



**INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
ODDZIAŁ WE WROCŁAWIU  
ul. Swojczycka 38, 51-501 Wrocław**

---

**ZAKŁAD KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ  
PRACOWNIA GOSPODARKI WIDMEM CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH**

---

**Analiza metod badania kompatybilności naziemnej telewizji cyfrowej  
DVB-T z innymi służbami**

Sprawozdanie Z21/213089/416/99

WROCŁAW, grudzień 1999

Nr pracy: 21.3.08.9

Nazwa pracy: Analiza metod badania kompatybilności naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T z innymi służbami

Zleceniodawca: Praca statutowa

Data rozpoczęcia: styczeń 1999

Data zakończenia: grudzień 1999

Kierownik tematu: mgr inż. Dariusz Więcek

Wykonawcy: mgr Witold Kowal  
mgr inż. Andrzej Marszałek  
dr inż. Wiktor Sęga  
dr inż. Janusz Sobolewski  
mgr inż. Dariusz Więcek

Praca wykonana w Pracowni: Gospodarki widmem częstotliwości radiowych

Kierownik Pracowni: dr inż. Wiktor Sęga

Kierownik Zakładu: dr Tomasz Niewodniczański

## Spis treści:

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>WSTĘP .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ZMIANY WSPÓŁCZYNNIKÓW OCHRONNYCH DLA DVB-T .....</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1.      | DVB-T ZAKŁÓCANA PRZEZ DVB-T .....  | 6         |
| 2.2.      | DVB-T ZAKŁÓCANA PRZEZ TELEWIZJĘ ANALOGOWĄ.....   | 7         |
| 2.2.1.    | Wspólnokanałowe współczynniki ochronne .....   | 7         |
| 2.2.2.    | Zakłócenia od dolnego kanału sąsiedniego (n-1) .....   | 8         |
| 2.2.3.    | Zakłócenia od kanału lustrzanego .....   | 8         |
| 2.2.4.    | Zakłócenia od kanałów zachodzących na siebie.....  | 8         |
| 2.3.      | TELEWIZJA ANALOGOWA ZAKŁÓCANA PRZEZ DVB-T.....   | 9         |
| 2.3.1.    | Wspólnokanałowe współczynniki ochronne .....   | 9         |
| 2.3.2.    | Zakłócenia od dolnego kanału sąsiedniego (n-1) .....   | 10        |
| 2.3.3.    | Zakłócenia od górnego kanału sąsiedniego (n+1).....  | 11        |
| 2.3.4.    | Zakłócenia od kanału lustrzanego .....   | 11        |
| 2.3.5.    | Zakłócenia od kanałów zachodzących na siebie .....   | 12        |
| 2.4.      | ZAKŁÓCENIA SYGNAŁU FONII TELEWIZJI ANALOGOWEJ PRZEZ DVB-T.....   | 14        |
| <b>3.</b> | <b>ANALIZA KOMPATYBILNOŚCI DVB-T I MIKROFONÓW BEZPRZEWODOWYCH .....</b>                                    | <b>14</b> |
| 3.1.      | ZAKŁÓCENIA OD DVB-T DO MIKROFONÓW BEZPRZEWODOWYCH .....  | 15        |
| 3.1.1.    | Parametry mikrofonów bezprzewodowych.....  | 16        |
| 3.1.2.    | Rozważane scenariusze zakłóceń .....   | 16        |
| 3.1.3.    | Wyniki dla 8MHz sygnału DVB-T .....  | 17        |
| 3.1.4.    | Obliczenia dla masek widma DVB-T przyjętych przez CEPT SE PT 21 .....                                      | 22        |
| 3.2.      | ZAKŁÓCENIA OD MIKROFONÓW BEZPRZEWODOWYCH DO DVB-T .....  | 28        |
| 3.2.1.    | Parametry mikrofonów .....   | 28        |
| 3.2.2.    | Obliczenia i wybór scenariuszy zakłóceń.....   | 28        |
| 3.2.3.    | Opis scenariuszy zakłóceń.....   | 29        |
| 3.2.4.    | Ustalenie modelu propagacyjnego.....   | 32        |
| 3.3.      | WYNIKI ANALIZY .....   | 32        |
| 3.4.      | INTERPRETACJA WYNIKÓW .....  | 34        |
| 3.5.      | WNIOSKI .....  | 35        |
| <b>4.</b> | <b>KOMPATYBILNOŚĆ DVB-T Z SYSTEMEM IS-95.....</b>  | <b>38</b> |
| 4.1.      | OPIS SYSTEMU DO CELÓW ANALIZY .....  | 38        |
| 4.1.1.    | Dane systemu IS-95.....  | 38        |
| 4.2.      | ANALIZA SYSTEMU DO CELÓW KOMPATYBILNOŚCI .....   | 38        |
| 4.2.1.    | Analiza zakłóceń wnoszonych do IS-95 .....   | 38        |
| 4.2.2.    | Analiza zakłóceń wnoszonych do DVB-T przez terminale IS-95.....  | 39        |
| 4.3.      | WNIOSKI .....  | 40        |
| <b>5.</b> | <b>KOMPATYBILNOŚĆ TELEWIZJI CYFROWEJ DVB-T Z RADIOASTRONOMIĄ W PAŃMIE CZĘSTOTLIWOŚCI 608-614 MHz .....</b> | <b>40</b> |
| 5.1.      | RÓŻNICE W MASKACH WIDMA.....   | 40        |
| 5.2.      | WYNIKI OBLICZEŃ.....   | 42        |
| <b>6.</b> | <b>ANALIZA METOD PROPAGACYJNYCH POD KĄTEM WYKORZYSTANIA DLA DVB-T.....</b>                                 | <b>43</b> |
| 6.1.      | WSTĘP .....  | 43        |
| 6.2.      | WYZNACZANIE ZASIĘGU STACJI BEZ UWZGLĘDNIANIA ZAKŁÓCEŃ .....  | 44        |
| 6.3.      | WYZNACZANIE ZASIĘGÓW STACJI W OBECNOŚCI ZAKŁÓCEŃ .....   | 45        |
| 6.3.1.    | Metoda sumowania mocy sygnałów.....  | 46        |
| 6.3.2.    | Uproszczona metoda mnożenia prawdopodobieństw .....  | 47        |
| 6.3.3.    | Metoda Monte Carlo.....  | 48        |
| 6.3.4.    | Metoda logarytmiczno-normalna.....   | 48        |
| 6.4.      | ANALIZY SYMULACYJNE .....  | 49        |
| 6.5.      | WNIOSKI .....  | 51        |
| <b>7.</b> | <b>MOŻLIWOŚCI WPROWADZENIA DVB-T W POLSCE .....</b>  | <b>51</b> |
| <b>8.</b> | <b>WNIOSKI.....</b>  | <b>53</b> |

9. LITERATURA.....54

## 1. Wstęp

Praca niniejsza stanowi kontynuację pracy statutowej prowadzonej w roku 1998 [20]. Ze względu na trwające obecnie w Europie prace zmierzające do określenia metod analiz kompatybilności naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T z innymi służbami w bieżącym roku zaktualizowano informacje zawarte w sprawozdaniu z poprzedniego etapu oraz dodano nowe fragmenty, które zostały opracowane w 1999 roku. Prace w zakresie współużytkowania widma przez naziemną telewizję cyfrową DVB-T z innymi służbami (radiodyfuzyjnymi i nie) trwają od kilku lat. Mimo tego, ze względu na nieustanny brak informacji technicznych oraz brak wyników pomiarów, nie wszystkie kryteria kompatybilności zostały ustalone do tej pory. Prace w krajach należących do CEPT prowadzone były w ramach Zespołu Projektowego PT FM24 zajmującego się kompatybilnością DVB-T z innymi służbami radiodyfuzyjnymi oraz w ramach Zespołu Projektowego PT SE27 zajmującego się kompatybilnością DVB-T z innymi niż radiodyfuzyjne służbami. Wykonano szereg pomiarów pozwalających na uaktualnienie wcześniej ustalonych wartości natężeń pól i współczynników ochronnych. W związku z tym w 1998 roku wznowiono prace grupy FM24 celem aktualizacji wcześniej opracowanych podstaw technicznych i analiz kompatybilności DVB-T z innymi służbami radiodyfuzyjnymi. Oczekuje się, że prace zespołów SE27 i FM24 potrwać przynajmniej do 2000 roku, a jeżeli zajdzie taka potrzeba to być może i dłużej. W związku z tym informacje prezentowane w niniejszym sprawozdaniu obejmują zagadnienia dotychczas opracowywane, które w przyszłości na skutek nowych danych i nowych pomiarów mogą zostać zaktualizowane.

## 2. Zmiany współczynników ochronnych dla DVB-T

W lipcu 1997 r. odbyła się w Chester w Wielkiej Brytanii konferencja regionalna Administracji CEPT, na której ustalono kryteria techniczne, zasady koordynacji i procedury naziemnej telewizji cyfrowej (DVB-T). Jednym z kryteriów technicznych planowania i koordynacji są współczynniki ochronne. Współczynniki ochronne dla DVB-T zostały przedstawione w Wielostronnym Porozumieniu z Chester w rozdziale 4.

W laboratoriach wielu krajów europejskich (jak w Anglii, Francji, Niemczech) prowadzone są badania współczynników ochronnych dla DVB-T. Wyniki tych badań zgłaszane są między innymi podczas zebrań Grupy Roboczej ITU 11C (Telewizja naziemna, parametry emisji i planowania) powołanej w ramach Grupy Studiów 11 ITU-R oraz na zebraniach Grupy CEPT FM-PT24. Najnowsze wyniki badań oraz nowe wartości współczynników ochronnych były zgłaszane na zebraniu PT 11C, (Zalecenie ITU-R BT.1368). W celu zobrazowania jak zmieniły się wartości współczynników ochronnych dla DVB-T w ramach niniejszej pracy porównano je z wartościami umieszczonymi w rozdziale 4 Wielostronnego Porozumienia. Zmienione wartości współczynników wprowadzono czcionką w kolorze czerwonym. Zmiany te są istotne dla planistów DVB-T. W paru przypadkach podano współczynniki ochronne, które dotychczas nie były wyznaczone.

Wyniki pomiarów pokazały, że w kilku przypadkach wartość współczynnika ochronnego jest identyczna dla DVB-T 7 i 8MHz tabela A1.19, Tabela A1,20, A1.21, A1.26 – A1.28

Poniżej przedstawiono podstawowe zasady ustalania współczynników ochronnych.

Moc odniesienia dla oszacowania współczynnika ochronnego jest następująca:

- dla telewizji cyfrowej DVB-T, średnia moc sygnału (cieplna) modulowanego COFDM mierzona dla szerokości pasma systemu

- dla telewizji analogowej, generalnie, wartość skuteczna mocy sygnału wizji w szczycie impulsów synchronizacji, ale w przypadku SECAM L w szczytach poziomu bieli.

Współczynniki ochronne odnoszące się do danych zakłóceń szacuje się bez szumów lub innych zakłóceń, dla danej jakości, i wyraża się w dB.

W przypadku sygnału pożądanego DVB-T wymagane współczynniki ochronne powinny być mierzone dla stopy błędów  $BER = 2 \cdot 10^{-4}$  po dekodерze Viterbi'ego, co odpowiada stopie błędów  $BER < 1 \cdot 10^{-11}$  na wejściu demultipleksera MPEG-2 i jest zbliżone do wartości pojedynczego nieskorygowanego błędu na godzinę. W przypadku gdy sygnałem pożądanym jest sygnał cyfrowy, wszystkie współczynniki ochronne dotyczą równocześnie zakłóceń troposferycznych i zakłóceń ciągłych.

W przypadku sygnału pożądanego telewizji analogowej, zakłócenia troposferyczne są wyznaczane dla stopnia pogorszenia jakości 3 a zakłócenia ciągłe dla stopnia pogorszenia jakości 4.

W przypadku kanałów sąsiednich i zachodzących wartości współczynników ochronnych są odniesione do wartości tłumienia sygnałów poza kanałem wynoszącej 40 dB. Wartość 40 dB jest stosowana tylko w przypadku pomiarów współczynników ochronnych i nie jest zalecana dla rzeczywistych nadajników DVB-T.

Podstawowym dokumentem ITU jest Zalecenie ITU-R: „Kryteria planowania dla służb DVB-T w paśmie VHF i UHF” (w obecnej numeracji Zalecenie ITU-R. 1368).

## 2.1. DVB-T zakłócana przez DVB-T

W tabeli A1.17 podano współczynniki ochronne (zaokrąglone do wartości całkowitych) uzyskane w wyniku pomiarów lub przez ekstrapolację metodą opisaną poniżej.

**Tabela A1.17**

### Współczynniki ochronne (dB) dla DVB-T zakłócanej przez DVB-T

| Tryb wg ITU | Modulacja     | Sprawność kodowania | PR (*)<br>kanał Gaussa | PR (**)<br>kanał Rice'a | PR (**)<br>kanał Rayleigh'a |
|-------------|---------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|             | QPSK          | 1/2                 | 5                      | 7                       | 8                           |
|             | <b>QPSK</b>   | <b>2/3</b>          | <b>7</b>               |                         |                             |
| M1          | 16-QAM        | 1/2                 |                        | 13                      | 14                          |
|             | <b>16-QAM</b> | <b>2/3</b>          | <b>13</b>              |                         |                             |
|             | 16-QAM        | 3/4                 | 14                     | 16                      | 20                          |
| M2          | 64-QAM        | 1/2                 |                        | 18                      | 19                          |
| M3          | 64-QAM        | 2/3                 | 19                     | 20                      | 22                          |

(\*) Rezultat otrzymany w wyniku pomiarów; tryb 2K; pętla p.cz.; (\*\*) Wynik ekstrapolowany

Współczynniki ochronne dla różnych trybów i różnych typów kanału (np.: Gaussa, Rice'a czy Rayleigh'a) można obliczać z wykorzystaniem wymaganych wartości C/N podanych w tabeli A1.1, powiększonych o współczynnik strat implementacyjnych systemu  $\Delta_1 = 3$  dB. Dla odbioru stacjonarnego i przenośnego, można zaadaptować wartości stosowne dla kanałów Rice'a i Rayleigh'a.

Dla **zakłóceń od kanału sąsiedniego i lustrzanego** należy przyjąć współczynnik ochronny równy  $-30$  dB jako odpowiednią wartość ze względu na brak danych.

Współczynnik ochronny dla **kanałów zachodzących**, z braku danych pomiarowych, wyznacza się z następującej zależności:

$$PR = PR(CCI) + 10 \log_{10} (BO / BW),$$

PR(CCI) jest wspólnokanałowym współczynnikiem ochronnym,

BO jest szerokością pasma (w MHz), w którym dwa sygnały DVB-T zachodzą na siebie,

BW jest szerokością pasma (MHz) sygnału pożądanego,

PR = -30 dB jeśli z zależności otrzymamy PR < -30 dB.

## 2.2. DVB-T zakłócana przez telewizję analogową

Współczynniki ochronne dla pożądanego sygnału DVB-T stosuje się zarówno dla przypadku zakłóceń troposferycznych i ciągłych.

We wszystkich tabelach zastosowano tzw. nie kontrolowany offset częstotliwości. Wprowadzając offsety precyzyjne między sygnałami telewizji cyfrowej i analogowej pomiarowo wykazano znacznie niższe wartości stosunków sygnał do zakłócenia. W przypadku dokładniejszej kontroli offsetu można osiągnąć niższe wartości ochronne. Konieczne są dalsze studia nad problemem kontrolowanego offsetu dla DVB-T.

### 2.2.1. Wspólnokanałowe współczynniki ochronne

Zgodnie z dostępnymi wynikami pomiarów wartości współczynników ochronnych są identyczne dla trybów 2k i 8k.

**Tabela A1.18**

**Współczynniki ochronne (dB) dla DVB-T 7 i DVB-T 8 MHz zakłócanej przez telewizję analogową i falę ciągłą (niekontrolowana częstotliwość offsetu)**

| Konstelacja   | Współczynnik ochronny |     |     |     |     |       |     |     |     |     |        |     |                  |                   |                   |
|---|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|------------------|-------------------|-------------------|
|   | QPSK                  |     |     |     |     | 16QAM |     |     |     |     | 64 QAM |     |                  |                   |                   |
| Sprawność kodowania                                     | 1/2                   | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2   | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2    | 2/3 | 3/4              | 5/6               | 7/8               |
| Tryb wg ITU   |                       |     |     |     |     | M1    |     |     |     |     | M2     | M3  |                  |                   |                   |
| Fala ciągła i PAL/SECAM z teletekstem i nośnymi dźwięku | -12                   | -8  | -4  | 3   | 9   | -8    | -3  | 3   | 9   | 16  | -3     | 3   | <b>9</b><br>(10) | <b>15</b><br>(17) | <b>20</b><br>(24) |

Wartości dla PAL/SECAM obowiązują dla wszystkich trybów nośnej fonii używanych w Europie:

MONO FM z pojedynczą nośną dźwięku o poziomie - 10 dB w stosunku do nośnej wizji;

PODWÓJNA (DUAL) FM oraz FM + NICAM z dwiema podnośnymi dźwięku na poziomie - 13 dB i -20 dB;

AM + NICAM z dwiema podnośnymi dźwięku odpowiednio -10 dB i -27dB.

We wszystkich tabelach występują warunki tzw. offsetu niekontrolowanego. Wprowadzenie precyzyjnego offsetu między sygnałem analogowym a cyfrowym pozwoliłoby na uzyskanie mniejszych wartości stosunku sygnał/zakłócenie, a więc mniejszych współczynników ochronnych. Przypadki offsetu precyzyjnego wymagają jednak dalszych studiów.

## 2.2.2. Zakłócenia od dolnego kanału sąsiedniego (n-1)

**Tabela A1.19**

Współczynniki ochronne (dB) dla DVB-T 7 i 8 MHz zakłócanej przez telewizję analogową w dolnym kanale sąsiednim (n-1)

| Sygnał pożądany |                     | Sygnał zakłócający |          |       |         |            |           |
|-----------------|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|------------|-----------|
| Konstelacja     | Sprawność kodowania | PAL B              | PAL G,B1 | PAL I | PAL D,K | SECAM L    | SECAM D,K |
| QPSK            | 2/3                 | -44                |          |       |         |            |           |
| 16QAM           | 1/2                 |                    |          | -43   |         |            |           |
| 16QAM           | 2/3                 | -42                |          |       |         |            |           |
| 64QAM           | 1/2                 |                    |          | -38   |         |            |           |
| 64QAM           | 2/3                 | -35                |          | -34   |         | <b>-35</b> |           |

## 2.2.3. Zakłócenia od kanału lustrzanego

Najnowsze badania wskazują, że zakłócenia od kanału lustrzanego w przypadku cyfrowej telewizji naziemnej nie występują. (ITU Dokument 11/103-E)

## 2.2.4. Zakłócenia od kanałów zachodzących na siebie\*

Różnica częstotliwości  $\Delta f$  jest wyznaczana jako częstotliwość nośna wizji telewizyjnej analogowej minus środkowa częstotliwość sygnału DVB-T.

**Tabela A1.23**

**Współczynniki ochronne (dB) dla DVB-T 7 MHz zakłócanej przez zachodzący kanał systemu analogowej TV 7 MHz (PAL B1, D)**

| DVB-T 7 MHz (ITU-M3, 64 QAM, sprawność kodu=2/3) |            |            |            |           |           |           |          |          |          |          |           |           |            |            |
|--|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| $\Delta f$ (MHz)<br>(dla B1)                     | -9.25      | -8.75      | -8.25      | -7.75     | -6.25     | -3.45     | -3.25    | -2.25    | -1.25    | <b>0</b> | 1.75      | 2.75      | 4.25       | 4.75       |
| ( $\Delta f$ (MHz)<br>dla D)                     | (-10.25)   | (-9.75)    | (-9.25)    | (-8.75)   | (-7.25)   | (-3.45)   | (-3.25)  | (-2.25)  | (-1.25)  |          | (1.75)    | (2.75)    | (4.25)     | (4.75)     |
| PR   | (-37)      | (-14)      | (-8)       | (-4)      | (-2)      | (1)       | (3)      | (3)      | (3)      | <b>2</b> | (2)       | (-1)      | (-29)      | (-36)      |
|  | <b>-35</b> | <b>-12</b> | <b>-11</b> | <b>-5</b> | <b>-3</b> | <b>-1</b> | <b>4</b> | <b>1</b> | <b>0</b> |          | <b>-5</b> | <b>-5</b> | <b>-36</b> | <b>-38</b> |

\* Współczynniki ochronne dla zakłóceń od kanałów zachodzących na siebie są prowizoryczne i będą wymagać potwierdzenia na forum ITU-R.



**Tabela A1.23a**

Współczynniki ochronne (dB) dla DVB-T 8 MHz zakłócanej przez zachodzący kanał systemu analogowej TV 8 MHz

| DVB-T 8 MHz (ITU-M3, 64 QAM, sprawność kodu=2/3) |        |       |       |       |       |       |       |       |       |   |      |      |        |      |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|------|------|--------|------|
| $\Delta f$ (MHz)                                 | -10.25 | -9.75 | -9.25 | -8.75 | -7.25 | -3.45 | -3.25 | -2.25 | -1.25 | 0 | 1.75 | 2.75 | (4.25) | 4.75 |
| PR   | -35    | -12   | -11   | -5    | -3    | -1    | 4     | 1     | 0     | 2 | -5   | 5    | -36    | -38  |

### 2.3. Telewizja analogowa zakłócana przez DVB-T

Wymienione wartości współczynnika ochronnego stosuje się w przypadku zakłócenia od jednego źródła. W rozdziale tym współczynniki ochronne dla sygnału pożądanego telewizji analogowej zakłócanego przez niepożądany sygnał cyfrowy obejmuje tylko przypadki zakłóceń sygnałów wizji i koloru, tj. z wyłączeniem sygnałów dźwięku.

