



KONCEPCJA TECHNICZNA SIECI SZEROKOPASMOWEJ GMINA MROZY

INWESTOR:

Urząd Gminy Mrozy
Mickiewicza 35
05-320 Mrozy

OPRACOWANIE:

STIMO Systemy Informatyczne
Ul. Sikorskiego 11a
38-400 KROSNO

Luty 2013

.....
(podpis)

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	3
1.1. Gmina Mrozy.....	3
1.2. Cel projektu.....	4
2. INFRASTRUKTURA TELEINFORMATYCZNA	5
2.1. Ogólne założenia	5
3. BUDOWA SIECI SZEROKOPASMOWEJ	6
3.1. Budowa hierarchiczna.....	6
3.1.1. Warstwa rdzenia	6
3.1.2. Warstwa dystrybucji	6
3.1.3. Warstwa dostępowa	7
3.2. Lokalizacje węzłów sieci.	7
3.2.1. Węzły rdzeniowe.....	7
3.2.2. Węzły dystrybucyjne.....	10
3.3. Budowa połączeń rdzeniowych	13
3.4. Budowa połączeń dystrybucyjnych.....	17
3.5. Budowa warstwy dostępowej	25
4. BUDOWA GWD	32
4.1. Adaptacja pomieszczenia na serwerownię	32
4.2. Wyposażenie GWD i CZ.....	33
5. KONFIGURACJA STRUKTURY LOGICZNEJ SIECI	34
5.1. Sieci VLAN	34
5.2. Quality of Service	34
5.3. System zarządzania użytkownikami i usługami.....	35
5.4. System monitoringu i logowania zdarzeń	37

1. Wstęp

1.1. Gmina Mrozy

Przedmiotem opracowania jest koncepcja budowy sieci szerokopasmowej, realizowanej w ramach projektu pn. „Przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu w Gminie Mrozy” w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, działanie 8.3 „Przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu – eInclusion”. Planowana do budowy infrastruktura sieciowa powinna obejmować swym zasięgiem większość terenów (miejscowości) gminy Mrozy.

Gmina Mrozy to gmina wiejska w województwie mazowieckim, w powiecie mińskim. Gmina zajmuje powierzchnię 14524 ha. Na tym obszarze mieszka 8642 osób, z których 3440 w samych – Mrozach.

W skład gminy wchodzi następujące miejscowości:

- **Borki**
- **Choszcze**
- **Dąbrowa**
- **Dębowce**
- **Gójszcz**
- **Grodzisk**
- **Guzew**
- **Jeruzal**
- **Kołacz**
- **Kruki**
- **Kuflew**
- **Lipiny**
- **Lubomin**
- **Łukówiec**
- **Mała Wieś**
- **Mrozy**
- **Natolin**
- **Płomieniec**
- **Rudka**
- **Skruda**
- **Sokolnik**
- **Topór**
- **Trojanów**
- **Wola Paprotnia**
- **Wola Rafałowska**



Rysunek 1 Gmina Mrozy

1.2. Cel projektu

Głównym celem projektu jest przeciwdziałanie zjawisku wykluczenia cyfrowego, jakie występuje wśród mieszkańców Gminy Mrozy, poprzez wyposażenie Beneficjentów projektu w sprzęt komputerowy, oraz zapewnienie usług szerokopasmowego dostępu do Internetu.

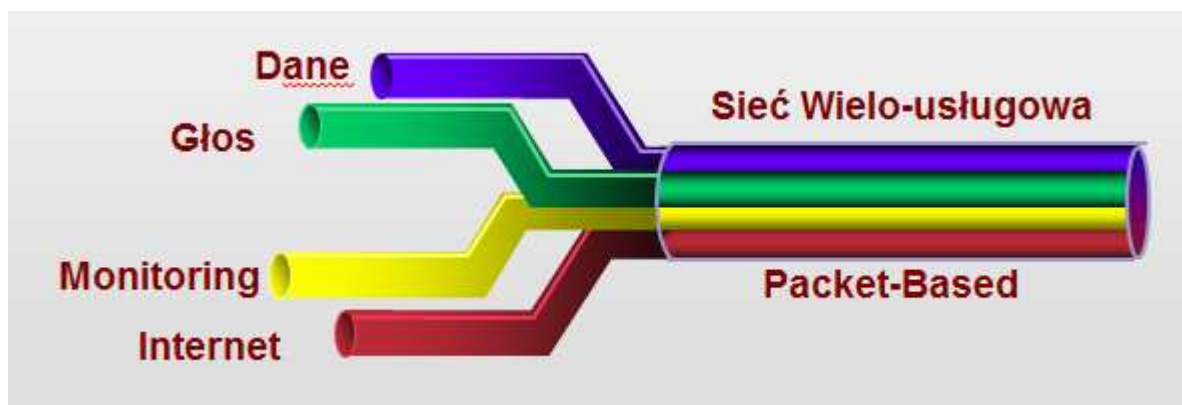
Realizacja projektu została podzielona na kilka etapów. W pierwszej fazie, zostały wykonane analizy terenowe (tzw. wizje lokalne) a następnie pomiary predykcyjne oraz planowanie radiowe, w konsekwencji, czego została opracowana niniejsza koncepcja budowanej infrastruktury. Założenia koncepcyjne zawarte w niniejszym dokumencie (po akceptacji Zamawiającego), będą stanowić podstawę do kolejnego etapu tj. opracowania dokumentacji technicznej wykonawczej. Kolejne etapy związane z budową poszczególnych elementów infrastruktury oraz innych zadań objętych projektem, będą realizowane zgodnie z przedstawionym harmonogramem wykonawczym.

2. Infrastruktura teleinformatyczna

2.1. Ogólne założenia

Celem przedsięwzięcia jest budowa infrastruktury teleinformatycznej oraz dostarczenie usług szerokopasmowego Internetu, tym samym zapobieganie zjawisku „wykluczenia cyfrowego” na obszarach Gminy Mrozy. Budowa infrastruktury teleinformatycznej i teletransmisyjnej powinna w sposób znaczący przyczynić się do rozwoju informatycznego regionów objętych projektem. Koncepcja, zakłada budowę uniwersalnej wydajnej i niezawodnej sieci transmisji danych oraz dostępu do szerokopasmowego Internetu, która będzie umożliwiać transmisje:

- ✓ usług danych,
- ✓ usług głosowych (telefonia IP, VoIP),
- ✓ usług szerokopasmowego dostępu do Internetu,
- ✓ usług monitoringu wizyjnego IP.
- ✓ usług wizyjnych: przesył multimedialnych



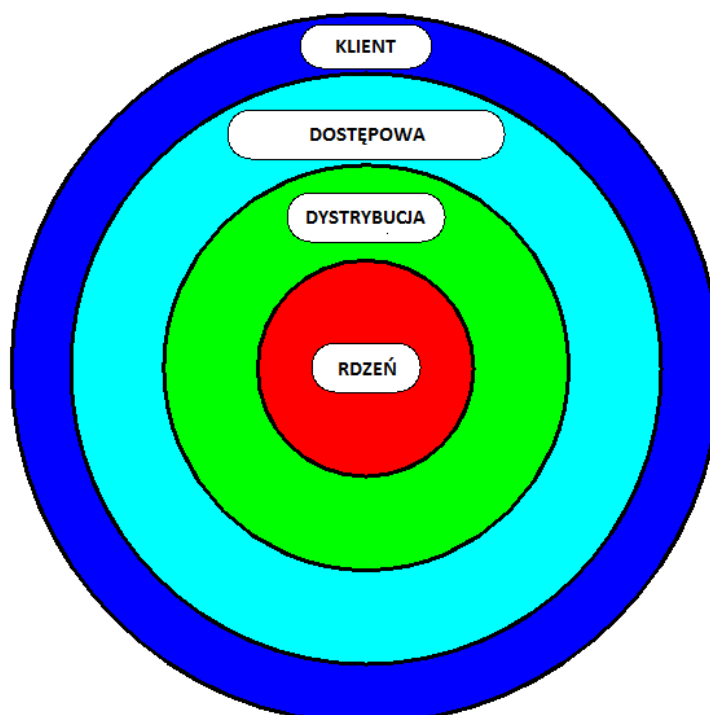
Rysunek 2 Sieć wielousługowa

Budowa Gminnej Sieci Szerokopasmowej znacząco przyczyni się do rozwoju terenów Gminy, będzie istotnym elementem wyrównania szans dla grupy Beneficjentów końcowych (gospodarstw domowych) objętych projektem, Jednostek Organizacyjnych Gminy oraz docelowo wszystkich mieszkańców Gminy Mrozy. Przyczyni się do szybszego rozwoju poprawy jakości życia społeczeństwa.

3. Budowa sieci szerokopasmowej

3.1. Budowa hierarchiczna

Inwestycja zakłada budowę infrastruktury wykorzystującej model hierarchiczny projektowania i budowy sieci transmisyjnych. W ramach sieci wyodrębniony zostanie szkielet sieci oraz stacje bazowe (węzły rdzeniowe), na bazie, którego powstanie warstwa dystrybucyjna (węzły dystrybucyjne), a w nich warstwa dostępową (beprzewodowe punkty dostępu oraz okablowanie poziome w ramach budynków). Kończącym etapem niniejszego opracowania będzie dobór wyposażenia Głównego Węzła Dystrybucyjnego oraz Centrum Zarządzania w sprzęt aktywny sieci oraz serwery usług.



Rysunek 3 Hierarchiczna budowa sieci

3.1.1. Warstwa rdzenia

Szkielet sieci (tzw. warstwa rdzenia) zostanie zbudowana w oparciu o Główny Węzeł Dystrybucji zlokalizowany w Szkole Podstawowej w Grodzisku oraz dodatkowe dwa Węzły Rdzeniowe. Poszczególne węzły rdzeniowe zostaną połączone wysokowydajnymi radioliniami pracującymi w paśmie licencjonowanym.

3.1.2. Warstwa dystrybucji

Warstwa dystrybucyjna – warstwa dystrybucji sieci zostanie zbudowana w oparciu o połączenia w częstotliwościach publicznych 5 GHz. Zadaniem tej warstwy jest dostarczanie wysokiej jakości usług transmisji danych, oraz mechanizmów QoS (Quality of Service) do punktów dostępowych sieci.

3.1.3. Warstwa dostępowa

Warstwa dostępowa zostanie zbudowana w oparciu o technologię WLAN (WiFi) zgodnie ze standardem IEEE 802.11g/n i IEEE 802.11a/n. Warstwa dostępowa sieci to newralgiczny element projektowanej infrastruktury, ponieważ odpowiada za obsługę stacji końcowych (Klienckich). Dobór odpowiednich urządzeń w tej warstwie, stanowi bardzo ważny aspekt w procesie realizacji budowy całej infrastruktury, ponieważ sieć dostępowa będzie w całości oparta o urządzenia pracujące w pasmach radiowych, niewymagających pozwolenia, a w związku z tym, szczególnie podatnych na zakłócenia i interferencje.

W Polsce pasma radiowe nie wymagające pozwolenia są uregulowane Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 24 października 2005r w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo- odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia (Dz.U z 2005r Nr 230, Poz. 1955). Zgodnie z tym rozporządzeniem, urządzenia radiowe mogą być stosowane bez pozwolenia jeżeli spełniają następujące warunki:

- a) w paśmie 2400 ÷ 2483,5 MHz - (standard: 802.11b/g)

stosują modulację szerokopasmową, moc wypromieniowywana EIRP jest mniejsza lub równa 100mW

- b) w paśmie 5470 ÷ 5725 MHz - (standard 802.11a)

pozwalają na sterowanie mocą (w zakresie minimum 3dB) w celu uniknięcia zakłóceń, umożliwiają dynamiczny wybór częstotliwości (DFS), moc wypromieniowywana EIRP jest nie większa niż 1W.

