

Implementacja i optymalizacja planów sieci telewizji mobilnej DVB-H w Polsce

Streszczenie: W referacie przedstawiono praktyczne aspekty implementacji i optymalizacji planów sieci telewizji mobilnej uruchamianej w Polsce. W Instytucie Łączności o/Wrocław wykonywane są prace planistyczne i optymalizacyjne planów sieci DVB-H dla operatora, który zwyciężył w konkursie zorganizowanym przez UKE: INFO-TV-FM. Zaprezentowano podstawy praktycznej implementacji sieci DVB-H, pokazano przykład takiej implementacji dla jednego z obszarów rezerwacji oraz omówiono wnioski wpływające z prowadzonych prac.

1. WSTĘP

W marcu 2009 roku został rozstrzygnięty konkurs ogłoszony przez Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej na rezerwację częstotliwości z zakresu 470 – 790 MHz przeznaczonych do świadczenia audiowizualnych usług medialnych, w tym rozprowadzania programów radiofonicznych lub telewizyjnych na obszarze całego kraju, w technologii DVB-H w radiokomunikacyjnej służbie radiodifuzyjnej, w którym zwyciężyła firma INFO-TV-FM. W konkursie przekazano kanały 8 MHz w paśmie IV i V, które są wykorzystywane przez Operatora do emisji telewizji mobilnej w standardzie DVB-H do czasu wyłączenia emisji analogowej. Początkowo zasięg sieci telewizji mobilnej będzie ograniczony do terenów otaczających 31 miast w Polsce, a po wyłączeniu telewizji analogowej możliwe będzie zapewnienie pokrycia całego terytorium Polski. W chwili obecnej emisja jest prowadzona w kilkunastu miastach na terenie Polski.

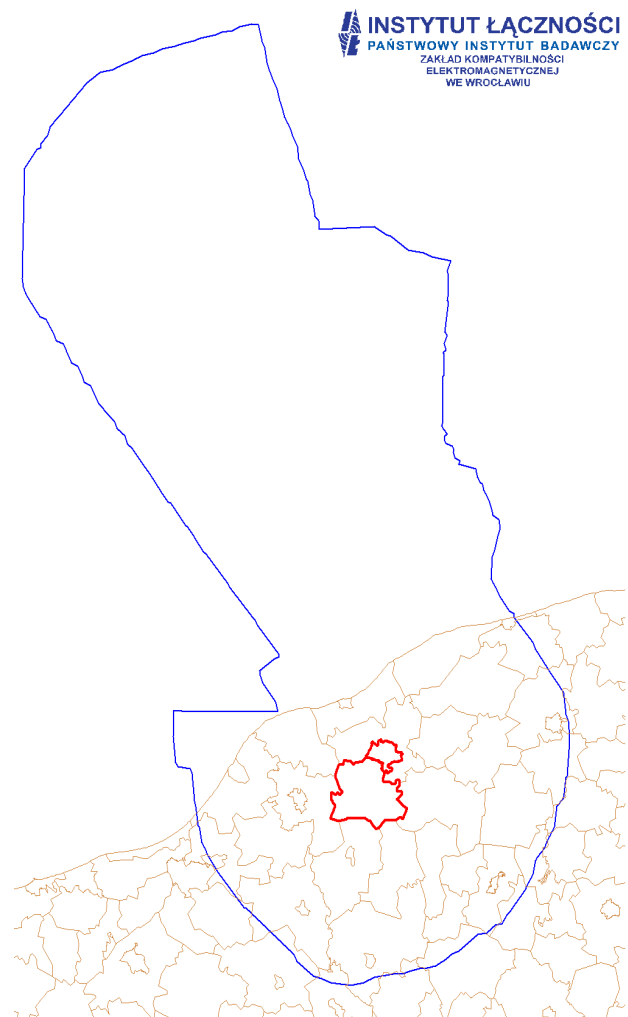
W referacie [1] przedstawiono podstawy planowania i optymalizacji sieci w standardzie DVB-H, wskazano na ograniczenia wynikające z Planu GE06, problemy uzyskania zasięgu sieci w różnych warunkach odbioru oraz zagadnienia kompatybilności z sieciami DVB-T. W niniejszym referacie omówione zostaną praktyczne aspekty implementacji planów sieci telewizji mobilnej DVB-H realizowane przez autorów na rzecz Operatora w oparciu o ustalone warunki konkursowe.

