



Wrocław, 10-12 czerwca 2013

## PLANOWANIE, OPTYMALIZACJA I KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA SIECI RADIOFONII CYFROWEJ DAB+

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono praktyczne aspekty planowania i optymalizacji sieci radiofonii cyfrowej w standardzie DAB+. W Instytucie Łączności oddział we Wrocławiu wykonywane są prace planistyczne i optymalizacyjne różnych cyfrowych systemów rozsiewczych na rzecz operatorów i nadawców sieci. Zaprezentowano podstawy planowania sieci DAB+, jej optymalizacji i kompatybilności elektromagnetycznej w Polsce, wraz z identyfikacją elementarnych problemów, które można będzie napotkać podczas praktycznej realizacji projektu.

### 1. WSTĘP

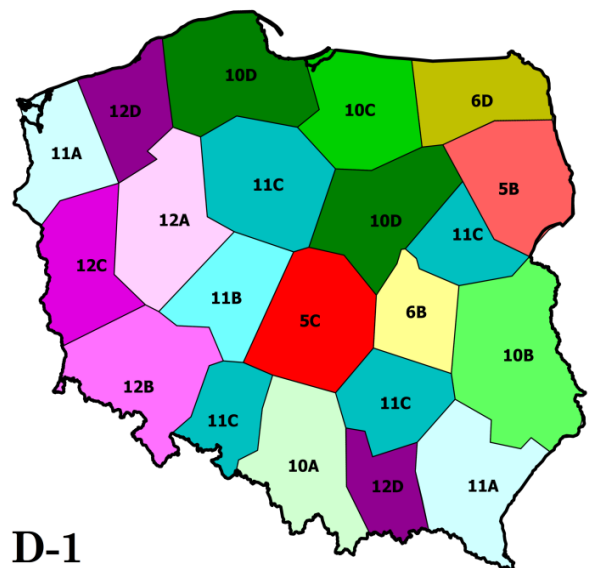
W roku 2010 przedstawiono referat [1] omawiający wyniki pierwszej w Polsce eksperymentalnej emisji radiofonii w standardzie DAB+ przeprowadzonej w 2009r. przy udziale Instytutu Łączności, Polskiego Radia Wrocław i firmy Emitel. Opisano w nim przygotowania i efekty emisji testowej, a także oceniono praktyczną weryfikację uzyskiwanych zasięgów. Emisje testowe DAB+ prowadzone były później także w innych miastach Polski (Warszawa, Kielce). Do dnia dzisiejszego nie nastąpiło jednak uruchomienie stałej emisji DAB+ w żadnej lokalizacji (poza emisjami eksperymentalnymi), nie mówiąc o uzyskaniu pełnego ogólnopolskiego pokrycia, choć cały czas trwają do tego przygotowania. W 2012 roku nadawca publiczny (Polskie Radio), otrzymał wstępną decyzję Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej [2] zawierającą rezerwacje bloków DAB+ w paśmie III (174-230 MHz) w której zawarto również wstępny plan i harmonogram wdrażania. Pasma III stanie się bowiem dostępne do emisji cyfrowej DAB+ w całej Polsce zaraz po wyłączeniu funkcjonującej jeszcze w kraju emisji telewizji analogowej (po 31.07.2013r). Wówczas możliwe będzie bezproblemowe uruchomienie nawet 3 sieci (multipleksów) ogólnopolskich DAB+ (a w przypadku przeprowadzenia dodatkowego podziału multipleksu DVB-T pasma III - także kolejnych dodatkowych 4 sieci). Radiofonia cyfrowa pozwoli nadawcom po pierwsze na uzyskanie pełnego ogólnopolskiego zasięgu wszystkich programów (w technice analogowej FM wiele programów ma dziś ograniczone zasięgi w związku z nasyceniem widma i bliskimi wyczerpaniu zasobami widma UKF FM oraz niemożnością skoordynowania dodatkowych zasobów tego widma), a także na uruchomienie dodatkowych programów i wielu różnych dodatkowych usług cyfrowych, niedostępnych dziś w technice analogowej (np. przewodnik po programach - EPG, pokaz zdjęć, mapa korków drogowych, teksty piosenek i zdjęcia autorów, linki do stron www etc.). Nie

bez znaczenia jest też fakt, że radiofonia cyfrowa z założenia dedykowana jest do odbioru w ruchu i ma odznaczać się lepszymi warunkami odbioru w samochodzie niż radiofonia UKF FM - która była rozwijana, planowana wiele lat temu i dostosowywana do odbioru za pomocą anten stacjonarnych (zawieszanych na wysokości 10 m n.p.t). Istnieje szansa, że nadawcy spostrzegą korzyści wynikające z cyfryzacji radia i w niedługim czasie dokonają pełnej implementacji sieci DAB+ w Polsce. W niniejszym referacie przedstawiono podstawy planowania, optymalizacji i kompatybilności elektromagnetycznej przyszłych sieci DAB+ w Polsce. Wskazano podstawowe pojęcia, zidentyfikowano główne problemy i podano praktyczne sposoby ich rozwiązywania.

