

Załącznik nr..... do decyzji z dnia ...nr

## Metodologia kalkulacji kosztów świadczenia usługi hurtowego zakańczania połączeń w publicznych stacjonarnych sieciach telekomunikacyjnych

**SPIS TREŚCI**

<b>I. Sposób agregacji danych wejściowych do modelu .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Cel i zakres budowy modelu .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Metodologia modelu .....</b>	<b>4</b>
<b>IV. Etap 1 - Wyznaczenie zapotrzebowania .....</b>	<b>14</b>
<b>Etap 2 - Wymiarowanie sieci .....</b>	<b>16</b>
<b>V. Etap 3 - Wycena sieci .....</b>	<b>20</b>
<b>VI. Etap 4 - Wycena pozostałych kosztów .....</b>	<b>23</b>
<b>VII. Etap 5 - Kalkulacja kosztów usług .....</b>	<b>25</b>

## I. Sposób agregacji danych wejściowych do modelu

W pierwszym kroku prac nad modelem zdefiniowane zostały parametry wejściowe, czyli czynniki, które mają wpływ na wysokość kosztów związanych z realizacją usług świadczonych przez operatorów stacjonarnych. Pozwoliło to na określenie zakresu informacji wymaganych od operatorów za pomocą, których wyznaczone zostały parametry wejściowe do modelu.

Wymagane dane od operatorów dotyczyły następujących obszarów:

1. Kosztów poszczególnych składników cenowych sieci telekomunikacyjnej zaangażowanej w świadczenie poszczególnych usług,
2. Danych dotyczących wolumenu świadczonych usług z podziałem na poszczególne rodzaje usług oraz obszary, na których usługi te są świadczone,
3. Wysokości narzutów związanych z kosztami utrzymania sieci, kosztami innych aktywów niezbędnych do prawidłowej działalności operatora oraz kosztami działalności administracyjnej.

Dane dotyczące cen poszczególnych elementów sieci telekomunikacyjnej pozyskane od operatorów i dostawców zostały zweryfikowane na podstawie zewnętrznych danych i wskaźników (ang. benchmarks).

Dane przedstawione przez operatorów, znacząco odbiegające od wskaźników oraz obowiązujących norm zostały odrzucone a na podstawie pozostałych danych zostały wyliczone średnie ceny rynkowe.

## II. Cel i zakres budowy modelu

Głównym celem budowy modelu bottom-up przez Prezesa UKE było wyznaczenie kosztów usług hurtowego zakańczania połączeń w publicznych stacjonarnych sieciach telekomunikacyjnych. Zgodnie z zaleceniem Komisji Europejskiej (2009/396/EC) kalkulacja kosztów usług hurtowego zakańczania połączeń w publicznych stacjonarnych sieciach telekomunikacyjnych musi spełniać następujące wymagania:

- musi modelować koszty operatora efektywnego,
- musi opierać się na kosztach bieżących,
- musi opierać się na zorientowanej przyszłościowo metodologii BU-LRIC,
- musi spełniać wymogi technologicznej efektywności - modelowana sieć powinna być oparta na technologii NGN,
- rekomenduje się obliczenie rocznego kosztu środków trwałych przy użyciu metody ekonomicznej amortyzacji („economic depreciation”), ale dopuszcza się też zastosowanie innych metod w tym: metody liniowej, metody annuity lub metody tilted annuity,
- w kosztach jednostkowych usługi zakańczania połączeń powinny zostać ujęte jedynie koszty przyrostowe związane ze świadczeniem usługi hurtowego zakańczania połączeń.

Koszty przyrostowe usługi hurtowego zakańczania połączeń powinny zostać wyznaczone jako różnica między całkowitymi długookresowymi kosztami operatora świadczącego pełen zakres usług a całkowitymi długookresowymi kosztami operatora w sytuacji nieświadczania usługi hurtowego zakańczania połączeń. Koszty nie związane z ruchem pomija się.

Powyższe wymagania zostały uwzględnione w metodologii opracowanej przez Prezesa UKE. Szczegółowy opis założeń metodologicznych został przedstawiony w kolejnym rozdziale.

### III. Metodologia modelu

#### Długookresowość

Długookresowo wszystkie koszty są zmienne i w związku z tym wszystkie dane wejściowe powinny być dostosowane do przewidywanego wolumenu usług.

#### Zorientowanie przyszłościowe

Koszty przyszłościowe to koszty, które trzeba ponieść obecnie na wybudowanie sieci, która będzie w stanie obsłużyć przyszłościowy wolumen ruchu.

#### Metoda amortyzacji

Zgodnie z zaleceniem Komisji Europejskiej (2009/396/EC) można stosować m.in. następujące metody amortyzacji:

- Metoda liniowa  
Metoda liniowa pozwala wyznaczyć osobno koszt amortyzacji i koszt kapitału.
- Metoda annuity  
Koszt obliczony metodą annuity uwzględnia koszt amortyzacji i koszt kapitału związany ze środkiem trwałym. Koszt wyznaczany jest w oparciu o wartość brutto środka trwałego oraz okres użytkowania środka trwałego.
- Metoda tilted annuity  
Koszt obliczony metodą tilted annuity uwzględnia koszt amortyzacji i koszt kapitału związany ze środkiem trwałym. Koszt wyznaczany jest w oparciu o wartość brutto środka trwałego oraz okres użytkowania środka trwałego. Metoda ta pozwala na odzwierciedlenie zmiany w cenie środka trwałego w ciągu roku rozrachunkowego. Dlatego w warunkach rosnących/spadających cen środka trwałego, bieżący koszt kapitału jest niższy/wyższy od bieżącej amortyzacji.

#### Koszty przyrostowe usług hurtowego zakańczania połączeń w określeniu kosztów jednostkowych

W celu obliczenia kosztów przyrostowych usług hurtowego zakańczania połączeń w sieciach stacjonarnych konieczne jest zdefiniowanie tylko tych stałych i zmiennych kosztów, których operator nie poniósłby, gdyby nie świadczył usług hurtowego zakańczania połączeń

operatorom trzecim (tj. kosztów możliwych do uniknięcia). Koszty przyrostowe usług hurtowego zakańczania połączeń możliwe do uniknięcia mogą być obliczone przez identyfikację łącznego kosztu długookresowego operatora oferującego pełen zakres usług, a następnie łącznego kosztu długookresowego tego samego operatora, który nie oferuje usług hurtowego zakańczania połączeń stronom trzecim. Obliczając różnicę tych kosztów wyznacza się koszt przyrostowy usług hurtowego zakańczania połączeń.

### **Koszt kapitału**

Oczekiwana stopa zwrotu z inwestycji w sieć i powiązane środki trwałe stanowi koszt kapitału. Wysokość stopy zwrotu powinna pozwolić inwestorom, na osiągnięcie zwrotu ze środków trwałych związanych z siecią na poziomie zwrotu na porównywalnych inwestycjach.

### **Bottom-up**

Podejście bottom-up wymaga skonstruowania modeli inżyniersko-ekonomicznych, których używa się do wyznaczenia kosztów elementów sieci, które będą używane przez efektywnego operatora do zapewnienia usług hurtowych. Dzięki modelom bottom-up można dokonać:

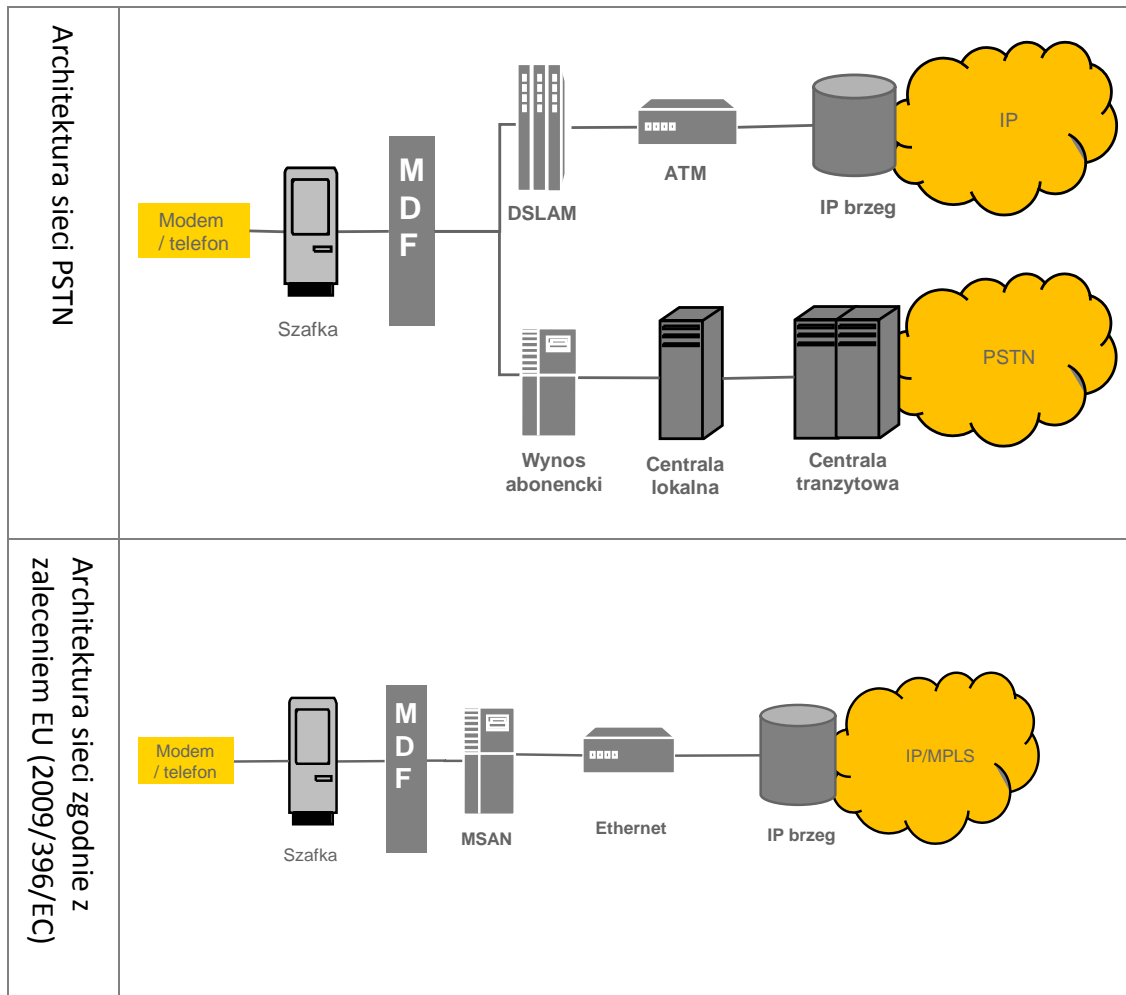
- wymiarowania i wyceny sieci,
- oszacowania kosztów poza-sieciowych,
- oszacowania kosztów operacyjnych i utrzymania,
- oszacowania kosztów usług.

### **Technologia sieci**

Zgodnie z zaleceniem Komisji Europejskiej (2009/396/EC) technologicznie efektywny operator sieci stacjonarnej powinien wykorzystywać sieci następnej generacji NGN. Oznacza to, że sieć powinna być wymiarowana w oparciu o technologie Ethernet oraz IP. W związku z tym następujące zmiany technologiczne powinny zostać wprowadzone w sieci stacjonarnej:

- Warstwa dostępową - lokalne punkty koncentracji ruchu w sieci stacjonarnej (RSU – Wynosy Abonenckie, DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexers, CL – Centrale Lokalne zawierające karty abonenckie, CT – Centrale Tranzytowe zawierające karty abonenckie, OLT – Optical Line Termination oraz CMTS - Cable Modem Termination Systems) powinny być zastąpione przez MSAN – Multi Service Access Nodes;
- Warstwa transmisyjna - Transmisja pomiędzy węzłami powinna wykorzystywać sieć Ethernet zamiast ATM/SDH;
- Warstwa logiczna - Centrale wszystkich poziomów powinny zostać zastąpione przez routery IP oraz system IMS;
- Punkty styku - sieć NGN powinna zawierać MGW (Media Gateway), żeby realizować konwersję ruchu z komutacją pakietów do ruchu z komutacją kanałów na punktach styku.

Schemat poniżej przedstawia różnice pomiędzy architekturą sieci stacjonarnych w technologii PSTN, a sieciami zbudowanymi w oparciu o technologię NGN.



### Struktura logiczna sieci PSTN oraz NGN.

Sieć szkieletowa PSTN składa się z central i powiązanego wyposażenia, które odpowiedzialne jest za zestawianie połączeń między punktami końcowymi w sieci. Elementy sieci PSTN mogą być pogrupowane następująco:

- Wynosy Abonenckie,
- Centrale Lokalne,
- Centrale Tranzytowe.

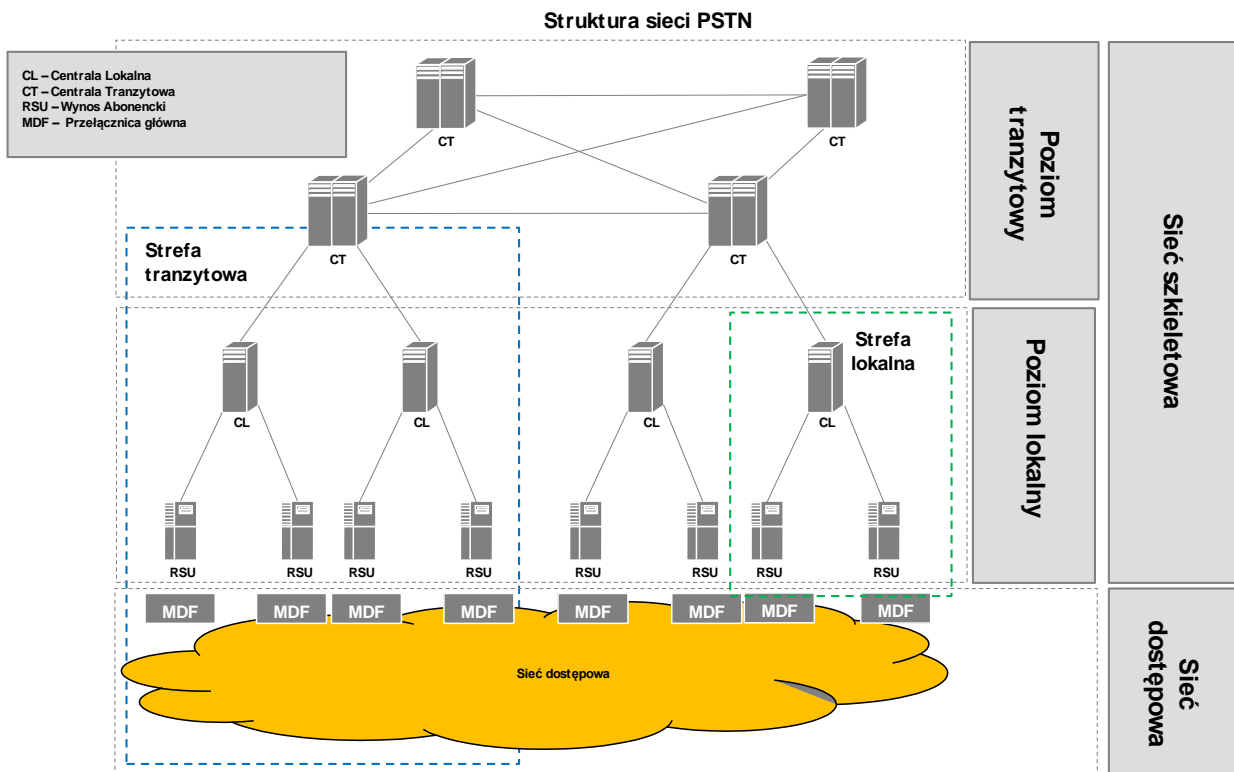
Na lokalnym poziomie sieć szkieletowa, która koncentruje ruch abonentów składa się z Wynosów Abonenckich i Centrali lokalnych. Na potrzeby modelu obszar geograficzny obsługiwany przez jedną centralę lokalną zostanie nazwany strefą lokalną.

Poziom tranzytowy, który przenosi ruch na dużych odległościach składa się z Central Tranzytowych. Na potrzeby modelu obszar obsługiwany przez jedną centralę tranzytową został nazwany strefą tranzytową.

