

PROJEKT PROPAGACYJNY

Zadanie: **Projekt sieci dostępu radiowego WiMAX**

Obiekt:

WiMAX Śrem

Lokalizacja: **Gmina Śrem**

Data wykonania: **listopad 2009 r.**

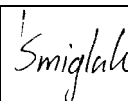
Zleceniodawca: **Urząd Miejski w Śremie, Plac 20 Października 1**

Zespół projektowy:

Jacek Jarzina
Grzegorz Śmiglak
Jakub Juchniewicz

Za zespół projektowy:

Grzegorz Śmiglak



Oznaczenie archiwalne projektu:

U-017/09 . PP . 1 . 1 . 1 .

Oznaczenie umowy

Rodzaj pracy

Obiekt

Zeszyt

Edycja

Aneks

Egzemplarz nr E

Spis treści

1. Część ogólna.....	3
1.1. Zleceniodawca	3
1.2. Przedmiot i zakres opracowania	3
1.3. Podstawy opracowania	3
2. Charakterystyka inwestycji	4
2.1. Użytkownik i lokalizacja obiektów radiowej sieci informatycznej.....	4
2.2. Struktura projektowanej sieci.....	6
2.2.1. Tryb pracy sieci	6
2.2.2. Rozdział terminali między sektory stacji centralnej.....	8
2.3. Wpływ parametrów sieci na usługi głosowe VoIP.....	11
2.4. Obliczenia propagacyjne zasięgów stacji bazowej.....	14
2.5. Obliczenia propagacyjne linii radiowej.....	17
2.5.1. Parametry mechaniczne zawieszenia anten	19
2.5.2. Wyznaczenie tłumienności odcinka	20
2.5.3. Bilans energetyczny metoda ITU-R P.530	21
2.5.4. Parametry urządzeń	23
2.6. Charakterystyka obiektów.....	23
2.6.1. Stacja centralna WiMAX	23
2.6.2. Punkt retransmisyjny P1 (P1A)	24
2.6.3. Terminal 1	26
2.6.4. Terminal 2	27
2.6.5. Terminal 3	28
2.6.6. Terminale 4 i 9	28
2.6.7. Terminal 5	30
2.6.8. Terminal 6	31
2.6.9. Terminal 7	32
2.6.10. Terminal 8	34
2.6.11. Terminal 10	35
2.6.12. Terminale 11 i 13	37
2.6.13. Terminal 12	38
2.6.14. Terminal 14	39
2.6.15. Terminal 15	40
2.6.16. Terminal 16	42
2.6.17. Terminal 17	42
2.6.18. Terminal 18	43
2.6.19. Terminal 19	45
2.6.20. Terminal 20	46
2.6.21. Terminal 21	47
2.7. Wytyczne instalacyjne.....	47
2.7.1. Anteny linii radiowej	47
2.7.2. Anteny sektorowe stacji centralnej.....	48
2.7.3. Anteny terminali WiMax i urządzeń pasma 5 GHz.....	48
2.7.4. Zapobieganie powstaniu przepięć.....	49
2.7.5. Prowadzenie kabli sygnałowych.....	50
2.7.6. Pomiary pouruchomieniowe	50
2.7.7. Zagadnienia związane z prawem ochrony środowiska i prawem budowlanym	51

1. Część ogólna

1.1. Zleceniodawca

Zleceniodawcą jest Urząd Miejski w Śremie, Plac 20 Października 1, 63-100 Śrem.

1.2. Przedmiot i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie jest projektem propagacyjnym i koncepcją budowy sieci radiowego dostępu do Internetu i innych usług informatycznych z wykorzystaniem technologii WiMAX na potrzeby miasta Śrem.

Dokumentacja ma na celu:

- przedstawienie konfiguracji planowanej sieci, która umożliwi połączenie radiowe węzła centralnego (stacja bazowa na wieży wodnej w Śremie) z 21 punktami terminalowymi wskazanymi przez Zleceniodawcę;
- przedstawienie sytuacji propagacyjnej pomiędzy węzłem centralnym a poszczególnymi terminalami;
- wyznaczenie parametrów urządzeń, które zapewnią wymagany poziom usług, a jednocześnie nie przekroczą ograniczeń narzuconych przez będące w posiadaniu Zleceniodawcy pozwolenie radiowe.

1.3. Podstawy opracowania

Jako podstawy niniejszego opracowania przyjęto:

- umowę nr U-017/09 z października 2009 r. między TELE-COM Sp. z o.o. Poznań a Urzędem Miejskim w Śremie;
- dane dotyczące lokalizacji stacji bazowej i terminali dostarczone przez Zleceniodawcę;
- informacje uzyskane podczas wizji lokalnych;
- dane katalogowe urządzeń nadawczych, anten, kabli antenowych i osprzętu.

2. Charakterystyka inwestycji

2.1. Użytkownik i lokalizacja obiektów radiowej sieci informatycznej

Opisana w projekcie sieć radiowego dostępu do usług i zasobów informatycznych wykorzystywana będzie przez Urząd Miejski w Śremie do połączenia wskazanych obiektów użyteczności publicznej położonych na terenie miasta Śremu.

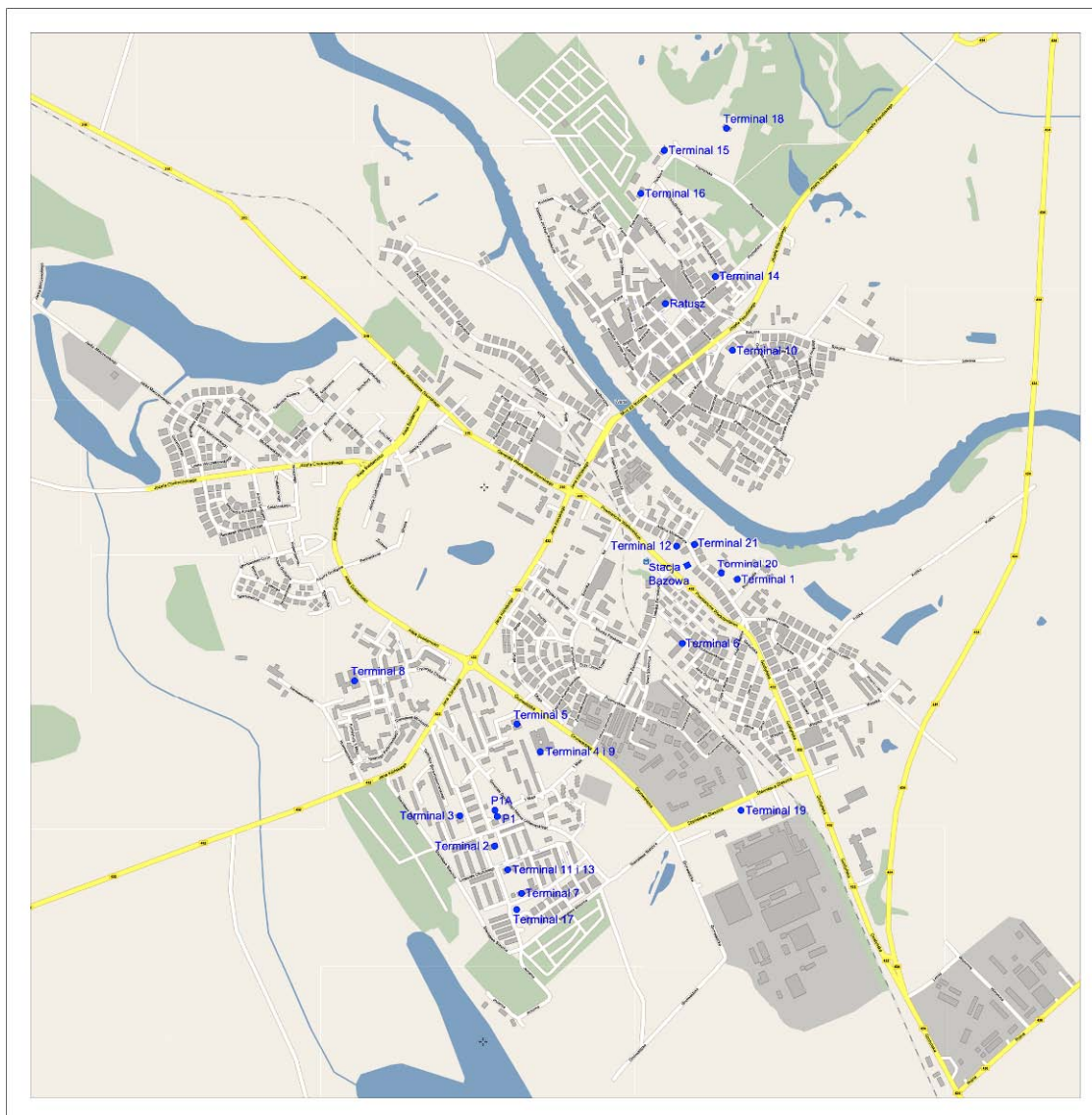
Centralnym węzłem sieci będzie stacja bazowa WiMAX pracująca w pasmie 3,5 GHz zainstalowana na wieży wodnej zlokalizowanej przy ul. Mickiewicza. Stacja zapewni dostęp do zasobów informatycznych za pośrednictwem łącz radiowych dla 21 terminali odbiorczych.

Połączenie stacji bazowej z zewnętrzną siecią informatyczną (której punkt dostępu zlokalizowana jest w budynku Ratusza) zrealizowana zostanie za pośrednictwem linii radiowej pracującej w pasmie 38 GHz.

Lokalizacje poszczególnych obiektów sieci podano w zamieszczonej poniżej tabeli i mapce.

Określenie obiektu	Nazwa obiektu	Współrzędne geograficzne		Uwagi
		długość	szerokość	
Ratusz	Ratusz, Plac 20 Października 1	17° 01' 13,9"	52° 05' 43,2"	Punkt styku z siecią zewnętrzną
Stacja Bazowa	Wieża Wodna, ul. Mickiewicza, dz. 1395	17° 01' 19,3"	52° 05' 09,7"	—
P1 (P1A)	Blok spółdzielni, ul. Chłapowskiego	17° 00' 38,6"	52° 04' 37,5"	Punkt pośredniczący dla terminali 2, 3, 7, 11, 13
Terminal 1	Przedszkole nr 2 „Słoneczna Gromada”, ul. Mickiewicza 91	17° 01' 28,7"	52° 05' 08,1"	—
Terminal 2	Przedszkole nr 3 „Jarzębinka”, ul. T.B. Komorowskiego 3	17° 00' 39,1"	52° 04' 34,0"	—
Terminal 3	Przedszkole nr 5 „Mali Przyrodnicy”, ul. T.B. Komorowskiego 4	17° 00' 31,7"	52° 04' 37,8"	—
Terminal 4	Przedszkole nr 7 „Janka Wędrowniczka”, ul. Chłapowskiego 12	17° 00' 47,9"	52° 04' 45,6"	Urządzenia radiowe wspólne z terminalem 9
Terminal 5	Przedszkole „Pod Wierzbami”, ul. Grunwaldzka 12	17° 00' 43,0"	52° 04' 50,0"	—
Terminal 6	Szkoła Podstawowa nr 1 im. Mikołaja Kopernika, ul. Kochanowskiego 2	17° 01' 18,0"	52° 05' 00,0"	—
Terminal 7	Szkoła Podstawowa nr 4, ul. Grota Roweckiego 10	17° 00' 45,7"	52° 04' 28,1"	Punkt pośredniczący dla terminala 17
Terminal 8	Szkoła Podstawowa nr 6 im. Braci Barskich, ul. Konstytucji 3-go Maja 2	17° 00' 08,4"	52° 04' 55,0"	—
Terminal 9	Gimnazjum nr 1, ul. Chłapowskiego 12A	17° 00' 47,9"	52° 04' 45,6"	Urządzenia radiowe wspólne z terminalem 4
Terminal 10	Gimnazjum nr 2 im. ks. Piotra Wawrzyńskiego, ul. Szkolna 4	17° 01' 27,6"	52° 05' 37,8"	—
Terminal 11	Biblioteka Publiczna Miasta i Gminy im. H. Świącickiego filia nr 1 Jeziorany, ul. Okulickiego 3	17° 00' 41,5"	52° 04' 30,8"	Urządzenia radiowe wspólne z terminalem 13
Terminal 12	Ośrodek Pomocy Społecznej w Śremie, ul. Mickiewicza 40	17° 01' 15,9"	52° 05' 12,6"	—

Określenie obiektu	Nazwa obiektu	Współrzędne geograficzne		Uwagi
		długość	szerokość	
Terminal 13	Ośrodek Pomocy Społecznej w Śremie Oddział w Jezioranach, ul. Okulickiego 3	17° 00' 41,5"	52° 04' 30,8"	Urządzenia radiowe wspólne z terminalem 11
Terminal 14	Środowiskowy Dom Samopomocy, ul. Poznańska 13	17° 01' 24,0"	52° 05' 47,2"	—
Terminal 15	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Śremie, ul. Parkowa 8	17° 01' 12,5"	52° 06' 02,4"	Punkt pośredniczący dla terminala 16
Terminal 16	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Śremie, ul. Parkowa 6	17° 01' 08,8"	52° 05' 58,0"	—
Terminal 17	Śremskie Towarzystwo Budownictwa Społecznego w Śremie, ul. Grota-Roweckiego 31	17° 00' 43,6"	52° 04' 25,6"	—
Terminal 18	Śremski Sport, ul. Poznańska 15	17° 01' 26,8"	52° 06' 06,4"	—
Terminal 19	Śremski Sport, basen, ul. Staszica 1a	17° 01' 29,2"	52° 04' 38,0"	—
Terminal 20	Śremski Ośrodek Kultury, ul. Mickiewicza 77	17° 01' 20,5"	52° 05' 12,8"	—
Terminal 21	Muzeum Śremskie, ul. Mickiewicza 89	17° 01' 25,2"	52° 05' 09,1"	—



Mapa lokalizacji obiektów na obszarze miasta

2.2. Struktura projektowanej sieci

2.2.1. Tryb pracy sieci

Urząd Miejski w Śremie dysponuje dla planowanej stacji bazowej WiMAX czterema dwupleksowymi kanałami radiowymi o szerokości 3,5 MHz.