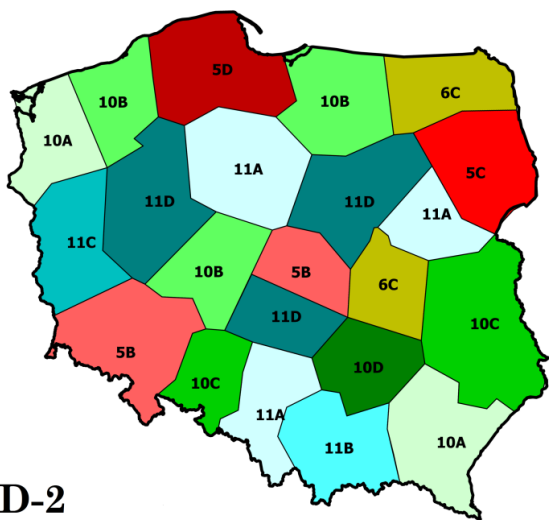
### 2. TECHNICZNE WARUNKI URUCHAMIANIA SIECI DAB+

#### 2.1. Obszary rezerwacji DAB

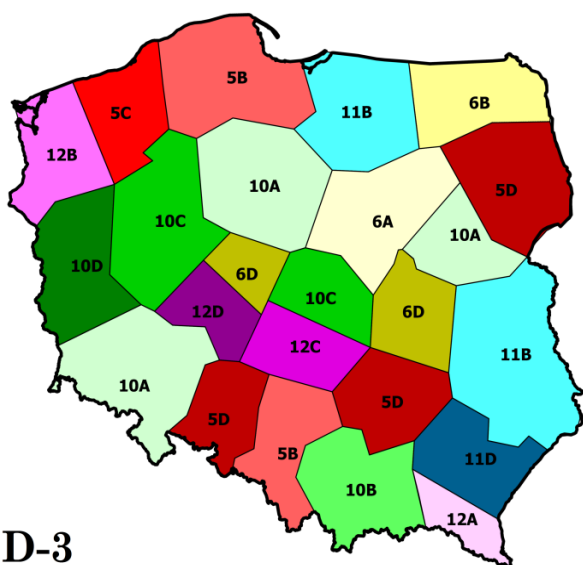
Zgodnie z Planem GE06 [4] Polska uzyskała 3 pokrycia (warstwy) w ramach obszarów rezerwacji T-DAB (rys. 1) w paśmie III. Dodatkowo w tym paśmie wydzielono pokrycie DVB-T dla kanałów 7 MHz (w paśmie IV/V kanały DVB-T są 8 MHz). W zależności od decyzji Regulatora, możliwe będzie podzielenie tej warstwy na dodatkowe bloki 1,5 MHz DAB+ lub zastosowanie emisji DVB-T/(T2). W krajach europejskich kwestia ta jest różnie rozwiązywana, wiele krajów nie podjęło jeszcze decyzji.