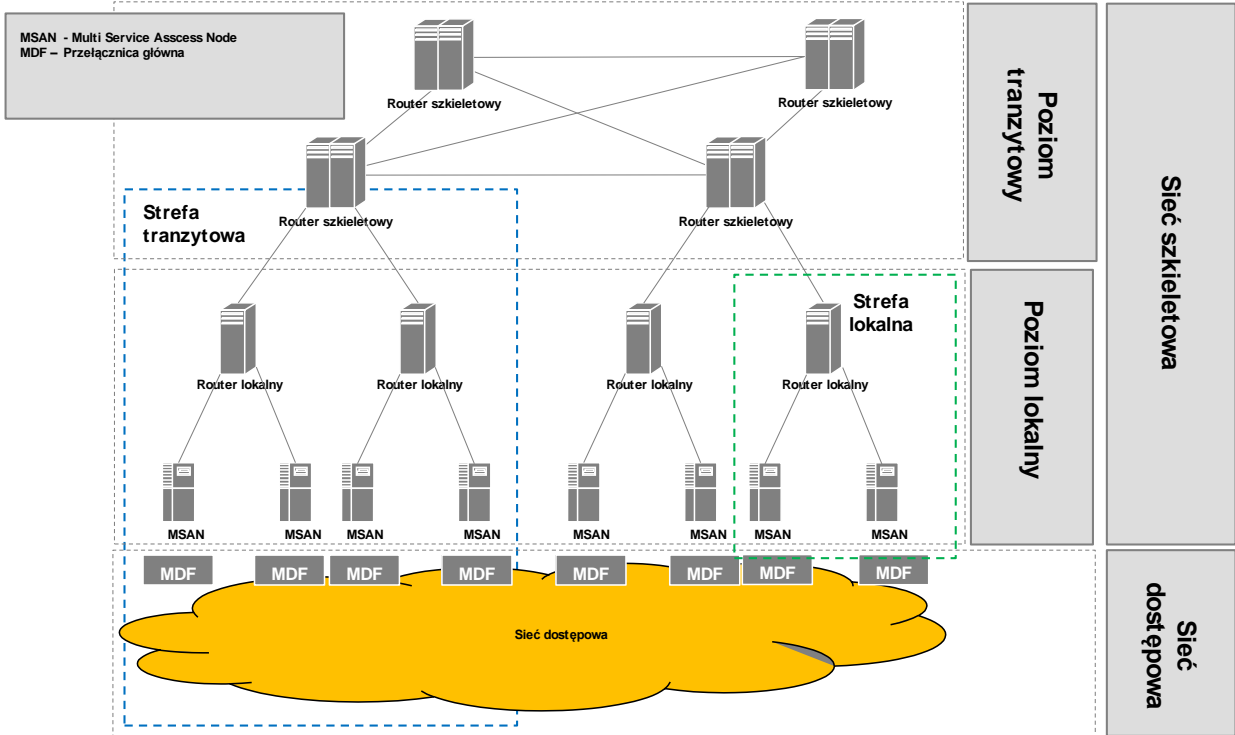
Podstawowe różnice pomiędzy strukturą sieci PSTN a NGN to:

- W celu obsługi połączeń telefonicznych sieć NGN wykorzystuje punkty dostępowe pozwalające na transmisję głosu w technologii VoIP, które zastępują RSU i CL;
- W celu obsługi połączeń telefonicznych sieć NGN wykorzystuje routery IP oraz system IMS zamiast central.

Schematy sieci PSTN i NGN przedstawione są na diagramach:

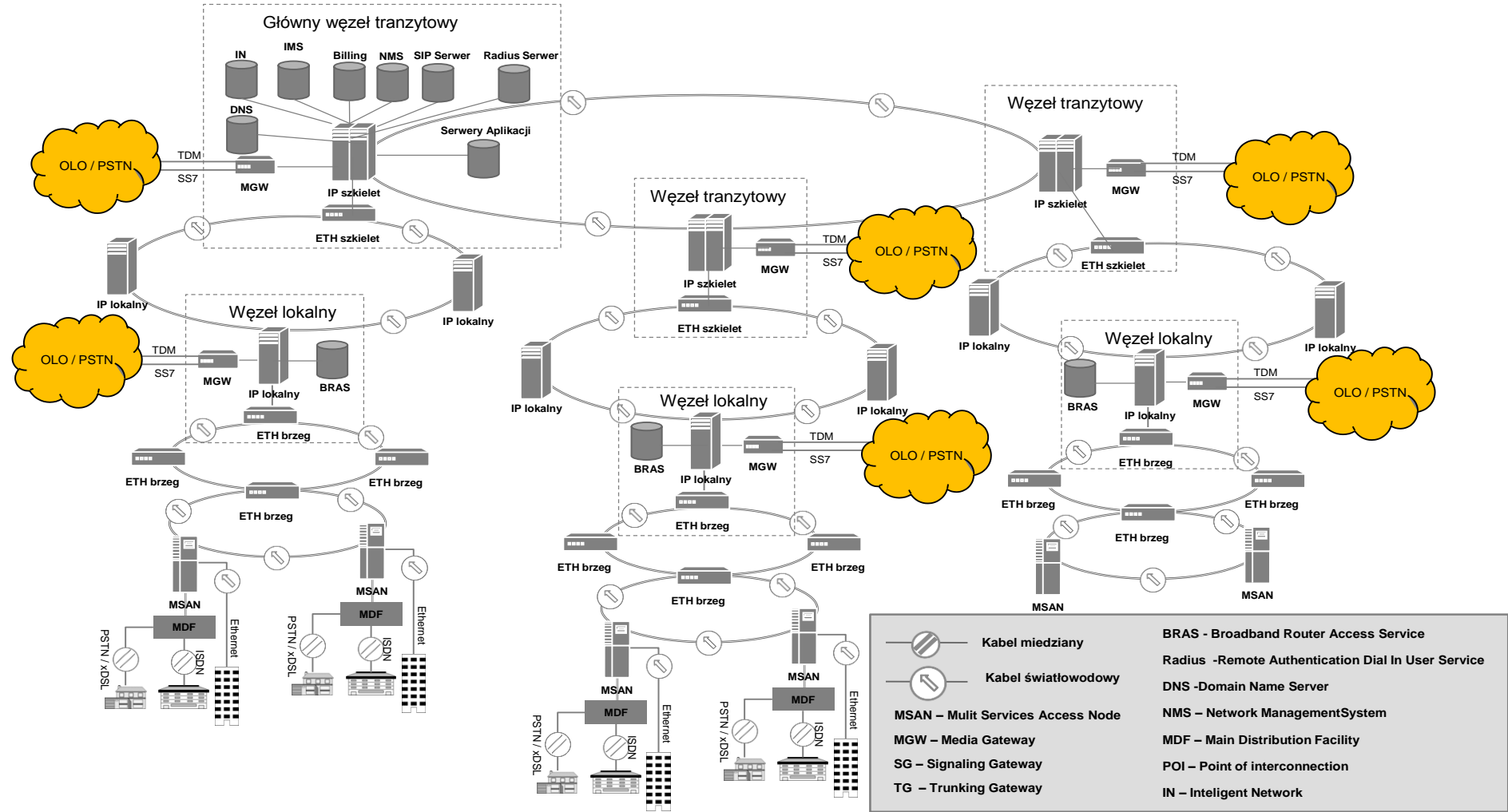


Struktura sieci NGN





Szczegółowa architektura sieci NGN



## Rodzaje kosztów ujęte w modelu

Model kalkulacji kosztów wyznacza koszty usług świadczonych w sieci stacjonarnej w rozbiciu na następujące 4 kategorie:

- koszty kapitałowe związane z aktywami telekomunikacyjnymi,
- koszty operacyjne związane z aktywami telekomunikacyjnymi,
- pozostałe koszty kapitałowe,
- pozostałe koszty operacyjne.

Kategoria kosztów kapitałowych aktywów wchodzących w skład sieci telekomunikacyjnej obejmuje:

- koszty kapitałowe infrastruktury sieciowej,
- koszty kapitałowe systemów transmisji Ethernet,
- koszty kapitałowe systemów pakietowych - ruterów IP oraz systemu IMS.

Kategoria bezpośrednich kosztów operacyjnych związanych z utrzymaniem sieci telekomunikacyjnej to koszty utrzymania i obsługi urządzeń sieci telekomunikacyjnej. Koszty te zostaną wyznaczone jako narzut względem kosztów aktywów wchodzących w skład sieci telekomunikacyjnej.

Kategoria pozostałych kosztów kapitałowych obejmuje koszty budynków/pomieszczeń, sprzętu zasilającego i klimatyzacyjnego oraz innych składników majątku trwałego (np. samochody, urządzenia biurowe itp.). Koszty te zostaną wyznaczone jako narzut względem bezpośrednich kosztów operacyjnych związanych z utrzymaniem sieci telekomunikacyjnej.

Kategoria pozostałych kosztów operacyjnych obejmuje natomiast koszty związane z prowadzeniem działalności ogólnozakładowych niezbędnych do zapewnienia prawidłowej pracy funkcji podstawowych. Kategoria ta obejmuje m.in. koszty (administracji, księgowości, itd.). Koszty te zostaną wyznaczone jako narzut względem bezpośrednich kosztów operacyjnych związanych z utrzymaniem sieci telekomunikacyjnej.

