

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

7:10(271÷274)

1989

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 29

WARSZAWA 1989

NR 7:10 (271:274)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy działów:

doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Montaż tekstu: techn. Grażyna Woźnica

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 1989.04.14.
Druk ukończono w czerwcu 1990 r.

III

Krystyna Palmowska

METODYKA PLANOWANIA SIECI TELEFONICZNEJ WEDŁUG CCITT, NA KONKRETNYM PRZYKŁADZIE SIECI WIELKOMIEJSKIEJ.

SPIS TREŚCI

	Str.
Geneza opracowania	1
1. Opis problemu	4
1.1. Uwagi ogólne	4
1.2. Zarys metodologii	7
1.3. Charakterystyka rozważanego obszaru miejskiego	10
1.3.1. Geograficzne usytuowanie miasta	10
1.3.2. Podział administracyjny rozpatrywanego obszaru	11
1.3.3. Rozwój miasta	12
1.3.4. Zasady organizacji sieci telefonicznej	14
1.4. Podstawowe cele administracji	16
2. Prognoza liczby abonentów	18
2.1. Prognozy ludności	18
2.1.1. Ogólne prognozy ludności	18
2.1.2. Oszacowanie wzrostu ludności w rejonach miejskich	20
2.1.3. Prognozy liczby ludności w wioskach	24
2.2. Ogólna prognoza zapotrzebowania dla miasta	24
2.2.1. Uwagi ogólne	24
2.2.2. Wskaźniki krajowe dla lat "5", "10" i "15"	24
2.2.3. Określenie przyszłych wskaźników dla miasta	26
2.2.4. Wzrost liczby abonentów w mieście	28
2.3. Istniejący rozkład abonentów w mieście	31
2.3.1. Dane początkowe	31
2.3.2. Obliczenie obecnego rozkładu abonentów	34
2.4. Prognozy rozkładu zapotrzebowania	34
2.4.1. Metoda	34
2.4.2. Abonenci służbowi	35

IV

	Str.
2.4.3. Abonenci mieszkaniowi	35
2.4.4. Wyniki	36
2.5. System informacyjny dla celów prognostycznych	36
3. Opis sieci istniejącej i decyzji już podjętych	41
3.1. Organizacja sieci i podstawowe plany techniczne	41
3.1.1. Organizacja sieci krajowej	41
3.1.2. Organizacja rozpatrywanego obszaru	43
3.2. Budynki central	47
3.2.1. Budynki istniejące	47
3.2.2. Nowe budynki	48
3.2.3. Odległości między budynkami central	48
3.3. Szczegółowa charakterystyka istniejących central	50
3.3.1. Centrale miejscowe główne	50
3.3.2. Abonenckie wyniesione stopnie komutacyjne w roku "0"	51
3.3.3. Centrala tranzytowa międzymiastowa w roku "0"	52
3.3.4. Centrala międzynarodowa w roku "0"	52
4. Model sieci	52
4.1. Modelowanie sieci abonenckiej	52
4.2. Model generacji i rozptywu ruchu w sieci międzycentralowej	55
4.2.1. Badania ruchu	55
4.2.2. Analiza wyników	56
4.2.3. Macierz ruchu w roku "0"	58
4.2.4. Współczynniki zainteresowań	58
4.3. Kierowanie ruchu w sieci międzycentralowej	59
4.4. Wymiarowanie wiązek łączy w sieci międzycentralowej	60
5. Dostępny sprzęt - charakterystyka techniczna i koszt	61
5.1. Sprzęt komutacyjny	61
5.1.1. Terminologia	61

	Str.
5.1.2. Charakterystyka techniczna sprzętu komutacyjnego	62
5.1.3. Koszt sprzętu komutacyjnego	63
5.2. Sprzęt transmisyjny	65
5.2.1. Uwagi ogólne	65
5.2.2. Uproszczony model kosztów (koszty scalone)	66
5.2.3. Szczegółowy model kosztów transmisji	69
5.3. Teren, budynki central i zasilanie	71
5.4. Trendy kosztów	73
5.5. Koszty roczne	74
6. Opracowanie ogólnej strategii wdrażania	75
6.1. Wprowadzenie	75
6.2. Ogólna organizacja sieci	76
6.2.1. Współpraca międzysieciowa	76
6.2.2. Obszary obsługi central miejskich	79
6.2.3. Obszary obsługi central na peryferiach miasta	80
6.2.4. Konfiguracja sieci w mieście	81
6.2.5. Konfiguracja sieci na peryferiach miasta	82
6.2.6. Konfiguracja sieci abonenckiej	85
6.2.7. Utrzymanie, jakość usług i eksploatacja	94
6.3. Układ sieci i kierowanie ruchu	96
6.3.1. Układ sieci	96
6.3.2. Kierowanie i jakość załatwiania ruchu	97
6.3.3. Zalecane procedury kierowania ruchu	99
6.4. Komutacja	100
6.4.1. Centrale ręczne	100
6.4.2. Centrale analogowe	101
6.4.3. Centrale cyfrowe	102
6.4.4. Centrale przewoźne	103
6.5. Sygnalizacja	103
6.6. Transmisja	104
6.6.1. Systemy i środki transmisyjne	104
6.6.2. Plan transmisji	105

VI

	Str.
6.7. Numeracja	107
6.7.1. Możliwości ewolucji planu numeracji	107
6.7.2. Abonenci i numeracja służb specjalnych	111
6.8. Taryfikacja	111.
6.9. Synchronizacja	112
6.10. Dostępność i niezawodność	113
7. Strategiczne badania struktury sieci	115
7.1. Prezentacja i ogólna charakterystyka czterech wybranych wariantów strategicznych	115
7.2. Prezentacja wyników otrzymanych dla wybranego wariantu strategicznego	122.
7.3. Porównanie kosztów czterech wybranych wariantów strategicznych	154
7.4. Podsumowanie i wnioski	157
Wykaz literatury	159

METODYKA PLANOWANIA SIECI TELEFONICZNEJ WEDŁUG CCITT,
NA KONKRETNYM PRZYKŁADZIE SIECI WIELKOMIEJSKIEJ

GENEZA OPRACOWANIA

Na przełomie lat osiemdziesiątych były prowadzone w CCITT intensywne prace w dziedzinie metodyki planowania sieci telekomunikacyjnej. W wyniku tych prac przygotowano kilka podręczników na temat planowania sieci. Trzeba tu wymienić:

1. 'Ogólne planowanie sieci', z r. 1983 [1].
2. Ekonomiczne i techniczne aspekty wyboru systemów komutacyjnych, z r. 1981 [2].
3. Ekonomiczne i techniczne aspekty przechodzenia z sieci analogowej na cyfrową, z r. 1984 [3].
4. Planowanie sieci miejscowej, z r. 1979 [4].
5. Telekomunikacja wiejska, z r. 1979 i suplement z r. 1983 [5]
oraz dwa opracowania ilustrujące zastosowanie metod przedstawionych w powyższych podręcznikach do pewnych, zaczerpniętych z rzeczywistości sieci przykładowych, a w szczególności:
6. Studium przykładowej sieci wiejskiej, z r. 1982 [6].
7. Studium przykładowej sieci miejskiej, z r. 1984 [7].

Podręczniki te - mimo upływu kilku lat - nie były tłumaczone na język polski i są w krajowym środowisku telekomunikacyjnym stosunkowo słabo znane.

Należy też zwrócić uwagę, że w badaniach prowadzonych w Polsce w dziedzinie metodologii planowania sieci telefonicznych główną uwagę poświęcano dotychczas sieci międzymiastowej. Prace nad zagadnieniami planowania i optymalizacji struktury tego typu sieci z zastosowaniem metod komputerowych są dosyć zaawansowane i przyniosły konkretne wyniki w postaci propozycji określonej

struktury sieci, zasad kierowania ruchem, komputerowych systemów planowania i optymalizacji sieci itp.

Tymczasem analogiczne badania nad metodologią planowania sieci miejscowych pozostają wyraźnie w tyle i mają charakter doraźny. Tematyka ta wpływa każdorazowo przy opracowywaniu strategicznych planów rozwoju krajowej sieci telefonicznej w wybranych aspektach rozwoju sieci, w szczególności planu transmisji [7] czy planu numeracji [8], które jednak ujmują te sprawy tylko w kategorii podstawowych planów technicznych. Jeśli chodzi o całościowe podejście do tematu, to prowadzone są jedynie prace o charakterze koncepcji technicznego rozwoju sieci [9], którym brakuje jednak rozważań o charakterze metodologicznym, w takim ujęciu jak to jest przyjęte w CCITT (dotyczy to zwłaszcza ekonomicznych badań różnych wariantów rozwiązań sieciowych).

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę przekazania treści jednego z wymienionych na wstępie podręczników CCITT, zawierającego studium przykładowej sieci wiejskiej.

Wyboru tego dokonano, mając na uwadze:

- 1) Istniejące pilne potrzeby prac metodologicznych z dziedziny planowania sieci wielkomiejskich (w szczególności prac prowadzonych w Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych Instytutu Łączności);
- 2) fakt, że wybrany podręcznik, pochodzący z 1984 roku, jest stosunkowo najbardziej aktualny i uwzględnia szczególnie ważną problematykę przechodzenia z sieci analogowej na cyfrową, a także zakłada stosowanie nowocześniejszych metod obliczeniowych; pod tymi względami różni się on od analogicznego podręcznika planowania sieci wiejskiej;
- 3) fakt, że przedstawienie w pierwszej kolejności metodologii na konkretnym przykładzie sieciowym może być bardziej użyteczne dla osób zajmujących się problematyką planowania sieci niż przedstawianie rozległego wachlarza metod planowania sieci niejako w oderwaniu od rzeczywistości.

Tym niemniej jest oczywiste, że studium tego typu nie może zastąpić podręczników ogólnych i w następnej kolejności należa-

łoby sięgnąć do tych właśnie podręczników. Należy wspomnieć, że już w trakcie opracowywania tego artykułu wystąpiły trudności o charakterze terminologicznym i metodologicznym, zwłaszcza w dziedzinie badań ekonomicznych.

Generalnym celem niniejszego opracowania jest zatem popularyzacja wiedzy na temat metodyki planowania sieci i podejścia prezentowanego w materiałach CCITT w zastosowaniu do konkretnego przykładu rozbudowy sieci miejskiej, prowadzącej do przekształcenia istniejącej sieci analogowej o niskim poziomie rozwoju w rozbudowaną sieć cyfrową.

Szczególną wartością studium jest pokazanie sposobu podejścia do oceny kosztów rozmaitych możliwych rozwiązań.

Należałoby zwrócić uwagę, że studium, chociaż formalnie odwołujące się do doświadczeń krajów rozwijających się, pozostaje pod wieloma względami aktualne dla sieci polskiej, zwłaszcza w aspekcie braku zbiorów danych ilościowych, a także trudności w ocenie kosztów, które na naszym terenie występują w jeszcze ostrzejszej formie.

1. OPIS PROBLEMU

1.1. Uwagi ogólne

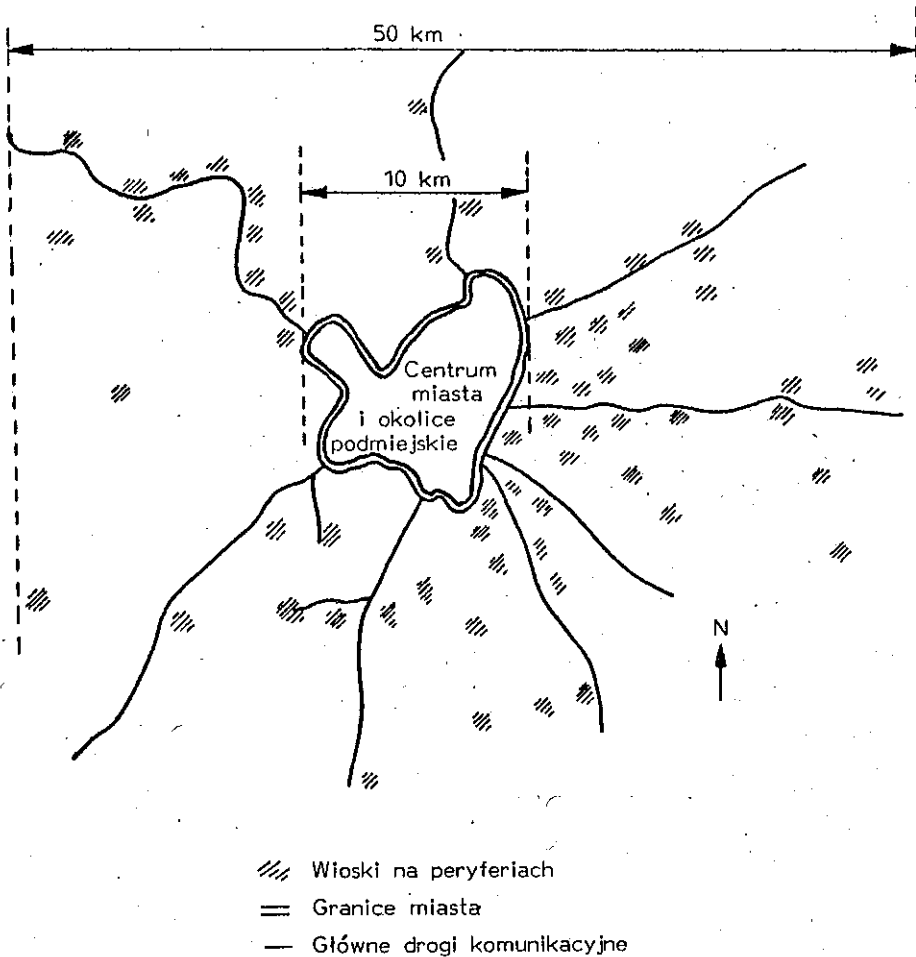
Niniejsze studium jest praktyczną ilustracją zastosowania przytaczanej w podręcznikach CCITT metodyki planowania sieci telefonicznych, do konkretnego przypadku sieci wielkomejskiej. W szczególności uwzględnia zastosowanie metod zawartych w [1], [2] i [3].

Podręczniki te omawiają metody rozwiązywania problemów, ilustrując je specjalnie dobranymi przykładami; natomiast "studium sieci przykładowej" jest demonstracją metody wyboru odpowiednich rozwiązań w procesie planowania konkretnej sieci, rozpatrywanym integralnie. Innymi słowy, studium takie pokazuje schemat podejmowania decyzji, ujmując koncepcje podręcznikowe w perspektywie, która byłaby trudna do uzyskania w inny sposób.

"Studium sieci przykładowej" odnosi się do jednej konkretnej sieci, która pod pewnymi względami może być uważana za reprezentatywną dla innych rzeczywistych przypadków, ale pod innymi względami może nią nie być. Tak więc to, na co trzeba zwrócić szczególną uwagę, to proces podejmowania decyzji, przy czym w każdym momencie należy sobie zadawać pytanie: czy w naszej sytuacji rozwiązanie byłoby to samo? W wielu przypadkach tak nie będzie. Jeśli nawet proces podejmowania decyzji jest podobny, odpowiedź może być zupełnie inna, ponieważ różne warunki prowadzą z reguły do różnych rozstrzygnięć. Należy zatem wyraźnie stwierdzić, że jest to jedynie przykład i w żadnym przypadku nie powinien on być uważany za sztywny wzorzec.

Opracowanie przedstawia studium planistyczne średniej wielkości sieci miejskiej (por. rys. 1). W roku początkowym (zerowym) miasto ma 1 260 000 mieszkańców i 83 500 abonentów telefonicznych obsługiwanych przez 9 central. Badania demograficzne wykazały, że liczba ludności w mieście podwoi się w przeciągu rozpatrywanego okresu, tj. 20 lat. Według założeń administracji łączności (zwanej dalej w skrócie Administracją) liczba abonen-

tów ma w tym czasie wzrosnąć do ok. 700 000, a więc ponad 8-krotnie.



Rys. 1. Rozpatrywany obszar

"Studium sieci przykładowej" odnosi się przede wszystkim do krajów rozwijających się, ze względu na wielkość i typy sieci występujących w tych krajach, jak też charakterystyczne ograniczenia, jak np. trudności ze skompletowaniem aktualnej dokumentacji (dla przygotowania takiej dokumentacji konieczne były kilkumiesięczne studia wstępne). Inne istotne okoliczności to:

- studium jest przeprowadzane w ważnym momencie wzrostu sieci, kiedy to po dłuższym okresie stagnacji następuje faza gwałtownego wzrostu;
- administracja łączności podjęła decyzję o instalacji central z podziałem czasowym, co jest perspektywą, przed którą stoi wiele krajów.

Ten ostatni problem ma podstawowe znaczenie dla sieci rozpartywanego typu, bowiem wiąże się to z całkowitą modyfikacją struktury sieci, z następujących względów:

- niektóre przestarzałe centrale muszą być w najbliższej przyszłości bezwzględnie wycofane z eksploatacji;
- pojemność istniejących central elektromechanicznych jest wyczerpana;
- najstarsze fragmenty sieci abonenckiej wymagają całkowitej renowacji, co ułatwi zmianę granic niektórych obszarów obsługi central;
- przyszła struktura musi być zdeterminowana przyszłymi potrzebami; mogą one znacznie się różnić od istniejących (w wysokim stopniu nie zaspokojonych), częściowo z powodu dużej stopy wzrostu liczby ludności, a częściowo z uwagi na zmiany w rozkładzie gęstości zaludnienia;
- główna zabudowana część obszaru miasta rozrasta się w szybkim tempie i niektóre obszary pozostające obecnie poza granicami miasta zostaną zintegrowane z obszarem miejskim;
- niektóre obszary peryferyjne i sąsiednie wsie wyposażone w roku "0" jedynie w nieliczne telefony powinny mieć zapewnioną automatyczną łączność telefoniczną.

Zakłada się, że nowo instalowany sprzęt telekomunikacyjny będzie z reguły oparty na nowoczesnych, cyfrowych metodach transmisji i komutacji. W związku z tym należy rozstrzygnąć następujące kwestie:

- jak przejść z sieci analogowej na cyfrową?

- jak określić sprzęt do współpracy obu sieci?,
- jaki będzie wpływ nowych technik na strukturę sieci?,
- jak w pełni wykorzystać możliwości central elektronicznych, takie jak: większa elastyczność planu numeracji i kierowania ruchu oraz możliwość wynoszenia stopni komutacyjnych?.

Studium ma na celu sprecyzowanie zadań niezbędnych do przygotowania i opracowania średnio- i długoterminowych planów rozwojowych. Celem drugorzędym jest przedstawienie typowych rozwiązań i ich przedyskutowanie.

Zakres tych zadań obejmuje:

- opracowanie globalnych i szczegółowych prognoz abonentów;
- określenie ewolucji podstawowych planów technicznych;
- określenie polityki sprzętowej dla każdego typu sprzętu;
- zaprojektowanie nowej struktury sieci;
- opracowanie prognozy ruchu międzycentralowego;
- opracowanie zasad kierowania ruchu międzycentralowego;
- opracowanie planu kierowania łączy w sieci teletransmisyjnej;
- ocenę kosztów rozbudowy sieci.

Uwzględniane są tylko aspekty planowania sieci. Inne ważne sprawy - takie jak: eksploatacja, utrzymanie, taryfikacja, techniczna specyfikacja sprzętu, przygotowanie ofert - nie mogły być w studium rozpatrzone szczegółowo, pomimo ścisłych związków z rozpatrywaną tematyką.

1.2. Zarys metodologii

Studium tego typu może być przeprowadzone tylko pod warunkiem ustalenia przez administrację łączności głównych strategicznych celów rozwoju (por. pkt. 1.4). Istnieje ścisła wzajemna zależność między stosowaną metodyką, dostępnymi danymi oraz specyficznymi warunkami lokalnymi. Uzasadnia to celowość iteracyj-

nego podejścia do procesu planowania: w każdej iteracji system informacyjny jest uzupełniany o nowe typy danych statystycznych, w związku z czym można zastosować precyzyjniejsze metody. Utrzymanie i aktualizacja takiego systemu informacyjnego wymaga inwestycji w personel i sprzęt, o które z reguły trudno w kraju rozwijającym się. Tym niemniej, następne studia powinny być skoordynowane z właściwym i ciągłym rozwijaniem takiego systemu.

Pomimo znacznej objętości opracowania, należało przyjąć wiele uproszczeń; można byłoby nawet kwestionować celowość takiego skrótowego potraktowania tak złożonego tematu. Studium to nie może więc być uważane za wzorcowe i w realnych warunkach pożądane byłoby wprowadzenie wielu poprawek. Rozpatrywane warianty strategiczne rozwoju sieci (por. rozdz. 7) zostały arbitralnie przyjęte i niekoniecznie są optymalne, celem było tu raczej zilustrowanie metodologii niż dokonanie ostatecznych rozstrzygnięć. Stała ewolucja zbiorów danych (dotyczących prognoz zapotrzebowania, ruchu i zależności kosztowych) wymagałaby powtórzenia całego procesu; zadanie takie w każdym razie powinno być podejmowane okresowo co jakiś czas.

Z uwagi na to, że studium jest przeznaczone dla planistów, którzy nie zawsze mają dostęp do komputera, wszystkie obliczenia o których mowa w opracowaniu mogą być wykonywane ręcznie. Tak więc zrezygnowano ze stosowania jakichś wyszukanych metod obliczeniowych. Tym niemniej wykonanie takiego studium bez użycia komputera byłoby bardzo czasochłonne. Komputery zostały więc wykorzystane dla procedur powtarzających się, a także w badaniach wpływu przyjętych założeń na otrzymywane wyniki.

Etapy zarysowane w kolejnych rozdziałach studium są następujące:

* Rozdz. 2. Prognoza liczby abonentów

Główny cel stanowi określenie zapotrzebowania na łącza abonenckie (liczba abonentów już dołączonych plus liczba wniosków o założenie telefonu) w każdym roku badanego okresu i dla każdego obszaru elementarnego. Tym elementarnym obszarem jest "rejon administracyjny" w mieście i wieś na jego peryferiach. Obli-

czenia prowadzi się na podstawie wstępnie założonych wskaźników prognostycznych o charakterze ogólnym oraz danych społeczno-demograficznych, wg stanu na 4 lata przed rokiem "0".

Dla zapewnienia zgodności wyników częściowych z założonymi wskaźnikami ogólnymi lub też z globalnymi danymi początkowymi stosuje się metody "z góry na dół", natomiast dla uwzględnienia różnic w ewolucji gęstości występujących dla różnych obszarów - metody "z dołu do góry". Zapotrzebowanie prognostyczne jest określone oddzielnie dla obszaru miejskiego i dla obszarów peryferyjnych. W mieście operuje się danymi wejściowymi, określającymi liczbę obsługiwanych abonentów w każdym rejonie administracyjnym i w każdej kategorii abonentów. Natomiast zapotrzebowanie na peryferiach ustala się bezpośrednio na podstawie oszacowań liczby ludności (ponieważ abonentów istniejących jest tak mało, że ekstrapolacja byłaby niewskazana, a ponadto brak danych odnośnie kategorii abonentów).

* Rozdz. 3. Opis sieci istniejącej i decyzji już podjętych

Przedstawiono opis sieci istniejącej, podstawowego wyposażenia komutacyjnego i transmisyjnego oraz budynków central, zwracając szczególną uwagę na możliwości rozbudowy lub współpracy z nowym sprzętem cyfrowym.

* Rozdz. 4. Model sieci

Podano opis uproszczonego - ze względu na znaczną liczbę danych rzeczywistych - modelu sieci przyjętego dla potrzeb studium. Zamieszczono też początkową macierz strumieni zainteresowań ruchowych między centralami i scharakteryzowano obecną jakość usługową.

* Rozdz. 5. Charakterystyka techniczno-ekonomiczna dostępnego sprzętu

Pokazano charakterystyki techniczne i ekonomiczne sprzętu transmisyjnego i komutacyjnego, który może być zastosowany do rozbudowy sieci.

* Rozdz. 6. Opracowanie ogólnej strategii wdrażania

W tym etapie zdefiniowano możliwości ewolucji podstawowych planów technicznych (transmisji, kierowania ruchu, numeracji itp.). Plany te określają reguły stosowania sprzętu, ograniczenia techniczne i wskaźniki jakości usługowej. Tu również określono politykę sprzętową, tj. kryteria wyboru sprzętu, który ma być zainstalowany oraz zależności kosztowe, a także ustalono najważniejsze kryteria dla końcowych badań strategicznych.

* Rozdz. 7. Strategiczne badania struktur sieci

Przedstawiono 4 możliwe warianty przyszłej struktury sieci i porównano ich koszty. Badania dotyczą okresu między rokiem "0" i rokiem "10", przy czym bierze się pod uwagę strukturę sieci w roku "20". Pokazano też różnicę w kosztach dla różnych sposobów wprowadzania systemów cyfrowych.

1.3. Charakterystyka rozważanego obszaru miejskiego

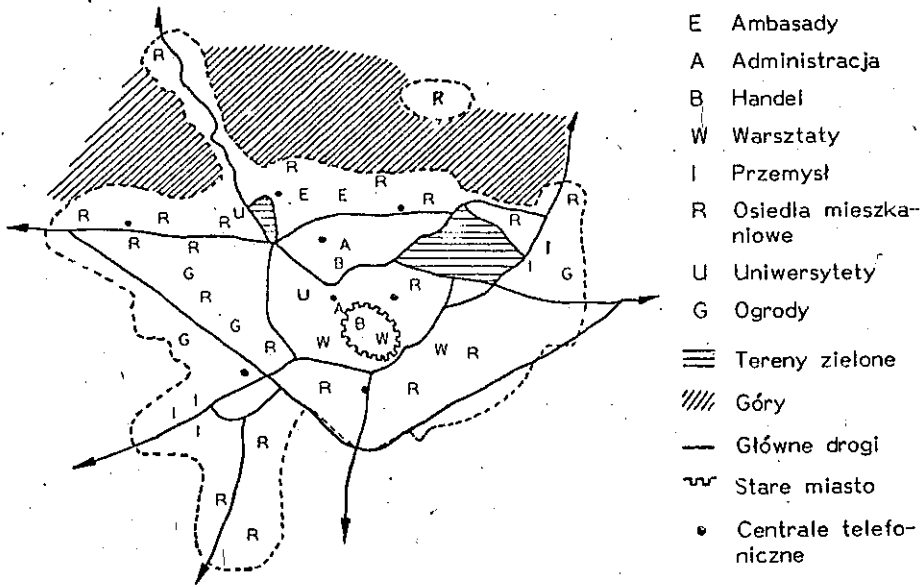
1.3.1. Geograficzne usytuowanie miasta

Miasto znajduje się w kraju o powierzchni 185 tys. km² i ludności liczącej 9 milionów. Kraj ten jest podzielony na 14 regionów administracyjnych. 60% ludności mieszka na terenach wiejskich. Ludność rozpatrywanego miasta stanowi 14% całkowitej ludności w kraju, z tendencją do wzrostu tej proporcji.

Miasto jest:

- położone z dala od geometrycznego środka kraju i znajduje się w środku przecięcia osi północ-południe, wzdłuż której koncentruje się gospodarcza aktywność kraju, oraz osi wschód-zachód między sąsiednimi krajami, z którymi ma ścisłe związki handlowe;
- otoczone górami i terenami pustynnymi, z wyjątkiem żyznych terenów podmiejskich, które są włączone do rozpatrywanego obszaru.

W mieście zlokalizowano następujące większe obiekty o charakterze społecznym i gospodarczym (por. rys. 2): ministerstwa, administrację krajową i miejską, ambasady, służby publiczne i banki, przedsiębiorstwa handlowe różnej wielkości, uniwersytety i szkoły, szpitale, małe zakłady przemysłowe i warsztaty oraz centrum turystyczne.



Rys. 2. Rozmieszczenie obiektów społeczno-ekonomicznych

1.3.2. Podział administracyjny rozpatrywanego obszaru

Podział administracyjny traktuje się jako stały podczas całego rozpatrywanego okresu, co umożliwia wykorzystanie go jako układu odniesienia przy definiowaniu ewolucji obszarów obsługi. Studiowany obszar składa się z dwóch następujących części:

a) Obszar miejski

Początkowe wejściowe dane demograficzne dotyczą tylko 147 rejonów administracyjnych oficjalnie przyjętych w mieście. Obejmują one centrum miasta i najbliższe tereny podmiejskie i są oznaczane liczbowym kodem od 1 do 147. Z uwagi na wymagania studium, jak również dla uwzględnienia rozbudowy miasta, zostały dodane 4 nowe, nieoficjalne rejony. Rejony 148 i 149 na południu odpowiadają dwóm obszarom podmiejskim traktowanym w dotychczasowych statystykach jako znajdujące się poza miastem, ale obecnie włączanym do rozbudowywanego terenu. Rejony 150 i 151 w roku "0" w ogóle nie istnieją. Odpowiadają one niedużemu miastu satelickiemu na północnym zachodzie, którego budowa już jest podjęta oraz przyszłemu miastu satelickiemu na północy. Obszar miejski ma kształt nieregularny, o średnim promieniu 5 km.

b) Obszary peryferyjne

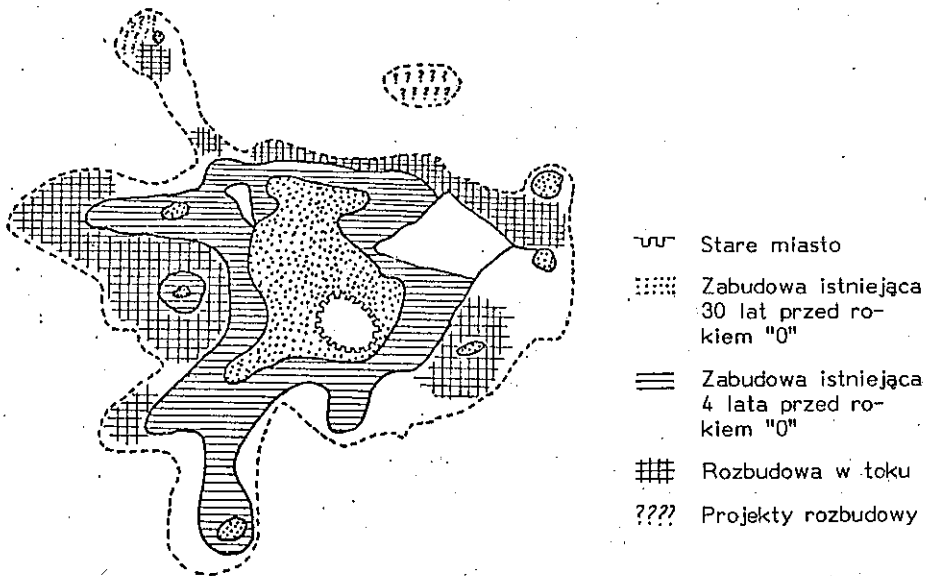
Tereny te otaczają obszar miejski i rozciągają się do 20 lub 25 km od środka miasta. Zawierają one 30 małych miasteczek, każde z liczbą ponad 5 tysięcy mieszkańców, i około 60 wiosek, liczących od 1000 do 5000 mieszkańców. Tereny te nie odpowiadają żadnej jednostce administracyjnej, ponieważ faktycznie obejmują one wiele rejonów wiejskich, z których niektóre wykraczają poza rozpatrywany obszar.

Wioski należące do obszarów peryferyjnych mogą być obsłużone przez małe jednostki komutacyjne (samodzielne lub nie), przyłączone bezpośrednio do miejskich central macierzystych należących do tej samej miejscowej strefy taryfikacyjnej. Wioski te są oznaczane liczbami od 1 do 109 (numeracja nieciągła).

1.3.3. Rozwój miasta (por. rys. 3)

Spis wykonany 4 lata przed rokiem "0" wykazał liczbę ludności w mieście 1 081 545, natomiast w roku "0" liczbę tę oszacowano na 1 260 000. Średni wzrost roczny wynosi więc 4,56%, przy średniej krajowej 3,2%. Badania demograficzne wykazały, że liczba ludności podwoi się w przeciągu najbliższych 20 lat. Ten duży

wskaźnik wzrostu jest spowodowany migracją ludności z obszarów wiejskich, napływem imigrantów i wysoką stopą urodzeń. Rejony miejskie w liczbie 147 obejmują znaczny procent terenów zielonych, stopniowo wypieranych przez drogi komunikacyjne i zabudowania. Góry uniemożliwiają geograficzny rozrost miasta w kierunku północno-zachodnim. Nowe rejony rozciągają się wzdłuż głównych dróg prowadzących na wschód i na zachód.



Rys. 3. Rozwój obszaru miejskiego

Powierzchnia obecnego obszaru miejskiego wynosi około 6000 ha, co daje średnią gęstość zaludnienia ok. 20 000 mieszkańców na 1 km².

W roku "0" miasto ma 83 500 abonentów telefonicznych obsługiwanych przez 9 central. Na najbliższą pięcioletkę zakłada się 18-procentowy średni wzrost roczny liczby abonentów. W rezultacie w roku "5" liczba ta osiągnie 180 000 w tych samych granicach obszaru obsługi (w mieście). Na peryferiach miast się automa-

tyczna obejmie 31 000 abonentów w roku "5" (przy liczbie 3600 abonentów w roku "0"). Szybki wzrost przewidywany jest także w następnych latach. W chwili obecnej (rok "0") kolejka oczekujących na założenie telefonu dorównuje liczbie abonentów już przyłączonych do sieci. Pomimo znacznych opłat za usługi telefoniczne, lista oczekujących ma, według prognoz, znacznie wzrosnąć w środkowym okresie studium, aby spaść na koniec tego okresu do obecnej ich liczby.

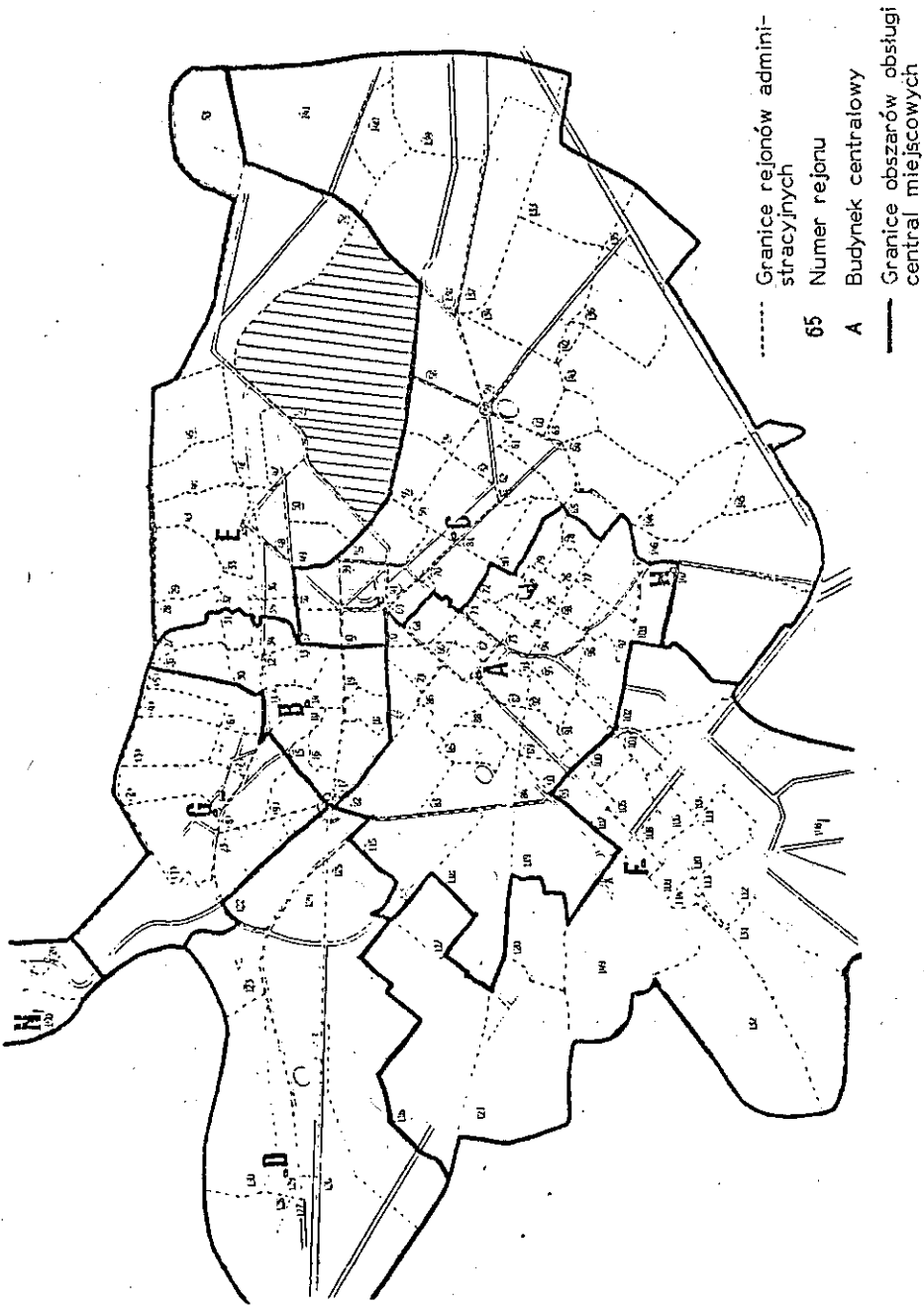
1.3.4. Zasady organizacji sieci telefonicznej

a) Miasto (rys. 4)

W roku "0" miasto jest podzielone na 7 obszarów obsługi (centralowych), z których każdy jest obsługiwany przez jedną lub dwie centrale miejskie. Te obszary obsługi są oznaczone jednoliterowym kodem odpowiednich budynków od A do G. Istnieje również nowy budynek H, zawierający nową centralę miejską już zainstalowaną, ale jeszcze nie uruchomioną.

Jednym z głównych elementów niniejszego studium jest określenie ewolucji obszarów obsługi central rok po roku, z uwzględnieniem obszarów powstających wokół nowych budynków. Te nowe budynki mają być zlokalizowane w miejscach już wyznaczonych przez Administrację i oznaczone są jako I, J, K, L itd.

Obszary obsługi central dzielą się z kolei na obszary szafkowe. W roku "0" na terenie miasta znajduje się ponad 600 szafek o pojemności 150 lub 300 abonentów. Te obszary szafkowe będą podlegać w przyszłości zasadniczym zmianom z powodu dużej stopy wzrostu liczby abonentów i planowanych remontów linii abonenckich, znajdujących się w bardzo złym stanie. Obszary szafkowe nie mogą jednakże być wykorzystane jako obszary elementarne do badań średnio- lub długookresowych ze względu na zbyt dużą liczbę szafek (kilka tysięcy pod koniec rozpatrywanego okresu), co prowadziłoby do iluzorycznej dokładności za cenę ogromnej ilości obliczeń. "Szafki" będą więc wykorzystane w tym studium wyłącznie do uzyskania początkowych danych o lokalizacji przyłączonych abonentów. Obszary szafkowe są zgrupowane w granicach rejonów



Rys. 4. Rozpatrywane miasto w roku "0"

administracyjnych, analogicznie jak to przyjęto przy prognozowaniu liczby abonentów. Te właśnie rejony będą stosowane jako obszary elementarne w niniejszym studium.

b) Obszary peryferyjne

Wszystkie wioski są rozpatrywane oddzielnie. Administracja podjęła już decyzję o lokalizacji jednostek komutacyjnych w roku "5"; decyzje te zostały przyjęte również w tym studium. Tym niemniej w przyszłości konieczne są badania nad instalacją nowych jednostek komutacyjnych na peryferiach.

1.4. Podstawowe cele administracji

a) Liczba abonentów a jakość usługowa

Ze względu na ograniczone środki finansowe konieczny jest kompromis między liczbą przyłączonych abonentów a jakością usługową. Administracja uznała jako cel pierwszoplanowy przyłączenie możliwie dużej liczby abonentów, a jako cel drugoplanowy - stopniową poprawę jakości usługowej. Stwierdzono, że zapewnienie w krótkim terminie jakości usługowej na poziomie typowym dla bardziej zaawansowanych krajów byłoby zbyt kosztowne.

b) Stopień zaspokojenia potrzeb dla różnych kategorii abonentów

W roku "0" nie istnieje rozróżnienie między kategoriami abonentów. Tym niemniej z powodu długich terminów instalacji (przeciętnie 5 do 10 lat) stosowany jest system preferencyjny, zgodnie z którym wniesienie dodatkowej opłaty zapewnia skrócenie czasu oczekiwania (do 6 miesięcy). Takí system w istocie faworyzuje abonentów służbowych. Zakłada się, że wraz ze skróceniem czasu oczekiwania preferencje powinny być zniesione.

c) Usługi dodatkowe

Lista dodatkowych usług dostępnych w roku "0" jest podana w rozdz. 3. Nowe usługi dostępne w centralach cyfrowych będą uruchamiane tylko wtedy, gdy są ekonomicznie uzasadnione. Administracja ma obecnie raczej ograniczone plany w tym względzie.

d) Sieć międzymiastowa

Administracja angażuje obecnie znaczne środki finansowe w automatyzację sieci międzymiastowej. Usprawnienie to poprawi dostęp do sieci międzymiastowej i w konsekwencji zwiększy się udział ruchu dalekosiężnego w ruchu całkowitym.

e) Sieć międzynarodowa

Administracja zamierza zapewnić dostęp do automatycznej sieci międzynarodowej dla wszystkich większych ośrodków w kraju tak szybko, jak to jest tylko możliwe. W roku "0" istnieje zaledwie jedna automatyczna centrala międzynarodowa zlokalizowana w rozpatrywanym mieście; najbliższym celem jest poprawa jej dostępności.

f) Sieć ręczna

Wprawdzie z ogólnego punktu widzenia korzystniejsza jest łączność automatyczna, jednakże w najbliższej perspektywie o wyborze między centralą ręczną i cyfrową będą decydować względy ekonomiczne, a także czynniki lokalne (otoczenie sieci). W praktyce oznacza to możliwość wprowadzania nowych central ręcznych. Na terenach wiejskich znajdujących się w pobliżu miejskiej sieci cyfrowej centrale ręczne będą stopniowo eliminowane i zastępowane, przede wszystkim cyfrowymi stopniami wyniesionymi.

g) Ogólna polityka inwestycyjna

Administracja nie zamierza maksymalizować zysku towarzystwa telefonicznego, a raczej zapewnić należytą podaż usług, które są uznawane jako niezbędne dla użytkowników.

h) ISDN

Brak jest decyzji dotyczących wprowadzenia usług transmisji danych, a także sieci z integracją usług.

2. PROGNOZA LICZBY ABONENTÓW

2.1. Prognozy ludności

2.1.1. Ogólne prognozy ludności

W tabl. 1 i 2 zestawiono wszystkie dostępne dane charakteryzujące wzrost liczby ludności w całym kraju i w rozpatrywanym mieście w okresie 10 lat poprzedzających rok "0" (tabl. 1) oraz dane prognostyczne do roku "20" (tabl. 2). W tych oficjalnych statystykach dane dla miasta dotyczą tylko 147 "starych" rejonów administracyjnych (patrz pkt. 1.3.2), a więc z wyłączeniem 4 ostatnich rejonów (148 do 151). Oszacowania prognostyczne dla nowych rejonów są przeprowadzone oddzielnie, na podstawie informacji dostarczonych przez Administrację. Wartości te podano w tabl. 3, a w tabl. 4 podsumowano wyniki dla poprzednich i nowych granic miasta.

Tablica 1

Ludność: dane historyczne z okresu 10 lat przed rokiem "0"

Rok stan: 31.12.	Cały kraj	Rozważane miasto	Stosunek $\frac{\text{miasto}}{\text{kraj}}$
-10	6 368 000	847 000	13,3%
- 9	6 577 000	886 000	13,5%
- 8	6 792 000	927 000	13,6%
- 7	6 890 000	970 000	14,8%
- 6	7 121 000	1 014 000	14,2%
- 5	7 483 000	1 066 000	14,2%
- 4	7 729 000	1 110 000	14,4%
- 3	7 845 000	1 152 000	14,7%
- 2	8 328 000	1 205 000	14,5%
- 1	8 647 000	1 223 000	14,1%
0	9 106 000	1 293 000	14,2%

Tablica 2

Dostępne prognozy ludności

Rok	Cały kraj	Rozważane miasto	Stosunek $\frac{\text{miasto}}{\text{kraj}}$
5	10 779 000	1 536 000	14,2%
10	12 627 000	1 806 000	14,3%
20	16 231 000	2 300 000	14,2%

Tablica 3

Prognozy ludności dla nowych rejonów administracyjnych

Rok	Rejon 148	Rejon 149	Rejon 150	Rejon 151	Suma
0	89 800	10 200	0	0	100 000
5	109 000	12 500	20 000	0	141 000
10	125 000	15 000	30 000	30 000	200 000
20	178 000	20 500	40 000	120 000	358 500

Tablica 4

Prognozy ludności dla miasta

Rok	Poprzednie granice (147 rejonów)		Nowe granice (151 rejonów)	
	Miasto	Stosunek $\frac{\text{miasto}}{\text{kraj}}$	Miasto	Stosunek $\frac{\text{miasto}}{\text{kraj}}$
0	1 293 000	14,2%	1 393 000	15,3%
5	1 536 000	14,2%	1 677 500	15,6%
10	1 806 000	14,3%	2 006 000	15,9%
20	2 300 000	14,2%	2 658 500	16,4%

Te ogólne prognozy można skontrolować następująco. Po pierwsze, jeśli rozpatruje się miasto w jego poprzednich granicach, to można stwierdzić, że stosunek "miasto/kraj", tj. stosunek liczby ludności w mieście do liczby ludności w kraju, jest stały. Oznacza to, że przyrósł ludności jest związany z dołączeniem nowych rejonów. Z drugiej strony, przeciętne wskaźniki wzrostu podane w tabl. 5 zmieniają się (maleją) w sposób regularny.

Tablica 5

Przeciętne wartości rocznej stopy wzrostu ludności

Okres (lata)		Kraj	Miasto 147 rejonów	Miasto 151 rejonów
-5	0	4,0%	3,9%	-
0	5	3,4%	3,5%	3,8%
5	10	3,2%	3,3%	3,6%
10	20	2,5%	2,5%	2,9%

2.1.2. Oszacowanie wzrostu ludności w rejonach miejskich

a) Dostępne dane

Dostępne dane dotyczące rozmieszczenia ludności pochodzą ze spisu przeprowadzonego 4 lata przed rokiem "0". Na podstawie tego spisu określono liczby ludności w każdym z rejonów miejskich.

Dane te są wystarczająco szczegółowe dla prognozy liczby abonentów telefonicznych, chociaż brak danych ilościowych odnośnie liczby zatrudnionych utrudnia badania szczegółowe abonentów w podziale na kategorie. Dla następnego studium byłaby pożądana znajomość zatrudnionych w podziale na rejony i kategorie (przemysł, rzemiosło, handel, administracja, usługi). Warto byłoby również przeprowadzić modyfikację granic, aby uwzględnić nową strukturę miejską, szczególnie na peryferiach miasta. Niektóre rejony są zbyt duże, inne nie zachowują naturalnych granic do-

łączonych terenów podmiejskich; należałoby także dodać nowe rejony w związku z rozszerzeniem granic miasta.

