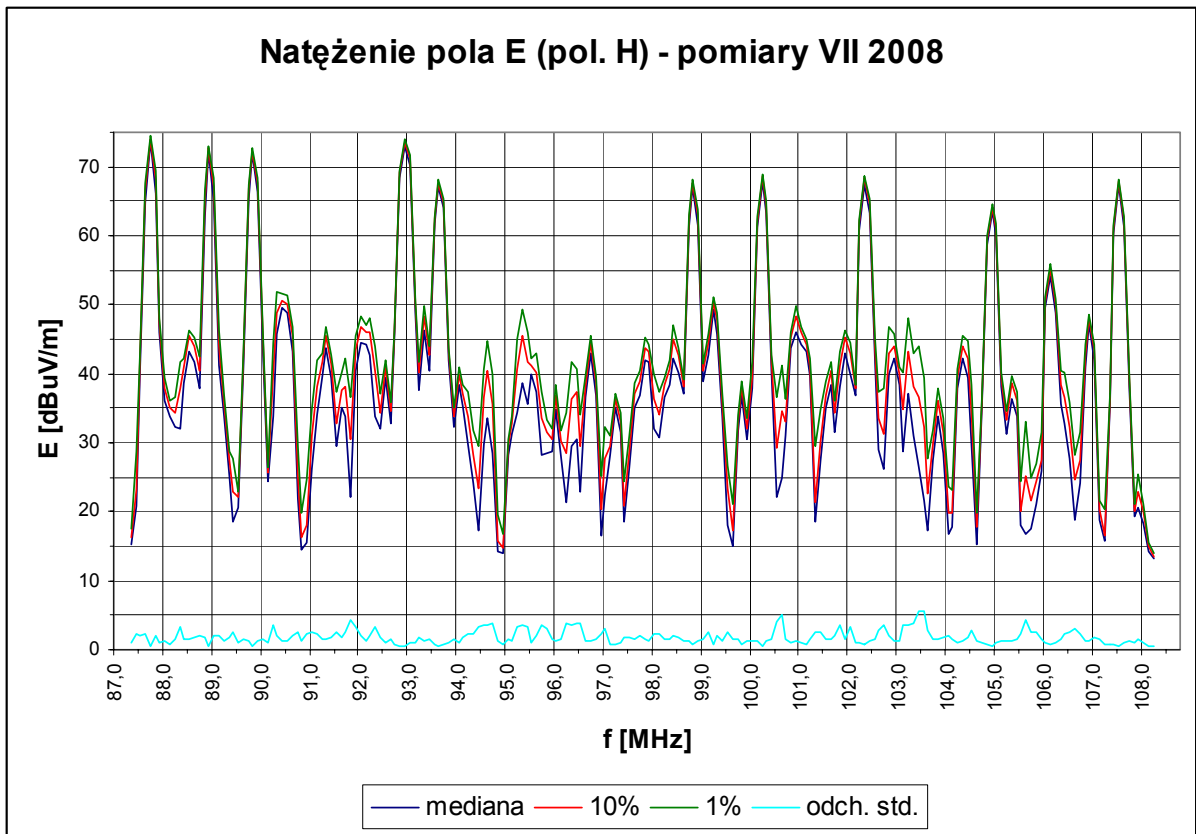
Rys. 18. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) - listopad 2008



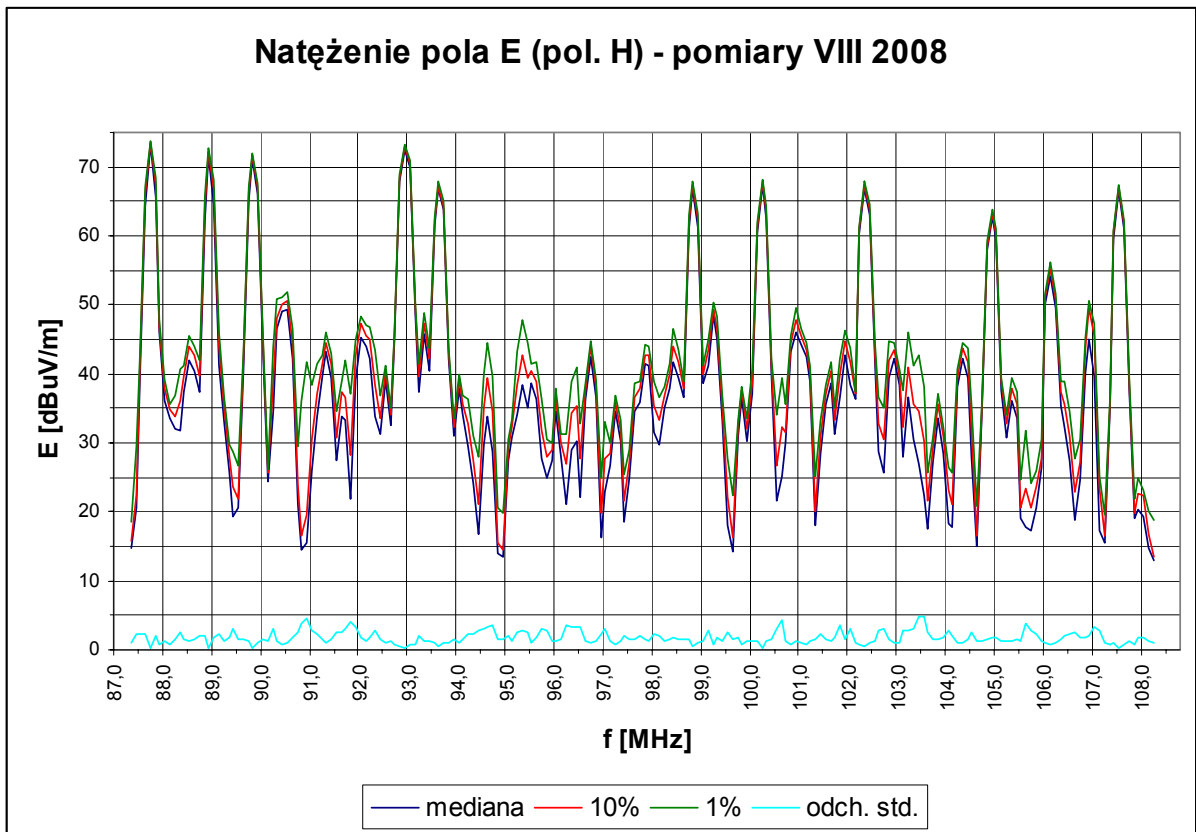
Rys. 19. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - maj 2008