2. TECHNICZNE WARUNKI URUCHAMIANIA SIECI DVB-H

2.1. Analiza zakłóceń sieci

W okresie przejściowym (do czasu wyłączenia telewizji analogowej) dostępne zasoby częstotliwości w Polsce są mocno ograniczone ze względu na intensywne wykorzystywanie widma radiowego pasma UHF przez systemy telewizji analogowej oraz rezerwacje zasobów widma na potrzeby multipleksów DVB-T zgodnie z

Planem GE06. W związku z tym, przeznaczono w okresie przejściowym do wykorzystania na potrzeby emisji telewizji mobilnej DVB-H 31 obszarów [3]. W skład poszczególnych obszarów wchodzi większe gminy miejskie (miasta) oraz okoliczne gminy otaczające miasto, w zależności od tego, jakie były możliwości uzyskania koordynacji międzynarodowej przez UKE danego kanału telewizyjnego oraz zachowania kompatybilności z krajową siecią telewizji analogowej i planami pokryć DVB-T. W niektórych przypadkach, na obszar rezerwacji składa się tylko jedna gmina miejska. Obszary zostały skoordynowane w taki sposób, że stworzono ograniczenie w postaci konturów zakłóceń odpowiadających zakłóceniom emitowanym przez wzorcową stację referencyjną umieszczoną zwykle w centrum takiego obszaru.



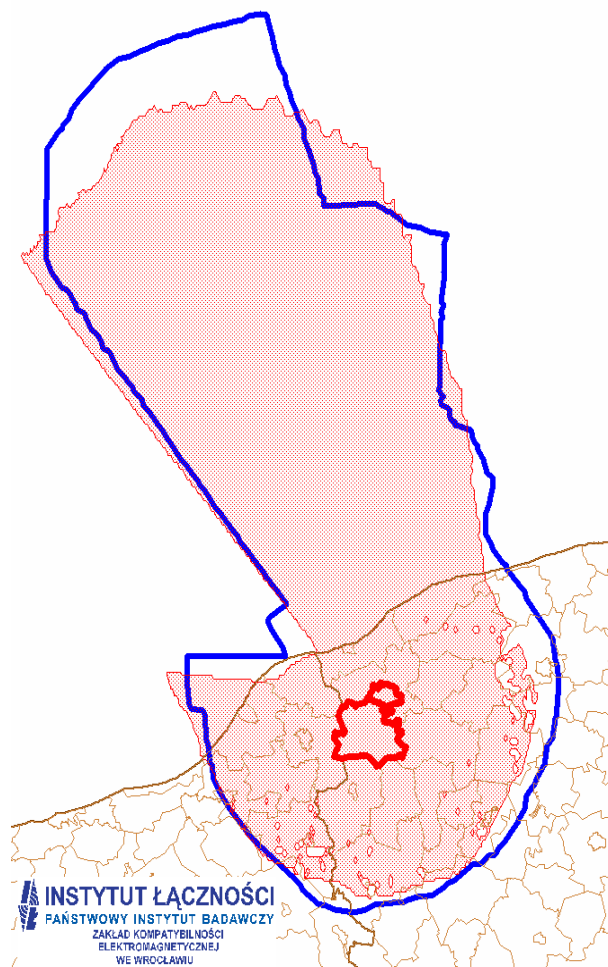
Rys. 1. Kontur zakłóceńowy dla emisji DVB-H na obszarze rezerwacji Słupsk, zgodnie z dokumentacją [3]

Kontur zakłóceniuowy jest konturem zasięgu zakłócającego reprezentowanego przez natężenie pola o wartości $46 \text{ dB } \mu\text{V/m}$ przekraczane w 50% miejsc i 1% czasu wg metody ITU-R P1546 [6]. Powstałe w ten sposób kontury zakłóceniuowe są jednym z czynników planowania danego obszaru rezerwacji i zawarte zostały w dokumentacji konkursowej. Na Rysunku 1 przedstawiono przykładowy kontur zakłóceniuowy oraz gminy wymagane do pokrycia sygnałem dla obszaru Słupsk zgodnie z dokumentacją konkursową [3].