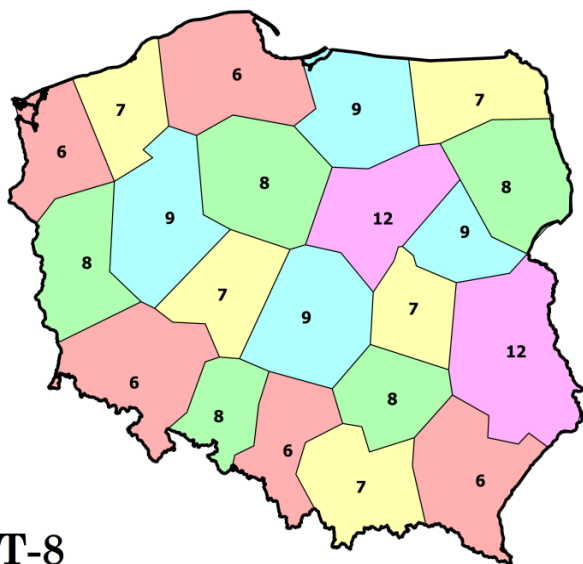
D-1



D-2



D-3



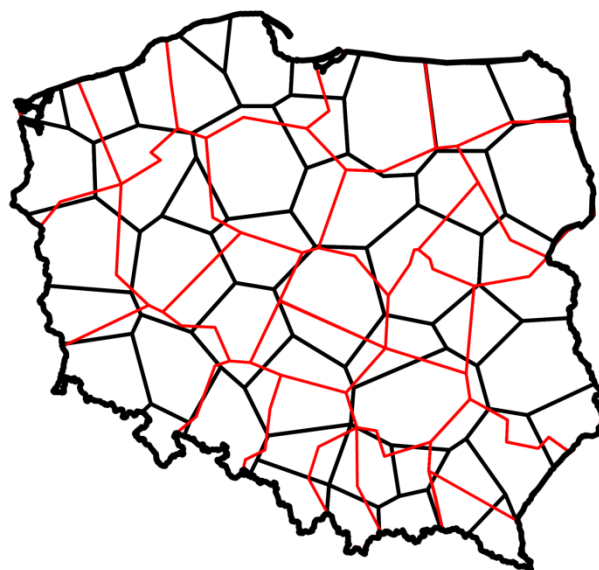
T-8

Rys. 1 Mapy kanałowe dla obszarów wykorzystania częstotliwości T-DAB i DVB-T w paśmie III zgodnie z Planem GE06

Kształt granic obszarów rezerwacji T-DAB i DVB-T jest zupełnie inny, inna jest również geneza ich

powstania. Na przykład plan obszarów rezerwacji dla telewizji DVB-T w paśmie IV/V (470-962 MHz) powstał w oparciu o lokalizacje głównych stacji nadawczych telewizji analogowej i przybliżonych zasięgów osiągniętych z tych stacji. Przy tworzeniu planu dla T-DAB i DVB-T w paśmie III brany był pod uwagę głównie podział administracyjny kraju na województwa, do których obszary rezerwacji w dużej części przystają (jednak nie są tożsame). Dodatkowo założono tu z konieczności stosowania rozległych sieci jednoczęstotliwościowych (SFN - *Single Frequency Network*), do których tryb i parametry pracy systemu DAB+ zostały dopasowane. Nie bez znaczenia są też większe zasięgi uzyskiwane na niższych częstotliwościach w paśmie III. W związku z tym na przykład obszarów rezerwacji DVB-T w paśmie IV/V jest znacznie więcej niż obszarów T-DAB/DVB-T w paśmie III.

Dla ilustracji tego na rysunku 2 przedstawiono kolorem czarnym obszary rezerwacji DVB-T pasma IV/V, a kolorem czerwonym obszary T-DAB. W wielu przypadkach jeden obszar rezerwacji T-DAB jest 2-3 krotnie większy od obszarów DVB-T. Inaczej mówiąc, obszar wykorzystywania danego bloku 1,5 MHz T-DAB jest znacznie większy powierzchniowo niż obszar wykorzystywania kanałów DVB-T.



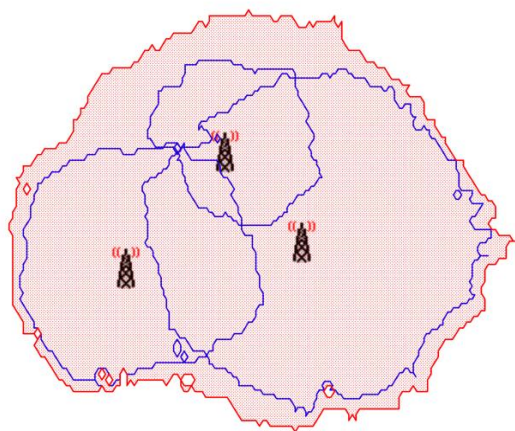
Rys. 2 Porównanie obszarów rezerwacji GE06 w paśmie III dla DAB (kolor czerwony) i paśmie IV/V dla DVB-T (kolor czarny)