Zakłócenia troposferyczne odpowiadają stopniu pogorszenia jakości 3, tzn. akceptowane są w małym procencie czasu, pomiędzy 1% a 10%. Zakłócenia ciągłe odpowiadają stopniu pogorszenia jakości 4, tzn. akceptowane są w 50% czasu.

Pomiary współczynnika ochronnego dla sygnału pożądanego telewizji analogowej powinny być wykonywane przy zastosowaniu metody opisanej w Załączniku do Zalecenia ITU-R 1368. Dla przypadku wspólnokanałowego zakłócenia cyfrowe od sygnałów DVB-T dają efekt podobny do szumu Gaussowskiego o takiej samej mocy w szerokości pasma odbiornika.

#### 2.3.1. Wspólnokanałowe współczynniki ochronne

**Tabela A1.24**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 8 MHz**

| Pożyczany system telewizji analogowej | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe | )Zakłócenia w skali 4, 5) |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| PAL B, B1, G, D, <b>D1</b> , K        | 34                        | 40                |                           |
| PAL I                                 | 37                        | 41                | 45                        |
| SECAM L                               | (34 do 37) <b>35</b>      | 41                |                           |
| SECAM B, D, K                         | (34 do 37) <b>35</b>      | 41                |                           |

(Wartości w tabeli zostały wzięte z Zalecenia ITU-R 1368 i mogą ulec zmianie w efekcie przyszłych pomiarów.)

**Tabela A1.25**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 7 MHz**

| Pożądany system telewizji analogowej | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B, <b>B-SECAM</b>                | 35                        | 41                |
| (SECAM B)                            | (34 do 37)                | (41)              |

Wartości w tabeli zostały wzięte z Zalecenia ITU-R 1368 i mogą ulec zmianie w efekcie przyszłych pomiarów.

2.3.2. Zakłócenia od dolnego kanału sąsiedniego (n-1)

**Tabela A1.26**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 8 MHz w dolnym kanale sąsiednim (n-1)**

| Pożądany system telewizji analogowej | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B1, G, D, <b>D1</b> , K          | -9                        | -5                |
| PAL I                                | -9                        | -5                |
| SECAM L                              | (-9) <b>-6</b>            | (-5) <b>-1</b>    |
| SECAM B, D, K                        | (-5) <b>-6</b>            | (-5) <b>-1</b>    |

**Tabela A1.27**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 7 MHz w dolnym kanale sąsiednim (n-1)**

| Pożądany system telewizji analogowej | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B, D, <b>D1</b> , G, H, I, K     | -9                        | -5                |
| <b>SECAM B, D, K, L</b>              | <b>-6</b>                 | <b>-1</b>         |

### 2.3.3. Zakłócenia od górnego kanału sąsiedniego (n+1)

**Tabela A1.28**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 7 MHz 8 MHz w górnym kanale sąsiednim (n+1)**

| Pożądany system telewizji analogowej | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B1, G                            | -9                        | -5                |
| PAL I                                | -9                        | -5                |
| SECAM L                              | (-1) <b>-9</b>            | (-1) <b>-5</b>    |
| SECAM D, K                           | -9                        | -5                |
| PAL D, K                             | -9                        | -5                |

### 2.3.4. Zakłócenia od kanału lustrzanego

**Tabela A1.30**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 8 MHz w kanale lustrzanym**

| Pożądany system telewizji analogowej | Niepożądany kanał DVB-T | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B1, G, <b>D1</b>                 | n + 9                   | -19                       | -15               |
| PAL I                                | n + 9                   |                           |                   |
| SECAM L                              | n - 9                   | (-25) <b>-24</b>          | -22               |
| SECAM D, K                           | n + 8                   | -16                       | -11               |
| SECAM D, K                           | n + 9                   | -16                       | -11               |
| PAL D, K                             | n + 8                   |                           |                   |
| PAL D, K                             | n + 9                   |                           |                   |

**Tabela A1.30a**

**Współczynniki ochronne (dB) dla analogowego sygnału wizji TV zakłócanego przez DVB-T 7 MHz w kanale lustrzanym**

| Pożądany system telewizji analogowej | Niepożądany kanał DVB-T | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| PAL B                                | n + 10                  | -22                       | -18               |
| PAL B                                | n + 11                  | (-21) <b>-22</b>          | -18               |
| (SECAM B)                            |                         |                           |                   |

### 2.3.5. Zakłócenia od kanałów zachodzących na siebie \*

**Tabela A1.31**

**Współczynniki ochronne (dB) dla sygnału wizji w systemie PAL B, D, D1, G, H, K zakłócanego przez zachodzący kanał DVB-T 7 MHz**

| Różnica częstotliwości (MHz) między DVB-T i sygnałem PAL                            | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|---|---------------------------|-------------------|
| Środkowa częstotliwość sygnału DVB-T minus nośna wizji sygnału telewizji analogowej |                           |                   |
| -7.75   | -16                       | -11               |
| -4.75<br>kanał n - 1  | -9                        | -5                |
| -4.25   | <b>-3</b> (-4)            | <b>3</b> (2)      |
| -3.75   | 13                        | <b>21</b> (20)    |
| -3.25   | <b>25</b> (23)            | <b>31</b> (30)    |
| -2.75   | 30                        | 37                |
| -1.75   | 34                        | <b>40</b> (41)    |
| -0.75   | 35                        | 41                |
| 2.25<br>wspólny kanał n   | 35                        | 41                |
| 4.25  | 35                        | <b>40</b> (41)    |
| 5.25  | 31                        | 38                |
| 6.25  | <b>28</b> (26)            | <b>35</b> (33)    |
| 7.25  | <b>26</b> (25)            | <b>33</b> (34)    |
| (7.75)  | (20)                      | (29)              |
| 8.25  | 4                         | 9                 |
| (8.75)  | (-5)                      | (-2)              |
| 9.25<br>kanał n + 1   | -9                        | -5                |
| 12.25   | -9                        | -5                |
|   |                           |                   |

\* Współczynniki ochronne dla zakłóceń od kanałów zachodzących na siebie są prowizoryczne i będą wymagać potwierdzenia na forum ITU-R.

**Tabela A1.32**  
**Współczynniki ochronne (dB) dla sygnału wizji w systemie PAL B1, D zakłócanego przez**  
**zachodzący kanał DVB-T 8 MHz**

| Różnica częstotliwości (MHz) między DVB-T i sygnałem PAL                            | Zakłócenia troposferyczne | Zakłócenia ciągłe |
|---|---------------------------|-------------------|
| Środkowa częstotliwość sygnału DVB-T minus nośna wizji sygnału telewizji analogowej |                           |                   |
| -7.25   | -16                       | -11               |
| -5.25   | -9                        | -5                |
| -4,75   | <b>-4</b> (-5)            | <b>3</b> (2)      |
| -4,25   | 12                        | <b>20</b> (19)    |
| -3.75   | 23                        | 30                |
| -3.25   | 29                        | 36                |
| -2.75   | 30                        | 36                |
| -2.25   | 33                        | 40                |
| -1.25   | 34                        | 40                |
| -0.25   | 34                        | <b>39</b> (40)    |
| 2.75<br>wspólny kanał n   | 34                        | 40                |
| 4.75  | 34                        | <b>39</b> (40)    |
| 5.75  | 30                        | 37                |
| 6,75  | <b>27</b> (25)            | <b>32</b> (29)    |
| 7,75  | <b>25</b> (20)            | <b>32</b> (29)    |
| 8.25  | 24                        | 33                |
| 8.75  | 3 (19)                    | 8 (28)            |
| (9.25)  | (5)                       | (12)              |
| 9,75  | -9                        | -5                |
| (10.75)   | -5                        | -3                |
| 12.75   | -9                        | -5                |

Tablica ta została otrzymana z Tablicy A1.31 przy uwzględnieniu jako sygnału zakłócającego DVB-T 8 MHz.

\*) Dla wszystkich odmian systemu SECAM oczekiwane są podobne wartości. Są one przedmiotem studiów.

\*\*) Wartości dla zakłóceń ciągłych i troposferycznych pochodzą z obliczeń przy użyciu Tabeli A1.31.

## 2.4. Zakłócenia sygnału fonii telewizji analogowej przez DVB-T

W rozdziale tym wszystkie przedstawiane wartości odniesione są do poziomu pożądanego sygnału nośnej dźwięku.

Wartości odniesienia stosunku sygnału do szumu (S/N, p.-p. ważony) dla sygnału dźwięku telewizji analogowej są następujące:

- 40 dB dla zakłóceń troposferycznych (zbliżone do stopnia pogorszenia jakości 3)
- 48 dB dla zakłóceń ciągłych (zbliżone do stopnia pogorszenia jakości 4)

Wartości odniesienia bitowej stopy błędów dla cyfrowego sygnałów dźwięku NICAM są następujące:

- $1 \cdot 10^{-4}$  dla zakłóceń troposferycznych ((zbliżone do stopnia pogorszenia jakości 3)
- $1 \cdot 10^{-5}$  dla zakłóceń ciągłych ((zbliżone do stopnia pogorszenia jakości 4)

W przypadku gdy nadawane są dwie podnośne dźwięku, każda z nich musi być rozważana oddzielnie.

**Tabela A1.33**

**Współczynniki ochronne (dB) dla sygnału fonii towarzyszącej telewizji analogowej zakłócanego przez sygnał DVB-T**

| Współczynnik ochronny w dB |                | Sygnał zakłócający |                |
|----------------------------|----------------|--------------------|----------------|
| Pożyczany sygnał fonii     |                | DVB-T<br>7 MHz     | DVB-T<br>8 MHz |
| FM                         | Troposferyczne | 6                  | 5              |
|                            | Ciągłe         | 16                 | 15             |
| AM                         | Troposferyczne | <b>21</b>          | <b>20</b>      |
|                            | Ciągłe         | <b>24</b>          | <b>23</b>      |
| NICAM<br>System B, G       | Troposferyczne | 5                  | 4              |
|                            | Ciągłe         | 6                  | 5              |
| NICAM<br>System L          | Troposferyczne | <b>12</b>          | <b>11</b>      |
|                            | Ciągłe         | <b>13</b>          | <b>12</b>      |
| NICAM<br>System I          | Troposferyczne |                    |                |
|                            | Ciągłe         |                    |                |

W tabeli podano współczynniki ochronne dla różnicy między częstotliwością środkową sygnału fonii a częstotliwością środkową DVB-T równa jest 0 kHz

## 3. Analiza kompatybilności DVB-T i mikrofonów bezprzewodowych

W najbliższym czasie planuje się ustalenie pasma częstotliwości przeznaczonego do potrzeb mikrofonów bezprzewodowych w krajach CEPT. Jedną z głównych propozycji było przeznaczenie na ten cel fragmentów pasm IV i V przeznaczonych obecnie dla telewizji. W związku z tym, że w najbliższym czasie planuje się uruchamianie w tych zakresach transmisji cyfrowej telewizji naziemnej DVB-T należało przeprowadzić prace mające na celu ustalenie, czy możliwe jest współużytkowanie widma przez DVB-T i mikrofony bezprzewodowe. Prace dotyczące tego zagadnienia prowadzone były w ramach Zespołu PT SE27 w latach 1997-1999 przy udziale przedstawiciela IŁ Wrocław. W kolejnych rozdziałach podano analizę sytuacji podczas zakłóceń od DVB-T do mikrofonów bezprzewodowych oraz w kierunku przeciwnym. Określone zostały następnie wymagane minimalne odległości separacyjne między DVB-T a mikrofonami bezprzewodowymi.

### 3.1. Zakłócenia od DVB-T do mikrofonów bezprzewodowych

Wszystkie analizy kompatybilności zostały wykonane dla parametrów systemów umieszczonych poniżej.

Parametry DVB-T - zgodne z ustaleniami w Chester 97.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| DVB-T e.r.p.:                    | 100 W, 200 W, 1 kW, 2 kW, 10 kW, 20 kW, 100 kW; |
| DVB-T wysokości efektywne anten: | 150 m, 300 m.                                   |
| Modulacja:                       | 16 QAM, 64 QAM i QPSK (bez wpływu na wyniki)    |
| Liczba nośnych:                  | 2k, 8k (bez wpływu na wyniki)                   |
| Szerokość pasma:                 | 8 MHz   |
| Tłumienie kanałów sąsiednich:    | 50 dB   |

Maska widma:

| Częstotliwość względna (MHz) | Poziom względny (dB) |
|------------------------------|----------------------|
| - 12                         | -87.2                |
| -6                           | -62.2                |
| -4.2                         | -50.2                |
| -3.8                         | 0                    |
| +3.8                         | 0                    |
| +4.2                         | -50.2                |
| +6                           | -62.2                |
| +12                          | -87.2                |

Tabela 3.1: Maska widma:

Uwaga: Wartości pozapasmowe maski odpowiadają punktom zawartym w Porozumieniu z Chester (rys. A1.2) (kanał 8 MHz dla przypadków wrażliwych). Wartość 3.8 MHz została zastosowana ze względu na fakt, iż jest ona bliższa rzeczywistemu widmu DVB-T niż wartość ustalona w Chester (W Chester dokładna wartość 3.81 MHz została zaokrąglona do 3.9 MHz).

### 3.1.1. Parametry mikrofonów bezprzewodowych

Parametry w Tabeli 3.2 poniżej zostały wzięte z Załącznika 5 do Porozumienia w Chester.

|                      |                        |       |  |       |       |      |   |      |      |     |
|----------------------|------------------------|-------|--|-------|-------|------|---|------|------|-----|
| <b>Pożądany:</b>     | Mikrofon bezprzewodowy |       | Domyślne chronione natężenie pola (dB $\mu$ V/m) |       |       | 68   | Domyślna wysokość anteny odbiorczej (m) |      |      | 1,5 |
| Identyfikator służby | NR8                    |       | przy częstotliwości (MHz)                        |       |       | 650  |   |      |      |     |
| Niepożądany          | DVB-T/8 MHz            |       |  |       |       |      |   |      |      |     |
| $\Delta f$ (MHz)     | -12,0                  | -10,0 | -8,0   | -6,0  | -4,2  | -3,8 | -3,6                                    | 0,0  | 3,6  | 3,8 |
| PR (dB)              | -50,0                  | -50,0 | -45,0  | -40,0 | -35,0 | 7,0  | 12,0                                    | 12,0 | 12,0 | 7,0 |
| $\Delta f$ (MHz)     | 4,2                    | 6,0   | 8,0  | 10,0  | 12,0  |      |   |      |      |     |
| PR (dB)              | -35,0                  | -40,0 | -45,0  | -50,0 | -50,0 |      |   |      |      |     |

Tabela 3.2: Współczynniki ochronne dla mikrofonów bezprzewodowych

Współczynniki te zostały uzyskane po serii pomiarów przeprowadzonych w UK i w Niemczech. Podane wartości odnoszą się do drugich z kolei, najbardziej czułych urządzeń. Osiągi mikrofonów są zmienne i często niektóre z odbiorników są nawet o około 15dB mniej czułe na zakłócenia od DVB-T niż odbiorniki dla których przeprowadzono niniejszą analizę.

### 3.1.2. Rozważane scenariusze zakłóceń

W celu przybliżenia się do rzeczywistych warunków pracy rozważano osobno zakłócenia do mikrofonów pracujących wewnątrz i na zewnątrz budynków.

Scenariusz 1: Praca na zewnątrz

Nie dodaje się tłumienia budynków, założono wysokość anteny odbiorczej mikrofonu równą 1.5 m.

Analizy oparto na krzywej Zalecenia ITU-R P.370, Rys. 3.12 (1% czasu, 50% miejsc). Dodano współczynnik korekcyjny 12 dB ze względu na wysokość anteny odbiorczej 1.5 m. - zgodnie z Załącznikiem 1 do Porozumienia z Chester.

Zalecenie ITU-R P.370 nie zawiera krzywych dla odległości mniejszych niż 10 km. W związku z tym krzywe dla efektywnych wysokości nadajników równych 150 m i 300 m zostały ekstrapolowane do krzywej propagacji w wolnej przestrzeni dla dystansów poniżej 10 km (w celu wyjaśnienia procedury ekstrapolacyjnej pokazano na rys. 3.12 krzywą propagacyjną dla nadajnika DVB-T o ERP równej 1kW).



## Scenariusz 2: Praca wewnątrz

Dodano 7 dB ze względu na tłumienie budynków oraz współczynnik korekcyjny 12 dB ze względu na wysokość anteny odbiorczej 1.5 m. - zgodnie z Załącznikiem 1 do Porozumienia z Chester. Wartość 7 dB odpowiada przypadkowi 50% miejsc wewnątrz budynku.

### 3.1.3. Wyniki dla 8MHz sygnału DVB-T

#### Scenariusz 1: Praca na zewnątrz

Rysunki 3.1 i 3.2 oraz Tabele 3.3a/3.3b pokazują wymaganą odległość separacyjną jako funkcję różnicy częstotliwości, mocy promieniowanej DVB-T e.r.p. oraz wysokości efektywnej DVB-T.

Wyniki pokazują, że w przypadku wspólnokanałowym wymagana odległość separacyjna jest bardzo duża, a następnie występuje znaczne zmniejszenie wymaganej odległości separacyjnej - w przypadku przejścia do pracy sąsiedniokanałowej.

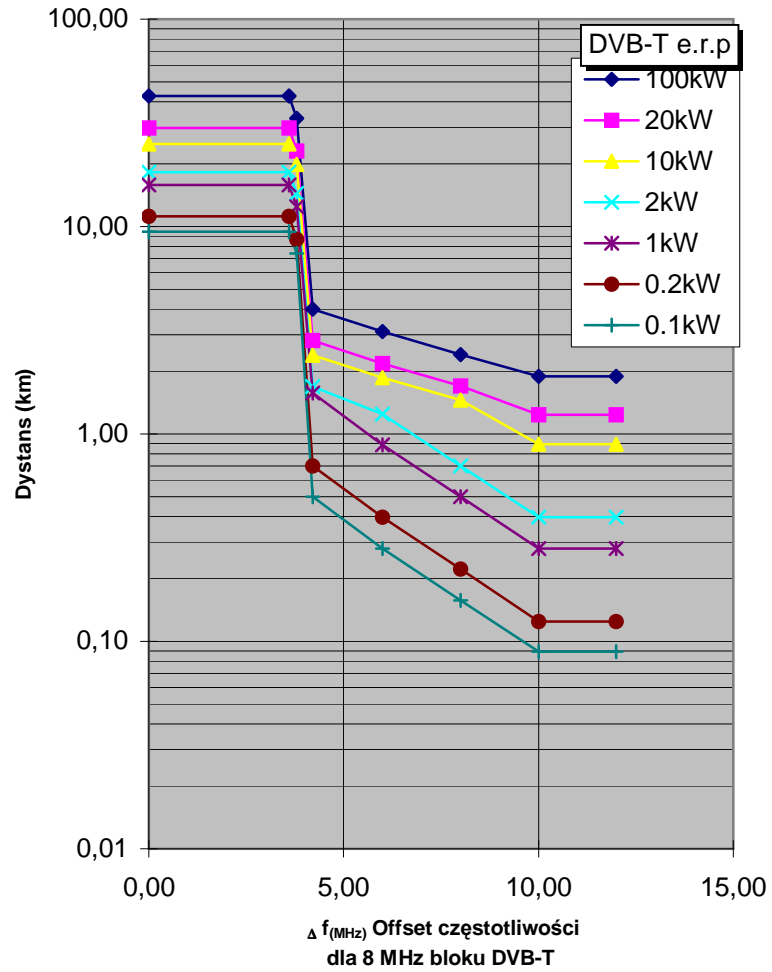
#### Scenariusz 2: Praca wewnątrz

Rysunki 3.3 i 3.4 oraz Tabele 3.4a/3.4b pokazują wymaganą odległość separacyjną jako funkcję różnicy częstotliwości, mocy promieniowanej DVB-T e.r.p. oraz wysokości efektywnej DVB-T.