Przeprowadzono klasyfikację rejonów według oczekiwanych wartości stopy wzrostu ludności, wyróżniając następujące trzy typy rejonów:

- * typ 1 - dla rejonów o dużej stopie wzrostu (modernizacja, konstrukcja budynków wielopiętrowych, dalsza rozbudowa terenów zabudowanych);
- * typ 2 - dla rejonów o średniej stopie wzrostu;
- * typ 3 - dla rejonów stabilnych (brak możliwości rozbudowy).

b) Metoda szacowania wzrostu lokalnego i wyniki.

W metodzie tej zestawia się następujące dane:

- liczba ludności w roku "-4" w każdym rejonie;
- typ rejonu, charakteryzujący się odpowiednią wartością stopy wzrostu ludności;
- oszacowania łącznej liczby ludności dla lat "0", "5", "10" i "20".

Metodę zastosowano do 147 starych rejonów, ponieważ prognozy dla 4 ostatnich rejonów są podane w danych wejściowych. W rezultacie otrzymano liczby ludności oszacowane lub prognozowane w każdym rejonie dla każdego roku z przedziału od "0" do "5", a ponadto "10" i "20".

Rozpatruje się cztery przedziały czasowe, w ciągu których roczne stopy wzrostu zakłada się jako stałe:

- 1) od "-4" do "0" - o stopach wzrostu x_1, y_1, z_1 ;
- 2) od "0" do "5" - o stopach wzrostu x_2, y_2, z_2 ;
- 3) od "5" do "10" - o stopach wzrostu x_3, y_3, z_3 ;
- 4) od "10" do "20" - o stopach wzrostu x_4, y_4, z_4 ;

gdzie wskaźniki x oznaczają wartości rocznej stopy wzrostu dla rejonów 1 typu, y - analogiczne dane dla rejonów typu 2, a z - dla rejonów 3 typu.

Konieczne są pewne wstępne próby doboru wartości stopy wzrostu, aby otrzymać realistyczne i wzajemnie spójne wyniki. Wartości stopy wzrostu dla typów 2 i 3 są na początek dobrane w ten sposób, aby ich wartości malały z czasem i aby w każdym okresie ich wartości były mniejsze niż przeciętne dane dla miasta. Wartość stopy wzrostu dla typu 1 w każdym okresie można obliczyć w sposób następujący.

Jeśli P_n jest całkowitą liczbą ludności w mieście w roku n , A_n jest sumaryczną liczbą ludności w 52 rejonach typu 1 w roku n , B_n jest sumaryczną liczbą ludności w 67 rejonach typu 1 w roku n , C_n jest sumaryczną liczbą ludności w 32 rejonach typu 1 w roku n , wówczas

$$P_n = A_n + B_n + C_n.$$

Jeśli q jest długością każdego przedziału, to każdy okres zaczyna się rokiem $n-q$ i kończy rokiem n . P_n można wyrazić jako funkcję A_{n-q} , B_{n-q} i C_{n-q} w następujący sposób

$$P_n = A_{n-q} (1+x/100)^q + B_{n-q} (1+y/100)^q + C_{n-q} (1+z/100)^q$$

przy czym wartości P_n podano w tabl. 1 i 2, a A_{n-q} , B_{n-q} , C_{n-q} obliczono z wyników prognoz ludności dla rejonów z poprzedniego okresu. W roku "-4":

$$\begin{aligned} A_{-4} &= 455\ 054, \\ B_{-4} &= 472\ 444, \\ C_{-4} &= 154\ 428. \end{aligned}$$

Po wybraniu wartości y i z (por. tabl. 6) łatwo jest obliczyć x . Następnie wyznacza się liczby mieszkańców w każdym rejonie drogą ekstrapolacji, zgodnie z wartością stopy wzrostu x , y lub z , w zależności od typu tego rejonu. Tak więc dla okresu od "-4" do "0":

$$P_0 = A_{-4} (1+x_1/100)^4 + B_{-4} (1.04)^4 + C_{-4} (1.02)^4$$

$$1\ 293\ 000 = 455\ 054 (1 + x_1/100)^4 + 472\ 444 (1.12) + 154\ 428 (1.0824),$$

skąd $x_1 = 5,88\%$.

Podobnie $x_2 = 4,49\%$, $x_3 = 4,85\%$ i $x_4 = 3,03\%$.

Stąd, na podstawie tabl. 6 można obliczyć wzrost liczby ludności podany w tabl. 7.

Tablica 6

Wartości stopy wzrostu ludności
w rejonach poszczególnych typów

	Okres -4 do 0	Okres 0 do 5	Okres 5 do 10	Okres 10 do 20
Średnia wartość dla miasta bez nowych rejonów	4,55%	3,5%	3,3%	2,5%
Rejony typu 1 bez uwzględn. nowych rejonów	$x_1=?$	$x_2=?$	$x_3=?$	$x_4=?$
Rejony typu 2	$y_1=4\%$	$y_2=3,5\%$	$y_3=2\%$	$y_4=2\%$
Rejony typu 3	$z_1=2\%$	$z_2=1,5\%$	$z_3=1\%$	$z_4=1\%$

Tablica 7

Łączne liczby ludności w rejonach poszczególnych typów

	Rok				
	-4	0	5	10	20
Rejony typu 1	455 054	587 905	732 214	928 043	1 251 273
Rejony typu 2	472 444	539 124	624 993	690 039	841 157
Rejony typu 3	154 428	165 968	178 795	187 915	207 577
Nowe re-jony (148, 149, 150, 151)	0	100 000	141 500	200 000	358 500
Suma	1 081 926	1 392 997	1 677 502	2 005 997	2 658 507

2.1.3. Prognozy liczby ludności w wioskach

Biorąc pod uwagę trendy krajowe i tendencję przyciągania ludności przez miasto, wioskom przypisuje się stale malejący wskaźnik wzrostu. Pierwsza wartość stopy wzrostu jest oparta na wartości ogólnej dla miasta (151 rejonów). Tak więc:

okres "0" - "5" - 3,8%;

okres "5" - "10" - 3,2%;

okres "10" - "20" - 2,6%.

2.2. Ogólna prognoza zapotrzebowania dla miasta

2.2.1. Uwagi ogólne

Istnieją jedynie ogólne prognozy liczby abonentów dla całego kraju dla lat "5", "10" i "20". Dane te - po przeanalizowaniu ich wiarygodności drogą porównania z odpowiednimi prognozami rozwoju gospodarczego zostały przyjęte w niniejszym studium. Na tej podstawie należy teraz wyznaczyć wskaźniki dla miasta, biorąc pod uwagę kontekst krajowy.

W pkt. 2.2.2 podano liczbę abonentów w kraju; następnie określono i uzasadniono oszacowania ogólnych wskaźników dla miasta (pkt. 2.2.3). W pkt. 2.2.4 określa się ewolucję całkowitego zapotrzebowania.

2.2.2. Wskaźniki krajowe dla lat "5", "10" i "15"

Wg oszacowań Administracji całkowita liczba abonentów ma wynosić:

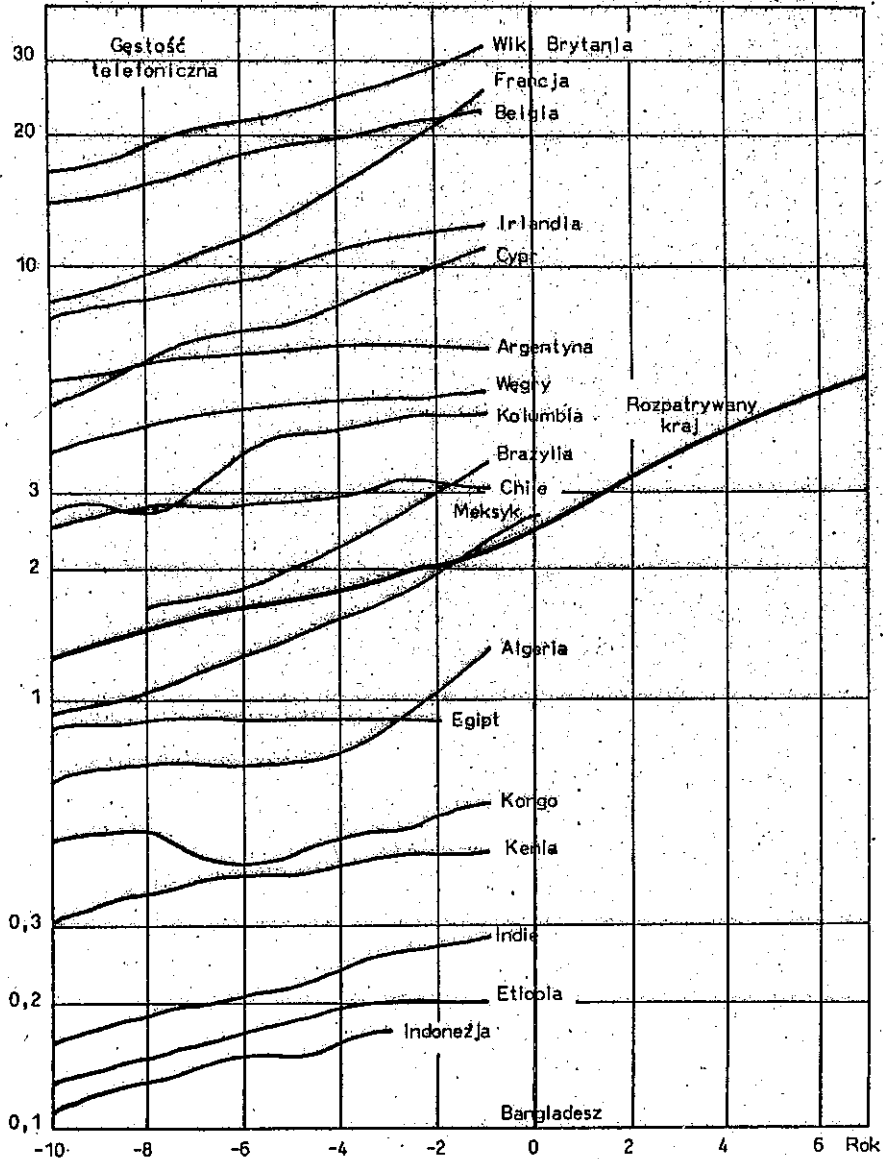
530 000 dla roku "5", przy średniej stopie wzrostu 16%;

895 000 dla roku "10", przy średniej stopie wzrostu 11%;

2 350 000 dla roku "20", przy średniej stopie wzrostu 10%.

Szczególnie duża wydaje się być wartość stopy wzrostu dla pierwszego okresu - 16%. Tak szybki wzrost musi pociągnąć za sobą liczne problemy związane z nadzorem, eksploatacją i utrzyma-

nieniem oraz brakiem wykwalifikowanego personelu. Gęstość telefoniczna (liczba abonentów na 100 mieszkańców) dla całego kraju wyniosła: 4,9% dla roku "5", 7,1% dla roku "10" i 14,5% dla roku "20".



Rys. 5. Porównanie wzrostu gęstości telefonicznej w różnych krajach

Na rys. 5. przedstawiono porównanie z innymi krajami. Tego rodzaju porównania stanowią na ogół podstawę do podejmowania odpowiednich decyzji i ewentualnej korekty przyjętych założeń.

2.2.3. Określenie przyszłych wskaźników dla miasta

Metoda określenia względnej liczby abonentów w mieście w stosunku do całego kraju polega na analizie danych historycznych podanych w tabl. 8 i ekstrapolacji obecnych trendów rozwojowych. Trendy te wyrażają się następującymi wielkościami:

- a) stosunek liczby abonentów w mieście do liczby abonentów w kraju;
- b) gęstość telefoniczna obliczona oddzielnie dla miasta, dla reszty kraju i dla całego kraju;
- c) roczna stopa wzrostu liczby abonentów w mieście i w całym kraju.

Dane historyczne podane w tabl. 8 prowadzą do wniosku, że stosunek liczby abonentów miasto/kraj stale maleje z czasem. Przyczyna jest taka, że ze względu na opóźnienie w rozwoju telefonii reszty kraju w stosunku do miasta, Administracja zdecydowała się na przyspieszenie rozwoju telefonii na obszarach prowincjonalnych. Należy jednak zauważyć, że gęstość zaludnienia w mieście stale rośnie w stosunku do gęstości zaludnienia w kraju i ta tendencja ma charakter stały.

Progностyczne liczby abonentów w mieście są określane na podstawie zestawienia wartości stosunku liczby abonentów miasta względem kraju. Te procentowe wartości zostały ustalone jako 34%, 33,5% i 30% kolejno dla roku "5", "10" i "20". Odpowiednio, liczba abonentów w mieście wyniesie 180 000, 300 000 oraz 705 000 dla odpowiednich przekrojów czasowych.

Szczegółowe wyniki podano w tabl. 9 i 10.

Tablica 8

Historyczne dane statystyczne dla całego kraju i miasta

Rok 31.12	Liczba abonentów		Stosunek miasto kraj	Gęstość telefoniczna			Roczna stopa wzrostu	
	Cały kraj	Miasto		Cały kraj	Miasto	Reszta kraju	Cały kraj	Miasto
-10	79 792	35 744	44,8%	1,25	4,22	0,80	-	-
- 9	87 987	39 326	44,7%	1,34	4,44	0,86	10,3%	10,0%
- 8	98 730	44 447	45,0%	1,45	4,79	0,93	12,2%	13,0%
- 7	108 947	47 197	43,3%	1,55	4,87	1,04	10,4%	6,2%
- 6	116 587	49 207	42,2%	1,61	4,85	1,10	7,0%	4,3%
- 5	127 960	51 667	40,4%	1,71	4,85	1,19	9,8%	5,0%
- 4	137 047	55 451	40,5%	1,77	5,00	1,23	7,1%	7,3%
- 3	151 269	58 688	38,8%	1,93	5,09	1,38	10,4%	5,8%
- 2	169 073	61 973	36,7%	2,03	5,14	1,50	11,8%	5,6%
- 1	190 317	68 148	35,8%	2,20	5,57	1,65	12,4%	10,0%
0	239 324	83 550	34,9%	2,63	6,46	1,99	25,7%	22,6%

Uwaga: Podane wartości odnoszą się do miasta w starych granicach (147 rejonów).

Tablica 9

Progностyczne liczby abonentów

Rok	Liczba abonentów w całym kraju	Liczba abonentów w rozważanym mieście	Stosunek $\frac{\text{miasto}}{\text{kraj}}$	Przeciętna roczna stopa wzrostu	
				kraj	miasto
0	239 324	83 500	34,9%	17,2%	16,6%
5	530 000	180 000	34,0%	11,0%	10,8%
10	895 000	300 000	33,5%	10,0%	8,8%
20	2 350 000	705 000	30,0%		

Tablica 10

Wzrost gęstości telefonicznej

Rok	Cały kraj	Rozpatrywane miasto	Reszta kraju
0	2,6%	6,0%	2,0%
5	4,9%	10,7%	3,8%
10	7,1%	15,0%	5,5%
20	14,5%	26,3%	11,8%

Uwaga: podane wartości odnoszą się do miasta w nowych granicach (151 rejonów)

2.2.4. Wzrost liczby abonentów w mieście

Stopień zaspokojenia zapotrzebowania, tj. stosunek liczby abonentów przyłączonych do całkowitego zapotrzebowania, stale mała w związku z niewielkim tempem rozwoju sieci (pdr. tabl. 11). W przyszłości oczekuje się odwrócenia tego trendu. Tym niemniej lista oczekujących aż do roku "10" będzie się stale wydłużać, z uwagi na efekty swobodnego sprzężenia zwrotnego: im więcej osób już ma telefon, tym więcej chce go sobie zainstalować; ponadto potencjalni chętni poprzednio nie składali wniosków, gdyż wiedzieli, że lista oczekujących jest długa. Zjawisko to będzie

ustępować dopiero wtedy, gdy gęstość telefoniczna osiągnie bardziej zadowalający poziom i wówczas stopień zaspokojenia potrzeb zacznie stopniowo wzrastać. Oszacowanie zmian listy oczekujących i stopnia zaspokojenia potrzeb podano w tabl. 12 i na rys. 6 i 7.

Tablica 11

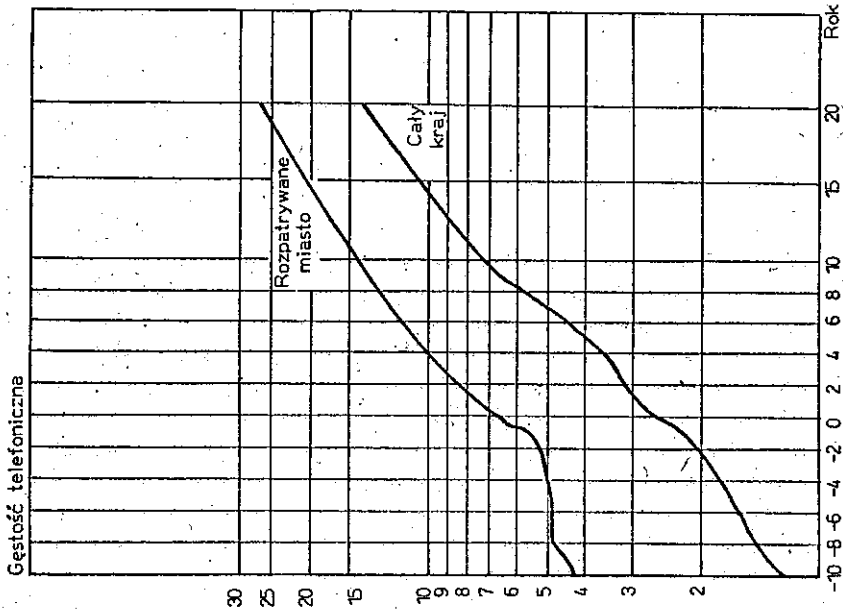
Historyczne dane statystyczne dla miasta (147 rejonów)

Rok	Liczba abonentów przyłączonych (1)	Lista oczekujących (2)	Całkowite zapotrzebowanie (3)=(1)+(2)	Stopień zaspokojenia potrzeb (4)=(1)/(3)
-10	35 744	25 120	60 864	59%
- 9	39 326	31 800	71 126	55%
- 8	44 447	39 712	84 159	53%
- 7	47 197	47 802	94 999	50%
- 6	49 207	55 063	104 270	47%
- 5	51 667	64 355	116 022	45%
- 4	55 451	76 413	131 864	42%
- 3	58 688	87 510	146 198	40%
- 2	61 973	97 721	159 694	39%
- 1	68 148	116 731	184 879	37%
0	83 550	158 752	242 302	35%

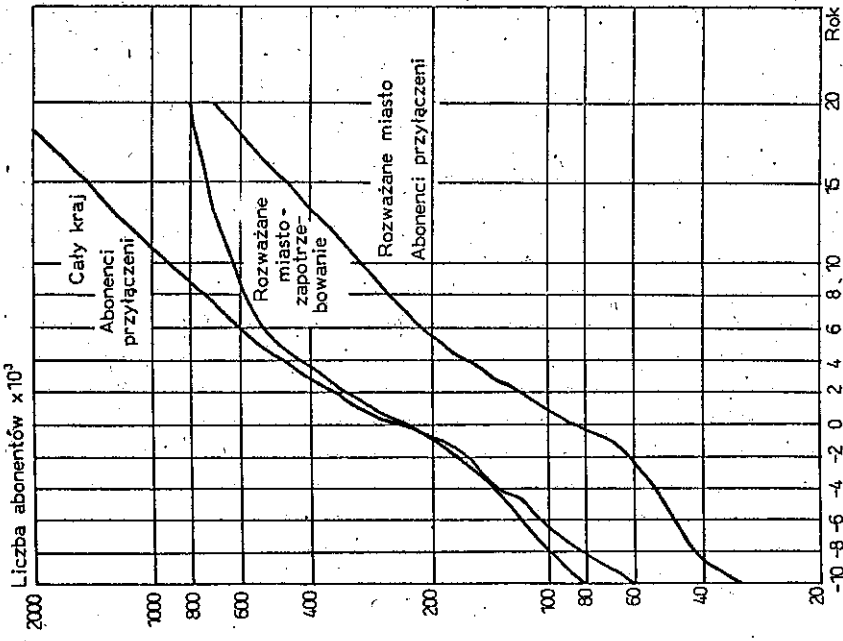
Tablica 12

Prognozy zapotrzebowania na łącza telefoniczne (151 rejonów)

Rok	Liczba abonentów przyłączonych (1)	Lista oczekujących (2)	Całkowite zapotrzebowanie (3)=(1)+(2)	Stopień zaspokojenia potrzeb (4)=(1)/(3)
5	180 000	320 000	500 000	36%
10	300 000	340 000	640 000	47%
20	705 000	105 000	810 000	87%



Rys. 7. Gęstość telefoniczna



Rys. 6. Wzrost liczby abonentów

2.3. Istniejący rozkład abonentów w mieście

2.3.1. Dane początkowe

Dane o obecnym rozmieszczeniu abonentów w mieście dostępne są w trzech różnych układach, a mianowicie w rozbiciu na:

- około 600 szafek;
- 147 rejonów administracyjnych;
- 8 obszarów centralowych (7 istniejących plus centrala H, która ma być wkrótce uruchomiona).

Podział administracyjny opisano w pkt. 1.3.2, a organizację sieci telefonicznej - w pkt. 1.3.4. Uproszczona mapa z rys. 4 podaje obecne granice obszarów centralowych w oparciu o rejony administracyjne.

W dalszym ciągu zakłada się, że rejon administracyjny należy w całości do jednego obszaru centralowego. Nie jest to zawsze prawdą, ale takie uproszczenie jest dopuszczalne, biorąc pod uwagę ogólny poziom dokładności innych danych z roku "0".

a) Dane początkowe w rozbiciu na szafki

Dla każdego obszaru szafkowego znana jest liczba przyłączonych abonentów (aktualna lista oczekujących nie jest dostępna) oraz jego przyporządkowanie do obszaru centralowego i rejonu administracyjnego.

b) Dane początkowe w rozbiciu na rejony administracyjne:

- ludność w roku "0",
- liczba czynnych łączy abonenckich (podsumowanie danych dla wszystkich szafek w rejonie).

c) Obszary centralowe

Tabl. 13 (por. pkt. 2.4) podaje dla każdego obszaru:

- maksymalną pojemność każdej centrali i możliwości rozbudowy (przy użyciu sprzętu tej samej technologii);

- liczbę przyłączonych abonentów,
- listę oczekujących.

Tablica 13

Obszary centralowe i liczby abonentów na koniec roku "0"

Kod obszaru centralowego	Maksymalna pojemność centrali (zainstalowana)	Liczba przyłączonych abonentów (liczba wniosków)	Zapotrzebowanie całkowite (zaspokojone)	Zapotrzebowanie abonentów mieszkaniowi	Zapotrzebowanie drobne przedsiębiorstwa	Zapotrzebowanie zarządy towarzystwa
A	20 000 (20 000)	20 000 (24 000)	44 000 (45%)	17 627 40%	11 868 27%	14 505 33%
B	10 000 (10 000)	9 500 (8 710)	18 210 (52%)	13 308 73%	3 089 17%	1 813 10%
C	20 000 (20 000)	20 000 (34 000)	54 000 (37%)	45 391 84%	5 385 10%	3 224 6%
D	10 000 (10 000)	9 850 (13 794)	23 644 (42%)	19 396 82%	1 415 6%	2 833 12%
E	10 000 (10 000)	9 200 (21 000)	30 200 (30%)	22 667 75%	5 126 17%	2 407 8%
F	17 000 (17 000)	9 000 (31 538)	40 538 (22%)	28 802 71%	9 720 24%	2 016 5%
G	15 000 (13 000)	6 000 (8 000)	14 000 (43%)	9 111 65%	3 074 22%	1 815 13%
H	15 000 (10 000)	0 (17 700)	17 700 (0%)	14 175 80%	2 647 15%	878 5%
Suma	118 000 (110 000)	83 550 (158 742)	242 292 (34,5%)	170 477 70%	42 324 17%	29 491 13%

Uwaga: Liczby procentowe w 3 ostatnich kolumnach odnoszą się do całkowitego zapotrzebowania.
Liczby w nawiasach odpowiadają podtytułom kolumn ujętym w nawiasy.

Tabl. 14 wyszczególnia liczbę abonentów w rozbiću na 3 kategorie:

- abonenci mieszkaniowi,
- abonenci słuźbowi - małe przedsiębiorstwa,
- abonenci słuźbowi - zarządy i towarzystwa handlowe i przemysłowe.

Tablica 14

Rozbicie zapotrzebowania na kategorie abonentów

Rok	Całkowi- te zapotrzebowanie	Abonenci mieszkaniowi	Abonenci słuź- bowi - drobne przedsiębiorstwa	Abonenci słuź- bowi - zarządy, towarzystwa
0	242 292	170 477 (70,4%)	42 324 (17,5%)	29 491 (12,2%)
1	279 998	195 915 (70,0%)	49 452 (17,7%)	34 415 (12,3%)
2	340 000	237 235 (69,8%)	60 483 (17,8%)	42 069 (12,4%)
3	400 000	278 301 (69,6%)	71 649 (17,9%)	49 808 (12,5%)
4	459 996	319 135 (69,4%)	82 978 (18,0%)	57 662 (12,6%)
5	500 006	353 777 (70,8%)	86 155 (17,2%)	59 848 (12,0%)
10	640 004	505 195 (78,9%)	79 431 (12,4%)	55 148 (8,6%)
20	810 003	693 336 (85,6%)	68 738 (8,5%)	47 704 (5,9%)

Wartości liczbowe otrzymane w układzie centralowym są oceniane jako bardziej wiarygodne w stosunku do pozostałych. W przypadku rozbieżności, liczby abonentów odnoszące się do obszarów szafkowych były normalizowane tak, aby zapewnić zgodność łącznych liczb abonentów dla obszarów centralowych i szafkowych.

2.3.2. Obliczenie obecnego rozkładu abonentów

Obliczenia dla każdego rejonu przebiegają w następujący sposób:

1. Wyznacza się liczbę przyłączonych abonentów w każdym rejonie z podsumowania odpowiednich danych dla szafek znajdujących się w tym rejonie.

Na skutek przyjętych założeń upraszczających występują rozbieżności między rzeczywistą liczbą abonentów obsługiwanych przez daną centralę, a wynikiem zsumowania abonentów w poszczególnych rejonach przyporządkowanych do tej centrali. Wynika to stąd, że granice rejonów administracyjnych nie pokrywają się z granicami obszarów szafkowych, jak również rejon nie składa się w całości na obszary centralowe. Ponieważ liczby abonentów dla central są przyjęte jako bardziej wiarygodne, wartości dla rejonów są normalizowane tak, aby uzyskać właściwą sumę dla obszarów centralowych.

2. Określa się liczbę wniosków (lista oczekujących) w rejonach.

Liczba wniosków jest znana jedynie w układzie centralowym; wielkości te są rozbijane na podstawie liczby mieszkańców oraz liczby abonentów przyłączonych w poszczególnych rejonach.

3. Wyznacza się całkowite zapotrzebowanie, sumując liczbę abonentów przyłączonych i liczbę wniosków.

2.4. Prognozy rozkładu zapotrzebowania

2.4.1. Metoda

Metoda jest oparta na prognozach zapotrzebowania w rozbięciu na rejon, a nie w rozbięciu na obszary szafkowe, co byłoby korzystniejsze. Ten wybór jest podyktowany niespójnością dostępnych danych społeczno-ekonomicznych oraz brakiem danych na temat kategorii abonentów w układzie szafkowym.

Pierwszy krok polega na określeniu liczby abonentów w każdym rejonie na podstawie relacji między rejonami i obszarami szafkowymi podanymi w poprzednim punkcie. Każdy rejon jest - dla upro-

szczenia - przypisany w całości do obszaru centralowego, nawet gdyby w rzeczywistości był obsługiwany przez kilka central. Wzajemne proporcje między liczbą abonentów każdej z trzech kategorii w rejonie (abonenci mieszkaniowi, małe przedsiębiorstwa oraz zarządy lub towarzystwa) zakłada się identyczne jak dla odpowiedniej centrali.

Prognozy są określane oddzielnie dla każdego rejonu i dla każdej kategorii abonentów. Metodą prób i błędów wyznacza się zbiór wskaźników wzrostu, które są wzajemnie spójne i dają w wyniku łączne liczby abonentów na lata "5", "10" i "20" zbliżone do wartości wskaźników przyjętych dla miasta.

2.4.2. Abonenci służbowi

Prognostyczne zapotrzebowanie w każdym rejonie jest wyznaczone metodą ekstrapolacji na podstawie obecnego zapotrzebowania przy założeniu, że wartość rocznej stopy wzrostu jest stała dla każdego z okresów studium. Ponieważ gęstość abonentów jest już obecnie stosunkowo duża dla omawianej kategorii abonentów, przyjęcie stałej stopy wzrostu wydaje się być w tym przypadku najodpowiedniejsze. Zakłada się ponadto, że stopa wzrostu zmniejsza się w kolejnych okresach. Wartości rocznej stopy wzrostu są przyjęte jako: 14% dla lat "0" - "5", 10% - dla "6" - "10" oraz 7% dla lat "11" - "20".

2.4.3. Abonenci mieszkaniowi

Prognozy wyznacza się metodą ekstrapolacji według krzywej logistycznej stosowanej zwykle do gęstości abonentów mieszkaniowych. Wzrost tej gęstości określa się dla każdego rejonu i dla każdego roku rozpatrywanego okresu. Krzywa logistyczna jest określona przez dwa punkty:

- gęstość abonentów mieszkaniowych D_1 w roku "0", która jest znana;
- gęstość abonentów mieszkaniowych D_2 w roku "20", którą przyjmuje się na podstawie D_1 jak następuje:

jeśli	$D1 < 5\%$,	$D2 = 10\%$;
jeśli	$5 < D1 < 10\%$,	$D2 = 20\%$;
jeśli	$10 < D1 < 15\%$,	$D2 = 30\%$;
jeśli	$15 < D1 < 20\%$,	$D2 = 40\%$;
jeśli	$20 < D1 < 25\%$,	$D2 = 50\%$;
jeśli	$25 < D1 < 60\%$,	$D2 = 60\%$;
jeśli	$60 < D1$,	$D2 = D1$.

2.4.4. Wyniki

Zapotrzebowanie w roku "0" w obszarach obsługi central podano w tabl. 13. Liczby procentowe w ostatnich trzech kolumnach określają stosunek liczby abonentów dla każdej kategorii w odniesieniu do całkowitej liczby abonentów.

Szczegółowe wyniki obejmują:

- całkowite zapotrzebowanie w rejonach podczas rozpatrywanego okresu studium, a więc w latach "0" - "5", "10" i "20" (tabl. 15);
- zapotrzebowanie w rozbiću na czynne łącza abonenckie i listę oczekujących, wraz z podsumowaniem dla obszarów centralowych w roku "5";
- prognozy zapotrzebowania przypadające na poszczególne wsie w roku "5", "10" i "20".

2.5. System Informacyjny dla celów prognostycznych

Planista powinien posiadać do dyspozycji zbiór danych (rzeczywistych albo wyliczonych), zawierający następujące dane historyczne bądź prognostyczne:

* Dla całego kraju oraz miasta:

- liczba ludności i średnia stopa wzrostu ludności;
- liczba czynnych łączy abonenckich, lista oczekujących, całkowite zapotrzebowanie i średnia stopa wzrostu liczby abonentów;

Tablica 15

Prognozy całkowitego zapotrzebowania na łącza abonenckie
(łącza czynne plus zgłoszenia) w rejonach administracyjnych

Numer rejonu	Rok							
	0	1	2	3	4	5	10	20
1	675	782	948	1113	1278	1381	1699	2014
2	1429	1660	2014	2367	2719	2939	3627	4291
3	1266	1471	1785	2098	2408	2603	3212	3802
4	620	719	870	1022	1172	1266	1555	1841
5	972	1129	1369	1608	1846	1995	2456	2908
6	2108	2449	2973	3494	4014	4339	5356	6336
7	2266	2633	3194	3755	4315	4664	5761	6816
8	996	1157	1403	1650	1892	2045	2525	2992
9	808	938	1139	1338	1535	1660	2046	2424
10	829	949	1138	1319	1497	1597	1887	2120
11	852	976	1169	1355	1535	1640	1939	2181
12	1430	1640	1963	2278	2584	2758	3266	3671
13	1596	1829	2190	2539	2881	3076	3641	4092
14	1314	1506	1803	2091	2373	2535	3002	3373
15	805	922	1101	1277	1447	1544	1821	2047
16	873	999	1195	1386	1571	1676	1981	2227
17	818	937	1122	1301	1475	1572	1859	2091
18	1368	1568	1878	2177	2470	2636	3121	3508
19	1657	1900	2275	2640	2995	3196	3789	4259
20	849	989	1204	1421	1640	1780	2242	2391
21	1793	1690	2083	2486	2898	3184	4156	4470
22	862	1010	1236	1466	1698	1853	2364	2626
23	412	473	567	659	750	803	956	1060
24	1310	1507	1812	2108	2401	2573	3094	3425
25	1139	1339	1641	1950	2264	2446	3273	4205
26	617	722	884	1048	1215	1309	1749	2313
27	867	1016	1243	1475	1708	1840	2459	3254
28	813	954	1166	1383	1601	1722	2297	3058
29	1645	1930	2364	2804	3251	3499	4683	6223
30	1983	2327	2851	3384	3922	4226	5662	7476
31	1738	2039	2497	2964	3437	3701	4952	6543
32	1160	1360	1663	1972	2287	2460	3290	4377
33	1022	1197	1464	1738	2014	2167	2894	3851
34	1465	1718	2105	2497	2895	3117	4173	5516
35	992	1063	1424	1687	1954	2103	2812	3743
36	1680	1970	2412	2860	3317	3570	4778	6354
37	1667	1901	2262	2609	2941	3117	3600	4127
38	1366	1556	1851	2134	2405	2550	2940	3370
39	2662	3036	3614	4168	4700	4984	5766	6615
40	2090	2413	2907	3392	3858	4152	4976	6210
41	1840	2097	2496	2879	3244	3439	3971	4553
42	1574	1794	2134	2460	2773	2941	3396	3894
43	2259	2650	3246	3849	4462	4801	6428	8542
44	1957	2296	2810	3333	3863	4156	5567	7401
45	3057	3587	4393	5210	6041	6503	8711	11572

Numer rejonu	Rok							
	0	1	2	3	4	5	10	20
46	3566	4129	4993	5847	6692	7206	8768	10659
47	1428	1039	1260	1482	1703	1865	2323	2727
48	1398	1639	2006	2381	2759	2969	3975	5290
49	531	622	760	901	1042	1121	1496	1993
50	10	11	13	16	17	19	21	28
51	400	457	544	629	711	758	885	997
52	6095	7152	8762	10395	12052	12974	17387	23100
53	2184	2561	3136	3720	4313	4642	6214	8259
54	4736	5467	6586	7687	8771	9410	11288	14075
55	1442	1663	2003	2337	2665	2860	3425	4276
56	3478	3965	4719	5442	6135	6507	7527	8626
57	1879	2140	2548	2938	3312	3515	4061	4656
58	1090	1257	1514	1767	2014	2159	2581	3223
59	1706	1968	2370	2766	3154	3382	4048	5051
60	1998	2305	2777	3241	3694	3963	4745	5919
61	2342	2703	3257	3801	4336	4652	5576	6952
62	2734	3156	3803	4438	5063	5432	6517	8127
63	895	1048	1280	1514	1751	1876	2508	3441
64	432	505	617	728	842	904	1202	1633
65	839	958	1141	1316	1487	1580	1833	2085
66	2317	2198	2719	3259	3816	4185	5625	6293
67	1367	1614	1988	2375	2773	3023	4050	4766
68	1387	1636	2017	2408	2810	3064	4102	4827
69	982	1118	1330	1533	1726	1831	2107	2417
70	2157	2490	2999	3501	3991	4281	5130	6394
71	1018	1192	1459	1731	2005	2187	2791	3101
72	868	1010	1229	1451	1672	1815	2283	2434
73	1122	1309	1594	1881	2171	2360	2978	3182
74	714	831	1012	1192	1375	1493	1876	2002
75	1764	2058	2506	2958	3414	3707	4678	4986
76	745	849	1012	1169	1320	1400	1628	1852
77	2464	2888	3532	4187	4849	5210	6977	9432
78	606	699	842	983	1121	1203	1441	1780
79	1103	1259	1501	1735	1959	2080	2421	2754
80	1482	1709	2058	2401	2736	2934	3515	4384
81	3094	3570	4300	5018	5722	6138	7364	9179
82	731	856	1047	1241	1438	1569	2003	2226
83	2564	3007	3683	4369	5068	5528	7069	7850
84	1099	1287	1576	1868	2167	2364	3014	3349
85	1260	1478	1808	2145	2487	2711	3461	3845
86	2221	2589	3154	3723	4298	4667	5894	6286
87	1909	2240	2742	3253	3773	4114	5258	5840
88	2569	3012	3690	4376	5075	5539	7082	7863
89	3242	3803	4658	5526	6410	6995	8947	9933
90	799	937	1146	1369	1575	1717	2190	2431
91	1642	1925	2367	2797	3243	3538	4522	5020
92	1727	2026	2480	2942	3412	3721	4758	5282
93	667	781	955	1131	1313	1432	1822	2025

Numer rejonu	Rok							
	0	1	2	3	4	5	10	20
94	1011	1178	1432	1690	1949	2118	2666	2843
95	1415	1671	2059	2457	2867	3127	3186	4925
96	1328	1534	1850	2162	2467	2651	3193	3939
97	1759	2032	2451	2865	3272	3515	4235	5222
98	741	855	1030	1203	1374	1474	1772	2186
99	1717	2015	2469	2931	3400	3664	4908	6439
100	1338	1550	1877	2200	2521	2718	3323	3998
101	1387	1628	1993	2365	2744	2957	3955	5190
102	1314	1517	1830	2139	2442	2624	3160	3900
103	1296	1497	1805	2110	2410	2588	3114	3842
104	2274	2671	3272	3884	4506	4858	6504	8527
105	1821	2137	2619	3108	3605	3885	5202	6820
106	955	1106	1339	1569	1797	1936	2361	2842
107	544	638	782	928	1076	1159	1548	2034
108	659	763	921	1079	1236	1331	1623	1953
109	1324	1535	1858	2177	2496	2692	3290	3957
110	1316	1526	1846	2165	2481	2674	3266	3928
111	2031	2384	2922	3468	4024	4336	5804	7611
112	1264	1484	1818	2158	2504	2698	3610	4734
113	987	1157	1417	1681	1949	2100	2809	3686
114	814	943	1141	1336	1531	1651	2015	2425
115	328	382	463	547	628	683	855	912
116	726	850	1042	1236	1432	1542	2060	2704
117	503	590	722	857	993	1069	1428	1875
118	2331	2753	3395	4054	4730	5159	6914	8130
119	4426	5229	6448	7702	8991	9805	13152	15463
120	857	1006	1231	1461	1694	1824	2438	3199
121	692	812	993	1178	1366	1471	1966	2581
122	1928	2226	2683	3133	3579	3841	4618	5731
123	1588	1860	2276	2695	3121	3351	4487	6115
124	4086	4720	5693	6650	7593	8155	9819	12174
125	1155	1334	1606	1876	2140	2299	2761	3432
126	1727	1996	2408	2814	3215	3456	4167	5186
127	2231	2581	3120	3649	4173	4489	5430	6776
128	1708	1973	2379	2778	3172	3407	4097	5089
129	4884	5643	6807	7952	9080	9754	11748	14575
130	4337	5010	6042	7058	8061	8658	10426	12930
131	2424	2846	3488	4141	4806	5181	6942	9097
132	4876	5726	7019	8334	9670	10426	13972	18307
133	1209	1415	1729	2047	2370	2540	3398	4660
134	4054	4749	5806	6874	7956	8535	11434	15666
135	584	683	832	984	1138	1220	1629	2238
136	1994	2334	2855	3381	3910	4193	5613	7695
137	275	184	222	259	296	317	382	467
138	489	562	678	789	898	962	1145	1431
139	1123	1295	1558	1818	2073	2223	2660	3317
140	1258	1452	1747	2037	2324	2491	2981	3718

Numer rejonu	Rok							
	0	1	2	3	4	5	10	20
141	1652	1905	2295	2678	3053	3273	3923	4891
142	48	54	65	74	83	90	104	133
143	99	64	75	86	97	104	119	150
144	1550	1791	2161	2524	2883	3097	3732	4599
145	960	1108	1336	1561	1782	1914	2304	2839
146	997	1150	1387	1619	1848	1984	2388	2946
147	1566	1835	2244	2660	3078	3307	4424	5984
148	10461	12217	14892	17581	20283	21985	27566	37257
149	1571	1833	2229	2643	3046	3316	4279	5639
150	0	0	0	0	0	4400	7500	9520
151	0	0	0	0	0	0	7500	28560
Suma	242296	280003	338998	400007	460001	499995	640003	809999

- gęstość telefoniczna;
- globalne dane ekonomiczne (produkt narodowy brutto i całkowite nakłady na telekomunikację).
- * Dla każdego obszaru szafkowego:
 - numer rejonu administracyjnego, do którego należy ten obszar i liczba czynnych łączy abonenckich w roku "0".
- * Dla każdego rejonu administracyjnego:
 - ludność w roku "0", jej dotychczasowy wzrost i prognozy do końca okresu studium;
 - czynne łączy abonenckie w roku "0", lista oczekujących i całkowite zapotrzebowanie;
 - zapotrzebowanie przypadające na kategorie abonentów w roku "0" (3 wymienione: abonenci mieszkaniowi i służbowi z podziałem na drobne i duże przedsiębiorstwa);
 - prognostyczne liczby łączy abonenckich, listy oczekujących i całkowitego zapotrzebowania dla całego okresu studium;
 - przypisanie rejonów do obszarów centralowych.

* Dla obszarów centralowych:

- maksymalna pojemność wyrażona liczbą numerów, pojemność zainstalowana i łącza czynne (w rozbiściu na kategorie), lista oczekujących i całkowite zapotrzebowanie w roku "0",
- prognozy liczby łączy abonenckich, listy oczekujących i całkowitego zapotrzebowania.

* Dla istniejącej sieci:

- budynki: centrale, które się tam znajdują, i ich maksymalna pojemność.

3. OPIS SIECI ISTNIEJĄCEJ I DECYZJI JUŻ PODJĘTYCH

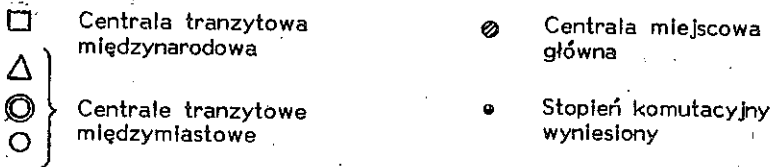
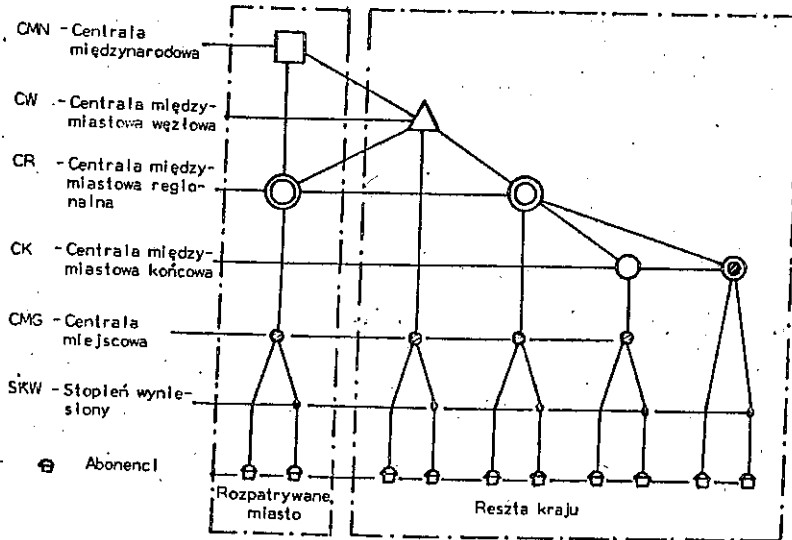
3.1. Organizacja sieci i podstawowe plany techniczne

3.1.1. Organizacja sieci krajowej

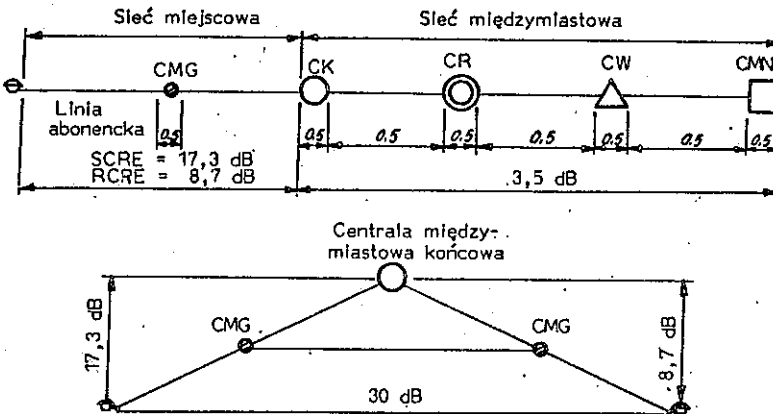
W rozpatrywanym kraju istnieje 5 regionalnych central tranzytowych (central międzymiastowych drugiego stopnia^{*)}) połączonych ze sobą w układzie wieloboku zupełnego. Jedną z tych central usytuowaną centralnie w stosunku do pozostałych pełni funkcję centrali tranzytowej węzłowej (centrali międzymiastowej trzeciego stopnia) - tak więc każda z pozostałych central tranzytowych posiada wiązki ostatniego wyboru do tej centrali węzłowej. Rozpatrywane miasto jest siedzibą jednej z central regionalnych (por. rys. 8).

Na obszarze miejskim występują obecnie w większości automatyczne centrale elektromechaniczne; na terenach wiejskich, a także na obrzeżach obszaru miejskiego, działają również wiele central ręcznych.

^{*)} W opracowaniu przyjęto następujące określenia central międzymiastowych kolejnych szczebli hierarchicznych: centrale międzymiastowe końcowe (pierwszego stopnia), regionalne (drugiego stopnia) i węzłowe (trzeciego stopnia). Odpowiedniki tych terminów w sieci krajowej byłyby następujące: centrale międzymiastowe końcowe, zbiorcze i węzłowe.



Rys. 8. Hierarchia sieci krajowej



Rys. 9. Plan transmisji

Każda z central tranzytowych regionalnych obsługuje ruch międzyregionalny, a także pełni funkcję centrali międzymiastowej końcowej (pierwszego stopnia). Nie występują tranzytowe centrale miejskie.

Transmisja jest realizowana z wykorzystaniem linii radiowych i kablowych. Plan transmisji, zgodny z zaleceniami CCITT, pokazano na rys. 9.

Stosowane są systemy sygnalizacyjne prądem stałym (DC), R2 oraz E i M. Według istniejącego systemu numeracji numery abonenckie są 6-cyfrowe w dużych miastach i 5-cyfrowe w mniejszych ośrodkach. Jest to więc system numeracji niejednolitej, który, zgodnie z decyzją Administracji powinien być ujednoczony w roku "5".

Opłaty taryfowe są uzależnione od czasu trwania rozmowy dla połączeń międzymiastowych i niezależne od czasu dla połączeń lokalnych. Odczyty liczników abonenckich są zapisywane na taśmach magnetycznych, które są przekazywane do centralnego komputera w ośrodku krajowym obliczającym rachunki telefoniczne.