Numer kanału	Częstotliwość nadawcza stacji bazowej		Częstotliwość odbiorcza stacji bazowej		Szerokość kanału [MHz]
	Nr częstotliwości	Częstotliwość środkowa [MHz]	Nr częstotliwości	Częstotliwość środkowa [MHz]	
12	12D	3450,25	12G	3550,25	3,5
13	13D	3453,75	13G	3553,75	3,5
14	14D	3457,25	14G	3557,25	3,5
15	15D	3460,75	15G	3560,75	3,5

Daje to możliwość zainstalowania na stacji bazowej czterech sektorów pracujących w trybie FDD (dupleks z podziałem częstotliwości) o szerokości kanału 3,5 MHz.

Ponieważ pozwolenie radiowe dopuszcza wykorzystanie przyznanego kanałów radiowych z inną szerokością kanału radiowego i są to kanały sąsiadujące, istnieje możliwość zainstalowania czterech sektorów pracujących w trybie TDD (dupleks z podziałem czasu) o szerokości kanału 7 MHz.

Porównanie podstawowych własności obu trybów podano poniżej.

Parametr	FDD	TDD	Przewaga zalet
Okres ochronny	Nie jest wymagany okres ochronny na końcu transmisji DL. Wymagany jest jednak okres ochronny na końcu transmisji UL wynikający z faktu, że typowy terminal WiMAX pracuje w trybie <i>Half duplex FDD</i> , co oznacza, że terminal potrzebuje czasu na przełączenie się z nadawania na odbiór i przygotowania do odebrania kolejnej transmisji DL.	Okres ochronny jest wymagany pomiędzy nadawaniem i odbiorem i vice versa. Okres ochronny jest porównywalny do czasu przełączenia się urządzenia z nadawania na odbiór plus opóźnienie. Strata przepływności ze względu na istnienie okresu ochronnego wynosi dla ramki o długości 5 ms około 2%.	FDD
Planowanie i wykorzystanie częstotliwości	Interferencje od kanału sąsiedniego są znacznie mniejsze niż w przypadku TDD	W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa interferencji wszystkie urządzenia TDD powinny być synchronizowane przez GPS oraz używać tej samej wielkości ramki i takiego samego podziału transmisji DL/UL.	FDD
Koszt sprzętu	Wymagany jest nadajnik i osobny odbiornik oraz osobne filtry separujące sygnały.	Ponieważ nadawanie i odbiór wymaga tych samych filtrów koszt urządzeń jest niższy.	TDD
Dynamiczny podział pasma	Kanały DL i UL mają taką samą szerokość. Prowadzi to do nie wykorzystania całego przyznanego pasma przy ruchu asymetrycznym takim jak dostęp do Internetu.	Istnieje możliwość dynamicznego podziału pasma dla transmisji DL/UL co jest istotne przy ruchu asymetrycznym.	TDD
Opóźnienie	Typowe opóźnienie w systemach punkt-wielopunkt wynosi 1 ramkę.	Typowe opóźnienie w systemach punkt-wielopunkt wynosi 2 ramki.	FDD

Parametr	FDD	TDD	Przewaga zalet
Anteny z adaptacją wiązki	W celu formowania wiązki wymagana jest od terminala odpowiedź w kanale DL. Zwiększa to opóźnienie i redukuje sprawność formowania wiązki.	łatwe określenie parametrów transmisji DL jako że ruch DL i UL odbywa się w tym samym kanale. Większa sprawność formowania wiązki.	TDD

Podsumowując – tryb TDD jest lepszym wyborem w przypadku ruchu asymetrycznego takiego jak dostęp do Internetu i pozwala operatorowi sieci na definiowanie, jaki procent pasma przeznaczony będzie na odbiór, a jaki na nadawanie. Daje to lepsze wykorzystanie dostępnego pasma częstotliwości w zastosowaniach ostatniej mili.

Tryb FDD jest lepszym rozwiązaniem w przypadku ruchu symetrycznego, takiego jak w sieciach szkieletowych i przy transmisji danych pomiędzy aplikacjami operatorskimi.

Typowe wartości istotnych parametrów urządzeń WiMAX podano w zamieszczonej poniżej tabeli.

Modulacja	Sprawność kodu	Czułość maksymalna [dBm]	Czułość minimalna [dBm]	Prędkość transmisji [Mbit/s] dla pasma 3,5 MHz (FDD)	Prędkość transmisji [Mbit/s] dla pasma 7 MHz (TDD)
BPSK	1/2	-100	-91	1,1	2,6
	3/4	-98	-	1,7	-
QPSK	1/2	-97	-90	2,3	5,3
	3/4	-94	-87	3,4	7,9
16QAM	1/2	-91	-84	4,5	10,6
	3/4	-88	-81	7,1	15,9
64QAM	1/2	-83	-77	9,0	21,2
	3/4	-82	-75	10,2	23,8

Modulacja adaptacyjna stosowana w systemach WiMAX pozwala na wybór jednej z wymienionych wyżej modulacji w zależności od poziomu mocy, jaki jest odbierany przez terminal. Umożliwia to utrzymanie połączenia pomiędzy stacją bazową a terminalem, kosztem zmniejszenia przepustowości.

Podanie w tabeli dwóch wartości czułości dla każdej modulacji wynika z różnorodnego dostępnego sprzętu na rynku charakteryzującego się różnymi wartościami podstawowych parametrów. Uogólniając można założyć, że czułość maksymalna odnosi się do sprzętu droższego, głównie pracującego w trybie FDD lub FDD+TDD, a czułość minimalna do sprzętu tańszego pracującego w trybie TDD. Oczywiście od tej reguły mogą wystąpić wyjątki, dlatego ważnym czynnikiem będzie wybranie przez Zleceniodawcę odpowiedniego sprzętu spełniającego wymagania określone w pkt. 2.4

Należy pamiętać, że podana w tabeli prędkość transmisji dla trybu TDD w kanale 7 MHz jest wartością sumaryczną dla ruchu DL i UL. Przy założeniu podziału 60/40 dla modulacji 64QAM kod $\frac{3}{4}$, otrzymujemy wartości: 14,28 Mbit/s dla DL i 9,52 Mbit/s dla UL.

2.2.2. Rozdział terminali między sektory stacji centralnej

Dla planowanej sieci (bez względu na tryb transmisji) przyjęto założenie, że terminale powinny być obsługiwane z przepustowością sektora co najmniej, co wymusza osiągnięcie odpowiednio wysokiego poziomu odbieranej mocy.

Aby zmaksymalizować ten poziom dla terminali zlokalizowanych w warunkach zabudowy miejskiej zdecydowano się na obsługę przez stację bazową tylko tych terminali, które mają bezpośrednią z nią widoczność. Punkty odbiorcze bez bezpośredniej widoczności ze stacją bazową zostaną połączone z siecią z wykorzystaniem punktów pośredniczących wykorzystujących urządzenia pracujące w wolnym pasmie 5 GHz w technologii punkt-wielopunkt lub punkt-punkt.

Innym istotnym czynnikiem mającym wpływ na jak najwyższą przepływność uzyskiwaną przez odbiorców jest także przestrzenne rozmieszczenie sektorów radiowych na stacji centralnej, aby terminale przydzielone były równomiernie do poszczególnych sektorów stacji bazowej, biorąc pod uwagę spodziewany ruch.

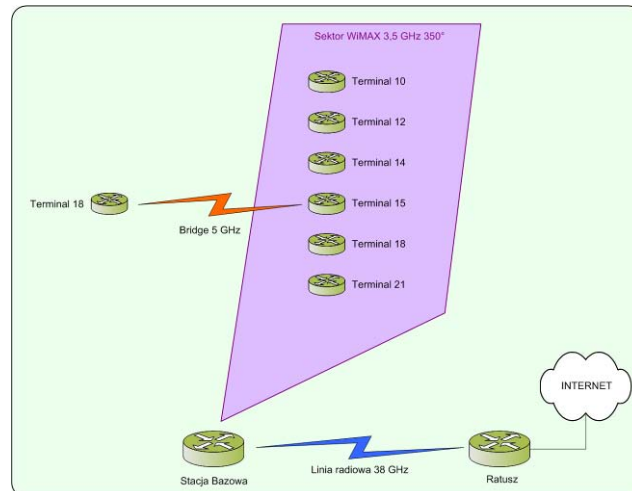
Analizując rozmieszczenie przestrzenne planowanych punktów odbiorczych wybrano następujące ich przyporządkowanie do sektorów stacji bazowej.

Sektor 1 azymut 350°

Bezpośrednio obsługuje następujące terminale:

- Terminal 10;
- Terminal 12;
- Terminal 14;
- **Terminal 15;**
- Terminal 18;
- Terminal 21.

Pośrednio obsługiwany jest Terminal 16 z wykorzystaniem połączenia punkt-punkt w pasmie 5 GHz z **Terminalem 15**.

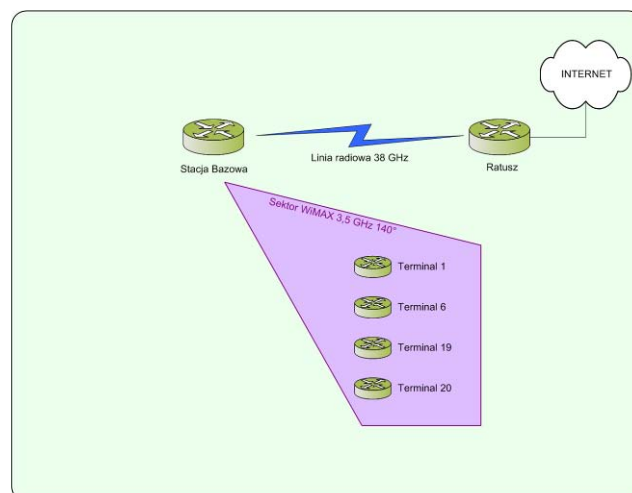


Przy założeniu równego rozłożenia ruchu, każdy z terminali będzie dysponował przepływnością DL ok. 1,5 Mbit/s (dla FDD) lub ok. 2 Mbit/s (dla TDD 60/40). Prezentowany sektor jest najbardziej obciążony, niestety przestrzenne rozłożenie punktów odbiorczych uniemożliwia zmniejszenie tego obciążenia.

Sektor 2 azymut 140°

Bezpośrednio obsługuje następujące terminale:

- Terminal 1;
- Terminal 6;
- Terminal 19;
- Terminal 20.



Przy założeniu równego rozłożenia każdy z terminali będzie dysponował przepływnością DL ok. 2,6 Mbit/s (dla FDD) lub ok. 3,6 Mbit/s (dla TDD 60/40).

Sektor 3 azymut 200°

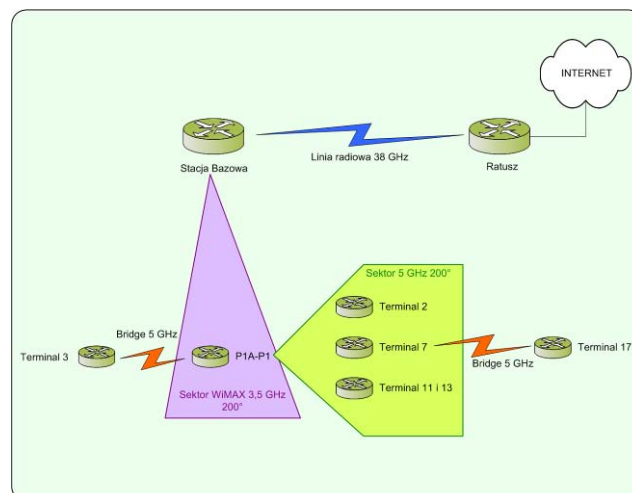
Bezpośrednio obsługuje wyłącznie punkt pośredniczący **P1-P1A**. Pośrednio poprzez punkt **P1-P1A** obsługiwane są terminale:

- Terminal 2;
- **Terminal 7**;
- Terminal 11;
- Terminal 13;

obsługiwane z wykorzystaniem połączenia punkt-wielopunkt w pasmie 5 GHz (przy czym terminale 11 i 13 wykorzystują to samo urządzenie radiowe ze względu na wspólną lokalizację),

- oraz Terminal 3 obsługiwany połączeniem punkt-punkt w pasmie 5 GHz.

Dodatkowo poprzez **Terminal 7** obsługiwany połączeniem punkt-punkt w pasmie 5 GHz będzie Terminal 17.



Przy założeniu równego rozłożenia każdy z terminali będzie dysponował przepływnością DL ok. 1,7 Mbit/s (dla FDD) lub ok. 2,4 Mbit/s (dla TDD 60/40).

Prezentowany sektor jest najbardziej złożony pod względem logicznym, co wynika z założenia zestawiania połączeń wyłącznie pomiędzy obiektami o bezpośredniej widzialności.

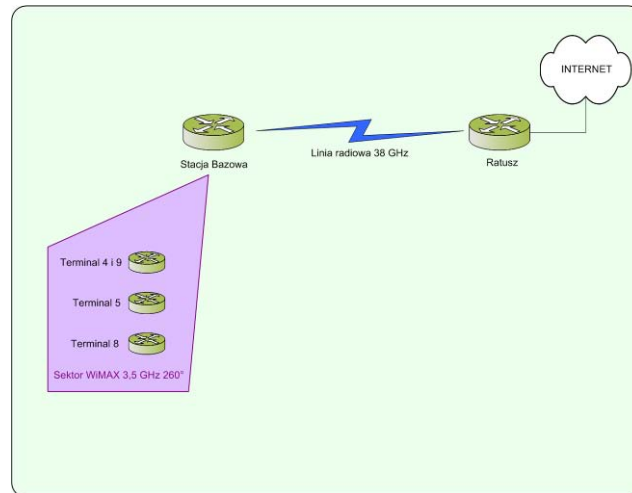
Sektor 4 azymut 260°

Bezpośrednio obsługuje następujące terminale:

- Terminal 4;
- Terminal 5;

- Terminal 8;
- Terminal 9.

Terminale 4 i 9 wykorzystują to samo urządzenie radiowe.