Wyniki obrazują, tak jak oczekiwano, mniejsze wymagane odległości separacyjne niż w przypadku pracy na zewnątrz budynków. Rzeczywiście mogą wystąpić pewne sytuacje jak np. w przypadku budynków o dużym tłumieniu (np. teatry bez okien) w których praca mikrofonów przy różnicy częstotliwości z DVB-T mniejszej niż 3.8 MHz była możliwa również w obszarze pokrycia DVB-T, zakładając że najbliższe odbiorniki DVB-T również pozostaną chronione..

praca na zewnątrz

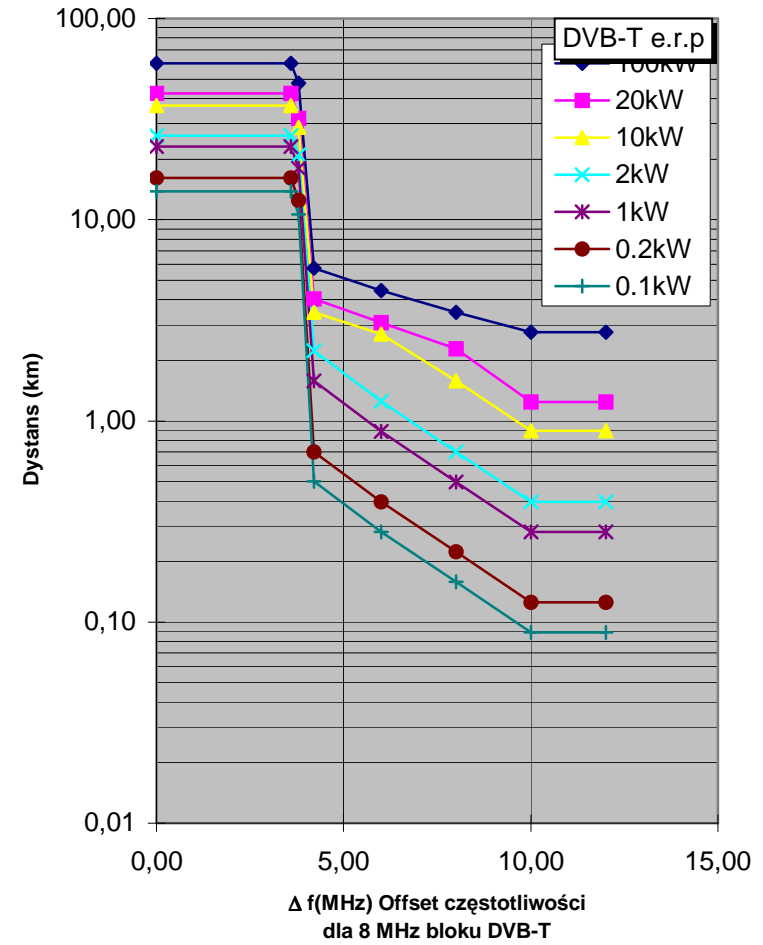
heff = 150m



Rysunek 3.1

praca na zewnątrz

heff = 300m



Rysunek 3.2

**Wymagane minimalne odległości separacyjne między DVB-T i mikrofonami bezprzewodowymi w pasmach IV i V  
Praca mikrofonów na zewnątrz budynków, zakłócenia od DVB-T**

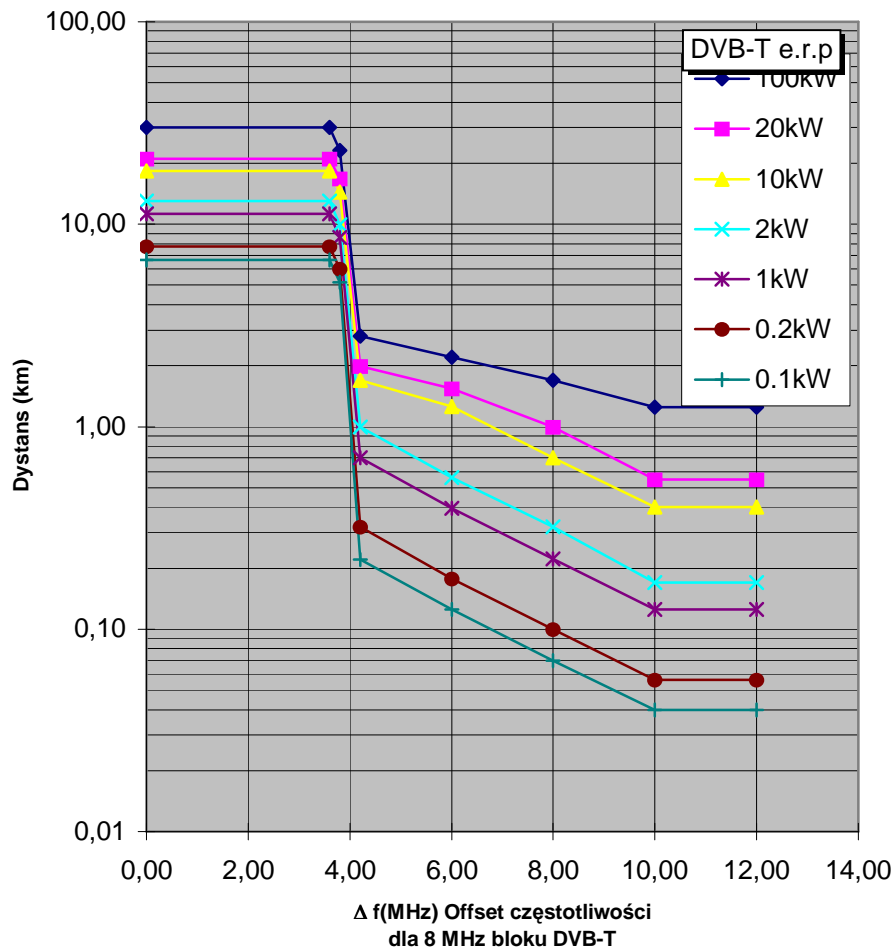
| Częstotliwość<br>(MHz) | DVB-T e.r.p. |       |       |       |       |        |        |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 100 kW       | 20 kW | 10 kW | 2 kW  | 1 kW  | 0.2 kW | 0.1 kW |
| 3.6                    | 42.57        | 29.91 | 25.07 | 18.36 | 15.87 | 11.21  | 9.47   |
| 3.8                    | 33.18        | 23.07 | 19.95 | 14.46 | 12.50 | 8.65   | 7.40   |
| 4.2                    | 3.99         | 2.83  | 2.40  | 1.69  | 1.58  | 0.70   | 0.50   |
| 6.0                    | 3.11         | 2.19  | 1.87  | 1.25  | 0.89  | 0.40   | 0.28   |
| 8.0                    | 2.42         | 1.70  | 1.46  | 0.70  | 0.50  | 0.22   | 0.16   |
| 10.0                   | 1.89         | 1.24  | 0.89  | 0.40  | 0.28  | 0.13   | 0.09   |
| 12.0                   | 1.89         | 1.24  | 0.89  | 0.40  | 0.28  | 0.13   | 0.09   |

Tabela 3.3a  $h_{eff} = 150m$ , dystanse w km

| Częstotliwość<br>(MHz) | DVB-T e.r.p. |       |       |       |       |        |        |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 100 kW       | 20 kW | 10 kW | 2 kW  | 1 kW  | 0.2 kW | 0.1 kW |
| 3.6                    | 59.97        | 42.57 | 36.80 | 26.13 | 23.07 | 16.12  | 13.80  |
| 3.8                    | 47.72        | 31.83 | 28.69 | 21.01 | 17.98 | 12.44  | 10.64  |
| 4.2                    | 5.74         | 4.03  | 3.45  | 2.23  | 1.58  | 0.70   | 0.50   |
| 6.0                    | 4.43         | 3.08  | 2.69  | 1.25  | 0.89  | 0.40   | 0.28   |
| 8.0                    | 3.45         | 2.28  | 1.58  | 0.70  | 0.50  | 0.22   | 0.16   |
| 10.0                   | 2.75         | 1.24  | 0.89  | 0.40  | 0.28  | 0.13   | 0.09   |
| 12.0                   | 2.75         | 1.24  | 0.89  | 0.40  | 0.28  | 0.13   | 0.09   |

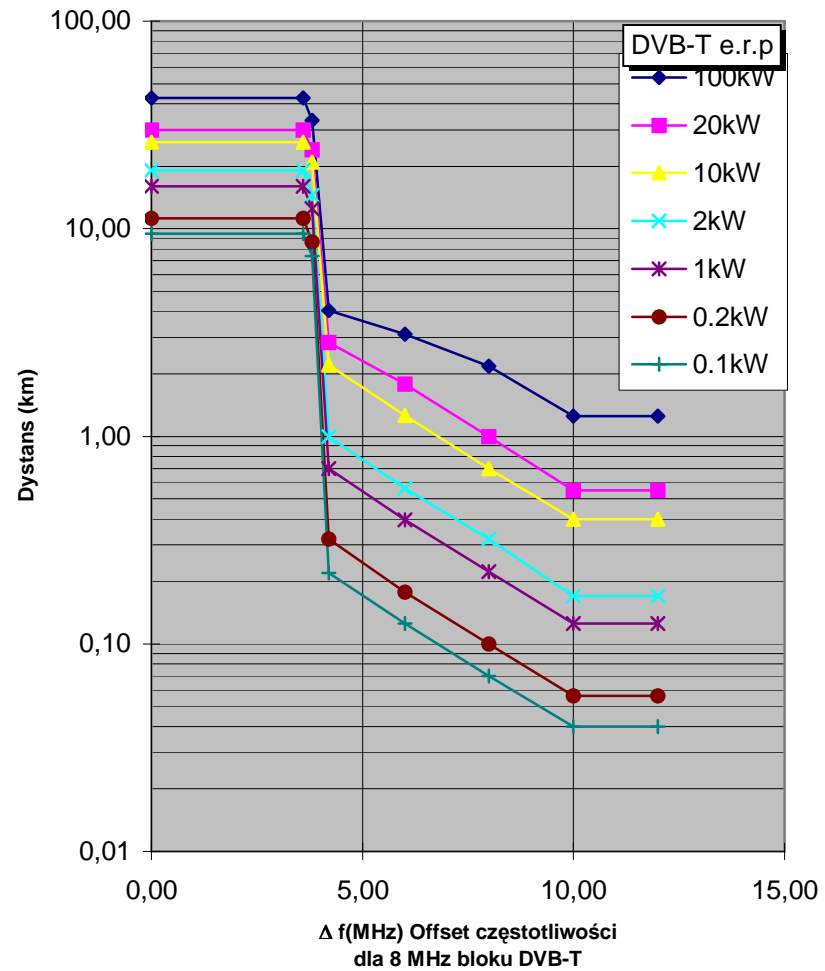
Tabela 3.3b  $h_{eff} = 300m$ , dystanse w km

praca wewnątrz  
heff = 150m



Rysunek 3.3

praca wewnątrz  
heff = 300m



Rysunek 3.4

**Wymagane minimalne odległości separacyjne między DVB-T i mikrofonami bezprzewodowymi w pasmach IV i V  
Praca mikrofonów wewnątrz budynków, zakłócenia od DVB-T**

| Częstotliwość<br>(MHz) | DVB-T e.r.p. |       |       |       |       |        |        |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 100 kW       | 20 kW | 10 kW | 2 kW  | 1 kW  | 0.2 kW | 0.1 kW |
| 3.6                    | 30.10        | 20.98 | 18.36 | 13.03 | 11.27 | 7.79   | 6.67   |
| 3.8                    | 23.10        | 16.75 | 14.46 | 9.95  | 8.60  | 6.00   | 5.15   |
| 4.2                    | 2.80         | 1.99  | 1.70  | 1.00  | 0.70  | 0.32   | 0.22   |
| 6.0                    | 2.20         | 1.54  | 1.26  | 0.56  | 0.40  | 0.18   | 0.13   |
| 8.0                    | 1.70         | 1.00  | 0.70  | 0.32  | 0.22  | 0.10   | 0.07   |
| 10.0                   | 1.25         | 0.55  | 0.40  | 0.17  | 0.13  | 0.06   | 0.04   |
| 12.0                   | 1.25         | 0.55  | 0.40  | 0.17  | 0.13  | 0.06   | 0.04   |

Tabela 3.4a  $h_{eff} = 150\text{m}$ , dystanse w km

| Częstotliwość<br>(MHz) | DVB-T e.r.p. |       |       |       |       |        |        |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 100 kW       | 20 kW | 10 kW | 2 kW  | 1 kW  | 0.2 kW | 0.1 kW |
| 3.6                    | 42.57        | 29.91 | 26.13 | 19.14 | 16.04 | 11.21  | 9.47   |
| 3.8                    | 33.18        | 24.05 | 21.01 | 14.46 | 12.50 | 8.65   | 7.40   |
| 4.2                    | 4.03         | 2.83  | 2.21  | 1.00  | 0.70  | 0.32   | 0.22   |
| 6.0                    | 3.11         | 1.78  | 1.26  | 0.56  | 0.40  | 0.18   | 0.13   |
| 8.0                    | 2.18         | 0.70  | 0.70  | 0.32  | 0.22  | 0.10   | 0.07   |
| 10.0                   | 1.25         | 0.55  | 0.40  | 0.17  | 0.13  | 0.06   | 0.04   |
| 12.0                   | 1.25         | 0.55  | 0.40  | 0.17  | 0.13  | 0.06   | 0.04   |

Tabela 3.4b  $h_{eff} = 300\text{m}$ , dystanse w km

### 3.1.4. Obliczenia dla masek widma DVB-T przyjętych przez CEPT SE PT 21

Parametry DVB-T - zgodne z ustaleniami w Chester 97.

DVB-T e.r.p.: 100 W, 200 W, 1 kW, 2 kW, 8 kW, 10 kW, 20 kW, 100 kW  
 DVB-T wysokości efektywne anten: 150 m, 300 m.  
 Modulacja: 16 QAM, 64 QAM i QPSK (bez wpływu na wyniki)  
 Liczba nośnych: 2k, 8k (bez wpływu na wyniki)  
 Szerokość pasma: 8 MHz  
 Tłumienie kanałów sąsiednich: 35 dB

Maska widma:

| Częstotliwość względna (MHz) | Poziom względny dB |                  |
|------------------------------|--------------------|------------------|
|                              | Pout = 9-29 dBW    | Pout = 39-50 dBW |
| -20                          | -56.2              | -66.2            |
| -12                          | -48.2              | -58.2            |
| -4.2                         | -35                | -35              |
| -3.9                         | 0                  | 0                |
| +3.9                         | 0                  | 0                |
| +4.2                         | -35                | -35              |
| +12                          | -48.2              | -58.2            |
| +20                          | -56.2              | -66.2            |

Tabela 3.5: Maski widma

Założono zysk anteny nadawczej w stosunku do dipola równy 0-10 dB. Stąd niektóre wartości DVB-T e.r.p. są większe niż Pout (moc wyjściowa nadajnika).

Parametry mikrofonów

Wartość chroniona natężenia pola: 68 dB( $\mu$ V/m)  
 Wysokość anteny odbiorczej: 1.5 m  
 Częstotliwość nadajnika: 650 MHz

| Różnica częstotliwości | Współczynniki ochronne |                  |
|------------------------|------------------------|------------------|
|                        | Pout = 9-29 dBW        | Pout = 39-50 dBW |
| 0                      | 12                     | 12               |
| 3.6                    | 12                     | 12               |
| 3.8                    | 9                      | 9                |
| 4.3                    | -23                    | -23              |
| 12                     | -36.2                  | -46.2            |

Tabela 3.6: Współczynniki ochronne

## Rozważane scenariusze zakłóceń

Rozważano identyczne scenariusze jak dla maski z Chester: praca na zewnątrz oraz wewnątrz budynków.

Wyniki dla 8 MHz sygnału DVB-T

Scenariusz 1: Praca na zewnątrz

Rysunki 3.5a/3.5b i 3.6a/3.6b oraz Tabele 3.7a/3.7b pokazują wymaganą odległość separacyjną jako funkcję różnicy częstotliwości, mocy promieniowanej DVB-T e.r.p. oraz wysokości efektywnej DVB-T.

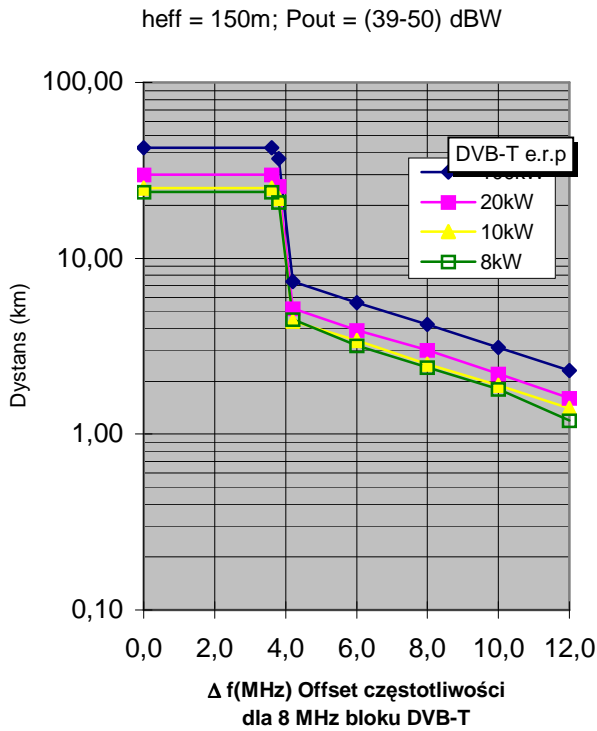
Wyniki pokazują, że w przypadku wspólnokanałowym wymagana odległość separacyjna jest bardzo podobna do tej w przypadku maski Chester. W przypadku różnicy częstotliwości 3,8 do 4,2MHz następuje zmniejszenie wymaganych odległości separacyjnych, jednak są one większe niż w przypadku obliczeń dla maski z Chester.

Scenariusz 2: Praca wewnątrz

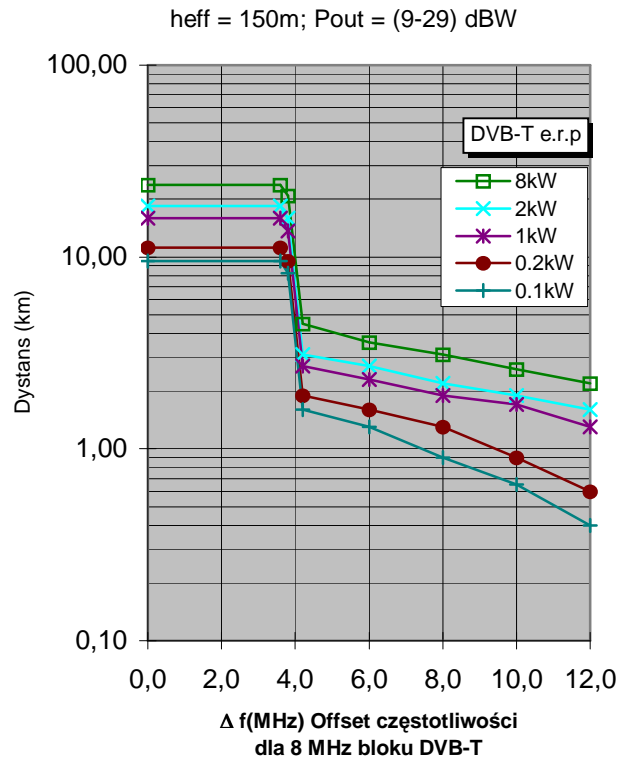
Rysunki 3.7a/3.7b i 3.8a/3.8b oraz Tabele 3.8a/3.8b pokazują wymaganą odległość separacyjną jako funkcję różnicy częstotliwości, mocy promieniowanej DVB-T e.r.p. oraz wysokości efektywnej DVB-T.

Wyniki obrazują, tak jak oczekiwano, mniejsze wymagane odległości separacyjne niż w przypadku pracy na zewnątrz budynków. Rzeczywiście mogą wystąpić pewne sytuacje jak np. w przypadku budynków o dużym tłumieniu (np. teatry bez okien) w których praca mikrofonów przy różnicy częstotliwości z DVB-T mniejszej niż 3.8 MHz była możliwa również w obszarze pokrycia DVB-T, zakładając że najbliższe odbiorniki DVB-T również pozostaną chronione..

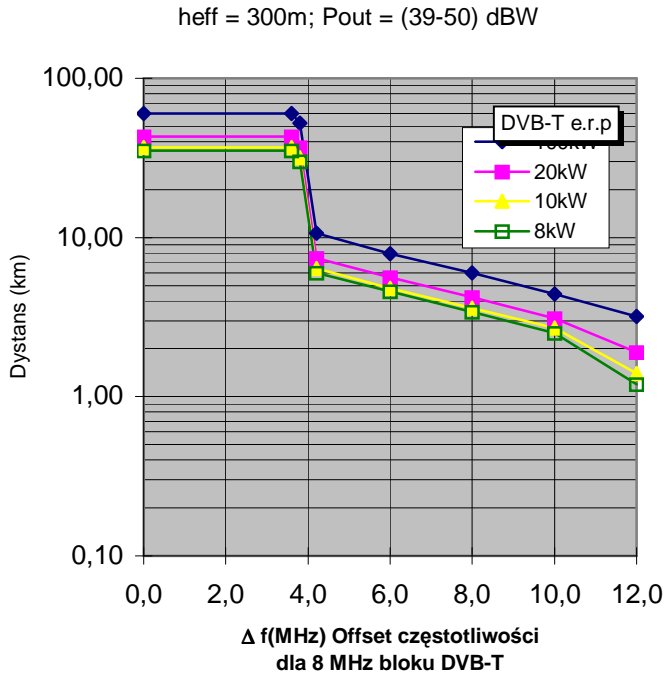
## Praca na zewnątrz



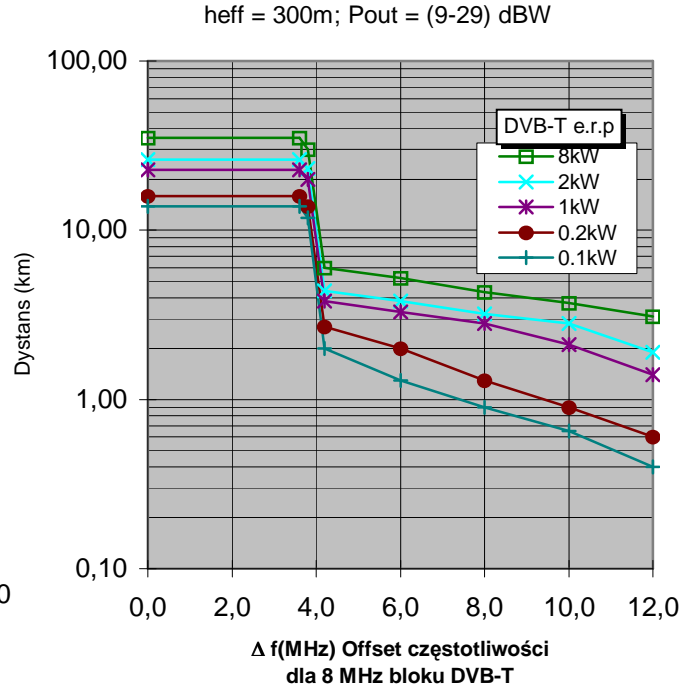
Rysunek 3.5a



Rysunek 3.5b



Rysunek 3.6a



Rysunek 3.6b



**Wymagane minimalne odległości separacyjne między DVB-T i mikrofonami bezprzewodowymi w pasmach IV i V  
Praca mikrofonów na zewnątrz budynków, zakłócenia od DVB-T**