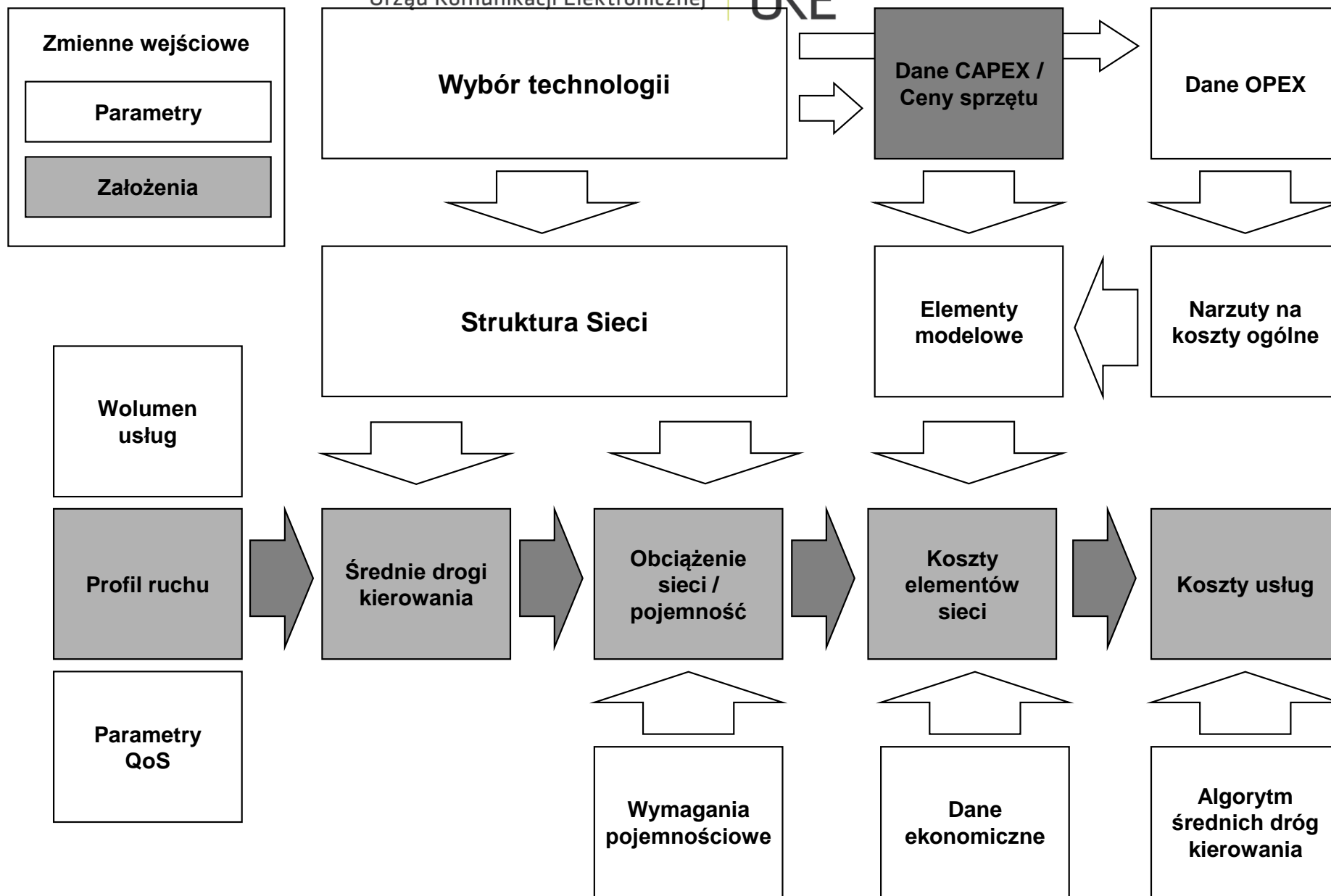
## Proces kalkulacji kosztów

Charakterystyczną cechą metody bottom-up jest modelowanie kosztów w oparciu o hipotetyczną sieć operatora efektywnego, stąd konieczność zamodelowania sieci od podstaw. Sieć jest tak modelowana, aby obsłużyć rzeczywisty popyt (liczbę abonentów oraz wolumen ruchu) i obecny zasięg sieci przy zachowaniu wymaganego poziomu świadczonych usług.

W efekcie koszty usług w sieci operatora stacjonarnego wyznaczone zostaną w następujących etapach:

- Etap 1 – Wyznaczenie zapotrzebowania,
- Etap 2 - Wymiarowanie sieci,
- Etap 3 - Wycena sieci,
- Etap 4 - Wycena pozostałych kosztów,
- Etap 5 – Kalkulacja kosztów usług.

Diagram przedstawiający kolejne etapy modelu BU-LRIC został przedstawiony na następnej stronie.



### **Wyznaczenie zapotrzebowania**

Część modelu związana z wyznaczeniem wymaganej pojemności przelicza wolumen usług świadczonych w sieci na wymaganą pojemność sieci. Ponieważ wymiarowana sieć powinna obsłużyć ruch w godzinie największego ruchu zmierzone wolumeny usług przeliczane są na pojemność sieci wymaganą w godzinie największego ruchu.

Sieci telekomunikacyjne wymiarowane są z uwzględnieniem rezerwy pojemności na możliwe zwiększenie wolumenu ruchu w przyszłości. Powoduje to konieczność wprowadzenia horyzontu planistycznego, który uwzględnia się przy projektowaniu poszczególnych elementów sieci. Długość horyzontu planistycznego ustala się w oparciu o względy ekonomiczne wynikające z porównania kosztów instalacji i utrzymania wolnej pojemności, a z drugiej strony kosztów doraźnego podwyższania pojemności.

### **Wymiarowanie sieci**

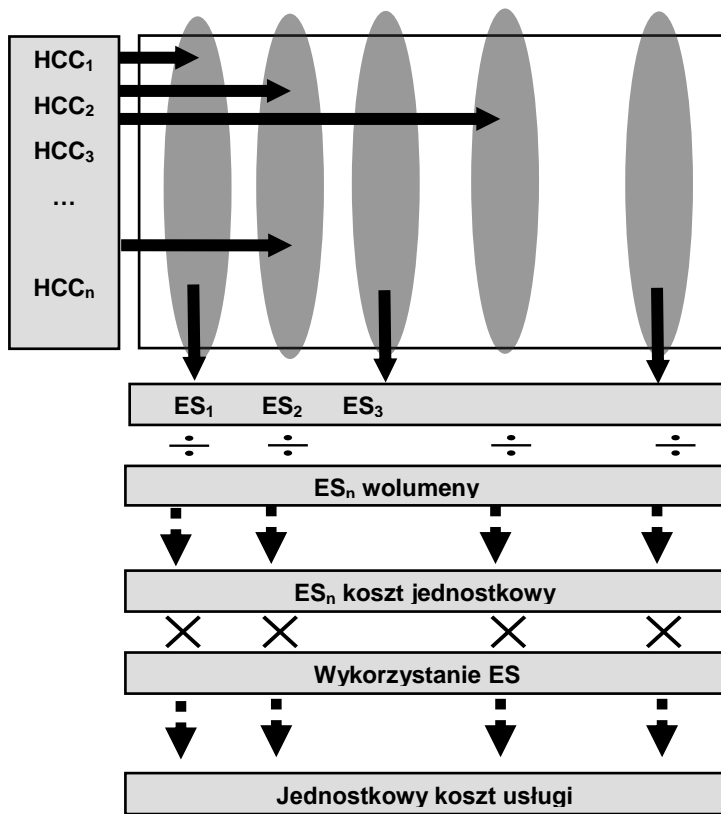
Po identyfikacji wymaganej pojemności sieci następną fazą procesu jest wymiarowanie urządzeń sieciowych, które zapewnią obsługę ruchu w godzinie największego ruchu. Wymiarowanie urządzeń sieciowych odbywa się przy użyciu reguł inżynierskich biorąc pod uwagę modułarną strukturę urządzeń sieciowych. Pozwala to na dobór konfiguracji urządzeń sieciowych o optymalnej pojemności.