Przy założeniu równego rozłożenia każdy z terminali będzie dysponował przepływnością DL ok. 2,6 Mbit/s (dla FDD) lub ok. 3,6 Mbit/s (dla TDD 60/40).

* * *

Przedstawiony powyżej układ przydziału terminali do poszczególnych sektorów jest optymalny dla danego rozmieszczenia odbiorców usługi na terenie miasta.

Każdy z sektorów wykorzystywany będzie anteną o szerokości wiązki 90°. Zastosowanie takich anten, w połączeniu ze skierowaniem ich na podane kierunki, zapewni pokrycie miasta jak na przedstawionym na następnej stronie rysunku.

Taka konfiguracja zapewnia, poza optymalnym przydzieleniem terminali do sektorów, możliwość ewentualnej późniejszej rozbudowy planowanej sieci o kolejnych odbiorców. Obszar miasta jest pokryty praktycznie w 100%, a jedyna luka występuje na kierunku północno-wschodnim, gdzie nie ma zabudowy miejskiej, a tym samym ewentualnych przyszłych odbiorców.

2.3. Wpływ parametrów sieci na usługi głosowe VoIP

Świadczenie usług głosowych (VoIP) na właściwym poziomie wymaga sieci teleinformatycznej o małym opóźnieniu, wysokiej stałości wartości opóźnienia i o niskim stopniu straconych pakietów.

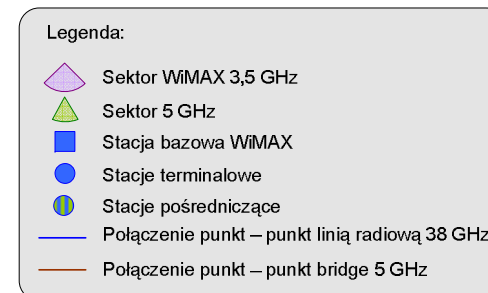
Zgodnie z Zaleceniem ITU G.114 rozmówca nie odczuwa dyskomfortu, jeżeli opóźnienie nie przekracza 150 ms. Opóźnienie większe od 400 ms nie jest akceptowalne, a opóźnienia pośrednie są odczuwalne dla użytkownika.

Na całkowite opóźnienie składa się opóźnienie propagacyjne oraz opóźnienia wprowadzane przez urządzenia. Pierwszy składnik może zostać pominięty, gdyż przy odległościach rzędu kilku kilometrów występujące opóźnienie propagacyjne jest znikome. Praktycznie całkowite opóźnienie wprowadzane jest przez urządzenia pracujące w sieci.

Ponieważ standard WiMAX zakłada opóźnienie nie wyższe niż 20 ms, całkowite opóźnienie pomiędzy dwoma terminalami WiMAX nie przekroczy wartości krytycznej. Słabych ogniw komunikacji głosowej należy upatrywać w innych elementach sieci.

Duże opóźnienia wprowadzają takie urządzenia teleinformatyczne jak routery, które przy ograniczonych pojemnościach buforów mogą dodatkowo prowadzić do utraty pakietów, co również niekorzystnie wpływa na usługi czasu rzeczywistego (nawet utrata pakietów na poziomie niższym, niż 1%, bywa krytyczna).

W związku z powyższym dla realizacji usług głosowych odpowiedniej jakości należy tak dobrać sprzęt teleinformatyczny, by łączne opóźnienie nie przekraczało wartości krytycznej. Należy zadbać by sprzęt teleinformatyczny wspierał QoS (*Quality of Service* – jakość usług), co jest szczególnie istotne przy doborze urządzeń radiowych pracujących w paśmie nielicencjonowanym 5 GHz, gdyż początkowo urządzenia te były dedykowane tylko dla sieci komputerowych i nie zawierały mechanizmów wspierających usługi głosowe. Lepszej jakości (klasy operatorskiej) punkty dostępowe 5 GHz zostały w istotnym stopniu pozbawionych tych wad.



Schemat rozmieszczenia obiektów i sektorów radiowych

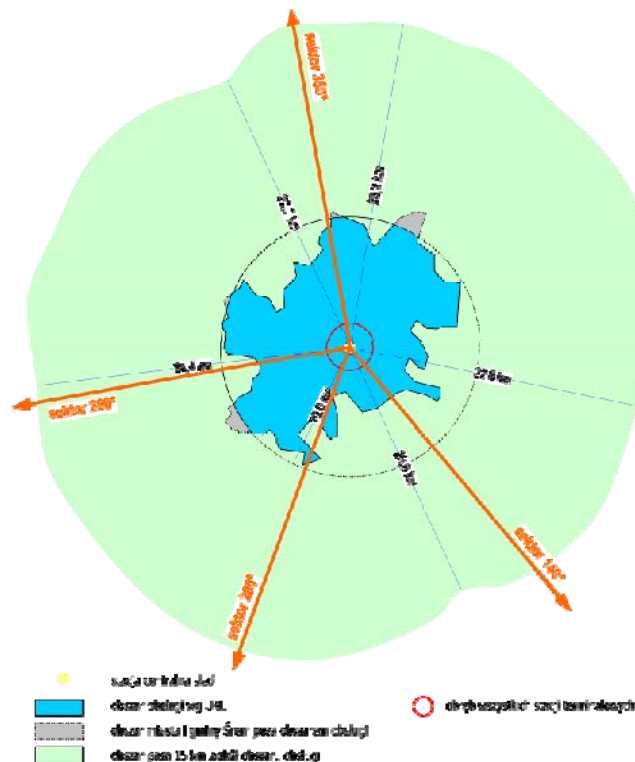
2.4. Obliczenia propagacyjne zasięgów stacji bazowej

Punktem wyjścia do obliczeń propagacyjnych zbiegów projektowanej stacji bazowej WiMAX jest określenie mocy promieniowanej poszczególnych sektorów na podstawie nałożonych w pozwoleniu radiowym przez Regulatora ograniczeń.

Uzyskane przez Zleceniodawcę pozwolenie radiowe narzuca ograniczenie nieprzekraczania wartości gęstości strumienia emitowanej mocy równej $-122 \text{ dBW}/(\text{MHz} \cdot \text{m}^2)$ w odległości 15 km na zewnątrz obszaru obsługiwanego przez stację.

Obszarem obsługiwanym przez stację, rozumianym jako obszar, w którym mogą być zlokalizowane terminale — zdefiniowanym w pozwoleniu radiowym — jest obszar gminy miejsko-wiejskiej Śrem, o ile konkretne miejsce nie leży w odległości większej niż 10 km od stacji bazowej.

Obszar obsługi stacji pokazano kolorem niebieskim, a wyznaczony 15-kilometrowy obszar dopuszczalnego przekroczenia gęstości strumienia mocy kolorem zielonym na zamieszczonym poniżej rysunku.



Kolejnym krokiem jest określenie na podstawie wyznaczonych powyżej obszarów, dopuszczalnej mocy promieniowanej poszczególnych sektorów. Wyznaczenie to odbywa się na podstawie wzoru:

$$EIRP = 4 \cdot S \cdot \pi \cdot d^2$$

gdzie:

$EIRP$ – moc promieniowana [W];

S – gęstość strumienia mocy [W/m^2];

d – dopuszczalna odległość występowania gęstości strumienia mocy o wartości większej niż wskazana w pozwoleniu radiowym.

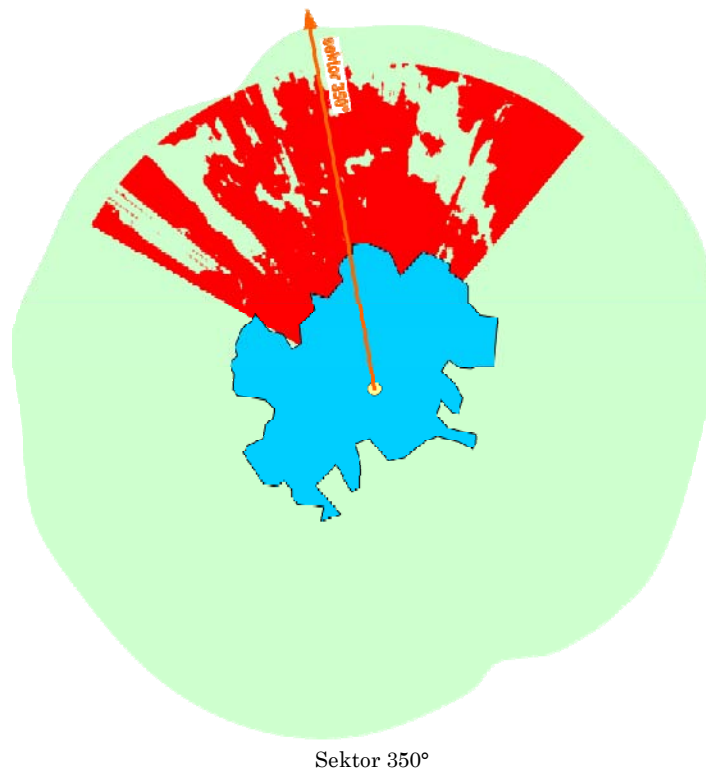
Dla rozważanej inwestycji odległość d wynosi (por. rysunek powyżej):

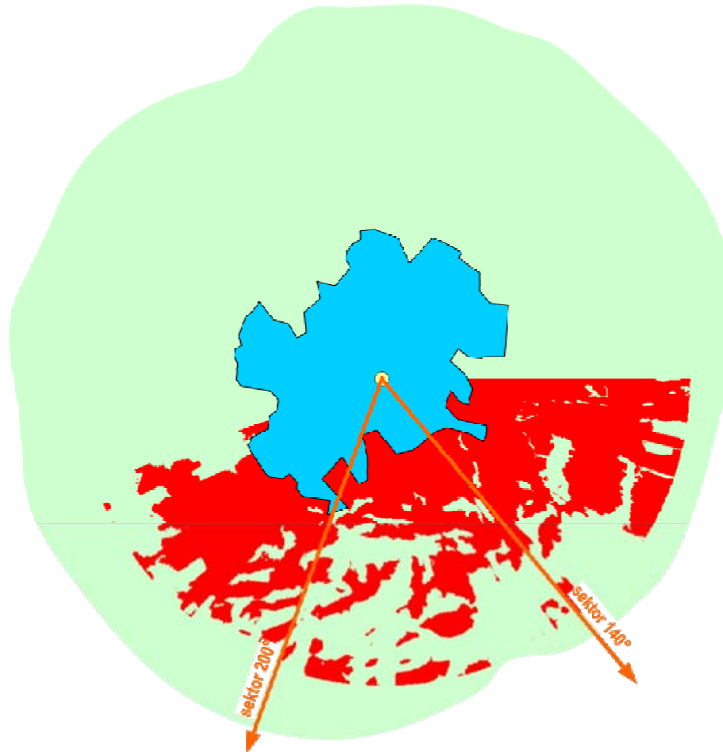
- dla sektora 350° – 22,7 km;
- dla sektorów 140° i 200° – 20,6 km;
- dla sektora 260° – 24,4 km.

Biorąc pod uwagę dwa rozważane warianty sprzętu FDD o szerokości kanału radiowego 3,5 MHz i TDD o szerokości kanału 7 MHz uzyskujemy następujące dopuszczalne wartości mocy promieniowanej dla poszczególnych sektorów:

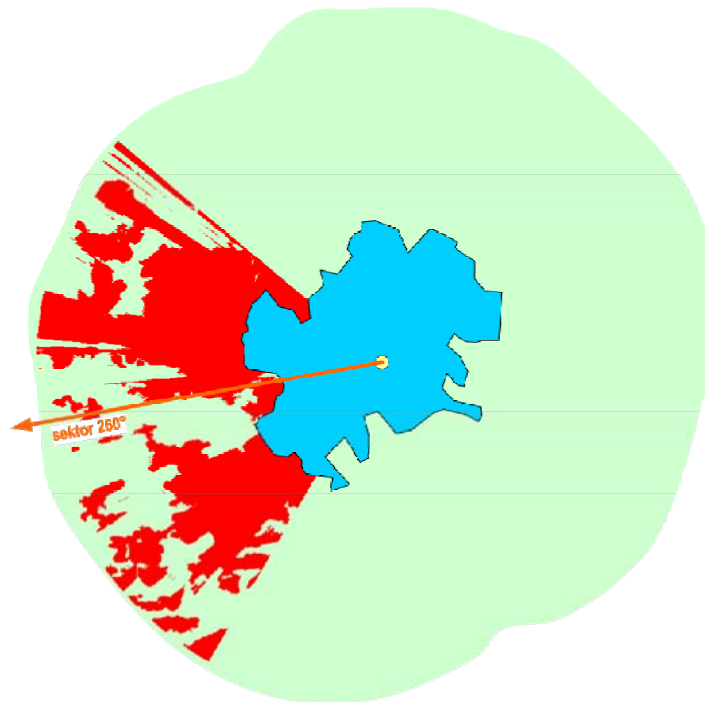
Tryb duplexu	FDD 3,5 MHz	TDD 7 MHz
Dopuszczalna gęstość strumienia mocy	$S=2,21 \cdot 10^{-12} W/m^2$	$S=4,42 \cdot 10^{-12} W/m^2$
Oznaczenie sektora	Moc promieniowana EIRP [dBm]	Moc promieniowana EIRP [dBm]
Sektor 350°	+11,6	+14,6
Sektor 140°	+10,7	+13,7
Sektor 200°	+10,7	+13,7
Sektor 260°	+12,2	+15,2

Zasięg obliczonej gęstości strumienia mocy o dopuszczalnej wartości dla poszczególnych sektorów, na tle pasa dopuszczalnej emisji zakłóceń, przedstawiają zamieszczone poniżej rysunki.





Sektory 140° i 200°



Sektor 260°

Jak wynika z rysunków, zastosowanie poziomów mocy przedstawionych w tabeli nie spowoduje przekroczenia granic pasa zakłóceń (zielony obszar na rysunkach). Do obliczeń zastosowano metodę „wolnej przestrzeni” z uwzględnieniem ukształtowania terenu, bez uwzględniania pokrycia terenu obiektami. Jest to podejście właściwe dla rozważania gęstości mocy zakłóceń w odniesie-

niu do ograniczeń tego rodzaju, jak wprowadzone przez Regulatora do pozwolenia radiowego.