3.2. Lokalizacje węzłów sieci.

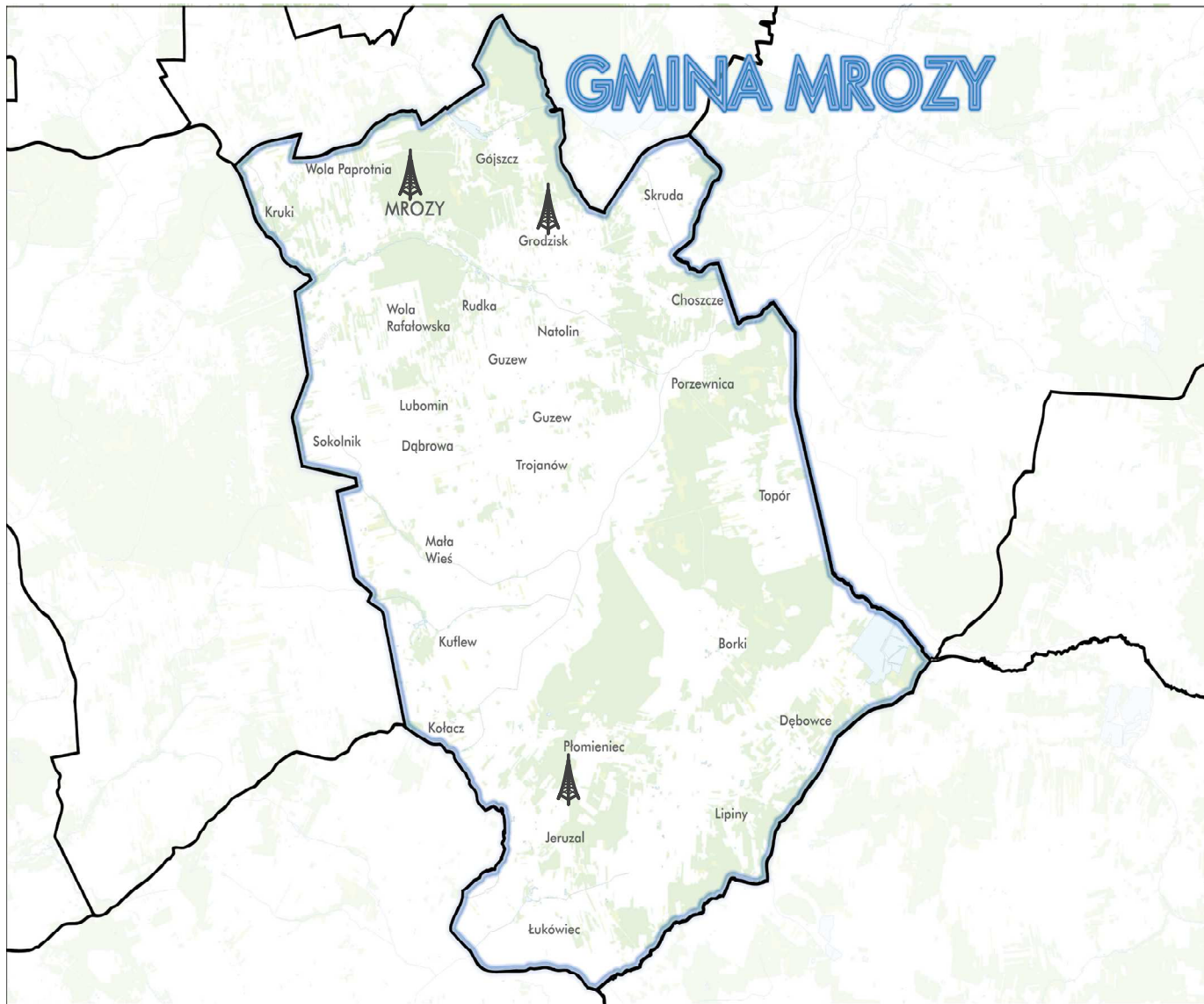
W celu wybrania optymalnej lokalizacji elementów infrastruktury sieciowej (węzłów sieci), wykonano szereg prac w terenie, takich jak wizje lokalne, pomiary radiowe oraz planowanie radiowe określające symulację pokrycia sygnałem radiowym terenu Gminy.

Uwzględniając wyniki i rezultaty prac terenowych, a także ukształtowanie terenu oraz planowany zasięg sieci wyznaczono optymalną lokalizację Głównego Wezła Dystrybucyjnego oraz 2 węzłów rdzeniowych (WR).

Planowanie radiowe zostało wykonane w oparciu o specjalistyczne oprogramowanie ATDI.

3.2.1. Węzły rdzeniowe.

Na rysunku poniżej zostały przedstawione lokalizację węzłów szkieletowych WR. Planowana jest budowa dwóch węzłów szkieletowych WR1 i WR2 oraz lokalizację Głównego Węzła Dystrybucyjnego (GWD).



Rysunek 4 Lokalizacja węzłów rdzeniowych

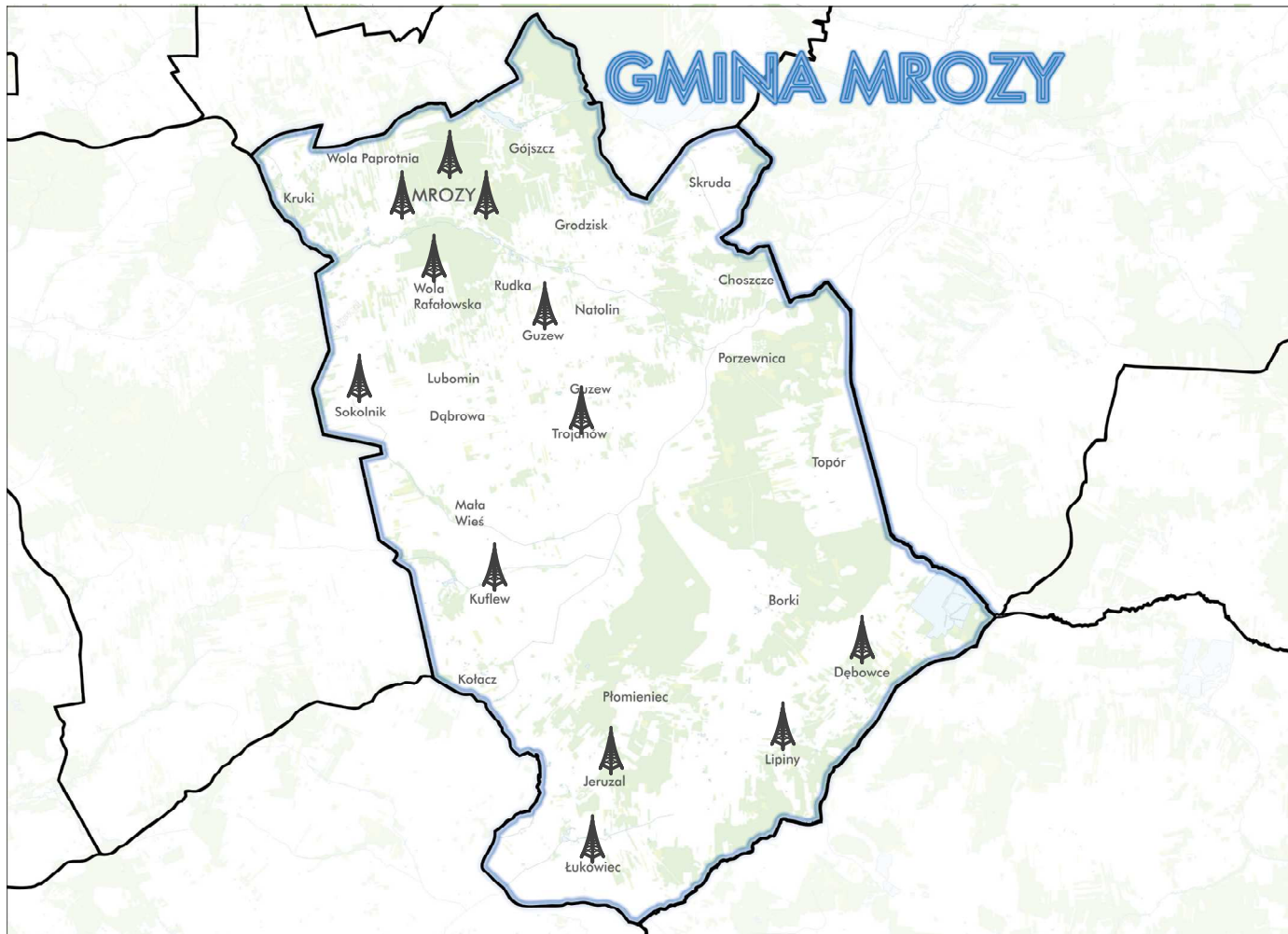
Poniższa tabela zawiera proponowane lokalizacje węzłów rdzeniowych oraz opis instalacji infrastruktury towarzyszącej:

Lp.	Węzeł	Lokalizacja	Współrzędne	Opis
1	GWD	Szkoła Podstawowa w Grodzisku	N 52° 9' 35.17" E 21° 51' 19.66"	Główna serwerownia (GWD) zlokalizowany zostanie w budynku Szkoły Podstawowej w Grodzisku, do tego celu wykorzystane zostanie pomieszczenie w nowej części budynku zlokalizowane na parterze szkoły. Sygnał radiowy będzie przesyłany radioliniami pracującymi w paśmie chronionym, które zostaną zainstalowane na istniejącym maszcie kratownicowym. Widoczność optyczna: WR01 Kościół w Mrozach, WR02 Maszt Płomieniec, WD5, WD7.
2	WR01	Parafia Rzymskokatolicka św. Teresy od Dzieciątka Jezus Ul. Św Teresy 3	N 52° 10' 0.71" E 21° 47' 56"	Na budynku Kościoła w Mrozach zainstalowany zostanie uchwyt antenowy o wysokości 3m. Symulacja z wykorzystaniem oprogramowania ATDI oraz pomiary w terenie dowodzą, że z tej wysokości będzie bezpośrednia widoczność optyczna do obiektów: GWD, WD01, WD02, WR03, WD09.
3	WR02	Jeruzal maszt na gruncie dz. 693	N 52° 4' 19.12" E 21° 51' 34.06"	Na gruncie w miejscowości Jeruzal zainstalowana zostanie wieża stalowa lub strunobetonowa. Z planowania radiowego wynika że niezbędna minimalna wysokość konstrukcji to około 30-35 m. Po wybudowaniu konstrukcji planuje się osiągnąć widoczność optyczną z punktami: GWD, WD04, WD8, WD11, WD12

Tabela 1 Lokalizacja węzłów rdzeniowych

3.2.2. Węzły dystrybucyjne.

W ramach budowy sieci szerokopasmowej na terenie gminy Mrozy planowana jest budowa 12 węzłów dystrybucyjnych sieci. Poniżej przedstawiamy planowaną lokalizację węzłów oraz opis niezbędnej infrastruktury towarzyszącej.



Rysunek 5 Lokalizacja węzłów dystrybucyjnych

Lp.	Węzeł	Lokalizacja	Współrzędne	Opis
1	WD01	SP Mrozy Ul. Szkolna 2	N 52° 10' 7.87" E 21° 48' 25.07"	Panowana instalacja uchwytu antenowego typu obejmia kominowa. Na podstawie wniosków z wizji lokalnej stwierdzono widoczność optyczna do węzła rdzeniowego WR01
2	WD02	Zespół Szkół w Mrozach Ul. Licealna 3	N 52° 9' 24.09" E 21° 48' 5.24"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy. Z planowania radiowego wynika że minimalna wysokość masztu to 12 m. Rozpiętość dachu pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 12 m uzyskamy widoczność optyczna do WR01 .
3	WD03	Biblioteka Publiczna w Mrozach	N 52° 9' 53.96" E 21° 48' 8.91"	Na budynku zainstalowany zostanie uchwyt typu obejmia kominowa. Pomiary w terenie potwierdzają widoczność optyczną do WR01.
4	WD04	Szkoła Podstawowa w Jeruzalu	N 52° 4' 3.34" E 21° 50' 57.75"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy. Z planowania radiowego wynika że wysokość masztu to minimum 12 m . Rozpiętość dachu pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 12 m uzyskamy widoczność optyczna do WR02.
5	WD05	Kościół Kuflew	N 52° 09' 99" E 21° 79' 99"	Na wieży kościelnej talowany zostanie uchwyt typu obejmia. Symulacja oprogramowaniem ATDI oraz pomiary w terenie dowodzą, że z wieży uzyskamy widoczność optyczną do WR1.
6	WD06	Trojanów Budynek OSP	N 52° 7' 25.26" E 21° 51' 21.02"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy o wysokości 4m. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 4 m uzyskamy widoczność optyczna do WD07.
7	WD07	Guzew Dom Gminny	N 52° 8' 23.21" E 21° 50' 45.66"	Na budynku zainstalowany zostanie uchwyt typu obejmia kominowa. Symulacja oprogramowaniem ATDI oraz pomiary w terenie dowodzą, że jest widoczność optyczna do GWD.
8	WD8	Dębowce Teren OSP	N 52° 4' 41.28" E 21° 55' 59.26"	Na działce 670/1 zainstalowany zostanie stalowy maszt kratownicowy o wysokości minimum 25m. Rozpiętość działki pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą, że z wysokości 25 m uzyskamy widoczność optyczna do WR2.
9	WD09	Sokolnik Budynek OSP	N 52° 7' 54.27" E 21° 47' 40.5"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy. Z planowania radiowego wynika że wysokość masztu to minimum 12 m . Rozpiętość dachu pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 12 m uzyskamy widoczność optyczna do WR01
10	WD10	Wola Rafałowska Budynek OSP	N 52° 8' 47.96" E 21° 48' 21.17"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy o wysokości 12m. Rozpiętość dachu pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 12 m uzyskamy widoczność optyczna do WD09.

11	WD11	Łukówiec Budynek OSP	N 52° 3' 11.35" E 21° 51' 6.65"	Na budynku zlokalizowany zostanie maszt kratownicowy o wysokości 12m. Symulacja oprogramowaniem ATDI oraz pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 12 m uzyskamy widoczność optyczną do WR2.
12	WD12	Lipiny Szkoła Niepubliczna	N 52° 4' 14.53" E 21° 54' 30.07"	Na budynku zainstalowany zostanie aluminiowy maszt kratownicowy o wysokości 16m. Rozpiętość dachu pozwala na zainstalowanie takiego masztu. Pomiary w terenie dowodzą że z wysokości 16 m uzyskamy widoczność optyczną do WR2.