### **Wycena sieci**

Po tym, gdy wszystkie urządzenia sieciowe zostały zwymiarowane ilość fizycznych elementów urządzeń sieciowych pomnożona została przez aktualne ceny elementów sieciowych. W ten sposób została wyznaczona wartość brutto poszczególnych elementów urządzeń sieciowych. Następnie wartości urządzeń sieciowych została zagregowana do kategorii kosztowych (HCC). Poszczególne kategorie kosztowe charakteryzują się tym samym nośnikiem alokacji, tą samą zależnością koszt-wolumen (CVR) i tym samym współczynnikiem zmiany cen. Wszystkie elementy urządzeń sieciowych zidentyfikowane w ramach wymiarowania sieci zostały wycenione według wartości odtworzeniowej brutto (GRC). Na bazie GRC oblicza się koszty roczne: zannualizowane koszty kapitałowe (CAPEX) i roczne koszty operacyjne (OPEX). Koszty kapitałowe wyznaczone są z wykorzystaniem jednej z czterech dopuszczalnych metod amortyzacji, koszty operacyjne wyznaczone są jako narzuty na wartość środków trwałych. Na koszty CAPEX składają się koszty kapitału i amortyzacji. Koszty OPEX stanowią płace (włączając ubezpieczenie społeczne), materiały i koszty usług zewnętrznych (outsourcing, transport, ochrona, usługi obce itd.).

### **Obliczanie kosztów jednostkowych usług**

W metodologii LRIC kategorie kosztowe (HCC) alokowane są na elementy sieci (ES). Elementy sieci odpowiadają logicznym elementom, które mogą być funkcjonalnie połączone w celu świadczenia usługi. Następnie oblicza się całkowite koszty ES sumując koszty HCC alokowane na dany ES. W celu wyznaczenia kosztów jednostkowych ES, koszty całkowite ES dzieli przez wolumeny wykorzystane danego ES. Koszty jednostkowe usług oblicza się na bazie jednostkowych kosztów ES, zgodnie ze statystykami wykorzystania ES przez daną usługę.



Schemat: Obliczanie kosztów jednostkowych usług

#### IV. Etap 1 - Wyznaczenie zapotrzebowania

Wyznaczenie zapotrzebowania generowanego przez usługi w sieci NGN sprowadza się do ustalenia listy abonenckich punktów dostępowych, liczby linii abonenckich w podziale na usługi głosowe oraz usługi transmisji danych, natężenia ruchu komutowanego oraz ruchu pakietowego, wolumenu usług transmisji danych, wolumenu łączy dzierżawionych oraz punktów styku z operatorem.

Lista abonenckich punktów dostępowych wraz z liczbą linii abonenckich oraz wolumenem usług transmisji danych zostaa pozyskana z Systemu Informacyjnego o Infrastrukturze Szerokopasmowej (SIIS).

Liczba punktów styku z operatorami w podziale na poszczególne strefy numeracyjne oraz w podziale na logiczny poziom przyłączenia operatora do sieci, tj. poziom lokalny lub tranzytowy, została pozyskana od operatorów.

Natężenie ruchu komutowanego oraz ruchu pakietowego zostało wyznaczone na podstawie rocznych wolumenów pozyskanych od operatorów dla następujących usług:

Usługi głosowe:

- Połączenia strefowe (w SN) w ramach sieci jednego operatora,
- Połączenia międzystrefowe (poza SN) w ramach sieci jednego operatora,
- Połączenia międzynarodowe,

- Połączenia do operatorów komórkowych,
- Połączenia strefowe (w SN) do innych operatorów stacjonarnych,
- Połączenia międzystrefowe (poza SN) do innych operatorów stacjonarnych,
- Połączenia dial-up do sieci Internet,
- Połączenia międzyoperatorskie - rozpoczęcie strefowe (w SN),
- Połączenia międzyoperatorskie - rozpoczęcie międzystrefowe (poza SN),
- Połączenia międzyoperatorskie - zakończenie strefowe (w SN),
- Połączenia międzyoperatorskie - zakończenie międzystrefowe (poza SN),
- Połączenia międzyoperatorskie – tranzyt,
- Połączenia do sieci IN.

#### Usługi transmisji danych:

- Usługi szerokopasmowej transmisji danych,
- Usługi telewizyjne,
- Łącza dzierżawione,
- Usługi transmisja danych IP - łącza typu punku-punkt,
- Usługi transmisja danych IP - łącza dostępowe,

Wolumen ruchu komutowanego został przeliczony na ruch pakietowy w następujących krokach:

1. Obliczenie liczby portów wykorzystywanych przez abonentów do usług głosowych.  
W oparciu o inżynierskie modele MSAN obliczana jest ilość portów wykorzystywanych przez abonentów usług głosowych.
2. Obliczenie średniego ruchu w GNR (Godziny Największego Ruchu) na port abonencki.  
W oparciu o ruch w GNR na MSAN i wolumen portów wykorzystywanych przez abonentów usług głosowych w kroku pierwszym obliczany jest średni wolumen BHME (Busy Hour mili Erlangs) na port abonencki.
3. Obliczenie wolumenu BHE (Busy Hour Erlangs) dla każdego MSAN.  
Dla każdego MSAN obliczony został wolumen BHE mnożąc wolumen portów wykorzystywanych przez abonentów usług głosowych przez wolumen BHME (Busy Hour mili Erlangs) na port abonencki obliczony w kroku 2. Wolumen BHE określa jak wiele kanałów VoIP jest potrzebnych do przeniesienia ruchu w GNR.
4. Obliczenie pasma na kanały VoIP  
To obliczenie wymagało kilku założeń dotyczących technologii VoIP (Voice over IP) takich jak wykorzystywany kodek do transmisji głosowej a także narzuty poszczególnych protokołów sieciowych (RTP/UDP/IP/Ethernet).
5. Obliczenie szerokości pasma w GNR dla każdego MSAN.

Dla każdego MSAN obliczone zostało pasmo GNR poprzez pomnożenie wolumenu BHE przez szerokość pasma kanału głosowego.

### Wyznaczanie zapotrzebowania na poszczególnych elementach sieci

Wyznaczenie zapotrzebowania powinno uwzględniać rezerwy techniczne, rezerwy planistyczne a także rezerwę na wzrost ruchu w GNR. W związku z tym wyznaczony wolumen ruchu został powiększony tak aby uwzględniał te czynniki. Następnie w celu obliczenia ruchu na poszczególnych elementach sieci wolumen ruchu został pomnożony przez routing factor dla danego elementu sieci. Routing factor przedstawia wskaźnik wykorzystania danego elementu sieci przez daną usługę.

### Etap 2 - Wymiarowanie sieci

Krytycznym krokiem w wymiarowaniu sieci jest zbudowanie modeli inżynierskich dla urządzeń sieciowych. Wymiarowanie sieci w modelu BU-LRIC zostanie oparte na następujących danych:

- Wymiarowanie sieci MSAN na podstawie zgromadzonych od operatorów danych o ruchu głosowym i pakietowym.
- Wymiarowanie węzłów transmisyjnych Ethernetowych i IP w oparciu o przełączany ruch i współczynnik routingu.
- Długość niezbędnych w sieci światłowodów na bazie położenia węzłów sieci.

W modelu wymiarowane będą tylko te elementy sieci, które uczestniczą w świadczeniu usługi hurtowego zakańczania połączeń głosowych w publicznych stacjonarnych sieciach telekomunikacyjnych. Spośród kosztów związanych z ruchem przyrostowi należy przypisać tylko te, które można pominąć przy rezygnacji ze świadczenia usługi hurtowego zakańczania połączeń głosowych, wyłączając część niezwiązaną z ruchem.

Tabela poniżej przedstawia udział elementów sieci w świadczenie poszczególnych usług i metodę obliczenia kosztów dla każdego elementu. Zostały przyjęte trzy możliwe podejścia do ustalenia wartości środków trwałych:

- Bezpośrednia – wartość środka trwałego wyznaczona na podstawie modelu inżynierskiego.
- Narzutem - wartość środka trwałego wyznaczona jako narzut na wartość środków trwałych sieciowych. Współczynnik narzutu wyznaczony na podstawie danych finansowych operatora.
- Nie będzie obliczany – ponieważ środki trwałe nie uczestniczą w świadczeniu usług, ich koszt nie musi być obliczany.

Element sieci	Zaangażowanie w świadczenie usług			Wycena		
	Usługi transmisyjne danych	Hurtowe zakańczanie połączeń głosowych	Inne usługi głosowe	Bezpośrednia	Narzutem	Nie wyznaczana
MSAN	X	X	X	X		
IMS		X	X	X		



Media Gateway	X	X	X	X		
NMS	X	X	X		X	
Przełączniki Ethernet	X	X	X	X		
Routery IP	X	X	X	X		
Serwer Radius	X				X	
BRAS	X					X
System billingowy	X	X	X	X		
IN (Sieć Inteligentna)			X			X
DNS (Domain Name Server)	X					X
SIP Server		X	X	X		
Serwery aplikacji	X		X			X
Kable światłowodowe i infrastruktura	X	X	X	X		

### Współdzielenie sieci szkieletowej

Większość elementów sieci NGN bierze udział w zapewnianiu usług głosowych i transmisji danych, dlatego ich koszt musi być przypisany zgodnie z ich użyciem. Stopień użycia każdego z elementów sieci w każdym rodzaju usługi jest obliczany w oparciu o statystyki ruchu i współczynniki routingu („routing factor”). Zaangażowanie elementów sieci w zapewnienie różnych grup usług jest przedstawione w tabeli powyżej.