Dla wyznaczonych dopuszczalnych mocy promieniowanych z poszczególnych sektorów sprawdzono, czy planowane do instalacji terminale będą miały wystarczający poziom mocy odbieranej dla zakładanej przepływności. Do obliczeń założono, że terminale będą wyposażone w anteny o zysku energetycznym +15 dBi.

Oznaczenie sektora	Oznaczenie punktu odbiorczego	Odległość od stacji bazowej [km]	Tłumienność odcinka radiowego [dB]	Poziom mocy na wejściu odbiornika dla FDD 3,5 MHz [dBm]	Poziom mocy na wejściu odbiornika dla TDD 7 MHz [dBm]	Przeptywność DL dla FDD 3,5 MHz [Mbit/s]	Przeptywność DL dla TDD 7 MHz (60/40) [Mbit/s]
Sektor 350°	Terminal 10	0,9	104	-77,4	-74,4	10,2	14,3
	Terminal 12	0,1	83	-56,4	-53,4	10,2	14,3
	Terminal 14	1,2	106	-79,4	-76,4	10,2	12,7-14,3
	Terminal 15	1,7	109	-82,4	-79,4	9,0	9,5-14,3
	Terminal 18	1,8	110	-83,4	-80,4	7,1	9,5-14,3
	Terminal 21	0,1	83	-56,4	-53,4	10,2	14,3
Sektor 140°	Terminal 1	0,2	89	-63,3	-60,3	10,2	14,3
	Terminal 6	0,3	93	-67,3	-64,3	10,2	14,3
	Terminal 19	1,0	105	-79,3	-76,3	10,2	12,7-14,3
	Terminal 20	0,1	83	-57,3	-54,3	10,2	14,3
Sektor 200°	Punkt P1	1,3	106	-80,3	-77,3	10,2	9,5-14,3
Sektor 260°	Terminal 4 i 9	1,0	105	-77,8	-74,8	10,2	14,3
	Terminal 5	0,9	104	-76,8	-73,8	10,2	14,3
	Terminal 8	1,4	107	-79,8	-76,8	10,2	12,7-14,3

Przedstawione w powyższej tabeli wyniki obliczeń wykazują, że praktycznie dla wszystkich terminali sektory stacji bazowej WiMAX pracować będą z przepływnością całkowitą powyżej 8 Mbit/s. Jedynie dla terminala nr 18 sektor 350° może pracować z modulacją odpowiadającą przepływności 7,1 Mbit/s dla trybu FDD. Aby zapewnić pracę sektora z najwyższą możliwą modulacją należy w terminalu nr 18 zastosować antenę o zysku energetycznym 17 dBi.

Również w przypadku zastosowania urządzeń tańszych cechujących się niższymi czułościami odbiornika, uzyskiwana całkowita przepustowość sektora nie będzie niższa od wymaganych 8 Mbit/s.

2.5. Obliczenia propagacyjne linii radiowej

Jak już wspomniano na wstępie, sygnał informatyczny dostarczony zostanie do stacji bazowej za pomocą linii radiowej łączącej wieżę wodną z ratuszem.

Podstawowym czynnikiem rzutującym na poprawną pracę linii radiowej jest tłumienie trasy radiowej. Zasadniczymi elementami tego tłumienia są:

- tłumienie wolnej przestrzeni (przyjmowane za stałe dla określonej długości odcinka linii radiowej pracującej na konkretnej częstotliwości);
- tłumienie zanikowe (zmiennie w czasie i podlegające analizie statystycznej).

Transmisja sygnału w horyzontalnej linii radiowej odbywa się za pośrednictwem fali przyziemnej, której warunki propagacji zależą od stanu dolnej warstwy atmosfery, od ukształtowania terenu, w obrębie którego przebiega trasa linii radiowej, a także od sztucznych przeszkód (zwłaszcza w bliskim otoczeniu anten).

Tłumienie zanikowe jest uwarunkowane następującymi czynnikami:

- zanikami interferencyjnymi (np. odbiciami od powierzchni ziemi lub warstw troposfery);
- zanikami opadowymi (np. deszczem, śniegiem, zamgleniem);
- tłumienności w gazach atmosferycznych;
- zanikami dyfrakcyjnymi (ugięciem fal na skrajach przeszkód terenowych).

Ostatni czynnik, tzn. zaniki dyfrakcyjne, jest praktycznie do pominięcia, jeśli wysokości zawieszenia anten zostanie dobrana tak, aby **co najmniej 60% obszaru (promienia) I strefy Fresnela było wolne od przeszkód.**

Pojęcie I strefy Fresnela oznacza przestrzeń o kształcie elipsoidy obrotowej, której długą oś stanowi linia widoczności radiowej anten, a powierzchnia wyznaczona jest przez punkty ewentualnego odbicia się fali od przeszkody, przy czym fala odbita przebiega drogę między antenami dłuższą o $\lambda/2$ od fali bezpośredniej (gdzie λ oznacza długość fali). Anteny leżą zawsze w ogniskach elipsoidy.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania można stwierdzić, że tłumienność całej trasy obliczana jest jako suma poszczególnych składników mających wpływ na propagację między dwoma punktami:

$$A_{TR} = A_p + A_z \quad [1]$$

gdzie: A_p – tłumienność wolnej przestrzeni,
 A_z – tłumienność zanikowa, która wynosi $A_{zi} + A_{op} + A_{gaz}$, tzn. jest sumą tłumienności zanikowej interferencyjnej, opadowej oraz tłumienności w gazach atmosferycznych.

Po uwzględnieniu zysków energetycznych anten oraz tłumienności torów antenowych otrzymujemy:

$$A_{TRA} = A_n - G_n + A_{TR} - G_o + A_o \quad [2]$$

- gdzie: A_n – tłumienność toru antenowego nadawczego,
 A_o – tłumienność toru antenowego odbiorczego,
 G_n – zysk energetyczny anteny nadawczej,
 G_o – zysk energetyczny anteny odbiorczej.

Wobec powyższego **bilans energetyczny całego odcinka** linii radiowej, służący obliczeniu spodziewanego poziomu mocy sygnału na wejściu odbiornika można przedstawić następująco:

$$p_o = p_n - A_{TRA} \quad [3]$$

- gdzie: p_n – poziom mocy nadajnika,
 p_o – próg czułości odbiornika, tzn. minimalny poziom mocy na wejściu odbiornika pozwalający na odbiór sygnałów przy założonej przepływności linii radiowej.

Ostatecznie po uwzględnieniu równań [1], [2] oraz [3] otrzymujemy:

$$p_o = p_n - A_n + G_n - A_p - A_z + G_o - A_o$$

2.5.1. Parametry mechaniczne zawieszenia anten

Ratusz, plac 20 Października 1:

- wysokość zawieszenia anteny..... 10 m npt.;
- azymut promieniowania 174°.

Wieża wodna, ul. Mickiewicza, dz. 1395:

- wysokość zawieszenia anteny..... 40 m npt.;
- azymut promieniowania 354°.

W bezpośrednim sąsiedztwie obu obiektów występuje zabudowa miejska nieprzekraczająca 10 m wysokości. Istnieje potwierdzona wizualnie bezpośrednia widoczność obiektów, tak więc ze względu na znaczne przewyższenie wieży wodnej nad otaczającą zabudową zawieszenie anten na podanych powyżej wysokościach daje pewność, że 60% promienia pierwszej strefy Fresnela pozostanie wolne od przeszkód (pkt. 2.5).



Widok z wieży wodnej na Ratusz

2.5.2. Wyznaczenie tłumienności odcinka

Obliczenia sumarycznej tłumienności całego toru linii radiowej oparto na parametrach opisanych w punkcie 2.5. Ponieważ w powszechnie stosowanych urządzeniach linii radiowych pracujących na częstotliwościach powyżej 15 GHz moduł ODU jest zintegrowany z anteną, tłumienie sygnału w.cz. od nadajnika do anteny jest bardzo małe i można je pominąć w obliczeniach.

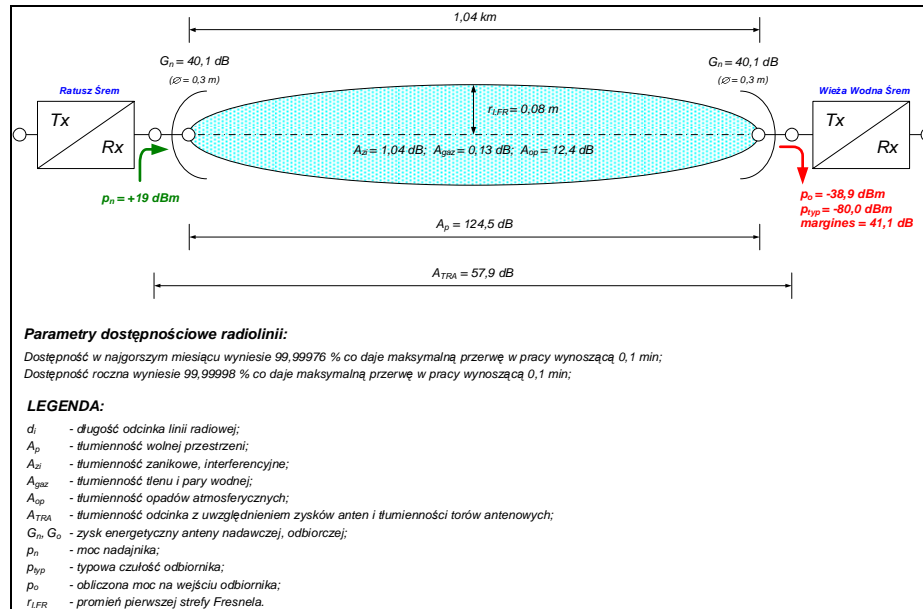
Z uwagi na niewielką odległość dzielącą wieżę wodną od ratusza, która wynosi 1,04 km, obliczenia przeprowadzono dla pasma częstotliwości 38 GHz przy założeniu intensywności opadów 50 mm/h (wartość maksymalna dla terenów Polski).

Uzyskane wyniki określają przede wszystkim tłumienność wolnej przestrzeni, tłumienność interferencyjną, opadową, tłumienność tlenu cząsteczkowego i pary wodnej oraz całkowitą tłumienność odcinka projektowanej linii radiowej.

- tłumienność wolnej przestrzeni dla odcinka wynosi 124,5 dB;
- tłumienność gazów atmosferycznych wynosi..... 0,13 dB;
- tłumienność opadów atmosferycznych wynosi..... 12,4 dB;
- tłumienność wynikająca z zaników interferencyjnych wynosi .. 1,04 dB
- całkowita tłumienność toru radiowego (A_{TR}) z uwzględnieniem wyznaczonych tłumienności zanikowych wynosi 138,1 dB.

2.5.3. Bilans energetyczny metoda ITU-R P.530

Obliczenia bilansu energetycznego całego toru linii radiowej oparto na parametrach opisanych w punkcie 2.5, wyliczonych wcześniej tłumiennościach. Przyjęte wartości mocy nadajnika, czułości odbiornika i zysków energetycznych anten są typowe dla rozważanych urządzeń linii radiowej.



Pasma 38 GHz, przepływność 40 Mbit/s

Zgodnie z zaleceniami ITU stosowane urządzenia powinny zapewniać dostępność nie mniejszą niż 99,99% w najgorszym miesiącu bez względu na warunki atmosferyczne.

Zastosowanie urządzeń o parametrach technicznych, jak przyjęte do obliczeń bilansu energetycznego, zapewni pracę linii radiowej z dostępnością teoretyczną wynoszącą:

- w najgorszym miesiącu – 99,99976% (przerwa w transmisji trwająca przez okres 0,1 min w ciągu jednego takiego miesiąca w roku);
- w ciągu roku – 99,99998% (przerwa w transmisji trwająca przez okres 0,1 min w ciągu całego roku);

co spełnia obowiązujące zalecenia.

Microwave Link Report

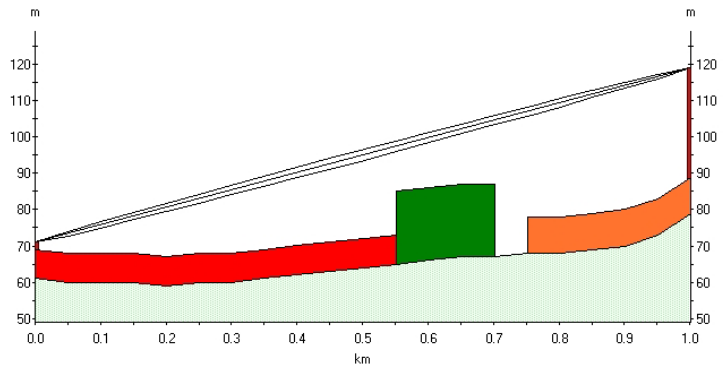
Application No.: 08125920112009_ML Application Date: 20.11.2009
 Expert: Licence date:
 Link Distance: 1.040 km Assignment Date:
 Link Status: Planned

SiteName 1: Ratusz Śrem
 SiteID 1: 119
 Address: Plac 20 Października 1

Latitude: 52 N 05 43.1
 Longitude: 17 E 01 13.9
 Height (AMSL): 61 m
 Build. Height: 10 m

SiteName 2: Wieża Wodna Śrem
 SiteID 2: 118
 Address: Mickiewicza, dz. 1395

Latitude: 52 N 05 9.70
 Longitude: 17 E 01 19.3
 Height (AMSL): 79 m
 Build. Height: 40 m
 Operator:



Channel: 1
 Chan. Spacing: - MHz

Device Name :		Linia radiowa 38GHz	Linia radiowa 38GHz
TX Power :	dBm	19.00	19.00
Threshold :	dBm	-80.0	-80.0
Frequency :	MHz	37072.000	38332.000
Antenna Name :		Antena 0.3m/38GHz	Antena 0.3m/38GHz
Ant. Manufacturer :			
Ant. Gain :	dBi	40.1	40.1
Ant. Diameter :	m	0.3	0.3
Ant. Height :	m	10.0	40.0
Azimuth :	°	174.340	354.340
Elevation :	°	2.640	-2.647
Polarisation :		V	V
Feeder Loss :	dB	0.0	0.0
Feeder Length :	m	0.0	0.0
TX Attenuator :	dB	0.0	0.0
Branching Loss :	dB	0.0	0.0
Combiner Loss :	dB	0.0	0.0

EIRP :	dBm	59.10	59.10
Free Space Loss :	dB	124.16	124.45
Diffraction Loss :	dB	0.00	0.00
Atmospheric Abs.:	dB	0.12	0.13
Flat Rec. Level :	dBm	-25.08	-25.38
Flat Fade Margin :	dB	54.92	54.62
Rain Attenuation :	dB	12.00	12.39
Clear Air Fading :	dB	1.04	1.04
Path Loss.:	dB	137.32	138.01
Tot. Geo Cli. Los.:	dB	13.17	13.56
Disp. Fade Marg.:	dB	-	-

0.01% Rain Rate :	50 mm/hr	K-Factor	1.3333
Refractivity gradient :	-398.00	Fresnel Zone	1
Terrain std. deviation :	7.53	Clearance	100 %

Multipath Outage ITU-R P.530		Dispersive Outage	
Availability Worst	100.00000 %	Availability Worst month	- %
Availability Annual	100.00000 %	Availability Annual	- %
Rain Outage		XPD Outage	
Availability Worst	99.99976 %	Avail. Rain Worst month	- %
Availability Annual	99.99998 %	Avail. Multipath Worst month	- %
		Avail. Rain Annual	- %
		Avail. Multipath Annual	- %

2.5.4. Parametry urządzeń

Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń oraz potrzeb określonych przez Zleceniodawcę, do realizacji projektowanego łącza należy użyć urządzeń charakteryzujących się następującymi parametrami.