W przypadku planowania i budowy sieci telewizji naziemnej DVB-T, w uproszczeniu, aby zbudować sieć ogólnopolską przy wykorzystaniu kanałów przyporzędowanych poszczególnym obszarom rezerwacji, wystarczyło po pierwsze uruchomić emisje dużej mocy z obiektów z których dotychczas prowadzona była emisja analogowa. Ewentualnie w przypadku obszarów gdzie zasięg ze stacji głównej nie był wystarczający, należało uzupełnić pokrycie stacjami typu gap-filler lub dodatkowymi stacjami mniejszej mocy współpracującymi w sieci jednoczęstotliwościowej SFN. Sytuacja ta ma miejsce zwłaszcza na terenach górzystych. Dopuszczalne

moce promieniowane głównych stacji z poszczególnych obszarów rezerwacji DVB-T pasma IV/V były już na etapie Planu GE06 dobrane tak by zapewnić pokrycie i nie dopuścić do zbyt dużych zasięgów zakłóceń do obszarów wspólnokanałowych w kraju i za granicą. Natomiast planowanie sieci w oparciu o bloki 1,5 MHz T-DAB jest dużo bardziej złożone ponieważ bloki T-DAB często nie przystają swoim kształtem do zasięgów pojedynczych stacji uzyskiwanych z lokalizacji głównych stacji nadawczych (zarówno TV analogowej, DVB-T jak i UKF FM). Choć Regulator dopuszcza wykorzystanie do emisji stacji nadawczych zlokalizowanych w odległości do 20 km poza granicą obszaru rezerwacji (w decyzji dla Polskiego Radia [2]) w wielu przypadkach ich wykorzystanie może być niemożliwe lub bardzo trudne. Po pierwsze, dlatego, że emisje ze stacji tego typu mogą szybko przekraczać dopuszczalne poziomy zakłóceń do wspólnokanałowych obszarów w kraju i za granicą. Po drugie z uwagi na konieczność ograniczania zakłóceń mającą miejsce w przypadku wysoko wyniesionych anten nadawczych osiągnięte z nich zasięgi użytkowe są niesatysfakcjonujące i nie pokrywają odpowiednio wymaganego obszaru. Może to powodować, że stacja w dobrej lokalizacji (np. tej samej z której prowadzona jest emisja DVB-T pasma IV/V) staje się mało użyteczna w praktyce w przypadku DAB+, jej moc promieniowana musi być mocno ograniczona, zaś charakterystyka anteny nadawczej dodatkowo wytłumiona na wielu azymutach aby nie zakłócić obszarów sąsiednich.

## 2.2. Optymalizacja zasięgów i parametrów sieci DAB+

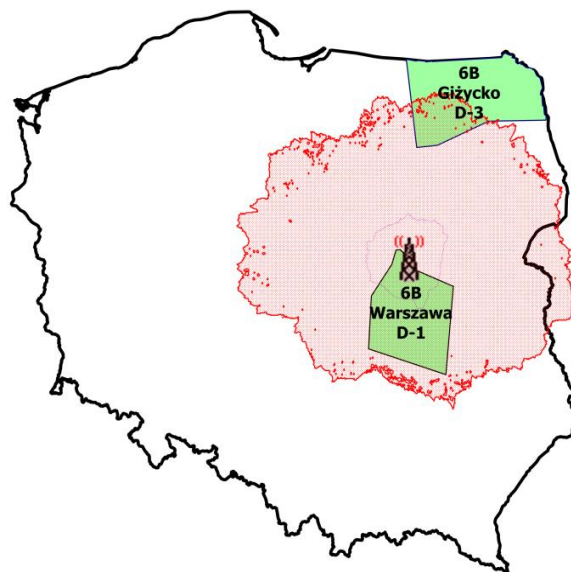
Sieć DAB+ można zaprojektować w oparciu o różne konfiguracje obiektów nadawczych, wykorzystując przy tym wpływ i efekty zachodzące w sieciach jednoczęstotliwościowych SFN (podstawowe zjawiska i zasady planowania w sieciach SFN podano np. w [5, 6]). Celem tego procesu jest zapewnienie odpowiedniego zasięgu sieci, minimalizacja kosztów sieci, wykorzystanie istniejących obiektów oraz unikanie zakłóceń w stosunku do innych obszarów i sieci - czyli zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej sieci.



Rys. 3 Porównanie zasięgów trzech pojedynczych stacji DAB+ (kolor niebieski) i zasięgu wypadkowego tych samych stacji pracujących w sieci jednoczęstotliwościowej SFN, metoda składania k-LNM (kolor czerwony)

Na rysunku 3 przedstawiono zasięg trzech pojedynczych stacji DAB+, gdy pracują w sieci wieloczęstotliwościowej, czyli gdy każda stacja wykorzystuje inny blok częstotliwościowy DAB+. Poza tym, że w takiej sieci występują nieefektywne wykorzystywanie częstotliwości (których zawsze dostępność jest ograniczona i skończona), zasięgi pojedynczych stacji są znacząco mniejsze od wypadkowego zasięgu sieci SFN co wynika z występowania efektu zysku sieciowego w sieci jednoczęstotliwościowej (wynikającego z pozytywnego dodawania sygnałów OFDM w sieci).