Tabela 2 Lokalizacja węzłów dystrybucyjnych

Sumarycznie planuje się wybudowanie następującej ilości konstrukcji wsporczych pod anteny typu WIEŻA / MASZT:

LP.	RODZAJ	WYSOKOŚĆ	ILOŚĆ PLANOWANA
1.	WIEŻA STALOWA	30-40 m	1 szt
2.	MASZT STALOWY	20-30 m	1 szt
3.	MASZT ALUMINIOWY	16 m	1 szt
4.	MASZT ALUMINIOWY	12 m	5 szt
5.	MASZT ALUMINIOWY	4 m	1 szt

Tabela 3 Konstrukcje budowlane

Łączna ilość planowanych masztów oraz wież wynosi: 9 szt.
Minimalna ilość wymagana w PFU: 5 szt.

3.3. Budowa połączeń rdzeniowych

Warstwa rdzenia zostanie w całości wybudowana z wykorzystaniem radiolinii klasy operatorskiej. Parametry radiolinii zostały dobrane z uwzględnieniem takich czynników jak:

- przepustowość,
- odległość,
- dostępność,

W celu podniesienia niezawodności i zapewnienia odpowiedniej przepustowości w w warstwie rdzenia zostaną wykorzystane radiolinie wspierające modulację adaptacyjną. Planowane jest wykorzystanie urządzeń z linii iPasolink 200 produkowanych przez firmę NEC.

NEC iPasolink jest innowacyjnym, kompleksowym rozwiązaniem sieciowym wykorzystywanym przez operatorów telekomunikacyjnych, charakteryzuje on się wysoką przepustowością i niezawodnością. System ten został zaprojektowany jako innowacyjna mikrofalowa platforma radiowa relacji punkt-punkt (radiolinia), dedykowana do przenoszenia ruchu Ethernet (interfejsy zarówno Fast jak i Gigabit Ethernet) i opcjonalnej teletransmisji PDH. Rozwiązanie to charakteryzuje ponadto szeroka gama dostępnych trybów pracy i przepustowości – dowolnie rozszerzalnych, bez potrzeby wprowadzania żadnych zmian sprzętowych.



Rysunek 6 Radiolinia NEC iPasolink

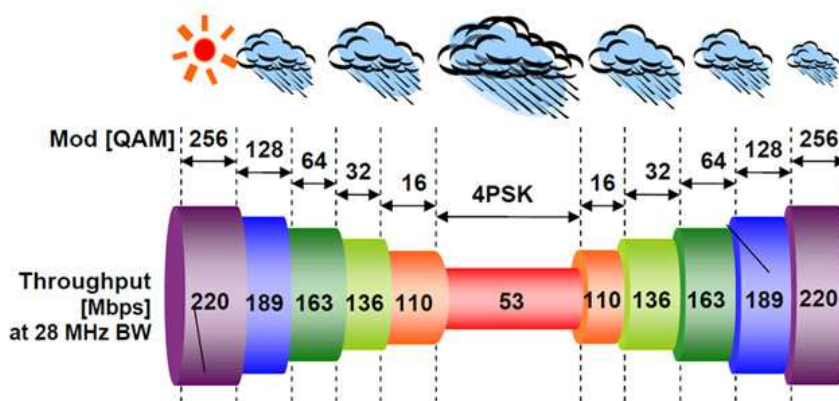
Najważniejsze cechy radiolinii to imponujące przepustowości, niezwykle duża skalowalność i zaawansowane funkcjonalności sieciowe w tym zgodność ze standardami Metro, Ethernet.

Cechy charakterystyczne iPasolink gwarantujące niezawodność i wydajność projektowanej sieci:

- wspieranie pasm licencjonowanych w szerokim zakresie od 6 do 42 GHz
- wsparcie dla transmisji w kanałach o szerokości od 7 MHz do 56 MHz
- wspieranie przepustowości od 10 do 400 Mbps na jednej nośnej radiowej (praca z modulacjami od QPSK do 256 QAM)
- efektywny mechanizm QoS

Dodatkowo, przy wykorzystaniu unikatowej Modułacji Adaptacyjnej (Adaptive Code & Modulation - ACM), niezawodność połączenia radiowego znacząco wzrasta, gdyż podczas załamania warunków propagacyjnych (głównie pogodowych) radiolinia zmniejsza jedynie przepustowość i w ten sposób zapobiega zerwaniu połączenia.

W przypadku systemów tradycyjnych (bez możliwości dynamicznej zmiany parametrów transmisyjnych) z góry ustala się modulację i szerokość kanału biorąc głównie pod uwagę determinowaną przez nie czułość odbiornika. Następnie w oparciu o ten parametr, w bilansie łącza, zapewnia się odpowiedni margines mocy na wypadek dodatkowych tłumień spowodowanych np. opadem deszczu. W rezultacie montuje się odpowiednio duże anteny, co znacznie podwyższa koszt wdrożenia i obsługi takiego łącza. Dzięki Adaptacyjnej Modułacji możliwe jest wykorzystanie mniejszych anten i w rezultacie ustalenie mniejszego marginesu mocy. W przypadku pogorszenia jakości sygnału radiowego radiolinia zmniejszy wartościowość modulacji, podnosząc tym samym czułość odbiornika, dzięki czemu jedynym efektem pogorszenia warunków propagacyjnych będzie mniejsza przepustowość łącza transmisyjnego, a nie jego zerwanie.



Rysunek 7 Modułacja adaptacyjna ACM

Poniższa tabela przedstawia propozycje minimalnych przepustowości osiągniętych pomiędzy węzłami rdzeniowymi wraz z wyliczeniem średniorocznej dostępności linii radiowej dla proponowanego pasma przenoszenia:

L.P.	POŁĄCZENIE	ODLEGŁOŚĆ	PRZEPUSTOWOŚĆ	PASMO	DOSTĘPNOŚĆ
1	GWD-WR01	3950m	80 Mbit/s FD	38 Ghz/14 Mhz	99,99 %
2	GWD-WR02	9730m	80 Mbit/s FD	13 Ghz/14 Mhz	99,99 %

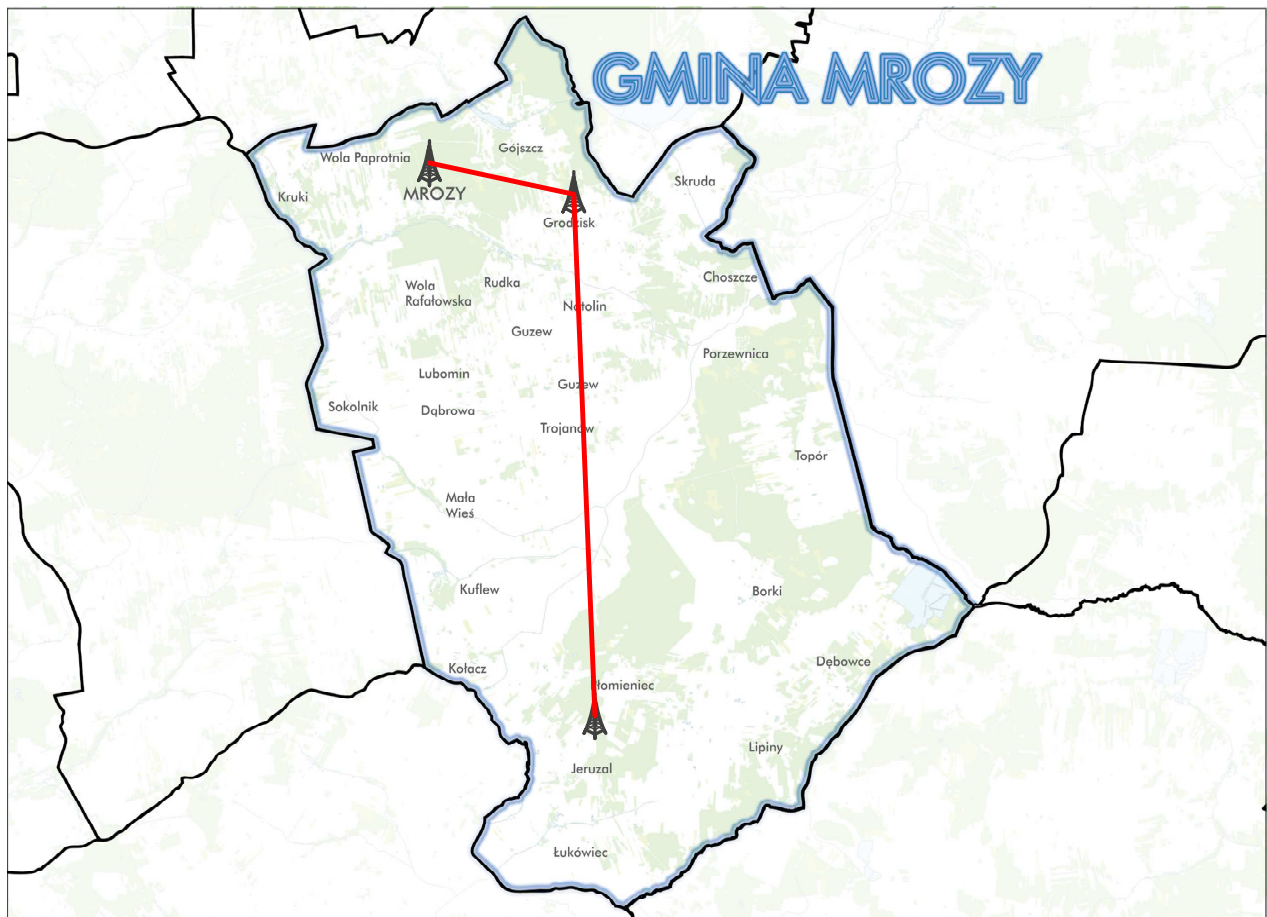
Tabela 4 Zestawienie połączeń rdzeniowych

Radiolinie dostały dobrane z uwzględnieniem zarówno długości połączeń jak i wysokości opłat odprowadzanych do Urzędu Komunikacji Elektronicznej. Ze względu na ograniczenie obciążeń finansowych związanych z odprowadzaniem opłat za dzierżawę pasma radiolinie dobrano z założeniem wykorzystania zaawansowanych technik modulacji (256QAM) oraz licencji ACM pozwalających na adaptacyjne zmniejszanie modulacji w przypadku złych warunków propagacyjnych wywołanych zmiennymi warunkami. Urzędu Komunikacji Elektronicznej, proponuje się wykorzystywanie częstotliwości z zakresu 32 – 38 Ghz przy wysokich modulacjach (256QAM).

Dodatkowo, aby zwiększyć średnioroczną dostępność połączenia proponujemy doposażenie LR w licencji ACM pozwalające na adaptacyjne zmniejszenie modulacji w przypadku złych warunków propagacyjnych.

Planowane koszty roczne utrzymania pasma dla sieci opartej o radiolnie i przepustowościach jak w tabeli nr 4 kształtują się następująco:

- ✓ LR na pasmo 38 Ghz: 1000 zł/rok – minimalna dostępność na poziomie 99,99 %
- ✓ LR na pasmo 13 Ghz: 5000 zł/rok – minimalna dostępność na poziomie 99,99 %



Rysunek 8 Schemat połączeń rdzeniowych z wykorzystaniem LR

Poniżej przedstawiamy przekroje terenowe oraz obliczenia budżetu dla połączeń radioliniowych pracujących w paśmie chronionym:

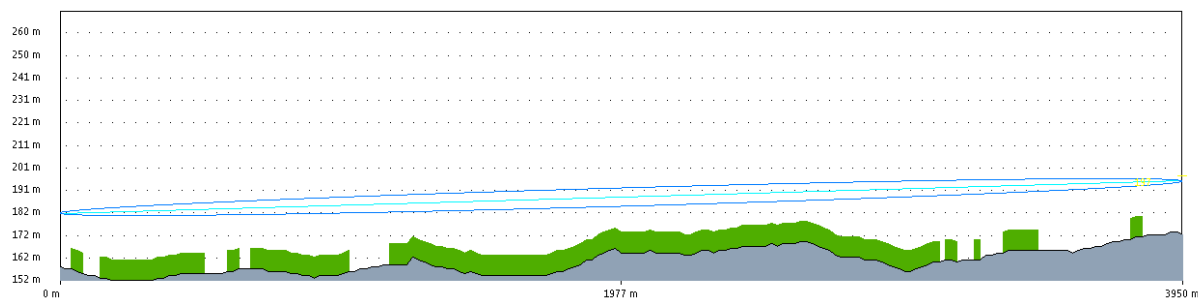
Połączenie: GWD-WR01

PATH BUDGET

Station A	Station B
Szkoła Grodzisk Serwerown	Kościół MROZY
MR_01	MR_17
158.00 meters (DTM altitude+clutter)	172.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51197 52.09352 158 4DMS	21.47560 52.10007 172 4DMS
H-angle 280.80 degrees	H-angle 100.80 degrees

distance between stations: 3.95 km

Profil terenu:



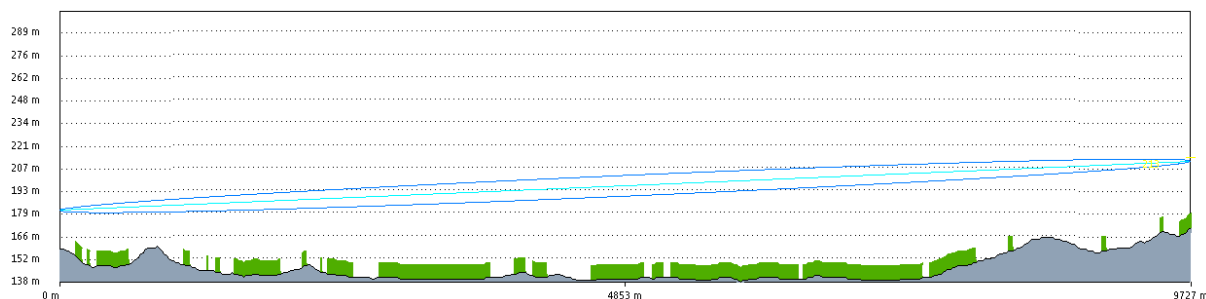
Połączenie: GWD-WR02

PATH BUDGET

Station A	Station B
Szkoła Grodzisk Serwerown	Jeruzal GRUNT
MR_01	MR_15
158.00 meters (DTM altitude+clutter)	171.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51197 52.09352 158 4DMS	21.51519 52.04214 171 4DMS
H-angle 175.75 degrees	H-angle 355.75 degrees

distance between stations: 9.73 km

Profil terenu:



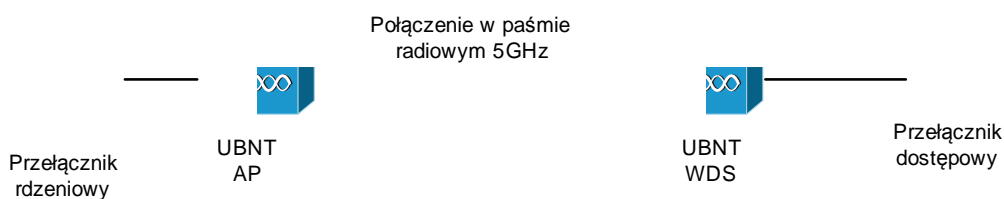
3.4. Budowa połączeń dystrybucyjnych

Warstwa dystrybucji zaplanowana została w paśmie 5GHz w technologii zwielokrotnienia torów radiowych MIMO. Planuje się wykorzystanie urządzeń firmy Ubiquiti.



Rysunek 9 Urządzenia Ubiquiti 5GHz

PowerBridge M5 oraz NanoBridge M5 to kompletne rozwiązanie dla ISP do zastosowań zewnętrznych, zaprojektowane zostało z myślą o profesjonalnych rozwiązaniach wireless. Urządzenie łączy w sobie nowoczesny innowacyjny, estetyczny wygląd oraz najnowsze osiągnięcia technologiczne. Antena o zysku >23dBi, umożliwiające tworzenie pewnych, szybkich 150+Mbps połączeń wireless w częstotliwości 5 GHz, na odległości do 20km.



Rysunek 10 Połączenie dystrybucyjne

Proponujemy zestawienie połączeń między węzłami zgodnie z poniższą tabelą:

L.P.	POŁĄCZENIE	PRZEPUSTOWOŚĆ	PASMO
1	WR01-WD01	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
2	WR01-WD02	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
3	WR01-WD03	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
4	WR01-WD09	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
5	WR02-WD04	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
6	WR02-WD11	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
7	WR02-WD12	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
8	WR02-WD08	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
9	WR01-WD05	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
10	GWD-WD07	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
11	WD07-WD06	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO
12	WD09-WD10	Do 300Mbit TDD – 802.11n	5 Ghz MIMO

Tabela 5 Zestawienie połączeń dystrybucyjnych

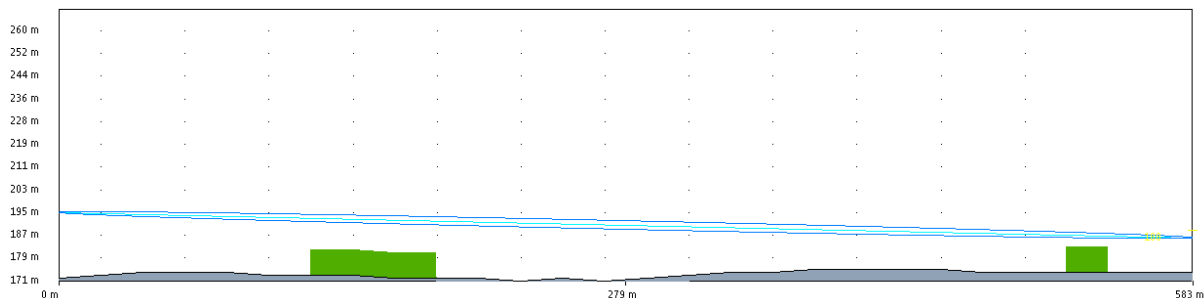
Połączenie: WR01-WD01

PATH BUDGET

Station A	Station B
Kościół MROZY	Szkoła Podstawowa Mrozy
MR_17	MR_02
172.00 meters (DTM altitude+clutter)	174.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.47560 52.10007 172 4DMS	21.48251 52.10079 174 4DMS
H-angle 67.83 degrees	H-angle 247.83 degrees

distance between stations: 0.58 km

Profil terenu:



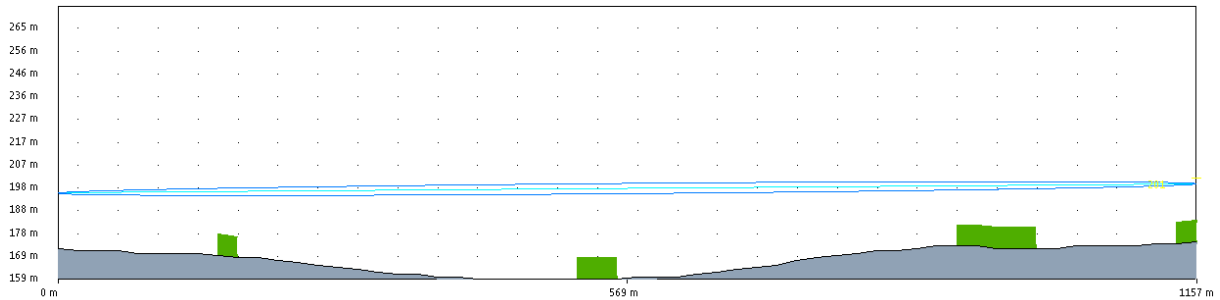
Połączenie: WR01-WD02

PATH BUDGET

Station A	Station B
Kościół MROZY MR_17	Zespół Szkół przy Hali MR_03
172.00 meters (DTM altitude+clutter)	175.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.47560 52.10007 172 4DMS	21.48054 52.09241 175 4DMS
H-angle 170.05 degrees	H-angle 350.05 degrees

distance between stations: 1.16 km

Profil terenu:



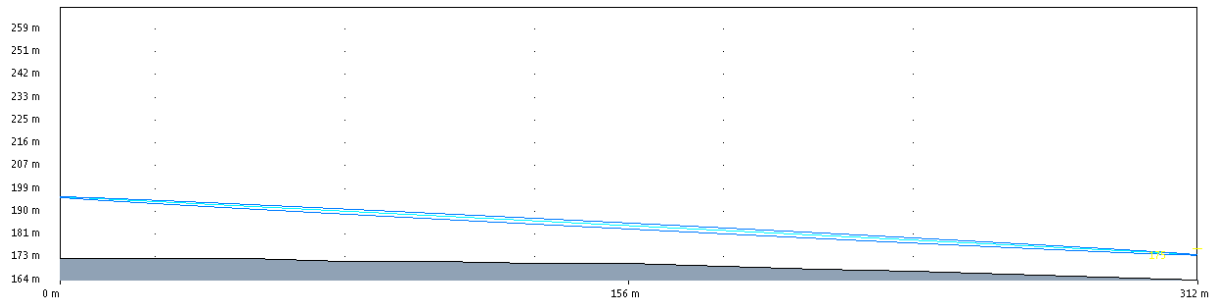
Połączenie: WR01-WR03

PATH BUDGET

Station A	Station B
Kościół MROZY MR_17	Biblioteka Publiczna Mroz MR_04
172.00 meters (DTM altitude+clutter)	164.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.47560 52.10007 172 4DMS	21.48089 52.09540 164 4DMS
H-angle 129.81 degrees	H-angle 309.81 degrees

distance between stations: 0.31 km

Profil terenu:



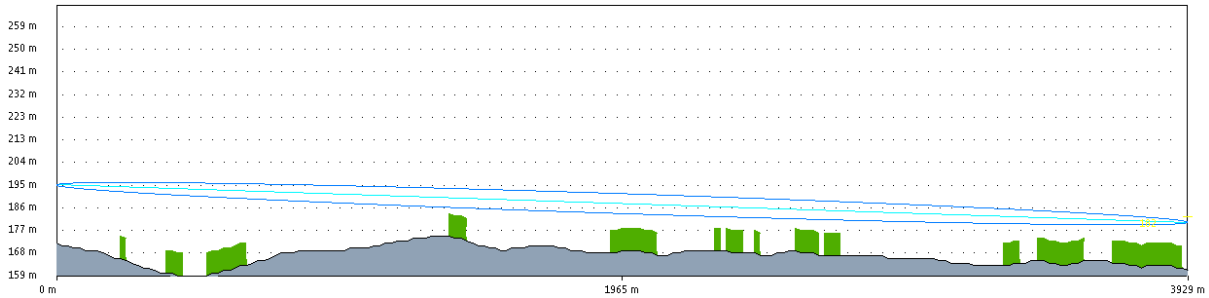
Połączenie: WR01-WD09

PATH BUDGET

Station A	Station B
Kościół MROZY	Sokolnik OSP
MR_17	MR_10
172.00 meters (DTM altitude+clutter)	161.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.47560 52.10007 172 4DMS	21.47405 52.07543 161 4DMS
H-angle 183.79 degrees	H-angle 3.79 degrees

distance between stations: 3.93 km

Profil terenu:



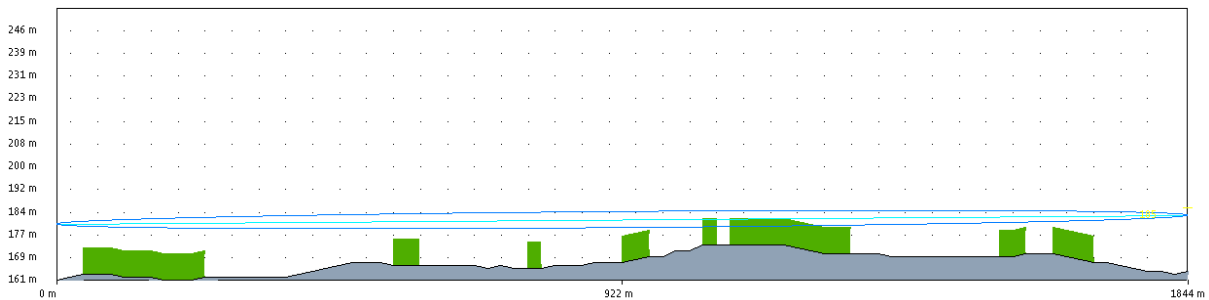
Połączenie: WD09-WD10

PATH BUDGET

Station A	Station B
Sokolnik OSP	Wola Rafałowska OSP
MR_10	MR_11
161.00 meters (DTM altitude+clutter)	164.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.47405 52.07543 161 4DMS	21.48212 52.08480 164 4DMS
H-angle 24.34 degrees	H-angle 204.34 degrees

distance between stations: 1.84 km

Profil terenu:



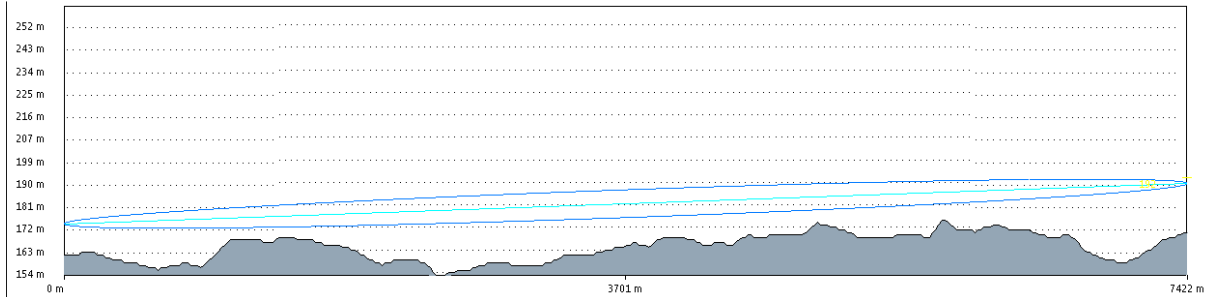
Połączenie: WR01-WD05

PATH BUDGET

Station A	Station B
Kuflew KOŚCIÓŁ	Mrozy Kościół
MR_16	CZ_WR01SP
162.00 meters (DTM altitude+clutter)	171.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.80000 52.10000 162 4DEC	21.79899 52.16663 171 4DEC
H-angle 358.76 degrees	H-angle 178.76 degrees

distance between stations: 7.42 km

Profil terenu:



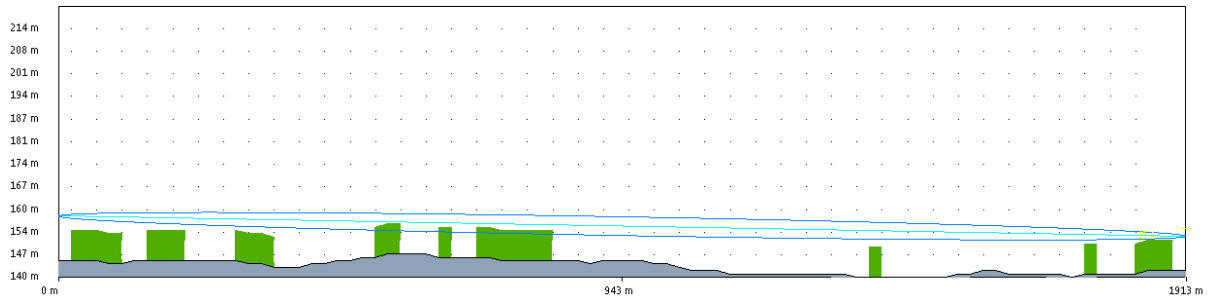
Połączenie: WD07-WD06

PATH BUDGET

Station A	Station B
Guzew dom gminny	Trojanót OSP
MR_08	MR_07
145.00 meters (DTM altitude+clutter)	142.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.50457 52.08232 145 4DMS	21.51210 52.07253 142 4DMS
H-angle 158.53 degrees	H-angle 338.53 degrees

distance between stations: 1.91 km

Profil terenu:



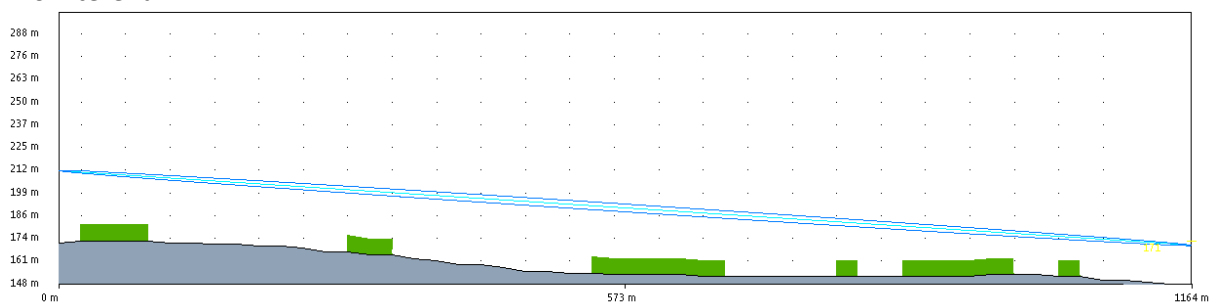
Połączenie: WR02-WD04

PATH BUDGET

Station A	Station B
Jeruzal GRUNT	Szkoła podstawowa Jeruzal
MR_15	MR_05
171.00 meters (DTM altitude+clutter)	148.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51519 52.04214 171 4DMS	21.50577 52.04033 148 4DMS
H-angle 241.23 degrees	H-angle 61.23 degrees

distance between stations: 1.16 km

Profil terenu:



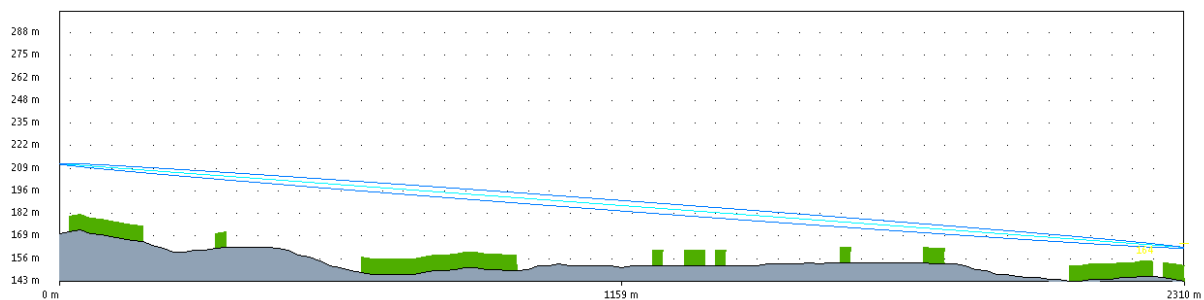
Połączenie: WR02-WD11

PATH BUDGET

Station A	Station B
Jeruzal GRUNT	Łukowiec DSP
MR_15	MR_12
171.00 meters (DTM altitude+clutter)	143.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51519 52.04214 171 4DMS	21.51067 52.03113 143 4DMS
H-angle 200.79 degrees	H-angle 20.79 degrees

distance between stations: 2.31 km

Profil terenu:



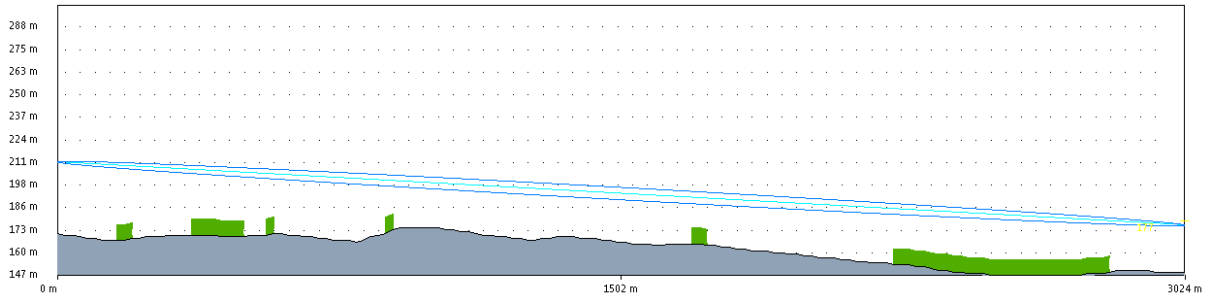
Połączenie: WR02-WD12

PATH BUDGET

Station A	Station B
Jeruzal GRUNT	Lipiny szkoła niepubliczn
MR_15	MR_13
171.00 meters (DTM altitude+clutter)	149.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51519 52.04214 171 4DMS	21.54301 52.04145 149 4DMS
H-angle 93.03 degrees	H-angle 273.03 degrees

distance between stations: 3.02 km

Profil terenu:



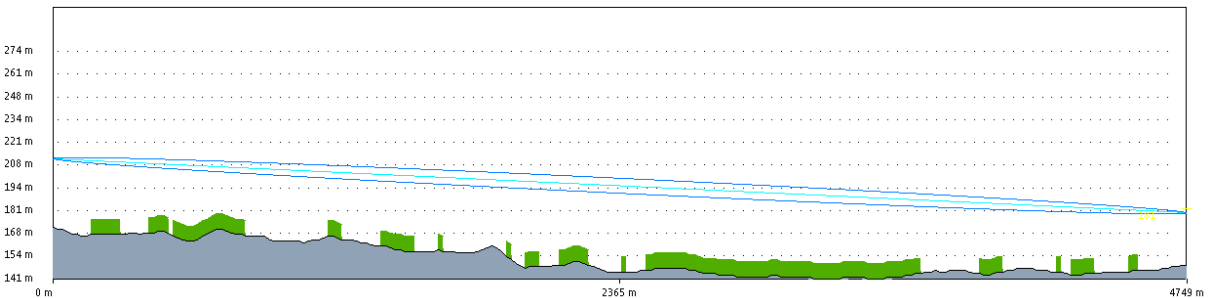
Połączenie: WR02-WD08

PATH BUDGET

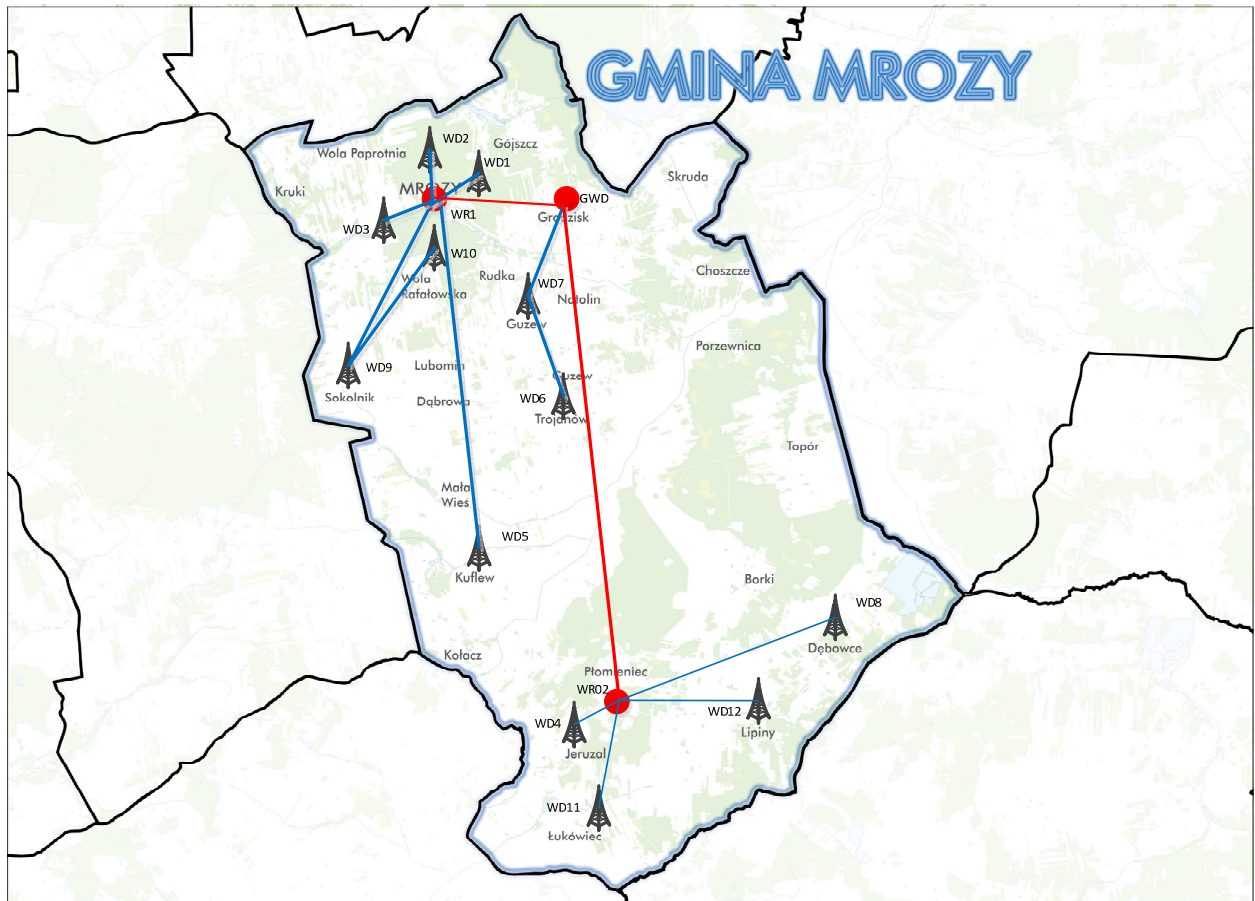
Station A	Station B
Jeruzal GRUNT	Dębowce GRUNT przy remizi
MR_15	MR_14
171.00 meters (DTM altitude+clutter)	149.00 meters (DTM altitude+clutter)
21.51519 52.04214 171 4DMS	21.55593 52.04413 149 4DMS
H-angle 81.77 degrees	H-angle 261.77 degrees

distance between stations: 4.75 km

Profil terenu:



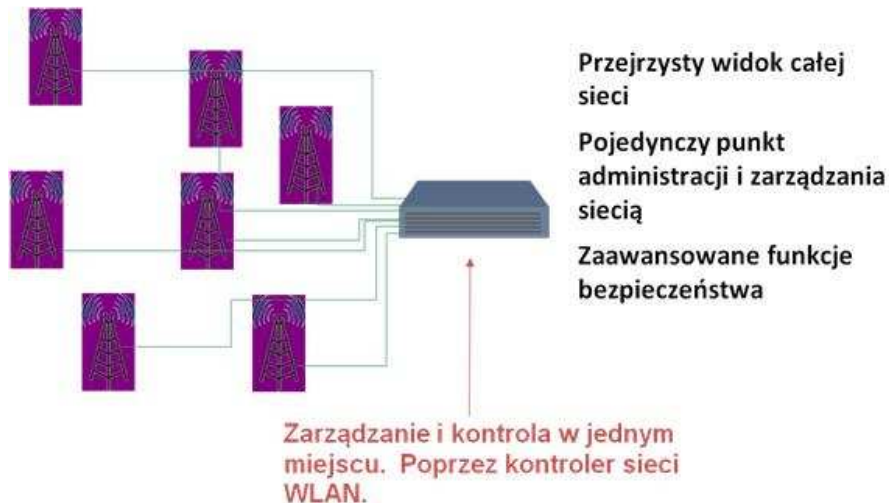
Poniższy rysunek przedstawia schemat połączeń rdzeniowych oraz dystrybucyjnych. Połączenia rdzeniowe oznaczone zostały kolorem czerwonym natomiast połączenia dystrybucyjne kolorem niebieskim.