- pasmo 38 GHz;
- anteny 0,3 m;
- przepływność 40 Mbit/s;
- interfejsy Ethernet min 2 szt.;
- poziom mocy nadajnika w.cz..... +18/+19 dBm ;
- czułość odbiornika w.cz. nie gorsza (dla nominalnej przepływności) -60 dBm.

2.6. Charakterystyka obiektów

Poniżej zaprezentowane zostaną przybliżone wizualizacje instalacji systemów antenowych na obiektach planowanej sieci radiowego dostępu do zasobów informatycznych.

W przypadku obiektów położonych w większej odległości od stacji bazowej WiMAX zamieszczone zostaną również przekroje terenu pomiędzy wieżą wodną a poszczególnymi terminalami.

Urządzenia radiowe planowanej sieci instalowane **będą na istniejących masztach z urządzeniami radiowymi** (dla lokalizacji, na których takie maszty istnieją i jest na nich wystarczająca ilość wolnego miejsca) i **na nowych masztach**, gdy na obiekcie nie ma istniejącego lub brak na istniejącym miejsca na nowe urządzenia.

Planowane do montażu nowe urządzenia na żadnym z obiektów nie przekroczą wysokości 3 m, dzięki czemu nie będzie wymagane dokonywanie zgłoszenia robót instalacyjnych (por. 2.7.1).

2.6.1. Stacja centralna WiMAX

Centralna stacja bazowa WiMAX zostanie zlokalizowana na wieży wodnej w Śremie przy ul. Mickiewicza, działka nr 1395. Stacja wyposażona zostanie w cztery sektory radiowe pracujące w licencjonowanym pasmie 3,5 GHz i skierowane na azymuty:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| – Sektor 1 – 350°; | – Sektor 3 – 200°; |
| – Sektor 2 – 140°; | – Sektor 4 – 260°. |

Anteny (same lub wraz z urządzeniami w.cz. w zależności od wyboru sprzętu przez Zleceniodawcę) zostaną zainstalowane na barierce galerii widokowej na szczycie wieży.



Wizualizacja anten na wieży wodnej.

Poza antenami WiMAX zostanie również zainstalowana jedna antena linii radiowej o średnicy 0,3 m skierowana na Ratusz, az. 354°.

Urządzenia informatyczne, modem linii radiowej oraz urządzenia sterujące i nadajniki w.cz. (w przypadku wersji systemu z wewnętrznymi nadajnikami) WiMAX zostaną zainstalowane w szafie teletechnicznej 19", która zostanie zawieszona lub ustawiona wewnątrz wieży w pomieszczeniu poniżej wieżyczki z galerią widokową. W szafie zostaną zainstalowane również urządzenia zasilające: UPS oraz listwa z gniazdami zasilającymi.

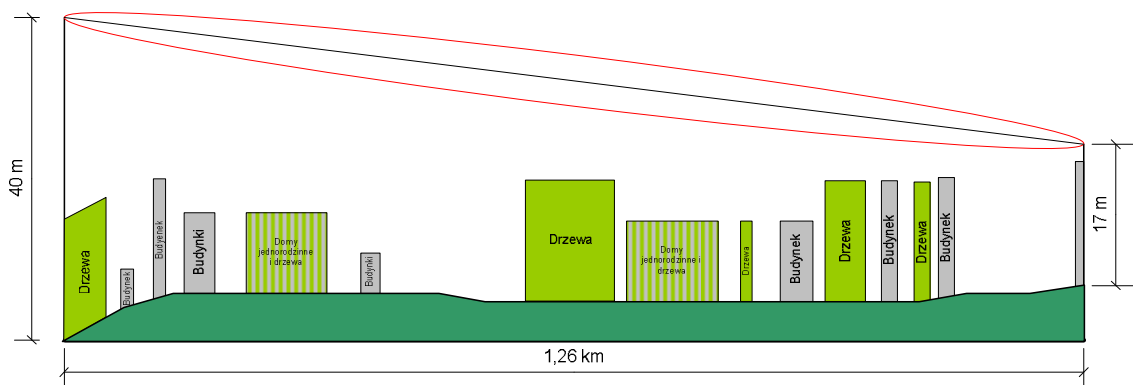
2.6.2. Punkt retransmisyjny P1 (P1A)

Na dachu budynku mieszkalnego spółdzielni przy ul. Chłapowskiego zostaną zainstalowany punkt retransmisyjny P1 (P1A). Budynek położony jest w odległości ok. 1300 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi punktu pośredniczącego.



Widok z wieży wodnej - P1 (P1A)

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna – P1

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. punktu pośredniczącego zainstalowana zostanie na istniejącym maszcie na dachu budynku. Urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej na klatce schodowej szczytowego piętra.

Punkt pośredniczący przekazywać będzie sygnał do terminali nie mających bezpośredniej widzialności ze stacją bazową. Do tego celu wykorzystane zostaną urządzenia punkt-wielopunkt w technologii 5 GHz zainstalowane na istniejącym maszcie (P1) oraz urządzenie punkt-punkt w technologii 5 GHz zainstalowane na nowym maszcie (P1A) przesuniętym od istniejącego o ok. 25 m wzdłuż osi dachu. Nowy maszt jest konieczny w celu zapewnienia dosyłu sygnału do terminala 3.



Wizualizacja – Maszt P1A

2.6.3. Terminal 1

Terminal 1 zostanie zainstalowany w przedszkolu nr 2 „Słoneczna Gromada” przy ul. Mickiewicza 91.

Przedszkole położone jest w bezpośrednim sąsiedztwie stacji bazowej w odległości ok. 200 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z wieży wodnej - Terminal 1

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.4. Terminal 2

Terminal nr 2 zostanie zainstalowany w przedszkolu nr 3 „Jarzębinka” przy ul. T.Bora-Komorowskiego 3.

Z uwagi na małą wysokość budynku oraz otaczające przedszkole bloki mieszkalne obiekt ten nie ma bezpośredniej widoczności ze stacją bazową WiMAX zlokalizowaną na wieży wodnej. Sygnał zostanie dostarczony do terminala za pośrednictwem punktu retransmisyjnego P1 zlokalizowanego na budynku mieszkalnym przy ul. Chłapowskiego z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Przedszkole położone jest w bezpośrednim sąsiedztwie punktu retransmisyjnego P1 w odległości ok. 110 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z punktu P1 – Terminal 2

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 2 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.5. Terminal 3

Terminal nr 3 zostanie zainstalowany w przedszkolu nr 5 „Mali Przyrodnicy” przy ul. T.B. Komorowskiego 4.

Również w tym przypadku otaczające bloki mieszkalne wykluczają bezpośrednią widoczność ze stacją bazową WiMAX. Nie ma też bezpośredniej widoczności z istniejącym masztem urządzeń radiowych punktu retransmisyjnego P1. W celu zapewnienia widoczności planuje się zainstalować w punkcie retransmisyjnym dodatkowy maszt oznaczony P1A. Szczegóły lokalizacji nowego masztu zostały opisane w części dotyczącej punktu retransmisyjnego niniejszej dokumentacji. Połączenie zostanie zrealizowane z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Przedszkole położone jest w bezpośrednim sąsiedztwie punktu retransmisyjnego P1A w odległości ok. 120 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z punktu P1A – Terminal 3

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 3 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.6. Terminale 4 i 9

Terminal nr 4 zainstalowany zostanie w przedszkolu nr 7 „Janka Wędrowniczka” przy ul. Chłapowskiego 12, a Terminal nr 9 w gimnazjum nr 1 przy ul. Chłapowskiego 12A.

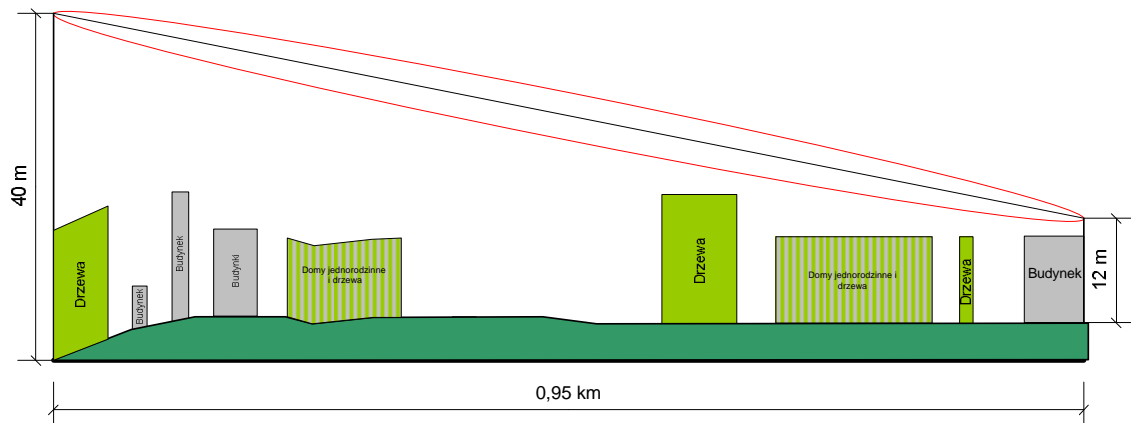
Oba punkty odbiorcze zlokalizowane są w tym samym budynku, w związku z tym obsługiwane będą przez wspólne urządzenie radiowe, a rozdział nastąpi na poziomie urządzeń informatycznych (router lub switch).

Obiekt położony jest w odległości ok. 950 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminali.



Widok z wieży wodnej – Terminal 4 i 9

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna – Terminal 4 i 9

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 4 i 9 zainstalowana zostanie na dachu budynku na istniejącym maszcie urządzeń radiowych lub w przypadku braku miejsca – na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

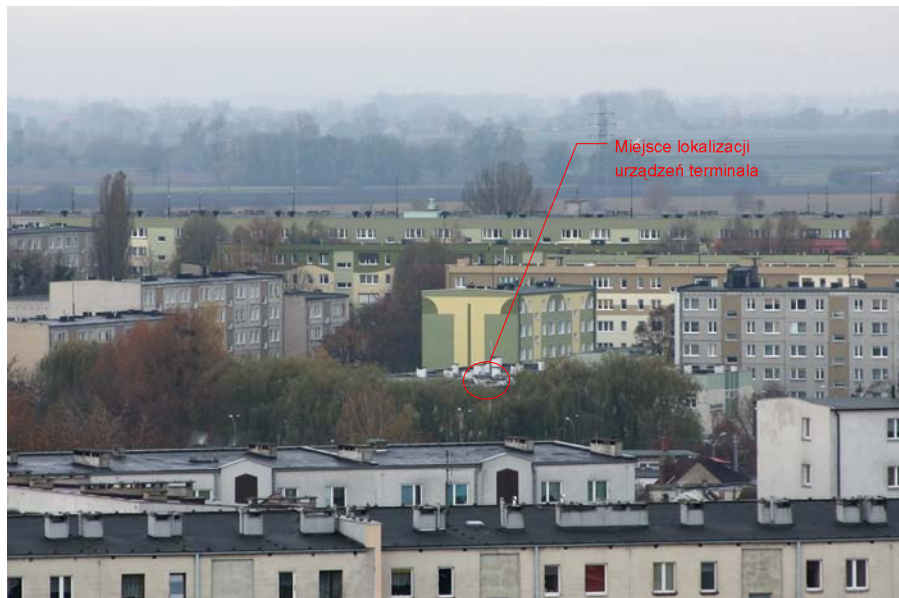


Wizualizacja – Terminal 4 i 9

2.6.7. Terminal 5

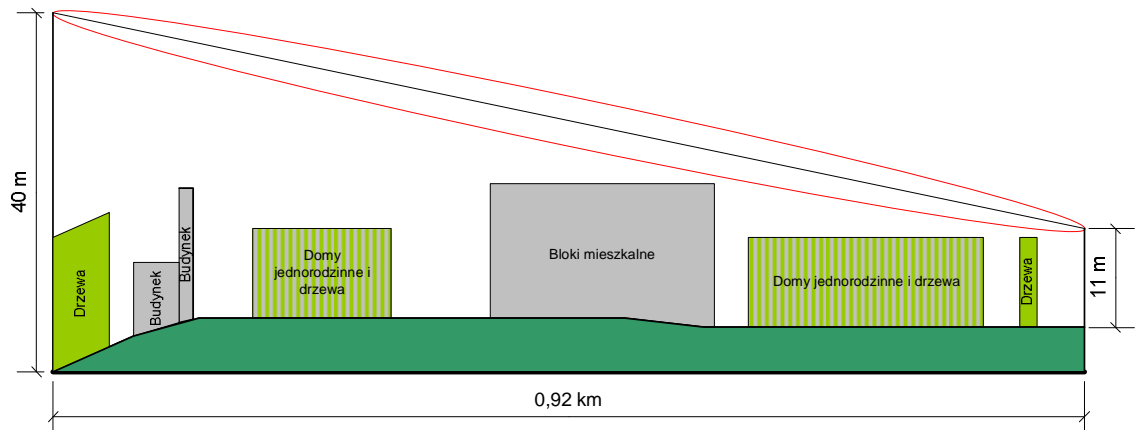
Terminal nr 5 zostanie zainstalowany w przedszkolu „Pod Wierzbami” przy ul. Grunwaldzkiej 12.