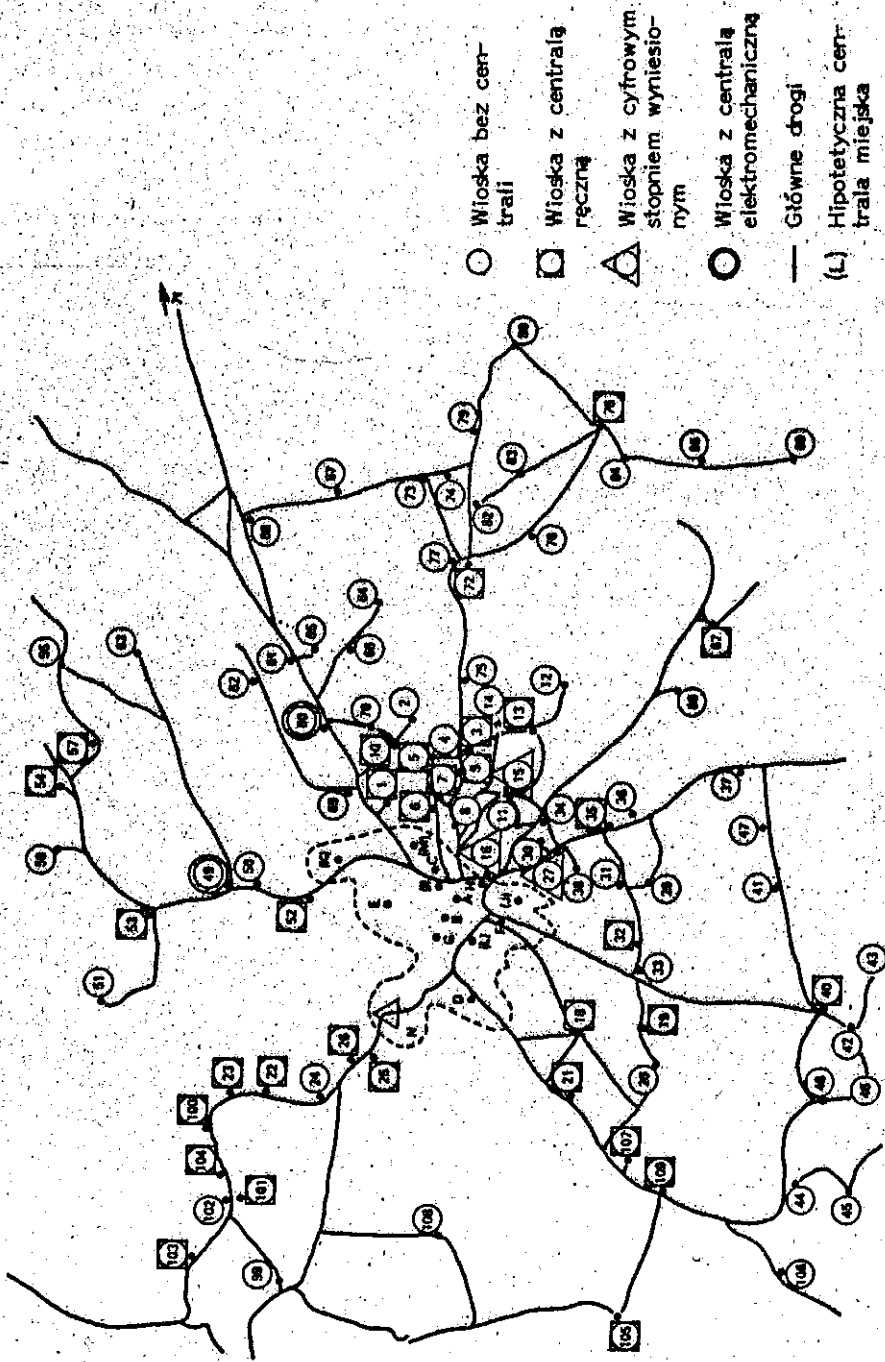
3.1.2. Organizacja rozpatrywanego obszaru

a) Kierowanie ruchu

Centrale miejskie są połączone, niemal bez wyjątku, w układzie wieloboku zupełnego bez możliwości przelewu ruchu (brak jest wyspecjalizowanej miejskiej centrali tranzytowej). Z uwagi na aktualne ograniczenia w kierowaniu ruchu, miejskie połączenia tranzytowe tworzone są (w razie konieczności) za pośrednictwem central bieżących (por. pkt. 3.3.1c).

Wszystkie centrale miejskie są przyłączone do tranzytowej centrali międzymiastowej usytuowanej w budynku A. Ten sam budynek jest ośrodkiem abonenckich usług specjalnych.

Małe centrale w wioskach V49 i V60 są podporządkowane centrali miejskiej E. Rys. 10 pokazuje większe wioski, które w rozpatrywanym okresie mogą być obsługiwane przez miejscowe jednostki komutacyjne (centrale miejscowe lub stopnie komutacyjne wyniesione). Na rysunku tym pokazano również główne drogi komunikacyjne, łączące te wioski ze sobą lub z miastem.



Rys. 10. Obszary peryferyjne w roku 70*

b) Centrale miejskie

W końcu roku "0" funkcjonuje 9 central miejskich, umiejscowionych w 7 budynkach (por. tabl. 17 zamieszczona w pkt. 3.3):

- trzy stare centrale w centrum miasta, które mają być wkrótce wymienione;
- pięć central biegowych, których konstrukcja nakłada istotne ograniczenia na rozwój sieci, z uwagi na plan kierowania ruchu i numeracji;
- jedna centrala z komutacją czasową, zainstalowana niedawno w rejonie podmiejskim.

W roku "0" uruchomiona będzie jeszcze jedna centrala biegowa w budynku F. Będzie to ostatnia nowo instalowana centrala analogowa.

Następna centrala z komutacją czasową zostanie zainstalowana w ósmym budynku w innym rejonie podmiejskim.

Na terenach podmiejskich występują centrale ręczne o łącznej pojemności 400 numerów, które jednak będą pomijane w dalszych rozważaniach jako stosunkowo nieliczne.

Dwie samodzielne centrale biegowe zainstalowane są poza miastem (wioski V49 i V60), a w okolicznych wioskach istnieje wiele małych central ręcznych (rys. 10).

c) Sygnalizacja

Do sygnalizacji na łączach między centralami miejskimi stosowane są systemy DC (sygnalizacja prądem stałym) i R2. Na peryferiach stosowana jest sygnalizacja ręczna na częstotliwości 15 Hz i 10 Hz.

d) Transmisja międzycentralowa

W mieście stosowane są głównie analogowe systemy transmisyjne, ale są one stopniowo zastępowane systemami PCM, ponieważ istniejące kable są całkowicie zajęte. Ponadto, jeśli jest wprowadzana centrala cyfrowa, jednocześnie instalowane są systemy PCM we wszystkich relacjach zakończonych w tej centrali, niezależnie od

tego czy z drugiej strony jest centrala cyfrowa, czy analogowa. W relacjach peryferyjnych stosowane są z reguły linie napowietrzne lub kable ziemne przebiegające wzdłuż dróg komunikacyjnych.

e) Numeracja

Swoboda numeracji jest ograniczona specyfiką central biegowych (por. pkt. 3.3.1, gdzie w tablicy 17 podano aktualne numery kierunkowe każdej z central). Numery miejscowe mają długość niejedynolitą: 5 lub 6 cyfr. Zmiana z 5 na 6 cyfr, która objęła niektóre centrale, spowodowała ruch jałowy, głównie z uwagi na dezaktualizację książek telefonicznych.

f) Taryfikacja

Opłaty taryfowe są niezależne od czasu trwania rozmowy dla połączeń miejscowych w rozpatrywanym obszarze. Zmiana tej sytuacji jest możliwa tylko w nowoczesnych centralach elektronicznych.

g) Synchronizacja

Obecnie brak planu synchronizacji; każda z central G, A3 i C3 sterowana jest indywidualnie.

h) Dostępność i niezawodność

Brak ogólnej strategii.

i) Usługi

Istniejące: bezpłatne połączenie z pogotowiem ratunkowym, strażą pożarną i policją, pulpit badaniowy, zamawianie rozmów (wielkich, międzymiastowych, międzynarodowych), informacja o numerach telefonicznych, fonogram (rejestracja wywołania w przypadku nieobecności abonenta wywoływanego), przyjmowanie reklamacji, zegarynka.

Nowe (w centralach elektronicznych): wybieranie skrócone, przekazywanie (transfer) wywołania.

Obecnie stosowana jest numeracja 9XX (971-5 dla numerów skróconych, 976 dla rejestracji numeru skróconego, 977 dla przekazywania wywołań. Planuje się zmianę na 1XX (zgodnie z zaleceniami CCITT),

ale wymaga to starannej analizy i w chwili bieżącej jest niewskazane (impulsy interferencyjne są powodem wielu jałowych wywołań numerów zaczynających się na cyfrę 1). W chwili bieżącej nie ma zainteresowania nowymi usługami.

3.2. Budynki centrali

3.2.1. Budynki istniejące

Istnieją następujące ograniczenia co do rozbudowy budynków:

* Budynek "A": Znajduje się w samym środku rozpatrywanej sieci, zawiera pomieszczenia biurowe dla administracji regionalnej i personelu eksploatacyjnego. Funkcje centrali obejmują: tranzyt międzymiastowy regionalny (drugiego stopnia), tranzyt międzynarodowy, centrum abonenckich usług specjalnych. Całkowita wymiana obecnych central systemu "rotary" na centrale cyfrowe - przy zapewnieniu dostatecznej powierzchni dla nowej centrali międzymiastowej - dałaby maksymalną pojemność tylko ok. 40000 numerów abonenckich. Wielkość ta jest uwarunkowana również ograniczeniami związanymi z przełącznicą główną i kanalizacją kablową.

* Budynek "B": dostępna powierzchnia umożliwia instalację przyszłej centrali cyfrowej przed likwidacją obecnej centrali systemu "rotary".

* Budynek "C": data wymiany central bieżących nie została jeszcze ustalona.

* Budynek "D": Istnieją rezerwy powierzchni pod centralę w ilości prawie 150 m², które są obecnie zajmowane przez pomieszczenia biurowe.

* Budynek "E": brak rezerw powierzchni, chociaż można byłoby dobudować drugie piętro, co umożliwiłoby podwojenie dostępnej powierzchni.

* Budynek "F": budynek będzie zajęty, gdy uruchomiona zostanie druga miejska centrala analogowa.

- * Budynki "G" i "H": występują rezerwy powierzchni pod centralę.
- * Budynki V49 i V60: możliwa rozbudowa.

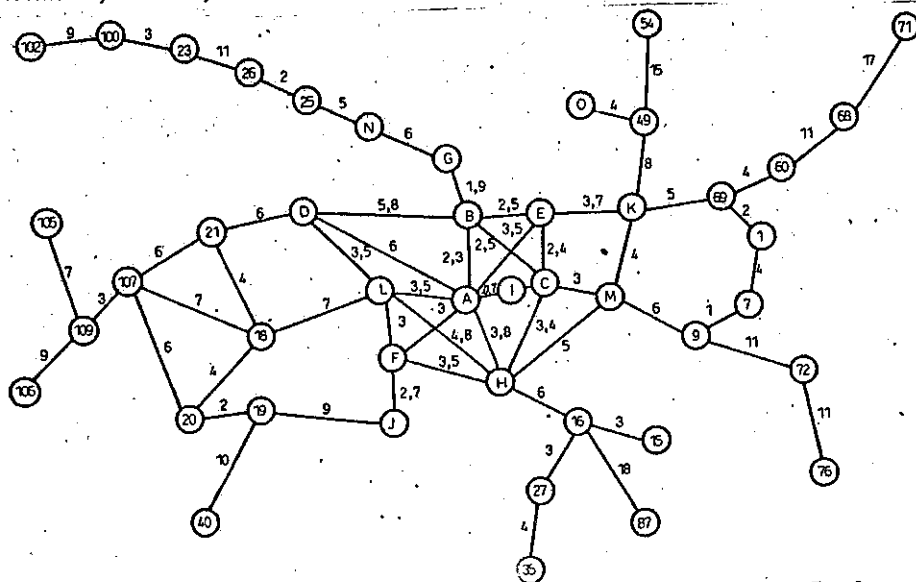
Dalsze szczegóły podano w tabl. 17.

3.2.2. Nowe budynki

W związku z decyzją wzniesienia budynków central wykupiono już tereny w J i K. Dostępne są też tereny w L, M i N, gdzie projektuje się nowe centrale. Wielkość tych budynków zostanie ustalona w wyniku badań długoterminowych. W najbliższych latach spodziewane są trudności z wygospodarowaniem powierzchni w istniejących budynkach znajdujących się w centrum miasta, przy czym zależy to będzie od strategii wymiany obecnych central elektromechanicznych. Aby zapewnić zaspokojenie przyszłych potrzeb w centralnej części miasta, zarezerwowano teren w I między A i C.

3.2.3. Odległości między budynkami central

Na rys. 11 podano konfigurację i długości odcinków tras między budynkami, a w tabl. 16 - macierz odległości między wszystkimi tymi budynkami wzdłuż tras pokazanych na rys. 11.



Rys. 11. Odległości między budynkami central [km]

Macierz odległości między budynkami central (km x 10)

Building centra- lowy	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	M	L	V49	V60	N	V18	V54	V16	V7	0	V1	V9	V20	V27	V35	V40	V69	V105
A	0	23	22	60	35	30	42	38	7	57	72	52	35	152	162	102	105	302	98	122	212	142	112	145	128	158	157	122	275
B	23	0	25	58	25	53	19	59	30	80	62	55	58	142	152	79	123	232	119	125	202	132	115	168	149	179	180	112	278
C	22	25	0	82	24	52	44	34	15	79	67	30	57	147	151	104	127	251	94	100	201	131	90	167	124	154	179	111	297
D	60	58	82	0	83	60	77	98	67	87	120	112	30	200	210	137	100	350	158	182	260	190	172	140	188	218	187	170	220
E	35	25	24	83	0	65	44	58	39	92	37	54	70	117	127	104	140	267	118	124	177	107	116	180	146	178	192	87	303
F	30	53	52	60	65	0	72	68	37	27	102	82	32	182	192	132	100	332	126	152	242	172	142	140	158	189	127	152	270
G	42	19	44	77	44	72	0	78	49	99	81	74	77	161	171	60	147	311	138	144	221	151	134	187	168	198	199	131	297
H	38	59	34	98	58	68	78	0	45	95	90	50	73	170	180	138	143	320	60	120	230	160	110	183	90	126	195	140	313
I	7	30	15	67	39	37	49	45	0	64	76	45	42	156	166	109	112	306	105	175	216	146	105	152	185	165	164	126	282
J	57	80	79	87	92	27	99	95	64	0	129	109	57	209	219	159	127	359	155	179	269	199	169	167	185	215	100	179	297
K	72	62	61	120	37	102	81	90	76	129	0	40	107	80	90	141	177	230	150	170	140	70	100	217	100	210	229	50	340
L	52	55	30	112	54	82	74	50	45	109	40	0	87	120	130	134	157	270	110	70	180	110	60	197	140	170	209	90	327
M	35	58	57	30	70	30	77	73	42	57	107	87	0	187	197	137	70	337	133	157	247	177	147	110	163	193	157	157	240
N	152	142	141	200	117	182	161	170	156	209	80	120	187	0	170	221	257	310	230	190	60	150	180	297	260	290	309	130	429
V49	162	152	151	210	127	192	171	180	166	219	90	130	197	170	0	231	267	320	240	200	230	60	190	307	270	300	319	40	430
V60	102	75	104	137	104	132	60	138	109	159	147	134	137	221	231	0	207	371	198	204	231	211	194	247	226	258	259	191	357
V18	105	128	127	100	140	100	147	143	112	127	177	157	70	257	267	207	0	407	203	227	377	247	217	40	233	263	160	227	170
V54	302	292	291	350	267	332	311	320	306	359	230	270	337	310	320	371	407	0	380	340	370	300	330	447	410	440	459	280	570
V16	98	119	94	158	118	126	138	60	105	155	150	110	133	230	240	198	203	360	0	180	290	220	170	243	30	60	255	200	373
V7	122	125	100	182	124	152	144	100	115	179	110	70	157	190	200	204	227	340	180	0	250	180	10	267	210	240	279	160	397
O	212	202	201	260	177	242	221	230	216	269	140	180	247	0	230	231	310	290	250	0	210	240	357	320	350	369	190	480	
V1	142	132	131	190	107	172	151	160	146	189	70	110	177	150	60	211	247	300	220	180	210	0	170	287	250	280	299	20	410
V9	112	115	90	172	116	142	134	110	105	169	100	60	147	180	190	194	217	330	170	10	240	170	0	257	200	230	269	150	387
V20	145	168	167	140	180	140	187	183	152	167	217	197	110	297	307	244	447	447	243	267	357	287	257	0	273	303	220	267	160
V27	128	149	124	188	148	158	168	90	135	185	100	140	163	260	270	226	233	410	60	210	320	250	200	273	0	30	286	280	409
V35	158	179	154	218	178	189	198	126	165	215	210	170	193	290	300	258	263	440	60	240	350	280	230	303	30	0	315	260	433
V40	157	180	179	187	192	127	199	195	164	100	229	209	157	309	319	259	257	459	255	279	369	299	269	120	286	315	0	279	280
V69	122	112	111	170	87	152	131	140	126	179	50	90	157	130	140	191	227	280	200	160	190	20	150	267	280	260	279	0	390
V105	275	278	297	220	303	270	297	313	282	297	340	327	240	420	430	357	170	570	373	397	480	410	387	160	409	433	280	390	0

3.3. Szczegółowa charakterystyka istniejących central

3.3.1. Centrale miejscowe główne

a) Wykaz central podano w tabelicy 17.

Tabela 17

Specyfikacja central miejscowych
(istniejących lub przewidywanych wkrótce do instalacji)

Kod centrali	Kod systemu km.	Maksymalna pojemność		Przyłącza uruchomione	Numer kierunkowy	Rok uruchomienia centrali	Rok likwidacji centrali
		elektromechaniczna	cyfrowa				
A1	RY	10 000	40 000*	10 000	11	-30	2
A2	RY	10 000		10 000	22	-30	3
A3	?	-	35 000	-	-	1 2	-
B1	RY	10 000		9 500	33	-20	5?
B2	?	-	-	-	-	3 4	-
C1	SS2	10 000	80 000**	10 000	44	-16	10?
C2	SS2	10 000		10 000	45	-15	10?
C3	?	-	-	-	-	1 2	-
D1	SS2	10 000	70 000**	9 850	66	-12	15?
D2	?	-		-	-	-	3 4
E1	SS2	10 000	35 000***	9 200	77	-10	15?
F1	SS2	10 000	60 000	9 000	81	-6	?
F2	SS1	7 000		-	-	-	0
G1	D2	-	15 000	6 000	71+72	-2	-
H1	?	-	60 000	-	-	1 2	-
H2	?	-		-	-	-	3 4
V49	SS	5 000	15 000	1 300	74	-6	?
V60	SS	7 000	20 000	2 500	75	-8	?

* Maksymalna pojemność w końcu okresu badanego 60 000 numerów - przy założeniu, że wyeliminowane zostaną ograniczenia wspomniane w pkt. 3.2.1 (nowe kable, inna lokalizacja centrali międzymiastowej).

** Jeśli centrala pozostałaby elektromechaniczna, maksymalne pojemności byłyby zredukowane do 20 000 (C) i 40 000 (D).

*** Możliwa byłaby rozbudowa do 70 000 numerów, jeśli wybudowane zostanie drugie piętro.

Oznaczenia kodu systemu komutacyjnego:

RY - centrala systemu "rotary",

SS - centrala systemu biegowego (step by step),

D - centrala cyfrowa.

b) Przeciętna wielkość jednostek centralowych

Obecne jednostki centralowe (centrale bądź moduły centralowe) charakteryzują się małą pojemnością, która szybko się wyczerpuje. Z tego względu w budynku należy wprowadzić drugą lub trzecią jednostkę. Centrale A1 i A2 znajdujące się w budynku A są rozpatrywane oddzielnie, z powodu różnej pierwszej cyfry (1 i 2). W przeciwieństwie do tego, jednostki C1 i C2 w C, a także jednostki F1 i F2 w F będą rozpatrywane łącznie z punktu widzenia miejscowej sieci międzycentralowej, ponieważ jednostki te mają wspólny pierwszy stopień grupowy i tę samą pierwszą cyfrę w numerze kierunkowym.

c) Ograniczenia z uwagi na numerację i kierowanie ruchu

Maksymalna liczba kierunków dostępnych na każdym stopniu wybieraków elektromechanicznych jest ograniczona do 10, wliczając w to kierunek do sieci międzymiastowej i do służb specjalnych. Jeśli nie ma miejsca na nowy kierunek na pierwszym wybieraku grupowym, kierunek ten może być wprowadzony na drugim wybieraku; w tym przypadku rozróżnienie jest dokonywane po drugiej cyfrze. Podobnie jest z trzecim stopniem grupowym.

Przy obecnych centralach analogowych nie ma możliwości kierowania ruchu drogami kolejnego wyboru.

d) Trudności przy zmianie wielokrocza

Zaleca się nie wprowadzać zbyt dużej liczby nowych kierunków w istniejących centralach analogowych dla uniknięcia poważniejszych zmian wielokrocza. Z zasady powinno się w ogóle unikać jakichkolwiek zmian wielokrocza, ponieważ jest mało miejsca na rozbudowę tych central.

3.3.2. Abonenckie wyniesione stopnie komutacyjne w roku "0"

W końcu roku "0" mają być zainstalowane 4-cyfrowe stopnie wyniesione, ale w chwili obecnej tylko jeden jest uruchomiony, mianowicie w N (rejon 150). Stopień ten zapewnia realizację obecnego zapotrzebowania na usługi telefoniczne dla abonentów dużego miasta satelickiego położonego w pobliżu N przed instalacją centrali głównej do roku "5".

3.3.3. Centrala tranzytowa międzymiastowa w roku "0"

Obecna centrala tranzytowa międzymiastowa systemu elektromechanicznego o pojemności 320 łączy wyjściowych i 338 przyślcowych jest zlokalizowana w A. Centrala ta jest bliska wypełnienia, ale problem ten jest poza zakresem niniejszego studium. Zakłada się jedynie, że do końca roku "5" będzie zainstalowana inna centrala międzymiastowa systemu elektronicznego.

3.3.4. Centrala międzynarodowa w roku "0"

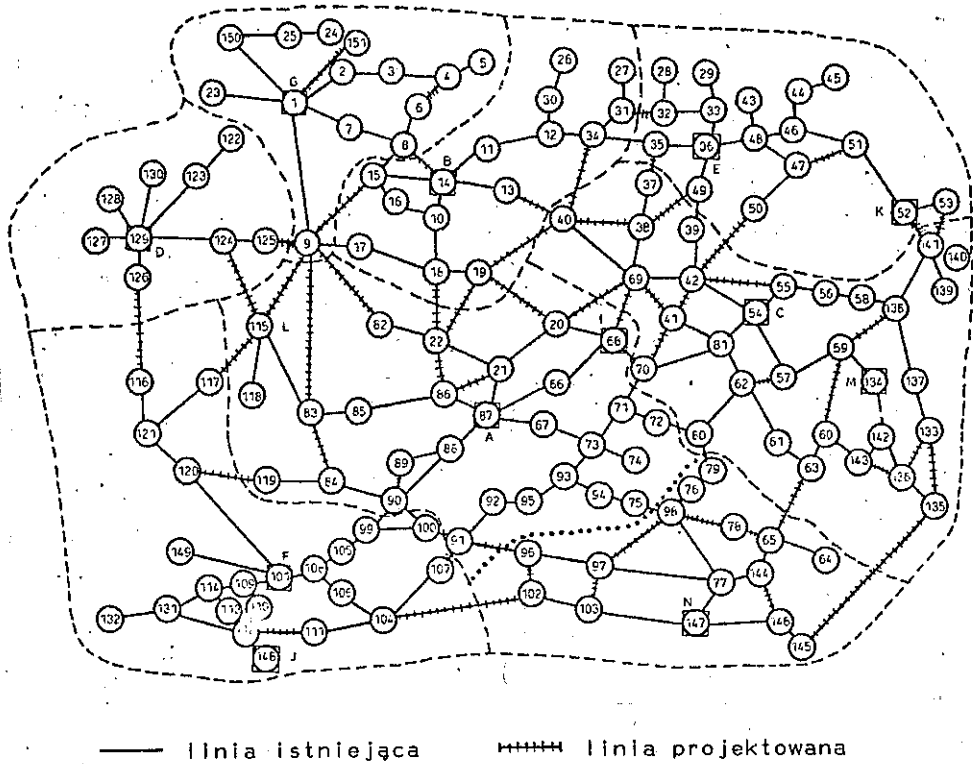
W roku "0" została zainstalowana nowa tranzytowa centrala międzynarodowa z elektromechanicznym polem komutacyjnym i częściowym sterowaniem elektronicznym. W roku "0" były dostępne 432 łącza (wyjściowe i przyślcowe) dla ruchu międzynarodowego i 382 łącza dla ruchu krajowego.

4. MODEL SIECI

4.1. Modelowanie sieci abonenckiej

a) Metoda

Model sieci abonenckiej służy do uproszczonego opisu sieci magistralnej i ma ułatwić wyznaczenie całkowitych kosztów inwestycyjnych. Dokładny opis rzeczywistego przebiegu kabli magistralnych, zarówno istniejących jak i planowanych, byłby zbyt skomplikowany, biorąc pod uwagę cele niniejszego studium. W rezultacie przyjęto model uproszczony, w którym zakłada się fikcyjne "szafki", po jednej szafce na każdy rejon administracyjny. Unika się w ten sposób ryzyka wprowadzenia dodatkowych błędów związanych z podziałem prognostycznych liczb abonentów na szafki o realnych pojemnościach (por. pkt. 1.3.4). Przyjmuje się też fikcyjny układ tras kablowych łączących te fikcyjne szafki. Układ ten opiera się na uproszczonej mapie rzeczywistego przebiegu kabli magistralnych, z uwzględnieniem nowych odcinków dla przyszłych potrzeb, jak to podano na rys. 12 i w tabl. 18. Model ten służy do znajdowania najkrótszych dróg pomiędzy każdą "szafką" (rejon administracyjny) i odpowiednią centralą miejscową.



Rys. 12. Model sieci miejscowej w mieście

b) Reduktory abonenckie i łącza grupowe

Ze względu na poważny niedorozwój sieci kablowej (magistralnej i rozdzielczej) zostały zainstalowane elektromechaniczne reduktory abonenckie. Wiążą się z tym dwa problemy: wzrost strat ruchu ze względu na duże średniówki ruchu generowanego przez niektóre kategorie abonentów (służbowych i mieszkaniowych) i konserwacja. Często zdarza się, że reduktory są częściowo uszkodzone, co prowadzi do izolacji odpowiednich grup abonentów i z kolei wielu bezowocnych wywołań od innych abonentów zakładających, że linia jest zajęta. Z tych samych względów - dla odciążenia sieci - instaluje się łącza grupowe.

Tablica 18

Odcinki trasowe między węzłami sieci miejskiej

Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]	Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]	Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]
1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	380	23	24	650	54	57	850
1	7	550	23	122	550	54	81	500
1	9	1000	24	25	1000	55	56	360
1	23	1100	25	150	2000	56	58	400
1	25	4000	26	30	400	57	59	770
1	150	6000	27	31	550	57	62	350
1	151	22000	28	32	560	58	138	400
2	3	500	29	33	560	59	60	800
3	40	450	31	32	260	59	134	600
4	5	410	31	34	220	59	138	940
4	6	340	32	33	470	60	63	160
6	8	410	33	36	140	60	143	660
7	8	450	34	35	370	61	62	640
8	14	440	34	40	800	61	63	150
8	15	280	35	36	540	62	80	600
9	15	600	35	37	420	62	81	640
9	17	500	36	48	460	63	65	1200
9	82	680	36	49	350	64	65	300
9	83	1450	37	38	320	65	78	460
9	115	1200	38	40	400	65	144	150
9	125	660	38	69	440	66	68	440
10	14	220	38	49	600	66	87	440
10	16	330	39	42	350	67	73	260
10	18	450	39	49	600	67	87	180
11	12	360	40	69	550	68	69	250
12	30	200	41	42	330	68	70	700
12	34	230	41	69	420	70	71	280
13	14	400	41	70	480	70	81	680
13	40	300	41	81	610	71	72	420
15	16	310	42	54	500	71	73	260
17	18	800	42	55	500	72	80	260
18	19	330	42	69	450	73	74	400
18	22	640	43	48	250	73	93	270
19	20	450	44	45	400	75	94	240
19	22	370	44	46	450	75	98	240
19	40	440	46	48	450	76	79	250
20	21	360	46	51	760	76	98	140
20	68	100	47	48	460	77	78	310
20	69	300	47	50	200	77	97	810
21	22	400	47	51	1180	77	98	790
21	86	540	51	52	2250	77	144	380
21	87	500	52	141	500	77	147	380
22	82	500	53	141	850	78	98	300
22	86	450	54	55	350	79	80	300

*) Względnie rejonów adm. (por. rys. 12).

cd. tablicy 18

Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]	Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]	Nr sza- fek*/	Nr sza- fek*/	Odle- głość w [m]
1	2	3	1	2	3	1	2	3
83	84	460	103	147	750	122	123	950
83	85	900	104	106	600	123	129	1900
83	115	850	104	111	300	124	125	510
84	90	670	105	108	420	124	129	2900
84	119	540	106	108	420	126	129	520
85	86	200	107	108	280	127	129	800
86	87	330	107	109	350	128	129	500
87	88	510	107	120	1600	129	130	400
88	89	610	107	149	1200	131	132	500
88	90	800	109	110	250	131	148	1500
89	90	550	111	112	580	132	148	2000
90	99	160	112	131	930	133	134	650
90	100	250	112	148	850	133	135	900
91	92	730	113	114	200	133	136	750
91	96	500	114	131	520	133	137	760
91	100	100	115	117	350	134	142	200
91	101	300	115	118	450	135	136	750
92	95	160	115	124	900	135	145	2000
93	94	350	116	117	450	136	142	400
93	95	310	116	121	800	136	143	600
96	97	670	116	126	2100	137	138	300
96	102	300	117	118	300	140	141	600
97	103	280	118	119	820	142	143	350
99	105	460	118	120	250	144	146	720
101	104	1000	118	121	1850	145	146	550
102	103	500	119	120	820	146	147	600
102	104	1600	120	121	400			

*) Względnie rejonów adm. (por. rys. 12).

4.2. Model generacji i rozptywu ruchu w sieci międzycentralowej

4.2.1. Badania ruchu

Dla określenia podstawowych parametrów ruchowych przeprowadzono szereg pomiarów. Stosowane były przy tym trzy metody: 1) za pomocą mierników ruchu przyłączonych do łączy wyjściowych i przyściowych istniejących central elektromechanicznych; 2) obserwacje

ruchu na łączach wyjściowych oraz przeciętnego ruchu abonenckiego w pierwszej centrali elektronicznej (G) i 3) próbkowanie ruchu abonenckiego w jednej z central elektromechanicznych (F), gdzie poprzednie pomiary przeprowadzone za pomocą miernika ruchu dały ewidentnie błędne wyniki. Większość pomiarów przeprowadzono przy użyciu pierwszej metody. Z uwagi na brak wykwalifikowanego personelu otrzymano początkowo błędne wyniki. Stąd powstała potrzeba zastosowania dwu pozostałych metod dla wykrycia tych błędów; zastosowano przy tym dodatkowy zabieg, polegający na porównywaniu wyników otrzymanych dla określonej relacji, pochodzących z dwóch różnych mierników dołączonych z obydwu stron tej relacji. Procedura ta, jak można się spodziewać, była bardzo kłopotliwa i czasochłonna.

4.2.2. Analiza wyników

a) Efektywność wywołań

Główną cechą ruchu obserwowanego trzecią metodą była duża liczba prób nie doszłych do skutku z powodu błędów numeru wywoływanego. Stwierdzono następujące tego przyczyny: wysyłanie sygnału zajętości podczas wybierania numeru, gdy tylko stwierdza się zajętość odpowiedniej wiązki; brak informacji z uwagi na przestarzałe książki telefoniczne wydane przed siedmiu laty i dużą zawodność służb informacyjnych i wreszcie brak konserwacji aparatów telefonicznych, często pochodzących z różnych źródeł. Wynikiem tej sytuacji jest powtarzanie zgłoszeń, a w konsekwencji - efekty kumulacji natłoku w całej sieci, ze względu na niedostateczne wyposażenie eksploatowanego sprzętu.

b) Średniówki abonenckie

Wartości jednostkowego ruchu średnio generowanego przez abonentów są raczej niewielkie i zainstalowany sprzęt komutacyjny mógłby obsłużyć ruch o 30% większy w stosunku do pomierzonego. Chociaż liczba abonentów podwoi się do roku "5", przyjmuje się, że w przyszłości średni ruch nie ulegnie większym zmianom w stosunku do aktualnych ocen (por. tabl. 19), a to z trzech powodów:

- nastąpi poprawa jakości usługowej w nowych centralach (większa efektywność wywołań);
- nastąpi poprawa informacji o numerach abonentów (publikacja książki telefonicznej w końcu roku "0");
- liczba wywołań błędnych zmaleje w związku z wymianą przestarzałego sprzętu.

Z tych względów zakłada się roczny przyrost średniego ruchu generowanego przez abonenta na poziomie 2,8% rocznie.

Tablica 19

Przeciętny ruch generowany przez abonenta w latach 0-5
(miliErlangi)

Kod central	Kategoria abonentów	Lata					
		0	1	2	3	4	5
A	Handel, administracja	125	128	132	136	140	140
B	Ambasady, warstwy wyższe	94	96	98	101	104	107
C	Administracja, warstwy średnie	73	75	77	79	81	83
D	Warstwy wyższe i średnie	69	71	73	74	77	79
E	Warstwy średnie	73	75	77	79	82	84
F	Przemysł, rzemiosło	75	77	79	81	83	86
G	Warstwy wyższe i średnie	73	75	77	79	81	84
H	Stare miasto, małe sklepy, rzemiosło	-	78	80	83	85	87
I	Abonenci oddaleni (tereny wiejskie)*	-	-	-	81	83	85
J	Warstwy niższe	-	-	-	-	82	84
K	Warstwy średnie i niższe	-	-	-	80	83	85
L	Warstwy niższe	-	-	-	-	82	84
M	jw.	-	-	-	-	83	85
N	Warstwy niższe i średnie	-	-	-	-	-	83
U49#	Małe miasto na peryferiach	71	72	74	76	79	81
U60#	jw.	72	74	76	78	80	83

* Jeśli strategia rozbudowy zakłada, że centrala I ma przejąć własny obszar obsługi, liczby te będą zbliżone do A i C.

Prefiks U oznacza centralę automatyczną (elektromechaniczną na wsi).

4.2.3. Macierz ruchu w roku "0"

Wartości strumieni ruchu międzycentralowego dla każdej pary węzłów otrzymano za pomocą pomiarów przeprowadzanych w różnych okresach roku "0". Dla uwzględnienia zmian liczby abonentów w ciągu roku konieczne było przeprowadzenie liniowej korekcji danych. W tabl. 20 podano macierz ruchu na koniec roku "0"; jest to macierz wyjściowa dla dalszych prognoz ruchowych.

Tablica 20

Macierz ruchu w roku "0" [w Erl]
(STD - ruch międzymiastowy)

Kod centrali	A1	A2	B1	C1	D1	E	F1	G1	U49	U60	STD	Suma
A1	140	140	50	80	35	38	28	16	5	8	50	590
A2	140	140	50	80	35	38	28	16	5	8	50	590
B1	50	50	150	60	30	44	15	30	2	4	26	461
C1	96	96	74	260	32	66	36	34	4	8	48	754
D1	44	44	29	40	90	27	20	17	1	3	19	334
E	46	46	44	60	40	65	25	10	2	3	20	361
F1	35	35	15	30	20	25	78	10	2	3	15	267
G1	16	16	30	28	17	10	10	40	1	2	10	180
U49	5	5	2	4	1	2	2	1	21	1	3	46
U60	8	8	4	8	3	3	3	2	1	45	6	90
STD	52	52	26	48	17	19	14	10	3	6	0	248
Suma	631	631	474	697	320	337	258	185	45	89	246	3921

4.2.4. Współczynniki zainteresowań

Nie przeprowadzono żadnych nowych oszacowań tych współczynników, zachowując wartości sprzed kilku lat, przy czym wprowadzenie nowych central uwzględniono za pomocą średnich współczynników wziętych ze starej macierzy współczynników (tabl. 21).

Wyjątkowo szybki wzrost miasta w ciągu ostatnich 10 lat, a także zmiany wielkości wiązek łączy międzycentralowych (których nie analizowano) prowadzą do dużych rozbieżności między rzeczywistymi i przyjętymi do obliczeń wartościami współczynników. Z reguły zastosowano wartości większe, co daje większą elastyczność w przy-

padku błędów i umożliwia wprowadzenie funkcji tranzytu bez powiększenia zainstalowanej pojemności central.

Tabela 21

Współczynniki zainteresowań

Kod centrali	A1	A2	B1	C1	D1	E	F1	G1	U49	U60
A1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6
A2	1,5	1,5	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6
B1	0,7	0,7	2,6	0,7	0,8	1,1	0,5	1,3	0,3	0,4
C1	0,8	0,8	0,8	1,9	0,5	1,0	0,7	0,9	0,4	0,4
D1	0,8	0,8	0,7	0,7	3,2	0,9	0,9	1,1	0,4	0,4
E	0,8	0,8	1,0	0,9	1,3	2,1	1,0	0,6	0,4	0,4
F1	0,8	0,8	0,5	0,6	0,9	1,1	4,3	0,8	0,5	0,5
G1	0,6	0,6	1,4	0,9	1,1	0,6	0,8	4,6	0,4	0,4
U49	0,7	0,7	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	39,3	0,8
U60	0,6	0,6	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,8	21,9

Zasadnicza zależność określająca współczynniki zainteresowań jest następująca [1]:

$$c_{ij} = \frac{f_{ij} \times TT}{TD_i \times TA_j}$$

gdzie:

f_{ij} - strumień ruchu od centrali i do j ;

c_{ij} - współczynnik zainteresowań między centralą i oraz centralą j ;

TD_i - ruch wychodzący z centrali i ;

TA_j - ruch przychodzący do centrali j ;

TT - suma strumieni ruchu w macierzy.

4.3. Kierowanie ruchu w sieci międzycentralowej

W obecnej sieci niektóre wiązki łączy są zabronione z powodów technicznych lub względów zarządzania. Ograniczenia te są wyrażone za pomocą macierzy reguł kierowania ruchu (tabl. 22), z uwzględnieniem dostępu do sieci międzymiastowej. Każdy z elementów macierzy ma następujące znaczenie. Wiersz odpowiadający centrali x i ko-

olumna odpowiadająca centrali y przecinają się w centrali z. Jeśli y i z są identyczne, to występuje bezpośrednia wiązka łączy od x do y. W innym przypadku, jeśli y i z nie są identyczne, wiązka łączy z x do y jest zabroniona. W takim przypadku strumień od x do y jest podawany na wiązkę od x do z, a następnie na wiązkę od z do y.

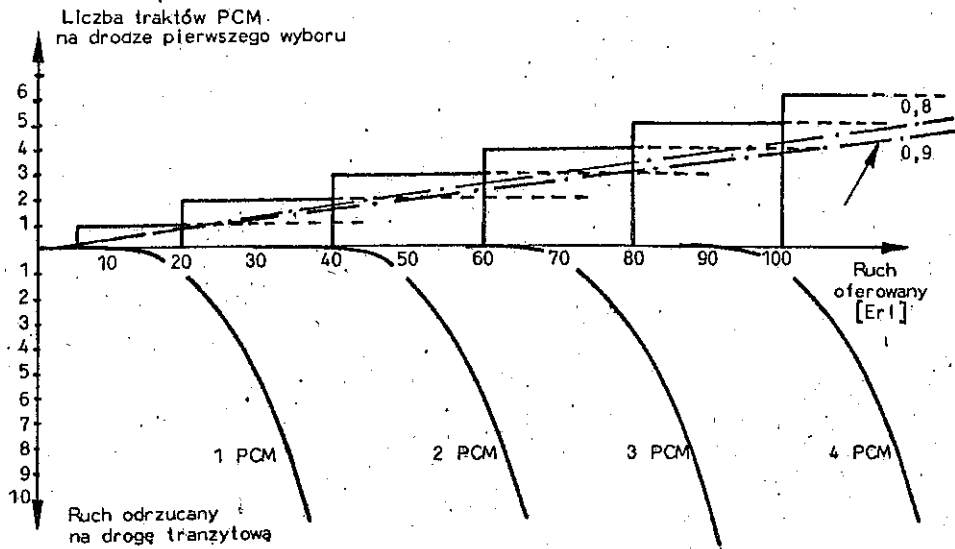
Tablica 22

Reguły kierowania ruchu
(LD - kierunek międzymiastowy)

Kod centrali	A1	A2	B1	C1	C2	D1	E	F1	G1	U49	U60	LD
A1	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	E	E	E	LD
A2	A1	A2	B1	C1	C1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	LD
B1	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	E	E	E	LD
C1	A1	A2	B1	C1	C2	D1	E	F1	G1	E	E	LD
C2	C1	C1	C1	C1	C2	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1
D1	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	E	E	E	LD
E	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	G1	U49	U60	LD
F1	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	E	E	E	LD
G1	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	C1	G1	E	E	LD
U49	E	E	E	E	C1	E	E	E	E	U49	E	LD
U60	E	E	E	E	C1	E	E	E	E	E	U60	LD
LD	A1	A2	B1	C1	C1	D1	E	F1	G1	U49	U60	LD

4.4. Wymiarowanie wiązek łączy w sieci międzycentralowej

Na rys. 13 podano zasady wyznaczania liczby traktów PCM wymaganych między centralami cyfrowymi. Kryterium do obliczenia wielkości wiązki stanowi średnia zajętość łącza (np. 0,7 Erl). Liczba nad osią x wskazuje liczbę traktów PCM wymaganych dla danej wielkości ruchu oferowanego przy założeniu średniej zajętości łącza 0,7 Erl na łącze. Dla wyższych poziomów zajętości liczbę traktów można wyznaczyć na podstawie punktów przecięcia linii przerywanych 0,8 i 0,9 z linią kropkowaną. Poniżej osi x pokazana jest wartość ruchu odrzuconego. Np. przy dwóch zestrojach PCM i przy zajętości 0,7 Erl na łącze, z ruchu oferowanego 60 Erl odrzucany jest ruch 6 Erl.



Rys. 13. Zasady obliczania wiązek łączy w relacjach między centralami cyfrowymi

5. DOSTĘPNY SPRZĘT - CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA I KOSZT

5.1. Sprzęt komutacyjny

5.1.1. Terminologia

Stosowana będzie następująca terminologia:

- CMG - centrala miejscowa główna; jest to centrala obsługująca abonentów dołączonych do niej bezpośrednio lub poprzez stopnie wyniesione i/lub abonenckie systemy cyfrowe, zupełnie autonomiczna pod względem komutacyjnym;
- CMK - centrala miejscowa końcowa; jest to centrala załatwiająca ruch wewnętrzny abonentów i ruch do sąsiednich central;
- SKW - stopień komutacyjny wyniesiony; zawiera zarówno stopień abonencki jak i stopień komutacyjny, co daje możliwość dokonywania połączeń w obrębie samego stopnia komutacyjnego,

a także - w ograniczonym stopniu - możliwość realizacji połączeń z centralami sąsiednimi;

- KW - koncentrator wyniesiony centrali; zawiera stopień abonencki, który jest dołączony do (lub sterowany przez) oddaloną centralę macierzystą; zwykle wszystkie połączenia, zarówno wewnętrzne jak i do innych central, przechodzą przez centralę macierzystą (uwaga: termin "koncentrator wyniesiony" jest obecnie coraz częściej stosowany wymiennie z terminem "stopnia wyniesionego");
- MX - abonencki system cyfrowy (multiplexer abonencki), zapewniający jednoczesne połączenia dla większej liczby abonentów, bez koncentracji ruchu.

5.1.2. Charakterystyka techniczna sprzętu komutacyjnego

Charakterystyka techniczna central miejscowych, które mogą być brane pod uwagę przy rozbudowie sieci istniejącej, przedstawiona jest w tabl. 23. Uwzględnione zostały następujące parametry: pojemności maksymalna i minimalna opłacalna, wielkość modułu przy

Tablica 23

Charakterystyka techniczna central miejscowych

Kod systemu centrali	System	Maksymalna pojemność	Minimalna opłacalna pojemność	Wielkość modułu przy rozbudowie	Możliwość wynoszenia stopni komutacyjnych	Możliwość tranzytowania
RY	Rotary	10 000	-	1 000	Nie	Nie
SS1	Biegowy	7 000	-	1 000	Nie	Nie
SS2	"	10 000	-	1 000	Nie	Tak
D1	Cyfrowy	8 000	2 000	500	Tak	Tak
D2	"	15 000	4 000	1 000	Tak	Tak
D3	"	30 000	8 000	1 000	Tak	Tak
D4	"	45 000	12 000	1 000	Tak	Tak
D5	"	60 000	15 000	1 000	Tak	Tak
D6	"	90 000	25 000	1 000	Tak	Tak

Tablica 24

Charakterystyka techniczna komutacyjnych stopni wyniesionych

Kod typu SKW	Maksymalna pojemność	Minimalna pojemność opłacalna	Wielkość modułu	Liczba traktów PCM d. centrali macierzystej	Możliwość zamykania ruchu	Możliwość kierowania drogami obejściowymi
R1	100	50	50	2	Nie	Nie
R2	250	50	50	2	Nie	Nie
R3	250	50	50	2	Tak	Tak
R4	500	100	100	3	Nie	Nie
R5	500	100	100	3	Tak	Tak
R6	1000	100	100	4	Nie	Nie
R7	1000	100	100	5	Tak	Tak
R8	2500	500	100	12	Tak	Tak

rozbudowie oraz możliwość wnoszenia stopni komutacyjnych i możliwość tranzytowania ruchu. Odpowiednia charakterystyka techniczna cyfrowych stopni wyniesionych podana jest w tabl. 24.

5.1.3. Koszt sprzętu komutacyjnego

W tym punkcie mowa będzie tylko o kosztach inwestycyjnych; trendy kosztów i koszty roczne podane są odpowiednio w punktach 5.5 i 5.6.

Zależności do obliczenia kosztów są następujące:

a) centrale analogowe

$$C = C_0 + C_1 \times A + C_2 \times N_c + C_3 \times Tr$$

gdzie:

- A - liczba abonentów centrali,
- N_c - liczba zakończeń łączy międzycentralowych,
- Tr - wartość tranzytowanego ruchu (w Erlangach),
- C_0 - współczynnik stały,
- C_1, C_2, C_3 - współczynniki jednostkowe (por. tabl. 25);

b) centrale cyfrowe

$$C = C_4 + C_5 \times A + C_6 \times A_0 + C_7 \times N_s + C_8 \times Tr$$

gdzie:

- A - liczba abonentów lokalnych,
- A_o - liczba abonentów oddalonych,
- N_s - liczba zakończeń kanałów 2 Mbit/s,
- C₅ - koszt przypadający na abonenta lokalnego,
- C₆ - dodatkowy koszt na abonenta oddalonego,
- C₇, C₈ - odpowiednie współczynniki jednostkowe (por. tabl. 26);

c) inne węzły komutacyjne (cyfrowe stopnie wyniesione)

$$C = C_9 + C_{10} \times A + C_{11} \times N_s$$

gdzie:

- C₁₀ - koszt przypadający na abonenta,
- C₁₁ - koszt przypadający na zestrój PCM (por. tabl. 27).