Rysunek 11 Schemat połączeń rdzeniowych i dystrybucyjnych

3.5. Budowa warstwy dostępowej

Planuje się budowę warstwy dostępowej w oparciu o elementy i urządzenia wchodzące w skład architektury sieci Cisco Unified Wireless Network opracowanej przez firmę Cisco Systems. W przyjętym modelu centralny kontroler sieci WiFi zarządza punktami dostępowymi, automatycznie dopasowując ich parametry radiowe by zminimalizować zewnętrzne zakłócenia, zniwelować braki pokrycia oraz zapewnić maksymalną możliwą przepustowość. Umożliwia centralne konfigurowanie urządzeń, implementację jednolitej strategii bezpieczeństwa oraz dostęp do statystyk ruchu.



Rysunek 12 Schemat infrastruktury dostępowej z wykorzystaniem kontrolera

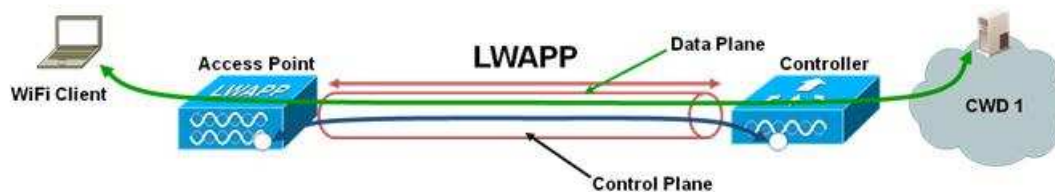
Takie rozwiązanie zapewni wysoką dostępność systemu oraz odporność na zakłócenia i interferencje, co wpływa, na jakość transmisji w warstwie dostępowej (PD - Klient). Komunikacja kontrolera z urządzeniami dostępowymi AP (ang. access point – punkt dostępu) odbywa się za pomocą protokołu LWAPP (LightWeight Access Point Protocol).



Rysunek 13 Komunikacja AP z kontrolerem sieci z wykorzystaniem protokołu LWAPP

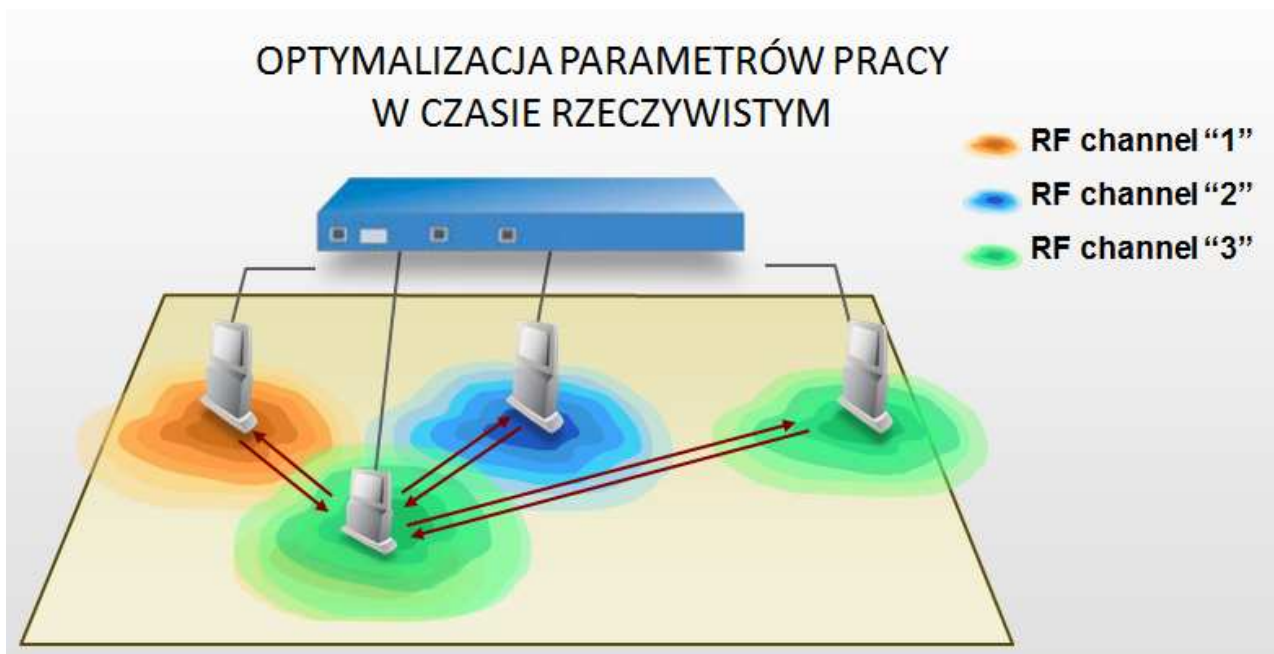
LWAPP przenosi 2 rodzaje ruchu:

- ✓ ruch sterujący - Control Plane - szyfrowany algorytmem AES-CCM
- ✓ ruch danych - Data Plane - związany z transmisją danych dla Klientów



Rysunek 14 Enkapsulacja ruchu w LWAPP

W odróżnieniu od tradycyjnych sieci WLAN, sieci budowane w oparciu o LWAPP potrafią samodzielnie zarządzać kanałami radiowymi i dynamicznie je przydzielać. Posiadają scentralizowany interfejs do zarządzania polisami, zarówno bezpieczeństwa, QoS jak i przydziału klientów do odpowiednich VLAN-ów.



Rysunek 15 Automatyczna optymalizacja parametrów pracy przez kontroler WLC

Planuje się instalacje punktów dostępowych pracujących w paśmie 5 GHz oraz 2,4 GHz, w obu częstotliwościach dodatkowo wykorzystywane będą techniki MIMO pozwalające na znaczące zwiększenie przepustowości sieci oraz penetracji terenu sygnałem radiowym.

Projekt zakłada podłączenie 13 jednostek samorządowych oraz 55 beneficjentów indywidualnych. Poniższa tabela przedstawia planowany sposób podłączenia JST do budowanej sieci:

Lp.	Oznaczenie węzła	Adres	Planowany sposób podłączenia
1	WD01	Ul. Szkolna 2	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
2	WD02	Ul.Licealna 3	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
3	WD03	UL.Kilińskiego 5	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
4	WD04	UL.Szkolna 8	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
5	WD05	Kościół Kuflew	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
6	WD06	Trojanów OSP	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
7	WD07	Guzew Dom Gminny	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
8	WD8	Dębowce działka 670/1	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
9	WD09	Sokolnik OSP	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
10	WD10	Wola Rafałowska OSP	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
11	WD11	Łukówiec OSP	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
12	WD12	Lipiny Szkoła Niepubliczna	Podłączenie drogą radiową w technologii punkt-punkt w paśmie 5Ghz
13	GWD	Grodzisk Szkoła	Główny Węzeł Dystrybucyjny (punkt styku z łączem operatorskim)

Tabela 6 Planowany sposób podłączenia jednostek samorządu z budowaną siecią

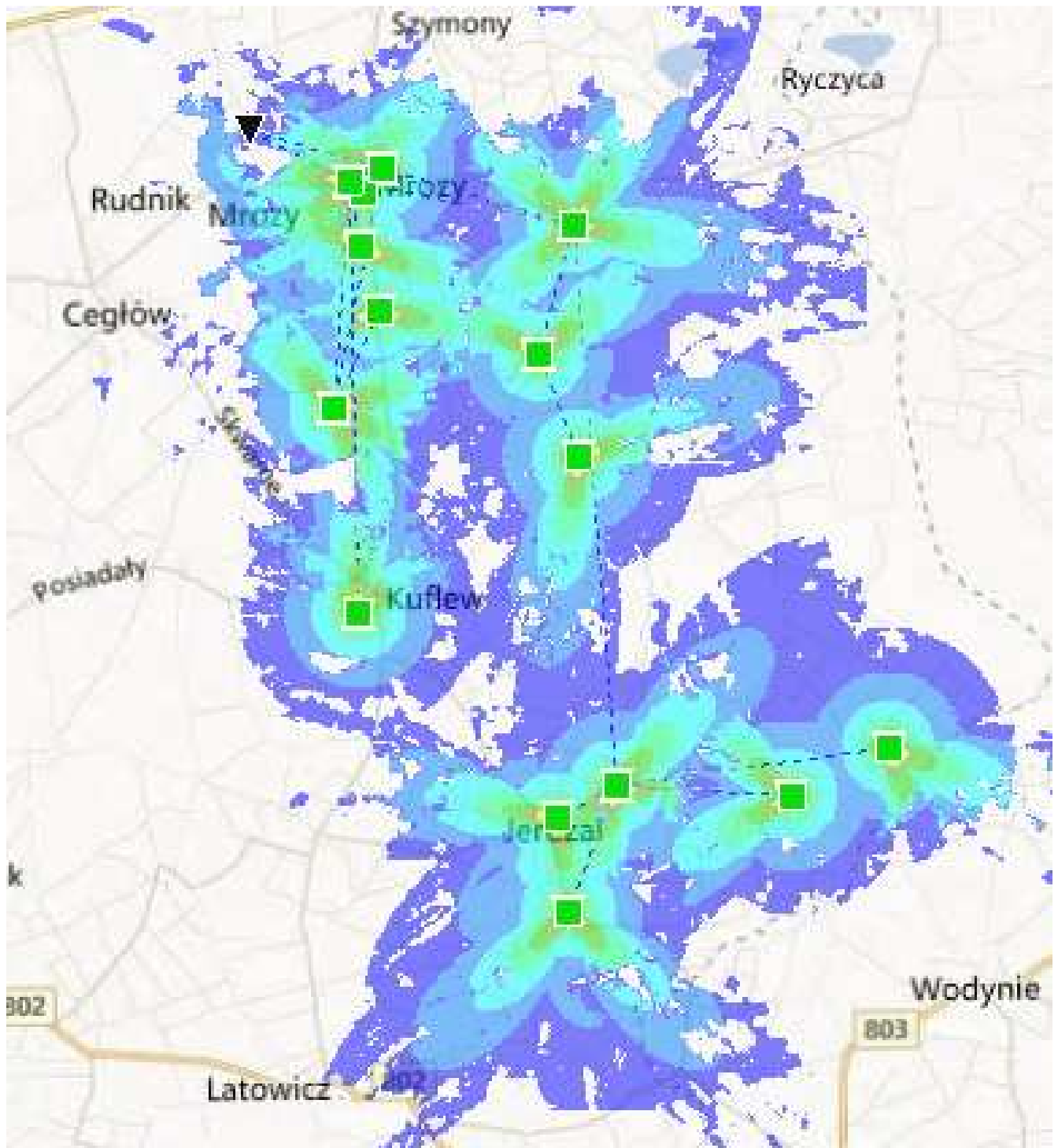
W ramach wybudowanych węzłów sieci (węzłów rdzeniowych oraz węzłów dystrybucyjnych) planuje się montaż punktów dostępu do bezprzewodowej sieci. Poniższa tabela przedstawia proponowany rozkład punktów dostępowych w poszczególnych węzłach:

L.P.	OZNACZENIE / ADRES	WIFI
1	GWD Szkoła Podstawowa w Grodzisku	2 x AP
2	WR01 Parafia Rzymskokatolicka w Mrozach	2 x AP
3	WR02 Jeruzal maszt na gruncie dz. 693	3 x AP
4	WD01 SP Mrozy ul. Szkolna 2	1 x AP
5	WD02 Zespół Szkół w Mrozach Ul.Licealna 3	2 x AP
6	WD03 Biblioteka Publiczna w Mrozach	NIE
7	WD04 Szkoła Podstawowa w Jeruzalu	1 x AP
8	WD05 Parafia Rzymskokatolicka w Kuflewie	1 x AP
9	WD06 Trojanów Budynek OSP	1 x AP
10	WD07 Guzów Dom Gminny	1 x AP
11	WD08 Dębówce Teren OSP	1 x AP
12	WD09 Sokolnik Budynek OSP	1 x AP
13	WD10 Wola Rafałowska Budynek OSP	1 x AP
14	WD11 Łukówiec Budynek OSP	1 x AP
15	WD12 Lipiny Szkoła Niepubliczna	2 x AP