Zastosowanie określonego konturu zakłóceniuowego dla danego obszaru oznacza, iż możliwe jest uruchomienie pojedynczej stacji dużej mocy DVB-H o mocy maksymalnej np. kilku kW, z odpowiednio ukształtowaną charakterystyką promieniowania (wynikającą np. z koordynacji międzynarodowych lub kompatybilności z krajową siecią analogowa czy cyfrową). W takim przypadku uruchomienie silniejszej stacji o lepszym zasięgu użytkowym nie jest możliwe ze względu na wykraczanie zakłóceń poza kontury zakłóceniuowe. Jednak w takiej sytuacji z reguły nie jest też możliwe uzyskanie wymaganego w dokumentacji konkursowej osiągniętego zasięgu użytkowego odpowiadającego minimum 80% powierzchni gmin przeznaczonych do pokrycia. Alternatywą i koniecznością jest w tej sytuacji budowa sieci jednoczesotliwościowej SFN składającej się z kilkunastu stacji małej mocy pracujących na jednej częstotliwości, pod warunkiem, że sumaryczne zakłócenia nie będą generować większych zakłóceń niż wskazana pojedyncza stacja, natomiast wymagany przez Operatora zasięg użytkowy będzie większy i precyzyjniej dopasowany do wymagań konkursowych (obszary często o bardzo nieregularnym kształcie) składającego się z reguły z kilku gmin.

W przypadku planowania pokrycia danego obszaru siecią SFN, na etapie projektowania sieci konieczne jest zastosowanie metody składania sygnałów użytkowych uwzględniającej występowanie efektów zysku sieciowego (network gain) i analizy zakłóceń własnych sieci (self interference). Szerzej temat planowania i optymalizacji sieci DVB-H omówiono w [1]. Sygnał wypadkowy rozumiany jako wypadkowy rozkład mocy sygnału docierająca do odbiornika uzależniony jest od składowych cząstkowych sygnałów, ich opóźnień od poszczególnych stacji i wyznaczany jest za pomocą składania rozkładów mocy poszczególnych sygnałów przy użyciu najbardziej odpowiedniej metody. Porównanie różnych metod sumowania mocy dla sygnałów o rozkładach logarytmiczno-normalnych zostało omówione w [4]. W praktyce, ze względu na oczekiwaną dokładność analiz i szybkość obliczeń najlepsze efekty w cyfrowych systemach radiodyfuzyjnych przynosi zastosowanie metody k-LNM ze współczynnikiem $k = 0.6$, którą zastosowano również w trakcie implementacji i optymalizacji planów sieci DVB-H.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy zasięg zakłóceniuowy projektowanej sieci SFN DVB-H na tle konturu zakłóceniuowego, uzyskany dla optymalizowanej struktury sieci SFN w wyniku optymalnej selekcji lokalizacji, liczby stacji i ich szczegółowych parametrów emisji, a także parametrów sieci SFN.

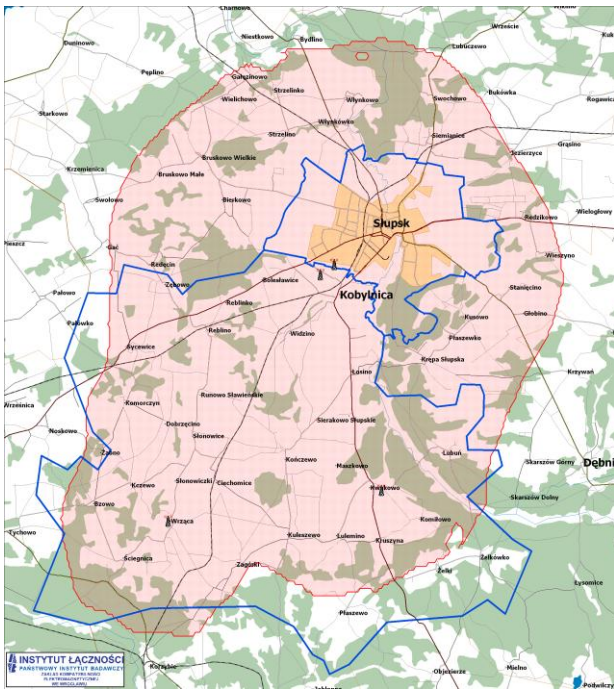


Rys. 2. Przykładowy zasięg zakłóceniuowy projektowanej sieci SFN DVB-H na tle konturu zakłóceniuowego