Przedszkole położone jest w odległości ok. 920 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Widok z wieży wodnej – Terminal 5

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna – Terminal 5

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.c.z. terminala 5 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informacyjne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja – Terminal 5

2.6.8. Terminal 6

Terminal nr 6 zainstalowany zostanie w szkole podstawowej nr 1 im. Mikołaja Kopernika przy ul. Kochanowskiego 2.

Budynek szkoły zlokalizowany jest w stosunkowo niewielkiej odległości od stacji bazowej (ok. 310 m). Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Wizualizacja i widok z wieży wodnej – Terminal 6

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 6 zainstalowana zostanie na dachu budynku na istniejącym maszcie urządzeń radiowych lub w przypadku braku miejsca na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.9. Terminal 7

Terminal nr 7 zostanie zainstalowany w szkole podstawowej nr 4 przy ul. Grota-Roweckiego 10.

Ze względu na otaczające szkołę bloki mieszkalne nie ma bezpośredniej widoczności ze stacją bazową WiMAX zlokalizowaną na wieży wodnej. Sygnał zostanie dostarczony do terminala za pośrednictwem punktu retransmisyjnego P1 zlokalizowanego na budynku mieszkalnym przy ul. Chłapowskiego z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Szkoła położona jest w niewielkiej odległości od punktu retransmisyjnego P1 wynoszącej ok. 320 m. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy obiektami, jednak wolne miejsce na maszcie P1 występuje w jego niższej części; może to spowodować częściowe przesłanianie wiązki, jeżeli urządzenia odbiorcze na szkole zostaną zlokalizowane na istniejącym maszcie lub w jego sąsiedztwie.



Widok w kierunku P1 z miejsca lokalizacji istniejącego masztu na szkole

Innym rozwiązaniem jest postawienie na szkole nowego masztu położonego bliżej wschodniej krawędzi budynku. W tym przypadku maszt P1 na budynku przy ul. Chłapowskiego jest widoczny w całej wysokości.

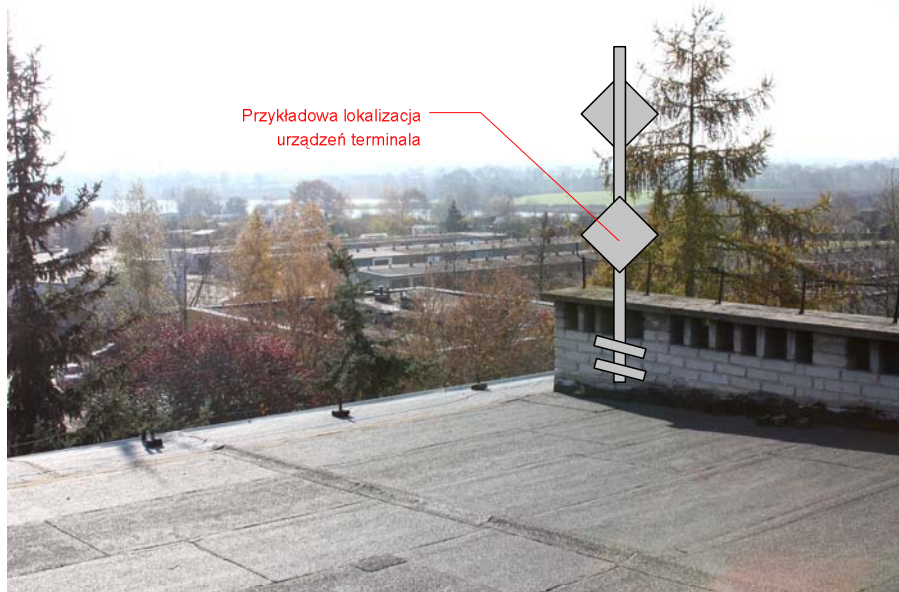


Widok w kierunku P1 z miejsca proponowanej lokalizacji nowego masztu na szkole

Ponieważ planuje się, że terminal nr 7 na szkole będzie dodatkowo pośredniczył w przekazywaniu sygnału do terminala nr 17, co wiąże się z instalacją na maszcie dodatkowego sprzętu radiowego, instalacja nowego masztu jest zdecydowanie lepszym rozwiązaniem.

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 7 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informa-

tyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja nowego masztu – Terminal 7

2.6.10. Terminal 8

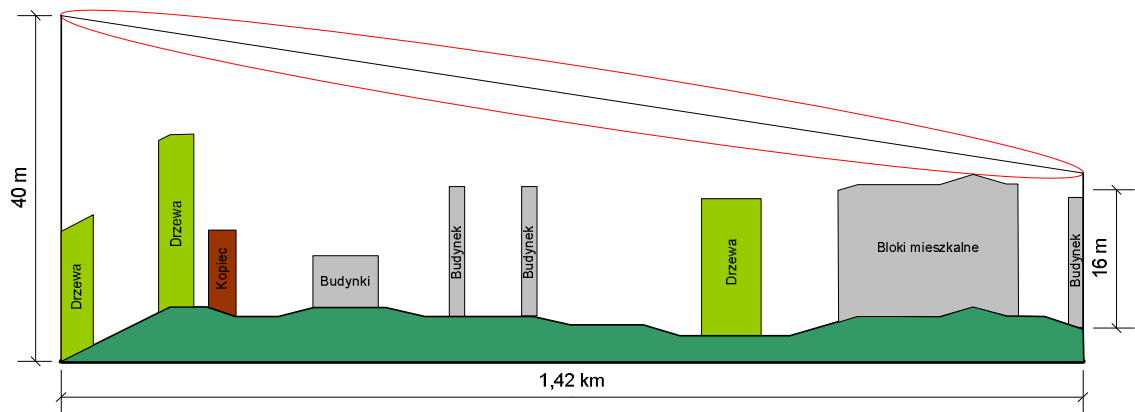
Terminal nr 8 zostanie zainstalowany w Szkole Podstawowej nr 6 im. Braci Barskich przy ul. Konstytucji 3 Maja 2.

Przedszkole położone jest w odległości ok. 1400 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Widok z wieży wodnej - Terminal 8

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna - Terminal 8

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 8 zainstalowana zostanie na dachu budynku na istniejącym maszcie urządzeń radiowych lub w przypadku braku miejsca na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja - Terminal 8

2.6.11. Terminal 10

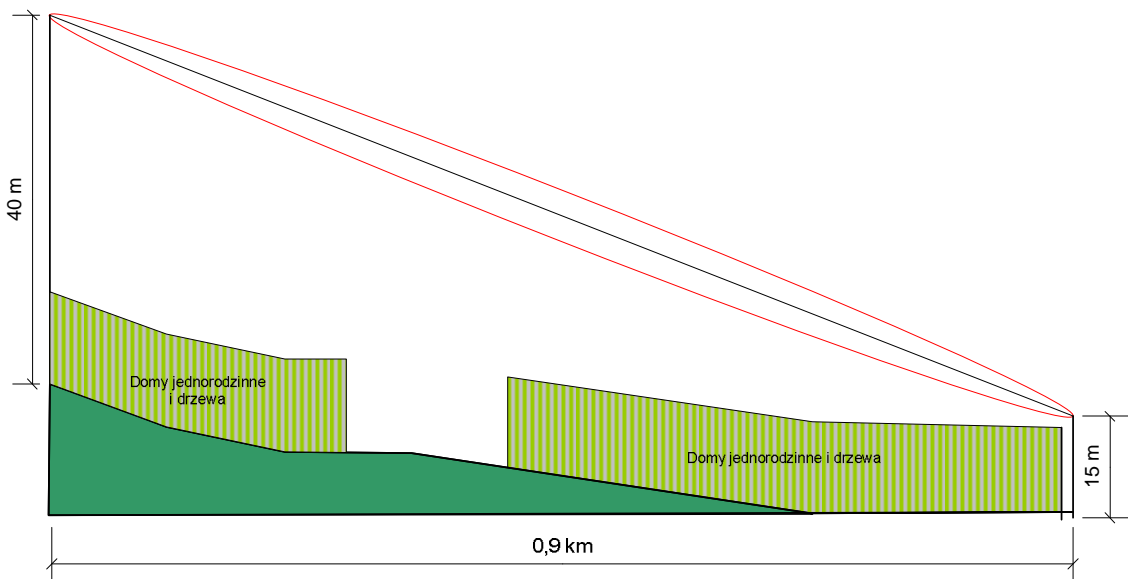
Terminal nr 10 zainstalowany zostanie w Gimnazjum nr 2 im. ks. Piotra Wawrzyniaka przy ul. Szkolnej.

Gimnazjum położone jest w odległości ok. 900 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Widok z wieży wodnej - Terminal 10

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna - Terminal 10

Aby zainstalować antenę WiMAX wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 10 konieczna będzie przebudowa istniejącej konstrukcji wsporczej w celu uzyskania dodatkowego miejsca dla nowych urządzeń radiowych. Urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja – Terminal 10

2.6.12. Terminale 11 i 13

Terminal nr 11 zainstalowany zostanie w filii nr 1 Biblioteki Publicznej Miasta i Gminy im. H. Świącickiego, a Terminal nr 13 w Ośrodku Pomocy Społecznej w Śremie Oddział Jeziorany.

Oba punkty odbiorcze zlokalizowane są w tym samym budynku przy ul. Okulickiego 3. W związku z tym obsługiwane będą przez wspólne urządzenie radiowe, a rozdział transmisji nastąpi na poziomie urządzeń informatycznych (*router* lub *switch*).

Z uwagi na małą wysokość budynku oraz otaczające go bloki mieszkalne, obiekt ten nie ma bezpośredniej widoczności ze stacją bazową WiMAX zlokalizowaną na wieży wodnej. Sygnał zostanie dostarczony do terminala za pośrednictwem punktu retransmisyjnego P1 zlokalizowanego na budynku mieszkalnym przy ul. Chłapowskiego z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Budynek położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie punktu retransmisyjnego P1 w odległości ok. 250 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z punktu P1 – Terminal 11 (i 13)

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 11 (i 13) zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.13. Terminal 12

Terminal nr 12 zostanie zainstalowany w Ośrodku Pomocy Społecznej przy ul. Mickiewicza 40.

Budynek położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie stacji bazowej w odległości ok. 100 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



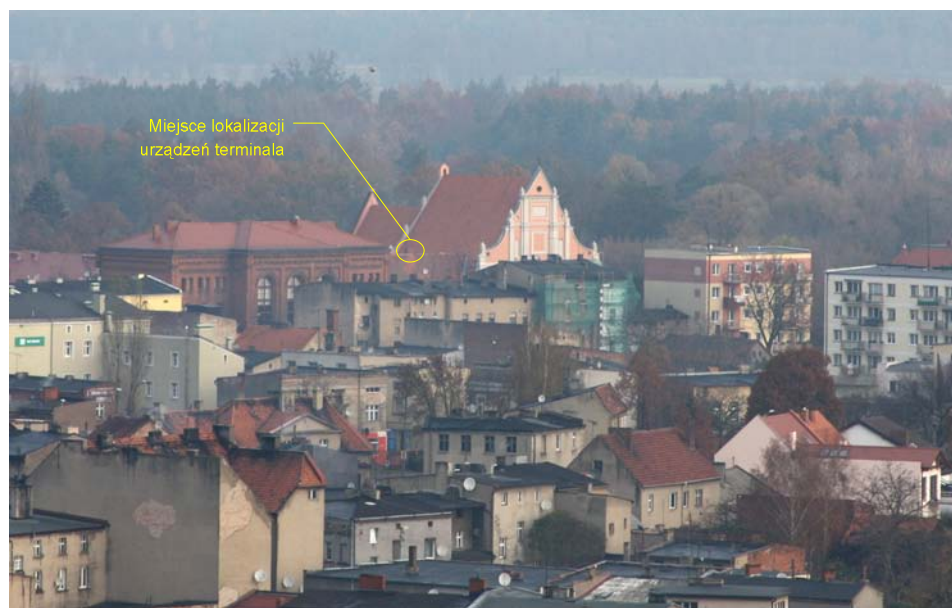
Wizualizacja i widok z wieży wodnej - Terminal 12

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. zainstalowana zostanie na ścianie budynku na nowej konstrukcji wsporczej, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.14. Terminal 14

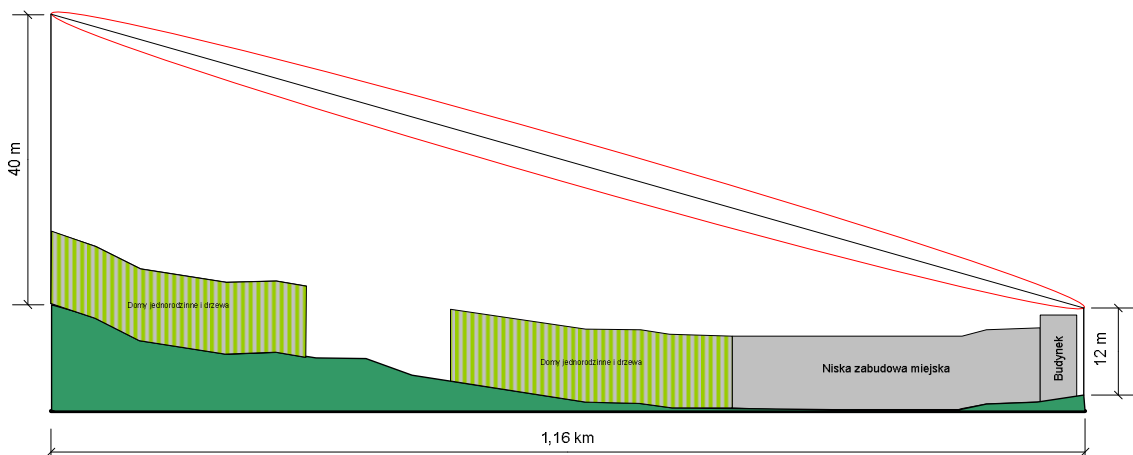
Terminal nr 14 zainstalowany zostanie w Środowiskowym Domu Samopomocy przy ul. Poznańskiej 13.