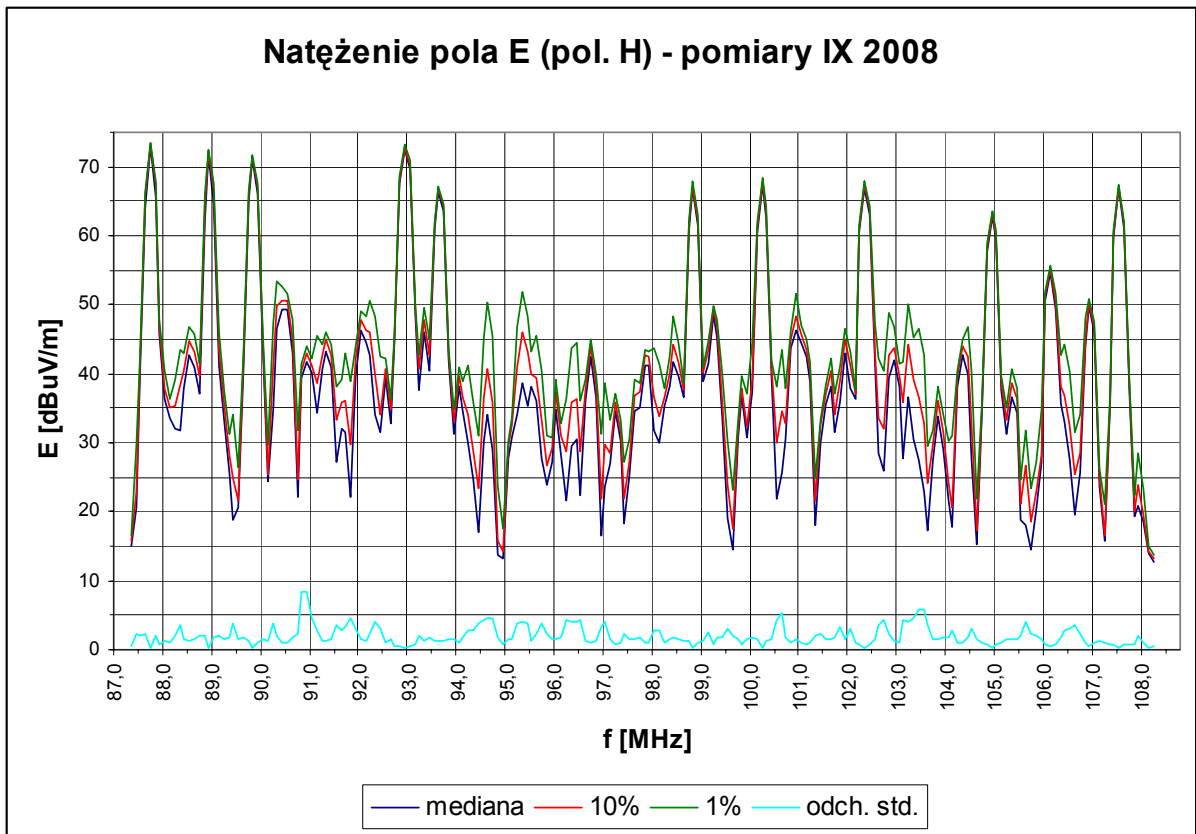
Rys. 20. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - czerwiec 2008