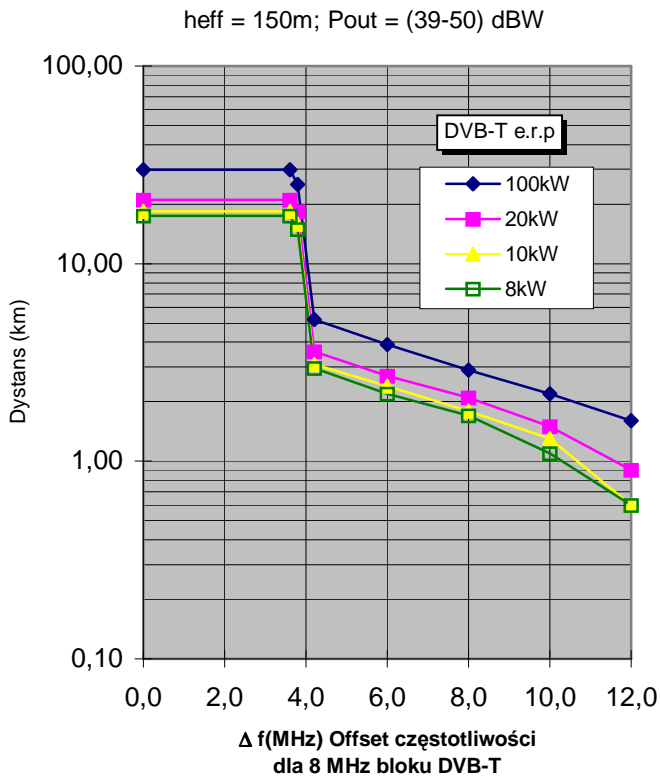
|                     | DVB-T<br>e.r.p         |       |       |       |                       |       |       |       |       |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Częstotliwość (MHz) | 100kW                  | 20kW  | 10kW  | 8kW   | 8kW                   | 2kW   | 1kW   | 0.2kW | 0.1kW |
| 0.00                | 42.60                  | 30.00 | 25.00 | 23.80 | 23.80                 | 18.40 | 15.90 | 11.20 | 9.50  |
| 3.60                | 42.60                  | 30.00 | 25.00 | 23.80 | 23.80                 | 18.40 | 15.90 | 11.20 | 9.50  |
| 3.80                | 36.80                  | 25.70 | 21.90 | 20.90 | 20.90                 | 15.90 | 13.70 | 9.50  | 8.20  |
| 4.20                | 7.40                   | 5.20  | 4.40  | 4.50  | 4.50                  | 3.10  | 2.70  | 1.90  | 1.60  |
| 6.00                | 5.60                   | 3.90  | 3.40  | 3.20  | 3.60                  | 2.70  | 2.30  | 1.60  | 1.30  |
| 8.00                | 4.20                   | 3.00  | 2.50  | 2.40  | 3.10                  | 2.20  | 1.90  | 1.30  | 0.90  |
| 10.00               | 3.10                   | 2.20  | 1.90  | 1.80  | 2.60                  | 1.90  | 1.70  | 0.90  | 0.65  |
| 12.00               | 2.30                   | 1.60  | 1.40  | 1.20  | 2.20                  | 1.60  | 1.30  | 0.60  | 0.40  |
| SE PT 21 maska      | (Pout_max = 39-50 dBW) |       |       |       | (Pout_max = 9-29 dBW) |       |       |       |       |

Tabela 3.7a  $h_{eff} = 150m$ , dystanse w km

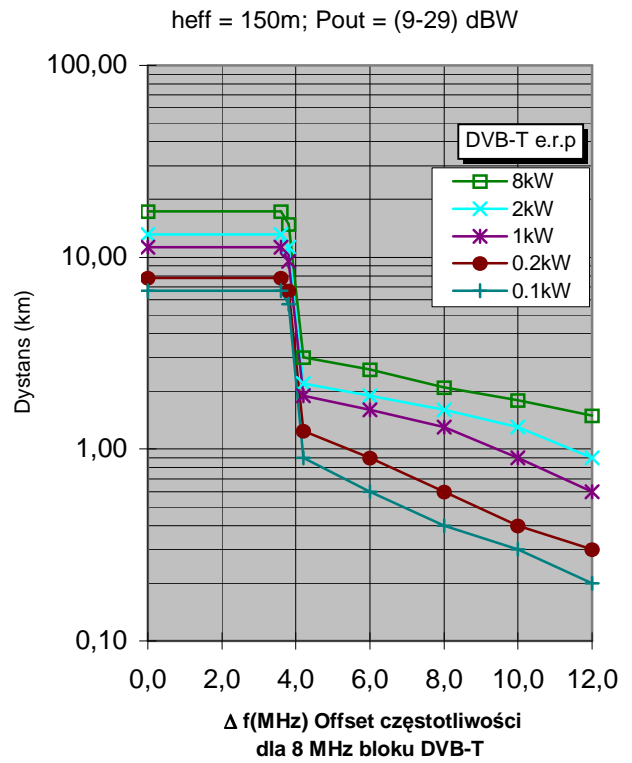
|                     | DVB-T<br>e.r.p         |       |       |       |                       |       |       |       |       |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Częstotliwość (MHz) | 100kW                  | 20kW  | 10kW  | 8kW   | 8kW                   | 2kW   | 1kW   | 0.2kW | 0.1kW |
| 0.00                | 60.00                  | 43.00 | 36.80 | 35.10 | 35.10                 | 26.10 | 22.80 | 15.90 | 13.80 |
| 3.60                | 60.00                  | 43.00 | 36.80 | 35.10 | 35.10                 | 26.10 | 22.80 | 15.90 | 13.80 |
| 3.80                | 52.39                  | 36.80 | 31.80 | 30.10 | 30.10                 | 23.10 | 20.00 | 13.80 | 11.80 |
| 4.20                | 10.60                  | 7.40  | 6.40  | 6.00  | 6.00                  | 4.40  | 3.80  | 2.70  | 2.00  |
| 6.00                | 7.90                   | 5.60  | 4.80  | 4.60  | 5.20                  | 3.80  | 3.30  | 2.00  | 1.30  |
| 8.00                | 6.00                   | 4.20  | 3.60  | 3.40  | 4.30                  | 3.20  | 2.80  | 1.30  | 0.90  |
| 10.00               | 4.40                   | 3.10  | 2.70  | 2.50  | 3.70                  | 2.80  | 2.10  | 0.90  | 0.65  |
| 12.00               | 3.20                   | 1.90  | 1.40  | 1.20  | 3.10                  | 1.90  | 1.40  | 0.60  | 0.40  |
| SE PT 21 maska      | (Pout_max = 39-50 dBW) |       |       |       | (Pout_max = 9-29 dBW) |       |       |       |       |

Tabela 3.7b  $h_{eff} = 300m$ , dystanse w km

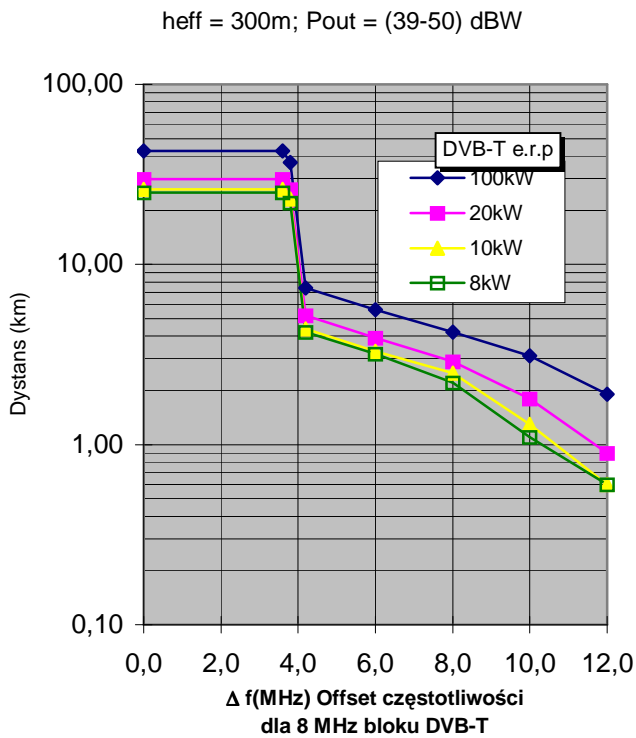
## Praca wewnątrz



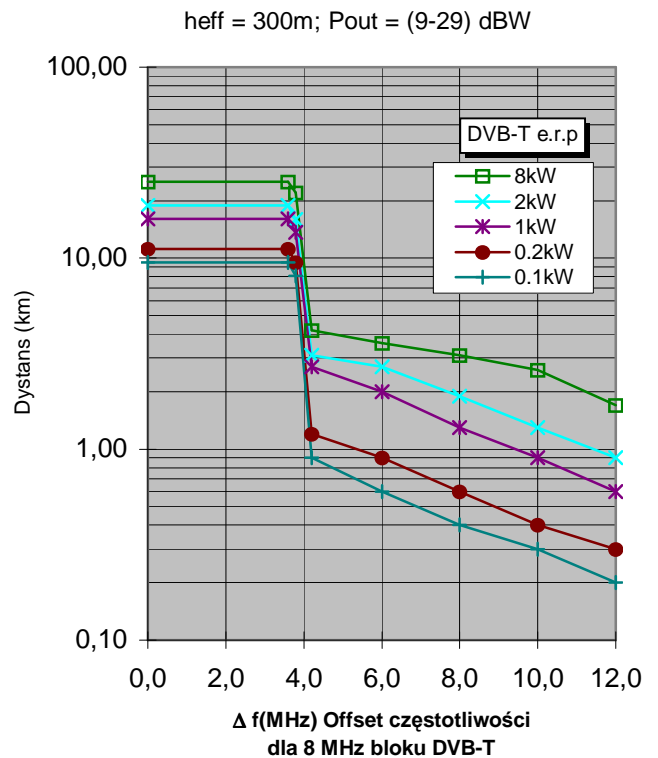
Rysunek 3.7a



Rysunek 3.7b



Rysunek 3.8a



Rysunek 3.8b

**Wymagane minimalne odległości separacyjne między DVB-T i mikrofonami bezprzewodowymi w pasmach IV i V  
Praca mikrofonów wewnątrz budynków, zakłócenia od DVB-T**

|                     | DVB-T<br>e.r.p         |       |       |       |                       |       |       |       |       |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Częstotliwość (MHz) | 100kW                  | 20kW  | 10kW  | 8kW   | 8kW                   | 2kW   | 1kW   | 0.2kW | 0.1kW |
| 0.00                | 29.90                  | 21.00 | 18.40 | 17.40 | 17.40                 | 13.20 | 11.30 | 7.80  | 6.70  |
| 3.60                | 29.90                  | 21.00 | 18.40 | 17.40 | 17.40                 | 13.20 | 11.30 | 7.80  | 6.70  |
| 3.80                | 25.10                  | 18.40 | 15.90 | 14.90 | 14.90                 | 11.30 | 9.50  | 6.70  | 5.70  |
| 4.20                | 5.20                   | 3.60  | 3.10  | 2.95  | 3.00                  | 2.20  | 1.90  | 1.24  | 0.90  |
| 6.00                | 3.90                   | 2.70  | 2.40  | 2.20  | 2.60                  | 1.90  | 1.60  | 0.90  | 0.60  |
| 8.00                | 2.90                   | 2.10  | 1.80  | 1.70  | 2.10                  | 1.60  | 1.30  | 0.60  | 0.40  |
| 10.00               | 2.20                   | 1.50  | 1.30  | 1.10  | 1.80                  | 1.30  | 0.90  | 0.40  | 0.30  |
| 12.00               | 1.60                   | 0.90  | 0.60  | 0.60  | 1.50                  | 0.90  | 0.60  | 0.30  | 0.20  |
| SE PT 21 maska      | (Pout_max = 39-50 dBW) |       |       |       | (Pout_max = 9-29 dBW) |       |       |       |       |

Tabela 3.8a  $h_{eff} = 150m$ , dystanse w km

|                     | DVB-T<br>e.r.p         |       |       |       |                       |       |       |       |       |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Częstotliwość (MHz) | 100kW                  | 20kW  | 10kW  | 8kW   | 8kW                   | 2kW   | 1kW   | 0.2kW | 0.1kW |
| 0.00                | 42.60                  | 29.90 | 26.10 | 25.10 | 25.10                 | 18.90 | 16.00 | 11.20 | 9.50  |
| 3.60                | 42.60                  | 29.90 | 26.10 | 25.10 | 25.10                 | 18.90 | 16.00 | 11.20 | 9.50  |
| 3.80                | 36.80                  | 26.10 | 23.10 | 22.00 | 22.00                 | 15.90 | 13.70 | 9.50  | 8.10  |
| 4.20                | 7.40                   | 5.20  | 4.40  | 4.20  | 4.20                  | 3.10  | 2.70  | 1.20  | 0.90  |
| 6.00                | 5.60                   | 3.90  | 3.30  | 3.20  | 3.60                  | 2.70  | 2.00  | 0.90  | 0.60  |
| 8.00                | 4.20                   | 2.90  | 2.50  | 2.20  | 3.10                  | 1.90  | 1.30  | 0.60  | 0.40  |
| 10.00               | 3.10                   | 1.80  | 1.30  | 1.10  | 2.60                  | 1.30  | 0.90  | 0.40  | 0.30  |
| 12.00               | 1.90                   | 0.90  | 0.60  | 0.60  | 1.70                  | 0.90  | 0.60  | 0.30  | 0.20  |
| SE PT 21 maska      | (Pout_max = 39-50 dBW) |       |       |       | (Pout_max = 9-29 dBW) |       |       |       |       |

Tabela 3.8b  $h_{eff} = 300m$ , dystanse w km

### 3.2. Zakłócenia od mikrofonów bezprzewodowych do DVB-T

#### 3.2.1. Parametry mikrofonów

Jako źródło sygnału mikrofonowego użyto generatora FM o następujących charakterystykach:

Sygnal nadawczy: 1 kHz sinusoidalny  
 Modulacja: FM, dewiacja 40.0 kHz; pomiary UK  
 FM, dewiacja 75.0 kHz; pomiary Niemcy

#### Parametry DVB-T

Odbiornik DVB-T: Profesjonalny (NDS system 3000)  
 Pomiary UK:  
 Użyteczny poziom RF DVB-T: Tryby pracy DVB-T  
 -46.0 dBm: 2k, 16 QAM, FEC 3/4, odstęp ochronny 1/32 (pomiar 1)  
 -52.0 dBm: 2k, 16 QAM, FEC 3/4, odstęp ochronny 1/32 (pomiar 2)

Pomiary Niemcy:  
 Użyteczny poziom RF DVB-T: Tryby pracy DVB-T  
 -66.0 dBm: 2k, QPSK, FEC 2/3  
 2k, 16 QAM, FEC 1/2  
 2k, 16 QAM, FEC 2/3  
 2k, 64 QAM, FEC 1/2  
 2k, 64 QAM, FEC 2/3

Sygnal I/P: MPEG-2  
 Kryterium odporności: BER = 2E-4 po dekodерze Viterbi'ego

#### 3.2.2. Obliczenia i wybór scenariuszy zakłóceń

Wyniki pomiarów współczynników ochronnych

| Offset częstotliwości | Współczynniki ochronne  |   |  |
|-----------------------|---|---|--|
|                       | Wyniki pomiarów UK  |   | Wyniki pomiarów niemieckich  |
|                       | Użyteczny poziom RF DVB-T<br><b>-46 dBm</b><br>Modulacja<br>2k, 16 QAM, FEC 3/4<br>(pomiar 1) | Użyteczny poziom RF DVB-T<br><b>-52 dBm</b><br>Modulacja<br>2k, 16 QAM, FEC 3/4<br>(pomiar 2) | Użyteczny poziom RF DVB-T <b>-66 dBm</b><br>Modulacja<br>2k, QPSK, FEC 2/3<br>2k, 16 QAM, FEC 1/2 lub 2/3<br>2k, 64 QAM, FEC 1/2 lub 2/3 |
| 0 MHz                 | -3 dB   | -3 dB   | -4 dB to -10 dB (*)  |
| 2 MHz                 | -4 dB   | -4 dB   | --   |
| 3.8 MHz               | -9 dB   | -10 dB  | --   |
| 4.5 MHz               | -37 dB  | -36 dB  | --   |
| 6.0 MHz               | -51 dB  | -45 dB  | --   |
| 7.0 MHz               | -52 dB  | -48 dB  | --   |
| 8.0 MHz               | -53 dB  | -52 dB  | --   |

Tabela 3.9: Wyniki pomiarów współczynników ochronnych DVB-T

(\*): Zależnie od trybu DVB (FEC 2/3 dla 2k QPSK, FEC 1/2 i 2/3 dla 2k16 QAM i 2k 64QAM).

--: mierzono wyłącznie wspólnokanałowe współczynniki ochronne.

Różnica między pomiarami współczynników dla offsetów 6 i 7 MHz była niespodziewana i musiała zostać spowodowana specyficznymi cechami odbiornika i nie jest wyjaśnialna teoretycznie.

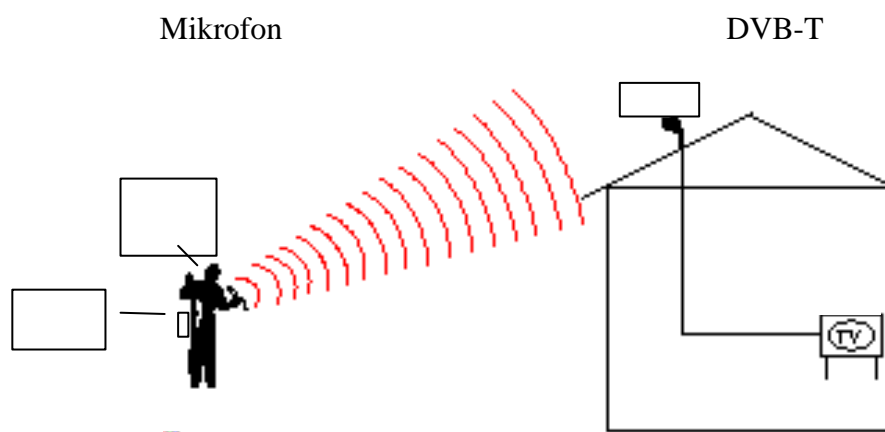
Ponieważ pomiary wykonywano dla odbiorników profesjonalnych, wyniki mogą być inne dla odbiorników powszechnego użytku, które będą stosowane w przyszłości.

Wszystkie dalsze obliczenia bazują na wynikach umieszczonych w 3 kolumnie tabeli 3.9, dla modulacji 16 QAM i FEC=3/4 i systemie 2k. Kolumna ta prezentuje najłabsze wyniki pozwalające na najbezpieczniejszą ocenę sytuacji.

Chociaż wariant 64QAM wymaga większych współczynników ochronnych, to jednak wymaga również wyższych poziomów sygnałów - stąd dopuszczalna wartość sygnału zakłócającego jest podobna jak w przypadku 16QAM. Stąd wyniki dalszej analizy można uznać za ważne dla wszystkich wariantów systemu DVB-T.

### 3.2.3. Opis scenariuszy zakłóceń

W praktyce może wystąpić wiele scenariuszy zakłóceń. W niniejszym rozważaniu przeanalizowano najbardziej krytyczny scenariusz, jakim jest stacjonarny odbiór sygnału DVB-T (rys. 3.9).



Rysunek 3.9. Stacjonarny odbiór DVB-T i mikrofon umieszczony na zewnątrz budynku

Niektóre z innych możliwych scenariuszy:

- przenośny odbiór DVB-T i mikrofon pracujący na zewnątrz: wstępna analiza wykazała, że te warunki skutkują krótszymi odległościami separacyjnymi niż w przypadku odbioru stacjonarnego tzn., że zapewnienie poprawnego odbioru stacjonarnego gwarantuje poprawny odbiór przenośny.
- przenośny odbiór DVB-T i mikrofon pracujący wewnątrz (w tym samym pomieszczeniu): w przypadku interferencji możliwe jest wyłączenie jednego z urządzeń.
- przenośny odbiór DVB-T i mikrofon pracujący wewnątrz (w innym pomieszczeniu): sytuacja ta odpowiada sytuacji odbioru przenośnego DVB-T i pracy mikrofonu na zewnątrz.
- Odbiór stacjonarny DVB-T i mikrofon pracujący wewnątrz: sytuacja ta jest mniej krytyczna niż odbioru stacjonarnego i mikrofonu umieszczonego na zewnątrz ze względu na tłumienie budynków.

## Maksymalna dopuszczalna wartość natężenia pola sygnału zakłócającego w miejscu odbioru sygnału DVB-T

Dla wybranego wariantu systemu DVB-T (2k, 16 QAM, FEC 3/4) wymagana wartość C/N dla BER =  $2 \cdot 10^{-4}$  po dekodzie Viterbi'ego wynosi 13 dB dla odbioru stacjonarnego (kanał Rice'a). Dla tej wartości C/N dodając margines implementacyjny 3 dB otrzymuje się wartość 16 dB, dla której można określić minimalną wymaganą wartość natężenia pola. W pasmach IV i V.

| Minimalna ekwiwalentna wartość natężenia pola ( $E_{med}$ ) dla DVB-T na 10 m. 50% czasu 50% miejsc odbiór stacjonarny | Pasmo IV ( $f = 500$ MHz) | Pasmo V ( $f = 800$ MHz) |
|--|---------------------------|--------------------------|
|  | 49 dB( $\mu$ V/m)         | 53 dB( $\mu$ V/m)        |

Tabela 3.10: DVB-T Minimalna ekwiwalentna wartość natężenia pola (odpowiadająca pokryciu 95 %)

Maksymalna wartość dopuszczalnych zakłóceń w punkcie odbioru DVB-T,  $E_{max\_int}$ , może zostać wyznaczona następująco;

$$E_{max\_int} = E_{med} - C/I - Lc$$

gdzie

$E_{med}$  Minimalna ekwiwalentna wartość natężenia pola z Tabeli 3.10

C/I zmierzona wartość współczynnika ochronnego z Tabeli 3.9

Lc współczynnik korekcyjny z Tabeli 3.11

– Współczynnik korekcji miejsc (wartości podano w Tabeli 3.11).