Budynek położony jest w odległości ok. 1200 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Widok z wieży wodnej – Terminal 14

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna – Terminal 14

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 14 zainstalowana zostanie na nowym maszcie mocowanym do komina na dachu budynku, a urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja – Terminal 14

2.6.15. Terminal 15

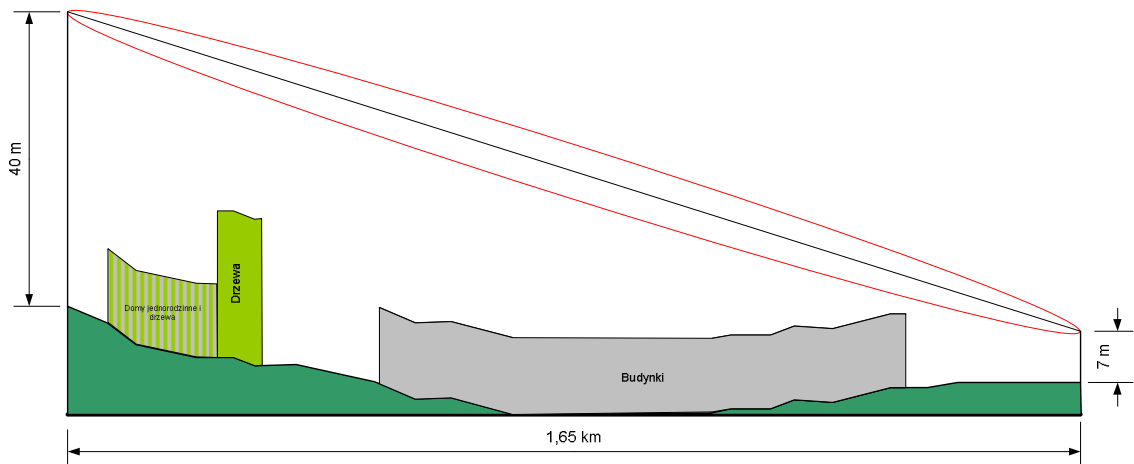
Terminal nr 15 zainstalowany zostanie w budynku Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji przy ul. Parkowej 8.

Budynek położony jest w odległości ok. 1700 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Widok z wieży wodnej – Terminal 15

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna – Terminal 15

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.c.z. terminala 15 zainstalowana zostanie na nowym maszcie w narożniku dachu budynku w miejscu gdzie obecnie zamontowane są istniejące urządzenia radiowe. Istniejące urządzenia należy przenieść na projektowany maszt. Urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

Planuje się, że terminal nr 15 będzie dodatkowo pośredniczył w przekazywaniu sygnału do terminala nr 16, w związku z tym na projektowanym maszcie zawieszane zostaną dwa nowe zestawy urządzeń radiowych.



Wizualizacja – Terminal 15

2.6.16. Terminal 16

Terminal nr 16 zostanie zainstalowany w budynku Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej przy ul. Parkowej 6.

Z uwagi na małą wysokość budynku obiekt ten nie ma bezpośredniej widoczności ze stacją bazową WiMAX zlokalizowaną na wieży wodnej. Sygnał zostanie dostarczony do terminala za pośrednictwem punktu retransmisyjnego zlokalizowanego na budynku Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji (Terminal 15) z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Budynek położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie punktu retransmisyjnego w odległości ok. 180 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z Terminala 15 – Terminal 16

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 16 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.17. Terminal 17

Terminal nr 17 zostanie zainstalowany w budynku Śremskiego Towarzystwa Budownictwa Społecznego przy ul. Grota-Roweckiego 31.

Z uwagi na małą wysokość budynku obiekt ten nie ma bezpośredniej widoczności ani ze stacją bazową WiMAX zlokalizowaną na wieży wodnej, ani z punktem retransmisyjnym P1 zlokalizowanym na budynku mieszkalnym przy ul. Chłapowskiego. Sygnał zostanie dostarczony do terminala za pośred-

nictwem punktu retransmisyjnego zlokalizowanego na szkole podstawowej nr 4 (Terminal 7) z wykorzystaniem urządzeń radiowych pracujących w wolnym pasmie 5 GHz.

Budynek położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie punktu retransmisyjnego w odległości ok. 70 m, występuje bezpośrednia widoczność bez jakichkolwiek obiektów budowlanych mogących wpływać na transmisję sygnału radiowego.



Wizualizacja i widok z Terminala 7 - Terminal 17

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 17 zainstalowana zostanie na dachu budynku na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.18. Terminal 18

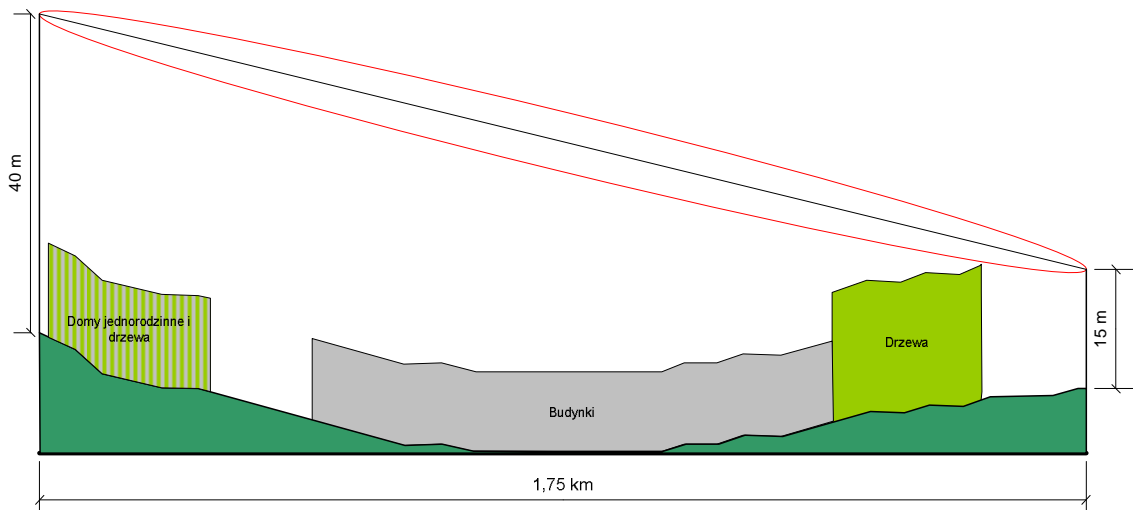
Terminal nr 18 zainstalowany zostanie w budynku hotelu należącym do Śremskiego Sportu przy ul. Poznańskiej 15.

Budynek położony jest w odległości ok. 1800 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



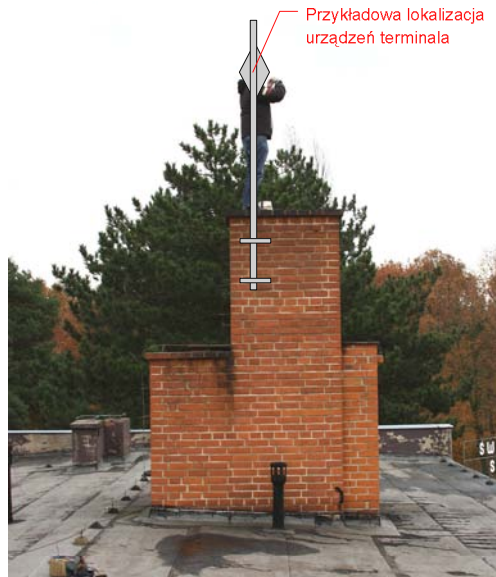
Widok w kierunku wieży wodnej – Terminal 18

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



Przekrój Wieża Wodna - Terminal 18

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 18 zainstalowana zostanie na nowym maszcie mocowanym do komina na dachu budynku, a urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.



Wizualizacja – Terminal 18

2.6.19. Terminal 19

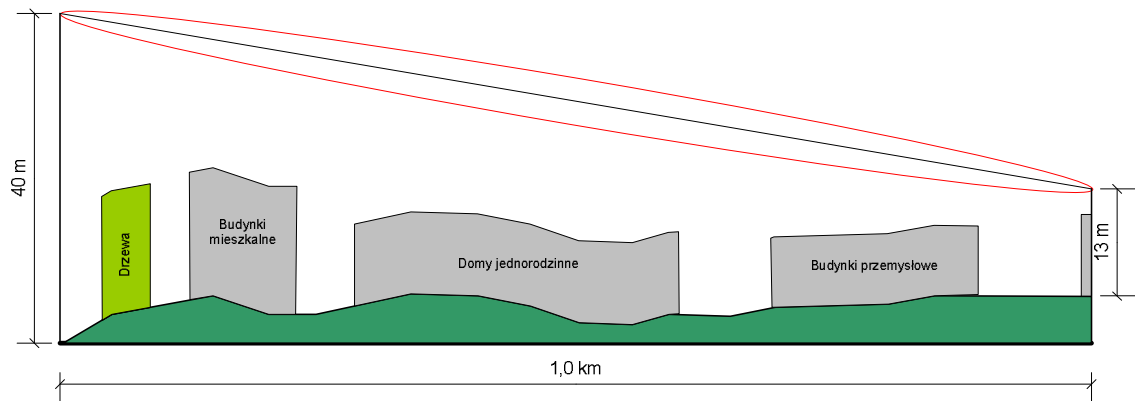
Terminal nr 19 zainstalowany zostanie w budynku basenu należącym do Śremskiego Sportu przy ul. Staszica 1a.

Budynek położony jest w odległości ok. 1000 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Wizualizacja i widok z wieży wodnej – Terminal 19

Rozkład przeszkód terenowych pokazuje zamieszczony poniżej przekrój trasowy.



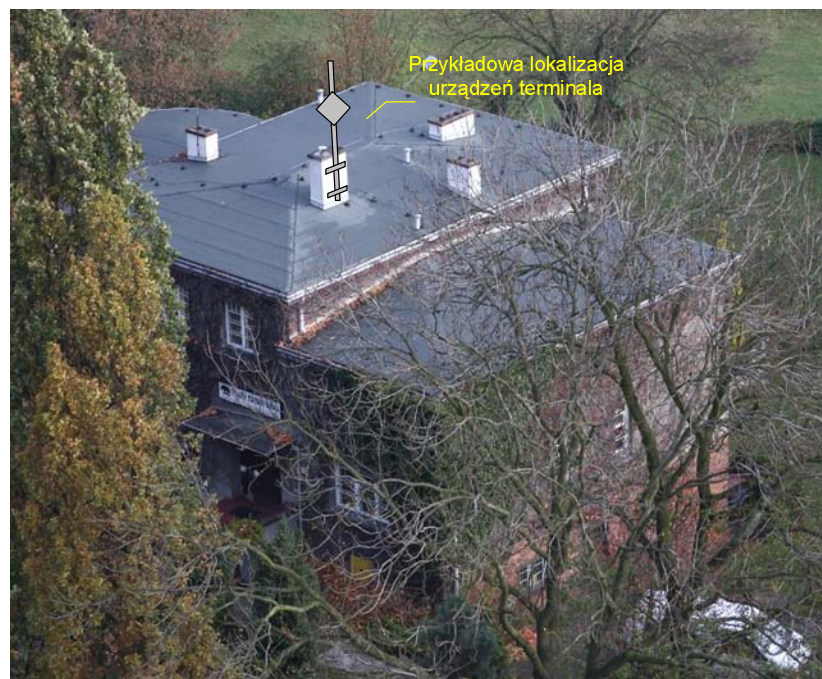
Przekrój Wieża Wodna - Terminal 19

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 19 zainstalowana zostanie na nowym maszcie mocowanym do ściany budynku basenu, a urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19” usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.20. Terminal 20

Terminal nr 20 zainstalowany zostanie w budynku Śremskiego Ośrodka Kultury zlokalizowanego przy ul. Mickiewicza 77.

Budynek położony jest w odległości ok. 110 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Wizualizacja i widok z wieży wodnej – Terminal 20

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 20 zainstalowana zostanie na nowym maszcie, a urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.6.21. Terminal 21

Terminal nr 21 zainstalowany zostanie w budynku Muzeum Śremskiego zlokalizowanego przy ul. Mickiewicza 89.

Budynek położony jest w odległości ok. 130 m od stacji bazowej zlokalizowanej na wieży wodnej. Występuje bezpośrednia widoczność pomiędzy stacją bazową a urządzeniami radiowymi terminala.



Wizualizacja i widok z wieży wodnej – Terminal 21

Antena wraz z urządzeniem nadawczo-odbiorczym w.cz. terminala 21 zainstalowana zostanie na nowym maszcie mocowanym do komina, a urządzenia informatyczne zamontowane zostaną w szafie teletechnicznej 19" usytuowanej w wyznaczonym pomieszczeniu.

2.7. Wytyczne instalacyjne

2.7.1. Anteny linii radiowej

Anteny linii radiowej należy zainstalować z wykorzystaniem ich naturalnych uchwytów, bez przeróbek konstrukcyjnych. Uchwyty murowe muszą być wykonane w sposób nawiązujący do oryginalnych rozwiązań producenta linii radiowej. Dla linii radiowej szczególnie istotna jest stabilność położenia anteny, dlatego uchwyty murowe winny być mocowane w dwóch punktach.