Tablica 25

Współczynniki jednostkowe kosztów dla central analogowych

Kod systemu centrali	Maksymalna pojemność NN	Koszt stały C ₀	Koszt jedn. na 1 abonenta C ₁	Koszt jedn. na zakończ. łącza C ₂	Koszt na 1 Erl. ruchu tranzytowanego C ₃
RY	10 000	1000	2,0	2	-
SS1	7 000	400	1,3	3	-
SS2	10 000	1000	1,3	3	12

Występujące w powyższych wzorach współczynniki stałe: C₀, C₄, C₉ obejmują koszty początkowe związane ze sprzętem komutacyjnym, które można uznać za niezależne od liczby abonentów lub też zakończeń łączy międzycentralowych, biorąc pod uwagę typowe zakresy pojemności central.

Tablica 26

Współczynniki jednostkowe kosztów dla central cyfrowych

Kod systemu centrali	Maksymalna pojemność NN	Koszt stały C_4	Koszt na abonenta lokalnego C_5	Dodatkowy koszt na abonenta oddalonego C_6	Koszt na zestrój PCM C_7	Koszt na 1 Erl ruchu trasyowanego C_8
D1	8 000	1500	0,8	0,10	65	5
D2	15 000	3000	0,7	0,09	60	5
D3	30 000	6000	0,6	0,08	58	5
D4	45 000	9000	0,5	0,07	55	5
D5	60 000	12000	0,4	0,06	53	5
D6	90 000	18000	0,3	0,05	50	5

Tablica 27

Współczynniki jednostkowe kosztów dla cyfrowych stopni wyniesionych

Kod typu stopnia	Maksymalna pojemność NN	Koszt stały C_9	Koszt na abonenta C_{10}	Koszt na trakt PCM C_{11}
R1	100	30	0,90	10
R2	250	50	0,85	12
R3	250	60	0,85	14
R4	500	75	0,80	14
R5	500	85	0,80	16
R6	1000	140	0,75	16
R7	1000	150	0,75	18
R8	2500	300	0,70	20

5.2. Sprzęt transmisyjny

5.2.1. Uwagi ogólne

Ogólnie koszt transmisji jest funkcją liniową, której argumentami są: długość odcinka transmisyjnego i jego przepustowość.

Podobnie jak w poprzednim punkcie uwzględniane są tylko koszty inwestycyjne. Trendy kosztów i koszty roczne podano w punktach 5.5 i 5.6.

Są tutaj możliwe dwa podejścia do problemu, a mianowicie operowanie uproszczonym modelem kosztów (koszty scalone) oraz zastosowanie szczegółowego modelu kosztów.

Koszty scalone stosowane są wyłącznie do badań długookresowych prowadzonych z zastosowaniem uproszczonych metod oceny kosztów oraz do badań wstępnych. Koszty te odnoszą się do sieci funkcjonalnej, tj. do łączy bądź systemów faktycznie wykorzystywanych, a nie pojemności, które się instaluje w sieci. Koszty scalone uwzględniają takie elementy, jak: koszty kanalizacji kablowej, wykopu rowów, instalacji, a także ew. koszt regeneratorów dla transmisji cyfrowej bądź urządzeń wzmacniających dla systemów analogowych.

Szczegółowy model kosztów jest stosowany do bardziej precyzyjnych badań, zwłaszcza z zastosowaniem metody opartej na wartości zaktualizowanej^{*)}. W kosztach transmisyjnych wyróżnia się elementarne składniki kosztów takie, jak: kable (tory przewodowe), kanalizację kablową, rozmaite urządzenia transmisyjne, jak np. regeneratory, itp. Koszty jednostkowe elementów są podawane dla pojemności zainstalowanej (a więc pełnej przepustowości kabla, a nie w zależności od wyliczonej liczby par).

5.2.2. Uproszczony model kosztów (koszty scalone)

a) Transmisja międzycentralowa analogowa

Zakłada się, że między centralami analogowymi stosowane będą tylko kable parowe symetryczne.

Koszty obliczane są wg następującego wzoru:

$$C = C_1 \times L \times NP$$

gdzie:

C_1 - stały koszt jednostkowy na 1 kmparę, zależny od typu i profilu kabla (por. tabl. 28),

L - odległość w km,

NP - liczba par.

^{*)} Present worth method, por. [1, r. 8].

Tablica 28

Parametry techniczno-ekonomiczne
dla międzycentralowej transmisji analogowej

Średnica żyły [mm]	Tłumienność [dB/km]	Oporność pętli [Ω /km]	Koszt jedn. C_1
0,4	1,61	275 Ω	0,078
0,6	1,04	122 Ω	0,134
0,8	0,81	69 Ω	0,246

Z planu transmisji wynikają ograniczenia co do maksymalnej długości kabla zależne od jego typu. Jeśli nie ma możliwości zastosowania większej średnicy żył, to w celu przystosowania kabla do danej odległości muszą być stosowane urządzenia wzmacniające (koszt jednostkowy - 0,25). W takim przypadku koszty kabli dla poszczególnych średnic żył i rodzajów profilu kabla podaje tabl. 29.

Tablica 29

Koszty międzycentralowej transmisji analogowej
dla różnych typów kabli

Średnica żyły kabla [mm]	Przepustowość kabla [w parach]	Koszt na 1 km	
0,4	1792	140	tylko system naturalny
0,6	896	120	
0,8	224	55	
0,8	672	160	(system naturalny lub PCM)

b) Transmisja międzycentralowa cyfrowa

Wzór na koszty:

$$C = C_2 + C_3 \times L \times N_s$$

gdzie:

L - odległość w km,

N_s - liczba zestrojów 30-kanalowych,C₂ - koszt stały,C₃ - koszt jednostkowy na 1 km i na zestrój (uwzględnia koszt kabla i ew. regeneratorów).

Przykładowe koszty transmisji międzycentralowej cyfrowej podano w tabl. 30.

Tablica 30
Przykładowe koszty
transmisji międzycentralowej cyfrowej

Średnica żył kabla [mm]	C ₂	C ₃
0,6	10	4,0
0,8	10	4,4

c) Transmisja w sieci abonenckiej (sieci magistralnej)

Sieć abonencka jest reprezentowana w modelu przez dwa człony składowe: sieć magistralną, która łączy szafkę z węzłem komutacyjnym (centralą bądź koncentratorem) oraz sieć rozdzielczą, która łączy szafkę z abonentem.

Jeśli nie stosuje się urządzeń wzmacniających, to, biorąc pod uwagę ograniczenia tłumiennościowe, dla kabli o średnicy żył 0,4 mm dozwolone są odległości między szafką i centralą do 5 km. Dla odległości mniejszej lub równej 7,5 km średnica żył musi być co najmniej 0,6 mm i, wreszcie do 10,2 km - 0,8 mm. Powyżej tej granicy wymagane są urządzenia wzmacniające. Wartości te pozostawiają margines około 500 m między szafką a abonentem - odległość tylko w rzadkich przypadkach przekraczaną w tego typu sieciach.

Koszty sieci rozdzielczej, jako stałe w każdym wariancie sieci, nie są uwzględniane w modelu. Natomiast koszty sieci magistralnej są wyrażone za pomocą elementarnych funkcji kosztów typu:

$$C = C_4 \times L \times N_{\text{mod}}$$

gdzie:

C_4 - uśredniony koszt na 1 kilometr kabla, zależny od typu kabla (średnica żył, profil kabla),

N_{mod} - jest funkcją liczby par (NP) i pojemności kabla (CP), taką, że $N_{\text{mod}} = (NP - 1)/CP + 1$.

5.2.3. Szczegółowy model kosztów transmisji

a) Kable (transmisja analogowa i cyfrowa)

Stosuje się wzór:

$$C = C_5 \times L + C_6 \times M$$

gdzie:

L - długość kabla w km,

C_5 - koszt jednostkowy 1 km kabla, zależny od jego typu (por. tabl. 31),

M - liczba potrzebnych urządzeń liniowych (np. regeneratorów).

C_6 - koszt jednostkowy dodatkowych urządzeń liniowych.

Tablica 31

Koszty kabli - wartości współczynnika C_5

Średnica żyły kabla [mm]	Profil kabla (liczba par)							
	10	20	50	100	200	500	1000	
0,4	5	8	15	22	36	70	100	
0,6	6	10	20	30	50	100	150	
0,8	8	15	30	45	75	150	220	

Na przykład, koszty kabli o średnicy 0,8 mm w relacjach między stopniem wyniesionym a centralą macierzystą podane są w tabl. 32. W tym przypadku M. oznacza liczbę regeneratorów potrzebnych na trasie, a C₆ jest kosztem instalacji regeneratora. Koszty samego regeneratora nie są na razie uwzględnione.

Tablica 32

Szczegółowe koszty kabli
między stopniami wyniesionymi
i centralami głównymi

Liczba par	8	14	28	56	112
C ₅	9	11	16	26	41
C ₆	5	5	7	18	31

b) Urządzenia transmisyjne różne

W tabl. 33 podano jednostkowe koszty dla takich urządzeń, jak: regeneratory, translacje, styki analogowo-cyfrowe. Odległość między regeneratorami wynosi 1,3 km dla kabla o średnicy 0,6 mm i 1,8 km dla kabla o średnicy 0,8 mm.

Tablica 33

Koszty jednostkowe różnych urządzeń
służących do międzycentralowej transmisji cyfrowej

Sprzęt	Koszt przypadający na zestój
Regenerator.	2,3
Wyposażenie końcowe	10
Przetwornik analogowo-cyfrowy (włączając adapter sygnalizacyjny)	70

c) Koszty dodatkowe

Ten składnik obejmuje koszty kanalizacji kablowej i rowów dla kabli ziemnych. W tabl. 34 podano odpowiednie współczynniki jednostkowe tych elementów.

Tablica 34

Koszty dodatkowe (transmisyjne)

Kanalizacja kablowa:	15 na kilometrowców
Rury dla kabli ziemnych:	7,5 na 1 km kabla

5.3. Teren, budynki central i zasilanie

Budynek centrali jest projektowany na podstawie sumarycznej liczby numerów wynikającej z maksymalnych pojemności wszystkich central planowanych do instalacji w tym budynku w przeciągu następnych 10 lat. Koszt budynku obejmuje sprzęt do klimatyzacji i inne pomocnicze elementy wyposażenia nie uwzględnione w innych etapach studium.

Uproszczona zależność na koszty budynków, terenu i zasilania jest następująca:

$$C = C_b + S \times C_p + C_z$$

gdzie:

- S - wymagana powierzchnia w m²,
- C_b - koszt stały związany z typem budynku,
- C_p - koszt 1 m² terenu,
- C_z - koszt zasilania.

Ogólne trendy podano w pkt. 5.4, a koszty roczne - w pkt. 5.5.

Tabl. 35 przedstawia parametry techniczne i kosztowe budynków central i sprzętu zasilającego, natomiast tabl. 36 - koszty terenu pod budynki central (por. rys. 14).

Tablica 35

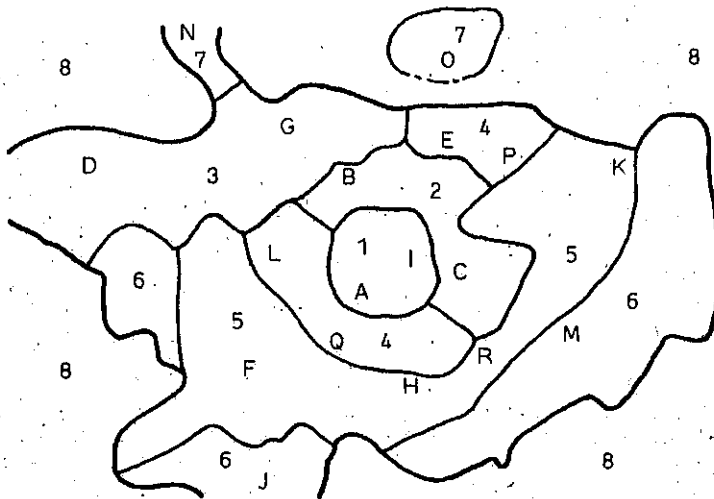
Charakterystyka techniczno-ekonomiczna
budynków central i systemu zasilania

Kod typu budynku	Maksymalna liczba abonentów	Powierzchnia do wykorzystania [m ²]	Powierzchnia terenu [m ²]	Koszt budynku C _b	Pojemność baterii [AH]	Czas pracy przy zasilaniu rezerw. [godz.]	Koszty systemu zasilania C _p
B1	500	30	100	100	200	40	100
B2	1 000	50	150	250	400	40	175
B3	5 000	100	200	450	1000	20	350
B4	5 000	200	250	1000	400	10	350
B5	15 000	500	500	2700	400	4	700
B6	30 000	900	800	5000	800	4	1100
B7	45 000	1300	1000	7100	1200	4	1500
B8	60 000	1600	1200	9000	1600	4	1800
B9	90 000	2200	1500	12000	2400	4	2200

Tablica 36

Koszty terenu

Typ terenu	Koszt na 1 m ² C _p	
1	4	Centrum starego miasta.
2	3	Nowe tereny w centrum miasta (wart. większe)
3	2,5	Część pn.-zach.
4	2	Nowe tereny w centrum miasta (wart. mniejsze)
5	1,5	Okolice podmiejskie bliskie
6	0,8	Okolice podmiejskie oddalone
7	0,2	Nowe rejony administracyjne
8	0,1	Wioski na peryferiach



Rys. 14. Typ terenu.

Uwaga: Litery odnoszą się do aktualnych lub proponowanych lokalizacji central

5.4. Trendy kosztów

Dla uwzględnienia różnic w ewolucji kosztów jednostkowych (struktury kosztów) w przeciągu rozpatrywanego okresu 20 lat wszystkie koszty inwestycyjne są mnożone przez współczynnik trendu kosztów. Zakłada się, że współczynnik ten będzie się zmieniał liniowo w funkcji czasu. Początkowe wartości współczynników trendu przyjmuje się jako równe 1. Tak więc znając wartości końcowe współczynników w roku "20", można wyznaczyć wartości współczynników w dowolnym roku. W tabl. 37 zamieszczone są współczynniki trendu kosztów dla poszczególnych rodzajów inwestycji.

Tablica 37

Współczynniki trendu kosztów

Typ inwestycji	Współczyn. trendu kosztów w roku "20"
Komutacja analogowa	4
Komutacja cyfrowa	
- centrale miejscowe główne	1
- stopnie wyniesione, CMK	0,5
Kable	3
Urządzenia transmisyjne	0,5
Instalacje, prace przygotowawcze (kanalizacja), budynki	1
Tereny	4
Koszty roczne	2

5.5. Koszty roczne

Koszty roczne wyznacza się, obliczając ustalony współczynnik procentowy kosztów inwestycyjnych odpowiedniego sprzętu, uwzględniając także trendy kosztów, koszty bieżące i koszty utrzymania. Tabl. 38 podaje odpowiednie współczynniki procentowe związane z poszczególnymi rodzajami inwestycji.

Tablica 38

Współczynniki procentowe dla kosztów rocznych

Typ Inwestycji	Procent
Komutacja	
RY, SS1, SS2	5%
D1 do D6	3%
R1 do R7	5%
Transmisja	
Kable ziemne	3%
Kable w kanalizacji	2%
Kanalizacja	1%
Urządzenia transmisyjne	5%
Linie radiowe	5%
Budynki	1,5%
Zasilanie energetyczne	8%

6. OPRACOWANIE OGÓLNEJ STRATEGII WDRAŻANIA

6.1. Wprowadzenie

Plan strategiczny obejmuje okres 20-letni; w okresie tym przewiduje się przekształcenie sieci istniejącej w sieć całkowicie cyfrową. W ramach planu należy określić: 1) ewolucję podstawowych planów technicznych, 2) strukturę sieci docelowej i 3) ewolucję struktury sieci.

Plan powinien zapewnić spełnienie następujących postulatów:

- a) możliwie najlepsze wykorzystanie sieci istniejącej;
- b) maksymalne wykorzystanie możliwości tkwiących w nowoczesnych systemach cyfrowych, które mają być stosowane w sieci;
- c) decyzje podejmowane dla zaspokojenia doraźnych potrzeb nie powinny blokować ewolucji sieci w kierunku struktury docelowej.

Postulaty a) i b) są czasami sprzeczne, gdyż zastosowanie systemów cyfrowych wiąże się z koniecznością adaptacji systemów istniejących. Ale najtrudniejsze jest pogodzenie warunków a) i c). Uwarunkowania ekonomiczne i rozbieżności między stanem istniejącym a planem długookresowym są często powodem, że przyznaje się priorytet efektywnemu wykorzystaniu istniejącego sprzętu. Tym niemniej należy mieć na uwadze, że przy szybkim rozwoju sieci (15-procentowy wzrost liczby abonentów) sprzęt istniejący przedstawia jedynie niewielki fragment sieci docelowej. Z kolei brak wykwalifikowanych kadr ogranicza możliwości Administracji w zakresie eksploatacji i utrzymania nowej sieci. Generalnie założenie planu strategicznego polega na przyznaniu priorytetu docelowej sieci cyfrowej przy jednoczesnym warunku, aby nie pociągało to za sobą zbyt dużych nakładów inwestycyjnych w krótkim okresie czasu.

Rozdział ten można traktować jako zbiór mini-scenariuszy prowadzących do sieci docelowej planowanej na koniec rozważanego okresu. W dalszym ciągu opisane są te mini-scenariusze czy też aspekty sieci docelowej. Z uwagi na współzależności między tymi

aspektami nie można było uniknąć pewnych powtórzeń materiału w poszczególnych podrozdziałach. W pkt. 6.2 przedyskutowano podstawowe warianty organizacji sieci. Punkty 6.3 ÷ 6.10 omawiają specyficzne problemy cząstkowe, odpowiadające podstawowym planom technicznym.

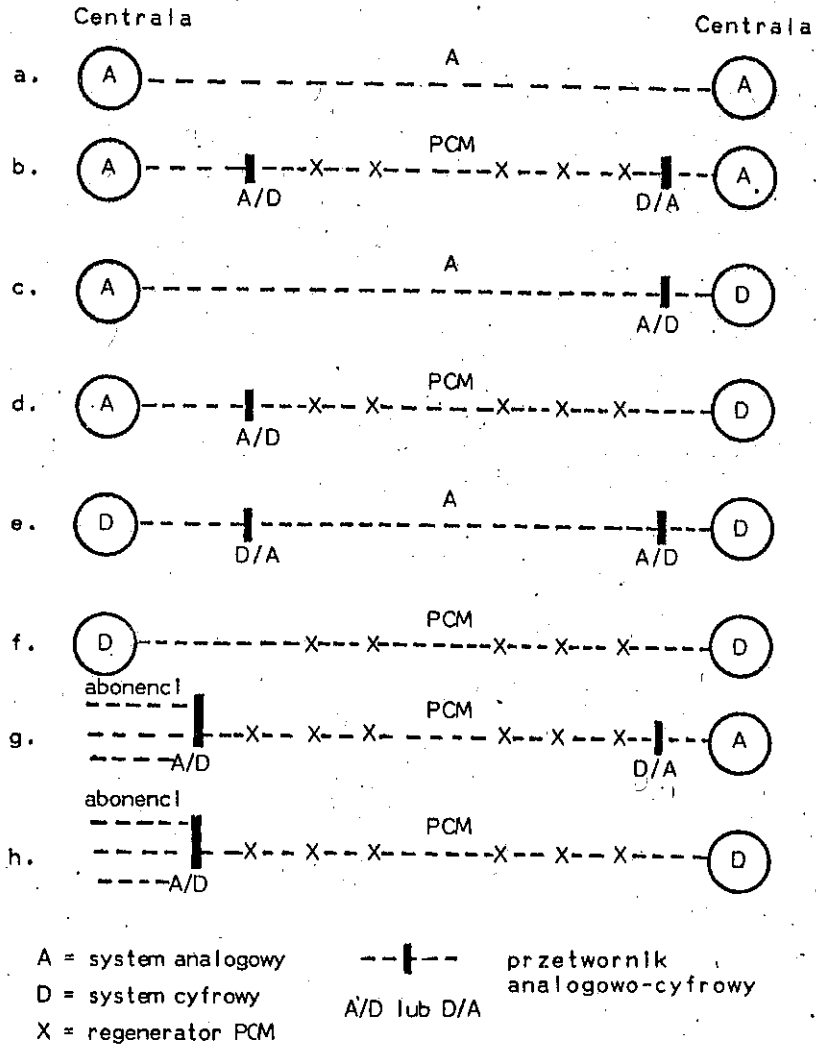
Treści tych rozdziałów nie należy traktować jako obowiązującej. Co więcej, w większości przypadków podanie zasad obligatoryjnych jest niemożliwe i wręcz niewskazane. Ważne jest przyjęcie postawy pragmatycznej i zgodnej ze zdrowym rozsądkiem, a nie sztywne przestrzeganie arbitralnych reguł, chociaż z drugiej strony reguły są potrzebne dla zapewnienia jednolitości i kompatybilności rozwiązań w okresie przejściowym. Kolejność omawiania podstawowych planów technicznych nie oznacza jakichkolwiek preferencji - wszystkie plany powinny być rozpatrywane łącznie.

6.2. Ogólna organizacja sieci

6.2.1. Współpraca międzysieciowa

Problemy współpracy występują w dwóch zasadniczych dziedzinach. Pierwszą jest sygnalizacja. Zastosowanie sygnalizacji typu R2 w połączeniach między centralami miejskimi cyfrowymi stwarza pewne trudności, które są rozwiązywane indywidualnie przez różnych producentów. Szczególne problemy występują przy uruchomieniu abonenckich usług specjalnych, takich jak wykrywanie wywołań złośliwych. Pewne trudności mogą też wystąpić przy współpracy central elektronicznych różnych typów (np. G i A3 lub C3), w związku z czym w stosunku do nowych central należy wyraźnie sprecyzować wymaganie kompatybilności z centralami istniejącymi. Ponadto należy też postawić wymaganie współdziałania z systemem sygnalizacji nr 7 CCITT bądź bez żadnych przeróbek, bądź pod warunkiem łatwych (i tanich) modyfikacji. W sieci docelowej we wszystkich centralach będzie stosowany system sygnalizacji nr 7.

W centralach systemu biegowego modyfikacja metod sygnalizacji nie jest opłacalna; zamiast tego przy każdym przejściu między centralą analogową i cyfrową wymagany jest przetwornik analogowo-cyfrowy oznaczany dalej przez A/D (por. rys. 15).



Rys. 15. Możliwe rodzaje połączeń międzycentralowych oraz układów styku abonenta z siecią

Podobne rozważania odnoszą się do systemów transmisyjnych. Warto zauważyć, że sieć zawiera już dużą liczbę systemów PCM, co ułatwia dalszą cyfryzację sieci.

W wymaganiach na centrale cyfrowe należy mieć na uwadze, aby przy uwielokrotnieniu istniejących dróg transmisyjnych systemami PCM uniknąć dodatkowych komplikacji. Przetworniki analogowo-cyfrowe zwojnione przy wymianie central lub instalacji systemów PCM powinny być ponownie wykorzystane w innych miejscach sieci.

Rys. 15 pokazuje rodzaje połączeń międzycentralowych, a także układów styku abonenta z siecią, z uwzględnieniem miejsc instalacji przetworników analogowo-cyfrowych. Jest sprawą jasną, że wymiana centrali analogowej w przypadku (d) zwolniłaby sporo przetworników i podobnie opłacalna byłaby wymiana systemu analogowego w przypadku (c). Przypadku (e) należy unikać. Przypadki (g) i (h) podano jako przykłady układów styku w sieci abonenckiej (por. pkt. 6.2.6). Sieć docelowa będzie się składać z przypadków (f) i (h).

Zastosowanie strategii rozbudowy sieci opartej na koncepcji sieci nakładanej (sieci cyfrowej nakładanej na sieć analogową) umożliwia minimalizację liczby przetworników. Zastosowanie miejscowej centrali tranzytowej jako zbiorczego węzła komutacyjnego między siecią analogową i cyfrową umożliwiłoby bardziej efektywne wykorzystanie sprzętu przeznaczonego do współpracy międzysieciowej. W szczególności dotyczy to wiązek łączy i systemów PCM. Jest to jednak jedynie proces przejściowy, i należy zwrócić uwagę na to, aby w późniejszym okresie sprzęt tranzytowy był dobrze wykorzystany. W przeciwnym przypadku straty mogłyby przekroczyć dotychczasowe zyski. Ponadto, jeśli w obecnej sieci nie istnieje centrum tranzytujące ruch między centralami analogowymi i cyfrowymi, wprowadzenie nowej centrali cyfrowej wymaga zmian w wyblerakach grupowych i okablowaniu grup łączy w starej centrali.

Przez zastosowanie metod opisanych w pkt. 6.2.6 można osiągnąć przybliżenie systemów PCM do abonenta. Dla sieci z integracją technik ogólną regułą jest, że sieć cyfrowa powinna być tak blisko abonenta jak to jest możliwe. Tak więc w sieci docelowej przetworniki analogowo-cyfrowe powinny się znaleźć jak najniżej w hierarchii sieci.

6.2.2. Obszary obsługi central miejskich

Podstawową sprawą przy planowaniu sieci w tym szybko rozwijającym się mieście jest ustalenie granic obszarów centralowych. Powinny one być ustabilizowane możliwie szybko. Pozwoli to uniknąć wielu trudnych i kosztownych modyfikacji w sieciach abonenckich i zmian numerów abonenckich. Tym niemniej, jeśli wybrana strategia wymaga instalacji kilku nowych central cyfrowych, może się to wiązać ze znacznymi inwestycjami w początkowym okresie.

Przy pojemnościach central wymienionych w pkt. 5.1 można przewidzieć, że liczba central w sieci docelowej będzie się zawierać w granicach między 10 i 20.

Jako ogólną zasadę można przyjąć, że im prostsza sieć, tym tańsza jest jej eksploatacja. Warto więc zminimalizować liczbę centrów komutacyjnych, mając jednak na uwadze wzrost kosztów łączy abonenckich, a ponadto wzrost ryzyka związanego z całkowitym uszkodzeniem centrali.

Postulat możliwie szybkiej stabilizacji granic obszarów obsługi w okresie przejściowym można realizować, stosując następujące sposoby:

- jeśli następuje wymiana centrali analogowej, należy wówczas zapewnić, aby nowa centrala cyfrowa miała dostateczną pojemność w stosunku do wymagań sieci docelowej;
- przy instalacji centrali należy zapewnić dostateczne rezerwy powierzchni w budynku centrali dla potrzeb rozbudowy;
- jeśli budynek, w którym jest umieszczona centrala analogowa, jest w pełni wykorzystany, sytuację można złagodzić przez rozmieszczenie w sieci abonenckiej wyniesionych stopni komutacyjnych (por. pkt. 6.2.6), co zajmuje tylko niewiele miejsca w tym budynku;
- podczas wymiany starej centrali, abonentów tej centrali należy na pewien czas przełączyć do innej centrali cyfrowej (ew. do centrali tranzytowej); takie przełączenie może mieć charakter stały, jeśli w sieci docelowej abonenci mają być przyłączeni do tej samej centrali cyfrowej;

- należy unikać - na ile jest to możliwe - budowy nowych central (jeśli konieczne jest wprowadzenie miejskiej centrali tranzytowej, wówczas można byłoby wykorzystać budynek 1).

6.2.3. Obszary obsługi central na peryferiach miasta

Podobnie jak w mieście, także na peryferiach kluczową sprawą jest ustalenie obszarów obsługi central. Tym niemniej rozwiązania mają nieco odmienny charakter.

- Konsekwencją wprowadzenia central cyfrowych jest zwiększenie obszarów obsługi central miejscowych i tranzytowych na wszystkich poziomach hierarchicznych, w celu minimalizacji liczby central. W przeszłości małe miasto położone w odległości 30 - 40 km było objęte siecią międzymiastową. Czynnikiem zasadniczym była granica opłacalności transmisji systemami analogowymi. Wprowadzenie cyfrowych systemów transmisyjnych podniosło tę granicę do około 70 km.
- Obszary obsługi central będą geograficznie większe, ale o mniejszej całkowitej pojemności niż w mieście.
- Przez długi czas funkcjonować będzie znaczna liczba central ręcznych, które będą stopniowo likwidowane, a ich obszary obsługi przejmowane przez inne centrale.
- W sieci abonenckiej szersze wykorzystanie znajdują stopnie komutacyjne wyniesione.
- Trzeba będzie niejednokrotnie zastosować rozwiązania tymczasowe, aby:
 - a) odciążać istniejące centrale ręczne,
 - b) zapewnić obsługę abonentom w czasie wymiany central ręcznych,
 - c) zapewnić obsługę abonentom dotychczas nie dołączonym.

Tak więc w każdej strategii obszary obsługi powinny być określone tak szybko, jak to jest możliwe (biorąc pod uwagę wymagania sieci docelowej) i następnie ustabilizowane. Zastosowanie central cyfrowych w sieci miejscowej może prowadzić do zmniejszenia liczby central miejscowych i powiększenia ich ob-

szarów obsługi. Sieć docelowa na peryferiach powinna zawierać mniejszą liczbę, lecz za to większych obszarów obsługi niż ma to miejsce obecnie, poprzez wykorzystanie wyniesionych cyfrowych stopni komutacyjnych.

6.2.4. Konfiguracja sieci w mieście

Dla sieci docelowej należy rozważyć poniżej omówione możliwości.

- Ustalenie docelowej liczby central, które będą połączone w układzie każda z każdą, przy czym dla ruchu lokalnego nie będzie żadnego rozróżnienia hierarchii.
- Zastosowanie centrali (central) tranzytowej dla:
 - a) pewnej liczby połączeń lokalnych w normalnych warunkach eksploatacyjnych,
 - b) ruchu przelewowego w warunkach awaryjnych,
 - c) połączeń central na peryferiach,
 - d) połączenia z siecią międzymiastową.
- Zastosowanie wyniesionych stopni komutacyjnych lub małych samodzielnych central dla większych grup abonentów usytuowanych w pewnej odległości od centrali miejscowej.
- Zastosowanie nakładanej sieci linii radiowych dla poprawy niezawodności.

Mając na uwadze fakt, że główna funkcja miejskiej centrali tranzytowej polegałaby na zapewnieniu styku między siecią analogową i cyfrową jest prawdopodobne, że byłoby to zadanie jedynie przejściowe i że w sieci docelowej taka centrala nie byłaby w ogóle potrzebna. Tworzenie jej byłoby uzasadnione jedynie wtedy, gdyby w przyszłości można było ją wykorzystać do jakiegoś zadania tak, aby zapewnić w miarę równomierne obciążenie w ciągu czasu jej eksploatacji. Tym drugim zadaniem mogłoby być pełnienie funkcji centrali macierzystej dla wyniesionych stopni abonenckich na peryferiach miasta, co zapewniłoby obsługę małych miasteczek lub pozwoliłoby uniknąć stanu wyczerpania pojemności

przed uruchomieniem nowych central. Utworzenie centrali tranzytowej z komutacją czasową mogłoby stanowić załączek nakładanej sieci cyfrowej (sieci cyfrowej nakładanej na sieć analogową). Centrala ta stanowiłaby bazę przyszłej sieci cyfrowej.

Tak więc w sieci docelowej zasadniczą sprawą, którą należy rozstrzygnąć dla każdej strategii jest stwierdzenie celowości istnienia w sieci miejskiej centrali tranzytowej, jednej lub większej ich liczby. Zastosowanie wyniesionych stopni abonentkich powinno być środkiem do utrzymania granic obszarów obsługi i jednocześnie sposobem dołączania odległych skupisk abonentów.

Teletransmisyjna sieć linii radiowych (nakładana na sieć kablową) poprawiłaby niezawodność transmisji, ale ze względu na wysokie koszty inwestycyjne może nie mieć ekonomicznego uzasadnienia, jeśli istnieją już możliwości wyboru innej drogi połączeniowej. Tym niemniej, jeśli taka sieć jest opłacalna dla obszarów peryferyjnych, może ona być także atrakcyjna na obszarze miejskim.

Koncepcja czystej sieci nakładanej czy czystej sieci wyspowej w ciągu okresu przejściowego ma niewielkie znaczenie praktyczne, ponieważ każda strategia rozwoju sieci stanowić będzie mieszankę tych dwóch wariantów. Miejska centrala tranzytowa stanowić będzie styk między sieciami analogową i cyfrową (koncepcja nakładania sieci), co pozwoli zminimalizować liczbę przetworników analogowo-cyfrowych. Z drugiej strony, centrale analogowe będą kolejno wymieniane jedna po drugiej na centrale cyfrowe; jeśli przy tym obszary obsługi pozostaną nie zmienione, to będzie to oznaczać zwiększanie zasięgu sieci cyfrowej zgodnie z zasadą koncepcji wyspowej. Koncepcja czystej sieci nakładanej miałaby istotne znaczenie tylko wtedy, gdy dana strategia rozwoju sieci zasadniczo zmieniałaby obszary obsługi central.

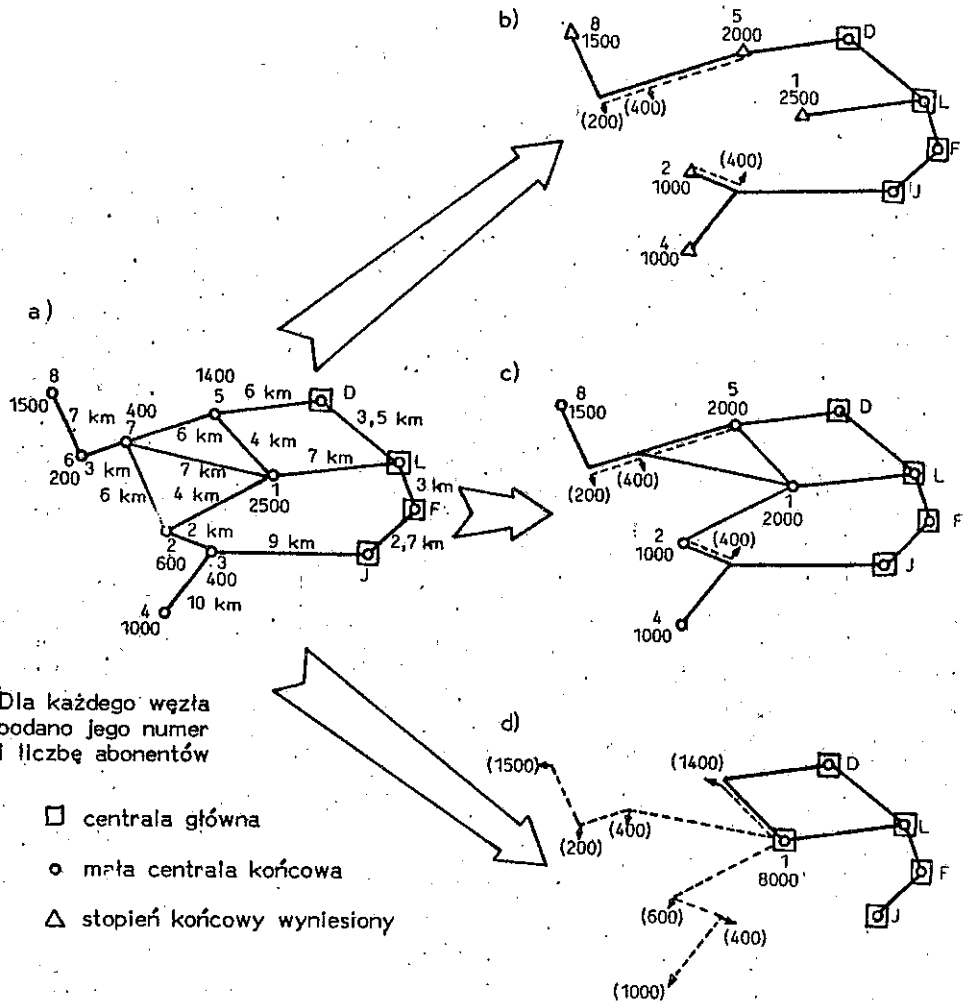
6.2.5. Konfiguracja sieci na peryferiach miasta

Należy rozważyć następujące możliwości rozbudowy sieci na peryferiach miasta:

- zastosowanie małych central dla każdego skupiska abonentów,
- zastosowanie wyniesionych stopni komutacyjnych dla mniejszych bądź średnich skupisk abonentów,
- zastosowanie multiplekserów abonenckich z modułami po 30 abonentów,
- zastosowanie multiplekserów abonenckich z 3 oddzielnymi modułami po 10 abonentów,
- zastosowanie systemów wielokrotnych bądź urządzeń zwiększających zasięg łącza abonenckiego,
- zastosowanie central na peryferiach miasta podporządkowanych centralom miejskim lub o tym samym hierarchicznym statusie co centrale w mieście,
- zastosowanie miejskiej centrali tranzytowej jako centrali macierzystej dla małych central na peryferiach miasta,
- poprawa niezawodności transmisji poprzez podział wiązek łączących i ich kierowanie niezależnymi drogami: dodatkową drogą kablową lub linią radiową.

Poprzez wybór odpowiedniego rozwiązania można zapewnić mniejszy lub większy stopień niezawodności kosztem mniejszych lub większych nakładów inwestycyjnych. Warianty rozwiązań obejmujące te kombinacje dla części peryferyjnych miasta graniczących ze strefą miejską podano na rys. 16. Na rysunku tym przypadek podstawowy stanowi (b); poza tym przedstawiono dwa inne warianty: (c) i (d).

Wpływ sieci peryferyjnej na sieć miejską zaznacza się przy określeniu liczby i lokalizacji komutacyjnych stopni wyniesionych względnie małych central miejscowych, co z kolei wpływa na zmianę liczby abonentów dołączonych do konkretnej centrali miejskiej. Jak zobaczymy dalej (rozdział 7), stopnie wyniesione nie zmieniają się w różnych rozpatrywanych wariantach rozwoju sieci; zmienia się jedynie sposób ich dołączania do macierzystej centrali.



Rys. 16. Warianty rozwiązania fragmentów sieci na peryferiach miasta

- a) rozkład abonentów (liczba abonentów w każdym węźle);
 b) wariant I (stopnie wyniesione bez dodatkowych środków poprawy niezawodności; c) wariant II (centrala końcowa z możliwością zamykania ruchu); d) wariant III (centrala miejscowa główna oraz systemy nośne i urządzenia do zwiększenia zasięgu łącza abonenckiego)

6.2.6. Konfiguracja sieci abonenckiej

Istnieją dwa warianty polegające na zastosowaniu na dużą skalę multiplekserów abonenckich lub reduktorów bądź też komutacyjnych stopni wyniesionych względnie samodzielnych central. Z punktu widzenia niezawodności korzystniejsze byłoby zastosowanie stopni wyniesionych (lub samodzielnych central), które byłyby zdolne do obsługi połączeń wewnętrznych.

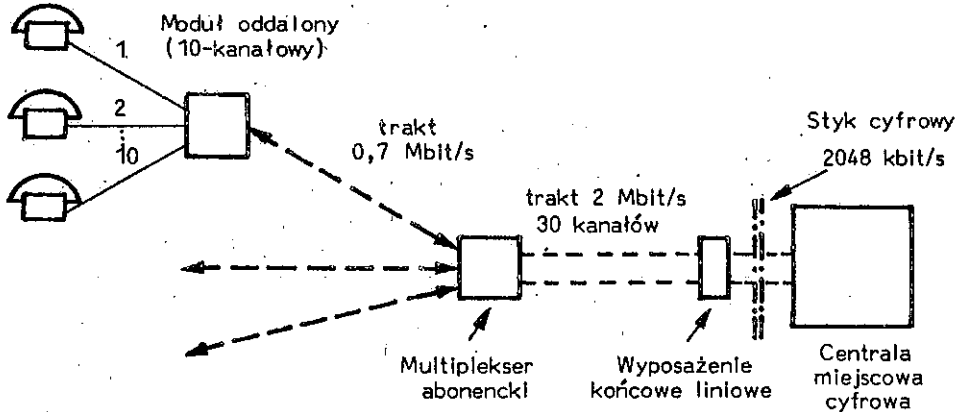
Przy opracowywaniu strategii należy mieć na uwadze następującą zasadę, wspólną dla wszystkich wymienionych urządzeń:

- powinny być stosowane te same (bądź kompatybilne) systemy komutacyjne co w centrali macierzystej, aby zapewnić abonentom pełny zestaw udogodnień;
- niektóre wyniesione stopnie komutacyjne i małe centrale telefoniczne mogą być wyposażone - obok funkcji podstawowych zapewnionych w wymaganiach na dowolny system komutacyjny - w dodatkowe możliwości funkcjonalne, takie jak: załatwianie ruchu wewnętrznego (co zapewnia zmniejszenie wiązki do centrali macierzystej), dołączenie większej liczby typów łączy abonenckich lub aparatów, kierowanie ruchu w warunkach awaryjnych (gdy przerwana jest droga do centrali macierzystej), zapewnienie dostępu do centrali macierzystej dla służb specjalnych, gdy przerwana jest odpowiednia linia itp.;
- stopnie wyniesione mogą być rozbudowywane i przekształcane w małe samodzielne centrale, gdy wzrasta obciążenie ruchowe;
- małe centrale i stopnie wyniesione mogą być lokalizowane w przewoźnych kontenerach, stając się faktycznie centralami przewoźnymi;
- zanim podejmie się decyzję o zastosowaniu na dużą skalę tego typu urządzeń komutacyjnych, należy zapewnić należyte przeszkolenie personelu w zakresie ich testowania i utrzymania;
- zastosowanie tego typu urządzeń poprzez zmniejszenie liczby central miejscowych, zwiększa efektywność wykorzystania systemów sterujących w tych centralach.

a) Abonenckie systemy cyfrowe (multipleksery abonenckie)

Systemy takie są stosowane, aby:

- zwiększyć przepustowość istniejących kabli (jeśli tylko są one dostatecznej jakości by wykorzystać je do transmisji PCM);
- zapewnić ekonomiczne przyłączenie do sieci odległych grup abonentów, jeśli są one małe i nie będą się zwiększać;
- zapewnić bezpośrednie połączenie z cyfrowym stopniem wyniesionym lub z centralą miejscową, umożliwiając w ten sposób dojście z transmisją PCM bliżej do abonenta;
- zapewnić dołączenie bardzo małej grupy abonentów (nie przekraczającej dziesięciu w perspektywie powiedzmy 10-letniej) przez zastosowanie modułów 10-abonentowych, w grupach po 3 moduły (por. rys. 17).



Rys. 17. Multipleksery abonenckie z rozbitiem na 3 moduły 10-kanałowe

Wariant ten zapewniła dużą elastyczność układową i efektywne wykorzystanie istniejących kanałów w obszarach o małej gęstości abonentów. (Uwaga: 10-kanałowy multipleksler nie jest jeszcze znormalizowany przez CCITT).

b) Wyniesione stopnie komutacyjne i koncentratory

Wyniesiony stopień komutacyjny jest rozumiany jako dowolne urządzenie komutacyjne, które koncentruje ruch na odcinku do centrali macierzystej. Koncentracja ruchu w połączeniu z zastosowaniem traktu PCM może zmniejszyć wymaganą liczbę par przewodów w stosunku 100:1.

W rozpatrywanej sieci bliskość dużego centrum handlowego oznacza możliwość bardzo intensywnego rozwoju w przeciągu 20 lat, przy czym we wszystkich punktach o znaczeniu handlowym zostaną umiejscowione stopnie wyniesione. W sieci docelowej abonentci na peryferiach miasta dołączeni do tych stopni powinni być wyposażeni w dodatkowe środki techniczne podnoszące niezawodność transmisji, tak aby w każdym momencie mieli zagwarantowane podstawowe usługi.

Z przykładu na rys. 16 wynika, że grupy abonentów oznaczone numerami od 1 do 8 mogą być stopniowo przyłączane do stopni wyniesionych, które z kolei są dołączone do central miejscowych zainstalowanych w D, L, F i J.

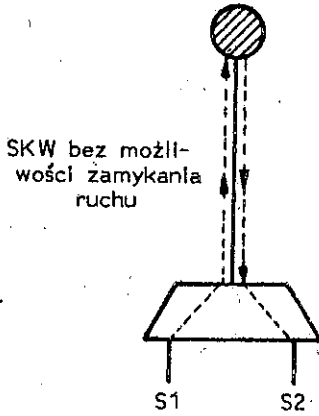
Wyboru centrali macierzystej dokonuje się, biorąc pod uwagę:

- kompatybilność między wyniesionym stopniem komutacyjnym i centralą macierzystą;
- współczynnik wypełnienia centrali dla każdego roku (co w niektórych przypadkach może prowadzić do konieczności zmiany granic obszarów obsługi);
- koszty transmisyjne (wykorzystanie kabli istniejących do transmisji PCM, możliwość ułożenia kabli itp.);
- możliwości budowy linii awaryjnych.

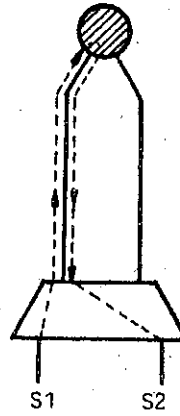
Znaczna elastyczność rozwiązań opartych na zastosowaniu stopni wyniesionych stanowi ułatwienie dla pracy planisty i powinna znaleźć pełne wykorzystanie w sieci docelowej.

Istnieją różne metody kierowania ruchu między stopniem wyniesionym i centralą macierzystą (por. rys. 18). Są one omówione poniżej.

Wariant 1
Kierowanie
pojedynczą trasą

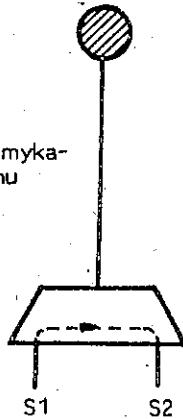


Wariant 2
Kierowanie
trasą podwójną

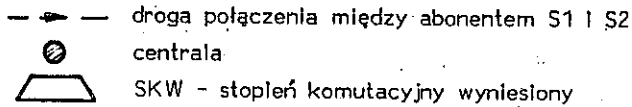
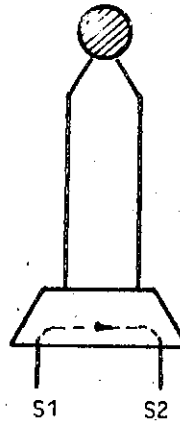


Wariant 3

SKW z zamyka-
niem ruchu



Wariant 4



Rys. 18. Kierowanie ruchu w stopniu komutacyjnym wyniesionym (SKW)

- * Wariant 1. Nie ma możliwości zamykania ruchu, jest jedna droga transmisyjna. Rozwiązanie - ze względów niezawodnościowych - jest możliwe tylko wtedy, gdy kabel jest prowadzony w kanalizacji kablowej, a więc tylko w mieście. Jest to rozwiązanie najtańsze, ale niekorzystne z punktu widzenia niezawodności, co wyklucza jego zastosowanie na obszarach wiejskich.
- * Wariant 2. Nie ma możliwości zamykania ruchu, są dwie drogi transmisyjne. Mamy dwa sposoby realizacji dwu dróg transmisyjnych:
 - stosowane są dwa kable, prowadzone dwiema różnymi drogami; w rozpatrywanym przypadku dwie różne drogi między wsią i miastem będą rzadkością;
 - stosowany jest jeden kabel wzdłuż drogi oraz linia radiowa; jest to rozwiązanie znacznie kosztowniejsze i realne tylko wówczas, gdy te dwie inwestycje są uzasadnione z innych względów (np. wzdłuż tej samej drogi przebiegają połączenia do innych wsi lub gdy względy niezawodności są szczególnie ważne).
- * Wariant 3. Możliwe jest zamykanie ruchu, jest jedna droga transmisyjna. Jest to rozwiązanie zalecane dla wszystkich wsi przy tworzeniu wyniesionego stopnia komutacyjnego.
- * Wariant 4. Jest możliwość zamykania ruchu, istnieją dwie drogi transmisyjne. Rozwiązanie to jest ulepszeniem wariantu (3).

c) Małe centrale autonomiczne

Przyjmuje się, że centrale tego typu mają pojemność do 1000 linii abonenckich, chociaż w praktyce mogą one znacznie przekroczyć tę wielkość. Są one autonomiczne, jeśli chodzi o dostępność wszystkich podstawowych usług, i mogą mieć możliwość rozróżnienia między dwoma lub większą liczbą kierunków. Dodatkowe udogodnienia są realizowane przez centralę macierzystą. W przypadkach bardzo szybkiego rozwoju sieci powinna być rozważona możliwość rozbudowy stopnia wyniesionego w centralę autonomiczną. Należy zauważyć, że rozróżnienie między większym i bardziej skomplikowanym stopniem wyniesionym a małą centralą autonomiczną jest raczej problematyczne.