Różne wartości współczynnika korekcyjnego muszą zostać uwzględnione odpowiednio dla krótkich jak i długich tras. Związane jest to z faktem, iż dewiacja standardowa " $\tau$ " zależy od odległości, zwłaszcza dla sygnału zakłócającego. Sposób obliczeń współczynnika korekcyjnego podano poniżej:

Długie dystanse (> 100m):

$$Lc = \mu * \sqrt{(\tau_{DVB-T})^2 + (\tau_{micro})^2} = 1.64 * \sqrt{(5.5)^2 + (5.5)^2} \approx 13dB$$

Krótkie dystanse ( $\leq 100m$ ):

$$Lc = \mu * \sqrt{(\tau_{DVB-T})^2 + (\tau_{micro})^2} = 1.64 * \sqrt{(5.5)^2 + (0)^2} \approx 9dB$$

$\mu$ : współczynnik dystrybucji

$\tau_{DVB-T}$  i  $\tau_{micro}$ : dewiacje standardowe sygnału DVB-T i mikrofonu

– Przy dłuższych dystansach dewiacja standardowa wynosi 5.5 dla obu sygnałów podczas gdy dla krótkich odległości dewiacja standardowa sygnału mikrofonu radiowego wynosi 0 dB.

:

|                          | Współczynnik korekcyjny dB |                   |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|
|                          | Krótkie odległości         | Długie odległości |
| Stacjonarny odbiór DVB-T | 9                          | 13                |

Tabela 3.11: Współczynnik korekcyjny

Warunki odbioru DVB-T: Stacjonarny,  $E_{med} = 49 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$

| Offset częstotliwości | Maksymalne dopuszczalne natężenie pola sygnału zakłócającego $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ |   |
|-----------------------|---|---|
|                       | Krótkie odległości ( $\leq 100 \text{ m}$ )   | Długie odległości ( $> 100 \text{ m}$ ) |
| 0 MHz                 | 43  | 39                                      |
| 2.0 MHz               | 44  | 40                                      |
| 3.8 MHz               | 50  | 46                                      |
| 4.5 MHz               | 76  | 72                                      |
| 6.0 MHz               | 85  | 81                                      |
| 7.0 MHz               | 88  | 84                                      |
| 8.0 MHz               | 92  | 88                                      |

Tabela 3.12 a: Pasma IV

Warunki odbioru DVB-T: Stacjonarny,  $E_{med} = 53 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$

| Offset częstotliwości | Maksymalne dopuszczalne natężenie pola sygnału zakłócającego $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ |   |
|-----------------------|---|---|
|                       | Krótkie odległości ( $\leq 100 \text{ m}$ )   | Długie odległości ( $> 100 \text{ m}$ ) |
| 0 MHz                 | 47  | 43                                      |
| 2.0 MHz               | 48  | 44                                      |
| 3.8 MHz               | 54  | 50                                      |
| 4.5 MHz               | 80  | 76                                      |
| 6.0 MHz               | 89  | 85                                      |
| 7.0 MHz               | 92  | 88                                      |
| 8.0 MHz               | 96  | 92                                      |

Tabela 3.12b: Pasma V

Uwaga:

Wartości podano dla 500 MHz (Pasma IV) i 800 MHz (Pasma V). Wartości dla innych częstotliwości mogą zostać uzyskane po zastosowaniu współczynnika korekcyjnego,

$$20 \log Fr/Fx \text{ dB,}$$

gdzie  $F_r$  jest częstotliwością odbioru a  $F_x$  jest częstotliwością odniesienia w paśmie (500MHz albo 800MHz).

### Obliczenia mocy promieniowanej przez mikrofony

Mikrofony mogą pracować jako nadajniki trzymane w ręku bądź przymocowane do ciała. W obu przypadkach wystąpi tłumienie sygnału przez ciało człowieka.. Odpowiednie wartości mocy będą więc następujące.

|  | Mikrofon ręczny | Mikrofon przymocowany do ciała |
|--|-----------------|--------------------------------|
| Efektywna moc promieniowana (z ETS 300 422)                                | 17 dBm          | 17 dBm                         |
| Tłumienie spowodowane przez ciało człowieka (z Raportu 42 ERC dla SAB/SAP) | 6 dB            | 14 dB                          |
| Moc promieniowana dla analizy kompatybilności                              | 11 dBm          | 3 dBm                          |

Tabela 3.13: Moc promieniowana dla rozważań kompatybilności

### 3.2.4. Ustalenie modelu propagacyjnego

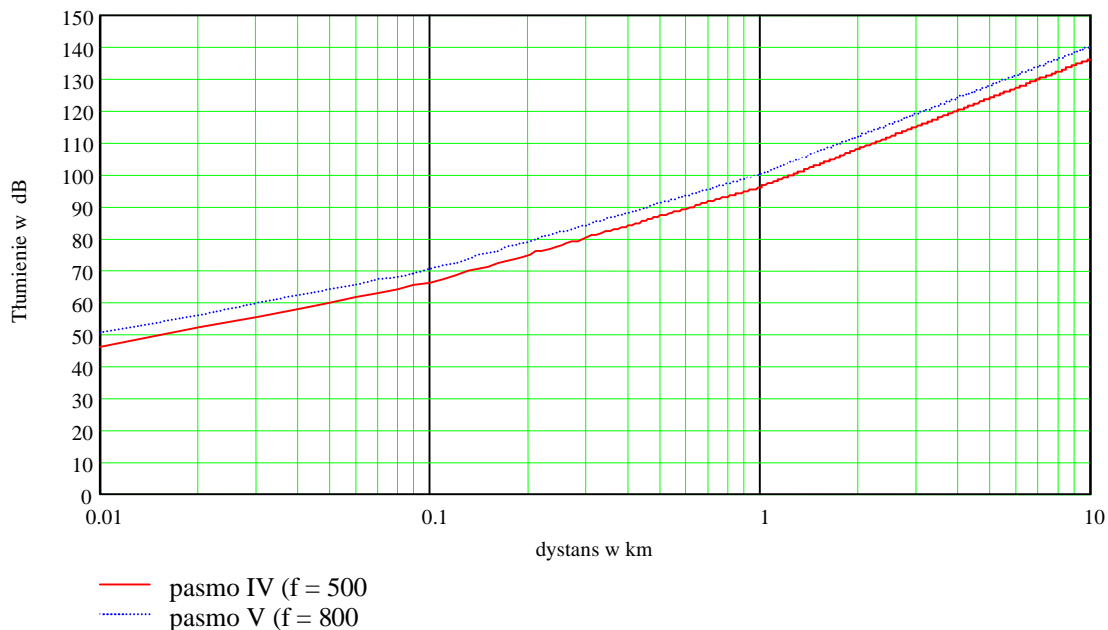
Model propagacyjny dla sygnałów pochodzących z mikrofonów bezprzewodowych i zakłócających odbiór DVB-T jest następujący.

Dla odległości < 100 m. - propagacja w wolnej przestrzeni.

Dla odległości między 100 m i 1 km tłumienie trasy zasadniczo jest większe niż w przypadku wolnej przestrzeni. Dlatego założono tłumienie 30 dB na dekadę.

Dla odległości większych niż 1 km założono tłumienie 40 dB na dekadę.

Model propagacyjny pokazano na rysunku 3.10.



Rysunek 3.10: Model propagacyjny

### 3.3. Wyniki analizy

Wymagana odległość separacyjna między mikrofonem bezprzewodowym a odbiornikiem DVB-T została pokazana na rysunku 3.11. Rysunek pokazuje wyniki dla pasma IV i V. Wartości zostały obliczone wykorzystując ustalony model propagacyjny i ustalone wartości dopuszczalne natężenia pola sygnału zakłócającego.

Dla ułatwienia na rysunku pojedyncza krzywa obejmuje przypadek krótkich i długich dystansów.

Interpretacja rysunku jest następująca:

Oś x podaje 2 parametry - odległość separacyjną w częstotliwości w MHz i odległość separacyjną w km.

Oś y pokazuje maksymalną dopuszczalną wartość natężenia pola dla odbiornika DVB-T jako funkcję odległości w częstotliwości oraz pole sygnału zakłócającego z mikrofonu w funkcji odległości.

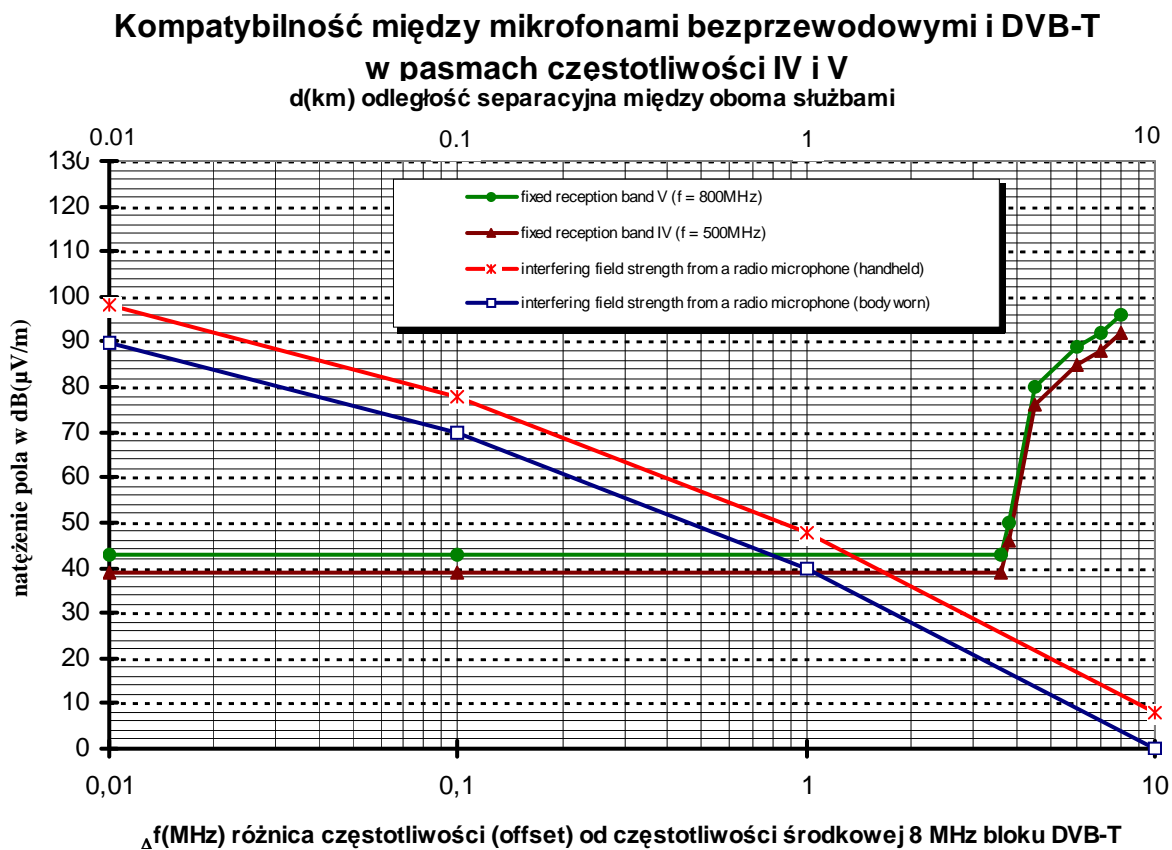
Na przykład dla punktu 6 MHz można podać odpowiednie wartości:

Na osi x odczytujemy dla wartości 6MHz maksymalne dopuszczalne natężenie pola sygnału zakłócającego. Odpowiada ono w paśmie V wartości 89 dB( $\mu$ V/m).

W drugim kroku odczytujemy wymaganą odległość separacyjną w km. Wartość natężenia pola 89 dB( $\mu$ V/m) jest uzyskana z mikrofonu ręcznego na odległości 30 m. Tak więc w tym przypadku wymagana odległość separacyjna wynosi 30 m. Dla mikrofonów przymocowanych do ciała odpowiednia wartość odległości jest mniejsza niż 10 m.



Można również, na podstawie podanego wykresu, określić wymaganą różnicę częstotliwości dla osiągnięcia wymaganego dystansu separacyjnego.



Rysunek 3.11: Graficzna ilustracja wyników analizy kompatybilności

Wymagane odległości separacyjne podano w Tabeli 3.14

| Offset częstotliwości MHz | Wymagana odległość separacyjna dla mikrofonu ręcznego w [km] |         | Wymagana odległość separacyjna dla mikrofonu przymocowanego do ciała w [km] |         |
|---------------------------|--|---------|---|---------|
|                           | Pasmo IV   | Pasmo V | Pasmo IV  | Pasmo V |
| 0                         | ok. 1.5  | ok. 1.3 | ok. 1.0   | ok. 0.8 |
| 2                         | ok. 1.5  | ok. 1.3 | ok. 1.0   | ok. 0.8 |
| 3.8                       | ok. 1.1  | ok. 0.9 | ok. 0.7   | ok. 0.5 |
| 4.5                       | 0.12   | 0.08    | 0.05  | 0.03    |
| 6.0                       | 0.05   | 0.03    | 0.02  | 0.01    |
| 7.0                       | 0.03   | 0.02    | 0.01  | < 0.01  |
| 8.0                       | 0.02   | 0.01    | < 0.01  | < 0.01  |

Tabela 3.14: Odległości separacyjne w km między odbiornikiem DVB –T i mikrofonem bezprzewodowym

Uwaga: Zalecenie 70-03 ERC podaje maksymalną wartość e.r.p. równą 10 mW dla mikrofonów ręcznych i 50 mW dla mikrofonów przymocowanych do ciała. Administracje, które zastosują to Zalecenie będą miały takie same odległości separacyjne od mikrofonów ręcznych jak podane odległości w Tabeli 3.14 dla mikrofonów przymocowanych do ciała.

### **3.4. Interpretacja wyników**

Scenariusz ze stacjonarnym odbiorem DVB-T i mikrofonem umieszczonym na zewnątrz budynków reprezentuje najgorszy przypadek. Podczas pracy wspólnokanałowej wymagana jest odległość separacyjna rzędu 1km. Dystans ten zależy od pasma częstotliwości i od typu mikrofonu. W praktyce tak duża wymagana odległość separacyjna jest nie do zaakceptowania. Stąd w większości przypadków praca wspólnokanałowa DVB-T i mikrofonów jest niemożliwa. W większości przypadków praca sąsiedniokanałowa, oprócz pierwszych 500 kHz, jest możliwa ze względu na odległości separacyjne od ok. 10 m do 120 m.

W przypadku pracy mikrofonów wewnątrz budynków współistnienie DVB-T i mikrofonów będzie zależać od tłumienia budynków i od odległości do najbliższego odbiornika DVB-T. Odnosi się to do przypadków teatrów i podobnych miejsc, gdzie możliwe jest skoordynowanie pracy mikrofonów z nadawcami DVB-T.

### 3.5. Wnioski

Aby zapewnić kompatybilną pracę DVB-T i mikrofonów bezprzewodowych należy sprawdzić zapewnienie wymaganych odległości separacyjnych. Jeżeli są one zapewnione, praca obu systemów odbywać się będzie bez zakłóceń.

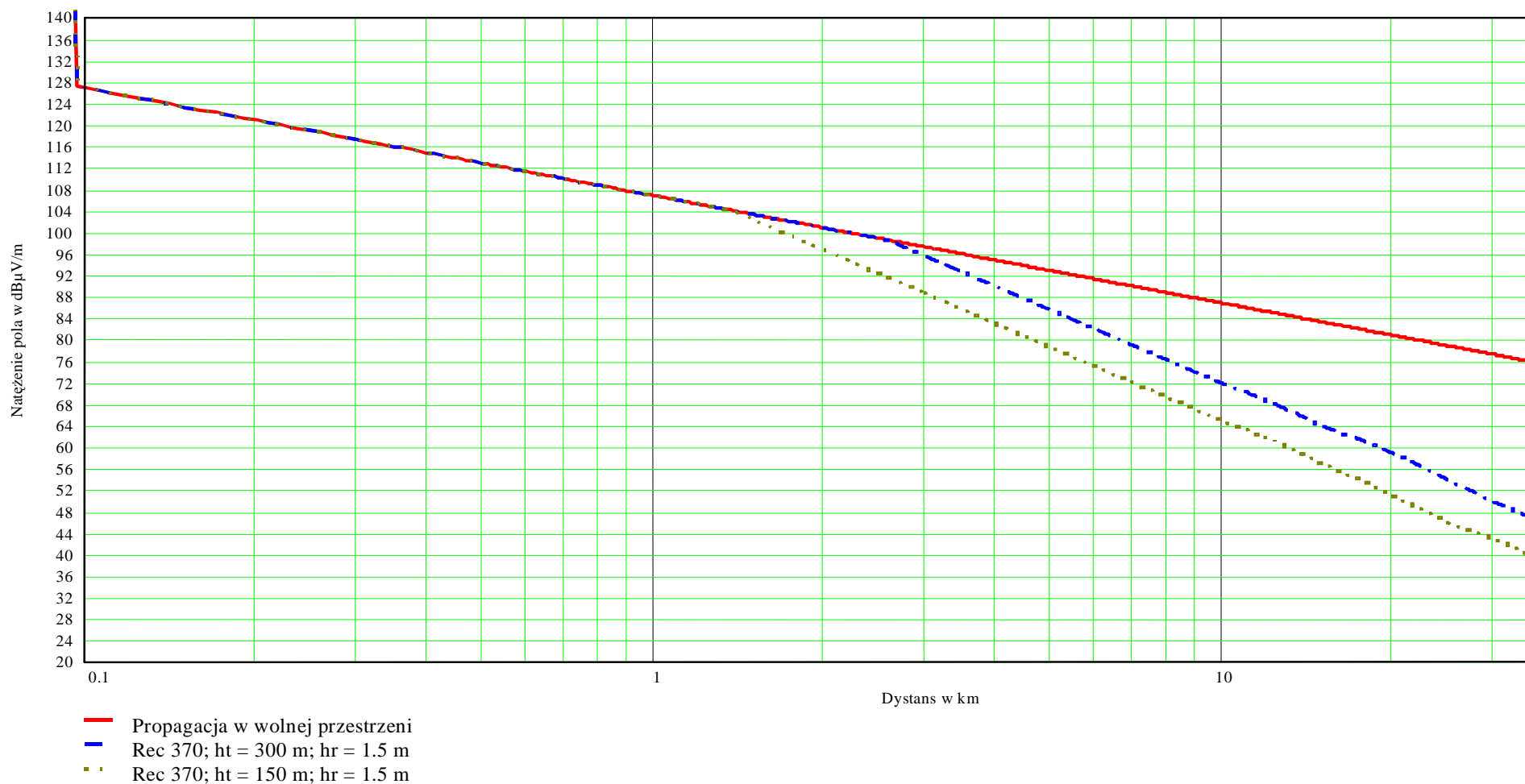
- W większości przypadków wspólnokanałowa praca DVB-T i mikrofonów bezprzewodowych w obszarze pokrycia DVB-T spowoduje niedopuszczalne zakłócenia. Jednak praca mikrofonów wewnątrz budynków o dużym tłumieniu ścian np. teatrów może być możliwa w zależności od tłumienia ścian i odległości od najbliższego odbiornika DVB-T. Takie przypadki mogą być analizowane indywidualnie.
- Praca mikrofonów w 1 kanale sąsiednim DVB-T, (offset częstotliwości od 4 do 12 MHz) poza pierwszymi 500 kHz tego kanału, będzie możliwa w wielu przypadkach zależnie od warunków lokalnych.
- W praktyce użycie 2 kanału sąsiedniego przez mikrofony (offset częstotliwości od 12 do 20 MHz) będzie możliwe w większości przypadków. Odnosi się to zarówno dla pracy mikrofonów wewnątrz jak i na zewnątrz budynków.

Wnioski te opierają się na analizie wykorzystującej maskę widma z Chester. Użycie mniej wymagających masek, takich jak zaadoptowane maski przez SE PT 21 spowodują znaczne zwiększenie wymaganych odległości separacyjnych w przypadku transmisji sąsiedniokanałowych

Wszystkie wnioski i analizy ważne są dla odbiorników profesjonalnych DVB-T. Ponieważ nie jest znana odporność odbiorników powszechnego użytku, w ich przypadku mogą zmienić się wartości wymaganych odległości separacyjnych. Zmiany te nie powinny jednak być zbyt wielkie.



Rys. 3.12. Krzywa propagacyjna ITU-R P.370-7 (1% czasu, 50% miejsc)  
 Krzywa ekstrapolowana dla odległości < 10 km do krzywej propagacyjnej wolnej przestrzeni  
 DVB-T ERP = 1kW; Współczynnik korekcyjny= 12 dB



**ht** = wysokość efektywna nadajnika DVB-T; **hr** = wysokość efektywna odbiornika (mikrofonu bezprzewodowego)

## 4. Kompatybilność DVB-T z systemem IS-95

W Polsce kanał 65 telewizji przeznaczono do wykorzystania na potrzeby systemu dostępowego w standardzie IS-95 przeznaczonego do celów realizacji łączności telefonicznej w obszarach wiejskich. Standard IS-95 jest de facto amerykańskim standardem telefonii komórkowej, który u nas jest wykorzystywany w służbie stałej. Za jego pomocą realizowana jest radiowa pętla abonencka w systemie punkt - wielopunkt. Ponieważ kanały 61-69 będą wykorzystywane w Europie do celów tworzenia sieci DVB-T należy opracować kryteria kompatybilnościowe. Poza Polską i Czechami, żaden europejski kraj nie wykorzystuje łączności w tym paśmie za pomocą standardu IS-95, tak więc wszelkie analizy i badania będą musiały zostać przeprowadzone w kraju.