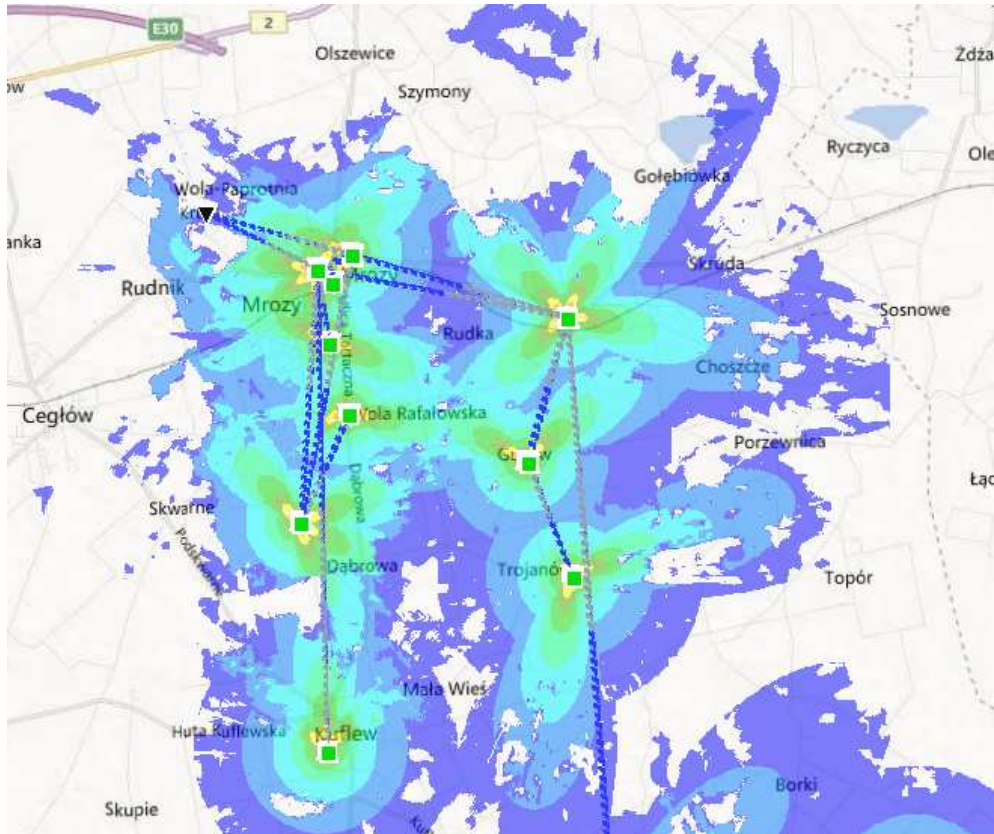
Tabela 7 Rozkład punktów dostępowych w węzłach sieci

łącznie planuje się instalację dwudziestu punktów dostępowych (AP) pracujących w technologii MIMO. W celu optymalnego doboru lokalizacji stacji dostępowych oraz stworzenia symulacji rozkładu sygnałów radiowych i penetracji terenu wykorzystano oprogramowanie ATDI. Poniżej przedstawiamy wstępne symulacje pokrycia sygnałem dostępowym z stacji bazowych zainstalowanych na proponowanych przez nas węzłach.

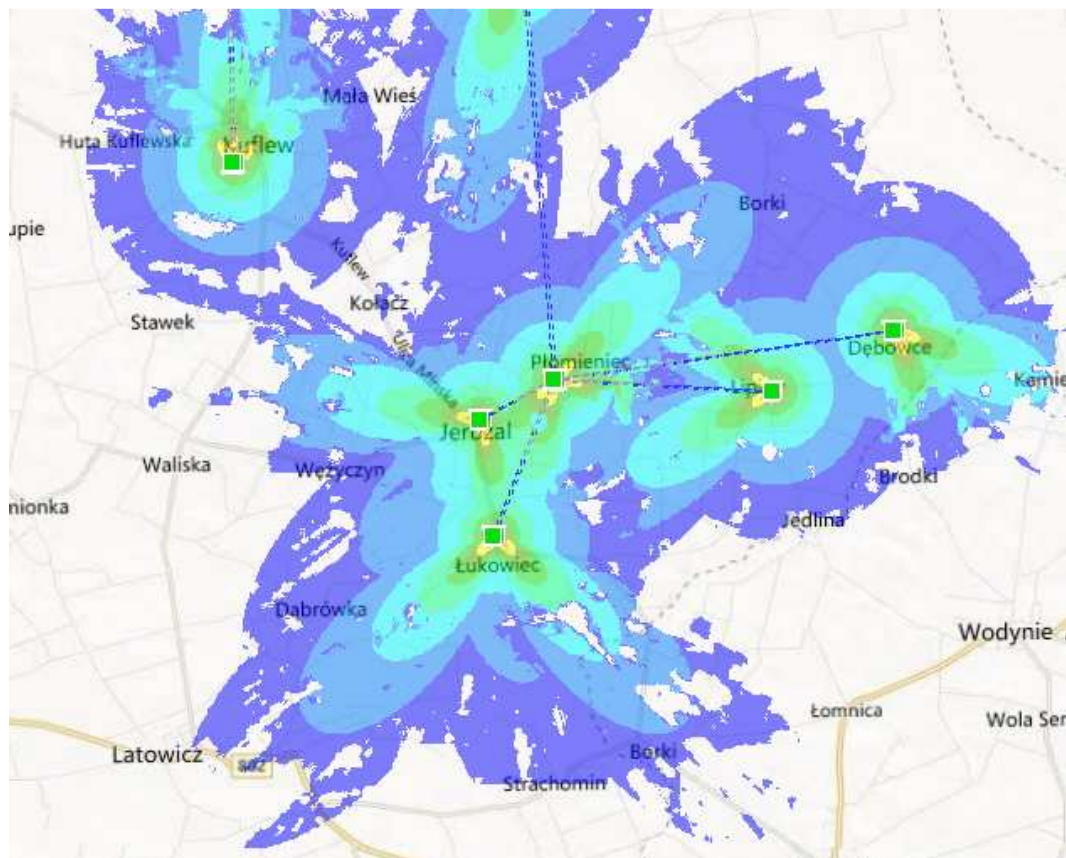
Poniższe rysunki przedstawiają prognozowany zasięg sieci dostępowej WiFi:



Rysunek 16 Symulacja zasięgu sieci WiFi na terenie gminy Mrozy



Rysunek 17 Symulacja zasięgu sieci WiFi – część północna gminy Mrozy



Rysunek 18 Symulacja zasięgu sieci WiFi – część południowa gminy Mrozy

W przygotowanej koncepcji podjęto próbę zapewnienia warunków technicznych dostępu do sieci dostępowej możliwie największej ilości mieszkańców gminy Mrozy. W związku z dużym zalesieniem obszaru gminy łącznie ilość 20 punktów dostępowych pozwoli na pokrycie zasięgiem następujących miejscowości:

L.P.	MIEJSCOWOŚĆ	LICZBA MIESZKAŃCÓW	ZASIĘG WIFI
1	Mrozy	3440	TAK
2	Grodzisk	655	TAK
3	Mała Wieś	445	TAK
4	Sokolnik	402	TAK
5	Wola Rafałowska	349	TAK
6	Jeruzal	328	TAK
7	Lipiny	321	TAK
8	Łukówiec	299	TAK
9	Guzew	251	TAK
10	Dębowce	196	TAK
11	Trojanów	185	TAK
12	Płomieniec	127	TAK
13	Dąbrowa	180	TAK
14	Rudka	159	-
15	Gójszcz	153	-
16	Kuflew	150	TAK
17	Lubomin	110	TAK
18	Skruda	108	-

W ramach budowy infrastruktury sieci szerokopasmowej planuje się dostawę oraz budowę następującej ilości elementów:

L.P.	DOSTARCZANY ELEMENT	PROPONOWANA ILOŚĆ	WYMAGANIA MINIMALNE
1	Maszty z montażem na dachu budynku	7 kpl.	3 kpl.
2	Wieże oraz maszty instalowane na gruncie	2 kpl.	2 kpl.
3	Bezprzewodowy most radiowy punkt-punkt	12 kpl.	8 kpl.
4	Budowa węzłów dostępowych	14 szt.	7 szt.
5	Przełącznik dostępowy 8portowy	12 szt.	4 szt.
6	Zasilanie awaryjne UPS 1000 VA Rack	12 szt.	5 szt.
7	Szafa teletechniczna 19"	12 szt.	5 kpl.
8	Modernizacja istniejących masztów kratownicowych	3 szt.	-

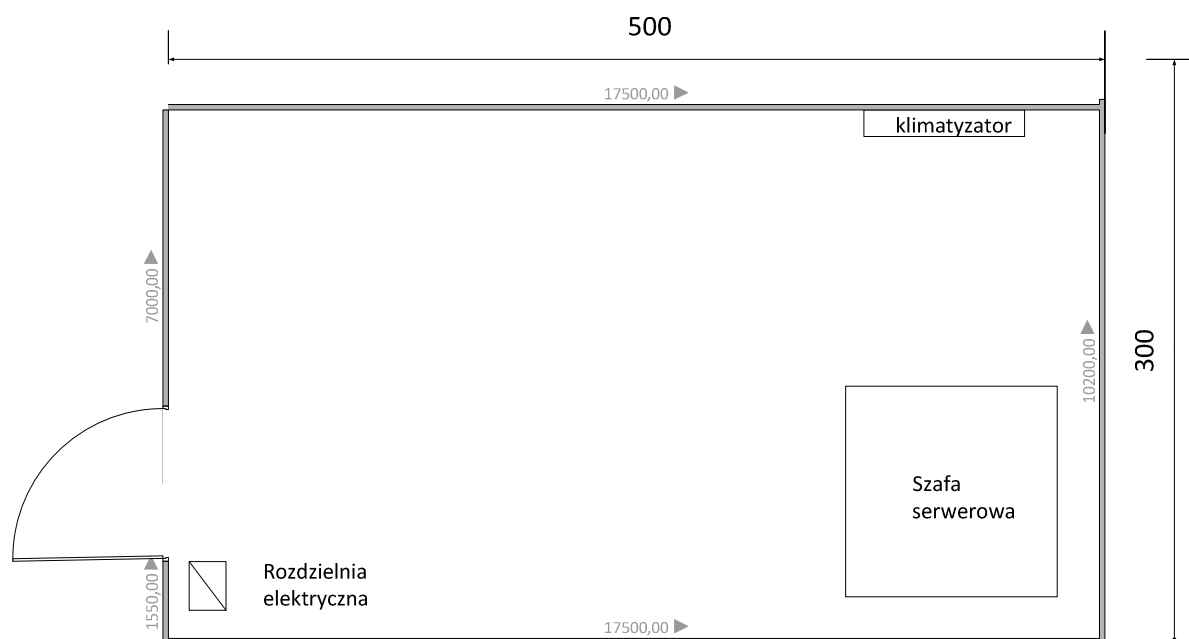
4. Budowa GWD

4.1. Adaptacja pomieszczenia na serwerownię

W budynku Szkoły w Grodzisku zlokalizowana zostanie główna serwerownia. Przystosowane zostanie pomieszczenie obecnie przeznaczone na biuro.

W ramach adaptacji przeprowadzone zostaną prace budowlane obejmujące:

- modernizacja sieci elektrycznej,
- montaż zasilania rezerwowego,
- instalacja systemu kontroli dostępu,
- instalacja klimatyzacji,
- montaż szafy serwerowej



Rysunek 19 Pomieszczenie serwerowni

4.2. Wyposażenie GWD i CZ

GWD jest punktem styku z siecią internetową, dlatego niezwykle ważne jest odpowiednie wyposażenie punktu w urządzenia zapewniające stabilność i bezpieczeństwo sieci.

GWD zostanie wyposażony w następujące urządzenia aktywne:

- Urządzenie bezpieczeństwa sieciowego - Cisco ASA 5512X
- Przełącznik rdzeniowy 3 warstwy – Cisco Catalyst 3560G
- Kontroler sieci bezprzewodowej WLC – Cisco 5508 z licencją na obsługę 25 AP
- Radiolinie – NEC iPasolink 200
- Infrastruktura systemowa z wykorzystaniem virtualizacji (INTRUX, LMS, MONITORING) – w oparciu o środowisko sprzętowe HP (platforma HP ProLiant DL180)
- Serwer magazynowania danych QNAP TS-459U-RP

5. Konfiguracja struktury logicznej sieci

5.1. Sieci VLAN

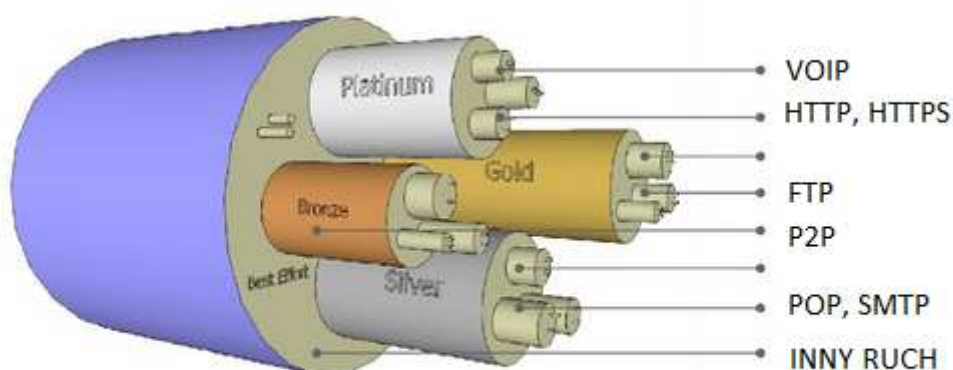
Ze względu na charakter, rozmiar oraz wielousługowość sieci planuje się podział logiczny sieci z wykorzystaniem technologii VLAN (IEEE 802.1q). Pozwoli to na separację ruchu i podział sieci ze względu na funkcje poszczególnych segmentów. Poniższa tabela przedstawia proponowany podział sieci:

LP.	NAZWA	FUNKCJA
1.	MGMT	Management VLAN (do zarządzania siecią) z przeznaczeniem na adresację urządzeń aktywnych sieci rdzenia sieci (serwery, radiolinie)
2.	MGMT.SW	Wydzielony VLAN do zarządzania przełącznikami sieciowymi
3.	MGMT.AP	Wydzielony VLAN do zarządzania punktami dostępowymi AP
4.	MGMT.BRIDGE	Wydzielony VLAN do zarządzania połączeniami dystrybucyjnymi
5.	KLIENT	Wydzielony VLAN dla Beneficjentów projektu
6.	JST	Wydzielony VLAN dla jednostek samorządu terytorialnego

Tabela 8 Podział na sieci logiczne

5.2. Quality of Service

W budowanej sieci zostaną zaimplementowane mechanizmy służące do zapewnienia lepszego wykorzystania przepustowości łącz sieciowych. Dzięki wykorzystaniu mechanizmów Quality of Service możliwa będzie priorytetyzacja ruchu sieciowego oraz zarządzanie pasmem w każdej z 3 warstw modelu hierarchicznego. Mechanizmy QoS zapewnią odpowiednie parametry przesufu dla wszystkich usług wykorzystywanych w sieci.