Jeśli wymagania sieci docelowej uzasadniają zastosowanie w przyszłości większej centrali miejscowej, to należy od razu wybrać typ centrali o odpowiednio dużej pojemności, aby uniknąć poważniejszych zmian w pośrednich etapach rozbudowy sieci.

Mała centrala autonomiczna powinna mieć co najmniej jedną dodatkową wiązkę do innej centrali miejscowej. Jest to niezbędne ze względów niezawodnościowych, a także ewentualnie dla obsługi normalnego ruchu (aczkolwiek byłoby to zależne od wielkości ruchu i ekonomicznego uzasadnienia organizacji dróg dodatkowych). Względy niezawodnościowe mogą też wymusić tworzenie dalszych wiązek wykorzystywanych w przypadkach awaryjnych - do różnych central komutacyjnych, do stopni wyniesionych, a nawet do multiplekserów abonenckich.

Na ogół peryferie miasta charakteryzują się stosunkowo dużą gęstością zaludnienia i instalacja małych, całkowicie podporządkowanych central będzie prowadzić do zbyt małych obszarów obsługi. Ponadto w sieci docelowej wszystkie centrale miejscowe będą cyfrowe, tak więc preferowane będą z reguły wyniesione stopnie komutacyjne, a nie małe centrale.

d) Współzależność między sprzętem komutacyjnym a siecią abonencką

Instalacja cyfrowych układów styku linii abonenckich z siecią jest uzasadniona tylko wtedy, gdy układy te są dołączane do cyfrowej centrali macierzystej traktem cyfrowym. W innym przypadku można rozważyć zastosowanie reduktorów, ale jedynie jako rozwiązanie tymczasowe.

Ocenia się, że zastosowanie multiplekserów jest uzasadnione ekonomicznie dla odległości powyżej 6 do 8 km, chociaż inne względy, takie jak: niezawodność, konieczność zapewnienia dodatkowych usług i liczebność grupy abonentów, mogą przemawiać na korzyść wyniesionych stopni komutacyjnych.

Granice opłacalności stosowania multiplekserów lub wyniesionych stopni komutacyjnych są uwarunkowane względami ekonomicznymi i wymaganymi przez użytkowników udogodnieniami. Np. może się okazać, że gdy w sieci docelowej liczba abonentów w danej grupie będzie większa niż 90 do 100, to uzasadnione będzie zastosowanie

stopnia wyniesionego z możliwością zamykania ruchu. Biorąc pod uwagę średnią wartość stopy wzrostu liczby abonentów oznacza to, że w chwili obecnej (rok "0") grupa liczy około 10 abonentów, w związku z czym celowość instalacji w obecnej chwili stopnia wyniesionego jest problematyczna. Stopnie wyniesione i multipleksery powinny być zastosowane w pierwszym rzędzie dla zapewnienia obsługi nowo pojawiającym się grupom abonentów, a w drugiej kolejności dla zastąpienia central ręcznych (zwłaszcza najstarszych i największych).

Jeśli nie ma innych wskazań, to przy wymianie central ręcznych należy kierować się zasadą, że nowe urządzenie komutacyjne powinno mieć pojemność trzy razy większą niż stare. Należy też rozważyć możliwość "zlewania" obszarów centralowych, biorąc pod uwagę oszczędności ekonomiczne i ograniczenia transmisyjne.

Autonomiczna centrala miejscowa jest uzasadniona wtedy, jeśli jest ona przewidywana w sieci docelowej. Termin instalacji centrali powinien być dopasowany do harmonogramu instalacji sprzętu PCM, a więc powinien być uzależniony od przyjętej strategii cyfryzacji sieci. Typy i pojemności central powinny odpowiadać wymaganiom sieci docelowej.

Centrale miejscowe powinny być instalowane bądź rozbudowywane tak, aby miały 5-letnią rezerwę pojemności. Zapewnia to dostateczną elastyczność z uwagi na wahania potrzeb ruchowych, jednocześnie nie angażując nadmiernych środków finansowych i personelu planistycznego. Centrale typu "rotary" powinny mieć rezerwę pojemności na 10 lat, a multipleksery abonenckie - na 20 lat (z zastrzeżeniem, że każdy z tych typów może być wcześniej rozbudowany).

Graficzną metodę wyboru najwłaściwszej metody przyłączania grupy abonentów podano na rys. 19. Dwa główne czynniki decyzyjne to: liczba abonentów w grupie oraz odległość do najbliższej już zainstalowanej centrali głównej. Dla każdego z tych czynników przyjęto arbitralne wartości graniczne, przy czym przecięcie wiersza i kolumny najbliższych wartościom dla konkretnej sytuacji powinno wyznaczać rozwiązanie, które należy zastosować. Oczywiście ze wzrostem liczby abonentów należy się posuwać w górę

Liczba abonentów	Odległość od najbliższej centrali głównej							
	2 km	4 km	6 km	10 km	15 km	20 km	30 km	50 km
5 000	SN	SKW	CMG		CMG			
2 000	SN	SKW	SKW + N			CMK		
1 000	SN	SKW	SKW + N			CMK		
500	SN	SKW	SKW + N			CMK		
200	SN	SKW	SKW + N			CMK		
100	SN + EX	SKW	SKW + N	DSMS		CMK		
50	SN + EX		DSMS			CMK		
20	SN + EX		DSMS			CMK		

Ryś. 19. Wybór sposobu dołączenia abonentów do sieci

SN - system naturalny; SKW - system komutacyjny wyniesiony; SKW+N - system komutacyjny wyniesiony z zastosowaniem dodatkowych środków poprawy niezawodności; EX - urządzenie do zwiększenia zasięgu łącza abonenckiego; DSMS - MX - multiplekser abonencki; CMK - centrala miejscowa końcowa; CMG - centrala miejscowa główna

tablicy, zgodnie z regułami planowania dynamicznego. Rysunek ten jest pomyślany jedynie jako bardzo zgrubna wskazówka i w konkretnych rozstrzygnięciach należy wziąć pod uwagę także czynniki lokalne.

Choć może się wydawać, że małe centrale autonomiczne przeważają na rys. 19, to w rzeczywistości bardzo niewiele grup abonentów zostanie umiejscowionych w prawym górnym rogu rysunku, co odpowiada dużej grupie abonentów znajdującej się powyżej 20 km od miasta.

Podsumowując powyższe rozważania:

- multipleksery abonenckie nie będą miały dużego zastosowania na rozważanym obszarze, chyba że jako rozwiązanie tymczasowe lub w przypadku gdy grupa abonentów jest bardzo mała i rośnie w tempie dużo wolniejszym niż przeciętne; z grubsza rzecz biorąc, wariant ten byłby opłacalny dla grupy liczącej w stanie docelowym co najwyżej 90 abonentów, znajdującej się w odległości co najmniej 6 km od centrali głównej, a takie sytuacje są rzadkie;
- we wszystkich przypadkach, gdy wchodzi w grę oszczędność sprzętu transmisyjnego lub gdy grozi przekroczenie ograniczeń wynikających z planu transmisji, powinny być w zasadzie stosowane wyniesione stopnie komutacyjne;
- przed instalacją stopni wyniesionych należy zapewnić transmisję cyfrową w relacji do cyfrowej centrali macierzystej;
- priorytety instalowania wyniesionych stopni komutacyjnych są następujące:
 - w pierwszym rzędzie dla nowych grup abonentów,
 - następnie w celu zastąpienia starszych i większych central ręcznych,
 - po trzecie w celu zastąpienia nowszych i mniejszych central ręcznych,
- nowe autonomiczne centrale miejscowe należy instalować tylko wówczas, jeśli są przewidziane w sieci docelowej;

- jeśli nie ma innych wskazań, to centrale ręczne powinny być zastępowane centralami o pojemności co najmniej trzykrotnie większej;
- rezerwa pojemności powinna wystarczać na okres:
 - 5 lat dla central miejscowych,
 - 10 lat dla stópni wyniesionych,
 - 20 lat dla multiplekserów abonenckich.

6.2.7. Utrzymanie, jakość usług i eksploatacja

a) Utrzymanie sieci

Niezadowalająca jakość usług, jaka charakteryzuje istniejącą sieć, związana jest w znacznej mierze z procedurami utrzymaniowymi. Centrale elektromechaniczne są często bardzo stare, a ich utrzymanie - niewłaściwe. Istnieje też szczególnie pilny problem wynikający z braku koordynacji między instalatorami linii abonenckich i Administracją. Skutkiem tego jest niewłaściwe krosowanie i linie abonenckie są często w bardzo złym stanie. W tej sytuacji pilną sprawą jest ustalenie właściwych procedur utrzymaniowych, co miałyby dwie zalety:

- szybki wzrost abonentów i ruchu będzie skojarzony ze staranną dokumentacją, co stanowiłoby pomoc w planowaniu sieci;
- można byłoby w pełni wykorzystać udogodnienia i zalety jakościowe nowego sprzętu.

W sieci docelowej powinny istnieć:

- centrum utrzymania oprogramowania i sprzętu; w centrum takim stosowane byłyby automatyczne testy prewencyjne dla celów utrzymania central miejscowych, dostarczające informacji zwrotnych do ośrodka utrzymaniowego,
- ośrodek szkolenia personelu eksploatacyjnego,
- centrum rejestracji reklamacji i uszkodzeń.

Następny problem stwarza zróżnicowanie typów central. Wydaje się prawdopodobne, że w sieci docelowej będą stosowane różne systemy, które wymagać będą oddzielnych procedur utrzymaniowych.

Wg istniejącej opinii dla każdego typu central będą konieczne oddzielne ośrodki ich utrzymania, ale nie wiadomo jeszcze, czy te ośrodki będą scentralizowane, czy nie. Automatyczna diagnostyka błędów oprogramowania ma duże znaczenie i należy ją możliwie szybko wdrożyć chociaż, przynajmniej na początku, utrzymanie oprogramowania będzie leżało w gestii producenta. Celem ogólnym jest usuwanie uszkodzeń w centralach cyfrowych w dniu ich wystąpienia. Postulat ten powinien dotyczyć także linii abonenckich w miarę, gdy zaczną działać wyżej opisane środki.

Utrzymanie w stanie sprawności central analogowych staje się w miarę upływu czasu znacznie kosztowniejsze w porównaniu z centralami cyfrowymi. Angażują one znaczny potencjał wykształconego personelu. Już ten powód może faworyzować strategię możliwie wczesnej wymiany central analogowych na centrale cyfrowe.

b) Eksploatacja sieci i jakość usług

Rutynowe działania eksploatacji są obecnie ograniczone do rejestracji jakości usług poprzez kontrolę wywołań efektywnych i żmudną (nieautomatyzowaną) analizę wyników. Dla potrzeb "studium" dokonano serii pomiarów na stopniach abonenckich (por. rozdz. 4). Niedostateczny zakres pomiarów ruchu jest poważnym mankamentem, zarówno ze względu na badania jakości usług (GOS) jak i na prognozy ruchu.

Z rozdziału 3 wynika, że centrale są w większości przeciążone. Opóźnienia przed i po wybraniu numeru nie są znane. Natłok w sieci automatycznej niepotrzebnie zwiększa liczbę powtórnych wywołań i ruch obsługiwany ręcznie.

Dla przewyższenia tych trudności w sieci docelowej powinno się zapewnić:

- centrum eksploatacji sieci (ew. połączone z centrum utrzymanym);
- automatyczny alarm w stanie natłoku, wyzwalający automatyczne kierowanie ruchu drogami obejściowymi;
- zwiększenie frakcji wywołań obserwowanych (1% lub więcej);

- uruchomienie dynamicznego (działającego w czasie rzeczywistym) systemu zarządzania siecią, co się wiąże z oddzielną siecią sygnalizacji;
- szczegółowy rozdział wskaźnika jakości usług między różne fragmenty sieci.

Dla osiągnięcia tych celów sprawą pierwszoplanową jest sprawna obserwacja efektywności wywołań i wyposażenie wszystkich central w urządzenia do pomiaru ruchu. Jeśli chodzi o nowe centra-
le elektroniczne, powinno to być ujęte w wymaganiach, natomiast dla central elektromechanicznych powinno się rozważyć zastosowanie przenośnych analizatorów ruchu.

Nie rozważano jeszcze systemu zarządzania siecią w skali krajowej, ale taką możliwość należy mieć na uwadze przy formułowaniu wymagań na centrale.

c) Procedury zalecane

Wymagania sieci docelowej można spełnić tylko przy współpracy z producentem(ami) systemu komutacyjnego. Należałoby doprowadzić do zorganizowania w terminie do roku "3" przynajmniej próbnych centrów utrzymaniowych o mocno ograniczonym zakresie działania i doprowadzenie ich do stanu pełnej zdolności eksploatacyjnej do czasu, gdy połowa central będzie cyfrowych.

Sieć miejska powinna być obliczana na całkowity współczynnik strat 1%. W okresie przejściowym dopuszczalne będą straty 2%.

W chwili obecnej nie wiadomo, czy ruch na łączach międzycentralowych jest nadmierny czy też nie, podobnie jak nie można stwierdzić, ile łączy jest zajętych i jakie są rezerwy w sieci międzycentralowej. Należałoby uruchomić centrum eksploatacyjne do bieżącej obserwacji działania sieci wraz z omawianym wyżej centrum utrzymaniowym.

6.3. Układ sieci i kierowanie ruchu

6.3.1. Układ sieci

Obecna struktura sieci - układ wieloboku zupełnego w mieście i układ gwiazdy na peryferiach jest stosunkowo efektywna i bę-

dzie z reguły zachowana z wyjątkiem tych przypadków, gdy w grę wejdą względy niezawodnościowe, nowa lokalizacja względnie likwidacja central.

W obrębie miasta nowe centrale mogą z łatwością realizować kierowanie ruchu drogami kolejnego wyboru bez zmian struktury sieci teletransmisyjnej, korzystając z rezerw przepustowości wiązek i struktury typu wieloboku zupełnego, a także licząc na efektywność właściwą tego typu strategii. Natomiast na peryferiach miasta, gdzie urządzenia komutacyjne są dołączone do sieci długimi liniami teletransmisyjnymi jest prawdopodobne, że nowe "nałożone" linie radiowe mogłyby zapewnić wymagany poziom niezawodności i w niektórych przypadkach są one już przewidziane w planach Administracji. Rozbudowana sieć linii radiowych na peryferiach miasta mogłaby być również korzystna dla sieci miejskiej. Rozbudowa kablowej sieci teletransmisyjnej jest ograniczona warunkami geograficznymi (góry).

Stopniowe rozszerzanie obszarów obsługi na peryferiach miasta powoduje specyficzne problemy ze spełnieniem warunków transmisyjnych w sieci abonenckiej; z reguły korzystne będzie zastępowanie central ręcznych urządzeniami koncentracji: małe grupki abonentów mogłyby być obsługiwane przez multipleksery abonenckie; natomiast większe grupy przez stopnie wyniesione lub przez małe centrale. Umożliwi to utrzymanie istniejących reguł kierowania łączny w sieci teletransmisyjnej, zapewniając przy tym pewną elastyczność względem przyszłych potrzeb; potrzeby te jest trudno obecnie dokładnie przewidzieć, biorąc pod uwagę niedostatki istniejącej sieci.

6.3.2. Kierowanie i jakość załatwiania ruchu

a) Ruch międzynarodowy

Obecne ustalenia dotyczące kierowania ruchu są zadowalające i nie wymagają zmian. Wiazki od centrali międzymiastowej do międzynarodowej należy projektować z uwzględnieniem mniejszego współczynnika strat (np. 0,2%) niż to jest dla innych relacji. Jeśli planuje się również inne wiazki do centrali międzynarodowej, należy je projektować na taki sam (mały) współczynnik strat.

b) Ruch międzymiastowy

Wykorzystywanie centrali międzymiastowej końcowej w "A" do tranzytu ruchu międzymiastowego, jak to ma miejsce obecnie, jest niekorzystne z punktu widzenia zarówno strat ruchu, jak też niezawodności. Należy jak najszybciej zapewnić, aby inne nowe centrale cyfrowe miały podobne możliwości kierowania ruchu międzymiastowego. Projektowanie wiązek łączy to tych central powinno być oparte na macierzy ruchu. Aby uniknąć zbyt wielu zmian o charakterze przejściowym, należy zachować istniejący układ w centrali A aż do zastąpienia odpowiednich central elektromechanicznych centralami cyfrowymi. Jest to celowe z wyjątkiem sytuacji, gdy:

- termin instalacji centrali cyfrowej jest bardzo odległy lub gdy wymagane są jakieś dodatkowe połączenia z centralą A tak, że korzystniej jest kierować ruch do innej centrali cyfrowej;
- centrala w "A" jest tak przełączona, że konieczne jest uruchomienie wiązek do innych central cyfrowych.

c) Ruch tranzytowy

Wzrost liczby central cyfrowych może spowodować przekroczenie tranzytowych możliwości starych central w przeciągu 5 lat (por. pkt. 6.2.4); tym niemniej centrale cyfrowe można łatwo przystosować do funkcji tranzytowania ruchu (co nie zostało ujęte w kontraktach na pierwsze centrale). Przewiduje się w związku z tym, że koło roku "3" pojawią się trudności z numeracją i kierowaniem ruchu, a liczba zakończeń łączy w centralach elektromechanicznych nadmiernie wzrosła.

Wpływ każdej strategii na ruch tranzytowy powinien być starannie rozpatrzony z punktu widzenia projektowania wiązek.

d) Ruch lokalny

Wpływ strategii kierowania ruchu drogami kolejnego wyboru na obliczanie wiązek łączy należy zbadać w następujących przypadkach:

- gdy wiązka ostatniego wyboru poprzez centralę tranzytową (lub z wykorzystaniem urządzeń tranzytowych w zwykłej centrali) pracuje tylko w warunkach awaryjnych lub z ruchem przelewowym; należy ją wówczas projektować na mały współczynnik strat dla pewnej frakcji (np. 10%) normalnego poziomu ruchu w wiązce;
- jeśli wiązka kolejnego wyboru ma pracować również w normalnych warunkach, należy ją obliczać dla odpowiedniej wielkości ruchu na normalny współczynnik strat.

Zastosowanie multiplekserów abonenckich i stopni wyniesionych poprawi efektywność wykorzystania sieci miejscowej. W ten sposób zwiększy się również efektywność wykorzystania urządzeń sterujących w centrali macierzystej.

6.3.3. Zalecane procedury kierowania ruchu

Jak to już omówiono, podstawowe reguły kierowania ruchu nie ulegną zmianie. Przy zastosowaniu central cyfrowych znacznie łatwiejsze jest kierowanie na drogi obejściowe ruchu przelewowego z przeciążonych kierunków; prawdopodobnie będzie to możliwość dostępna w każdej strategii rozbudowy sieci, przynajmniej w obrębie sieci miejskiej. Inne aspekty kierowania drogami kolejnego wyboru będą zależały od konkretnej strategii. Gdy znaczne będą wielkości ruchu, należy zrewidować wielkości wiązek łączą, uwzględniając przede wszystkim kryteria ekonomiczne.

Wielkość wiązki uruchamianej w roku n powinna być oparta na wielkości ruchu w roku $n+3$. Taka zasada umożliwi minimalizację inwestycji zamrożonych przy jednoczesnym unikaniu ciągłych prac instalacyjnych.

Podsumowując powyższe rozważania należy przyjąć następujące zalecenia:

- należy zapewnić możliwość kierowania ruchu drogami obejściowymi dla wszystkich relacji, począwszy od stopni wyniesionych i central głównych;
- biorąc to pod uwagę, wszystkie relacje (począwszy od stopni wyniesionych lub central głównych) powinny mieć przepustowość efektywną odpowiadającą co najmniej dwóm traktom PCM;

- wszystkie wiązki analogowe powinny być projektowane na straty 0,5% przy użyciu tabel dla pełnej dostępności (z wyjątkiem kierunków do central międzynarodowych, które powinny być projektowane na 0,2%);
- jeśli drogi obejściowe mają dostateczną przepustowość, droga podstawowa może być projektowana na większe straty - np. 2% albo 5% - przy założeniu, że ruch przelewowy będzie miał minimalny wpływ na współczynnik strat drogi alternatywnej;
- wiązki powinny być projektowane na wielkość ruchu z 3-letnim zapasem.

6.4. Komutacja

Ten punkt dotyczy strategii planowania central ręcznych oraz dużych central elektromechanicznych i elektronicznych. Mniejsze centrale były przeanalizowane w pkt. 6.2.6.

6.4.1. Centrale ręczne

Centrale ręczne na peryferiach miasta, gdzie obsługują 50% linii abonenckich, są stopniowo zastępowane przez centrale cyfrowe bądź komutacyjne stopniowo wyniesione. Tym niemniej dla zaspokojenia potrzeb bieżących konieczna jest instalacja nowych central ręcznych, przy czym należałoby ograniczyć ich liczbę do dotychczasowych zamówień. Można zatem stwierdzić, że od roku "2" nowe centrale ręczne nie będą już zamawiane.

Przy wymianie central należy brać pod uwagę istnienie ukrytego (tj. nie zgłoszonego) zapotrzebowania na instalację aparatów telefonicznych. W tej sytuacji należy się kierować ogólną wskazówką, aby zapewnić sprzęt o pojemności trzykrotnie większej niż dotychczasowa. Nie przewiduje się ponownej instalacji demonstrowanego sprzętu komutacyjnego. Wymiana na sprzęt cyfrowy powinna mieć miejsce tylko wtedy, gdy będzie już istnieć cyfrowa centrala macierzysta.

6.4.2. Centrale analogowe

Należy przywiązywać dużą uwagę do szybkiej eliminacji ograniczeń kierowania ruchu właściwych istniejącym przestarzałym typom central. W zależności od strategii rozbudowy sieci może to wymagać wymiany central przed upływem ich ekonomicznego czasu eksploatacji. Pod tym kątem należy przeanalizować politykę wymiany sprzętu przyjętą przez Administrację (podaną w rozdz. 3).

Należy starannie zbadać celowość rozbudowy central elektromechanicznych. Dla uniknięcia kosztownych zmian wielokrotna w starych typach central, może w pewnych przypadkach okazać się korzystniejsze zmniejszenie liczby abonentów w starych centralach przez przyłączenie części abonentów do central cyfrowych; należy przy tym mieć na uwadze obszary obsługi sieci docelowej. Zwolnienie pewnych numerów w centralach może być też korzystne z uwagi na problemy z numeracją (por. pkt. 6.6).

Warto także rozpatrzyć wcześniejszy termin wymiany central analogowych z punktu widzenia kosztów eksploatacji. Może się okazać, że koszty utrzymania istniejących central analogowych (zwłaszcza starszych) w stanie sprawności będą wyższe niż wcześniejsze zastąpienie jej centralą cyfrową. Można to stwierdzić poprzez porównanie wartości zaktualizowanej kosztów rocznych^{*)} obydwu wariantów.

Konieczność szybszej wymiany central może też wynikać z oceny kosztów pomieszczeń. Stosunkowo wysoki składnik kosztów stałych (niezależnych od pojemności) centrali cyfrowej oznacza, że mała centrala cyfrowa jest tylko nieco tańsza niż duża. Tak więc, przy instalowaniu małej centrali cyfrowej w pozostałej wolnej przestrzeni w budynku, powinno się rozważyć wymianę całej istniejącej centrali analogowej na centralę cyfrową o odpowiedniej pojemności.

Liczba już zamówionego sprzętu analogowego jest stosunkowo mała - parę tysięcy numerów i tylko do rozbudowy istniejących central. Oznacza to bardzo mały zakres rozbudowy. Jeśli z jakichś wyżej podanych przyczyn wycofywana jest z użytku nowsza centrala

^{*)} Present Worth of Annual Charges, por. [1, r. 8].

analogowa, sprzęt ten może być ponownie wykorzystany. Tym niemniej taka operacja jest w praktyce z reguły nieopłacalna.

Kiedy wycofuje się z eksploatacji starą centralę elektryczną i tę samą powierzchnię zajmuje nowa centrala cyfrowa, strategia rozbudowy musi określić, w jaki sposób zapewnić nieprzerwane świadczenie usług telefonicznych w okresie przejściowym. W tym okresie pomocna mogłaby być miejska centrala tranzytowa. Przykładowo: w czasie gdy stara centrala będzie wycofywana z użytku, jej abonenci mogliby być czasowo przyłączeni do tej tranzytowej centrali cyfrowej, ewentualnie za pośrednictwem wyniesionego stopnia komutacyjnego.

Problem braku powierzchni w budynku centrali można rozwiązać przez umieszczenie w sieci abonenckiej stopni wyniesionych.

6.4.3. Centrale cyfrowe

Nowoczesne centrale cyfrowe charakteryzują się pojemnościami w przedziale od 30000 do 60000 numerów, przy tym ta górna granica może się jeszcze w przyszłości powiększyć (por. tabl. 23). Umożliwi to minimalizację liczby central i w ten sposób uproszczenie sieci miejscowej. Obszary obsługi central mogą zostać ustabilizowane.

Ważne jest sprecyzowanie wymagań na przyszłe centrale, mając na uwadze cele perspektywiczne. Przy zamawianiu central cyfrowych należy wyraźnie określić wymagania dotyczące przynajmniej: zasad zaliczania, automatycznego kierowania ruchu na drogi obejściowe, synchronizacji, komutacji danych, systemu sygnalizacji CCITT nr 7 itp. Muszą być także określone zasady postępowania dotyczące oprogramowania central, zarówno w fazie jego dostarczania jak i późniejszej eksploatacji.

Jeśli chodzi o strategię wprowadzania central cyfrowych, to istnieją tutaj dwie główne możliwości:

- zainstalowanie w stosunkowo krótkim okresie kilku central cyfrowych, z których każda będzie rozbudowywana raczej powoli i nie osiągnie swojej pełnej pojemności przed upływem roku "10";

→ zainstalowanie w danym czasie mniejszej liczby central, co spowoduje ich szybsze wypełnienie i brak numerów przed instalacją następnych central.

Aspekty sieciowe każdego z tych rozwiązań zostały już przedyskutowane, ale należy wziąć pod uwagę także inne czynniki, jak: koszty inwestycyjne, koszty eksploatacyjne oraz ograniczenia związane z brakiem wyszkolonej kadry technicznej, którą należy zatrudnić przy planowaniu, przygotowywaniu umów handlowych i instalacji central.

Ważne jest rozważenie całkowitych kosztów (wartości zaktualizowanej) danej strategii, gdyż koszty inwestycji z reguły przeważają za wolniejszą strategią wprowadzania central, gdy tymczasem koszty utrzymania są w tym przypadku znacznie wyższe.

6.4.4. Centrale przewoźne

Centrale tego typu mogą być wykorzystane jako rozwiązanie tymczasowe; tym niemniej nie przewiduje się ich wykorzystania na szerszą skalę z wyjątkiem sytuacji awaryjnych. Powinny one być tego samego typu co stopnie wyniesione, ale umieszczone w przewoźnym kontenerze.

6.5. Sygnalizacja

Plan sygnalizacji jest ściśle związany z planem komutacji, który określa wymagania sygnalizacyjne. Chodzi przede wszystkim o uniknięcie ograniczeń właściwych dla starych typów central (zgodnie z rozdz. 3), przy jednoczesnym pełnym wykorzystaniu możliwości systemu sygnalizacji nr 7. Jednolity typ sygnalizacji, który będzie osiągnięty w sieci docelowej, w dużym stopniu ułatwi spełnienie długofalowych celów Administracji.

Przy szybkim tempie cyfryzacji sieci korzystniejsze jest wprowadzanie miejskiej wersji systemu nr 7 między instalowanymi centralami ze sterowaniem programowanym. Pozwoli to na uniknięcie kosztownych i złożonych modyfikacji w przyszłości przy zmianie systemu przejściowego na system sygnalizacji nr 7. W chwili obecnej pomiędzy centralami cyfrowymi na terenie miasta stosowany

jest system R2, chociaż wiąże się to z ograniczeniem zakresu usług. Gdy system nr 7 będzie dostatecznie rozpowszechniony, możliwe będzie utworzenie wydzielonej sieci sygnalizacyjnej. Poprawi to niezawodność i pozwoli na wiele udogodnień i może się opłacić pomimo związanych z tym wydatków.

Jeśli chodzi o sygnalizację w sieci abonenckiej, to każda centrala cyfrowa może do współpracy z centralami analogowymi wykorzystać szeroki zakres systemów sygnalizacji. Przy łączeniu takiej centrali z inną centralą cyfrową można zastosować system nr 7. Daje to możliwości lepszego nadzoru i sterowania.

W przypadku stopni wyniesionych informacja przekazywana jest między stopniem wyniesionym i centralą macierzystą po łączu sygnalizacyjnym. Zwykle stopień wyniesiony jest traktowany jako oddalona część centrali macierzystej. Informacje przekazywane mają raczej charakter informacji sterujących właściwych dla systemu komutacyjnego aniżeli niezależnej od systemu "sygnalizacji międzycentralowej".

Podsumowując, wszystkie zamówione centrale muszą mieć możliwość współpracy z dowolną inną centralą przy zastosowaniu systemu nr 7, a dowolny sprzęt interfejsowy do współpracy z systemem R2 lub systemem sygnalizacji prądem stałym powinien być łatwy do likwidacji przy niewielkich kosztach dla Administracji. Udogodnienia oferowane przez system sygnalizacji nr 7 w zakresie zarządzania i utrzymania sieci powinny być wykorzystane w sieci docelowej, o ile nie wcześniej.

6.6. Transmisja

6.6.1. Systemy i środki transmisyjne

Przyjęto, że na wszystkich poziomach sieci docelowej, aż do najniższego węzła komutacyjnego, koncentratora, centrali abonenckiej lub multipleksera abonenckiego będzie stosowana transmisja cyfrowa (system PCM w wersji 30-kanalowej). Ponadto powinny być gotowe plany zapewnienia łączności cyfrowych zwykłym abonentom. Jest zatem oczywiste, że konieczne jest intensywne wprowadzanie do sieci systemów PCM nie tylko na głównych arteriach ruchowych,

lecz również na niższych poziomach sieci miejscowej i na drogach obejściowych.

Przejęcie z transmisji analogowej na cyfrową w konkretnej relacji jest kwestią opłacalności, przy czym należy uwzględnić takie czynniki, jak: liczba potrzebnych przetworników analogowo-cyfrowych, rodzaj i jakość kabla, a także odległość i typ terenu. Należy unikać zbyt sztywnego trzymania się zasad ogólnych podanych na rys. 19.

Rys. 15 unacznia, że pewne okoliczności sprzyjają natychmiastowemu wprowadzaniu PCM. Ważne jest jednak zapewnienie, aby:

- strategiczne plany rozwoju komutacji i transmisji były ze sobą skoordynowane;
- kable były należycie sprawdzone z punktu widzenia ich przydatności dla systemów PCM;
- instalacja wymaganych regeneratorów była możliwa.

Linie napowietrzne, stosowane głównie na peryferiach miasta, z reguły nie będą się nadawały do transmisji cyfrowej z powodu nadmiernych przeników przy wyższych częstotliwościach i innych czynników. Trzeba będzie je zastąpić kablami napowietrznymi lub, co byłoby korzystniejsze, kablami ziemnymi.

Przewiduje się, że za około 5 lat stanie się ekonomicznie uzasadnione stosowanie kabli światłowodowych; mają one tę przewagę, że nie będą wymagały regeneratorów do odległości rzędu 20 km lub nawet więcej. Linie radiowe mogą być opłacalne dla odległości powyżej 15 km [por. 5, rozdz. III.8].

6.6.2. Plan transmisji

Zgodnie z zaleceniami CCITT tłumienność odniesienia w łańcuchach telefonicznych sieci docelowej powinna mieścić się w granicach od 13 do 18 dB. Wymagania te należy mieć na uwadze przy rozbudowie sieci, w szczególności w planach wprowadzania nowych systemów transmisyjnych ew. uruchamiania nowych relacji.

W miarę upowszechniania techniki cyfrowej tłumienność łącza abonenckiego stanie się głównym składnikiem tłumienności dowolnego łańcucha połączeniowego, w związku z czym można będzie po-

większy obszar obsługi centrali. Dzięki zastosowaniu cyfrowych układów styku z siecią abonencką (koncentratorów wyniesionych lub cyfrowych systemów abonenckich) abonent może mieć taką samą odległość do tego układu jak poprzednio do centrali miejscowej. W badanym przypadku oznacza to znaczną elastyczność w określaniu dużych obszarów obsługi centrali.

Plan powinien zatem przydzielić każdemu łączu abonenckiemu tłumienność odniesienia (SRE)*) o minimalnej wartości 6 dB (aby zapobiec niestabilności). Należy zwrócić uwagę, że w strukturach przejściowych trzeba - dla zagwarantowania dostatecznej stabilności - zapewnić między przejściami jednotorowymi (jak w przyp. (b) i (c) na rys. 15) pewną wartość tłumienności (zwykle 3 dB); wartość tę należy odjąć od maksymalnej dopuszczalnej wartości tłumienności łącza abonenckiego, co oznacza ograniczenie długości tego łącza. Tym niemniej w stanach przejściowych plan nie musi być tak ściśle przestrzegany jak w stanie docelowym.

Konieczne jest stałe eliminowanie stosowania niewłaściwych aparatów telefonicznych, które mogą być źródłem nadmiernych szumów i tłumienia.

W ramach każdej strategii sprzęt do współpracy między siecią analogową i cyfrową należy dobrać mając na uwadze unikanie zbyt częstych zmian. Można tu przytoczyć reguły wymienione w pkt. 6.2 w odniesieniu do rys. 15.

Linie teletransmisyjne powinny przebiegać wzdłuż istniejących arterii komunikacyjnych z uwagi na łatwość dostępu do linii i jej utrzymania. Względy niezawodnościowe mogą przemawiać za dzieleniem wiązek łączy i prowadzenia ich różnymi trasami. Można tu wymienić następujące rozwiązania uszeregowane wg rosnącego poziomu niezawodności za cenę wzrostu kosztów realizacji:

- 1) Linie teletransmisyjne przebiegają wzdłuż różnych arterii komunikacyjnych, bez konieczności budowy nowych linii kablowych;

*) Sending Reference Equivalent - tłumienność odniesienia na nadawanie.

2) budowane są nowe linie kablowe prowadzone poza głównymi arteriami;

3) stosowane są linie radiowe.

Przy - jak należy oczekiwać - dużej liczbie wyniesionych stopni komutacyjnych nie powinno być problemów ze spełnieniem wymagań tłumiennościowych w sieci. Tym niemniej w każdej strategii rozbudowy należy sprawdzić z tego punktu widzenia najbardziej oddległego abonenta.

6.7. Numeracja

6.7.1. Możliwości ewolucji planu numeracji

Ewolucja planu numeracji jest uwarunkowana ograniczeniami istniejących central analogowych (por. rozdz. 3) i organizacją sieci na peryferiach miasta przyjętą w konkretnej strategii rozbudowy.

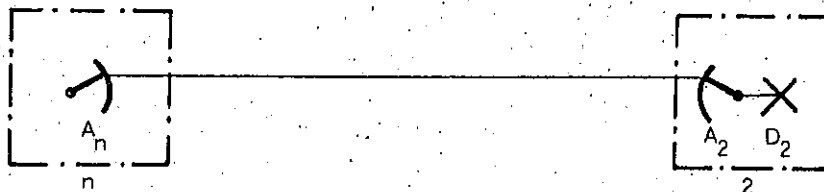
W okresie przejściowym, w miarę zastępowania central analogowych centralami cyfrowymi, wzrasta liczba dostępnych cyfr, co daje większe możliwości numeracji. Strategia rozbudowy sieci powinna zapewnić pełne wykorzystanie zwolnionych cyfr kierunkowych, tym samym umożliwiając szybko uruchomienie optymalnych kierunków na peryferiach miasta. Należy przy tym mieć na uwadze wymagania sieci docelowej, aby uniknąć zbędnych zmian o charakterze przejściowym, aczkolwiek elastyczność oprogramowania właściwa dla central cyfrowych może być znaczną pomocą, w miarę jak centrale te będą dostatecznie rozpowszechnione.

Poniżej sformułowano typowy problem numeracji pojawiający się przy wprowadzaniu centrali cyfrowej i omówiono warianty jego rozwiązania.

Problem: Budynek "n" zawiera centralę analogową A_n , natomiast budynek "2" zawiera zarówno centralę analogową A_2 , jak i centralę cyfrową D_2 . D_2 jest znacznie większa niż A_2 , mając 30000 abonentów przy 10000 w A_2 . Pytanie: Jak kierować połączenia z A_n do D_2 , która ma tę samą cyfrę początkową co A_2 , gdy A_n nie ma możliwości rozróżnienia kierunku po drugiej cyfrze?

Pierwsze rozwiązanie problemu numeracji (rys. 20)

W tym rozwiązaniu połączenie jest kierowane do budynku 2. Rozróżnienie po drugiej cyfrze następuje w obrębie A2; połączenia do A2 są kierowane z powrotem do A2 a do D2 kierowane są do D2.



Rys. 20. Pierwsze rozwiązanie problemu numeracji

Zalety rozwiązania 1:

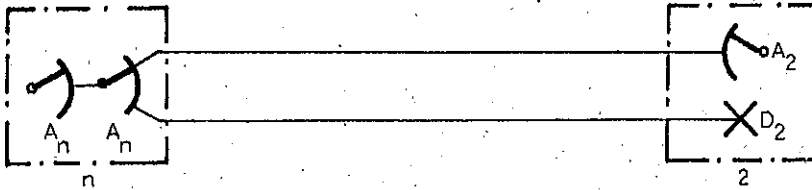
- nie ma potrzeby modyfikacji w A_n;
- nie ma potrzeby stosowania przetworników analogowo-cyfrowych w łączach międzycentralowych, o ile łącza te nie są w systemie PCM;
- modyfikacje w A_n nie będą znaczne ze wzrostem liczby central A_n.

Wady tego rozwiązania:

- niezbędne są modyfikacje w A₂ dla nowych kierunków;
- występuje dodatkowa centrala analogowa na drodze od A₁ do D₂;
- trzy czwarte połączeń realizowanych przez A₂ wymaga tranzytowania;
- konieczna jest rozbudowa centrali A₂, ponieważ będzie ona obsługiwać dwa do trzech razy więcej połączeń.

Drugie rozwiązanie problemu numeracji (rys. 21)

Polega ono na modyfikacji A_n dla zapewnienia w tej centrali możliwości rozróżnienia kierunku po drugiej cyfrze, przy czym ruch kierowany jest odrębnymi wiązkami odpowiednio do A₂ i D₂.



Rys. 21. Drugie rozwiązanie problemu numeracji

Zalety rozwiązania 2:

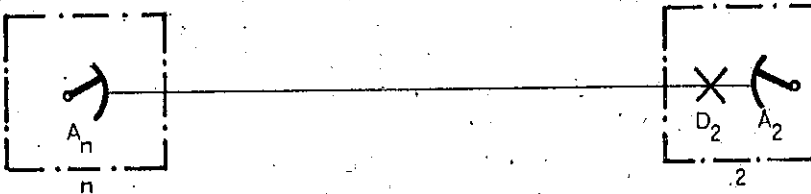
- nie są potrzebne nowe łącza $A_n - A_2$;
- nie ma modyfikacji w A_2 ;
- unika się dwukrotnej komutacji.

Wady tego rozwiązania:

- niezbędne są łącza $A_n - D_2$;
- konieczne jest przeprowadzenie znacznych modyfikacji w centralach A_n ;
- nieekonomiczne jest wykorzystanie wiązek międzycentralowych.

Trzecie rozwiązanie problemu numeracji (rys. 22)

Połączenie po pierwszej cyfrze kierowane jest do D_2 , gdzie następuje wydzielenie połączeń do A_2 .



Rys. 22. Trzecie rozwiązanie problemu numeracji

Zalety rozwiązania 3:

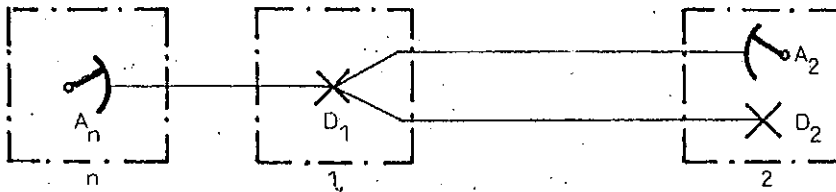
- nie ma potrzeby modyfikacji central A_n i A_2 ;
- dwukrotna komutacja jest realizowana tylko dla czwartej części połączeń (a ponadto poprzez centralę o małych stratach);
- łatwe jest wykorzystanie centrali D_2 do tranzytowania ruchu.

Wady tego rozwiązania:

- duża jest liczba przetworników pomiędzy centralami A_n - D_2 .

Czwarte rozwiązanie problemu numeracji (rys. 23)

Na podstawie pierwszej cyfry ruch kierowany jest do cyfrowej centrali tranzytowej w budynku 1, gdzie następuje rozróżnienie pomiędzy kierunkiem A_2 i D_2 .



Rys. 23. Czwarte rozwiązanie problemu numeracji

Zalety rozwiązania 4:

- nie ma potrzeby modyfikacji w centralach A_n i A_2 ;
- centrala D_1 może być ponadto wykorzystana w roli styku między siecią analogową i cyfrową;
- drogi między D_1 i centralami analogowymi powinny już istnieć.

Wady tego rozwiązania:

- niezbędne są przetworniki między D_1 oraz A_n i A_2 ;
- niezbędne są dodatkowe kable (kilometropary).

Zakładając, że nie ma miejskiej centrali tranzytowej, rozwiązanie drugie (rys. 21) będzie prawdopodobnie najkorzystniejsze, bez tego założenia atrakcyjniejsze jest rozwiązanie czwarte.

Należy pamiętać o tym, że omawiane problemy mają charakter przejściowy; znikną one z chwilą wyeliminowania z sieci ostatniej centrali analogowej. Przy powszechnym zastosowaniu central ze sterowaniem programowanym, możliwe jest wprowadzenie dowolnego planu numeracji. Tym niemniej poważniejsze zmiany nie są zbyt łatwe do wprowadzenia ze względu na zamieszanie, które przy tym powstaje (zarówno dla abonentów jak i personelu telekomunikacyjnego).

6.7.2. Abonenci i numeracja służb specjalnych

Głównym problemem jest brak aktualnej informacji powodujący dużą liczbę błędnych wywołań; środkiem zaradczym może być regularne wydawanie zaktualizowanych książek telefonicznych. Zasadniczą sprawą jest utrzymywanie poprawnych i często aktualizowanych spisów abonentów. Dla połączeń w obrębie centrali miejscowej wyplera się tylko numer abonenta. W łączności międzymiastowej wydaje się konieczne dodanie jeszcze jednej cyfry tak, że w sieci docelowej numery krajowe będą 10-cyfrowe włącznie z zerem (prefiks międzymiastowy). W rozpatrywanym przypadku, przy liczbie abonentów bliskiej miliona w perspektywie 20 lat, konieczne będą z pewnością 7-cyfrowe numery abonenckie; powinno to być realizowane w każdej nowej centrali cyfrowej, mając na uwadze plan dla sieci docelowej. Dla połączeń międzymiastowych należy utrzymać stosowanie "0", natomiast dla połączeń międzynarodowych - "00".

Numery dla służb specjalnych powinny być zmienione na 1XX w momencie, gdy sieć stanie się bardziej niezawodna (osiągnięta będzie poprawa w zakresie zakłóceń impulsowych).

Centrale z najpoważniejszymi ograniczeniami dotyczącymi numeracji powinny być eliminowane w pierwszej kolejności.

6.8. Taryfikacja

Plan taryfikacji zależy od elastyczności sterowania procesami komutacyjnymi i w związku z tym modyfikacje metod zaliczania muszą poczekać na stosowne urządzenia. Możliwe jest zaadaptowanie istniejących central analogowych do bardziej złożonych metod taryfikacji, ale jest to rozwiązanie bardzo drogie i na stosunkowo krótki okres przejściowy. Wyróżnia się 4 kategorie połączeń.

a) Połączenia międzymiastowe

Połączenia te są kierowane poprzez analogową centralę międzymiastową usytuowaną w budynku A; centrala ta jest bardzo przeciążona. Urządzenie do taryfikacji jest jedno w tym obszarze; urządzenia te będą ponadto występować w nowych centralach elektronicznych. Jeśli rozmowy międzymiastowe z central elektromechanicznych

mają być kierowane przez centralę inną niż A, to centrala ta powinna mieć również urządzenie do taryfikacji.

b) Połączenia średniodystansowe

Chodzi o połączenia skierowane na peryferie miasta. Taryfikowanie rozmów uzależnione od czasu trwania połączenia wymaga odpowiednich urządzeń w centrali uczestniczącej w połączeniu, czy będzie to centrala w budynku "A", czy wyspecjalizowana centrala tranzytowa, czy też centrala miejscowa. Wraz z rozpowszechnieniem central miejscowych (ze sterowaniem programowanym funkcja taryfikacji będzie przejęta przez te centrale. Umożliwi to odciążenie centrali w A, która jest przeciążona. Administracja przewiduje możliwość oddzielnej taryfikacji tego typu połączeń w okresie przejściowym.

c) Połączenia miejscowe

W chwili obecnej nie przewiduje się taryfikacji tych rozmów w systemie uzależnionym od czasu trwania. Tym niemniej taka ewentualność jest łatwa do realizacji w centralach cyfrowych i powinna być uwzględniona przy specyfikacji nowych central, aby nie blokować przyszłych zmian.

Taryfikacja w zależności od kierunku może być wprowadzona tylko po eliminacji miejscowych central analogowych, tak więc ewolucja planu taryfikacji zależeć będzie od szybkości wprowadzania central cyfrowych. Każda centrala cyfrowa powinna mieć odpowiednie urządzenie taryfikacyjne i mieć możliwość rejestracji informacji dotyczącej opłat na taśmie magnetycznej. System ten powinien być zastosowany w nowych centralach tuż po ich instalacji dla odciążenia centrali w A.