### 4.1. Opis systemu do celów analizy

W systemie IS-95 wykorzystywany jest dostęp kodowy (CDMA) zrealizowany w technice spread spectrum. Każdy kanał systemu zajmuje pasmo 1.23MHz i umożliwia realizację przepływności 1.2288Mbit/s w której zawarte są 62 kanały rozmówne i 32 kanały dostępu. W praktyce wykorzystuje się mniejszą liczbę kanałów ze względu na występujące zakłócenia. W Polsce przewiduje się wykorzystanie kanału 65 do realizacji łącza “w górę” czyli od abonenta do centrali. W standardzie IS-95 w kanale tym transmisja realizowana jest w 4 kanałach 1.23MHz w zakresie 822-830MHz.

#### 4.1.1. Dane systemu IS-95

|  |                 |
|--|-----------------|
| Częstotliwość pracy:                             | 822 – 830MHz    |
| Szerokość pasma 1 kanału:                        | 1,2288MHz       |
| Maksymalna moc promieniowana stacji abonenckiej: | 8dBW (6.3W)     |
| Współczynnik szumów odbiorczej stacji bazowej:   | 4-5dB           |
| Współczynnik Eb/No odbiorczej stacji bazowej:    | 3-5dB           |
| Maksymalna przepływność kanału R:                | 9600-14400bit/s |
| Typowy zysk anteny odbiorczej Gr:                | 15dB            |
| Straty doprowadzeń Ls:                           | 4dB             |

### 4.2. Analiza systemu do celów kompatybilności

#### 4.2.1. Analiza zakłóceń wnoszonych do IS-95

Wyznaczenie minimalnej czułości odbiorczej stacji bazowej:

$$S=N+kT + 10\log[R(Eb/No)] = 4-174+42,83 = -127,17\text{dBm}$$

Wyznaczenie wymaganego minimalnego użytecznego poziomu mocy sygnału na wejściu anteny:

$$P_{\min} = S + G_r - L_s = -127,17 + 15 - 4 = -116,17$$
$$E_{\min} [\text{dB}\mu\text{V/m}] = -116,17 + 58,30 + 77,2 = 19,33 \text{ dB}\mu\text{V/m} \text{ (dla } f=822\text{MHz)}$$

W systemie CDMA zakłada się współczynnik C/I na poziomie 10dB. Zakładając ochronę minimalnego poziomu użytecznego dla stacji bazowej, oraz wykorzystanie wartości C/I = 10dB, prowadzi to do wartości dopuszczalnej natężenia pola sygnału zakłócającego DVB-T na poziomie 9.3 dBμV/m. Jest to bardzo restrykcyjna wartość uniemożliwiająca współistnienie DVB-T i CDMA na tym samym obszarze oraz wymaga stosowania bardzo dużych odległości separacyjnych między nadajnikami DVB-T i stacjami bazowymi IS-95: rzędu 230km dla nadajnika DVB-T o mocy 1kW (przy uwzględnieniu dopuszczalnych zakłóceń w 1% czasu i wysokości skutecznej nadajnika 150m). Dlatego konieczne jest uszczegółowienie danych systemu IS-95 i warunków kompatybilności. Do celów koordynacji międzynarodowej podane wartości mogą być używane ze względu na bezpieczeństwo jakie gwarantują, jednak do celów krajowych powinno się te kryteria uszczegółowić.

#### 4.2.2. Analiza zakłóceń wnoszonych do DVB-T przez terminale IS-95.

Zakładając, że sygnał cyfrowy IS-95 będzie wnosił zakłócenia podobnie jak inne systemy cyfrowe (DVB-T i T-DAB), można wyznaczyć współczynnik ochrony dla DVB-T zakłócającej przez IS-95.

Biorąc pod uwagę maksymalny współczynnik ochronny DVB-T na zakłócenia od DVB-T równy 22dB (64QAM, kod 2/3, kanał Rayleigha) oraz uwzględniając mniejsze pasmo sygnału IS-95 otrzymamy:

$$PR_{\text{DVB-T- IS-95}} = 22\text{dB} + 10\log(8/1,2288) = 22 + 8,14 = 30,14\text{dB}$$

Dodatkowo należy uwzględnić współczynnik korekcji miejsc związany z dewiacją standardową sygnału  $L_c$ :

$$L_c = \mu * \sqrt{(\tau_{\text{DVB-T}})^2 + (\tau_{\text{micro}})^2} = 1.64 * \sqrt{(5.5)^2 + (5.5)^2} \approx 13\text{dB}$$

Minimalny poziom sygnału użytecznego DVB-T dla kanału 65 wyznacza się następująco: Wartość minimalna mediany natężenia pola w paśmie V (800MHz) dla 95% miejsc pokrycia jest równa 60 dBμV/m (z Tabeli A1.7 porozumienia z Chester – dla systemu o C/N=20dB plus margines implementacyjny 3dB).

Wartość tą należy skorygować, ze względu na częstotliwość pracy:

$$E_{\min} = 60 + 20 \log 826/800 = 60,28 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

Dopuszczalne natężenie pola sygnału zakłócającego, pochodzącego od terminala IS-95 będzie więc następujące:

$$E_{\text{dop}} = E_{\min} - C/I - L_c = 60,28 - 30,14 - 13 = 17,14 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

Maksymalna moc terminala IS-95 wynosi 8dBW. Jako wysokość nadajnika przyjęto wartość 50m.

Zakładając analizę propagacyjną według standardowych krzywych propagacyjnych metody 370, wymagana odległość separacyjna między terminalem IS-95 a odbiornikiem DVB-T wyniesie:

$$d_{\text{sep}} = 30\text{km}$$

Ponieważ z reguły terminale IS-95 pracują w odległościach maksymalnych do 30km od stacji bazowej widać wyraźnie, że nie jest możliwe współistnienie systemu IS-95 i DVB-T w tym samym zakresie częstotliwości na tym samym obszarze pracy.

### **4.3. Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonej analizy widać, że współzystencja systemu DVB-T i IS-95 jest niemożliwa bez rozdziału częstotliwościowego lub przestrzennego. W tym samym kanale, na tym samym obszarze nie mogą pracować oba systemy jednocześnie. Ponieważ w Polsce system IS-95 pracuje w kanale 65 należy założyć, że kanał ten nie będzie wykorzystywany do celów transmisji DVB-T.

Możliwe jest jednak takie odseparowanie przestrzenne systemów, które pozwoli na spełnienie wymagań kompatybilności. Krytycznymi są zakłócenia od nadajników DVB-T do stacji bazowych IS-95. Zakłócenia od IS-95 są znacznie mniejsze, tak więc w przypadku koordynacji międzynarodowej główny nacisk należy położyć na ochronę stacji bazowych IS-95. Podane kryteria kompatybilności można uznać za wystarczające do celów koordynacji międzynarodowej. Zakładają one ochronę wartości 9.3 dB $\mu$ V/m w małym procencie czasu (1% czasu).

Dla przypadków zakłóceń sąsiedniokanałowych należałoby zastosować odpowiednie maski widma nadajników i odbiorników. Ze względu na ich brak w chwili obecnej analizę tą przełożono na kolejny etap pracy.

## **5. Kompatybilność telewizji cyfrowej DVB-T z radioastronomią w paśmie częstotliwości 608-614 MHz**

W poprzednim etapie pracy przeprowadzona została szczegółowa analiza kompatybilności radioastronomii w paśmie częstotliwości 608-614MHz z DVB-T. Otrzymano wartości współczynników ochronnych oraz wymagane odległości separacyjne. Analizę przeprowadzono dla maski widma zawartej w Raporcie EBU BPN005 identycznej z maską ustaloną w ramach ETSI (norma ETS 300744). Powstało pytanie na ile zmieniłyby się wartości współczynników ochronnych w przypadku zastosowania maski widma ustalonej w Chester '97. W ramach prac Zespołu SE27 postanowiono przeanalizować ten problem. Studia przeprowadzili wspólnie przedstawiciele: Polski i UK.

### **5.1. Różnice w maskach widma**

Obserwacje astronomiczne przeprowadzane są w paśmie 608 to 614 MHz. Maski widma DVB-T pokrywające to pasmo określone są dla zakresu +6 MHz to +12 MHz w stosunku do częstotliwości środkowej dla DVB-T w kanale 37 i w zakresie -10 MHz to -4 MHz dla kanału 39 DVB-T. Różnica między maską ustaloną przez ETSI i maską Chester polega na



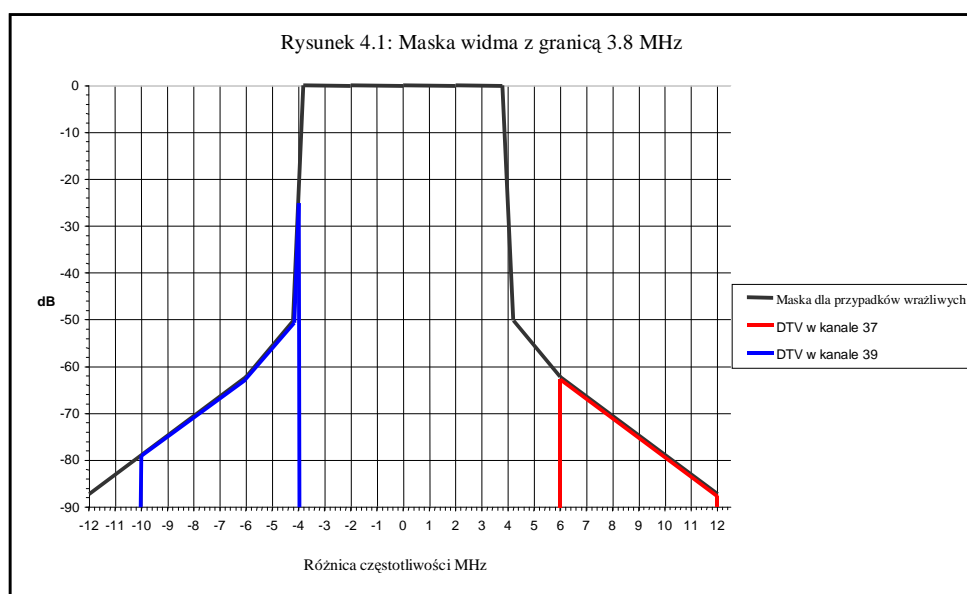
tym, że w przypadku maski z Chester punktem granicznym pasma sygnału DVB-T jest 3.9MHz, podczas gdy w ETSI ustalono wartość 3.8MHz (tabela 4.1).

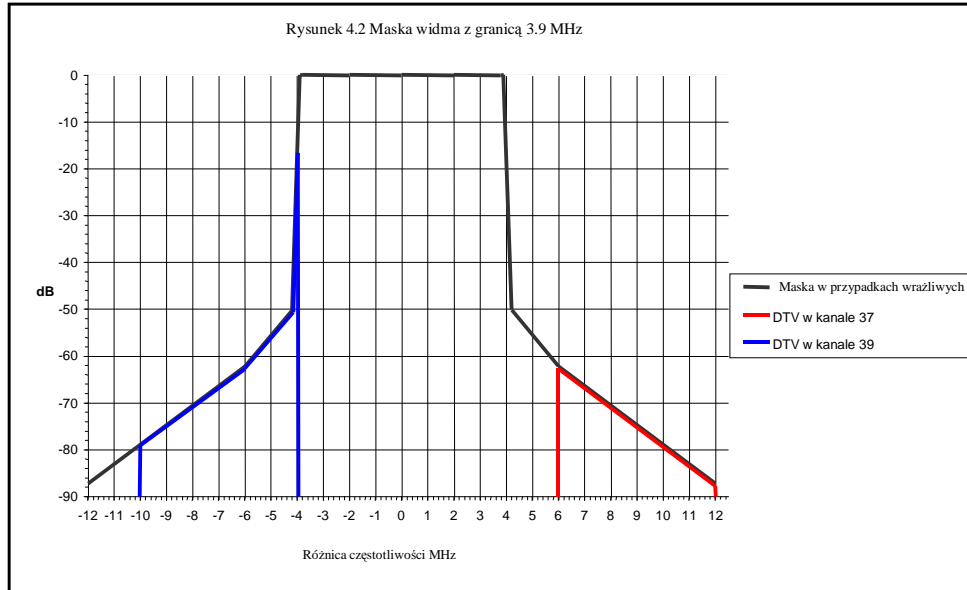
| Punkty graniczne           |                        |                    |                            |                        |                    |
|----------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
|                            | Maska Chester          |                    |                            | Maska ETSI             |                    |
|                            | Przypadek niekrytyczny | Przypadek wrażliwy |                            | Przypadek niekrytyczny | Przypadek wrażliwy |
| Częstotliwość względna MHz | Poziom względny dB     | Poziom względny dB | Częstotliwość względna MHz | Poziom względny dB     | Poziom względny dB |
| -12.0                      | -110.0                 | -120.0             | -12.0                      | -110.0                 | -120.0             |
| -6.0                       | -85.0                  | -95.0              | -6.0                       | -85.0                  | -95.0              |
| -4.2                       | -73.0                  | -83.0              | -4.2                       | -73.0                  | -83.0              |
| -3.9                       | -32.8                  | -32.8              | -3.8                       | -32.8                  | -32.8              |
| +3.9                       | -32.8                  | -32.8              | +3.8                       | -32.8                  | -32.8              |
| +4.2                       | -73.0                  | -83.0              | +4.2                       | -73.0                  | -83.0              |
| +6.0                       | -85.0                  | -95.0              | +6.0                       | -85.0                  | -95.0              |
| +12.0                      | -110                   | -120.0             | +12.0                      | -110                   | -120.0             |

**Tabela 4.1. Punkty graniczne masek**

Różnice wynikają z różnej przyjętej aproksymacji rzeczywistego widma sygnału DVB-T. Rzeczywiste widmo rozciąga się do wartości +/-3.81MHz i jego najbliższym przybliżeniem jest maska z wartością graniczną 3.8MHz. Jednak w przypadku Porozumienia z Chester postanowiono przesunąć tą wartość do punktu 3.9MHz ze względów bezpieczeństwa, gdyż gwarantuje ona ewentualne przeszacowanie zakłóceń, natomiast wyklucza przypadki niedoszacowania zakłóceń.

Na rysunku 4.1 i 4.2 przedstawiono pokrycie kanału 38 przez maski widma sygnałów DVB-T z kanałów 37 i 39 dla przypadków maski 3.8MHz oraz 3,9MHz.





W celu określenia części mocy, która jest wnoszona do kanałów sąsiednich wykorzystano całkowanie za pomocą programu matematycznego następującej zależności

$$\int_0^{10^6 f_{spanMHz}} \left( 10^{\left( -36 + dB_1 + \left( \frac{dB_2 - dB_1}{10^6 f_{spanMHz}} \right) f \right) / 10} \right) df$$

gdzie  $dB_1$  i  $dB_2$  są punktami granicznymi w dB (mierzonymi w 4 kHz paśmie) w zakresie  $f_{spanMHz}$ .

W zakresie +6 MHz do +12 MHz w stosunku do częstotliwości środkowej DVB-T, całe pasmo pokrywa jedna całka. W zakresie -10 MHz do -4 MHz w stosunku do częstotliwości środkowej DVB-T, wykonano sumowanie trzech oddzielnych całek.

## 5.2. Wyniki obliczeń

Wyniki przedstawiono w Tabeli 4.2. Widać różnicę między wartościami mocy promieniowanej do kanału 38 dla maski 3.8MHz i 3.9MHz w przypadku zakłóceń pochodzących od kanału 39. Dla kanału 37 różnice w maskach nie mają znaczenia. Wystąpiły też pewne różnice w stosunku do poprzednich obliczeń wynikające z precyzyjniejszego narzędzia matematycznego. Ponieważ jednak różnice te nie są zbyt wielkie (w granicach kilku dB) oraz ze względu na to że są bezpieczne (przeszacowują zakłócenia) postanowiono do celów koordynacji międzynarodowej stosować wartości podane w poprzednim etapie pracy. Wartości umieszczone poniżej, ze względu na swą dokładność można wykorzystać do celów koordynacji krajowej.

|  | Moc promieniowana do pasma Radioastronomii |                   |
|--|--|-------------------|
|  | DVB-T w kanale 37                          | DVB-T w kanale 39 |
| Moc promieniowana do kanału 38 zgodnie z maską ETSI (3.8 MHz)    | -70.8 dB                                   | -48.3 dB          |
| Moc promieniowana do kanału 38 zgodnie z maską Chester (3.9 MHz) | -70.8 dB                                   | -41.3 dB          |

Tabela 4.2. Wyniki analizy podające poziomy mocy zakłóceń

## 6. Analiza metod propagacyjnych pod kątem wykorzystania dla DVB-T

Podstawowymi miarami oceny zaplanowanej lub pracującej sieci radiokomunikacyjnej (np. radiofonicznej lub telewizyjnej) są zasięgi zarówno obszarowe, jak i ludnościowe. Do wyznaczenia tych parametrów niezbędne jest oszacowanie poziomów sygnału użytecznego i potencjalnych sygnałów zakłócających. Ponadto należy zdefiniować kryteria dobrego odbioru. Można wyróżnić dwa podstawowe kryteria, które muszą być spełnione w każdym analizowanym punkcie odbiorczym: poziom sygnału użytecznego powinien być nie mniejszy niż zadana wartość minimalna (najczęściej wynikająca z czułości odbiornika) oraz stosunek sygnału użytecznego do zakłócającego nie może być mniejszy niż wymagany (związany z jakością odbioru oraz rodzajem służby). Sytuacja wygląda stosunkowo prosto w przypadku jednego sygnału użytecznego i jednego sygnału zakłócającego. Natomiast przy wielu sygnałach zakłócających oraz kilku sygnałach użytecznych należy oszacować wypadkowy sygnał użyteczny oraz wypadkowy wpływ wszystkich zakłóceń. Poniżej omówiono kilku metod szacowania zasięgów stacji radiowych, m.in. metodę sumowania mocy sygnałów zakłócających, uproszczona metodę mnożenia prawdopodobieństw oraz metodę Monte Carlo, którą w ostatnim okresie uważa się jako metodę odniesienia szczególnie w przypadku badania zasięgów sieci radiofonii i telewizji cyfrowej.

### 6.1. Wstęp

Problem szacowania zasięgów stacji i sieci radiodifuzyjnych stał się w ostatnim okresie kluczowym ze względu na dużą dynamikę rozwoju systemów pracujących oraz na planowane wprowadzenie systemów cyfrowych (ziemskiej radiofonii i telewizji cyfrowej). Zakłada się, że systemy analogowe i cyfrowe będą współistnieć w tych samych pasmach częstotliwości, zatem należy badać wzajemny ich wpływ jeszcze przed uruchomieniem systemów cyfrowych. Przewiduje się, że do roku 2008 telewizja analogowa będzie równolegle współistniała z telewizją cyfrową w tym samym zakresie częstotliwości. Możliwości takie istnieją ze względu

na dwie podstawowe właściwości: poziom sygnału wymagany dla dobrego odbioru jest znacznie niższy od poziomu wymaganego dla telewizji analogowej oraz współczynniki ochronne są również niższe (większa odporność na zakłócenia od sygnałów analogowych). W ten sposób kanały niedostępne dla telewizji analogowej mogą być wykorzystane przez telewizję cyfrową. Wyniki badań symulacyjnych możliwości zbudowania w Polsce niezależnych sieci ziemskiej telewizji cyfrowej przedstawiono w poprzednim etapie. Stacje nadawcze ziemskiej telewizji cyfrowej mogą tworzyć tzw. sieć wieloczęstotliwościową (ang. Multi Frequency Network - MFN), której struktura jest podobna do klasycznej sieci analogowej, lub zsynchronizowaną sieć jednoczęstotliwościową (ang. Single Frequency Network – SFN). W sieci SFN, podobnie jak w przypadku ziemskiej radiofonii cyfrowej T-DAB, wszystkie nadajniki na określonym obszarze emitują sygnał o tej samej częstotliwości.

## **6.2. Wyznaczanie zasięgu stacji bez uwzględniania zakłóceń**

Propagację fal radiowych traktuje się jako proces statystyczny. Wartość natężenia pola jest prognozowana dla określonych wartości prawdopodobieństwa czasowego i przestrzennego. Ze względu na stosunkowo dobrą zgodność z wynikami pomiarów najczęściej stosowaną metodą prognozowania propagacji jest metoda zgodna z Zaleceniem ITU-R P.370. Metoda ta jest akceptowana przez niemal całą Europę w procesie koordynacji międzynarodowej. Ostatnie eksperymenty potwierdziły przydatność jej w analizach radiofonii cyfrowej T-DAB i naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T. Dla sygnału użytecznego radiofonii i telewizji analogowej przyjmuje się 50% czasu i 50% miejsc. Statystyczna wartość minimalnego użytecznego natężenia pola  $E(50,50)$  wyznacza granicę obszaru pokrycia. Wewnątrz obszaru pokrycia liczba miejsc o złym odbiorze zwiększa się w miarę oddalania się od stacji nadawczej, lecz nawet poza obszarem pokrycia jest wiele miejsc, w których odbiór jest poprawny. Związane jest to ze specyfiką systemów analogowych, w których przejście między dobrym i złym odbiorem jest płynne. W przypadku systemu cyfrowego, w którym na ogół wymagany jest niższy poziom minimalnego użytecznego natężenia pola, dla zapewnienia odbioru wysokiej jakości, obniżenie poziomu sygnału użytecznego nawet o 1 dB może być przyczyną braku odbioru. Z tego powodu w systemach cyfrowych wymagane jest aby wartość sygnału użytecznego potrzebna do odbioru była przekraczana przez 99% czasu. Wewnątrz małego obszaru (np. 100 m x 100 m) można zauważyć statystyczne wahania poziomu sygnału odbieranego, które zależą od nieregularności terenu. Statystyka zmian przestrzennych poziomu natężenia pola może być opisana za pomocą rozkładu logarytmiczno-normalnego. Ostatnie pomiary pokazały, że odchylenie standardowe jest równe około 5,5 dB i jest uzależnione środowiska otaczającego punkt odbiorczy. Ze względu na skokowe przejście między dobrym odbiorem i brakiem odbioru przyjmuje się dla systemów cyfrowych znacznie wyższy procent miejsc, w których musi być przekroczona minimalna użyteczna wartość natężenia pola. W zależności od klasy systemu przyjmuje się wartości w przedziale od 70 do 95%, przy czym 70% odpowiada warunkom „akceptowalnym”, natomiast 95% warunkom „dobrym”. Przy założeniu rozkładu normalnego, różnica poziomów natężenia pola między 50% i 95% miejsc wynosi 9 dB, a między 50% i 70% około 2,9 dB. Uzyskanie wartości pokrycia 95% miejsc otrzymuje się poprzez stosowanie odpowiednich współczynników korekcyjnych do krzywych 50% miejsc Zalecenia 370. W ramach Porozumienia z Chester ustalono minimalne wartości natężenia pola obliczane według krzywej medialnej (50% czasu, 50% miejsc) gwarantujące osiągnięcie pokrycia 70% i 95% miejsc zarówno dla odbioru stacjonarnego jak i przenośnego.