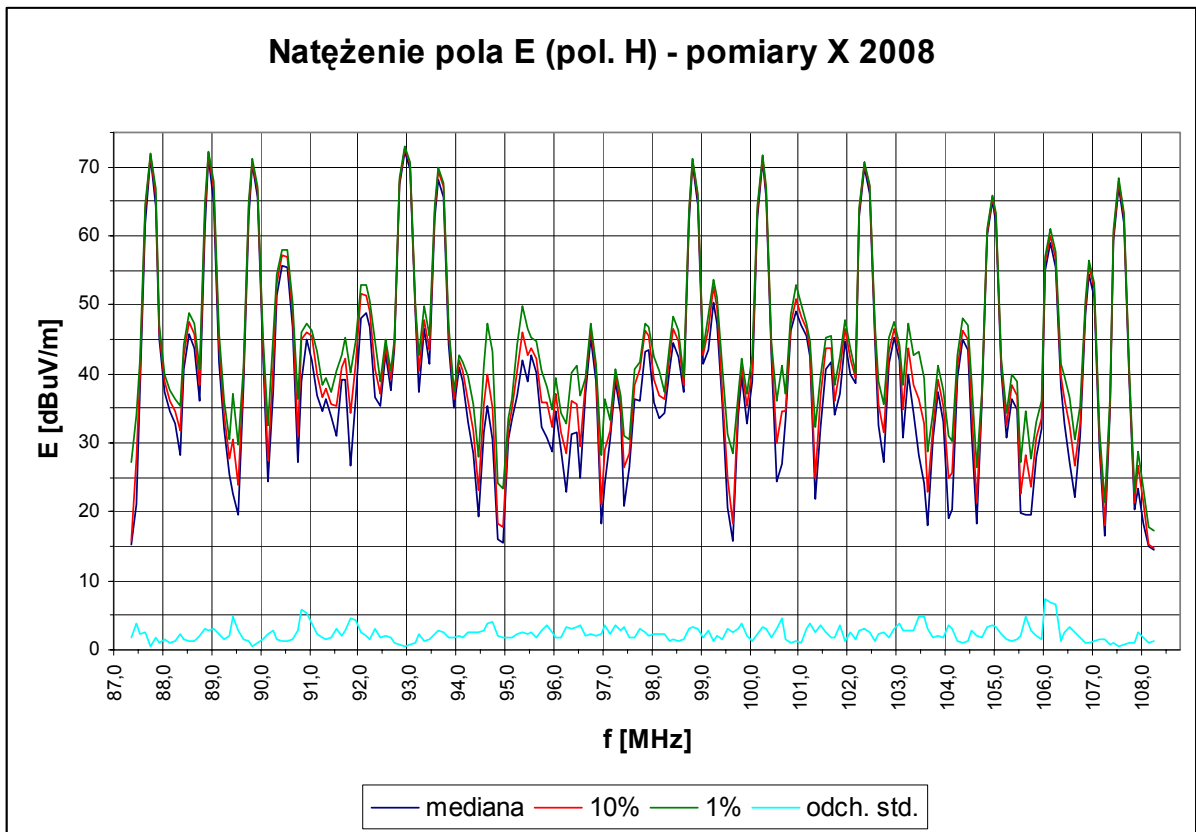
Rys. 21. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - lipiec 2008



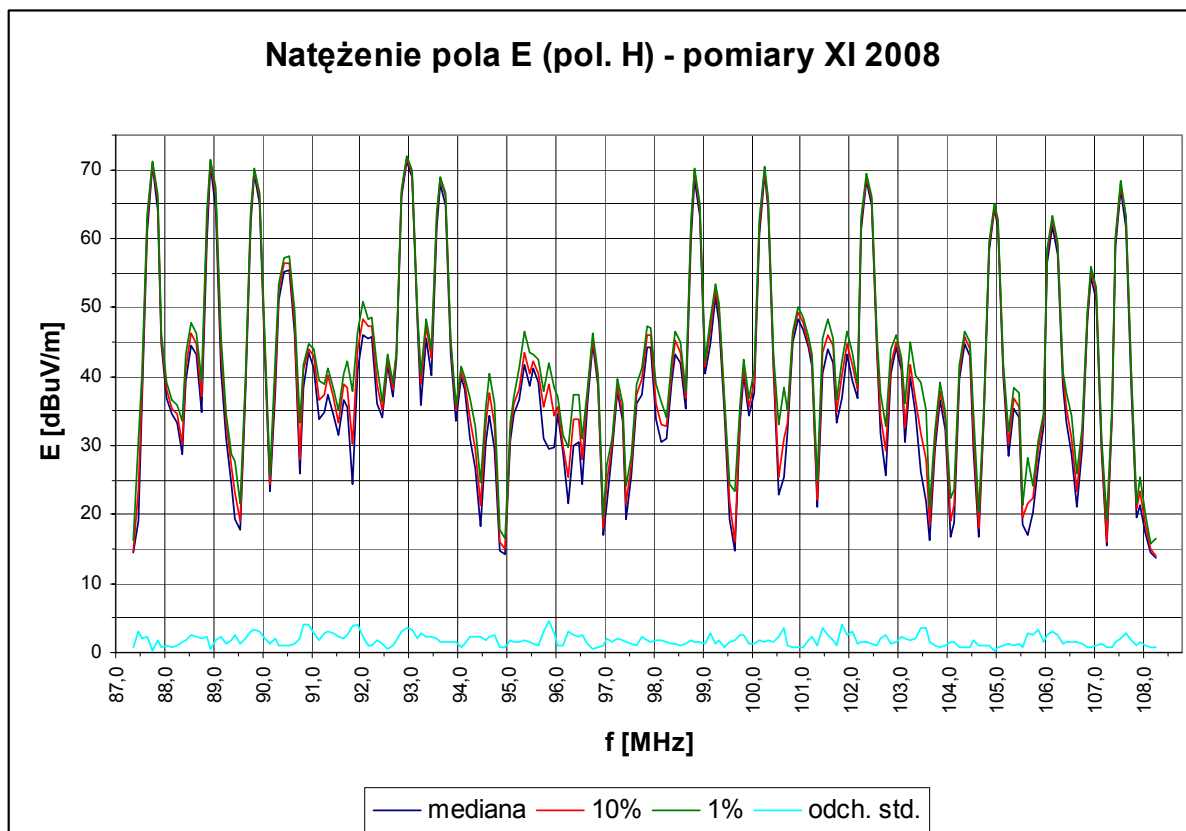
Rys. 22. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - sierpień 2008