6.9. Synchronizacja

Plan synchronizacji ma na razie charakter elementarny. Ponieważ jednak przewiduje się, przynajmniej w teorii, także usługi jak szybka transmisja danych, należy przy zamawianiu central uwzględnić możliwość współpracy synchronicznej.

Najbardziej logiczną opcją dla miasta jest zależność master-slave, przy czym rolę centrali nadrzędnej pełnić będzie centrala międzymiastowa, kolejny stopień hierarchiczny centrali podrzędnej przypadnie centralom tranzytowym, a jeszcze niższy - centralom miejscowym. Szczegóły zależęć będą od strategii rozbudowy sieci.

Problem synchronizacji dwu istniejących central cyfrowych powinien być rozwiązany możliwie jak najszybciej na drodze negocjacji z ich producentami. W sieci docelowej zatem należy zapewnić system "master-slave" z centralą nadrzędną zlokalizowaną w A lub I w zależności od konkretnej strategii.

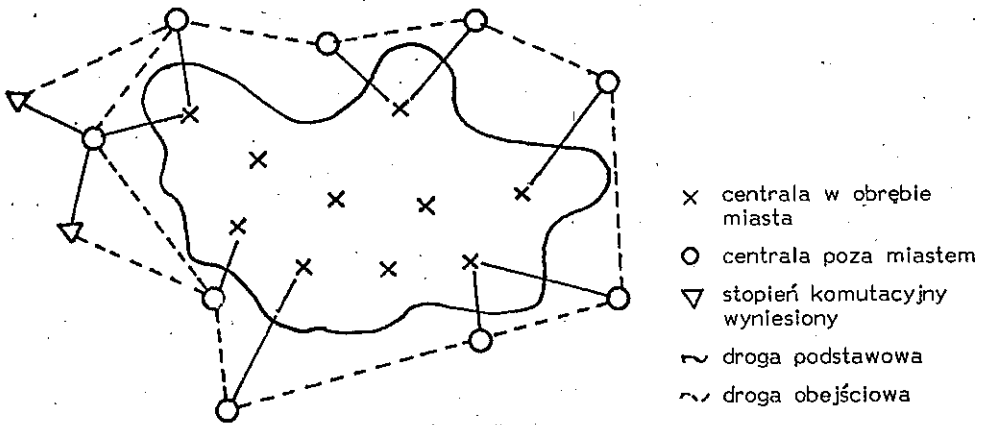
6.10. Dostępność i niezawodność

Administracja przywiązuje dużą wagę do dostępności i niezawodności usług. Z wyjątkiem nowych central cyfrowych nie istnieją możliwości kierowania ruchu drogami obejściowymi, chociaż sprzyjałaby temu bogata konfiguracja sieci w obrębie miasta. Możliwości takie są niezbędne z uwagi na przypadki awarii w różnych fragmentach sieci. Tym niemniej wraz ze wzrostem liczby central cyfrowych, coraz bardziej opłacalne staje się kierowanie ruchu w warunkach awaryjnych drogami obejściowymi. Możliwości kierowania na drogi obejściowe powinny być maksymalnie wykorzystane również przy pracy bezawaryjnej, dla uniknięcia natłoku. Na peryferiach miast możliwość ta zależy nie tylko od typu centrali miejscowej lub stopnia wyniesionego, lecz także od dostępności dróg obejściowych. Bardzo interesująca jest tutaj koncepcja sieci pętlowej okalającej miasto, łączącej wszystkie centrale miejscowe (rys. 24).

Optymalne byłoby, aby wszystkie stopnie wyniesione też miały dodatkowe łącza do pobliskiej centrali nie będącej centralą macierzystą.

Bardzo interesującym rozwiązaniem alternatywnym byłaby instalacja sieci linii radiowych jako sieci nakładanej, począwszy od stopni wyniesionych. Należałoby starannie zaprojektować lokalizację wież ze względu na górzystość terenu, ale dodatkową zaletą byłaby poprawa niezawodności w łączności między centralami miej-

scowymi zlokalizowanymi w mieście. Byłoby to rozwiązanie o wysokich kosztach uzasadnionych jednak przez wysoki poziom niezawodności i możliwość rozładowania natłoku (tzn. zastosowanie linii radiowych do rozładowania szczytów ruchu w bezawaryjnych warunkach pracy). Wykorzystanie innych central cyfrowych do obsługi ruchu międzymiastowego również poprawiłoby dostępność i niezawodność sieci.



Rys. 24. Sieć pętlowa dla poprawy niezawodności

Zapewnienie niezawodności wymaga poważnych inwestycji i warto rozważyć stosunkowo złożone metody. Zastosowanie linii radiowych i kierowanie ruchu drogami kolejnego wyboru powinno zapewnić co najmniej dwie drogi pomiędzy każdą parą węzłów.

Następną możliwością byłoby wyróżnienie pewnych abonentów jako uprzywilejowanych, tzn. tych, którym zapewnia się usługi nawet w warunkach awaryjnych (inni abonenci byliby w takich sytuacjach pozbawieni usług). Przykładowo mogłyby to być służby alarmowe, dostęp do sieci publicznej dla wojska i rządu, aparaty wrzutowe (umożliwiające minimalny poziom dostępu publicznego), przedsiębiorstwa kluczowe itp. Usługi te mogłyby być realizowane automatycznie lub ręcznie (w którym to przypadku konieczne byłyby specjalne uprawnienia).

7. STRATEGICZNE BADANIA STRUKTURY SIECI

7.1. Prezentacja i ogólna charakterystyka czterech wybranych wariantów strategicznych

Do badań porównawczych wybrano cztery strategiczne warianty rozbudowy sieci, różniące się między sobą przede wszystkim liczbą, lokalizacją i pojemnością central głównych w sieci docelowej, tj. w perspektywie roku "20".

Wariant 1 przewiduje 15 central głównych, z których połowa ma docelowo pojemność 60000 numerów, przy średniej pojemności centrali 45000 numerów.

Wariant 2 jest modyfikacją wariantu 1. Przy identycznej strukturze sieci docelowej, warianty te różnią się założeniem stosowania w okresie rozbudowy sieci stopni wyniesionych w obręb miasta, co w paru przypadkach daje możliwość przesunięcia na późniejszy termin dużych nakładów inwestycyjnych na centrale główne.

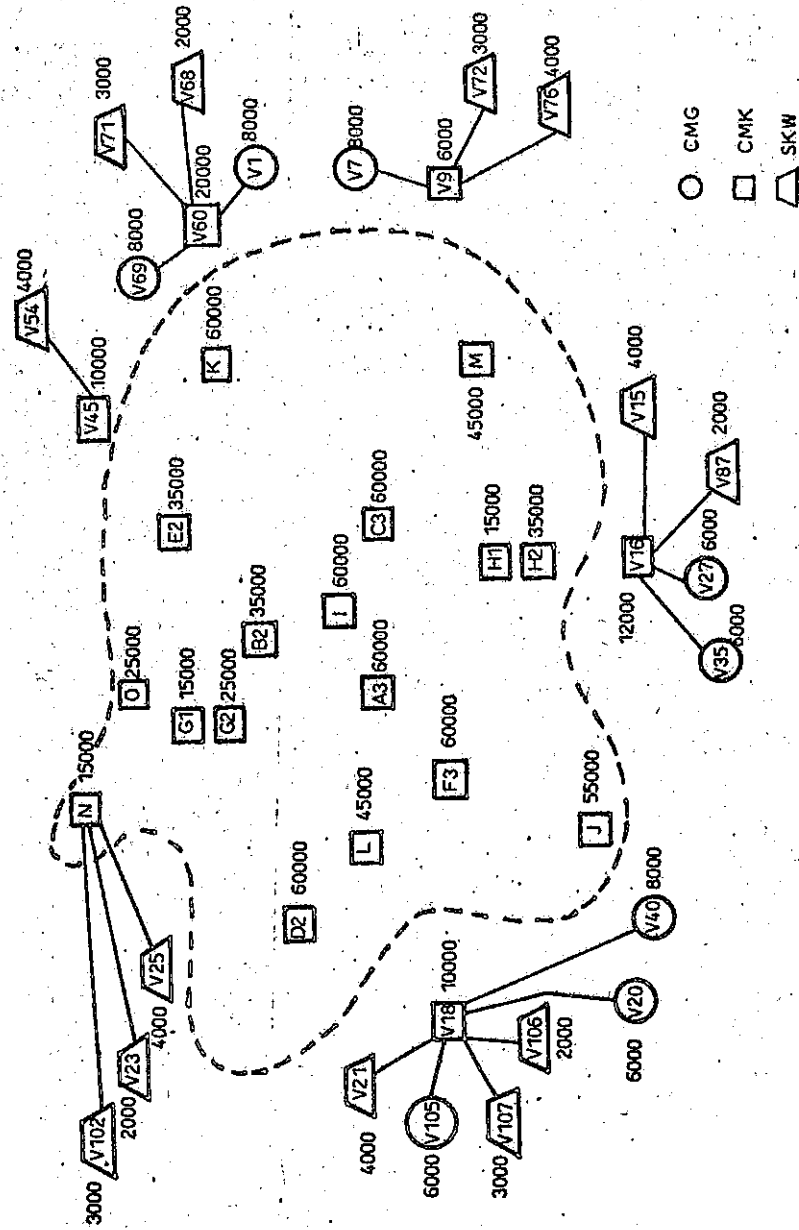
Wariant 3 przewiduje 11 central głównych o minimalnej pojemności 60000 numerów, przy średniej ogólnej 64000 numerów.

Wariant 4 charakteryzuje 18 central głównych o średniej pojemności 40000 numerów, przy czym tylko dwie centrale mają maksymalną pojemność 60000 numerów.

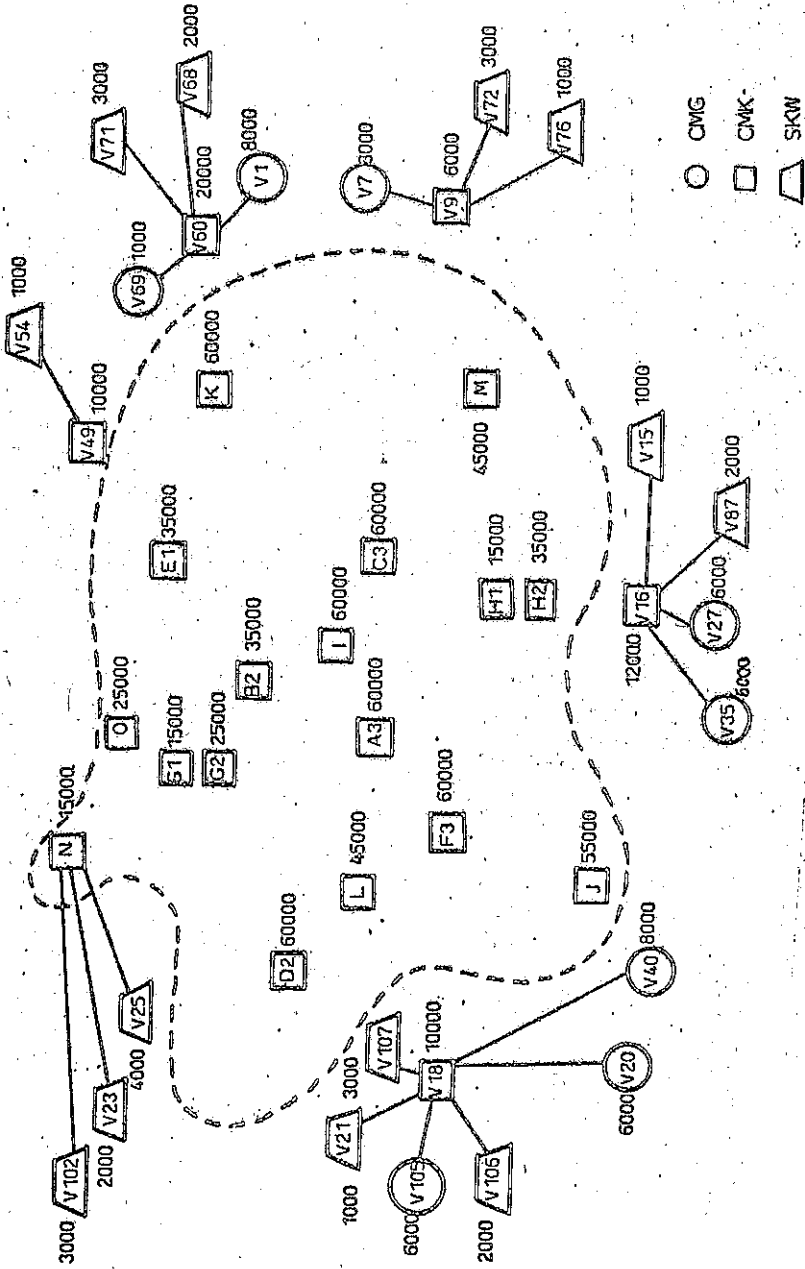
Schematyczne rysunki struktury sieci w roku "20" odpowiadające wymienionym wariantom podano na rys. 25 ÷ 28.

Przyjęta strategia cyfryzacji sieci jest pragmatyczna, bliższa koncepcji sieci wyspowej niż nakładanej, tzn. centrale analogowe są kolejno zastępowane centralami cyfrowymi.

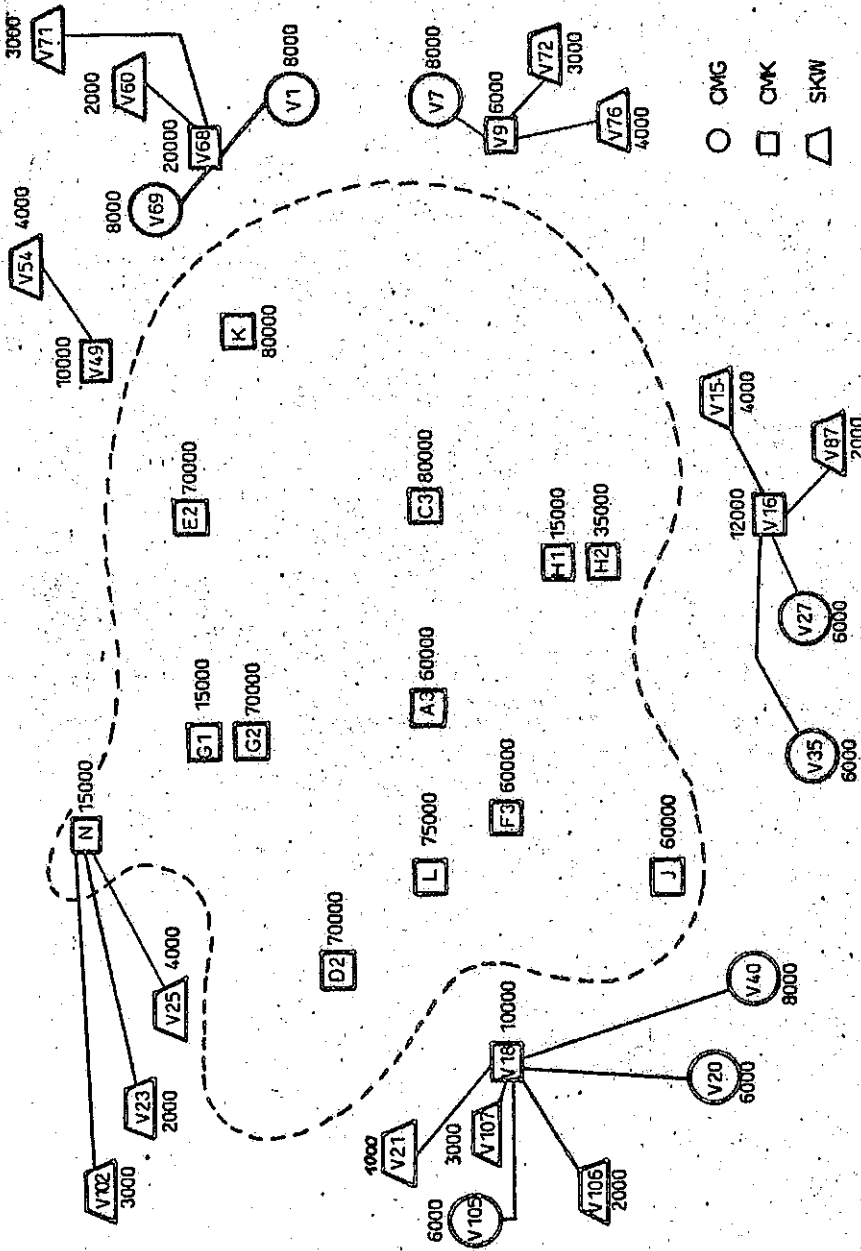
Poza wariantem 2, w pozostałych rozwiązaniach z reguły nie przewiduje się stosowania stopni wyniesionych w obręb sieci miejskiej. Do wyjątków należą: centrala w N, planowana na okres najbliższych 5 lat jako stopień wyniesiony z centralą macierzystą w G1 oraz centrale F3 i G2, które przez najbliższe 2 lub 3 lata mogą być stopniami wyniesionymi podporządkowanymi centrali L.



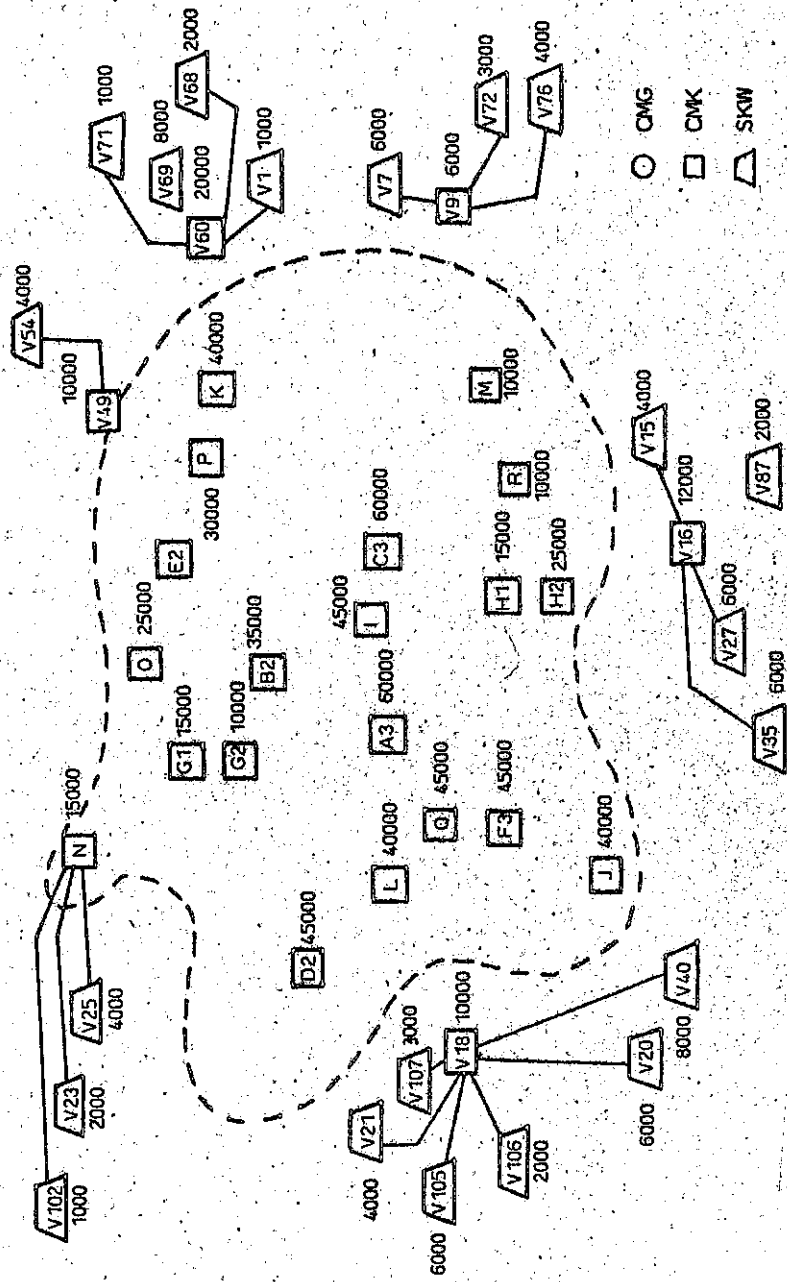
Rys. 25. Sieć w roku "20" wg wariantu 1



Rys. 26. Sieć w roku "20" wg wariantu 2



Rys. 27. Sieć w roku "20" wg wariantu 3



Rys. 28. Sieć w roku "20" wg wariantu 4

We wszystkich rozwiązaniach przyporządkowanie stopni wyniesionych na peryferiach miasta określa się, wybierając w tym celu najbliższą centralę główną o dostatecznej pojemności. Możliwe są drobne odstępstwa od tego założenia, uwarunkowane np. układem istniejących dróg komunikacyjnych.

Przyjęto ogólną zasadę minimalizacji prac przy instalacji sprzętu komutacyjnego i transmisyjnego, unikając sytuacji, gdy wcześniej zainstalowany sprzęt byłby np. po roku likwidowany. W szczególności unika się przejściowych modyfikacji obszarów obsługi, które wiązałyby się z dodatkowymi kosztami zmiany numerów i ewentualnym pogorszeniem jakości usługowej oraz pociągają za sobą znaczną liczbę prac instalacyjnych w sieci abonenckiej.

Badania wstępne wykazały, że centrala tranzytowa (tranzytująca ruch w sieci miejskiej) nie ma uzasadnienia ekonomicznego. We wszystkich wariantach ruch między centralami głównymi jest kierowany z reguły bezpośrednimi wiązkami łączy. Względy niezawodnościowe mogą uzasadniać przelew ruchu na drogi obejściowe, zagadnienie to nie zostało jednak rozpatrzone w kategoriach ilościowych.

Sprzęt transmisyjny zależy od typu centrali i odległości między budynkami. W niniejszym studium rozpatruje się tylko naturalne systemy transmisyjne i transmisję PCM. Przewiduje się możliwość transmisji na liniach radiowych, ale możliwość tej nie uwzględniono w obliczeniach.

Dla każdego wariantu strategicznego podano przybliżone porównanie między dwiema wersjami wprowadzania cyfrowych systemów transmisyjnych. Są one określone następująco.

Wersja 1 (bardziej zachowawcza)

- 1) O wyborze systemu transmisyjnego między centralą cyfrową (D) i analogową (A) decydują względy ekonomiczne.
- 2) Transmisja między centralami analogowymi jest analogowa.

A zatem:

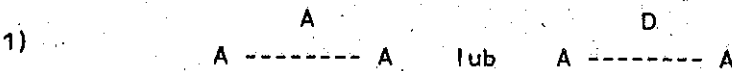
- A
- 1) A ----- A



Wersja 2 (faworyzująca szybsze wprowadzania systemów cyfrowych)

- 1) Jeżeli jedna z central w danej relacji jest cyfrowa, to system transmisyjny też jest cyfrowy (oznacza to, że przy wprowadzaniu centrali cyfrowej jednocześnie wprowadzane są cyfrowe systemy transmisyjne we wszystkich relacjach zakończonych w tej centrali).
- 2) W relacjach między centralami analogowymi może być w niektórych przypadkach stosowany system cyfrowy, np. gdy obie centrale są bliskie wypełnienia i mają być wkrótce wymienione na centrale cyfrowe lub gdy odległość między centralami przemawia na korzyść systemu cyfrowego.

A zatem:



Należy zwrócić uwagę, że głównym czynnikiem różnicującym te dwie wersje cyfryzacji jest liczba przetworników analogowo-cyfrowych niezbędnych przy przebudowie sieci.

7.2. Prezentacja wyników otrzymanych dla wybranego wariantu strategicznego

Obliczenia kosztów dla każdego wariantu strategicznego przeprowadzono jako badania statyczne w rocznych odstępach czasowych w okresie od roku "0" do roku "10" oraz dla roku "20". Kolejność obliczeń dla każdego wariantu jest następująca:

- 1) Wyznaczenie obszarów obsługi i pojemności dla każdej z central - w każdym z rozpatrywanych przedziałów czasowych. Jednostki centralowe są projektowane według realnych możliwości rozwojowych odpowiadających planom lokalnym i krajowym, a nie według istniejących potrzeb, które znacznie przekraczają te możliwości (por. rozdz. 2).
- 1) Obliczenie macierzy ruchu.
- 3) Zaprojektowanie wielkości wiązek łączy. Jako kryterium dla wiązek między centralami głównymi przyjęto zajętość łączy (por. rys. 13). W każdym przypadku otrzymano liczbę łączy i liczbę przetworników analogowo-cyfrowych między każdą parą central. Natomiast wiązki między stopniami wyniesionymi i centralami głównymi były obliczane na podstawie liczby abonentów dołączonych do stopni wyniesionych i oferowanego ruchu.
- 4) Kierowanie wiązek w sieci teletransmisyjnej i wybór systemu transmisyjnego.
- 5) Obliczenie kosztów, z podziałem na koszty sprzętu komutacyjnego, sprzętu transmisyjnego (dwie wersje tempa wprowadzania systemów transmisyjnych), sieci abonenckiej oraz koszty budynków i zasilania.

Wyniki szczegółowych obliczeń, podane na przykładzie jednego wybranego wariantu, a mianowicie wariantu 1 (z 15 centralami głównymi) obejmują:

- Pojemność central głównych (z podziałem na abonentów lokalnych i oddalonych) dla każdego roku - por. tabl. 39. Lokalizacja central w kolejnych latach jest przedstawiona na rys. 29 ÷ 40,

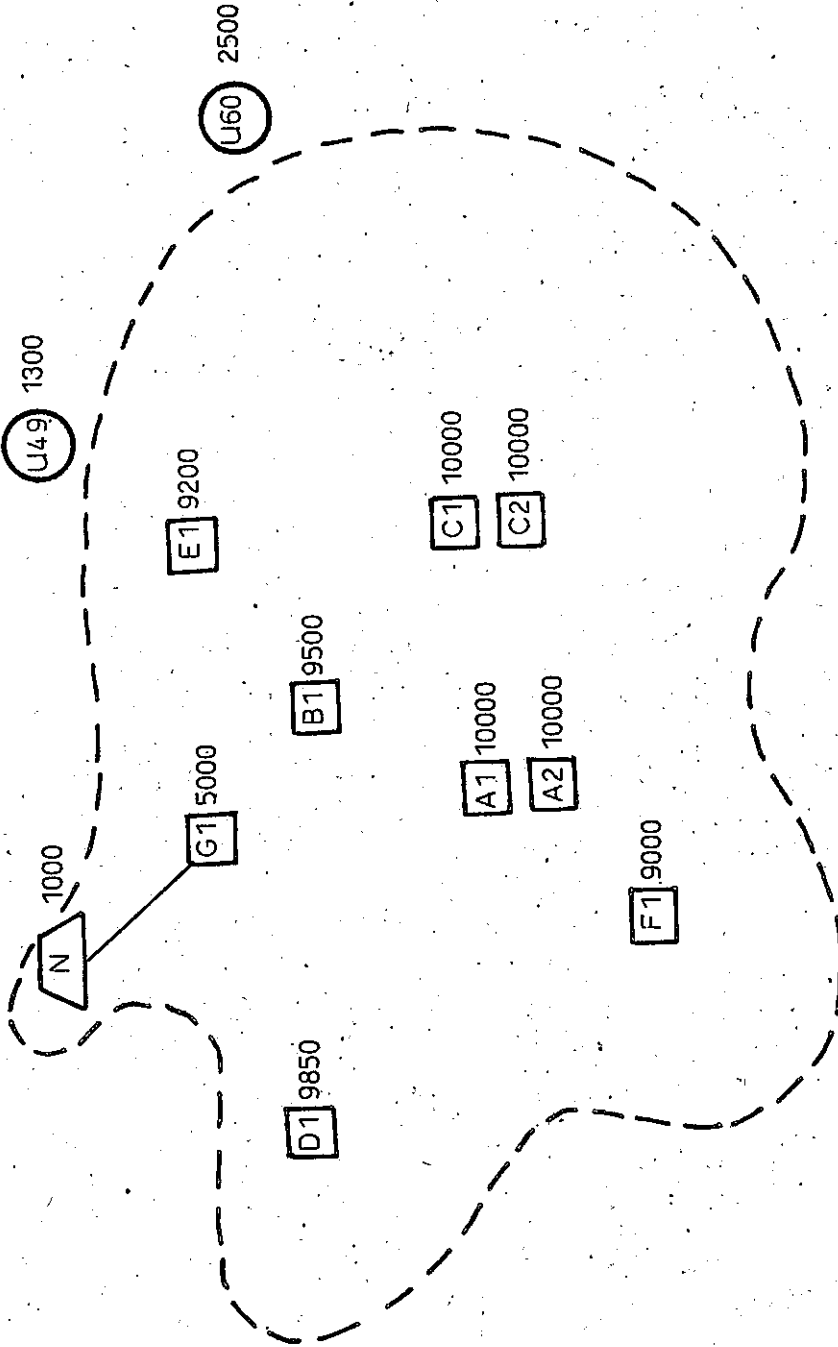
przy czym rys. 29 dotyczy sieci istniejącej w roku "0", a rys. 30 - sieci w roku "1" (wspólnej dla wszystkich wariantów). Ewolucja obszarów obsługi central w całym rozpatrywanym okresie jest pokazana na rys. 41 ÷ 48.

- Pojemność i przyporządkowanie wyniesionych stopni komutacyjnych do central macierzystych na peryferiach miasta i w obszarze miejskim (tabl. 40). Przyporządkowanie to jest również uwidocznione na schematach (rys. 29 ÷ 40 oraz 41 ÷ 48). Zakłada się przy tym, że wszystkie zainstalowane łącza są czynne. Prefiks U na tych rysunkach oznacza centralę elektromechaniczną, natomiast V - centralę elektroniczną.

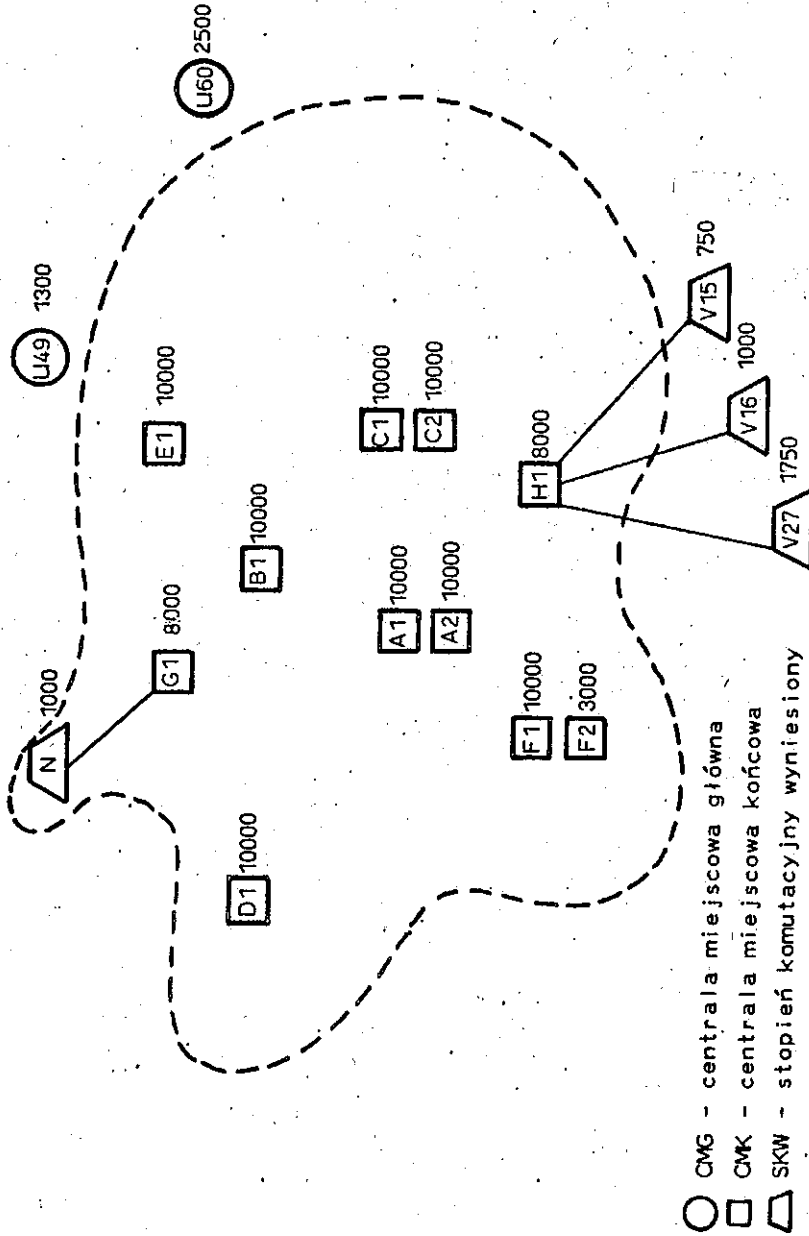
W tabl. 41 przedstawiono stopień zaspokojenia zapotrzebowania na łącza abonenckie.

Kolejna seria tabel przedstawia wyniki obliczeń kosztowych. I tak:

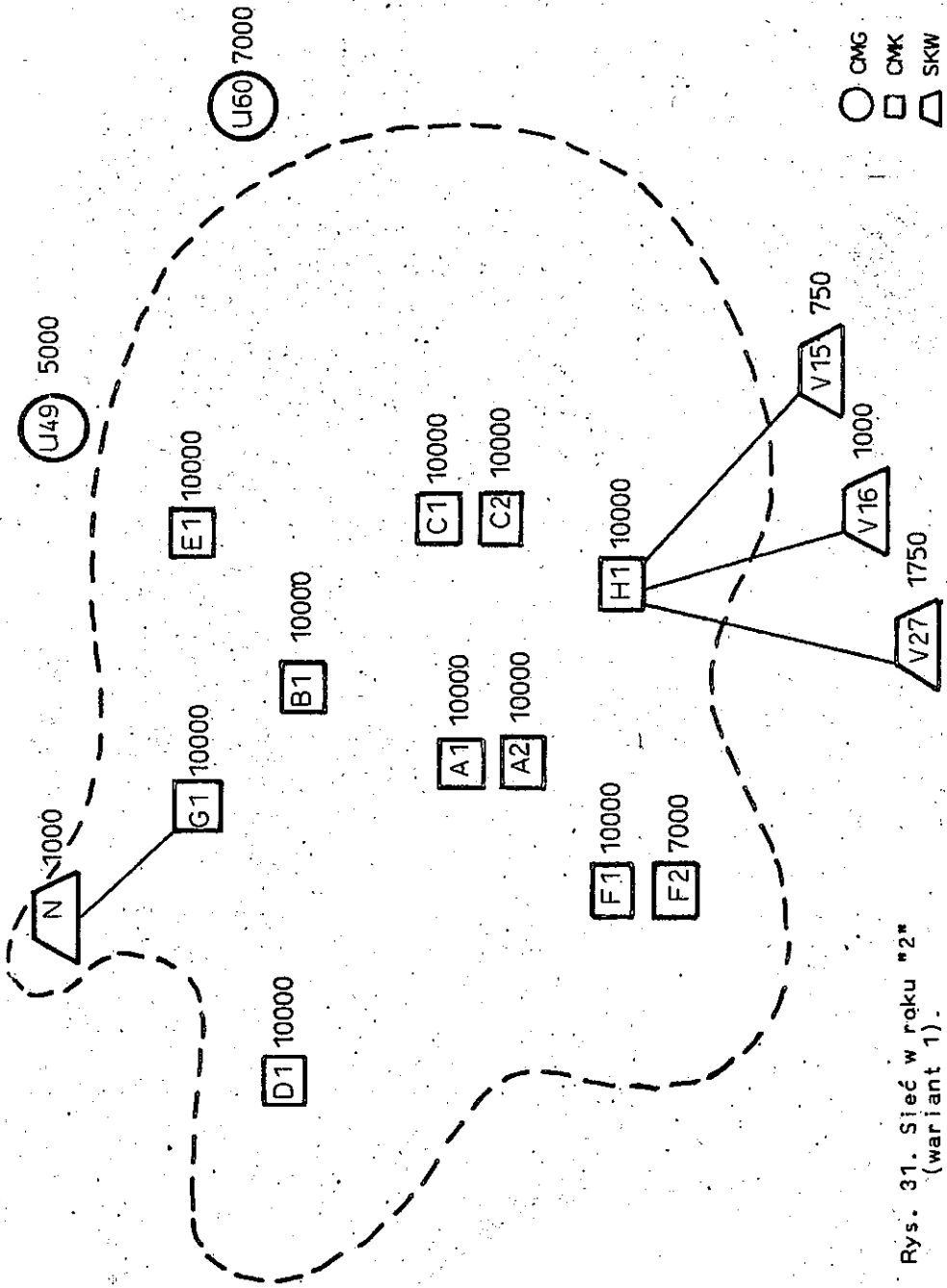
- koszty komutacji podano w tabl. 42 i 43, przy czym część tabl. 42 dotyczy central głównych, a tabl. 43 - stopni wyniesionych;
- koszty transmisji ujęto w tabl. 44 i 45; tabl. 44 dotyczy transmisji międzycentralowej, przy czym uwzględniono dwie omówione w pkt. 7.1 wersje wprowadzania systemów cyfrowych (wersję 1, bardziej zachowawczą i wersję 2, przyspieszoną); na rys. 49 pokazano graficzną ilustrację porównania kosztów tych wersji; w tabl. 45 podano koszty transmisji w relacji między stopniami wyniesionymi a centralami głównymi;
- koszty sieci abonenckiej zebrano w tabl. 46;
- i wreszcie koszty budynków i zasilania energetycznego ujęto w tabl. 47; ponieważ sprzęt cyfrowy był czasem instalowany na powierzchni uzyskanej po usunięciu sprzętu analogowego, decyzyja instalacji nowej centrali nie zawsze pokrywa się z decyzją wzniesienia nowego budynku; w związku z tym w tabl. 47 wyszczególniono centrale wymagające nowych budynków; wartości liczbowe dla powierzchni i zróżnicowanych kosztów terenu i zasilania uzyskano na podstawie pkt. 6.4.; trendy kosztów i koszty roczne (eksploatacyjne) są zgodne z pkt. 6.5 i 6.6.



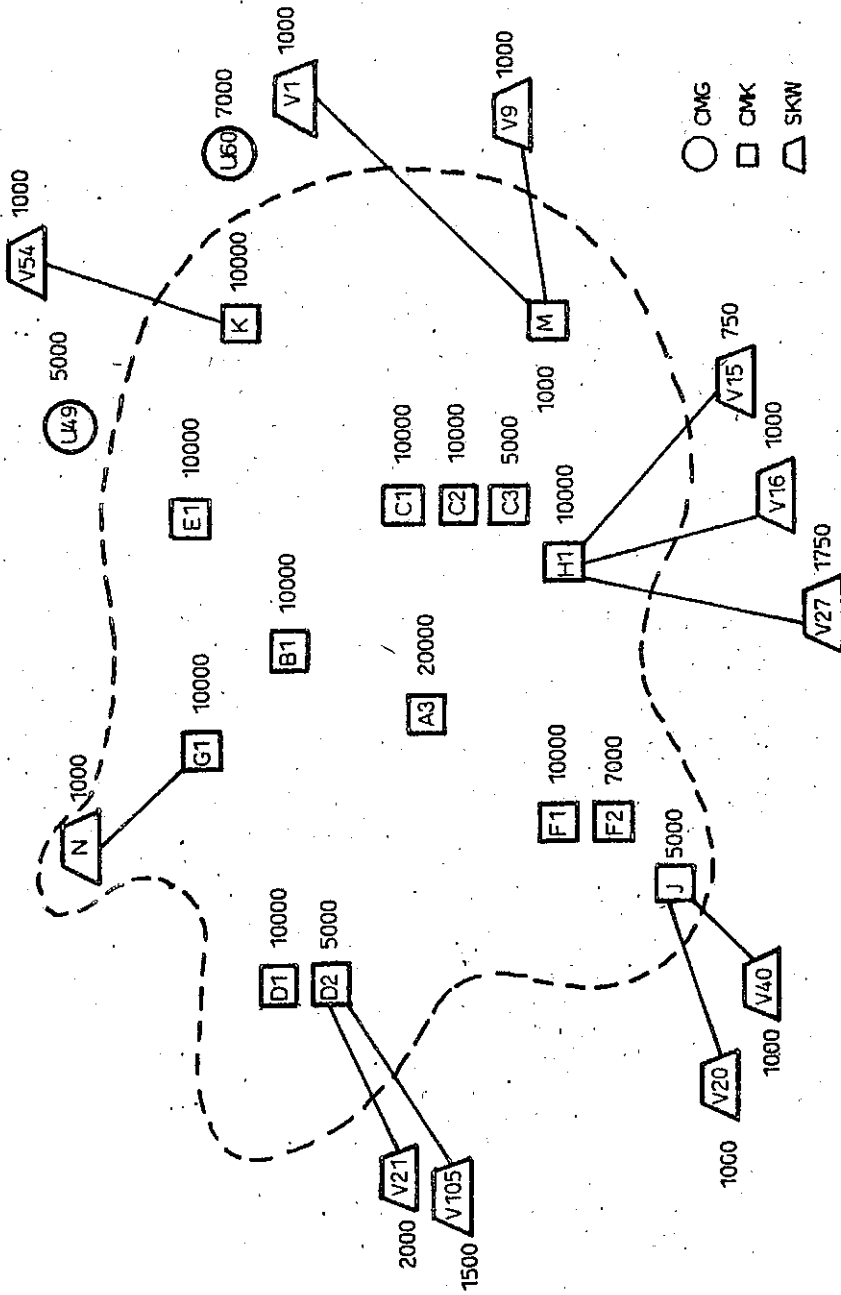
Rys. 29. Sieć istniejąca (rok "00")



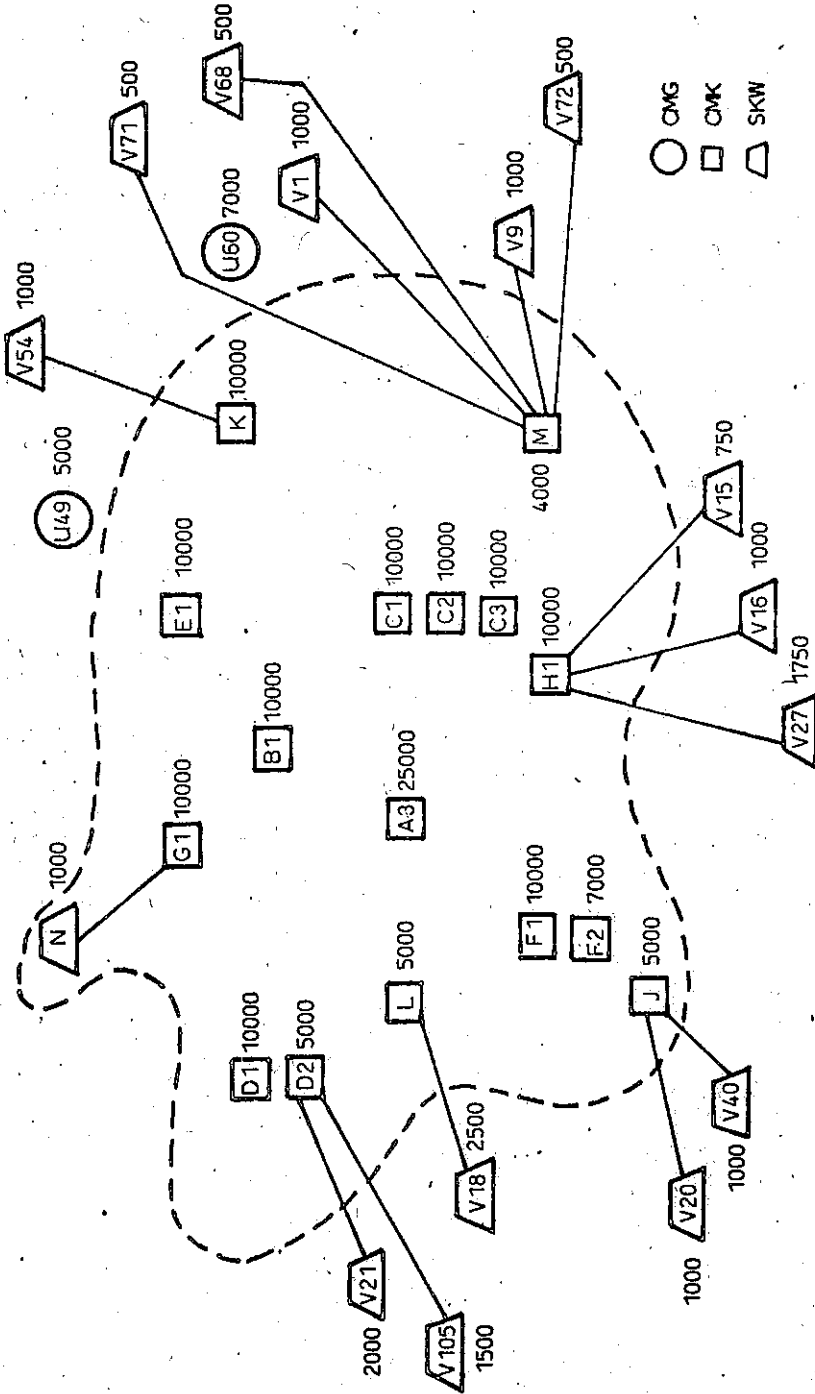
Rys. 30. Sieć w roku "1971"



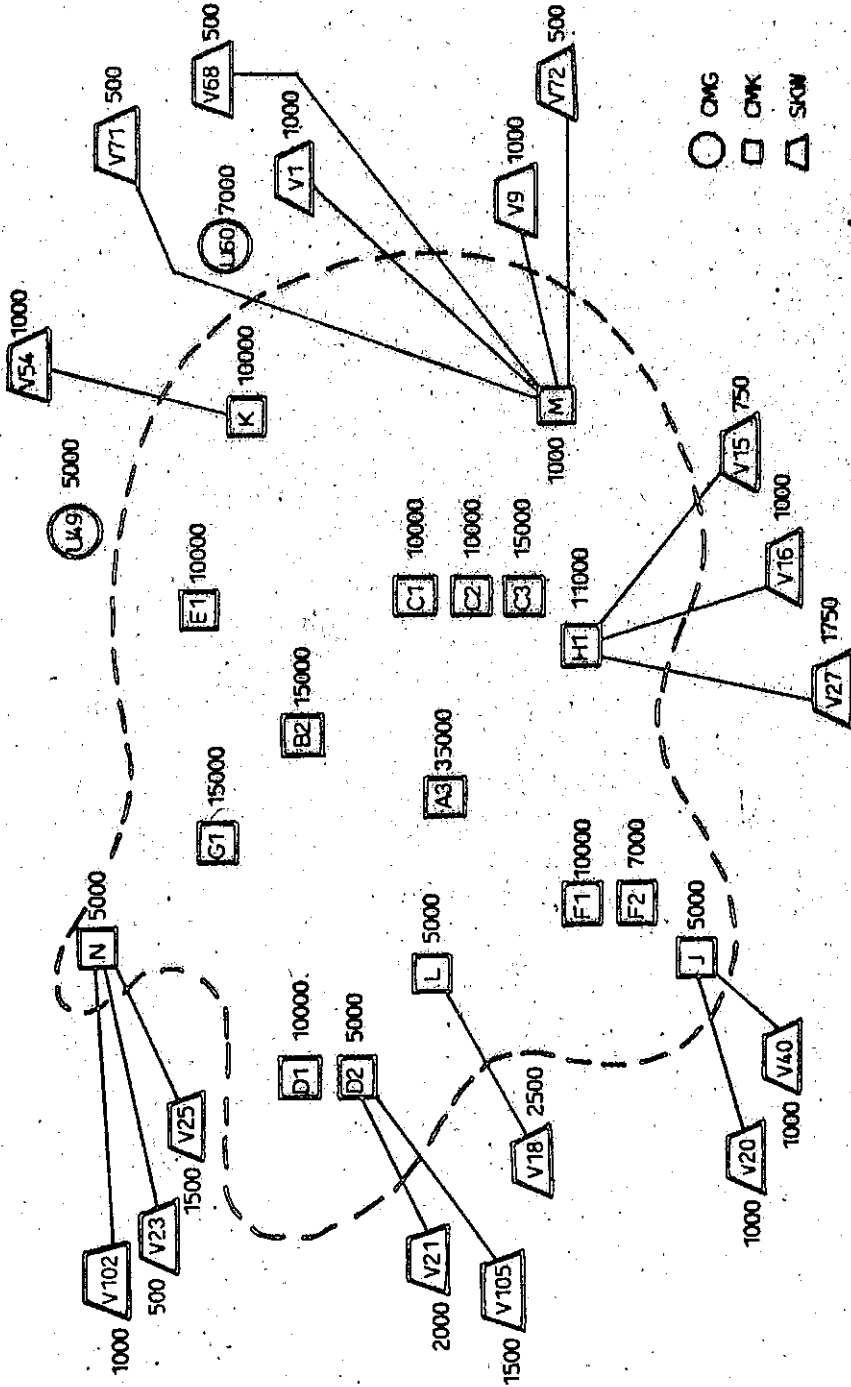
Rys. 31. Sieć w roku "2"
(warian 1).