### Wymiarowanie sieci MSAN

Wymiarowanie MSAN-ów zostało przeprowadzane zgodnie z podejściem „scorched node“ w następujący sposób:

- Dla każdego węzła dostępowego pozyskane zostały dane geograficzne (adres, współrzędne).
- Dla każdego węzła dostępowego pozyskane zostały dane o wolumenie realizowanych usług w szczególności: usług głosowych, ISDN, usług telewizyjnych, dostępu do Internetu, łączy dzierżawionych oraz usługi transmisji danych.
- łączy dzierżawione do 2 Mbit/s będą świadczone przy wykorzystaniu technologii SHDSL.
- łączy dzierżawione wysokiej prędkości będą świadczone przy wykorzystaniu technologii Ethernet.
- Transmisja danych będzie świadczona przy wykorzystaniu technologii Ethernet.
- Została obliczona średnia przepustowość na port abonencki dla usług głosowych.
- Została obliczona średnia przepustowość na port abonencki dla usług transmisji danych.

- Dla każdego węzła dostępowego została obliczona liczba portów abonenckich (POTS, xDSL, GPON, GE).
- Dla każdego węzła dostępowego została obliczona liczba portów liniowych (GE, 10GE) z uwzględnieniem wymaganej przepustowości oraz założeń dotyczących topologii sieci.
- Dla każdego węzła dostępowego została wyznaczona optymalna wielkość urządzenia MSAN na podstawie wymaganej liczby portów dostępowych oraz portów liniowych.

### **Wymiarowanie sieci IP**

Sieci IP będzie wymiarowana na podstawie struktury stref numeracyjnych i stref tranzytowych. Lokalne routery IP zostaną umieszczone w głównych miastach stref numeracyjnych. Kalkulacja odbywa się w następujących krokach:

#### Węzły lokalne – podejście „scorched earth”

- Dla każdego węzła lokalnego pozyskano dane geograficzne (adresy, współrzędne).
- Dla każdego węzła lokalnego pozyskano dane o wolumenie realizowanych usług w szczególności: połączeń głosowych, ISDN, dostęp do Internetu, łącza dzierżawione oraz usługi transmisji danych.
- Przeprowadzono optymalizację węzłów lokalnych zastępując je MSANami i umieszczając lokalne routery IP w głównych miastach stref numeracyjnych.
- Dla każdego lokalnego routera IP obliczono wolumen ruchu agregowany przez MSANY.
- Dla każdego lokalnego routera IP i każdego MGW obliczono wolumen ruchu IC w oparciu o wolumen usług i współczynniki routingu.
- Dla każdego lokalnego routera IP obliczono potrzebną ilość portów (MSANY, MGW, routery IP sieci szkieletowej).
- Dla każdego MGW obliczono ilość potrzebnych portów IC.
- Dla każdego MGW określono typ jednostki na bazie liczby portów IC i potrzebnej pojemności.
- Dla każdego MGW obliczono wolumen kart rozszerzeń (E1, STM-1, STM-4, GE).
- Dla każdego routera lokalnego określono typ jednostki na bazie liczby portów i potrzebnej pojemności.
- Dla każdego routera lokalnego obliczono wolumen kart sterujących i kart liniowych.

#### Węzły tranzytowe

- Ulokowano szkieletowe routery IP w centrach stref tranzytowych.
- Przypisano lokalne routery IP do stref tranzytowych.
- Dla każdego routera szkieletowego IP i każdego MGW obliczono wolumen ruchu IC w oparciu o wolumen usług i współczynniki routingu.
- Dla każdego routera szkieletowego IP obliczono wolumen ruchu agregowanego z lokalnych routerów IP.

- Dla każdego routera szkieletowego IP obliczono potrzebną ilość portów (lokalne routery IP, MGW, routery szkieletowe).
- Dla każdego MGW określono typ jednostki na bazie liczby portów IC i potrzebnej pojemności.
- Dla każdego MGW obliczono wolumen kart rozszerzeń (E1, STM-1, GE).
- Dla każdego routera szkieletowego określono typ jednostki na bazie liczby portów i potrzebnej pojemności.
- Dla każdego routera szkieletowego obliczono wolumen kart (GE, 10 GE, rozszerzenie routingu, zarządzanie).

### IMS

- Dla całej sieci obliczono wolumen BHCA.
- Dla całej sieci obliczono wolumen BHE.
- Dla całej sieci obliczono liczbę abonentów korzystających z połączeń głosowych.
- Dla każdego elementu IMS określono typ jednostki na bazie zapewnionego wolumenu BHE, wolumenu BHCA i wolumenu abonentów.
- Dla każdego elementu IMS obliczono wolumen kart.

### Wymiarowanie sieci transmisyjnej

Do celów wymiarowania zostają zdefiniowane trzy poziomy sieci transmisyjnej:

- Poziom Lokalny (AN-LN) – obejmujący część sieci transmisyjnej pomiędzy MSANami i lokalnym routerem IP. W każdej strefie lokalnej wszystkie MSANY zostały podłączone do lokalnego routera IP, który koncentruje ruch z tych MSANów.
- Poziom tranzytu 1 (LN-TN) – obejmujący część sieci transmisyjnej pomiędzy lokalnymi routerami IP koncentrującymi ruch z MSANów a szkieletowym routerem IP. W każdej strefie tranzytowej wszystkie lokalne routery koncentrują ruch ze stref lokalnych i są podłączone do routera szkieletowego, który koncentruje ruch z całej strefy tranzytowej.
- Poziom tranzytu 2 (TN-TN) – obejmujący część sieci transmisyjnej pomiędzy routerami szkieletowymi IP. Wszystkie routery szkieletowe koncentrujące ruch ze stref transferowych są połączone między sobą.

### Wymiarowanie sieci transmisyjnej na poziomie lokalnym

- Urządzenia MSAN wyposażone są w porty Ethernetowe.
- MSANY w ramach jednej strefy numeracyjnej połączone zostały pierścieniami Ethernetowymi do Ethernetowych switch'y.
- Wolumen i pojemność pierścieni Ethernetowych obliczono na bazie ruchu generowanego przez MSANY.
- Dla każdego switch'a Ethernetowego określono typ jednostki i wolumen kart (GE, 10 GE) na podstawie wolumenu pierścieni i pojemności.

### Wymiarowanie sieci transmisyjnej na poziomie tranzytowym 1

- Lokalny router IP został podłączony przez pierścienie Ethernetowe do szkieletowego switch'a Ethernetowego, który znajduje się w centrach stref tranzytowych.
- Wolumen i pojemność pierścieni Ethernetowych obliczono na podstawie ruchu generowanego przez lokalne routery IP.
- Dla switch'a Ethernetowego określono typ jednostki i wolumen kart (GE, 10 GE) na podstawie wolumenu pierścieni i pojemności.

### Wymiarowanie sieci transmisyjnej na poziomie tranzytowym 2

- Ethernetowe switchy szkieletowe zostały umieszczone przy routerach szkieletowych IP i połączone w pierścienie Ethernetowe.
- Wolumen i pojemność pierścienia Ethernetowego obliczono na podstawie ruchu generowanego przez routery szkieletowe IP.
- Dla switch'a Ethernetowego określono typ jednostki i wolumen kart (GE, 10GE) na podstawie wolumenu pierścieni i pojemności.

### Wymiarowanie światłowodów

Wymiarowanie światłowodów wymaga obliczenia ich długości w każdym ze zdefiniowanych poziomów sieci transmisyjnej. Dane o długości światłowodów zostaną wyznaczone na podstawie współrzędnych geograficznych węzłów sieci i logicznej topologii sieci. Długości światłowodów zostały obliczone na podstawie odległości drogowych pomiędzy węzłami sieci.

### Wymiarowanie kanalizacji

Dane o długości kanalizacji zostały wyznaczone na podstawie współrzędnych geograficznych węzłów sieci i logicznej topologii sieci. Długości kanalizacji została obliczona na podstawie odległości drogowych pomiędzy węzłami sieci.