2.2. Optymalizacja zasięgu i parametrów sieci

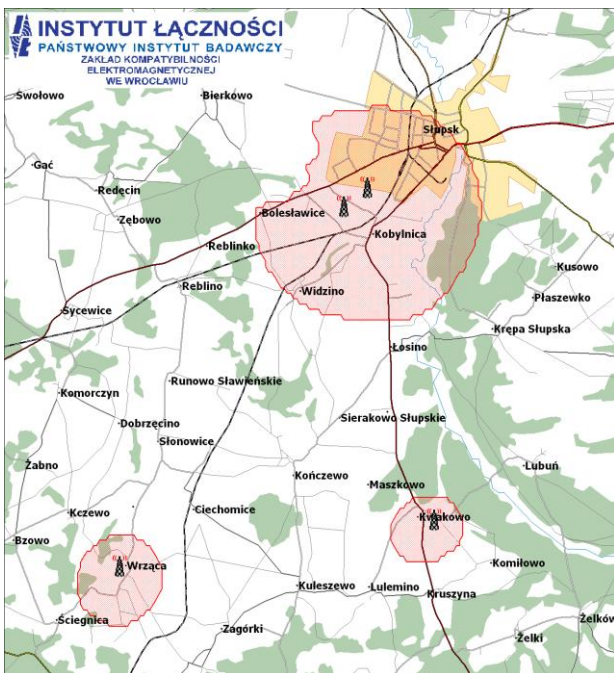
Zgodnie z warunkami konkursu [3], Operator jest zobowiązany do pokrycia minimum 80% powierzchni obszaru rezerwacji, oraz dostosowania poziomu zakłóceń pojedynczego nadajnika bądź sieci jednoczesotliwościowej do omówionego w poprzednim punkcie konturu zakłóceniuowego. Wymagane w [3] minimalne natężenie pola sygnału użytkowego sieci SFN wynosi $79 \text{ dB } \mu\text{V/m}$ na wysokości 10 m n.p.t., która to wartość odpowiada odbiorowi w klasie A z jakością akceptowalną (70%), czyli akceptowalnemu odbiorowi przenośnemu zewnętrznemu [5].

Na etapie projektowania sieci, możliwe i konieczne jest planowanie także innego trybu odbioru, zgodnie z odpowiednimi potrzebami i oczekiwaniami operatora, tak by, np. zapewnić możliwość odbioru przenośnego wewnątrz budynków lub odbioru mobilnego w poruszających się pojazdach, na oczekiwanych częściach obszaru rezerwacji (np. centrum miasta).



Rys.3. Przykładowy zasięg użytkowy sieci SFN składającej się z 4 stacji DVB-H na poziomie $79 \text{ dB } \mu\text{V/m}$, prawdopodobieństwo 70% klasa A

Istotną kwestią podczas projektowania sieci jest optymalizacja kosztów sieci i odpowiednie planowanie zasięgu dopasowanego do oczekiwań Administracji i Operatora.



Rys.4. Przykładowy zasięg użytkowy w warunkach odbioru przenośnego wewnętrznego sieci SFN składającej się z 4 stacji DVB-H, klasa X

Wymóg pokrycia 80% powierzchni danego obszaru rezerwacji, można zrealizować np. w taki sposób, by bez pokrycia pozostały obszary nieistotne z punktu widzenia operatora, w ogóle lub na pewnym etapie rozwoju sieci, np. dużych obszarach zalesionych czy akwenach wod-

nych. Z drugiej strony istotne mogą być też inne klasy odbioru (np. przenośny wewnątrz budynków) w centrum miasta.

Możliwe jest również takie projektowanie sieci, aby zapewnić skalowalność i łatwą przyszłą rozbudowę sieci w celu umożliwienia osiągnięcia wyższego typu odbioru. W takim przypadku w pierwszym etapie celem może być osiągnięcie wymagań Administracji i uzyskanie wymaganych 80% pokrycia powierzchniowego danego obszaru rezerwacji w odbiorze przenośnym zewnętrznym, a w dalszych etapach rozwinięcie sieci tak by umożliwić odbiór przenośny wewnętrzny. Ważnym jest, aby tego typu założenia były przyjęte na początkowym etapie projektowania sieci, gdyż później może nie być możliwe dodawanie kolejnych stacji do sieci z uwagi na już istniejący i mieszczący się w dopuszczalnych granicach zasięg zakłóceń. Wynika to z faktu, iż kolejna stacja dodana do sieci, podnosi często wypadkowy zasięg zakłóceńowy wykraczając niedopuszczalnie poza zdefiniowany kontur. Problem taki pojawia się w przypadku, gdy do pokrycia danego obszaru zasięgiem użytkowym wybierzemy konfigurację z jedną centralnie umieszczoną i wysoko zawieszoną stacją MFN, która generuje zasięg zakłóceńowy zbliżony do maksymalnego określonego przez Administrację. Dołożenie w prosty sposób do tej stacji jednej bądź kilku stacji małej mocy w sieci SFN, może spowodować, że sumaryczny wypadkowy zasięg zakłóceńowy będzie już niedopuszczalny i przekroczy znacznie poziom zdefiniowany w warunkach rezerwacji częstotliwości. Zatem każda dodatkowa stacja, uzupełniająca sieć, musi być wnikliwie analizowana pod tym kątem, wraz z jej głównymi parametrami nadawczymi (moc promieniowana, wysokość zawieszenia anteny, charakterystyka promieniowania, opóźnienia poszczególnych stacji w sieci SFN itp.).