Rys. 23. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - wrzesień 2008

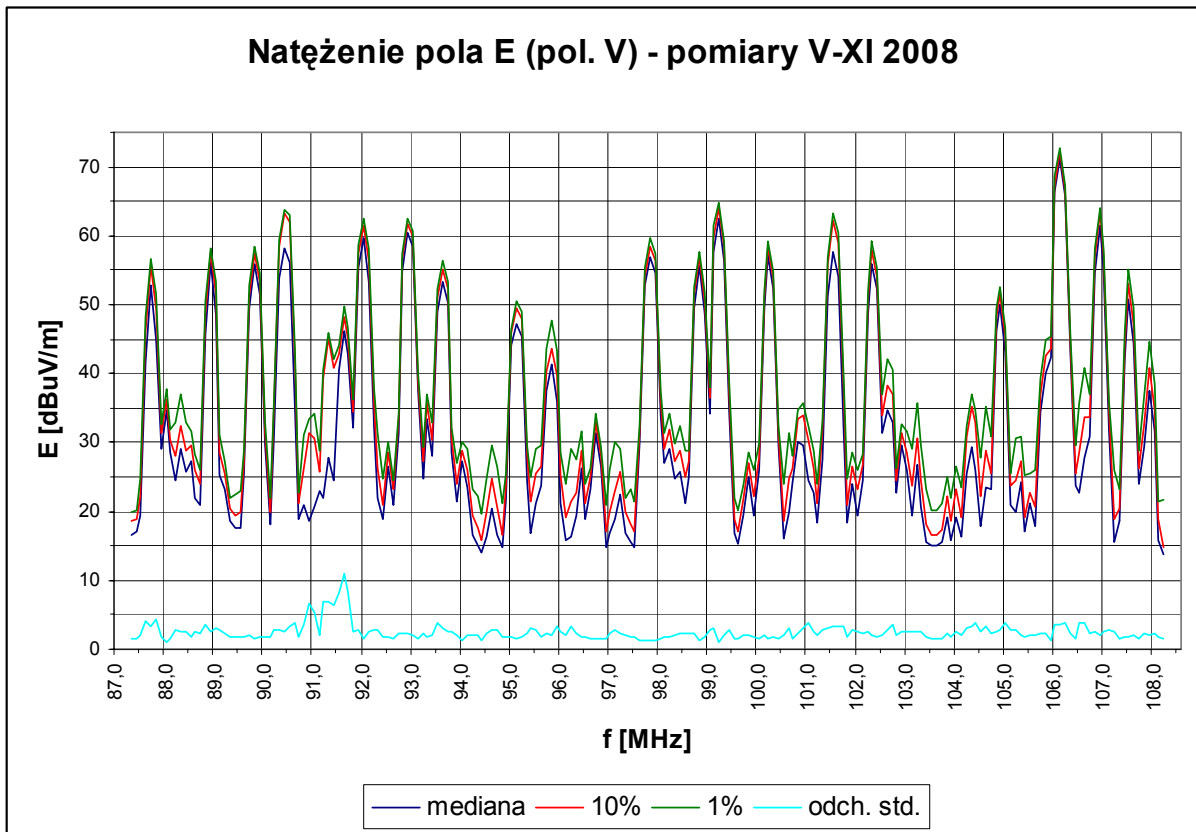


Rys. 24. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - październik 2008

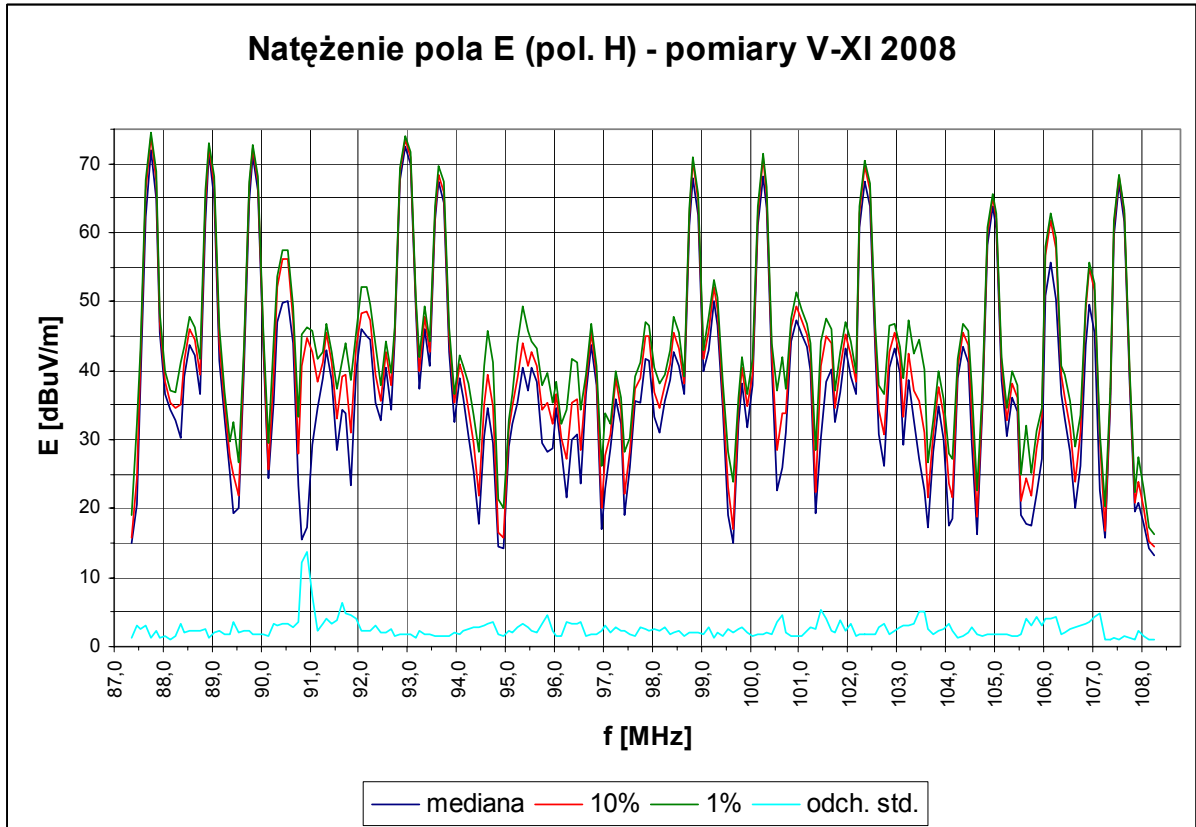


Rys. 25. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) - listopad 2008

Ponadto rysunki 26 i 27 przedstawiają zbiorcze statystyki obliczone w okresie ponad półrocznym (maj – listopad), odpowiednio dla polaryzacji pionowej i poziomej. Przebieg zmian odchylenia standardowego