Planowanie i optymalizacja sieci DAB+ wymaga założenia trybu odbioru, dla którego sieć jest projektowana. Możliwe jest również zaprojektowanie sieci nadawczej tak, aby osiągnąć pokrycie w jednym trybie odbioru np. na obszarze całego kraju (np. odbioru mobilnego), natomiast w wybranych częściach kraju (np. miasta, aglomeracje, główne szlaki drogowe czy kolejowe, etc.) dodatkowo zagwarantować odbiór przenośny wewnętrzny (za pomocą prostych anten wewnątrz budynków). Możliwe jest nawet rozważanie odbioru w zależności od wysokości kondygnacji (np. na parterze czy na piętrze) czy odbioru wewnętrznego w zewnętrznych pokojach (ściany z oknami - *indoor*) lub nawet w pomieszczeniach w głębi budynków (tzw. *deep indoor*). W zależności od założonych oczekiwań w stosunku do sieci inna będzie jej konfiguracja oraz inne związane z nią koszty. Należy podkreślić, że celem planowania jest zapewnienie gwarantowanego zasięgu w danym trybie odbioru, co nie znaczy że nie będą osiągnięte także inne tryby w tym samym obszarze odbioru (np. *indoor* w bliskiej odległości od nadajnika). W przypadku radiofonii DAB+ występują zasadniczo dwa podstawowe tryby odbioru przy projektowaniu sieci: odbiór mobilny (w poruszającym się samochodzie - na zewnątrz budynków) oraz przenośny wewnętrzny (*indoor* - w budynkach). Dla tych trybów odbioru minimalne natężenie pola elektromagnetycznego to odpowiednio 60 dB $\mu$ V/m w 99% miejsc i 66 dB $\mu$ V/m w 95% miejsc (z uwzględnieniem odpowiednich korekt).

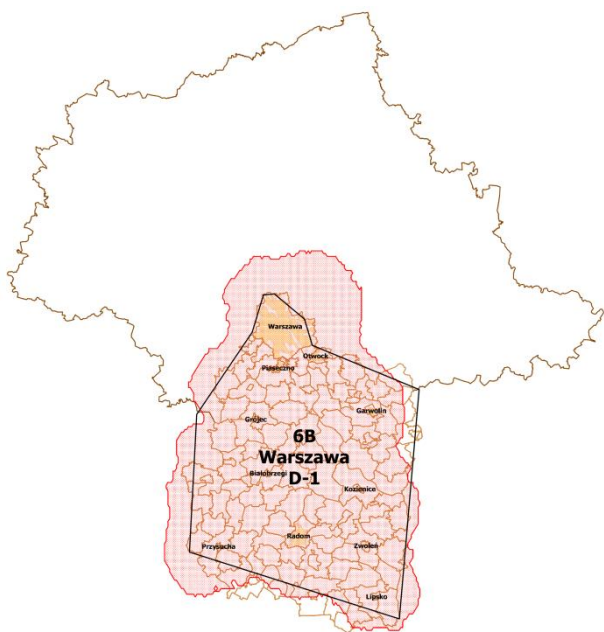


Rys. 4 Przekroczony zasięg zakłóceńowy do stacji



Na rysunku 4 przedstawiono przykładową mapę zasięgów: użytkowego i zakłóceniewego pojedynczej stacji dużej mocy DAB+ zlokalizowanej w Warszawie. W przypadku obszaru rezerwacji Warszawa 6B stacja ta jest zlokalizowana na północy tego obszaru, nie jest zatem w jego centrum. Powoduje to bezpośrednie przekroczenie dopuszczalnego poziomu zakłóceniewego we wspólnoblokowym obszarze rezerwacji Giżycko 6B. Na rysunku przedstawiono również jej zasięg użytkowy, który w znacznej części pokrywa obszar poza wymaganym obszarem Warszawa 6B, zaś nie pokrywa dużej części która jest wymagana i wymagane jest uzupełnienie sieci o kolejne nadajniki SFN co jeszcze bardziej spotęguje problem zakłóceń do obszaru wspólnokanałowego.