## **V. Etap 3 - Wycena sieci**

Zwymiarowane na poprzednim etapie elementy sieci telekomunikacyjnej muszą zostać wycenione do wartości odtworzeniowej brutto (ang. *Gross Replacement Cost – GRC*).

Wycena aktywów do wartości GRC polega na przypisaniu każdemu elementowi sieci spisanemu w kroku wymiarowania sieci jego wartości bieżącej. Oczywiście te same funkcjonalnie elementy sieci mogą być znacznie zróżnicowane, np. kilometr kanalizacji kablowej jednootworowej w terenie silnie lub mało zurbanizowanym. Dlatego, w celu wyceny aktywów do ich wartości GRC, poszczególne funkcjonalne elementy sieci zostały rozłożone na jednolite komponenty cenowe, tzn. takie, do których cenę można przypisać w sposób jednoznaczny. Przykładem jednolitego komponentu cenowego może być koszt 1 km kabla posiadającego 24 włókna światłowodowe. W konsekwencji koszt budowy kilometra kanalizacji kablowej jednootworowej w terenie zurbanizowanym został wyznaczony poprzez wycenę składających się na niego jednolitych komponentów cenowych, takich jak kanalizacja jednootworowa (bez kosztów odtworzenia nawierzchni), studnie kablowe, koszt odtworzenia metra kwadratowego płytki chodnikowej, koszt odtworzenia metra kwadratowego nawierzchni drogowej asfaltowej, itp.

## **Annualizacja kosztów**

Następnym krokiem po wyznaczeniu GRC komponentów sieci jest ich annualizacja. Annualizacja to wyznaczenie rocznego kosztu aktywa, czyli wyznaczenie amortyzacji oraz kosztu kapitału na podstawie wartości GRC aktywa.

Istnieją różne metody annualizacji kosztów, z których wykorzystywane są najczęściej:

- metoda „annuity” lub „tilted annuity”;

Koszt obliczany metodą „annuity” uwzględnia zarówno koszt amortyzacji jak i koszt kapitału związany z tym aktywem. Kalkulacja kosztu oparta jest na wartości odtworzeniowej brutto (GRC) danego elementu i obliczana jest następująco:

$$c = GRC \cdot \frac{WACC}{\left(1 - \left(\frac{1}{(1+WACC)^t}\right)\right)}$$

gdzie:

*GRC* wartość odtworzeniowa brutto aktywa,

*WACC* wskaźnik kosztu kapitału,

*t* całkowity okres użytkowania aktywa.

W przypadku, gdy cena aktywa miałyby się zmieniać w czasie, lepiej stosować pochodną metody „Annuity” – „Tilted annuity”. Metoda ta wyznacza koszt, którego zmiany w czasie odzwierciedlają dokładnie przewidywane zmiany ceny aktywa. W efekcie przy założeniu spadających cen, koszt kapitałowy również ulegnie zmniejszeniu.

$$c = GRC \cdot \frac{WACC - p}{\left(1 - \left(\frac{1+p}{(1+WACC)^t}\right)\right)}$$

gdzie:

*p* współczynnik zmiany ceny

*GRC* wartość odtworzeniowa brutto aktywa,

*WACC* wskaźnik kosztu kapitału,

*t* całkowity okres użytkowania aktywa.

- metoda liniowa;

Metoda księgowa pozwala na osobne wyznaczenie kosztu amortyzacji oraz kosztu kapitału. Koszt amortyzacji jest wyznaczany poprzez podzielenie wartości GRC przez całkowity okres użytkowania aktywa. Koszt kapitału określa oczekiwany zwrot z zaangażowanego kapitału.

$$\text{cost} = \frac{GRC}{t} + NRC \cdot WACC$$

gdzie:

*GRC* wartość odtworzeniowa brutto aktywa,

*WACC* wskaźnik kosztu kapitału,  
*t* całkowity okres użytkowania aktywa.

*NRC* wartość odtworzeniowa netto aktywa,

Odtworzeniowa wartość netto (ang. *Net Replacement Cost - NRC*) określa stopień zużycia aktywa. Za stopień zużycia aktywa została przyjęta wartość 50%. Jest to zgodne z założeniem, iż przez cały okres użytkowania aktywa, zużycie tego aktywa będzie równe średnio połowie jego wartości.

W rachunku kosztów bieżących wyznaczenie rocznego kosztu aktywa wymaga uwzględnienia zmian jego wartości w czasie okresu obrachunkowego. Zasadniczo koszt amortyzacji może być częściowo kompensowany przez wzrost wartości aktywa w czasie trwania okresu obrachunkowego.

W rachunku kosztów bieżących istnieją dwie alternatywne koncepcje do wyznaczania wpływu zmian wartości aktywa na jego roczny koszt. Są to koncepcja zachowania kapitału operacyjnego (ang. *OCM – Operating Capital Maintenance*) oraz koncepcja zachowania kapitału finansowego (ang. *FCM – Financial Capital Maintenance*).

Koncepcja OCM zapewnia operatorowi ten sam poziom zdolności operacyjnej (rozumianej jako zdolności produkcyjne) na koniec okresu jak i na początku. W ujęciu tej metody poprzednie formuły annualizacji kosztów nie ulegną zmianie.

Koncepcja FCM zapewnia operatorowi ten sam poziom kapitału na koniec okresu jak i na początku. W ujęciu tej metody poprzednie formuły annualizacji kosztów powinny zostać skorygowane o wysokość zysku lub straty z przeszacowania aktywów do ich wartości bieżącej (ang. *holding gain/loss*). W rozumieniu FCM koszt amortyzacji równy jest:

$$CD = \frac{GRC}{t} - HG$$

HG określa zysk lub stratę z przeszacowania i wyraża się wzorem:

$$HG = \frac{NBV}{GBV} \times GRC \times p$$

gdzie:

*NBV* wartość księgowa netto aktywa,

*GBV* wartość księgowa brutto aktywa,

*GRC* wartość odtworzeniowa brutto aktywa.

Tak więc, w przypadku spadku cen bieżących aktywa operator doświadcza straty wynikającej z przeszacowania, a w przypadku wzrostu cen - zysku.

### Amortyzacja ekonomiczna

W przedstawionych powyżej metodach annualizacji okres modelowania jest znacznie krótszy niż okres odzyskiwania kosztów i raty kapitałowe są takie same w kolejnych latach życia środka trwałego. To podejście nie bierze pod uwagę ciągłego charakteru inwestycji operatora telekomunikacyjnego i zmian cen telekomunikacyjnych środków trwałych. Jednym ze sposobów na rozwiązanie tych problemów jest amortyzacja ekonomiczna, która odzwierciedla zmiany

w wartości środka trwałego w ciągu roku, a także działanie rynku w warunkach konkurencji. Innymi słowy, podejście amortyzacji ekonomicznej używa analizy cash-flow do odpowiedzi na pytanie: jaki szereg czasowy cen, spójny z trendami faktycznych kosztów wytworzenia (np. użycie sieci, zmiany cen środków trwałych) sprowadzają NPV do zera, czyli poziomu normalnego zysku.

Amortyzacja ekonomiczna wymaga prognozowania następujących zmiennych:

- Kosztu kapitału.
- Zmiany w cenie środka trwałego.
- Zmiany kosztów operacyjnych w czasie.
- Profilu zużycia.

Kluczowe zmienne mają następujący wpływ na amortyzację:

- Im mniejszy koszt kapitału, tym mniejszy koszt inwestycji, który musi być odzyskany w danym roku.
- Im większe spadki w cenie nowoczesnego odpowiednika, tym większej amortyzacji trzeba dokonać na początku okresu.
- W ramach projektu dokonamy analizy wpływu poszczególnych metod amortyzacji na wynik hipotetycznego operatora telekomunikacyjnego.

W opracowywanym modelu zostaną uwzględnione trzy alternatywne metody annualizacji GRC, tj. metoda annuity, metoda tilted annuity oraz metoda liniowa przy zastosowaniu koncepcji FCM, dzięki czemu Prezes UKE mógł kalkulować roczny koszt wg przyjętej przez siebie koncepcji.

#### **VI. Etap 4 - Wycena pozostałych kosztów**

Pozostałe koszty sieci obejmują koszty pozostałych aktywów (komputery, samochody, meble itp.) oraz koszty operacyjne. Koszty wyznaczono jako narzuty do wcześniej ustalonych kosztów aktywów bezpośrednio zaangażowanych w świadczenie usług w zakresie połączenia sieci, według następującej zasady:

- bezpośrednio koszty operacyjne związane z utrzymaniem sieci oszacowano jako narzut względem wartości odtworzeniowej brutto aktywów bezpośrednio zaangażowanych w świadczenie usług w zakresie połączenia sieci,
- bezpośrednio koszty kapitałowe związane z systemem zarządzania siecią (NMS) oszacowano jako narzut względem wartości odtworzeniowej brutto aktywów bezpośrednio zaangażowanych w świadczenie usług w zakresie połączenia sieci,
- pośrednie koszty kapitałowe niezwiązane z siecią oszacowano jako narzut względem bezpośrednich kosztów operacyjnych sieci transportowej,
- pośrednie koszty operacyjne niezwiązane z siecią oszacowano jako narzut względem bezpośrednich kosztów operacyjnych sieci transportowej.