W przypadku sieci MFN należy więc zastosować tradycyjne metody propagacyjne, oparte na krzywych Zalecenia 370 uwzględniając odpowiednią minimalną wartość natężenia pola sygnału użytecznego, w zależności od rodzaju odbioru (stacjonarny, przenośny) oraz wymaganego pokrycia (70 czy 95 procent miejsc).

W przypadku sieci SFN należy dodatkowo uwzględnić fakt sumowania się mocy sygnałów pochodzących od zsynchronizowanych nadajników sieci. O ile opóźnienie sygnału od innego nadajnika nie przekracza wartości odstępu ochronnego, który jest parametrem zależnym od wybranego wariantu systemu, to sygnał z innego nadajnika sieci można potraktować jako sygnał użyteczny i powodujący podniesienie wypadkowego poziomu sygnału użytecznego. W przypadku, gdy opóźnienie sygnału przekracza odstęp ochronny, sygnał z innego nadajnika tej samej sieci SFN traktowany jest tak jak każdy inny sygnał zakłócający.

### **6.3. Wyznaczanie zasięgów stacji w obecności zakłóceń**

Miarą przydatności nowej sieci jest wielkość pokrycia obszarowego lub ludnościowego. Podstawowa zasada polega na oszacowaniu wartości średnich i odchyłeń standardowych sygnałów użytecznych i zakłócających w dużej liczbie punktów testowych znajdujących się wewnątrz potencjalnego obszaru pokrycia, a następnie wyznaczeniu procentu miejsc obszaru, w których odbiór jest dobry lub co najmniej akceptowalny. W przypadku telewizji analogowej uwzględniane są poziomy przekraczane w 50% miejsc. Natomiast dla telewizji cyfrowej przyjmuje się (ze względu na skokowe przejście od odbioru bardzo dobrej jakości do braku odbioru) poziomy sygnałów przekraczane w 70 do 95% miejsc w zależności od klasy systemu.

W określonym punkcie odbiorczym poziom sygnału pożądanego musi przewyższać poziom szumów. Ponadto poziom sygnału pożądanego musi być większy od poziomu sygnału zakłócającego o wartość równą współczynnikowi ochronnemu. Ogólnie warunek dobrego odbioru, charakteryzujący punkty leżące wewnątrz obszaru pokrycia, można przedstawić następująco:

$$\sum_i P_U^i \geq P_N + \sum_j (P_I^j + A^j)$$

gdzie:

$P_U^i$  - moc i-tego sygnału użytecznego,

$P_N$  - zastępcza moc szumów,

$P_I^j$  - moc j-tego sygnału zakłócającego,

$A^j$  - współczynnik ochronny dla j-tego sygnału zakłócającego.

Praktycznie najczęściej wyznacza się prawdopodobieństwo dobrego odbioru, które reprezentuje procent punktów z dobrym odbiorem wewnątrz małego obszaru (np. 100 m x 100 m). Mały obszar leży wewnątrz obszaru pokrycia jeśli prawdopodobieństwo przestrzenne jest większe od wartości granicznej zależnej od klasy systemu (np. 70% lub 95%). Prawdopodobieństwo wyznacza się biorąc pod uwagę ustalone wartości poziomu szumu oraz statystyczne wartości poziomu sygnału użytecznego i sygnałów zakłócających. Ponieważ sygnały są zmiennymi losowymi konieczne jest zastosowanie odpowiedniego aparatu

matematycznego do wyznaczenia prawdopodobieństwa odbioru w przypadku kombinacji kilku statystycznych sygnałów. Podstawowym problemem jest sposób wyznaczenia wypadkowego sygnału zakłócającego w przypadku gdy do punktu odbioru dochodzi więcej niż jeden oraz metoda uwzględnienia szumów.

Przy szacowaniu obszaru pokrycia konieczne jest wyznaczenie poziomów pól zakłócających. Najczęściej określa się poziomy przekraczane w 1% czasu. W dalszej części przedstawiono kilka praktycznych metod obliczania wypadkowego sygnału zakłócającego: metoda sumowania mocy sygnałów (użytecznych i zakłócających), uproszczona metoda mnożenia prawdopodobieństw, metoda logarytmiczno-normalna oraz metoda Monte Carlo. Wszystkie są metodami statystycznymi wymagającymi przetwarzania komputerowego. We wszystkich metodach, z wyjątkiem metody sumowania mocy, założono że natężenia pól mają rozkład przestrzenny logarytmiczno-normalny. Podejście zgodne z metodą Monte Carlo wymaga stosunkowo długiego czasu obliczeń komputerowych i dlatego do obliczeń zasięgów stacji radiowych jest stosowane od niedawna.

### 6.3.1. Metoda sumowania mocy sygnałów

Metoda ta była stosowana na wielu konferencjach międzynarodowych zajmujących się różnymi systemami radiowymi zarówno analogowymi, jak cyfrowymi. Metoda daje wiarygodne wyniki w przypadku niewielkiej zmienności przestrzennej. Może być stosowana do sumowania zarówno sygnałów użytecznych, jak i zakłócających. Metoda ta bazuje na następujących założeniach:

- nie ma korelacji między amplitudami i przypadkowymi fazami sygnałów zakłócających i sygnału użytecznego w punkcie odbioru,
- pełna korelacja przestrzenna i czasowa między natężeniami pól sygnałów użytecznych i zakłócających,
- wpływ zakłóceń atmosferycznych i przemysłowych uwzględnia się przez uwzględnienie minimalnego użytecznego natężenia pola jako źródła zakłócającego.

Niezbędne do dobrego odbioru użyteczne natężenie pola ( $E_U$ ) można przedstawić w postaci następującej zależności:

$$E_U = \sqrt{\sum_i (a_i b_i E_{Zi})^2 + E_{Umin}^2}$$

gdzie:

- $E_{Zi}$  - natężenie pola od i-tego nadajnika zakłócającego,
- $E_{Umin}$  - minimalne użyteczne natężenie pola,
- $a_i$  - współczynnik ochronny związany z i-tym nadajnikiem zakłócającym,
- $b_i$  - dyskryminacja (kierunkowa lub depolaryzacyjna) anteny odbiorczej dla i-tego nadajnika zakłócającego.

Jeśli użyteczne natężenie pola, jest równe rzeczywistej wartości natężenia pola w punkcie odbioru przyjmuje się, że prawdopodobieństwo pokrycia jest równe 50%. W przypadku zsynchronizowanej sieci SFN natężenia pola użytecznego jest sumą sygnałów użytecznych pochodzących od nadajników należących do sieci. Dla radiofonii i telewizji cyfrowej należy

dodać pewien margines do wypadkowego natężenia pola zakłócającego w celu zwiększenia prawdopodobieństwa pokrycia przestrzennego do 70 lub 95%.

Metoda sumowania mocy sygnałów daje dobre rezultaty dla prawdopodobieństwa przestrzennego 50%, natomiast jest mniej wiarygodna dla wyższych wartości prawdopodobieństwa.

### 6.3.2. Uproszczona metoda mnożenia prawdopodobieństw

Metoda ta jest najprostszą statystyczną procedurą obliczeniową stosowaną do szacowania wpływu wielu sygnałów zakłócających na odbiór sygnału użytecznego. Pozwala na wyznaczenie prawdopodobieństwa pokrycia w obecności kilku sygnałów zakłócających posiadających rozkłady logarytmiczno-normalne o znanych wartościach średnich i odchyleniach standardowych. Obszar pokrycia może być określony wyznaczając prawdopodobieństwo pokrycia. Obszar pokrycia tworzą punkty, w których prawdopodobieństwo pokrycia jest nie mniejsze od wymaganego. Szumy atmosferyczne i przemysłowe nie są uwzględniane w procedurze statystycznej, prowadzi to do przeszacowania obszaru pokrycia w przypadku niskich poziomów sygnałów zakłócających. Można jednak uwzględnić efekt szumów po zakończeniu obliczeń statystycznych.

Uproszczona metoda mnożenia prawdopodobieństw bazuje na następujących założeniach:  
nie występuje korelacja pomiędzy sygnałami dochodzącymi do punktu odbioru,  
rozrzut czasowy użytecznego natężenia pola może być pominięty w porównaniu z rozrzutem czasowym sygnałów zakłócających,  
występuje jeden dominujący sygnał zakłócający,  
wpływ szumów może być pominięty.

Użyteczne natężenie pola ( $E_U$ ) jest określona dla określonego prawdopodobieństwa pokrycia i zależy od poziomów pól zakłócających, które można wyrazić w następujący sposób:

$$E_{Zi} = P_{Zi} + E_{Zi}(50, T) + A_i + B_i$$

gdzie:

$E_{Zi}$  – pole i-tego nadajnika zakłócającego,

$P_{Zi}$  – moc promieniowania i-tego nadajnika,

$E_{Zi}(50, T)$  – natężenie pola przekraczane w 50% miejsc i T% czasu od i-tego nadajnika zakłócającego,

$A_i$  – współczynnik ochronny związany z i-tym nadajnikiem zakłócającym,

$B_i$  – dyskryminacja (kierunkowa i depolaryzacyjna) anteny odbiorczej dla i-tego nadajnika zakłócającego.

Przyjmując rozkład normalny natężeń pól wyrażonych w decybelach, wypadkowy wpływ wszystkich sygnałów zakłócających można wyznaczyć stosując uproszczoną metodę mnożenia prawdopodobieństw. Użyteczne natężenie pola ( $E_U$ ) można wyznaczyć zakładając wymaganą wartość prawdopodobieństwa pokrycia ( $P_C$ ) w obecności sygnałów zakłócających:

$$P_C = \prod L(x_i), \quad x_i = (E_U - E_{Zi})/(\sigma_n \sqrt{2})$$

gdzie:

$L(x_i)$  – prawdopodobieństwo pokrycia w obecności  $i$ -tego sygnału zakłócającego, które wyznacza się z całki prawdopodobieństwa,

$\sigma_n$  – odchylenie standardowe natężenia pola użytecznego i pól zakłócających związane ze zmiennością przestrzenną.

W skrajnym przypadku, gdy uwzględnimy w obliczeniach tylko sygnał dominujący i odrzucimy pozostałe sygnały, otrzymujemy popularną metodę nazywaną metodą dominującego zakłócenia.

### 6.3.3. Metoda Monte Carlo

Metoda Monte Carlo jest najbardziej wiarygodną metodą szacowania prawdopodobieństwa dobrego odbioru lub obszaru pokrycia w przypadku kiedy zjawisko odbioru traktowane jest jako proces statystyczny.

Możliwe jest zasymulowanie sytuacji odbioru w dużej liczbie punktów odbiorczych znajdujących się na małym obszarze (np. 100 m. x 100 m.) jeśli znane są parametry rozkładów (wartość średnia i odchylenie standardowe) sygnałów użytecznych i zakłócających. W tym celu generowana jest jedna wartość losowa dla pola użytecznego i jedna wartość dla każdego sygnału zakłócającego (wykorzystując generator liczb losowych o zadanym rozkładzie). Dla każdej kombinacji sprawdza się pokrycie określonego punktu odbioru porównując moc sygnału użytecznego z sumą mocy szumów i sygnałów zakłócających (z uwzględnieniem współczynników ochronnych). Prawdopodobieństwo odbioru dla małego obszaru może być wyznaczone symulując dużą liczbę (np. 100 000 próbek) kombinacji sygnałów użytecznych i zakłócających. Dokładność metody zależy od liczby wylosowanych kombinacji i w skrajnych przypadkach prowadzi do bardzo długiego czasu obliczeń, szczególnie w analizach dużych obszarów. Z tego powodu w praktyce niekiedy stosuje się prostsze metody (np. k-LNM), które mogą być uważane jako aproksymacja metody Monte Carlo.

### 6.3.4. Metoda logarytmiczno-normalna

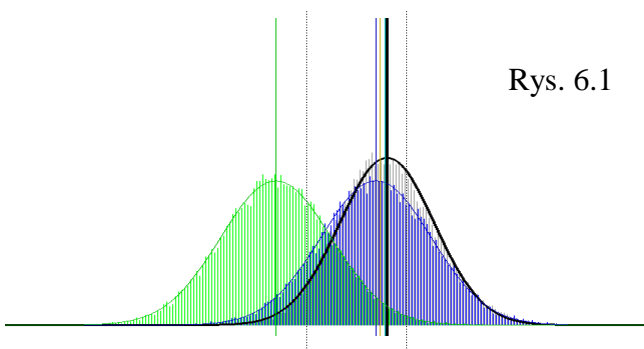
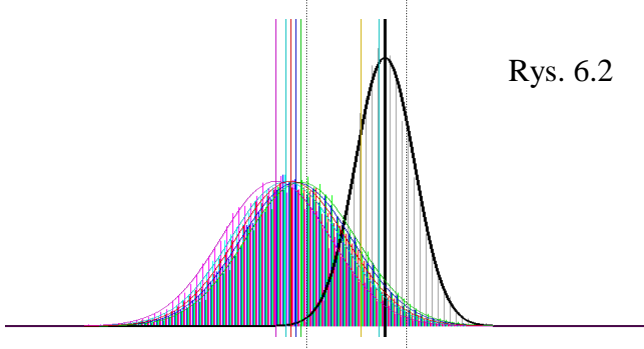
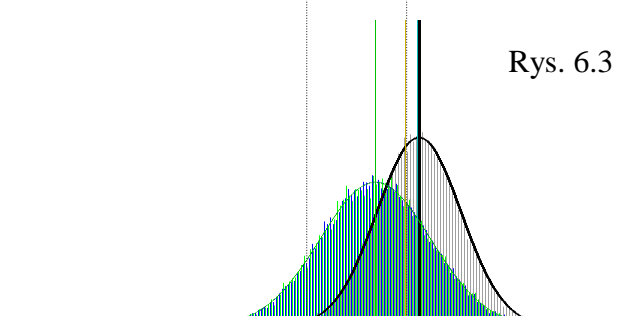
Metoda logarytmiczno-normalna (LNM) jest aproksymacją metody statystycznego wyznaczania sumy kilku zmiennych o rozkładzie logarytmiczno-normalnym. Metoda bazuje na założeniu, że wynikowe (wypadkowe) rozkłady sumy pól użytecznych i zakłócających są również logarytmiczno-normalne. Procedura obliczeniowa polega na obliczeniu najpierw wypadkowych pól użytecznych i zakłócających, a następnie wyznaczeniu rozkładów stosunków sygnał/zakłócenie oraz sygnał/szum. Na podstawie tych rozkładów oblicza się prawdopodobieństwo pokrycia.

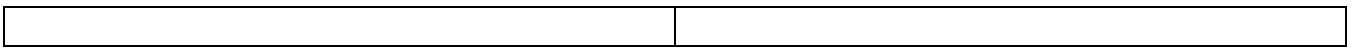
Metoda daje dobre wyniki dla obszarów o niższych wartościach prawdopodobieństwa pokrycia. Dla obszarów o wyższych prawdopodobieństwach zaleca się stosować zmodyfikowaną metodę (oznaczaną skrótowo k-LNM), w której dla zwiększenia dokładności wprowadza się odpowiedni współczynnik korekcyjny zależny od wartości odchyleń standardowych analizowanych sygnałów.



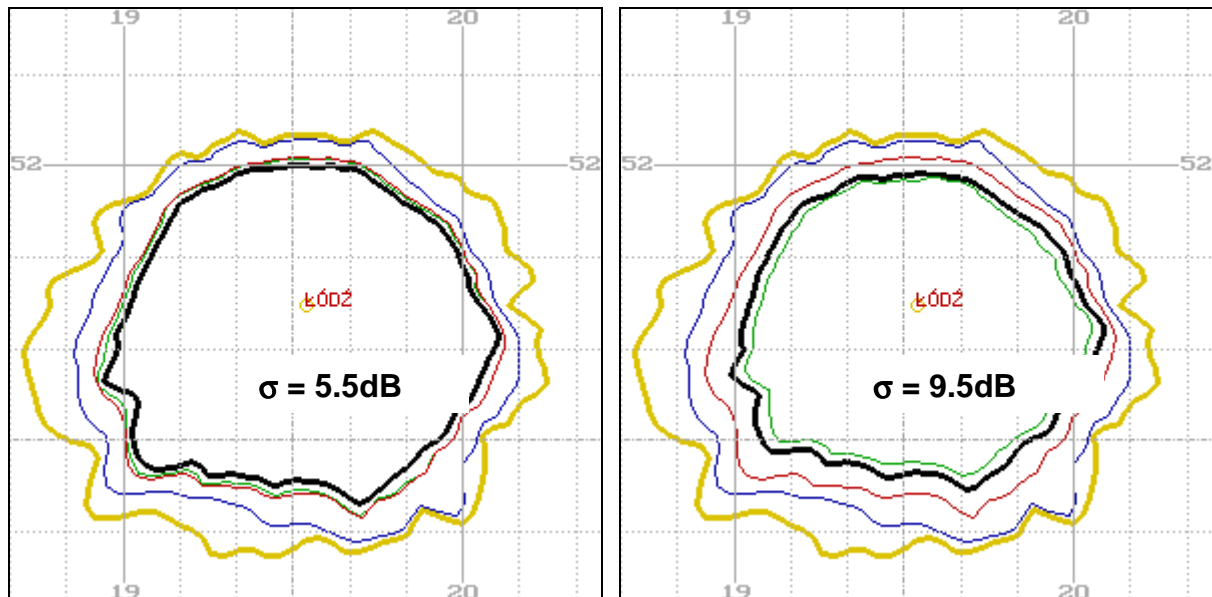
## 6.4. Analizy symulacyjne

Przeanalizowano różne metody wyznaczania wypadkowego rozkładu statystycznego. Rezultaty przedstawiono na tle metody Monte Carlo, którą uznano jako metoda odniesienia. Założono, że poszczególne sygnały mają rozkłady normalne o zadanym odchyleniu standardowym  $\sigma_i$  (5.5 lub 9.5dB) i określonej wartości średniej  $M_i$  ( $i=1..s$ ), gdzie  $s$  – liczba składanych sygnałów. Rozkład wypadkowy uzyskano losując  $n=100000$  zestawów po  $s=2$  lub 5 sygnałów zakłócających generowanych za pomocą generatora liczb losowych rozkładu normalnego o zadanej wartości średniej i zadanym odchyleniu standardowym. Dla każdego  $j$ -tego ( $j=1..n$ ) zestawu po  $s$  próbek przeprowadzono składanie sygnałów metodą sumowania mocy. Dla uzyskanego wypadkowego rozkładu wyznaczono wartość średnią i odchylenie standardowe oraz porównano otrzymaną wartość średnią z wartością odpowiadającą sumowaniu mocy wartości średnich składanych sygnałów oraz z wartością graniczną uzyskaną metodą mnożenia prawdopodobieństw dla prawdopodobieństwa odbioru  $P_c=0.5$ .

|   |   |
|---|---|
|  <p>Rys. 6.1</p>  | <p>Rozkład wypadkowy (pogrubiony) uzyskany metodą Monte Carlo dla dwóch składowych sygnałów (60 dB i 70 dB), o jednakowym odchyleniu standardowym 5.5 dB. Wartość średnia uzyskanego rozkładu wynosi 71.08dB, a odchylenie standardowe 4.74. Suma mocy wartości średnich jest równa 70.41, a wartość graniczna obliczona metodą mnożenia prawdopodobieństw 70.85 dB.</p>  |
|  <p>Rys. 6.2</p> | <p>Rozkład wypadkowy uzyskany metodą Monte Carlo dla pięciu składowych sygnałów (60, 61, 61.5, 62, 62.5 dB), o jednakowym odchyleniu standardowym 5.5 dB. Wartość średnia uzyskanego rozkładu wynosi 70.86dB, a odchylenie standardowe 2.94. Cztery ostatnie sygnały dobrano tak by wypadkowa wartość średnia dla rozkładu tych 4 sygnałów wynosiła 70dB. Suma mocy wartości średnich jest równa 68.47, a wartość graniczna obliczona metodą mnożenia prawdopodobieństw 70.24 dB.</p> |
|  <p>Rys. 6.3</p> | <p>Rozkład wypadkowy uzyskany metodą Monte Carlo dla dwóch jednakowych składowych sygnałów (po 70 dB), o jednakowych odchyleniach standardowych 5.5 dB. Wartość średnia uzyskanego rozkładu wynosi 74.39dB, a odchylenie standardowe 4.21. Suma mocy wartości średnich jest równa 73.01, a wartość graniczna obliczona metodą mnożenia prawdopodobieństw 74.25 dB.</p>  |

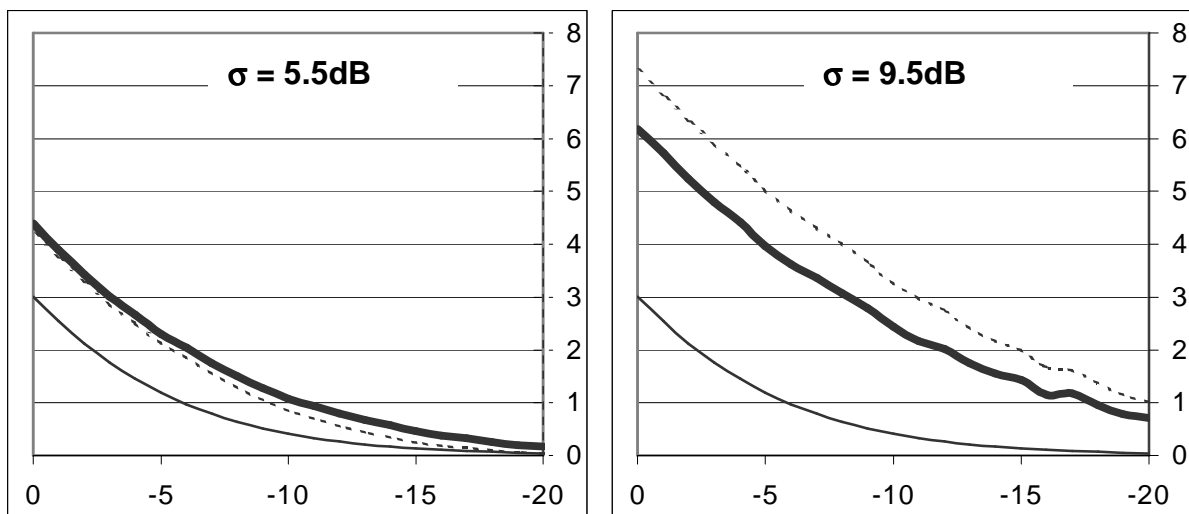


Na zamieszczonych niżej mapkach pokazano obliczone różnymi metodami zasięgi przykładowej stacji telewizyjnej (ŁÓDŹ) w obecności trzech silnych wspólnokanałowych stacji zakłócających (WARSZAWA, CZĘSTOCHOWA i KALISZ).