Rysunek 20 Quality of Service

5.3. System zarządzania użytkownikami i usługami

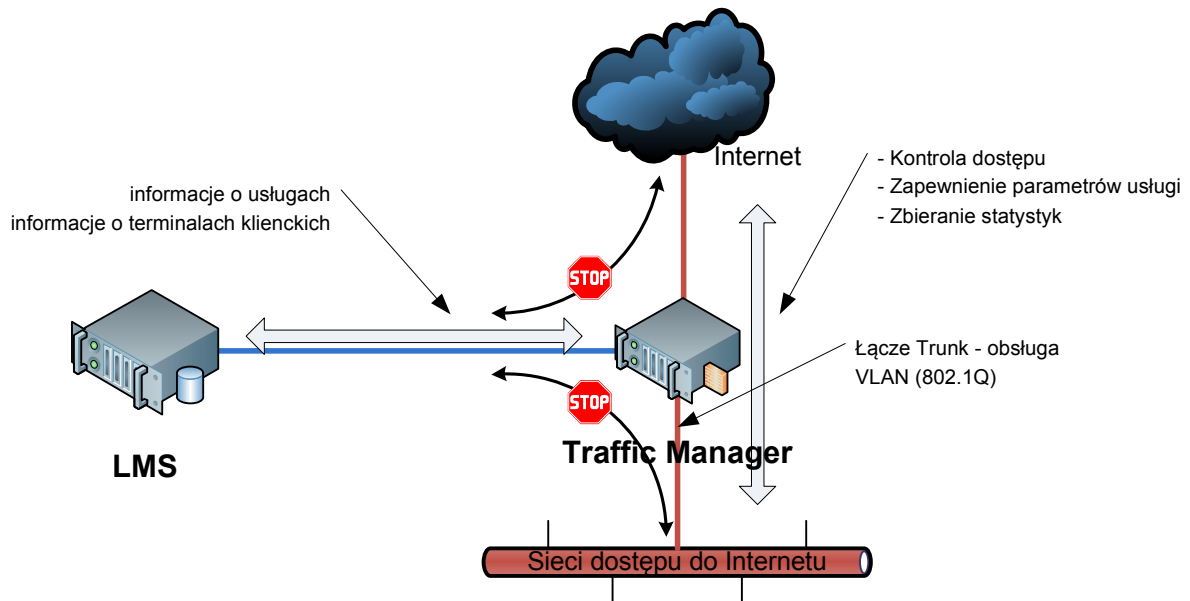
System zarządzania użytkownikami i usługami opierał się będzie na oprogramowaniu LMS oraz INTRUX FiQs. System LMS udostępnia szereg funkcji niezbędnych do prowadzenia działalności związanej z świadczeniem usług dostępu do Internetu:

- ✓ zarządzanie dostępem do usług (w tym kontrola pasma i statystyki),
- ✓ ewidencja klientów i sprzętu
- ✓ moduły finansowo-księgowo z fakturowaniem,
- ✓ korespondencja seryjna i wiadomości administracyjne do klientów,
- ✓ zarządzanie kontami i hostingiem,
- ✓ zarządzanie dowolnymi usługami (informacje o dodatkowych usługach, mail, ftp itp.),
- ✓ system obsługi zgłoszeń (helpdesk),
- ✓ zarządzanie uprawnieniami dostępu
- ✓ archiwizacja danych
- ✓ zarządzanie czasem i wyjazdami serwisowymi (terminarz),
- ✓ platforma kontaktu z abonentem (userpanel),

Oprócz funkcjonalności samego oprogramowania LMS, zostaną zaimplementowane dodatkowe mechanizmy korzystające z danych zmagazynowanych w bazie danych i tym samym zarządzane z poziomu tego oprogramowania.

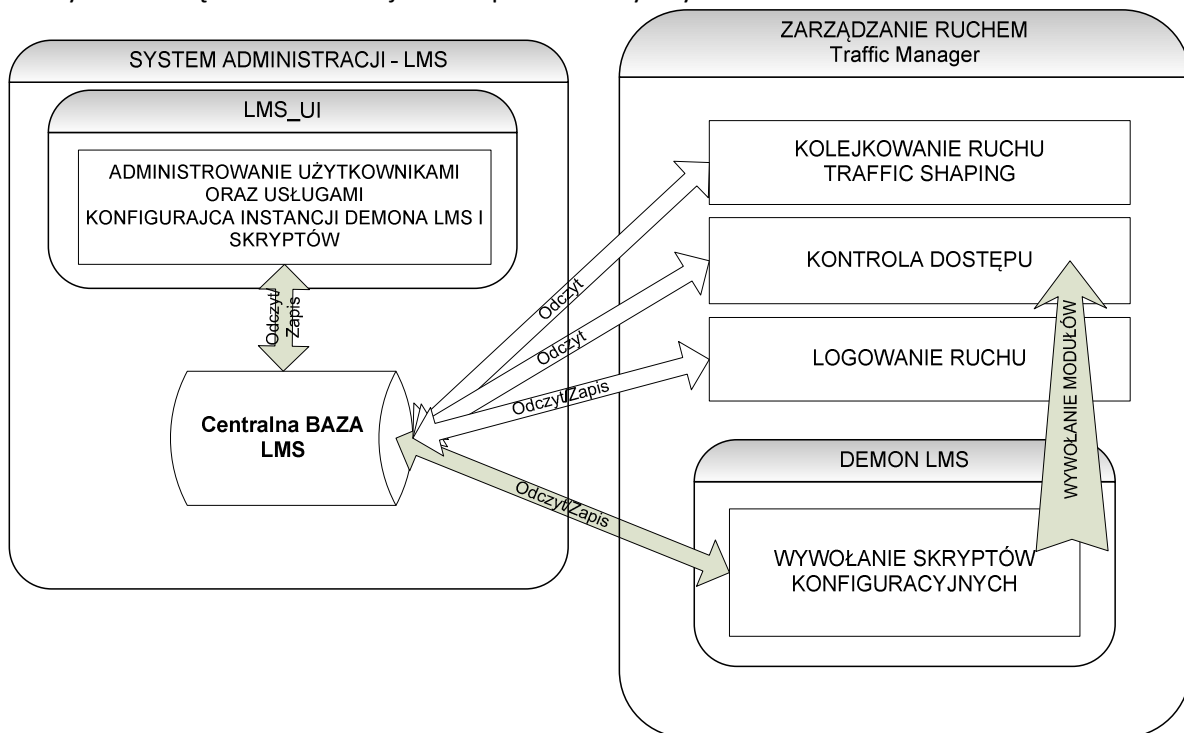
W celu dopełnienia funkcjonalności LMS planuje się wykorzystanie dodatkowego systemu zarządzania ruchem sieciowym. System Intrux oparty jest o system Gnu/Linux i dostarcza szereg narzędzi do kontroli pasma.

Cały system Traffic Manager będzie pełnił poniższe funkcje z wykorzystaniem informacji o usługach i terminalach klienckich zawartych w centralnej bazie LMS. Takie rozwiązanie pozwoli na administrowanie i kontrolę pracy systemu z poziomu LMS-UI.



Rysunek 21 System zarządzania ruchem sieciowym

System zarządzania ruchem jest komplementarny z systemem LMS.



Rysunek 22 LMS + ZARZĄDZANIE RUCHEM

5.4. System monitoringu i logowania zdarzeń

Ze względu na wymagania prawne stawiane operatorom usług dostępu do Internetu, dotyczące przetrzymywania logów z przetwarzanych danych przez okres 2 lat, planuje się przygotowanie odpowiedniego systemu logowania. Ustawa prawa Telekomunikacyjnego w art. 165 ust 1 ustanawia, że operatorzy publicznych sieci telekomunikacyjnych lub dostawcy publicznie dostępnych usług telekomunikacyjnych zobowiązani są do zatrzymywania danych transmisyjnych i przechowywania ich przez okres 2 lat

W związku z powyższym planujemy przygotować system logujący ruch przekazywany z sieci dostępowych do Internetu i składować go w formie logów zawierających następujące dane

- ✓ znacznik czasu,
- ✓ adres źródłowy,
- ✓ adres docelowy,
- ✓ port źródłowy,
- ✓ port docelowy,

Wraz ze wzrostem rozmiarów i skomplikowania sieci staje się również niezbędny dobór narzędzi pomagających sprawnie i intuicyjnie zarządzać zasobami sieciowymi.

W celu usprawnienia rozwiązywania takich problemów jak awarie czy przeciążenia sieci potrzebny będzie system pozwalający na szybką analizę aktualnego stanu sieci. Bez wykorzystania zaawansowanych narzędzi wspomagających zarządzanie siecią, wykonywanie wszystkich zadań należących do zarządcy infrastruktury teleinformatycznej byłoby w praktyce niewykonalne. Narzędzia do zarządzania siecią umożliwią jej automatyzację, uproszczenie i integrację w celu obniżenia kosztów obsługi oraz zwiększenia produktywności.

Planuje się budowę systemu opartego o następujące elementy:

- ✓ system do diagnostyki oraz wizualizacji bieżącej pracy stanu sieci (The Dude)
- ✓ system logowania zdarzeń z urządzeń sieciowych - serwer syslog (Syslog Watcher)
- ✓ stacja zarządzająca wyposażona w szereg narzędzi pozwalających na sprawne zarządzanie oraz monitoring sieci

Rysunek 1 Gmina Mrozy	4
Rysunek 2 Sieć wielousługowa.....	5
Rysunek 3 Hierarchiczna budowa sieci	6
Rysunek 4 Lokalizacja węzłów rdzeniowych	8
Rysunek 5 Lokalizacja węzłów dystrybucyjnych	10
Rysunek 6 Radiolinia NEC iPasolink	13
Rysunek 7 Modułacja adaptacyjna ACM.....	14
Rysunek 8 Schemat połączeń rdzeniowych z wykorzystaniem LR.....	15
Rysunek 9 Urządzenia Ubiquiti 5GHz.....	17
Rysunek 10 Połączenie dystrybucyjne	17
Rysunek 11 Schemat połączeń rdzeniowych i dystrybucyjnych	24
Rysunek 12 Schemat infrastruktury dostępowej z wykorzystaniem kontrolera	25
Rysunek 13 Komunikacja AP z kontrolerem sieci z wykorzystaniem protokołu LWAPP	25
Rysunek 14 Enkapsulacja ruchu w LWAPP	26
Rysunek 15 Automatyczna optymalizacja parametrów pracy przez kontroler WLC	26
Rysunek 16 Symulacja zasięgu sieci WiFi na terenie gminy Mrozy	29
Rysunek 17 Symulacja zasięgu sieci WiFi – część północna gminy Mrozy	30
Rysunek 18 Symulacja zasięgu sieci WiFi – część południowa gminy Mrozy	30
Rysunek 19 Pomieszczenie serwerowni	32
Rysunek 20 Quality of Service.....	34
Rysunek 21 System zarządzania ruchem sieciowym.....	36
Rysunek 22 LMS + ZARZĄDZANIE RUCHEM	36
Tabela 1 Lokalizacja węzłów rdzeniowych	9
Tabela 2 Lokalizacja węzłów dystrybucyjnych	12
Tabela 3 Konstrukcje budowlane	12
Tabela 4 Zestawienie połączeń rdzeniowych.....	14
Tabela 5 Zestawienie połączeń dystrybucyjnych.....	18
Tabela 6 Planowany sposób podłączenia jednostek samorządu z budowaną siecią	27
Tabela 7 Rozkład punktów dostępowych w węzłach sieci	28
Tabela 8 Podział na sieci logiczne	34