Do kalkulacji współczynników wykorzystano współczynniki oparte na dwóch alternatywnych źródłach danych:



- dane uzyskane od operatorów działających na terytorium Polski na podstawie struktury kosztów operacyjnych pozyskane w formie zapytań ankietowych,
- zewnętrzne wskaźniki dotyczące danych kosztowych operatorów w EU i na świecie.

#### **Koszty operacyjne wyznaczone przy użyciu wskaźników**

- Koszty zarządzania, utrzymania i planowania sieci – koszty operacyjne planowania, zarządzania, wizyt w terenie, inspekcji, konfiguracji i utrzymania w szczególności elementów sieci takich jak:
  - Węzły dostępowe,
  - Sieć transmisyjna,
  - Sieć pakietowa,
  - Światłowody i kanalizacja,
- Koszty operacyjne ogólnej administracji, księgowości, kadr, IT, zarządzania, administracji i utrzymania (pensje, materiały, usługi).

#### **Koszty kapitałowe wyznaczone przy użyciu wskaźników**

- System zarządzania siecią – ogólny,
- System zarządzania siecią – przypisywany poszczególnym elementom sieci,
  - Węzeł dostępowy,
  - Sieć transmisyjna,
  - Sieć pakietowa,
  - Światłowody i kanalizacja,
- Koszty kapitałowe ogólnej administracji, księgowości, kadr, IT, zarządzania, administracji i utrzymania (budynki, samochody, komputery itd.).

Powyższe kategorie kosztów będą wyznaczone, jako:

- Narzuty na wartość brutto sieciowych środków trwałych,
- Narzuty na koszt operacyjny sieci.

**Narzuty na wartość brutto sieciowych środków trwałych** wyznaczone dla następujących kategorii kosztowych:

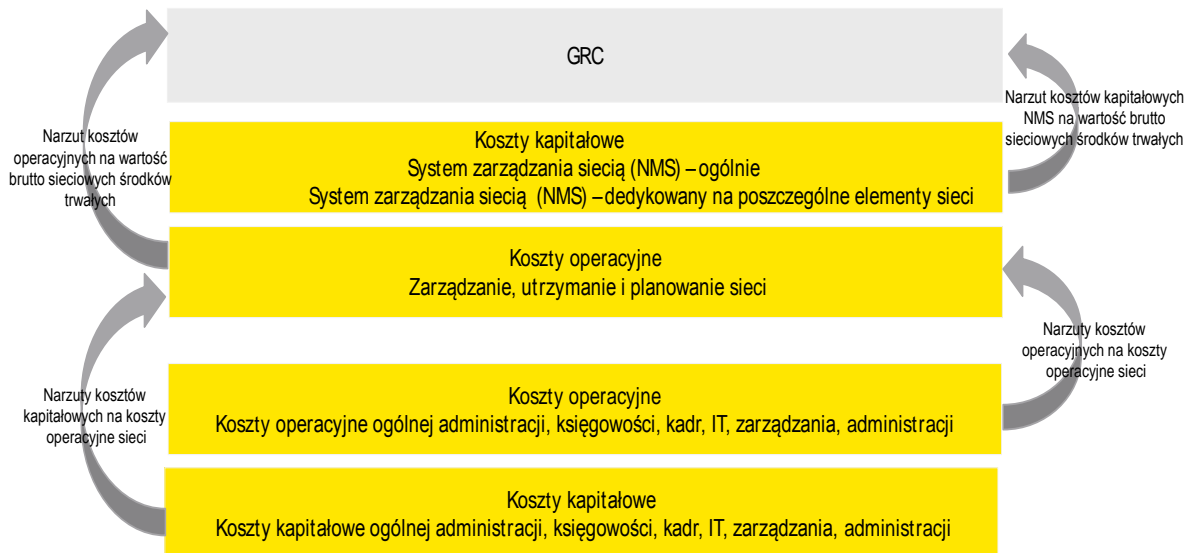
- Zarządzanie, utrzymanie i planowanie sieci – (jako koszt operacyjny),
- System zarządzania siecią – ogólnie (jako koszt kapitałowy),
- System zarządzania siecią – przypisywany poszczególnym elementom sieci (jako koszt kapitałowy).

**Narzuty na koszt operacyjny sieci**, poprzednio przypisane odpowiednim elementom sieci wyznaczone dla następujących kategorii kosztowych:



- Koszty kapitałowe ogólnej administracji, księgowości, kadr, IT, zarządzania, administracji i utrzymania,
- Koszty operacyjne ogólnej administracji, księgowości, kadr, IT, zarządzania, administracji i utrzymania

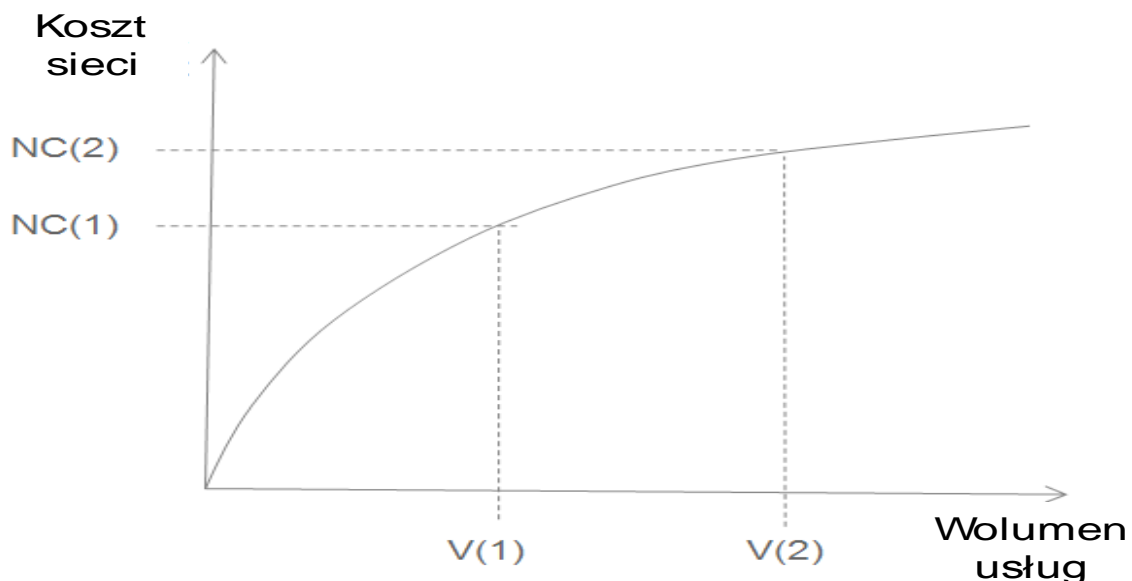
Poniższy schemat przedstawia metodę alokacji kosztów obliczanych narzutami.



## VII. Etap 5 - Kalkulacja kosztów usług

Koszty przyrostowe usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej wyznaczono, jako różnica długoterminowego kosztu operatora zapewniającego wszystkie usługi oraz długoterminowego kosztu tego samego operatora przy braku świadczenia usługi hurtowego zakańczania połączeń.

Poniższy schemat przedstawia metodę wyznaczania kosztów przyrostowych dla usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej.



Koszty przyrostowe usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej wyznaczano zgodnie z następującym worem:

$$U = \frac{NC(2) - NC(1)}{V(2) - V(1)}$$

Gdzie:

*U – jednostkowe koszty przyrostowe usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej,*

*NC(1) – koszty sieci wymiarowanej w celu zapewnienia możliwości świadczenia wolumenu usług V(1),*

*NC(2) – koszty sieci wymiarowanej w celu zapewnienia możliwości świadczenia wolumenu usług V(2),*

*NC(2) – NC(1) – całkowite koszty przyrostowe usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej,*

*V(2) – całkowity wolumen usług świadczonych przez operatora,*

*V(1) – całkowity wolumen usług świadczonych przez operatora minus wolumen usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej,*

*V(2) – V(1) – wolumen usługi hurtowego zakańczania połączeń w sieci stacjonarnej.*