statystyk natężenia pola zmierzonych dla poszczególnych częstotliwości zakresu UKF-FM (w ujęciu miesięcznym) zaprezentowany jest na rysunkach 28 i 29, natomiast na rysunku 30 uwidocznione są wypadkowe odchylenia standardowe wyznaczone dla okresu maj – listopad.

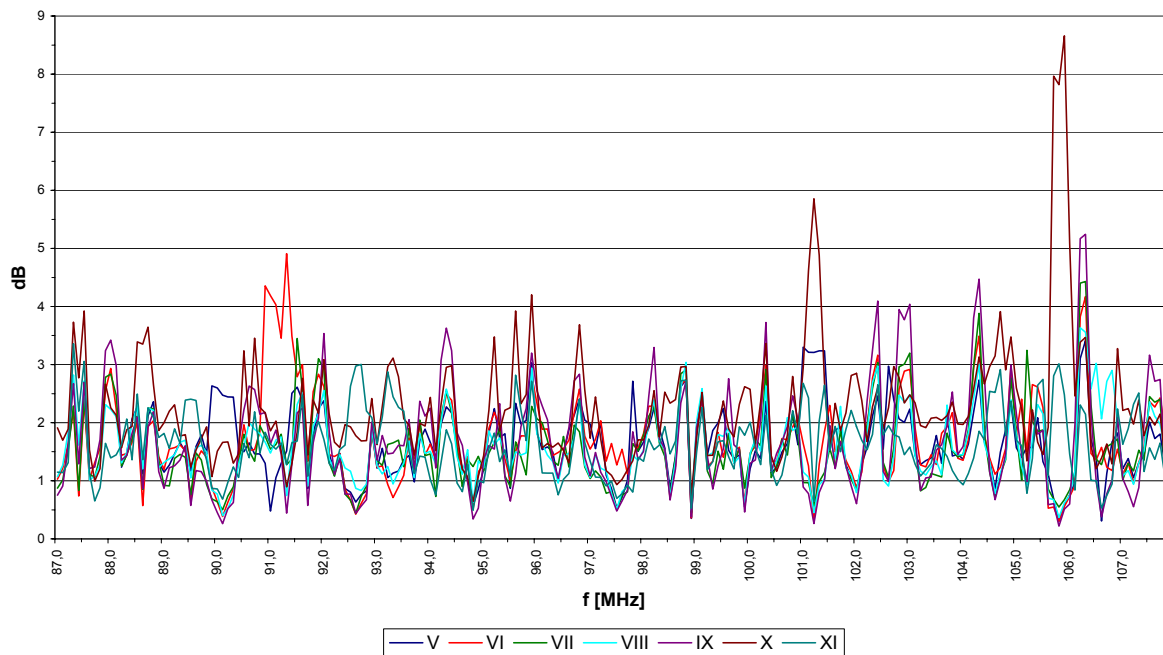


Rys. 26. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. V) – 7 miesięcy 2008 roku



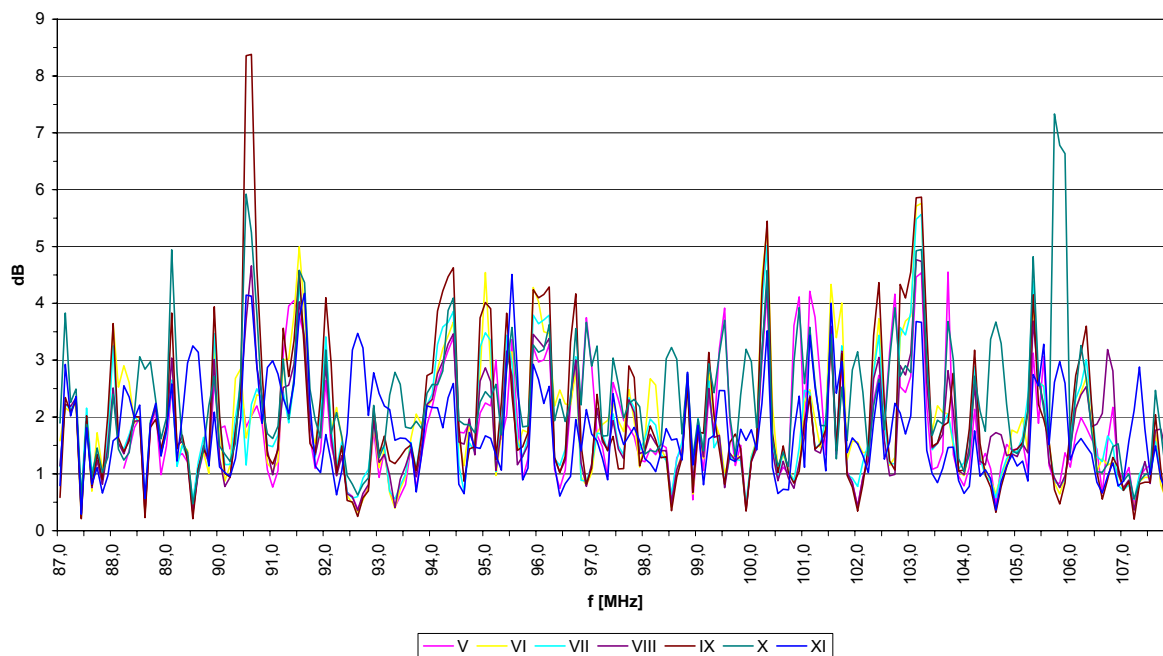
Rys. 27. Statystyki zmian czasowych natężenia pola E (pol. H) – 7 miesięcy 2008 roku