Uchwyt montażowy musi przewidywać pozostawienie możliwości ukierunkowania anteny linii radiowej w płaszczyźnie poziomej oraz w płaszczyźnie pionowej (pochylenie lub podniesienie), przy czym osobie dokonującej operacji wizowania anten korespondujących stacji należy pozostawić możliwość wygodnego manipulowania kluczami.

Wizowania anten linii radiowych dokonuje się na wskaźnik poziomu sygnału (automatyki wzmocnienia) z uwzględnieniem korzystania z listka głównego charakterystyki, a nie z któregoś z listków bocznych.

2.7.2. Anteny sektorowe stacji centralnej

Uchwyty antenowe dla anten sektorowych stacji centralnej nie muszą gwarantować braku drgań w takim stopniu jak dla anten linii radiowej.

Mocowanie anten powinno być tak skonstruowane, by (w zależności od rozwiązań mechanicznych zakupionych anten):

- możliwe było wykorzystanie skłonu (tiltu) mechanicznego w ramach zakresu regulacji przewidzianego przez producenta anteny,
- możliwe było zwiększenie tego skłonu ponad możliwości uchwytu anteny, o ile ze względu na pobliskie stacje terminalowe naturalny skłon anten mógłby okazać się niewystarczający.

Wszystkie azymuty anten sektorowych podane w projekcie muszą być utrzymane z tolerancją $\pm 3^\circ$.

Anteny stacji centralnej należy zamocować w takim miejscu remontowanej galerii, by nie dochodziło do ich „przesłaniania” w trakcie eksploatacji wieży wodnej.

2.7.3. Anteny terminali WiMax i urządzeń pasma 5 GHz

Konstrukcje wsporcze pod te anteny muszą być tak przygotowane, by łączna wysokość słupka i anteny wraz z krótkim ostrzem odgromowym nie przekraczała 3 m. Tylko wówczas zachowany będzie warunek prawny niedokonywania zgłoszenia robót budowlanych polegających na instalowaniu urządzeń (por. 2.7.7).

Podczas pracy terminala nie powinno dochodzić do przysłaniania anteny zarówno przez sąsiednie elementy budynku, jak i przez osoby doraźnie wykonujące prace na dachach. Zaleca się zastosowanie słownego ostrzeżenia (napis nie powinien mieć charakteru ostrzeżenia przed promieniowaniem, lecz przed utrudnieniem pracy urządzenia).

Ze względu na relatywnie szeroki kąt połowy mocy spotykanych terminali nie ma potrzeby bardzo precyzyjnego kierowania anten na stację centralną. Zaleca

się wykorzystywanie odczytu wskazań poziomu sygnałów, o ile będzie dostępny w stosowanych terminalach.

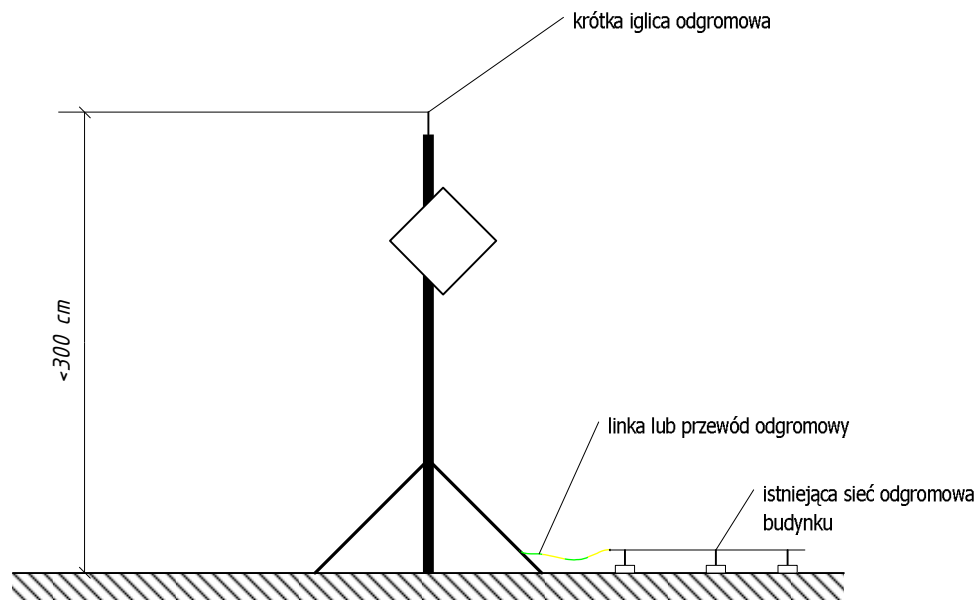
2.7.4. Zapobieganie powstaniu przepięć

Istnieje niebezpieczeństwo zaindukowania w metalowych konstrukcjach wsporczych anten (dotyczy wszystkich obiektów) napięć o wartościach groźnych dla ludzi lub sprzętu radiowego lub teleinformatycznego. Napięcia te mogą powstać przede wszystkim podczas wyładowań atmosferycznych.

Ponieważ groźne zarówno dla ludzi, jak i dla urządzeń, są nie tyle potencjały występujące podczas burz (potencjały te na elementach np. budynku często sięgają dziesiątków tysięcy woltów), co wyłącznie różnice tych potencjałów (czyli napięcia) pomiędzy pobliskimi elementami przewodzącymi, **wszystkie elementy metalowe związane z mocowaniem anten muszą być połączone do najbliższego elementu związanego ze zwodem odgromowym budynku.**

Uwaga: łączenie takie bywa często określane jako *uziemianie* stojaka lub anteny; nazwa ta jest źródłem licznych nieporozumień i szkodliwych zaniechań wynikających z niezrozumienia natury zjawisk przepięciowych.

Poniższy rysunek przedstawia schemat typowego mocowania anteny terminala na dachu budynku. Podobne zasady obowiązują także w przypadku wykorzystywania innego elementu budynku, np. komina.



Jeżeli budynek nie jest wyposażony w instalację odgromową, należy z lokalnym elektrykiem odpowiedzialnym za budynek rozstrzygnąć kwestię prowadzenia od stojaka antenowego nowego zwodu odgromowego. Należy jednak zakładać, że o ile przepisy nie nakazały dla danego budynku stosowania

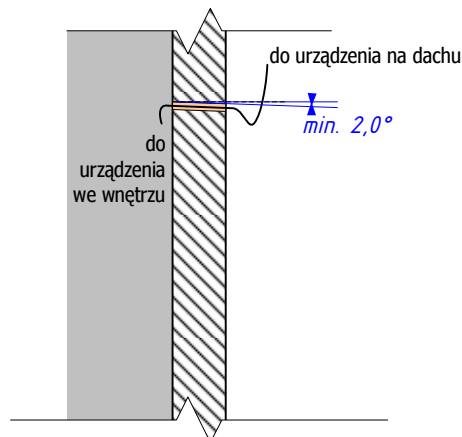
urządzenia odgromowego, nie należy go wprowadzać – stojak antenowy stałby się w takim przypadku samodzielny i jedynym urządzeniem odgromowym. Jest to uzasadnione tylko wówczas, gdyby po zainstalowaniu stojaka na budynku doszło do przekroczenia wysokości granicznej, zmieniając wymagania dotyczące obecności urządzenia odgromowego.

Jeżeli w pomieszczeniu, w którym zostanie zainstalowana część wewnętrzna stacji terminalowej, jest dostępny przewód o potencjale ziemi (nie przewód N sieci zasilającej!), można stosować ochronniki symetryczne na przewodach UTP/FTP.

2.7.5. Prowadzenie kabli sygnałowych

Kable sygnałowe od urządzeń zewnętrznych do pomieszczeń należy wprowadzać z możliwie małą ingerencją w przegrody budowlane. Nie jest dopuszczalne przeprowadzanie kabli przez ruchome części okien i drzwi.

W każdym przypadku wprowadzania kabli do pomieszczeń należy zapewnić szczelność przepustu oraz spad ku zewnątrz i pętlę na kablu, po której mogą ściekać krople wody deszczowej.



2.7.6. Pomiary pouruchomieniowe

Ze względu na stosowanie linii radiowej w obu stacjach linii radiowej zaleca się 24-godzinny pomiar jakości transmisji za pomocą specjalnego miernika po wykonaniu zapętlenia na jednej ze stacji.

Również istotny jest pomiar rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego po uruchomieniu linii radiowej. Takie pomiary muszą (zgodnie z ustawą *Prawo ochrony środowiska*) wykonać akredytowane laboratoria badawcze.

2.7.7. Zagadnienia związane z prawem ochrony środowiska i prawem budowlanym

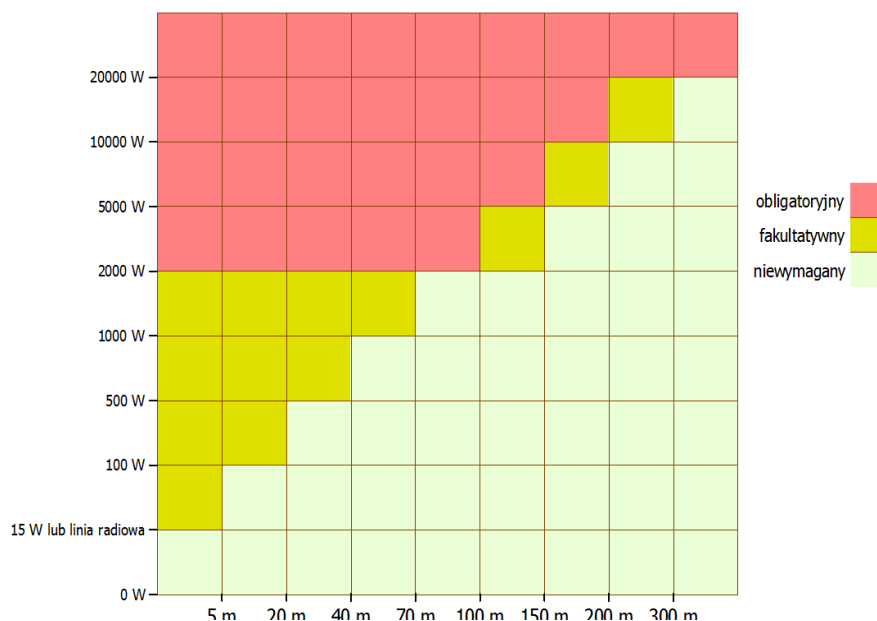
Obecny stan prawny (wrzesień 2009 r.) jest korzystny dla inwestycji tego rodzaju, jak sieci radiokomunikacyjne WiMax.

Zgodnie z ustawą *Prawo ochrony środowiska* organem kompetentnym do tworzenia katalogu przedsięwzięć mogących potencjalnie pogorszyć stan środowiska jest Rada Ministrów. Przedsięwzięcia zaliczone do tego katalogu podlegają obostrzeniom i bardziej złożonym procesom administracyjnym mającym doprowadzić do wiarygodnego udokumentowania zastosowania takich rozwiązań, które ostatecznie nie powodują powstania szkody środowiskowej.

Obowiązujące rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie *określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko* z 9 listopada 2004 roku definiuje zasady kwalifikowania instalacji emitujących promieniowanie elektromagnetyczne. Instalacje takie mogą być tylko wówczas traktowane jako mogące oddziaływać na środowisko (wówczas jest lub może być wymagane sporządzenie specjalnego *raportu środowiskowego*), gdy równocześnie:

- moc promieniowania (EIRP) w dowolnej antenie jest większa niż ustalona dla poszczególnych klas wartość graniczna — i
- odległość między tą anteną a miejscem dostępnym dla ludzi, liczona **wzdłuż kierunku maksymalnego promieniowania anteny**, jest mniejsza niż przypisana dla danej klasy mocy.

W skrótowny sposób wymagania prawne ilustruje poniższy rysunek:



Jak z tego przepisu wynika, dla anten linii radiowych oraz dla anten cechujących się EIRP nieprzekraczającą 15 W, nigdy nie wystąpi kwalifikacja jako instalacji wymagającej sporządzenia raportu środowiskowego (ani na fakultatywne żądanie organu, ani tym bardziej z obowiązku prawnego), co jest tożsame z określeniem, iż antena taka nigdy nie uzyska statusu *mogącej pogorszyć stan środowiska*.

Przy założeniu następujących realnych parametrów sprzętu radiowego WiMax:

- poziom mocy nadajnika: nie większy od +20 dBm $\hat{=}$ 0,1 W
- brak kabla łączącego nadajnik z anteną (tłumienność 0 dB),
- zysk energetyczny anteny o szerokości kąta poziomego połowy mocy 90°: +14 dBi

poziom mocy promieniowanej* EIRP wyniesie $+20 - 0 + 14 = +34$ dBm, co odpowiada mocy EIRP równej 2,5 W. W przypadku emisji na dwóch kanałach radiowych moc łączna wzrastałaby do 5 W. Jest to wartość daleka od granicznej wartości 15 W wynikającej z rozporządzenia Rady Ministrów.

Jak wspomniano, możliwe jest zawieszanie anten terminali i stacji centralnej w taki sposób, że łączna wysokość anteny wraz ze stojakiem (a więc *urządzenia* w rozumieniu *Prawa budowlanego*) nie przekroczy 3 m. W tej sytuacji zastosowania ma art. 29 i 30 *Prawa budowlanego*, które łącznie stanowią, iż instalowanie na istniejących budynkach urządzeń o wysokości nieprzekraczającej 3 m nie wymaga dokonywania zgłoszeń robót budowlanych, a tym bardziej uzyskiwania pozwolenia dla tych robót (tzw. pozwolenia na budowę).

Cały obowiązujący układ prawa stanowi zatem, iż urządzenia radiowe składające się na projektowaną sieć mogą być instalowane bez jakiegokolwiek działania formalnego związanego z organem administracyjnym. Oczywiście obowiązują przy tym przepisy prawa cywilnego związane z nabyciem prawa do przeprowadzenia instalacji oraz z odpowiedzialnością za ewentualne szkody wynikłe podczas instalacji lub w wyniku wadliwej instalacji.

* Możliwy do uzyskania ze względów konstrukcyjnych, a nie poziom stosowany w sieci śremskiej – por. punkt 2.5.4.