W przypadku emisji DAB+ osiągnięcie wymaganego pokrycia sieci, możliwe jest przy prawidłowo zaprojektowanej złożonej sieci jednoczęstotliwościowej SFN. Na rysunku 5 przedstawiono zasięg przykładowej sieci jednoczęstotliwościowej DAB+ dla wskazanego obszaru rezerwacji Warszawa 6B, która spełnia wymagania kompatybilności ze wspólnoblokowymi obszarami rezerwacji. Przykładowo zaprezentowana sieć zapewnia pokrycie wymaganego obszaru w zadanym trybie odbioru. Konieczne w tym przypadku jest obniżenie mocy niektórych stacji i wytłumianie emisji na azymucie do obszaru sąsiedniego, aby uzyskać wymagany zasięg wypadkowy a jednocześnie zapewnić kompatybilność elektromagnetyczną. Jeżeli istnieje formalny (nałożony np. przez Regulatora) lub biznesowy wymóg pokrycia określonej powierzchni danego obszaru, na etapie optymalizacji sieci DAB+ możliwe jest takie jej zaplanowanie, aby bez pokrycia zostały obszary nieistotne z punktu widzenia operatora, co może dodatkowo zmniejszyć koszty infrastruktury sieci budowanej sieci.



Rys. 5 Przykładowy zasięg użytkowy sieci SFN DAB+ pokrywającej zadany obszar rezerwacji, zapewniającej kompatybilność z innymi obszarami rezerwacji

### 3. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono podstawowe zagadnienia i problemy występujące przy planowaniu, optymalizacji i ocenie kompatybilności elektromagnetycznej przyszłych sieci DAB+. Zapewne w niedługim czasie sieci takie będą wdrażane w Polsce, podobnie jak dziś dzieje się to na dużą skalę w innych krajach Europy (np. UK, Niemcy, Francja), stąd konieczne jest odpowiednie przygotowanie się do tego procesu. Właściwe planowanie, a zwłaszcza optymalizacja przyszłych sieci DAB+ ma bowiem zasadniczy wpływ na uzyskiwane później zasięgi i związaną z tym jakość odbioru, a także wypadkowy koszt sieci. Należy podkreślić przy tym konieczność stosowania w tym procesie właściwych narzędzi planistycznych: uwzględniających wpływ parametrów DAB+, struktury sieci i efekty sieciowe (zysk sieciowy SFN, zakłócenia własne SFN). Pomijanie tych istotnych czynników technicznych może skutkować np. znacznym przeszacowaniem wypadkowych kosztów sieci lub nawet niemożnością uzyskania później poprawnego zasięgu w niektórych obszarach. Niebagatelne znaczenie ma też doświadczenie i wiedza osób projektujących sieć pozwalająca na uniknięcie przyszłych kłopotów związanych np. z brakiem zgody regulatora na emisję w planowanej konfiguracji czy też zastrzeżeń do stopnia realizacji warunków Decyzji Rezerwacyjnej. Preferencje jednego operatora w odniesieniu do niektórych obiektów nadawczych mogą oznaczać konieczność innej konfiguracji (i kosztów) sieci w stosunku do innego operatora, stąd korzystne jest wykonanie analiz i symulacji różnych wariantów u różnych operatorów, pozwalających na minimalizację kosztów, nawet analizowane niezależnie w odniesieniu do poszczególnych obszarów rezerwacji.

### SPIS LITERATURY

- [1] Więcek D., Gołębiowski B., Niewiadomski D., *Weryfikacja zasięgów eksperymentalnej emisji DAB+*, KKRRiT, Kraków, 2010;
- [2] Decyzja Prezes UKE nr DZC-WRF-5154-2/11 (21), Warszawa, 24 lutego 2012 roku;
- [3] Specyfikacja istotnych warunków zamówienia na świadczenie usług emisji programów radiowych w systemie DAB+ (znak sprawy: BZ/SZP-10/12); Polskie Radio S.A.;
- [4] Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Genewa, June, 2006;
- [5] Więcek D.: Metody wyznaczania zasięgów w warunkach zakłóceń interferencyjnych, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, SIGMA-NOT, 2008 nr 1, s. 11-21;
- [6] Sobolewski J., Więcek D.: Planowanie sieci jednoczęstotliwościowej DVB-T (Krajowa Konferencja Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji, KKRRiT 2005, 15-17 czerwca 2005) *Akademia Górniczo-Hutnicza*, 2005, s. 137-140