Odchylenie standardowe zmierzonych wartości E (pol. V) - wyniki comiesięczne



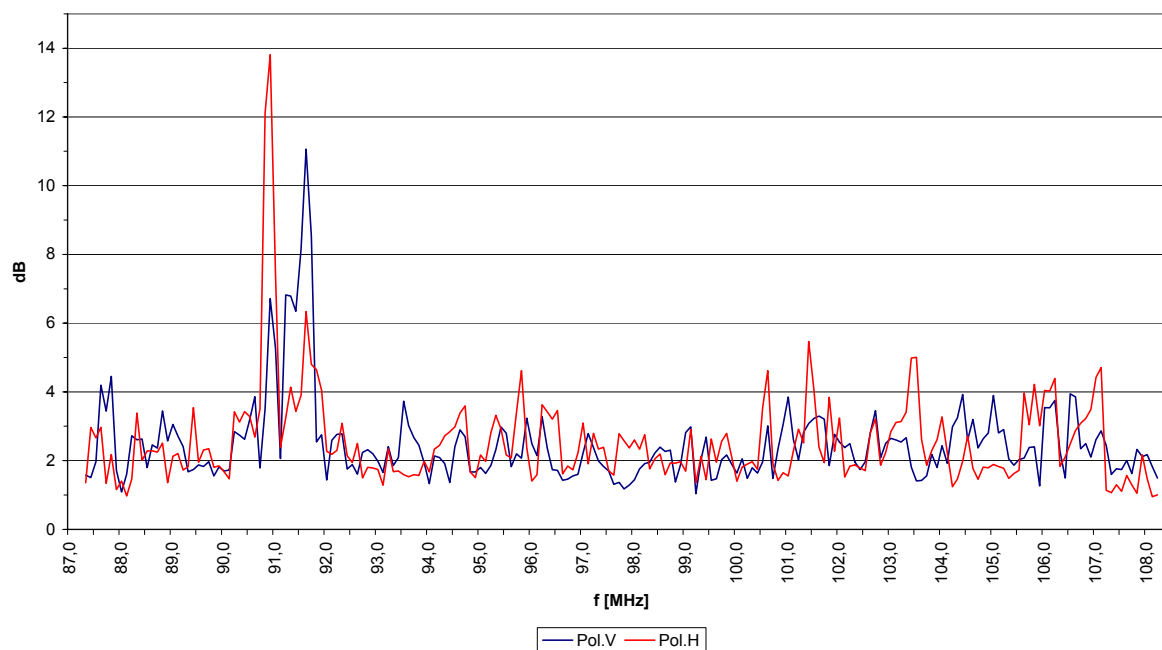
Rys. 28. Zmiany odchylenia standardowego w poszczególnych miesiącach 2008 roku (pol.V)

Odchylenie standardowe zmierzonych wartości E (pol. H) - wyniki comiesięczne



Rys. 29. Zmiany odchylenia standardowego w poszczególnych miesiącach 2008 roku (pol.H)

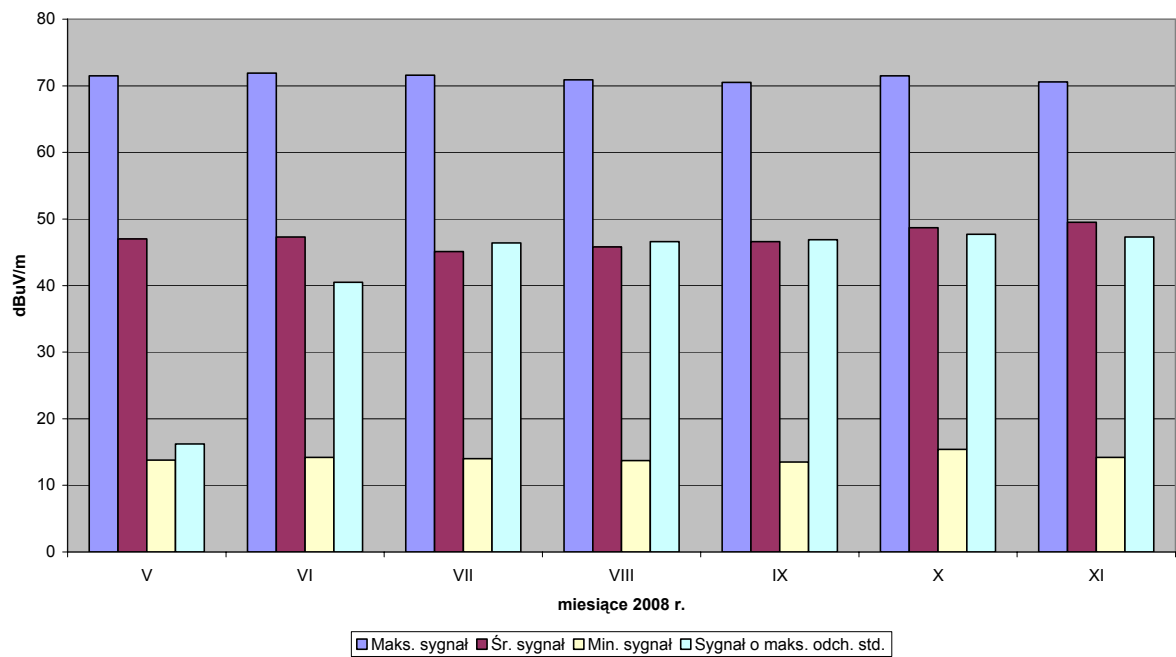
Odchylenie standardowe zmierzonych wartości E (pol. V i H) - wyniki zbiorcze V-XI 2008