Rysunek 3 przedstawia przykładową zoptymalizowaną sieć SFN DVB-H, która składa się z kilku odpowiednio dobranych stacji DVB-H w celu pokrycia zasięgiem wymaganego 80% obszaru rezerwacji dwóch gmin (pogrubione kontury gmin) przy zachowaniu minimalnego kosztu infrastruktury sieci. Obliczenia wykonano przy użyciu własnego oprogramowania, dedykowanego do obliczeń zasięgów sieci DVB-T/DVB-H wykorzystującego własne metody analityczne, cyfrowe mapy DEM/DTM oraz model propagacyjny ITU-R P.1546-3 [6].

Natomiast na rysunku 4 przedstawiono zasięg tej samej przykładowej sieci jednoczęstotliwościowej SFN, z takimi samymi parametrami emisji, ale w warunkach odbioru przenośnego wewnętrznego (light indoor). Porównanie obu otrzymanych zasięgów wskazuje na znaczące różnice w osiąganych zasięgach dla różnych trybów odbioru. Aspekty te brane są pod uwagę również na etapie planowania i analiz sieci w konkretnych przypadkach. Wymagane jest określenie, jaki typ odbioru jest wymagany i na jak dużym obszarze. Należy przy tym podkreślić, że ograniczeniem możliwości szerokiego uzyskiwania zasięgu wewnętrznego jest z reguły kontur zakłóceńowy wynikający z ograniczonych zasobów częstotliwości. To ograniczenie nie będzie stanowić problemu po wyłączeniu telewizji analogowej.

W trakcie projektowania sieci jednoczesnościowych DVB-H, poza wymaganym dla danego trybu pracy, czy też zamieszczonym przez UKE w [3], minimalnym wymaganym poziomem natężenia pola, do analizy zasięgów użytkowych należy uwzględnić ewentualny poziom interferencji od innych sieci (analogowych, cyfrowych) wspólnie i sąsiedniokanałowych i związane z tym współczynniki ochronne. Stąd zasięgi zależą zarówno od trybu pracy systemu (rodzaj modulacji, kodowania), rodzaju terminali odbiorczych (noszone, mobilne, z lub bez anteny zewnętrznej) warunków odbioru (w mieście, poza miastem, wewnątrz czy na zewnątrz budynków) i poziomu zewnętrznych zakłóceń interferencyjnych. W przypadku różnych kombinacji ww. czynników uzyskiwany będzie różny zasięg.

Należy także podkreślić, że wykonywane na etapie projektowania sieci, analizy zasięgów użytkowych pokazują gwarantowane zasięgi dostępne w dowolnych warunkach propagacyjnych w przeciągu całego roku z określonym prawdopodobieństwem zakłócenia (np. zakłócenia dopuszczalne w 1% czasu). Sporadycznie i okazjonalnie odbiór może występować także na większym obszarze w związku ze zmienną propagacją, może też występować wyższa klasa odbioru pomimo tego, że planowo nie jest ona gwarantowana. Stąd wskazane na mapach obszary zasięgu należy traktować jako minimalnie gwarantowane zasięgi w danej klasie odbioru.

Ważnym aspektem jest również właściwa optymalizacja kosztów/zasięgu sieci tak istotna z punktu widzenia Operatora budującego sieć. Odbywa się ona nie tylko poprzez wspomniane wcześniej odpowiednie dobieranie lokalizacji stacji w sieci SFN (czyli optymalizacja samej liczby stacji), ale także poprzez optymalny dobór wszystkich parametrów sieci, tj. typów nadajników i ich mocy, rodzaju zastosowanej anteny (proste, a więc i mniej kosztowne anteny dookólne, czy złożone kierunkowe/sektorowe układy antenowe) w celu osiągnięcia odpowiedniej mocy promieniowanej z wymaganą w danym przypadku charakterystyką i zasięgiem wypadkowym. Wszystkie te czynniki składają się na wypadkowy koszt sieci i są istotnym czynnikiem uwzględnianym w trakcie planowania.