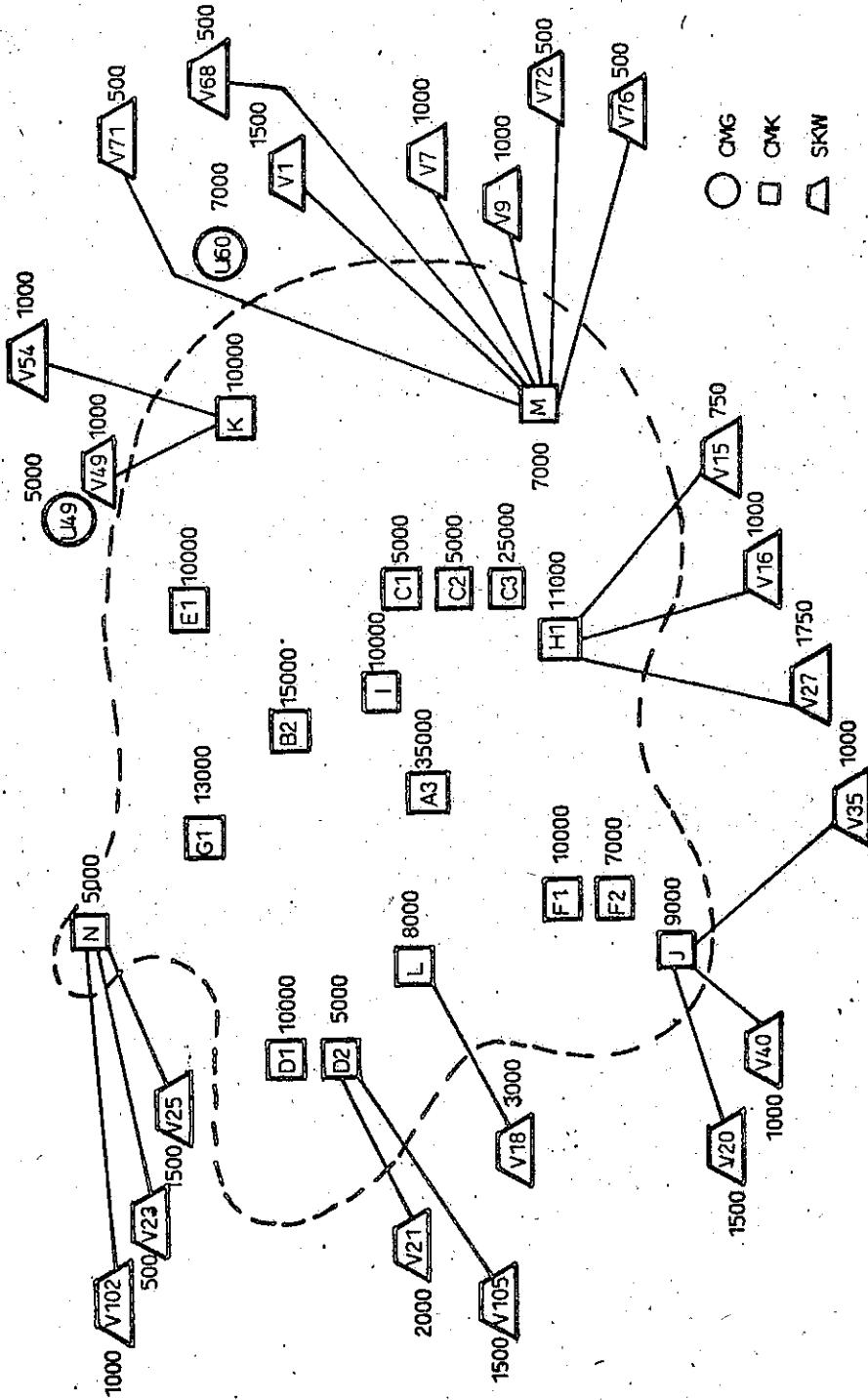
Rys. 32. Sieć w roku "3"
(warian 1)



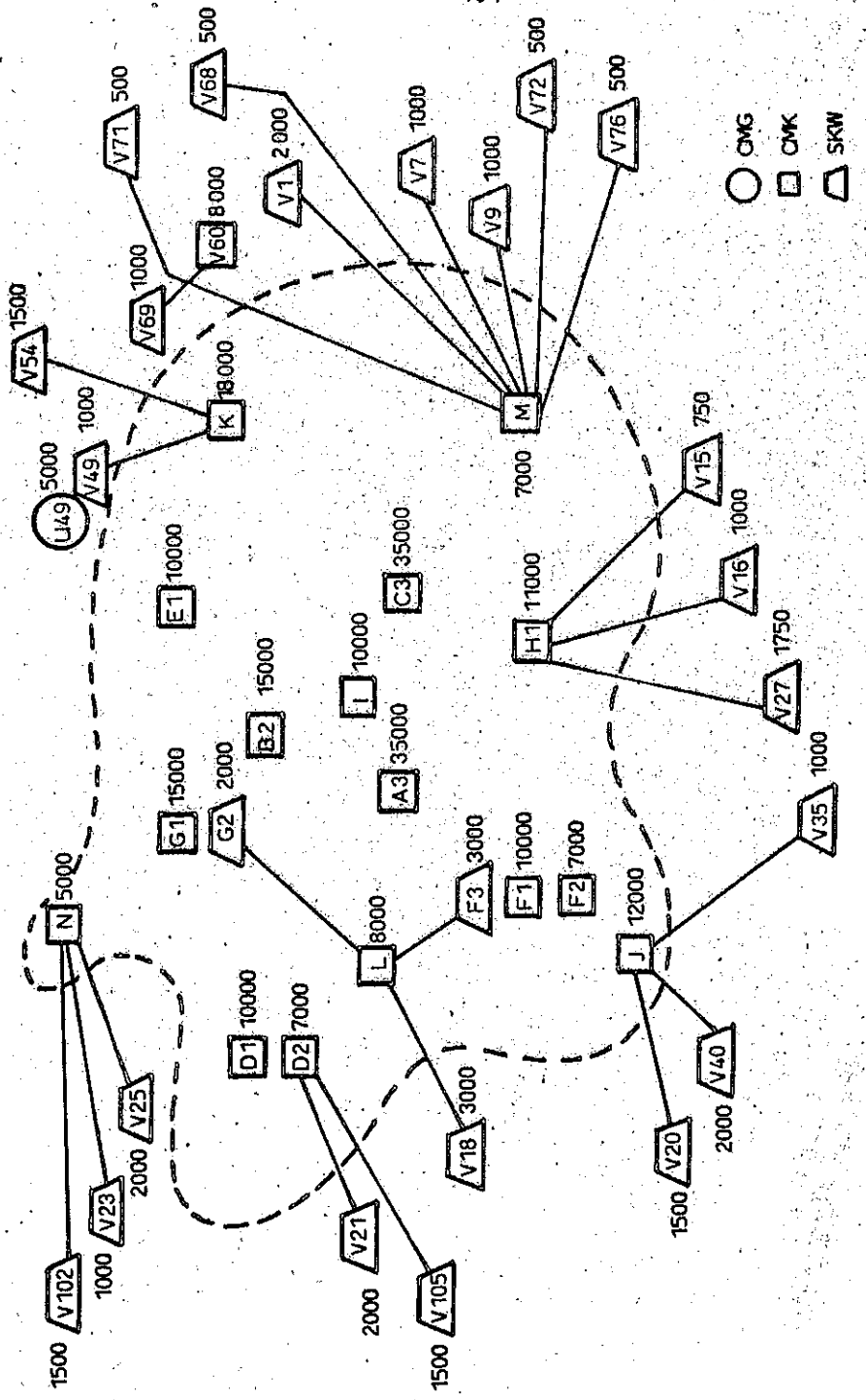
Rys. 33. Sieć w roku "4" (wariant 1)



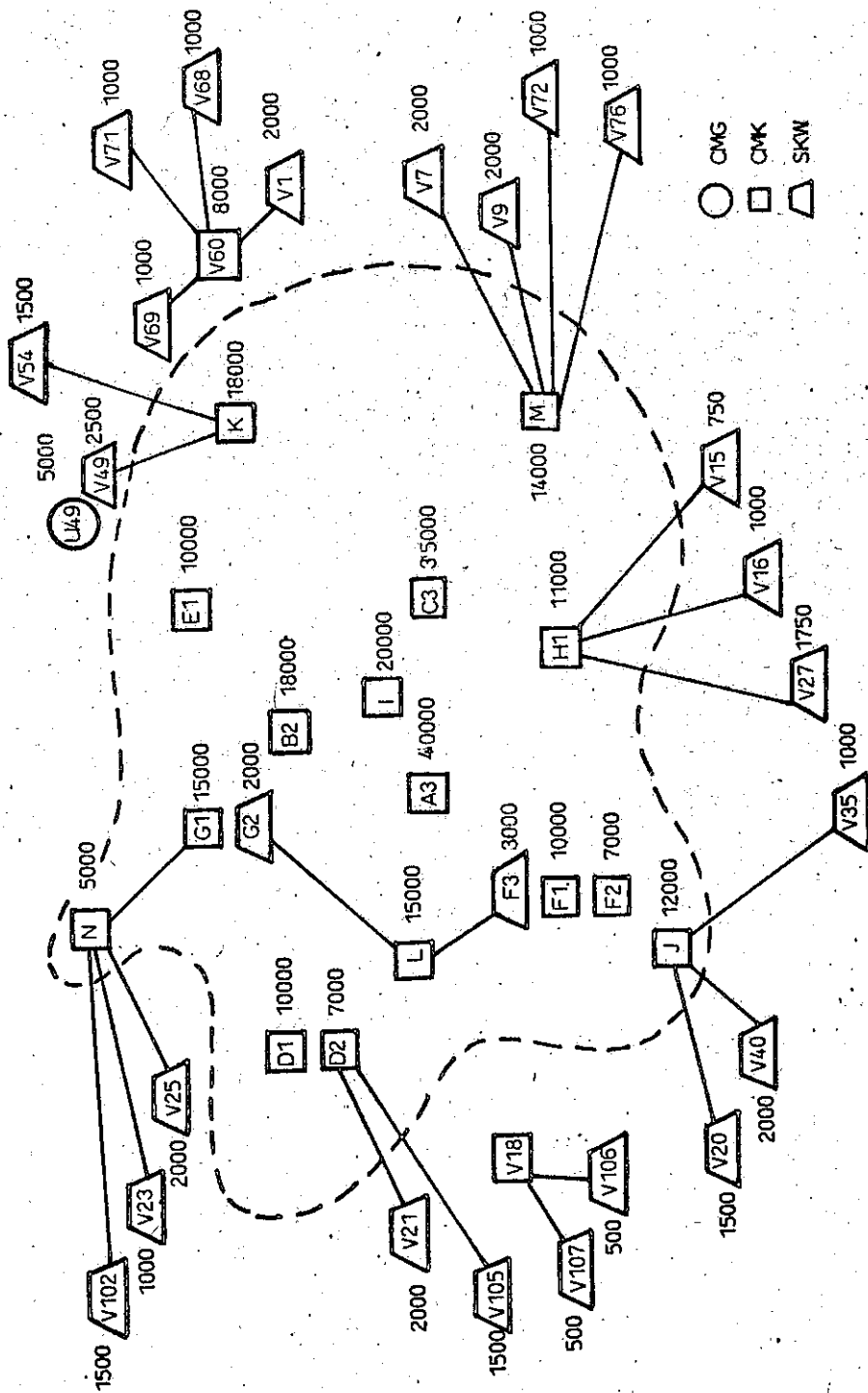
Rys. 34. Sieć w roku "5"
(wariant 1)



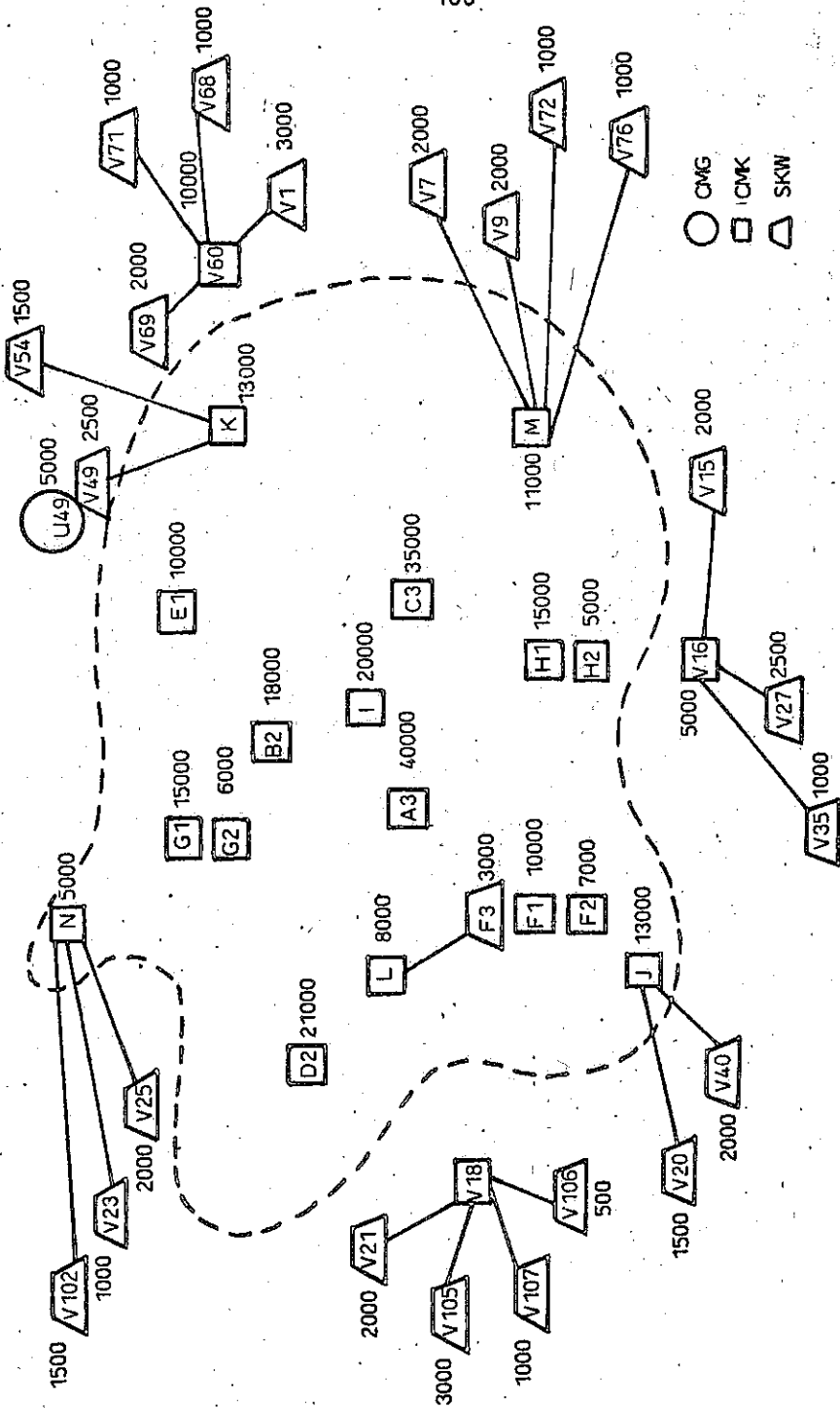
Rys. 35. Sieć w roku "6"
(warian 1)



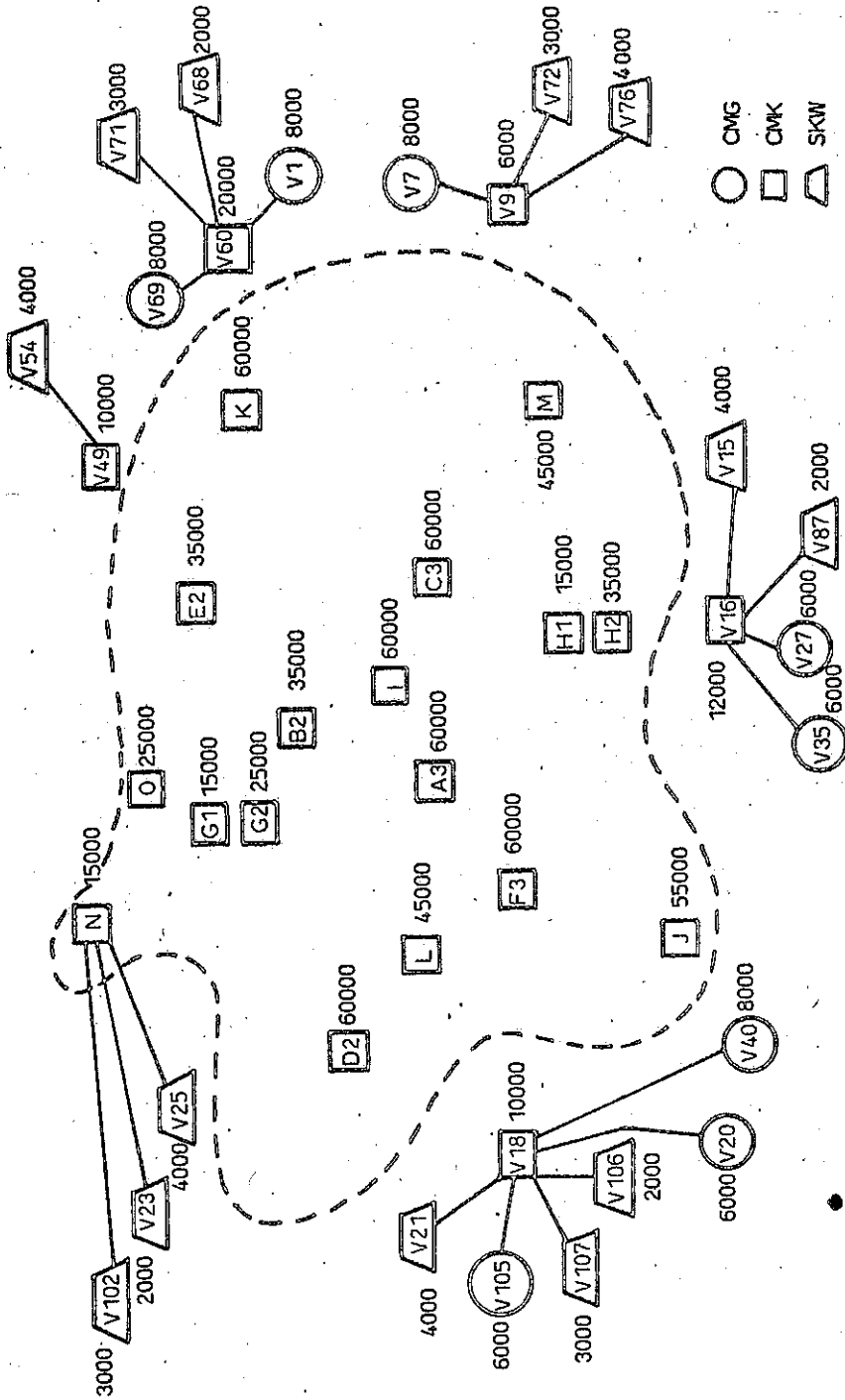
Rys. 36. Sieć w roku "7" (wariant 1)



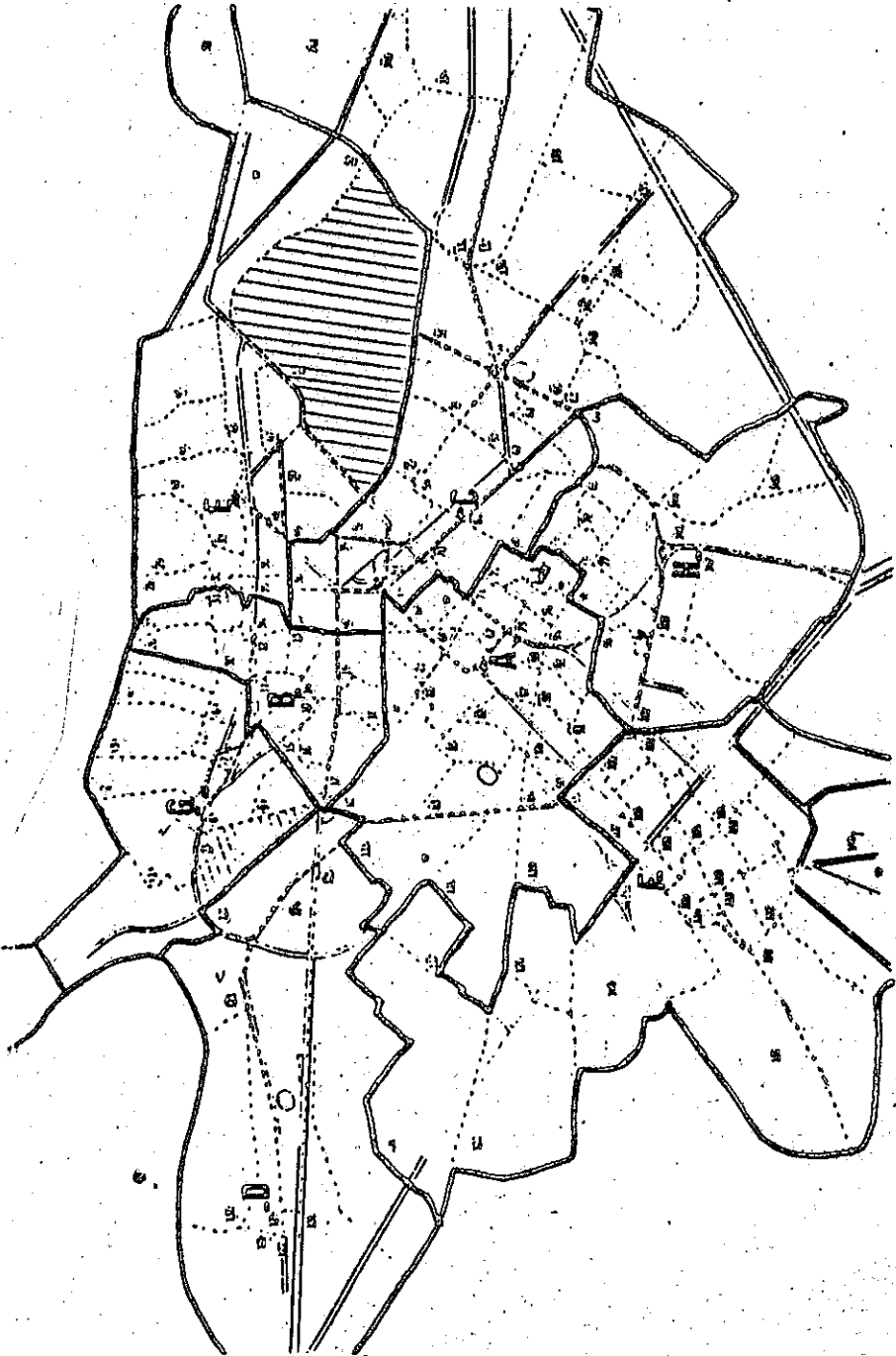
Rys. 37. Sieć w roku "8"
(war. 1)



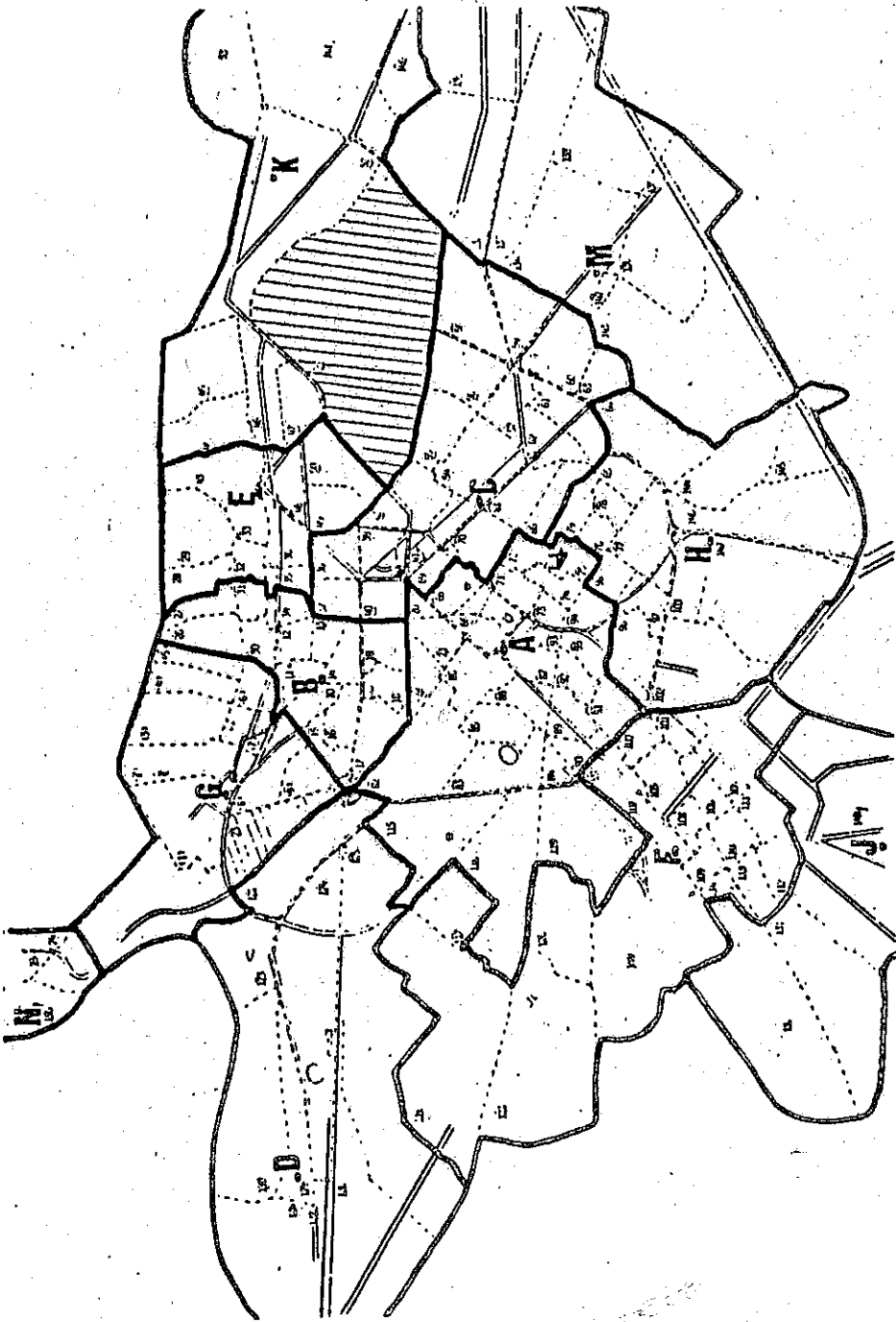
Rys.. 38. Sieć w roku "99"
(wariant 1)



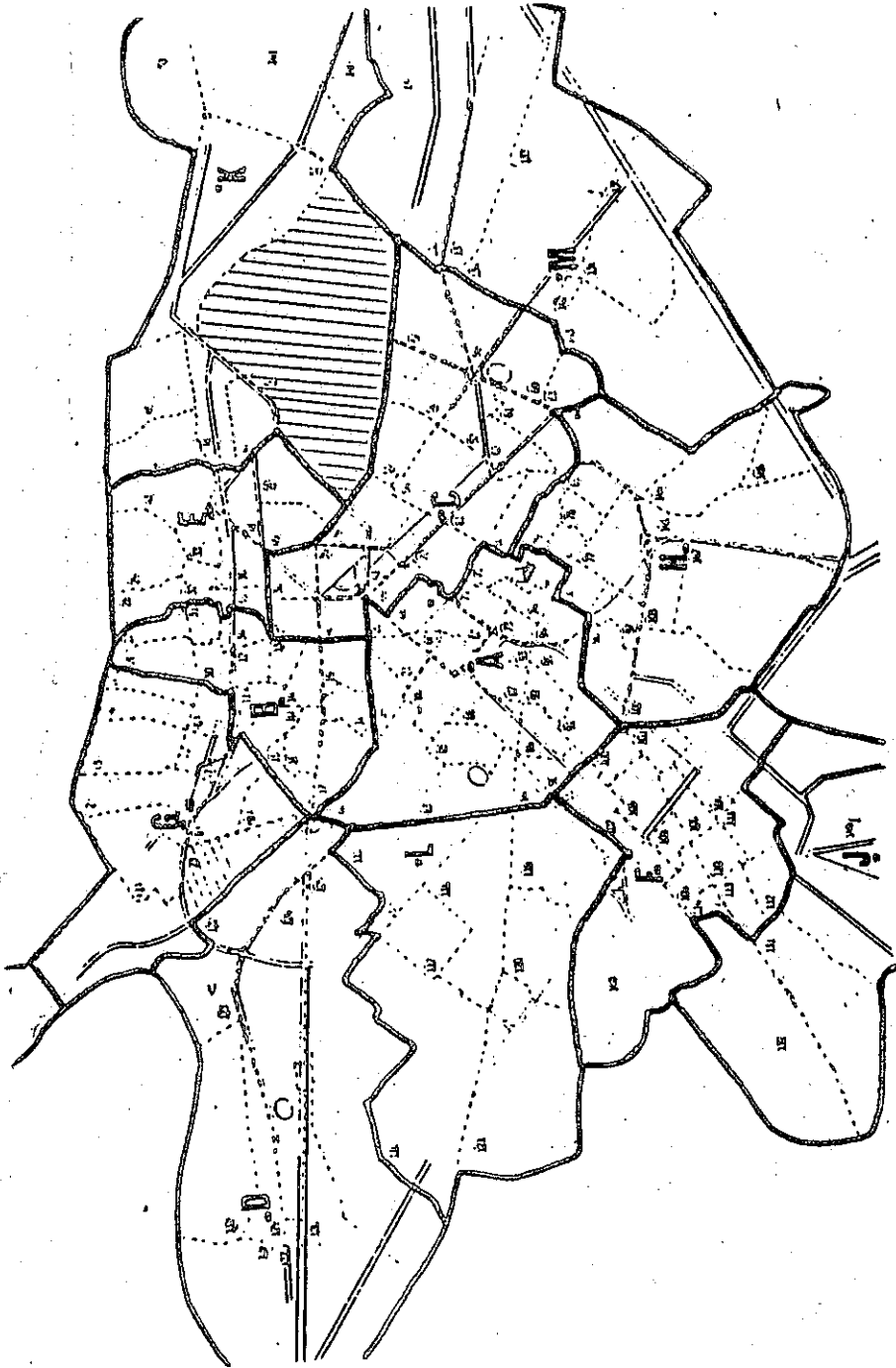
Rys. 40. Sieć w roku "20"
(wariant 1)



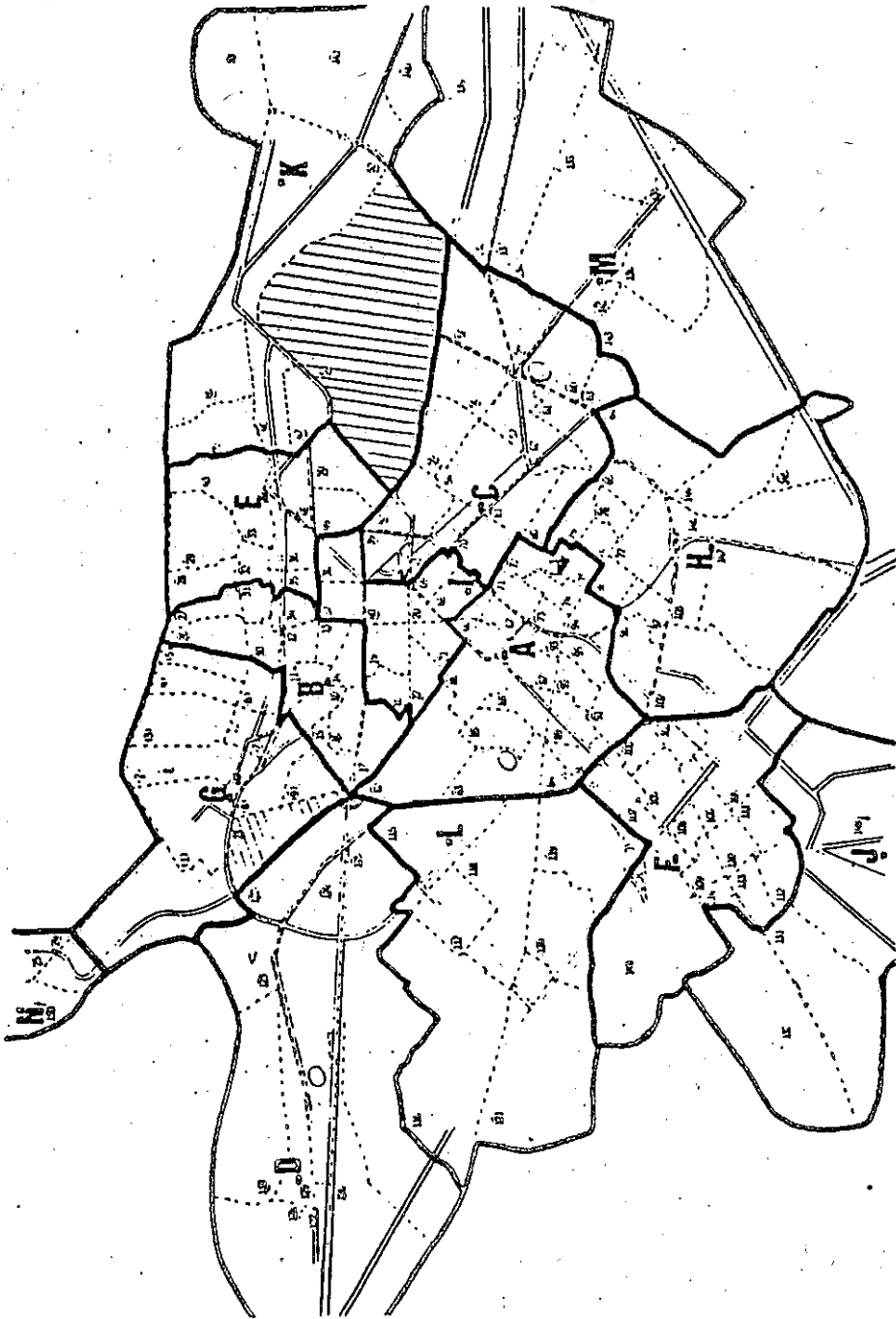
Rys. 41. Obszary obsługi central, głównych - rok "1" i "2" (wariant 1 i 2).



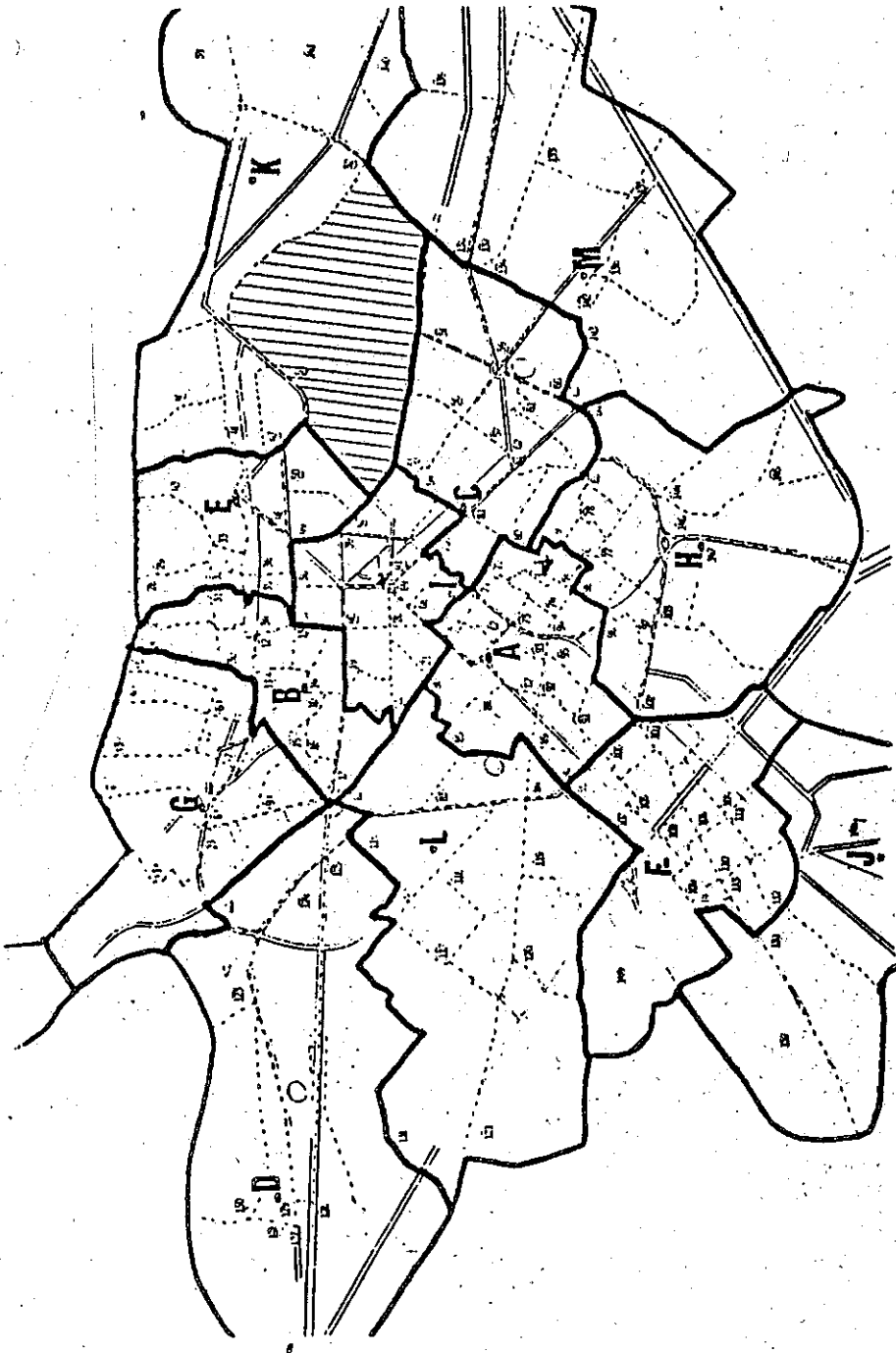
Rys. 42. Obszary obsługi central głównych - rok "3" (wariant 1 i 2)



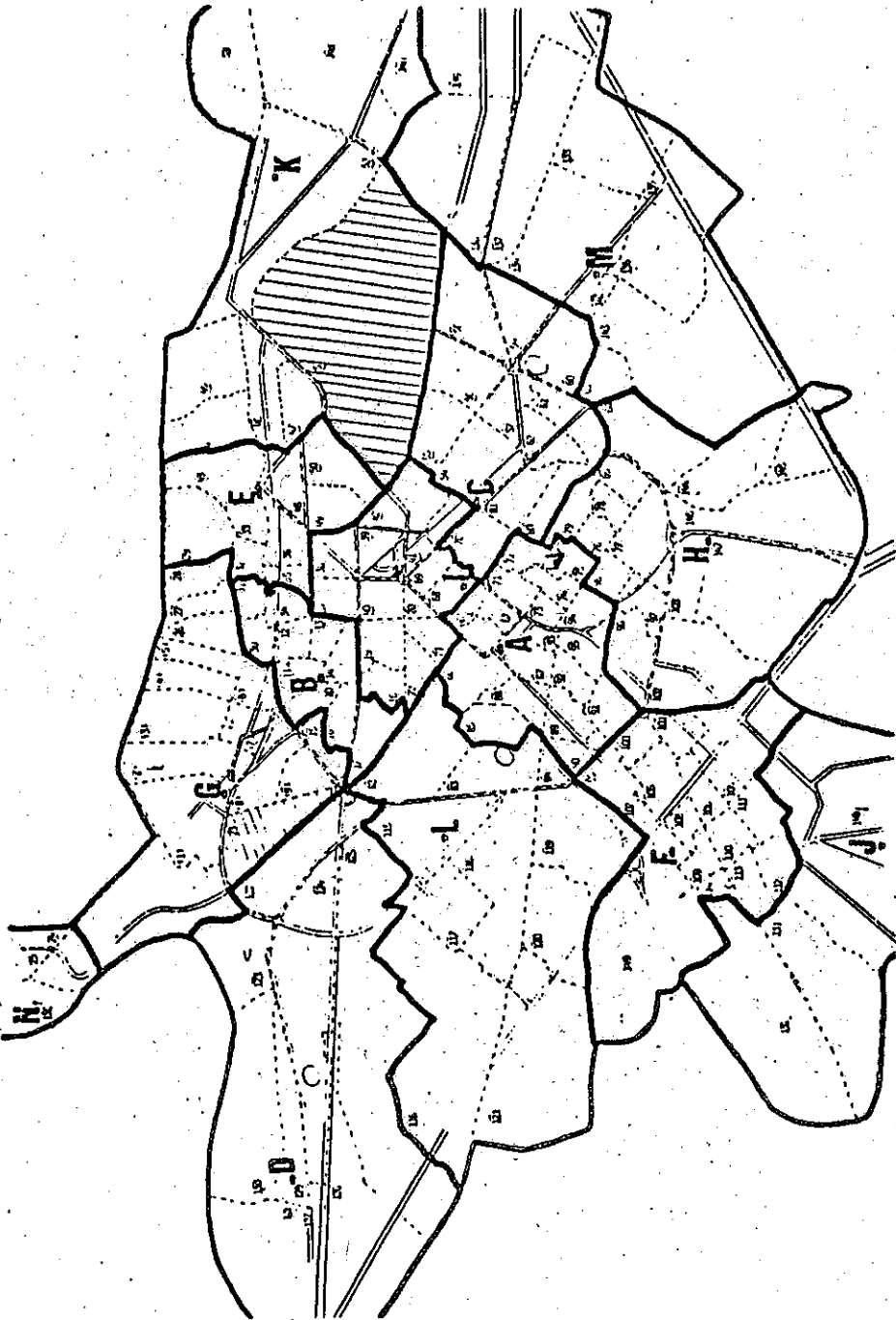
Rys. 43. Obszary obsługi CMG - rok "4" i "5" (warient 1 i 2)



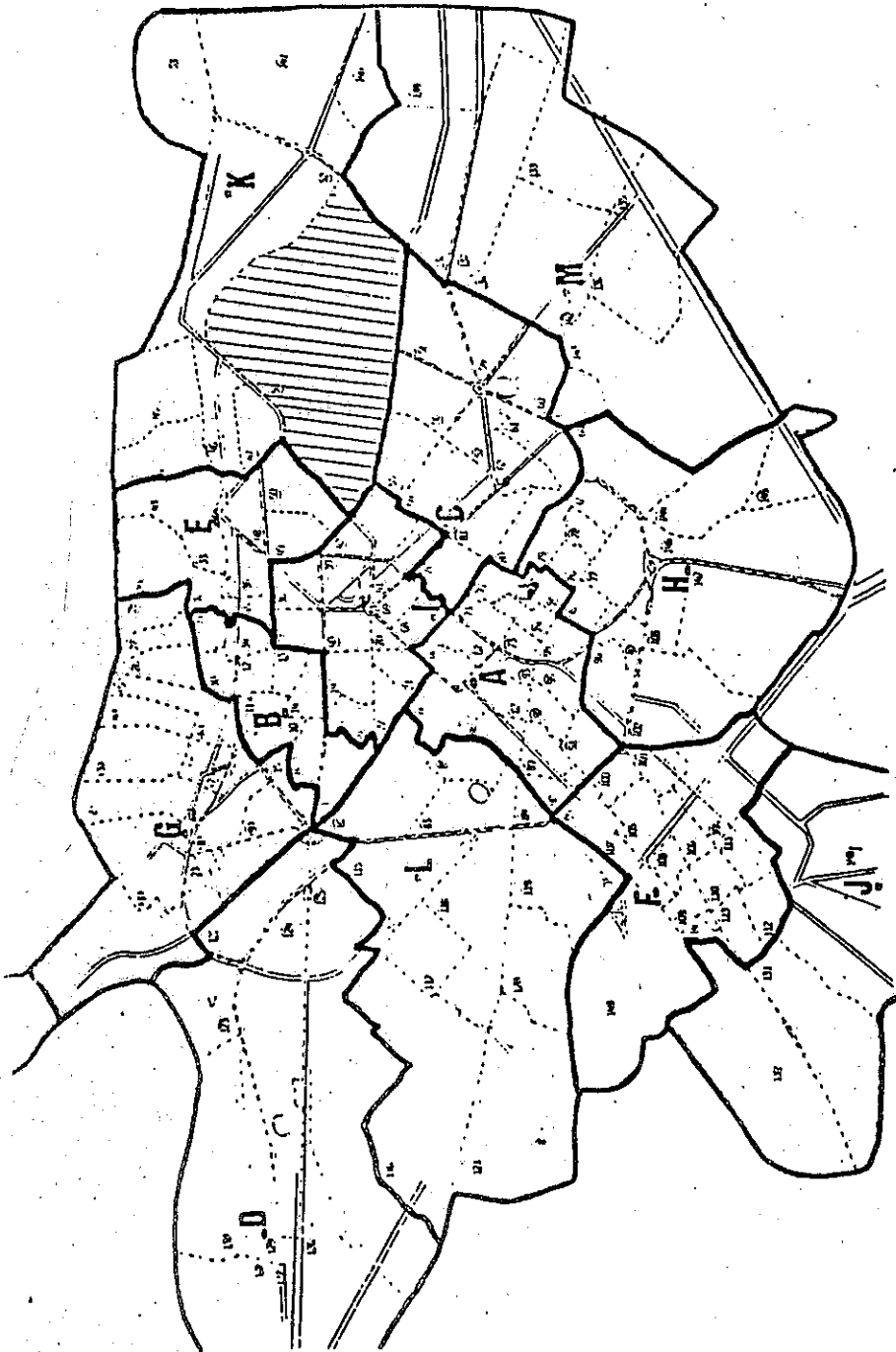
Rys. 44. Obszary obsługi CMG - rok "6" i "7" (wariant 1 i 2)