Rys. 30. Wypadkowe odchylenie standardowe za 7 miesięcy 2008 roku (pol. V i H)

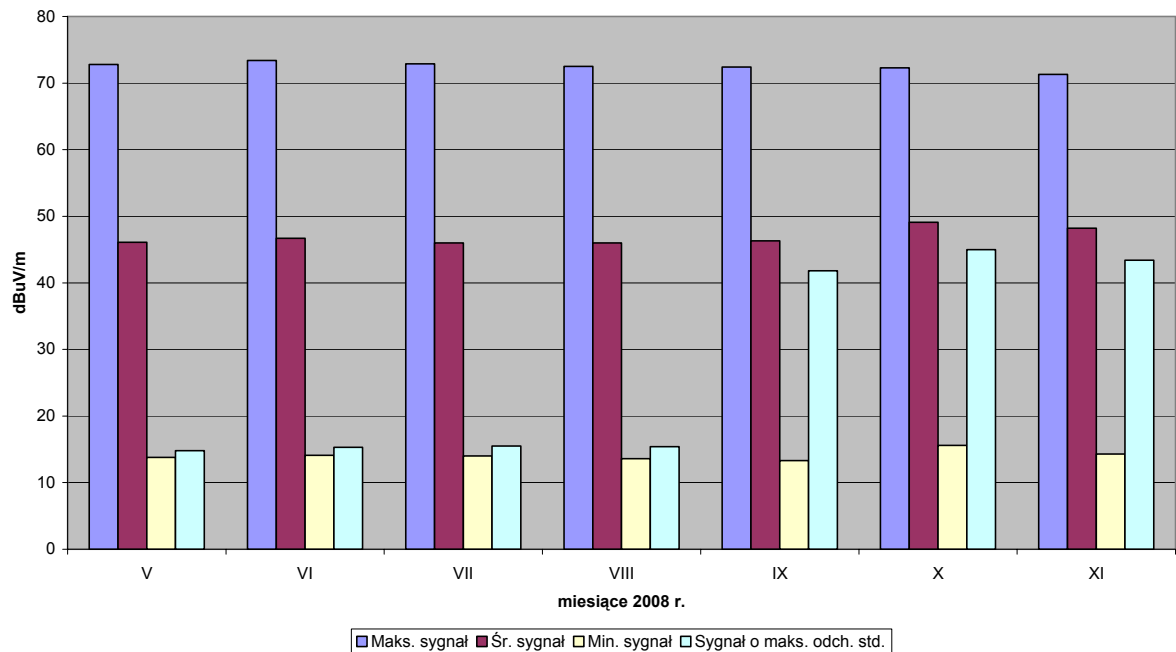
Wstępna analiza wyznaczonych statystyk ujawniła konieczność takiego przetworzenia wyników pomiarów, by uwidocznic zmiany medianowych wartości natężenia pola mierzonych sygnałów w ciągu całego rozpatrywanego okresu czasu. Ma to na celu określenie przedziału ich zmian i ma prowadzić do stwierdzenia, w jakim stopniu pomiary dokonywane podczas kampanii pomiarowej prowadzonej w ramach Programu Wieloletniego są wiarygodne, z jaką zmiennością natężenia pola należy się liczyć w ujęciu poszczególnych miesięcy w roku, a z jaką w ciągu całego roku. Na rysunkach 31 i 32 zaprezentowano takie zmiany miesięcznych wartości medianowych dla sygnałów bardzo silnych ($E > 70 \text{ dB}\mu\text{V/m}$; 106,1 MHz – pol. V; 92,9 MHz – pol. H), średnich ($40 < E < 50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$; 95,1 MHz – pol. V; 100,9 MHz – pol. H) i słabych ($E < 20 \text{ dB}\mu\text{V/m}$; 94,4 MHz – pol. V; 94,9 MHz – pol. H) oraz dla sygnałów, których statystyki charakteryzowały się największym odchyleniem standardowym w skali 7 miesięcy (91,6 MHz – pol. V; 90,9 MHz – pol. H).

Miesięczne zmiany mediany sygnałów o polaryzacji V



Rys. 31. Zmiany mediany przykładowych sygnałów w ciągu 7 miesięcy 2008 roku (pol. V)

Miesięczne zmiany mediany sygnałów o polaryzacji H



Rys. 32. Zmiany mediany przykładowych sygnałów w ciągu 7 miesięcy 2008 roku (pol. H)

4. Wnioski

Kampania pomiarowa prowadzona w Instytucie Łączności ma na celu określenie zmian czasowych sygnałów odbieranych w zakresie UKF-FM. Badane jest natężenie pola elektrycznego w stałym punkcie, w lokalizacji obiektów IŁ we Wrocławiu. Badania prowadzone są zgodnie z przepisami międzynarodowymi [5].