3. PODSUMOWANIE

Aktualnie trwają przygotowania do wyłączeń emisji naziemnej telewizji analogowej w Polsce i przejścia na nadawanie cyfrowe w standardzie DVB-T. Pierwsze wyłączenia stacji analogowych nastąpią w ciągu najbliższych lat. Do tego czasu pasmo UHF będzie intensywnie współużytkowane przez systemy analogowe i cyfrowe. Dla nowo wdrażanych systemów, takich jak telewizja mobilna DVB-H oznacza to pewne ograniczenia, szczególnie określone w konkursie Urzędu Komunikacji Elektronicznej na dostępne kanały telewizyjne zakresu 470 – 790 MHz dla telewizji mobilnej. Ponieważ w 2013 roku planowane jest całkowite wyłączenie telewizji analogowej, ograniczenia te znikną i dostępne staną się wówczas zasoby częstotliwości umożliwiające uzyskanie zasięgu telewizji mobilnej DVB-H na całym terytorium kraju (gdy Operator wtedy zwróci się do Administracji o

ich wykorzystanie zapewne taką zgodę dostanie), w chwili obecnej możliwość ta istnieje na 31 obszarach z terenu całego kraju.

Do czasu, gdy możliwe będzie pełne wykorzystanie wszystkich kanałów z warstwy DVB-H i znikną ograniczenia wynikające z braku dostępnych zasobów częstotliwości czy wymogu kompatybilności z sieciami analogowymi, podczas planowania sieci konieczne jest wzięcie pod uwagę różnych aspektów omówionych w referacie. Szczególną uwagę należy zwrócić na ściśle określony kontur zakłóceń, który ma istotne znaczenie dla kształtu sieci. Ważny jest również wymóg pokrycia 80 % powierzchni danego obszaru rezerwacji, który w połączeniu z konturem zakłóceń determinuje przyszły kształt sieci. Pomimo tych ograniczeń Operator budujący sieć DVB-H w elastyczny sposób może wpływać na kształt sieci definiując określone potrzeby wymagane do spełnienia na etapie projektowania i optymalizacji sieci, choć w niektórych przypadkach trudne jest nawet spełnienie wymaganego pokrycia powierzchniowego w odbiorze przenośnym zewnętrznym i generowanie zakłóceń mieszczących się w konturze zakłóceń. Niestety do czasu wyłączenia TV analogowej ze względu na ograniczone zasoby widma radiowego i pracujące liczne stacje telewizji analogowej zasięgi w odbiorze wewnętrznym (light i deep indoor) są ograniczone. Dopiero pełne wyłączenie telewizji analogowej pozwoli na uruchomienie większej liczby stacji (lub zwiększenie ich mocy) w celu zwiększenie tego typu zasięgów.

SPIS LITERATURY

- [1] Więcek D., Gołębiowski B., Wroński J., Baran Ł., *Implementacja, optymalizacja i kompatybilność elektromagnetyczna sieci DVB-H*, KKRRiT, Gdańsk, 2007
- [2] ETSI EN 302 304 *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)* ETSI, 2004
- [3] DOKUMENTACJA KONKURSOWA na rezerwację częstotliwości z zakresu 470 – 790 MHz przeznaczonych do świadczenia audiowizualnych usług medialnych, w tym rozprowadzania programów radiofonicznych lub telewizyjnych na obszarze całego kraju, w technologii DVB-H w radiokomunikacyjnej służbie radiodifuzyjnej, UKE, Warszawa, 10 października 2008
- [4] Więcek D., Wroński J. W., *Metody sumowania mocy sygnałów o rozkładach logarytmiczno-normalnych*, KKRRiT, Wrocław, 2008
- [5] EBU Tech 3317 *Planning parameters for handheld reception*, Genewa, Grudzień 2006
- [6] ITU-R Recommendation P.1546-3, *Method for Point-to-Area Predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30 MHz to 3 000 MHz*, Geneva 2007
- [7] Praca zbiorowa pod kier. D. Więcka: *Metody optymalnego wykorzystania widma radiowego przez sieci naziemne radiodifuzji cyfrowej*, Sprawozdanie nr Z21/21300015/951/05, Instytut Łączności, Warszawa-Wrocław 2005