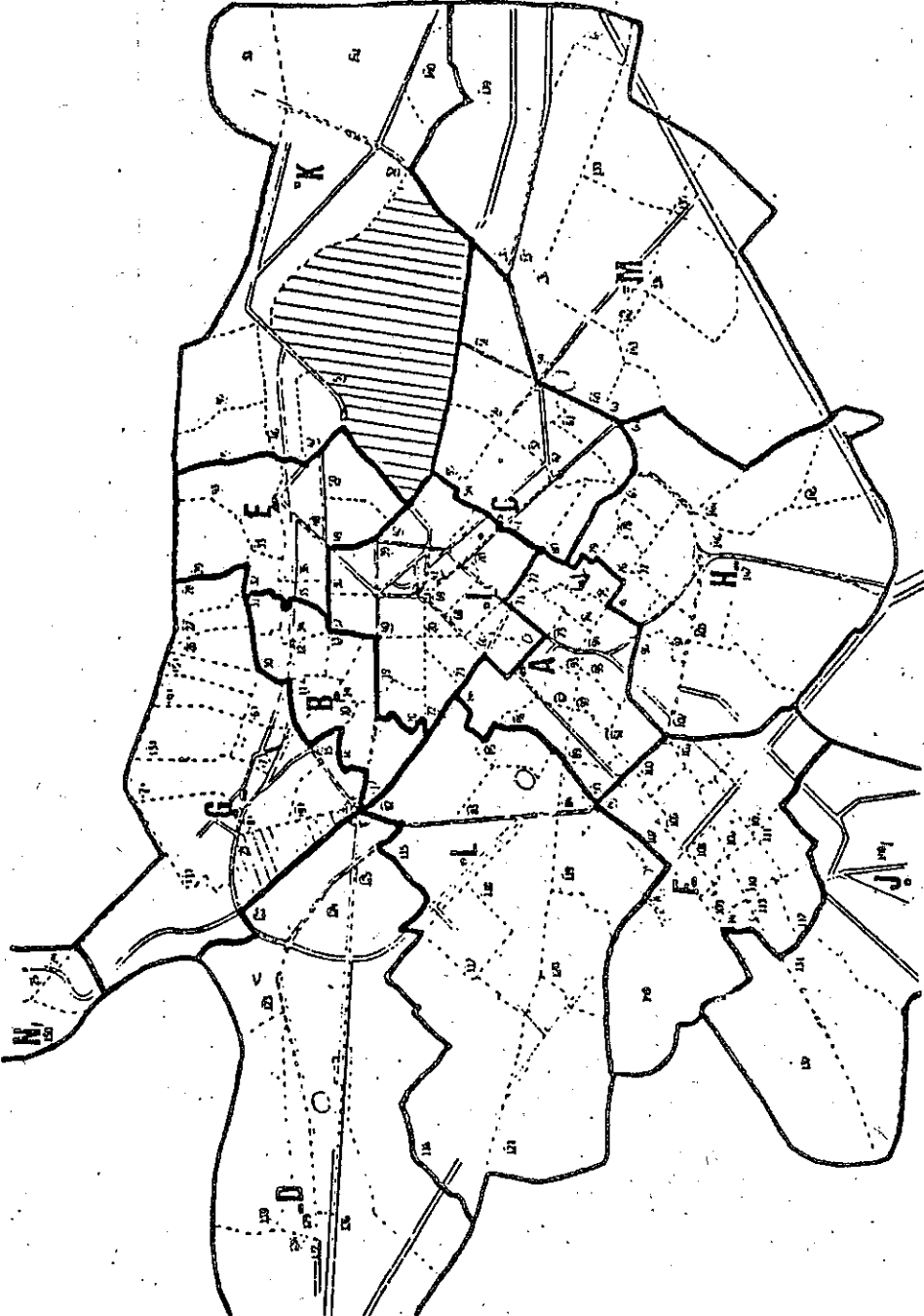
Rys. 45. Obszary obsługi CMG - rok "8" (wariant 1 i 2)



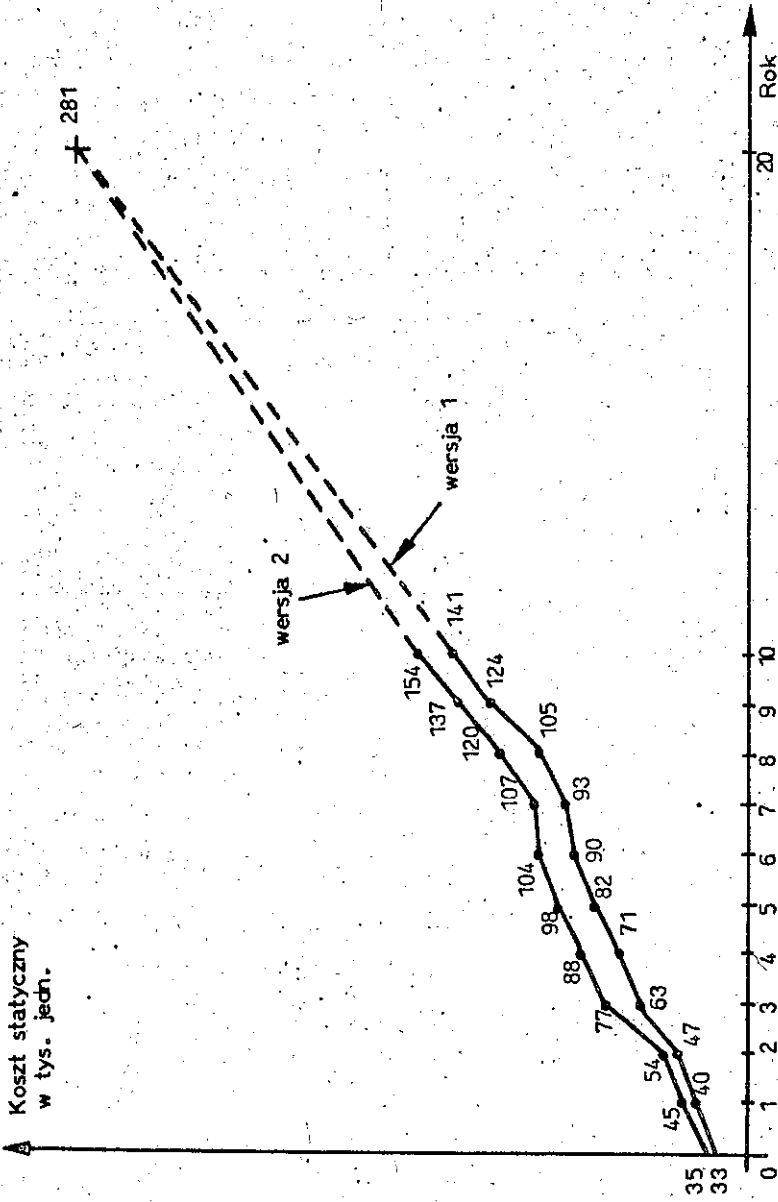
Rys. 46. Obszary obsługi CMG - rok "9" (wariant 1 i. 2)



Rys. 47. Obszary obsługi CMG - rok "10" (wariant 1 i 2)



Rys. 48. Obszary odstugi CMG - rok "20" (wariant 1 i 2)



Rys. 49. Porównanie kosztów transmisyjnych i komutacyjnych sieci międzycentralowej dla dwu wersji wprowadzania systemów cyfrowych (Koszty nie obejmują składników kosztowych jednakowych dla obu wersji.)

Tablica 39

Pojemność central głównych (CMG) - wariant 1

CMG	Rok 0		Rok 1		Rok 2		Rok 3		Rok 4		Rok 5		Rok 6		Rok 7		Rok 8		Rok 9		Rok 10		Rok 20		
	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	
A1	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	-
A2	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	60000
A3	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	35000
B1	9500	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	35000
B2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C1	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	60000
C2	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	60000
C3	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	60000
D1	9850	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	60000
D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60000	
E1	9200	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	35000
E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F1	9000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000	-	10000
F2	-	-	3000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	60000
F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G1	5000	1000	8000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	15000
G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25000
H1	-	-	8000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	10000	3500	15000
H2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35000
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60000
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55000
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25000
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60000
M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45000
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8000
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45000
V9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6000
V16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12000
V18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18000
Uk9	1300	-	1300	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	5000	-	13500
V49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10000
U60	2500	-	2500	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	7000	-	10000
V60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4000
Σ	87350	-	107300	-	123500	-	161000	-	180000	-	211000	-	236000	-	259500	-	300000	-	340000	-	371500	-	859000	-	21000

L - abonenci lokalni, O - abonenci oddaleni

Tablica 40
 Pojemność i przyporządkowanie komutacyjnych stopni wyniesionych na obszarze miejskim i peryferiach miasta - wariant 1

SKW	Rok 0		Rok 1		Rok 2		Rok 3		Rok 4		Rok 5		Rok 6		Rok 7		Rok 8		Rok 9		Rok 10		Rok 20		
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	
V1	-	-	-	-	1000	M	1000	M	1000	M	1500	M	2000	M	2000	M	2000	V60	3000	V60	3000	V60	8000	V60	8000
V7	-	-	-	-	-	M	-	-	-	M	1000	M	1000	M	1000	M	2000	M	2000	M	2000	3000	M	3000	M
V9	-	-	-	-	1000	M	1000	M	1000	M	1000	M	1000	M	1000	M	1000	M	2000	M	2000	2500	M	2500	M
V15	-	-	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	750	N1	2000	2000	2000	V76	V76
V16	-	-	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	1000	N1	-	-	-	-	-
V18	-	-	-	-	2500	L	3000	L	3000	L	3000	L	3000	L	3000	L	3000	L	3000	L	-	-	-	-	-
V20	-	-	1000	J	1000	J	1000	J	1000	J	1500	J	1500	J	1500	J	1500	J	1500	J	1500	1500	J	1500	J
V21	-	-	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	D2	2000	2000	V18	V18	
V23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	N	500	N	1000	N	1000	N	1000	N	1000	1000	N	1000	N
V25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1500	N	1500	N	2000	N	2000	N	2000	N	2000	2000	N	2000	N
V27	-	-	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	1750	N1	2500	2500	V16	V16	
V35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	J	1000	J	1000	J	1000	3000	V16	V16	
V40	-	-	1000	J	1000	J	1000	J	1000	J	1000	J	1000	J	1000	J	2000	J	2000	J	2000	3500	V18	V18	
V49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	K	1000	K	1000	K	2500	K	2500	K	2500	2500	K	-	
V54	-	-	1000	K	1000	K	1000	K	1000	K	1000	K	1000	K	1000	K	1500	K	1500	K	1500	2000	K	4000	V49
V68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	M	500	M	500	M	1000	M	1000	M	1000	1000	V60	V60	
V69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	V60	1000	V60	1000	1000	1000	3000	V60	3000	
V71	-	-	-	-	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	1000	1000	1000	1000	V60
V72	-	-	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	500	M	1000	1000	1000	1000	V60
V76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1500	1500	1500	V9	V9	
V87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	500	2000	V76	
V102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	N	1000	N	1500	N	1500	N	1500	N	1500	1500	1500	1500	1500
V105	-	-	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	1500	D2	3000	3000	V18	V18	
V106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	500	500	500	
V107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	1000	1000	1000	
F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3000	L	-	-	
G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	G1	1000	2000	V18	2000	V18
Σ	1000		4500		13000		17000		19000		24000		33500		37000		40000		46500		46500		96000		96000

P - pojemność, M - centrala macierzysta

Stopień zaspokojenia zapotrzebowania na łącza abonentkie

Cen.		Rok											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
Z	A	54044	50691	62140	73808	71347	77791	72345	76850	70243	74321	71606	68153
Ł	A	20001	19997	20002	20000	25001	35003	35001	34999	40000	39999	39999	60000
S	A	37%	39%	32%	27%	35%	45%	48%	46%	57%	54%	56%	88%
Z	B	18212	21048	25414	29731	34005	36423	32274	33950	35711	31631	32362	39290
Ł	B	9499	10002	9999	1000	9999	15000	14999	14999	18001	18000	18000	35002
S	B	52%	48%	39%	34%	29%	41%	46%	44%	50%	57%	56%	89%
Z	C	60343	62053	74670	66026	75001	80123	71882	75227	63642	66388	65777	63495
Ł	C	20001	20001	20001	24998	29999	34999	34999	35001	34999	35000	34999	59999
S	C	33%	32%	27%	38%	40%	44%	49%	47%	55%	53%	53%	94%
Z	D	23644	27343	33014	38605	44134	47410	49945	52464	55091	57623	57553	72006
Ł	D	9850	10000	9999	14999	15000	14998	14999	17000	16999	21000	20999	59999
S	D	42%	37%	30%	39%	34%	32%	30%	32%	31%	36%	36%	83%
Z	E	30197	34717	42416	19591	22704	24431	25941	27457	29055	28479	30377	40401
Ł	E	9198	9999	9999	10000	9999	10000	9999	9999	10000	10000	10001	35001
S	E	30%	29%	24%	51%	44%	41%	39%	36%	34%	35%	33%	87%
Z	F	41855	47417	57890	38424	38916	41975	44542	47122	49836	52486	54497	69783
Ł	F	9000	13000	16999	16999	17000	17001	17000	20000	20000	20000	21999	59999
S	F	22%	27%	29%	44%	44%	41%	38%	42%	40%	38%	40%	86%
Z	G	11552	13411	16262	19104	21929	23695	25055	26420	27855	37200	37519	45156
Ł	G	5000	7999	10000	10001	10000	13002	13001	15000	15002	21000	21000	40000
S	G	43%	60%	61%	52%	46%	55%	52%	57%	54%	56%	56%	89%
Z	H	0	20477	24739	28951	33134	35531	37499	39348	41333	43260	43824	54993
Ł	H	0	8000	10001	10000	10000	10999	10999	10999	11000	19998	20001	50001
S	H	0%	39%	40%	35%	30%	31%	29%	28%	27%	46%	46%	91%
Z	I	0	0	0	0	0	0	28855	30343	44767	46750	46530	70720
Ł	I	0	0	0	0	0	0	10001	9999	20000	20001	25002	50000
S	I	0%	0%	0%	0%	0%	0%	35%	33%	45%	43%	54%	85%
Z	J	0	0	0	30056	34759	37592	40069	42412	44864	47262	48480	64661
Ł	J	0	0	0	5000	5000	5000	9000	12001	12000	13000	18000	55000
S	J	0%	0%	0%	17%	14%	13%	22%	28%	27%	28%	37%	85%
Z	K	0	0	0	35331	40752	43868	46467	49073	51806	54479	56759	73324
Ł	K	0	0	0	10000	9998	10000	10000	18000	18001	24000	23999	59998
S	K	0%	0%	0%	28%	25%	23%	22%	37%	35%	44%	42%	82%
Z	L	0	0	0	0	19834	21553	22996	24462	37385	39590	44360	52134
Ł	L	0	0	0	0	4999	5000	8001	7999	15001	17000	19999	44999
S	L	0%	0%	0%	0%	25%	23%	35%	33%	40%	43%	45%	86%
Z	M	0	0	0	16312	18821	20184	21368	22549	26004	27325	28992	50168
Ł	M	0	0	0	4000	4002	4001	7001	7001	14001	14000	13998	45000
S	M	0%	0%	0%	25%	21%	20%	33%	31%	54%	51%	48%	90%
Z	N	2449	2846	3453	4058	4665	9419	10807	12319	12405	13206	13867	17150
Ł	N	1000	1000	1000	1000	1000	5000	5000	4999	5001	5000	8000	15001
S	N	41%	35%	29%	25%	21%	53%	46%	41%	40%	38%	58%	87%
Z	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7500	28560
Ł	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	25000
S	O	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	53%	88%
L		1392997	1444122	1497287	1552677	1610223	1677502	1720427	1763297	1807123	1851945	2005997	2658507
Z		242296	180003	339998	400007	460001	499995	529998	559996	589998	620000	640003	809999
Ł		83549	99998	108000	136996	151997	180003	200000	217996	250005	277998	299994	704999
S		34%	36%	32%	34%	33%	36%	38%	39%	42%	45%	47%	87%

Cen. - obszar centralowy, Z - zapotrzebowanie, Ł - łącza czynne,

L - ludność, S - stopień zasp. potrzeb

Tablica 42

Koszty komputacyjne - centrale główne (ONG)

ONG	Typ	U	L	Rok 0	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10	Rok 20
A1	RV	0	3	22050,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	RV	0	3	22050,0	0	0	20000,0	2000,0	4120,0	0	0	2060,0	0	0	8240,0
A3	DA	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	DA	0	27	21000,0	1207,5	0	0	0	16995,0	0	0	1545,0	0	0	8755,0
C1	SS2	0	7	14700,0	0	0	0	0	12957,5	0	0	0	0	0	0
C2	SS2	0	7	14700,0	0	0	0	0	12957,5	0	0	0	0	0	0
C3	DS	0	21	0	0	0	0	0	4120,0	0	0	0	0	0	10300,0
D1	SS2	0	9	14495,3	235,5	0	14420,0	2060,0	0	0	0	0	0	0	0
D2	DS	0	21	0	0	0	14636,3	0	0	0	824,0	0	5984,3	0	15058,0
E1	SS2	0	11	13608,0	1235,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	DA	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F1	SS2	0	11	13335,0	1589,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	SS1	0	10	0	5192,3	7098,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F3	D5	10	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G1	D2	0	21	6787,7	2163,0	1442,0	0	0	2255,7	0	0	0	1442,0	0	0
G2	DA	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H1	D2	1	21	0	0	1442,0	0	0	721,0	0	0	0	0	17304,0	19776,0
H2	DA	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H3	DA	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	DA	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	DA	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	D5	3	21	0	0	0	1454,3	6	0	16480,0	0	2120,0	0	2080,0	14420,0
L	D5	3	21	0	0	0	1654,8	0	0	1740,7	1297,8	0	473,8	2276,3	15244,0
M	DA	4	21	0	0	0	0	12025,3	0	61,8	3326,9	92,7	2472,0	39,9	15110,1
N	DA	3	21	0	0	0	0	108,1	0	1581,1	350,5	3821,3	1174,2	1761,3	12875,0
O	DA	5	21	0	0	0	11474,2	108,1	0	1689,2	36,1	3605,0	0	144,2	1654,8
P	DA	5	21	0	0	0	0	0	0	0	108,1	0	0	0	3929,5
V9	DA	10	21	0	0	0	0	0	12051,3	0	0	0	0	11330,0	70815,0
V16	DA	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13441,5
V18	DA	8	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U3	SS1	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	D3	11	21	2194,5	0	565,7	0	0	0	0	0	11917,1	395,5	504,7	3692,5
U6	SS1	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V6	DA	7	21	3832,5	0	7985,3	0	0	0	0	0	0	0	0	4708,4
				0	0	0	0	0	0	0	13462,1	285,4	1174,2	72,1	6087,3

Koszty stałe i koszty na abonenta odpowiadają kosztem rozbudowy. Typ - typ centrali
 Koszty komutacji i transzylu ruchu dotyczą całego ruchu (a nie tylko przystosów). Typ - rok uruchomienia

L - rok likwidacji (Rok 21 oznacza nie określony termin po roku #20*)

Rok	Koszty stałe i koszty na abonenta	Koszty komutacji i transzylu ruchu	Koszty transzylu ruchu	Faktyczny koszt rozbudowy	Wartość zakumulowana kosztów rozbudowy
0	148752,9	26374	3513	178539,9	178539,9
1	20906,2	3070	4019	25047,2	22363,6
2	24532,6	3095	4413	29572,9	23946,4
3	52215,9	39178	2502	83398,9	66472,4
4	16253,4	42137	3182	21041,4	13372,2
5	38213,0	46018	4115	21041,4	24664,5
6	51607,8	48737	4542	54043,0	47303,0
7	23535,5	51568	5957	25504,5	71884,2
8	27449,5	55420	6459	31350,5	71884,2
9	52772,1	59036	4773	59752,1	126571,9
10	37208,8	54182	5305	42895,8	138471,2
20	246660,1	126099	9533	305760,1	31809,8

Wartość zakumulowana kosztów komutacji dla ONG
 w r. #10* - 237794,2
 w r. #20* - 269595,0

Tablica 43
Koszty komutacyjne - stopnie wyniesione (SKW)

SKW	Typ	U	L	Rok 0	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10	Rok 20
V1	R8	3	21	0	0	0	1050,0	0	0	367,5	367,5	1470,0	735,0	0	1837,5
V7	R8	6	21	0	0	0	0	0	0	1050,0	0	735,0	0	735,0	2940,0
V9	R8	3	11	0	0	0	1050,0	0	0	0	0	735,0	0	367,5	0
V15	R7	1	9	0	748,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V16	R7	1	9	0	945,0	0	0	0	0	0	0	0	1785,0	0	735,0
V18	R8	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V20	R8	3	21	0	0	0	1050,0	2132,5	0	367,5	0	0	0	2205,0	1102,5
V21	R8	3	21	0	0	0	1785,0	0	0	367,5	0	0	1470,0	0	735,0
V23	R7	5	21	0	0	0	0	0	551,3	0	393,8	0	0	0	393,8
V25	R8	5	21	0	0	0	0	0	1417,5	0	367,5	0	0	0	735,0
V27	R7	1	21	0	1801,3	0	0	0	0	0	0	0	1837,5	0	1288,3
V35	R8	10	21	0	0	0	0	0	0	945,0	0	0	0	0	0
V40	R8	3	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V49	R8	6	11	0	0	0	1050,0	0	0	0	735,0	0	0	2520,0	1102,5
V54	R8	3	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2572,5	1653,8
V68	R7	4	8	0	0	0	1050,0	0	0	0	367,5	0	0	367,5	1470,0
V69	R7	9	21	0	0	0	0	509,3	0	0	0	0	735,0	0	393,8
V71	R7	8	21	0	0	0	0	0	0	1050,0	0	0	0	0	1837,5
V72	R7	4	11	0	0	0	0	509,3	0	0	0	0	0	0	787,5
V76	R8	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1280,0
V87	FS	10	21	0	0	0	0	551,3	0	0	0	393,8	0	0	1470,0
V102	R8	6	21	0	0	0	0	0	0	0	0	367,5	0	367,5	630,0
V105	R8	3	21	0	0	0	0	0	0	682,5	0	0	0	509,3	551,3
V106	FS	8	21	0	0	0	0	0	1050,0	0	367,5	0	2205,0	0	1102,5
V107	FS	8	21	0	0	0	1417,5	0	0	0	0	0	0	0	630,0
F	R6	7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367,5	0	0
G	R6	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	R6	0	5	945,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rok	Koszt faktyczny	Wartość zaktualizowana kosztów
0	945,0	945,0
1	3294,4	2941,4
2	0	0
3	8452,5	6016,3
4	3722,3	2365,6
5	3016,8	1712,9
6	4830,0	2447,0
7	7901,0	3574,1
8	7885,3	3184,8
9	10195,0	3294,2
10	10746,8	3460,2
20	23205,0	2405,6

Wartość zaktualizowana kosztów komutacji dla SKW w roku "10" - 28996,5
w roku "20" - 31402,1

Tablica 44

Koszty transmisji między centralami głównymi
(Porównanie między dwiema wersjami cyfryzacji - por. pkt. 7.1)

Rok	Łączna natur.	Wersja 1								
		Wiązki cyfr.	Trakty PCM	Przetw. A/D	Koszt stat.	Koszt modyfikow. wany	Faktyczny koszt rozbudowy	Wartość zakualizowana kosztów		
		3	4	5	6	7	8	9	9	9
1	2									
0	115	1	2	16	3237	3237,0	0	0	2625,1	2940,1
1	137	4	10	46	5996	6177,1	2068,1	15585,6	1648,7	2068,1
2	142	4	12	54	7925	8245,2	15585,6	2580,1	11083,5	15585,6
3	159	90	177	161	22693	23630,8	4059,8	2580,1	2580,1	4059,8
4	169	109	237	181	26292	27890,6	5196,2	5596,6	3515,9	5196,2
5	155	153	369	179	31827	34086,7	39683,3	2320,3	2835,4	39683,3
6	172	180	475	173	36703	39683,3	42003,6	9000,5	1049,6	42003,6
7	127	179	557	149	38486	42003,6	51004,1	13314,7	3635,1	51004,1
8	136	214	686	152	46300	51004,1	64318,7	12980,3	4801,4	64318,7
9	119	304	873	129	57851	64318,7	77299,1	80431,0	4179,3	77299,1
10	123	380	1020	123	68894	77299,1	12980,3			12980,3
20	0	527	2442	0	149325	169065,8	80431,0			80431,0
Całkowita wartość zakualizowana kosztów transmisji między CMG w roku 10: 37964,0 w roku 20: 46302,1										
Wersja 2										
		3	4	5	6	7	8	9	9	9
1	2									
0	95	16	22	20	4465	4465,0	0	0	5086,5	4465,0
1	101	42	72	32	9865	10162,9	5695,9	2206,8	2206,8	10162,9
2	106	42	85	73	12429	12931,1	20786,8	14795,7	14795,7	12429
3	56	183	353	179	32094	33718,0	5651,1	3597,7	3597,7	33718,0
4	53	216	437	226	37122	39379,0	6215,6	3526,9	3526,9	37122
5	40	258	567	224	42572	45594,6	6043,5	3061,8	3061,8	45594,6
6	40	297	671	222	47760	51638,1	265,6	120,1	120,1	51638,1
7	20	274	729	183	51903,7	51903,7	11954,5	4080,0	4080,0	51903,7
8	20	316	869	192	56287	62005,8	12378,8	3985,6	3985,6	62005,8
9	17	386	1025	163	66523	73960,3	72374,0	7502,8	7502,8	73960,3
10	11	473	1163	154	78951	86339,0				86339,0
20	0	527	2442	0	149325	169065,8				149325

Całkowita wartość zakualizowana kosztów transmisji między CMG w roku "10": 44772,1
w roku "20": 52274,9

Koszty modyfikowane uwzględniają trendy kosztów i koszty roczne.

Koszty transmisji między słopniami wyniesionymi (SKW) a centralami głównymi

SKW	Rok 0			Rok 1			Rok 2			Rok 3			Rok 4			Rok 5		
	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM
V1	-	0	0	-	0	0	-	0	0	M	11	4	M	11	4	M	11	4
V7	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V9	-	0	0	-	0	0	-	0	0	M	6	4	M	6	4	M	6	4
V15	-	0	0	H1	9	3	H1	9	3	H1	9	3	H1	9	3	H1	9	3
V16	-	0	0	H1	6	4	H1	6	4	H1	6	4	H1	6	4	H1	6	4
V18	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	L	7	10
V20	-	0	0	-	0	0	-	0	0	J	11	4	J	11	4	J	11	4
V21	-	0	0	-	0	0	-	0	0	D2	6	8	D2	6	8	D2	6	8
V23	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	N	18	2
V25	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	N	5	6
V27	-	0	0	H1	9	7	H1	9	7	H1	9	7	H1	9	7	H1	9	7
V35	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V40	-	0	0	-	0	0	-	0	0	J	19	4	J	19	4	J	19	4
V49	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V54	-	0	0	-	0	0	-	0	0	K	23	4	K	23	4	K	23	4
V68	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	M	24	2
V69	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V71	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	M	41	2
V72	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	M	17	2
V75	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V87	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V102	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
V105	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	N	30	4
V106	-	0	0	-	0	0	-	0	0	D2	22	6	D2	22	6	D2	22	6
V107	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
F3	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
G2	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
N	G1	6	4	G1	6	4	G1	6	4	G1	6	4	G1	6	4	N	0	0

SKW	Rok 6			Rok 7			Rok 8			Rok 9			Rok 10			Rok 20		
	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM	CMG	odl.	PCM
V1	M	11	5	M	11	8	V60	6	8	V60	6	12	V60	6	12	V60	6	32
V7	M	7	4	M	7	4	M	7	8	M	7	8	M	7	12	V60	20	32
V9	M	6	4	M	6	4	M	6	8	M	6	8	M	6	10	M	6	0
V15	H1	9	3	H1	9	3	H1	9	3	V15	0	8	V15	0	8	V15	0	16
V16	H1	6	4	H1	6	4	H1	6	4	V16	0	0	V16	0	0	V16	0	0
V18	L	7	12	L	7	12	V18	0	0	V18	0	0	V18	0	0	V18	0	0
V20	J	11	6	J	11	6	J	11	6	J	11	6	V18	4	12	V18	4	24
V21	D2	6	8	D2	6	8	D2	6	8	V18	4	8	V18	4	8	V18	4	16
V23	N	18	2	N	18	4	N	18	4	N	18	4	N	18	4	N	18	8
V25	N	5	6	N	5	8	N	5	8	N	5	8	N	5	8	N	5	16
V27	H1	9	7	H1	9	7	H1	9	7	V16	3	10	V16	3	10	V16	3	24
V35	J	24	4	J	24	4	J	24	4	J	24	4	V16	12	12	V16	12	24
V40	J	19	4	J	19	8	J	19	8	J	19	8	V18	16	14	V18	16	32
V49	K	8	4	K	8	4	K	8	10	K	8	10	K	8	10	K	8	0
V54	K	23	4	K	23	6	K	23	6	K	23	6	K	23	8	V49	15	16
V68	M	24	2	M	24	2	V60	11	4	V60	11	4	V60	11	4	V60	11	8
V69	-	0	0	V60	4	4	V60	4	4	V60	4	8	V60	4	12	V60	4	32
V71	M	41	2	M	41	2	V60	28	4	V60	28	4	V60	28	4	V60	28	12
V72	M	17	2	M	17	2	M	17	4	M	17	4	M	17	4	V9	11	12
V75	M	28	2	M	28	2	M	28	4	M	28	4	M	28	6	V9	22	16
V87	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	V16	13	2	V16	13	8
V102	N	30	4	N	30	6	N	30	6	N	30	6	N	30	6	N	30	12
V105	D2	22	6	D2	22	6	D2	22	6	V18	17	12	V18	17	12	V18	17	24
V106	-	0	0	-	0	0	V18	16	2	V18	16	2	V18	16	2	V18	16	8
V107	-	0	0	-	0	0	V18	7	2	V18	7	4	V18	7	6	V18	7	12
F3	-	0	0	L	3	12	L	3	12	L	3	12	F3	0	0	F3	0	0
G2	-	0	0	L	4	8	L	4	8	G2	0	0	G2	0	0	G2	0	0
N	N	0	0	N	0	0	N	0	0	N	0	0	N	0	0	N	0	0

Koszty rozbudowy kabli, regeneratorów, instalacji, kanalizacji i rowów

Rok	Koszty faktyczne	Koszty modyfikowane	Wartość zaktualizowana kosztów
0	217,8	222,2	222,2
1	824,4	849,3	758,3
2	774,4	805,7	642,3
3	3252,2	3416,8	2432,0
4	5297,7	5619,8	3571,5
5	5194,1	5562,9	3156,5
6	7597,2	8214,1	4161,5
7	7189,0	7846,1	3549,2
8	5692,5	10665,2	4307,9
9	9924,0	11033,5	3978,8
10*	13393,6	15027,6	4838,5
20	21898,3	26803,5	2778,6

Całkowita wartość zaktualizowana kosztów transmisji dot. stopni wyniesionych w roku "10": 31396,5 w roku "20": 34175,1

Podane koszty nie obejmują kosztów w roku "0".

Koszty modyfikowane uwzględniają trendy kosztów i koszty roczne.

Sieć abonencka

Średnia odległość w [m] między szafką i macierzystą centralą główną

Cen.	Rok											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
A	7150	3993	3993	3993	3037	3037	3176	3176	3039	3039	3163	407
B	932	932	932	932	932	932	358	358	358	191	191	191
C	9040	5612	5612	3385	3385	3385	3128	3128	2922	2922	2922	2411
D	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442	2442
E	2991	2991	2991	1004	1004	1004	1004	1004	1004	691	691	691
F	8930	8803	8803	3706	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836	2836
G	5082	5082	5082	5082	5082	5082	5082	5082	5082	3900	2507	2507
H	0	2721	2721	2721	2721	2721	2721	2721	2721	2721	2721	2721
I	0	0	0	0	0	0	1511	1511	1624	1624	1624	1375
J	0	0	0	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
K	0	0	0	5793	5793	5793	5793	5793	5793	5793	5793	5793
L	0	0	0	0	1606	1606	1606	1606	1456	1456	1661	1661
M	0	0	0	1893	1893	1893	1893	1893	1683	1683	1683	2073
N	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rok	Faktyczny koszt rozbudowy	Koszt modyfikowany	Wartość zaktuali- zowana kosztów
0	40437,5	41246,3	41246,3
1	40782,3	45757,7	40855,1
2	41661,3	50993,4	40651,6
3	49327,1	65407,7	46555,9
4	41890,0	59819,0	38016,0
5	42105,4	64421,2	36554,3
6	41772,5	68172,7	34538,4
7	39262,3	68080,8	30796,8
8	44650,1	81977,5	33109,3
9	39648,1	76838,0	27708,6
10	37388,5	76272,6	24557,7
20	36451,8	111542,4	11563,2

Całkowita wartość zaktualizowana kosztów sieci abonenckiej w roku 10: 353343,3.

Całkowita wartość zaktualizowana kosztów sieci abonenckiej w roku 20: 364906,5.

Podane koszty nie obejmują kosztów w roku "0", natomiast uwzględniają koszty prac instalacyjnych.

Koszty modyfikowane uwzględniają trendy kosztów i koszty roczne.

Koszty budynków i zasilania

Tablica 47

Jedn. cen.	Typ	Rok	Koszty stałe	Pow. (m ²)	Koszt/m ²	Koszt zasil.	Koszty budynku
F3	B3	7	450	200	3,08	350	1415,0
I	B8	6	9000	1200	7,60	1800	19920,0
J	B8	3	9000	1200	1,16	1800	12192,0
K	B8	3	9000	1200	2,18	1800	13410,0
L	B7	4	7100	1000	3,20	1500	11800,0
M	B7	3	7100	1000	1,16	1500	9760,0
N	B2	0	250	150	0,20	175	455,0
N	B7	5	7100	1000	0,35	1500	8950,0
O	B6	10	5000	800	0,50	1100	6500,0
V1	B4	3	1000	250	0,15	350	1386,3
V1	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V7	B4	6	1000	250	0,19	350	1397,5
V7	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V9	B4	3	1000	250	0,15	350	1386,3
V9	B6	20	5000	800	0,40	1100	6420,0
V15	B4	1	1000	250	0,12	350	1378,8
V16	B2	1	250	150	0,12	175	442,3
V16	B6	9	5000	800	0,24	1100	6288,0
V18	B3	4	450	200	0,16	350	832,0
V18	B7	8	7100	1000	0,22	1500	8820,0
V20	B3	3	450	200	0,15	350	829,0
V20	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V21	B4	3	1000	250	0,15	350	1386,3
V23	B4	5	1000	250	0,17	350	1393,8
V25	B4	5	1000	250	0,17	350	1393,8
V27	B3	1	450	200	0,12	350	823,0
V27	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V35	B3	6	450	200	0,19	350	838,0
V35	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V40	B3	3	450	200	0,15	350	829,0
V40	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V54	B4	3	1000	250	0,15	350	1386,3
V68	B4	4	1000	250	0,16	350	1390,0
V69	B3	7	450	200	0,21	350	841,0
V69	B5	20	2700	500	0,40	700	3600,0
V71	B2	4	250	150	0,16	175	449,0
V71	B4	20	1000	250	0,40	350	1450,0
V72	B2	4	250	150	0,16	175	449,0
V72	B4	20	1000	250	0,40	350	1450,0
V76	B3	6	450	200	0,19	350	838,0
V76	B4	20	1000	250	0,40	350	1450,0
V87	B3	10	450	200	0,25	350	850,0
V102	B4	5	1000	250	0,17	350	1393,8
V105	B4	3	1000	250	0,15	350	1386,3
V106	B4	8	1000	250	0,22	350	1405,0
V107	B4	8	1000	250	0,22	350	1405,0

Rok	Koszt faktyczny	Wartość zaktualizowana kosztów
0	461,8	461,8
1	2683,7	2396,1
2	0	0
3	44610,5	31752,9
4	15143,8	9624,2
5	13328,2	7562,8
6	23338,4	11824,0
7	2289,8	1035,8
8	11804,4	4767,6
9	6382,3	2301,5
10	7460,3	2402,0
20	36508,5	3784,8

Całkowita wartość zaktualizowana kosztów budynków i zasilania w roku 10: 73666,9.

Całkowita wartość zaktualizowana kosztów budynków i zasilania w roku 20: 77451,7.

Podane koszty nie obejmują kosztów w roku 0, natomiast uwzględniają trendy kosztów i koszty roczne.

7.3. Porównanie kosztów czterech wybranych wariantów strategicznych

W tabl. 48 ÷ 51 zestawiono koszty składowe otrzymane dla 4 wymienionych wariantów, tj. koszty komutacji (tabl. 48), koszty transmisji (tabl. 49), koszty terenu i zasilania (tabl. 50) oraz koszty sieci abonenckiej (tabl. 51). Porównanie całkowitych kosztów wszystkich wariantów podano w tabl. 52. Dane zawarte w tych tablicach zilustrowano ponadto na rys. 50. Wszystkie podane koszty dotyczą wartości zaktualizowanej wyrażonej w tysiącach jednostek (z wyłączeniem kosztów sieci w roku "0"). Ostateczny wynik obliczeń kosztowych jest zatem taki, że najmniej kosztowny jest wariant 3, tj. z najmniejszą liczbą central, ale nie jest to przewaga znaczna.

Krótki komentarz do tych wyników:

- warianty 1 i 2 są bardzo zbliżone pod względem ekonomicznym i technicznym;
- wszystkie warianty mają zgrubsza koszty podobne; wariant 3 jest rzeczywiście najtańszy, ale różnica mieści się w granicach błędu;
- jeśli chodzi o personel, wariant 4 z 18 centralami będzie wymagał większej liczby wyszkolonego personelu, zarówno dla potrzeb instalacji jak i utrzymania;
- ten sam wariant 4 charakteryzuje się natomiast lepszą niezawodnością;
- przy większej liczbie central głównych jest większa elastyczność co do wprowadzania stopni wyniesionych na peryferiach.

Ogólny wniosek jest taki, że decyzja wyboru określonego wariantu rozbudowy sieci będzie oparta raczej na czynnikach nie-liczbowych, a nie na obliczonych kosztach. Należałoby tu podkreślić, że przytaczane różnice kosztów nie mają znaczenia praktycznego, ponieważ dane kosztowe użyte do badań nie odpowiadają rzeczywistym kosztom w żadnym kraju.

Tablica 48

Porównanie kosztów komutacji

Wariant	Rok "10"	Rok "20"
1	266,8	301,0
2	257,7	310,8
3	264,9	293,5
4	269,2	306,8

Tablica 49

Porównanie kosztów transmisji
(wersja 1 cyfryzacji)

Wariant	Rok "10"	Rok "20"
1	69,4	80,4
2	80,3	91,9
3	63,3	73,8
4	69,1	80,8

Tablica 50

Porównanie kosztów budynków i zasilania

Wariant	Rok "10"	Rok "20"
1	73,6	77,4
2	73,2	77,0
3	61,8	65,6
4	70,7	77,4

Tablica 51

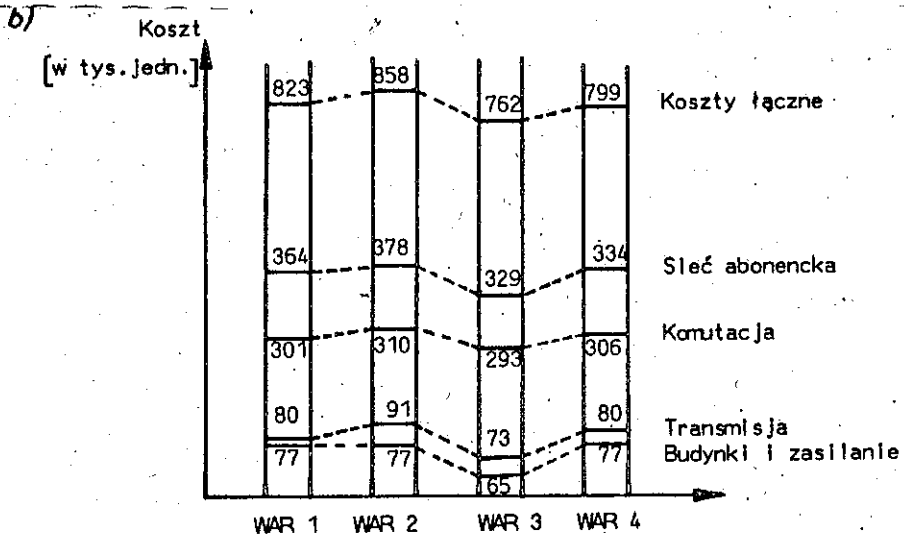
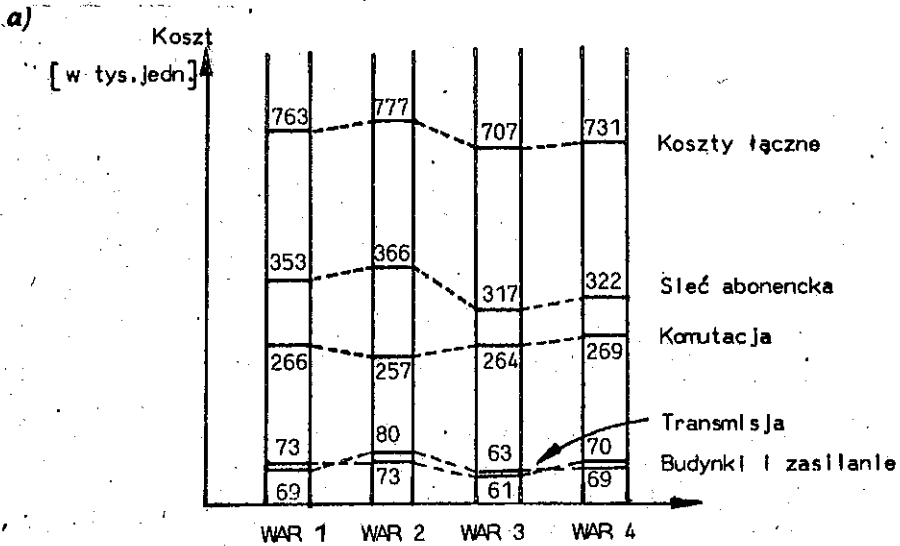
Porównanie kosztów sieci abonenckiej

Wariant	Rok "10"	Rok "20"
1	353,3	364,9
2	366,6	378,5
3	317,0	329,6
4	322,8	334,2

Tablica 52

Porównanie sumarycznych kosztów
każdego wariantu

Wariant	Rok "10"	Rok "20"
1	763,1	823,7
2	777,8	858,2
3	707,0	762,5
4	731,8	799,2



Rys. 50. Porównanie kosztów poszczególnych wariantów
 a) sieć w roku "10"; b) sieć w roku "20"

7.4. Podsumowanie i wnioski

Jak wspomniano we wstępie, celem tego studium było:

- zaproponowanie metody prognozowania liczby abonentów telefonicznych;
- wskazanie zbioru podstawowych danych opisujących sieć istniejącą, który należy zgromadzić;
- scharakteryzowanie sprzętu, który może być zastosowany i warunkowań technicznych;
- przedstawienie zależności niezbędnych do projektowania i obliczeń kosztowych.

Planowanie sieci rozpoczyna się od prognoz zapotrzebowania na łącza abonenckie. Prognozy te stanowią punkt wyjścia do wyznaczenia wielkości generowanego ruchu, zależnych od kategorii abonentów, pojemności central, możliwości rozbudowy i momentu instalacji nowych jednostek. Na podstawie tych oszacowań i pomiarów ruchu wyprowadzane są macierze ruchu.

Należy następnie zestawzić istniejące centrale (typ, pojemność, datę instalacji i likwidacji), istniejące trasy oraz środki transmisyjne. Mając te elementy i macierze ruchowe można przystąpić do projektowania sieci łączy międzycentralowych.

Następnym ważnym krokiem jest uzyskanie kompletnych, zaktualizowanych i porównywalnych danych kosztowych. Niestety w krajach rozwijających się istnieją duże trudności w określeniu kosztów stałych lub jednostkowych (na element wyposażenia lub na abonenta), które z kolei stanowią podstawową przesłankę wiarygodnych studiów planistycznych.

Przed podjęciem poważnych decyzji o przyszłej strukturze sieci, należy najpierw oszacować i porównać szerokie spektrum różnych scenariuszy. W ogólności studia kosztowe są pomocne przy planowaniu poważniejszych inwestycji i ma to szczególne znaczenie dla studiów krótkoterminowych. W badaniach długookresowych zależności kosztowe ułatwiają eliminację mniej obiecujących rozwiązań i mogą prowadzić do sformułowania reguł inżynierskich.

Z drugiej strony, należy zdawać sobie sprawę, że nie jest możliwe liczbowe ujęcie wszystkich czynników decyzyjnych. Czynniki liczbowe stanowią najłatwiejszą część zadania. Nie należy jednak wyciągać z tego wniosku, że rozwiązaniem najlepszym będzie bezwarunkowo rozwiązanie o najniższych kosztach (wartości zaktualizowanej).

Zaleca się usilnie, aby tego rodzaju studia długookresowe były podejmowane w regularnych odstępach czasu, np. co 2 lub 3 lata. Za każdym razem można będzie zastosować doskonalsze metody i uzyskać bardziej kompletne oraz wiarygodne wyniki. Lepsza znajomość sieci daje lepsze pojęcie o jej potrzebach. W pierwszej próbie brak jest kompletnego zbioru potrzebnych danych; następnym razem sytuacja powinna być znacznie lepsza,

Istniejąca sieć przechodzi proces naturalnej ewolucji i zmienia się rodzaj problemów do rozwiązania. Jeśli pewne decyzje są już podjęte, zmienia się liczba stopni swobody, a w miarę ustalania struktury sieci, w którymś momencie będą już podejmowane tylko decyzje drugorzędne. Planista uważający, że jego sieć jest "na rozdrożu", powinien za wszelką cenę unikać podejmowania nieodwracalnych decyzji.

WYKAZ LITERATURY

1. General network planning. UIT, Geneva 1983.
2. Economical and technical aspects of the choice of switching systems. UIT, Geneva 1981.
3. Economical and technical aspects of the transition from analogue to digital telecommunication network. UIT, Geneva 1984.
4. Local network planning. UIT, Geneva 1979.
5. Rural telecommunications, UIT, Geneva 1979 and Supplement No 1, 1983.
6. Case study on a rural network. UIT, Geneva 1982.
7. Case study on an urban network. UIT, Geneva 1984.
8. Krajowy Plan Transmisji dla polskiej sieci telefonicznej (KPT-86). IŁ, Warszawa 1987.
9. Plan numeracji krajowej dla polskiej automatycznej sieci telefonicznej (PNK-88). IŁ, Warszawa 1987.
10. Wytyczne opracowania koncepcji technicznego rozwoju telefonicznych sieci strefowych do roku 2010. IŁ - Zakład Sieci Telekomunikacyjnych, Warszawa 1988.

ISSN 0209-1046