Uzyskane wyniki, choć niekompletne, gdyż pomiary powinny być prowadzone w okresie minimum jednego roku, pozwalają już na wyciągnięcie pewnych wniosków. Badania obejmowały pełne spektrum sygnałów UKF-FM, z dodatkowymi częstotliwościami po bokach widma (po 2 kanały 100 kHz od dołu i od góry). Wyniki pomiarów na poszczególnych częstotliwościach nie wykazały istotnych zmian poziomu natężenia pola elektrycznego w trakcie obserwacji. Z wyjątkiem kilku przypadków, gdzie zaobserwowano duże zmiany w czasie, co zaowocowało dużym odchyleniem standardowym, przekraczającym 5 dB, wahania poziomu odbieranych sygnałów nie były zbyt duże. Wartość odchylenia standardowego, wyznaczona dla każdej częstotliwości badanego zakresu, w okresie 7 miesięcy badań nie przekraczała w zasadzie 3 dB w przypadku sygnałów o polaryzacji pionowej i 4 dB w przypadku sygnałów o polaryzacji poziomej, rys. 30, choć w przypadkach gdy obserwacje ograniczone były do jednego miesiąca, odchylenie to rosło do 4 – 5 dB dla polaryzacji V i 5 – 6 dB dla polaryzacji H, rys. 28 i 29.

Zgodnie z oczekiwaniami najbardziej stabilne okazały się silne sygnały dobiegające do anteny, generowane przez nadajniki umieszczone w stosunkowo niewielkiej odległości od anteny odbiorczej. Zmiany mediany natężenia pola były tam stosunkowo nieduże, patrz rys. 31 i 32. Pewne zaskoczenie przyniosły wyniki obserwacji sygnałów słabych i o średnim poziomie. Sygnały słabe, prawdopodobnie dobiegające do odbiornika ze źródeł położonych w dużych odległościach, cechowały się znacznie mniejszymi fluktuacjami niż sygnały o poziomie średnim, patrz rys. 31 i 32, choć z reguły fluktuacje sygnałów pozahoryzontowych są większe od fluktuacji sygnałów pochodzących od nadajników przedhoryzontowych. Anomalię tę można wytłumaczyć m.in. tym, że być może sygnały „średnie” reprezentowały również nadajniki pozahoryzontowe jednak dysponujące dużą mocą, natomiast sygnały słabe pochodziły od nadajników umieszczonych w bardzo dużych odległościach od odbiornika, gdzie sygnał był już bardzo silnie wytłumiony, a jego zmiany „spłaszczono”. Obserwacja mediany sygnałów o największych zmianach,

charakteryzowanych największym odchyleniem standardowym, pokazała, że zmiany te wynikają prawdopodobnie każdorazowo z uruchomienia nowego nadajnika, wtedy natężenie pola wyznaczone na określonej częstotliwości raptownie rośnie. Zjawisko to zaobserwowano w czerwcu dla sygnału o częstotliwości 91,6 MHz o polaryzacji pionowej (gdy we Wrocławiu uruchomiono radio LUZ, o niewielkim zasięgu, moc promieniowana 300 W) oraz we wrześniu, gdy w widmie pojawił się sygnał pochodzący od nieznannej stacji na częstotliwości 90,9 MHz o polaryzacji poziomej (stacji takiej nie ma na wykazie opublikowanym przez UKE).

Analiza zmian czasowych statystyk natężenia pola pozwoliła na stwierdzenie, że w przypadku silnych sygnałów różnice pomiędzy medianą, górnym decylem a górnym percentylem są niewielkie i nie przekraczają w zasadzie 2 dB, rzadko osiągając 5 dB. Słabe sygnały dawały znacznie większe różnice, dochodzące do kilkunastu dB, rys. 26 i 27. Oznacza to, że sporadyczne zmiany były znacznie większe w przypadku sygnałów słabych, lecz ich częstotliwość występowania nie była duża, o czym świadczy stosunkowo niewielkie odchylenie standardowe. Należy podkreślić, iż każda zmiana stanu widma, uruchomienie nowego lub likwidacja nadajnika, powoduje istotną zmianę wartości odchylenia standardowego.

Pomimo niedokończonej kampanii pomiarowej już można powiedzieć, że otrzymane wyniki będą przydatne do przeprowadzenia szczegółowej oceny pokrycia sygnałem radiowym części terenu Dolnego Śląska, która wstępnie, w postaci map rozkładu natężenia pola sporządzonych dla każdej z częstotliwości zakresu UKF-FM, została wykonana w pracy [4].

5. Literatura

- [1] Program Wieloletni, Badania rzeczywistej zajętości widma elektromagnetycznego przez radiofonię UKF-FM na terenie Polski, Sprawozdanie z wykonanych działań w ramach zadania SP IV.2, Instytut Łączności, Wrocław, listopad 2005,
- [2] Program Wieloletni, SP IV.2, Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski, Etap 1: Prace przygotowawcze, Instytut Łączności, Wrocław, czerwiec 2007,
- [3] Program Wieloletni, SP IV.2, Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski, Etap 2: Pomiary na części obszaru Dolnego Śląska, Instytut Łączności, Wrocław, listopad 2007,
- [4] Program Wieloletni, SP IV.2, Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski, Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski. Opracowanie metodyki wykorzystania danych pomiarowych przez UKE, Instytut Łączności, Wrocław, październik 2008,
- [5] CEPT, ERC Recommendation 74-02, Method of measuring the field strength at fixed points in the frequency range 29.7 – 960 MHz, Bucharest 1999.