Rys. 6.4.

Wyznaczone różnymi metodami zasięgi przykładowej stacji telewizyjnej w obecności trzech stacji zakłócających. Wewnętrzna gruba linia prezentuje zasięg otrzymany metodą Monte Carlo, natomiast pozostałe trzy cienkie linie w kolejności od środka są zasięgami wyznaczonymi: metodą mnożenia prawdopodobieństw, sumowania mocy wartości średnich i metodą dominującego zakłócenia. Zewnętrzna gruba linia wyznacza zasięg bezinterferencyjny.



Rys. 6.5.

Wzrost wartości wypadkowej dwóch sygnałów obliczanych: metodą Monte Carlo (linia gruba), metodą mnożenia prawdopodobieństw odbioru (linia kropkowana) i metodą sumowania mocy wartości średnich (linia cienka) w funkcji wartości dodatkowego sygnału w [dB] podawanego względem sygnału dominującego.

## 6.5. Wnioski

Z przeanalizowanych przykładów można wyciągnąć następujące wnioski:

- Wartość średnia wypadkowego rozkładu statystycznego wyznaczonego metodą Monte Carlo jest wyższa od sumy mocy wartości średnich
- Różnica ta jest tym większa im mniejsza jest różnica pomiędzy sygnałem dominującym i pozostałymi sygnałami i im większe są odchylenia standardowe sygnałów składowych.
- Odchylenie standardowe wypadkowego sygnału jest mniejsze od odchylenia standardowego dominującego zakłócenia.
- Odchylenie standardowe sygnału wypadkowego jest tym mniejsze im więcej sygnałów składowych jest zbliżonych do sygnału dominującego.
- Dla małych wartości odchylenia standardowego sygnałów składowych (np.  $s=5.5\text{dB}$ ) wartość graniczna otrzymana metodą mnożenia prawdopodobieństw odbioru jest mniejsza od wartości średniej wypadkowego sygnału zakłócającego wyznaczonego metodą Monte Carlo. Natomiast dla dużych wartości odchylenia standardowego (np.  $9.5\text{dB}$ ) jest odwrotnie.
- Zasięg użyteczny wyznaczony metodą sumowania mocy wartości średnich lub metodą dominującego zakłócenia nie zależy od odchylenia standardowego.

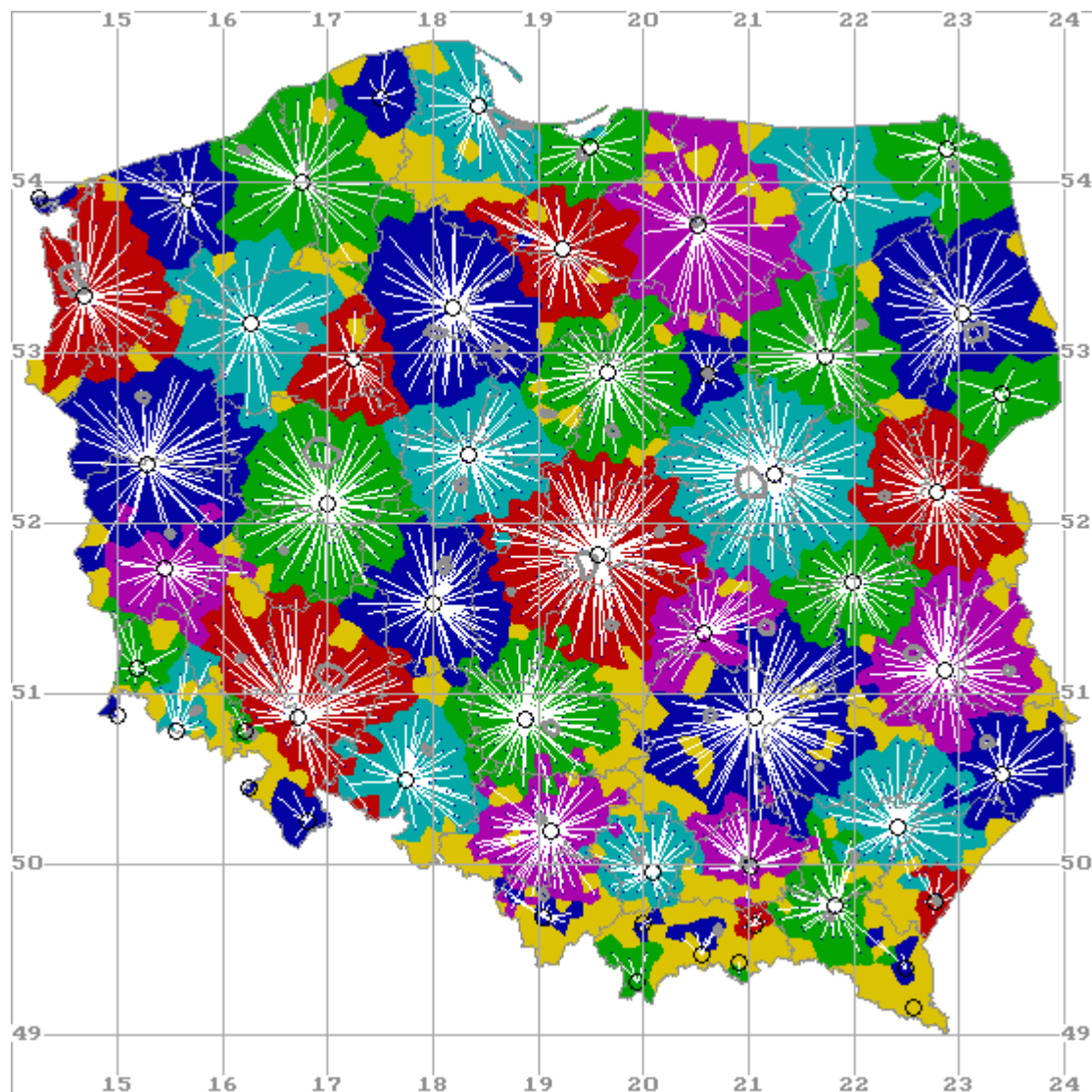
Do celów koordynacji międzynarodowej stacji DVB-T powszechnie stosuje się metodę sumowania mocy, która jest stosunkowo prosta (nie wymaga długotrwałych obliczeń jak metoda Monte Carlo) oraz daje stosunkowo dobre wyniki. Wydaje się, że również do celów planowania krajowych sieci DVB-T metoda ta jest wystarczająca.

## 7. Możliwości wprowadzenia DVB-T w Polsce

Przeprowadzone w Instytucie Łączności we Wrocławiu badania symulacyjne sprawdzające możliwości wprowadzenia w Polsce sieci stacji DVB-T pokazują, że możliwości takie istnieją. Najbardziej realne jest uruchomienie sieci wieloczęstotliwościowej (MFN) w zakresie aktualnie wykorzystywanym przez telewizję analogową. Wynika to z dwóch istotnych właściwości telewizji cyfrowej:

- Poziom sygnału telewizji cyfrowej wymagany dla dobrego odbioru stacjonarnego jest niższy o kilkanaście dB w stosunku do analogicznej wartości poziomu sygnału telewizji analogowej.
- Odporność na zakłócenia jest większa (mniejsze współczynniki ochronne), co sprawia, że kanały telewizyjne niemożliwe do wykorzystania przez telewizję analogową ze względu na bliskość stacji zakłócających mogą z powodzeniem być używane przez telewizję cyfrową.

Zamieszczona niżej mapka pokazuje możliwości pokrycia Polski przez sieć 55 stacji telewizji cyfrowej (sieć MFN). W miejscach odbioru (85% powierzchni kraju) poziom sygnału spełnia wymagania odbioru przenośnego (65dB).



Rys. 7.1. Symulacyjna mapa pokrycia kraju siecią MFN DVB-T

Mapka pokazuje możliwości powtórzenia tego samego kanału (ten sam kolor). Jak widać jest możliwe zrealizowanie sieci wieloczęstotliwościowej przy użyciu zaledwie 5 kanałów.

Praktycznie, stacje, których zasięgi nie graniczą bezpośrednio ze sobą mogą pracować w tym samym kanale. Problemem jest bezkolizyjne dopasowanie częstotliwości do częstotliwości aktualnie wykorzystywanych przez sieć telewizji analogowej. Optymistyczne symulacje pokazują, że problem ten daje się rozwiązać nawet dla dwóch sieci wieloczęstotliwościowych

Natomiast zbudowanie w Polsce zsynchronizowanej sieci jednoczęstotliwościowej (SFN) wydaje się być bardziej kłopotliwe z dwóch powodów:

- Brakuje w Polsce odpowiednio gęstej sieci obiektów nadawczych, na których można zainstalować nadajniki telewizji cyfrowej. Synchronizacja możliwa jest przy odpowiednio

małych około 60 km, odległościach pomiędzy stacjami. Najlepszą infrastrukturę obiektów nadawczych, które mogą być bazą do zbudowania takiej sieci posiada obecnie w Polsce CENTERTEL.

- Zastosowany kanał musi być skoordynowany ze wszystkimi sąsiednimi krajami i nie może być wówczas w tych krajach użyty do podobnych celów. W związku z tym należałoby wydzielić pulę kanałów (co najmniej 4, w praktyce 5 lub 6) i poszczególnym krajom przydzielić tylko jeden z tej puli, tak by w graniczących z nim krajach wypadł inny kanał (jest to typowe matematyczne zagadnienie kolorowania map). Aktualnie, żaden kraj nie zgłasza chęci podjęcia tego problemu.

Należy jednak zaznaczyć, że transmisja sygnału DVB-T jest najbardziej efektywnym z możliwych sposobów nadawania. Za pomocą sieci nadajników małej mocy można uzyskać pokrycie bliskie 99% miejsc na całym obszarze kraju, wykorzystując jednocześnie do tego celu tylko jeden kanał telewizyjny (8MHz). Dlatego należy promować to rozwiązanie techniczne i w przypadku pojawienia się możliwości technicznych (np. zwolnienie kanałów powyżej 60 przez wojsko) i organizacyjnych należałoby zarezerwować przydziały częstotliwości przynajmniej dla jednej sieci SFN na terenie Polski. Także lokalnie można rozważać sensowność tworzenia sieci SFN, które pokrywając np. obszar jednego województwa mogłyby zapewnić bardzo wysoką jakość transmisji przy niedużych mocach nadawczych i małym zapotrzebowaniu na widmo.

## 8. Wnioski

W niniejszej pracy przedstawiono główne problemy kompatybilności systemu telewizji cyfrowej DVB-T skupiając się na zagadnieniach dotyczących użytkowania widma w Polsce. Analiza kompatybilności radioastronomii w kanale 38 telewizji i DVB-T może zostać uznana za zakończoną. Materiał dotyczący tego zagadnienia został opublikowany w ramach Zespołu SE27 i obecnie przechodzi w fazę akceptacji przez Administrację CEPT oraz ukaze się jako Raport ERC.

Kompatybilność systemów wojskowych i DVB-T wchodzi w etap pomiarowy, a jego wyniki znane będą w przyszłym roku. W pracach tych uczestniczyć będzie także IŁ Wrocław. Wyniki pomiarów posłużą do uzgodnień z krajami byłego Układu Warszawskiego odpowiednich poziomów ochronnych tych służb do celów koordynacji międzynarodowej a także krajowej DVB-T.

Przedstawiciele IŁ Wrocław aktywnie uczestniczą w międzynarodowych pracach, prowadzonych głównie w ramach CEPT, zmierzających do ustalenia wszystkich wymaganych kryteriów kompatybilności DVB-T. Również w kraju, aktywnie uczestniczą w pracach tzw. platformy cyfrowej przygotowującej wdrożenie naziemnej telewizji cyfrowej w Polsce. Efektem pracy, poza niniejszym opracowaniem, są publikacje na forum międzynarodowym (CEPT), referaty publikowane na krajowych i międzynarodowych konferencjach [26, 27], opracowania dla potrzeb polskiej platformy cyfrowej a także przygotowywane są dalsze publikacje w czasopiśmie specjalistycznych. Wiedza i doświadczenie pracowników IŁ Wrocław są niezwykle przydatne dla wspomagania prac Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej w zakresie koordynacji międzynarodowej DVB-T.

Ponieważ niniejsze sprawozdanie nie wyczerpuje wszystkich zagadnień, które należałoby opracować dla potrzeb administracji polskiej planowana jest kontynuacja pracy w przyszłym roku. W dalszym etapie planowane jest uzupełnianie brakujących danych o systemach oraz opracowanie brakujących analiz kompatybilności DVB-T z innymi systemami.

## 9. Literatura

- [1] *BPN 005 Report: Terrestrial Digital Television, Planning and Implementation Considerations*, EBU, July 1997
- [2] Convergent Decision Group (CDG), „*Digital Terrestrial Television in Europe*”, 1997  
Grupa Decyzyjna CDG „*Ziemska Telewizja Cyfrowa w Europie*”, 1997
- [3] CRAF handbook for radio astronomy - 2nd edition, CRAF Secretariat, Dwingeloo 1997.
- [4]. Draft revision of Recommendation ITU-R BT.1368 *Planning Criteria for Digital Television Services in the VHF/UHF Bands*, ITU-R SG11, 14.04.1998
- [5]. *Digital Terrestrial Television Transmission, User's Needs and System Selection*, Inter-Union Technical Committee, World Broadcasting Unions
- [6] ERC Report 36: Sharing Between Fixed Service And The Radio Astronomy Service In The Frequency Range 3.4GHz - 105GHz.
- [7] European Broadcasting Union: „*Terrestrial Digital Television - Planning and Implementation Considerations*”, lipiec 1997
- [8] EBU: *Technical Bases for T-DAB Service Network Planning and Compatibility with Existing Broadcasting Services*, Geneva, 1995, EBU Doc. BPN 003
- [9] European Conference of Postal and Telecommunications Administrations: „*The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)*”, Chester, 25 lipca 1997
- [10]. European Telecommunication Standard ETS 300744 *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital Terrestrial television (DVB-T)*, ETSI, 1997
- [11] ITU-R Recommendation RA.769-1: Protection Criteria Used For Radioastronomical Measurements, ITU, Geneva 1995.
- [12] ITU-R Recommendation P.370-7: VHF and UHF Propagation Curves For The Frequency Range From 30 MHz To 1 000 MHz, Geneva 1995.
- [13] ITU-R Report 945-2: *Method for the Assessment of Multiple Interference*, Geneva, 1990  
EBU: *Planning Parameters and Methods for Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands*, Geneva, 1988, EBU Technical Report 3254-E  
EBU: *VHF/FM Planning Parameters and Methods*, Geneva, 1984, EBU Technical Report 3226-E
- [14] ITU-R: *Final Acts – Planning of the VHF/UHF TV in the African Region*, Geneva, 1989
- [15] Marszałek A, Sęga W, Sobolewski J.: *Porównanie różnych metod wyznaczania zasięgów stacji*, Krajowa Sympozjum Telekomunikacji KST, Bydgoszcz, 1998.
- [16]. C. R. Nokes: *Evaluation of a DVB-T compliant Digital terrestrial Television System*, IBC 97, Amsterdam, September 1997
- [17] Mokhtari: *Theoretical Computation of the Coverage Probability of a Digital TV Transmitter in an Analogue TV Network Using a Stochastic Approach*. *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 43, No. 1, March 1997
- [18] R.V. Paiement *Evaluation of single carrier and multi-carrier modulation techniques for digital ATV terrestrial broadcasting* CRC Report RP-94-004, Ottawa, December 1994

- [19] Project Team FM-PT24: Reference Report „*Planning and Introduction of Terrestrial Digital Television (DVB-T) in Europe*”, marzec 1997
- [20] Sprawozdanie Z21/213078/270/98 „*Analiza metod badania kompatybilności ziemskiej telewizji cyfrowej DVB-T z innymi służbami*”, Wrocław, grudzień 1998
- [21]. *The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)*, Chester, 25 July 1997
- [22]. C. Weck, *Coverage aspects of digital terrestrial television broadcasting*, EBU Technical Review, Winter 1996
- [23] Więcek D.: *Modulacja i kodowanie kanałowe COFDM* Krajowe Sympozjum Telekomunikacji KST'95 6-8 września 1995.
- [24] Więcek D.: *COFDM - kodowanie kanałowe i modulacja systemu DAB. Część I, II i III*. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 10/1995, nr 12/1995 I nr 3/1996.
- [25] Więcek D.: *Modulacja OFDM*, Krajowa Konferencja Radiodfuzji i Radiokomunikacji, Poznań, maj 1998.
- [26] Więcek D.: *Współużytkowanie widma przez naziemną telewizję cyfrową DVB-T i radioastronomię*, Krajowa Konferencja Radiodfuzji i Radiokomunikacji KKiRR'99 referat wygłoszony podczas sympozjum i opublikowany w materiałach konferencyjnych
- [27] Więcek D.: *Analysis of Compatibility Between Digital Television DVB-T and Radio Astronomy Sharing the Same Frequency Band: 608-614 MHz*, 1999 IEEE EMC Symposium, Seattle, 1999

## Wykaz skrótów:

|       |   |
|-------|---|
| ACI   | interferencje w kanale sąsiednim (ang. Adjacent Channel Interference)   |
| BER   | bitowa stopa błędów (ang. Bit Error Rate)   |
| CDMA  | wielodostęp kodowy (ang. Code Division Multiple Access)   |
| COFDM | kodowane ortogonalne zwielokrotnienie częstotliwościowe (ang. Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) |
| C/N   | Stosunek sygnału do szumu (ang. Carrier-to-Noise Ratio)   |
| C/I   | Stosunek sygnału do zakłócenia, współczynnik ochronny (ang. Carrier-to-Interference Ratio)                      |
| DVB   | nadawanie cyfrowych sygnałów wizyjnych (ang. Digital Video Broadcasting)  |
| DVB-T | naziemne DVB (ang. DVB-Terrestrial)   |
| ETS   | europejska norma telekomunikacyjna (ang. European Telecommunication Standard)                                   |
| FEC   | korekcja błędów w przód (ang. Forward Error Correction)   |
| HDTV  | telewizja o dużej rozdzielczości (ang. High Definition TeleVision)  |
| IS-95 | standard amerykański CDMA o numerze IS-95 (ang. Industry Standard 95)   |
| MFN   | sieć wieloczęstotliwościowa (ang. Multi Frequency Network)  |
| MPEG  | grupa ekspertów do spraw obrazów ruchomych (ang. Moving Picture Experts Group)                                  |
| OFDM  | ortogonalne zwielokrotnienie częstotliwościowe (ang. Orthogonal Frequency Division Multiplexing)                |
| PAL   | Phase Alternating Line  |
| QAM   | modulacja kwadraturowa amplitudy (ang. Quadrature Amplitude Modulation)   |
| QPSK  | modulacja z czterostanowym kluczowaniem przesunięcia fazy (ang. Quaternary Phase Shift Keying)                  |
| RF    | częstotliwość radiowa (ang. Radio Frequency)  |
| RS    | Reed-Solomon (kod cyfrowy)  |
| SDTV  | telewizja o standardowej rozdzielczości (ang. Standard Definition TeleVision)                                   |
| SECAM | Systeme Sequentiel Couleur A Mémoire  |
| SFN   | sieć jednoczęstotliwościowa (ang. Single Frequency Network)   |
| TV    | telewizja (ang. TeleVision)   |
| UVF   | częstotliwość ultra-wysoka (ang. Ultra-High Frequency)  |
| VHF   | częstotliwość bardzo-wysoka (ang. Very-High Frequency)  |