

AKADEMIA EKONOMICZNA W POZNANIU

Zeszyty Naukowe - Seria II

Prace doktorskie i habilitacyjne

Zeszyt 87

MAREK CIESIELSKI

**KOSZTY
KONGESTII TRANSPORTOWEJ
W MIASTACH**



POZNAŃ 1986

okładka przednia verso czysta

Poniższy tekst spoza publikacji:

Tytuł ten objęty jest autorskim i wydawniczym zakazem przetwarzania oraz reprodukcji tekstu w jakiegokolwiek postaci. Obowiązuje cytowanie go po wykorzystaniu całości lub nawet fragmentu.

AKADEMIA EKONOMICZNA W POZNANIU

Zeszyty Naukowe - Seria II

Prace doktorskie i habilitacyjne

Zeszyt 87

MAREK CIESIELSKI

**KOSZTY
KONGESTII TRANSPORTOWEJ
W MIASTACH**



POZNAŃ 1986

KOMITET REDAKCYJNY

*Edmund Ignasiak, Edmund Kurtys, Jerzy Skolik,
Antoni Sobczak (sekretarz), Halina Szulce (zastępca
przewodniczącego), Janusz Wierzbiński (przewodniczący),
Florian Wiśniewski*

RECENZENCI

Alfred Hornig, Andrzej Piskozub

Streszczenia obcojęzyczne

Larysa Banaś, Ewa Kotkowska



Wydano za zgodą Rektora
Akademii Ekonomicznej w Poznaniu
pismem z dnia 18.04.1986 r. znak: I/WU/78/86

WYDAWNICTWO AKADEMII EKONOMICZNEJ W POZNANIU
Adres Wydawnictwa: ul. Marchlewskiego 146/150, 60-967 Poznań
tel. 699-261 w. 1186

Wydanie I. Nakład 200+30 egz. Arkuszy wyd. 12,5. Arkuszy druku 11,0. Papier drukowy kl. V 71 g. Przyjęto do druku 25.04.1986 r. Podpisano do druku 24.07.1986 r. Druk ukończono we wrześniu 1986 r. Zamówienie nr S/193/86.I-7/105. Cena zł 125,-

Wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Poznańskiej
61-821 Poznań, ul. Ogrodowa 11, telefon 554-25

P. 1986 46/6

SPIS TREŚCI

Wstęp	5
1. Pojęcie, ietota i rodzeje kongestii transportowej	13
1.1. Kongestia jako kategoria ekonomiczna	13
1.2. Znaczenie kongestii transportowej i jej rodzeje	16
1.3. Kongestia na sieci drogowej	19
2. Przyczyny zatłoczenia komunikacyjnego miast	29
2.1. Czynniki wpływające na zatłoczenie komunikacyjne miast	29
2.2. Zatłoczenie e cechy rynku transportowego	34
2.3. Zatłoczenie e wielkość i struktura przestrzenna miast	41
3. Bezpośrednie koszty kongestii transportowej	54
3.1. Klasyfikacja i charakterystyka kosztów kongestii transportowej	54
3.2. Badanie bezpośrednich kosztów kongestii transportowej	66
3.3. Kongestia a funkcje kosztów transportu	73
4. Optymalny poziom produkcji transportowej w warunkach kongestii i pośrednie koszty kongestii	81
4.1. Funkcja celu w transporcie miejskim	81
4.2. Optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii	96
4.3. Pośrednie koszty kongestii transportowej	116
5. Koncepcje zmniejszania kosztów kongestii transportowej	125
5.1. Sposoby zmniejszenie kosztów kongestii transportowej	125
5.2. Opłaty, podatki i ceny jako narzędzia zmniejszania kongestii transportowej	126
5.3. Zmiany podaży i popytu e zmniejszanie kongestii transportowej	146
Zakończenie	159
Literatura cytowane	164
Spis tabel	174
Spis rysunków	174

WSTĘP

Termin „kongestia” oznacza odpowiednio do jego łacińskiego źródłosłowu skupienie lub nagromadzenie albo analogicznie do jego znaczenia w języku angielskim także zatłoczenie i przeciążenie. Przez kongestię transportową rozumie się najczęściej stan zatłoczenia infrastruktury transportowej i pojazdów. A. Altahuler definiuje kongestię transportową jako sytuację, w której popyt na obiekt infrastrukturalny uniemożliwia swobodny przepływ przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości ruchu¹. Tak więc, z ekonomicznego punktu widzenia kongestia pojawia się wtedy, gdy popyt na obiekty infrastruktury transportowej lub na usługi transportowe przekracza możliwości jego sprawnego obciążenia. Podstawą dla niniejszej pracy ekonomiczną definicję tego zjawiska przedstawiono na początku pierwszego rozdziału. Najogólniej rzecz biorąc, w ujęciu ekonomicznym kongestię można określić jako wzajemne oddziaływanie na siebie użytkowników infrastruktury transportowej, przesądzające o wzroście jednostkowych kosztów transportu. Jest to więc stan, w którym koszty krańcowe są wyższe od kosztów przeciętnych, a przyczyną wzrostu kosztów krańcowych jest rosnąca liczba użytkowników transportu. Odpowiednio koszty kongestii oznaczają niekorzyści wynikające z oddziaływania na siebie dużej liczby użytkowników transportu, a w tym i niekorzyści polegające na zmniejszeniu efektów produkcji transportowej. Zagadnienie kongestii transportowej wraz ze swym „lustrzanym odbiciem” – zagadnieniem nadmiernej przepustowości tworzą łącznie problem wykorzystania infrastruktury transportowej, który musi być rozpatrywany przy uwzględnieniu wszystkich korzyści i niekorzyści wspólnej produkcji lub konsumpcji.

Współcześni ekonomiści transportu uzasadniają potrzebę uprawiania ekonomiki transportu jako odrębnej dyscypliny nauk ekonomicznych specyfiką makroekonomicznych zagadnień transportowych, związanych przede wszystkim z tworzeniem i funkcjonowaniem infrastruktury transportowej². Rozpatrywanie zagadnień tworzenia i funkcjonowania infrastruktury transportowej napotyka na wiele trudności. Wiąże się to nie tylko ze stopniem

¹A. Altahuler: The Urban Transportation Problem. MIT s. 317.

²Por. A. Piekozub, przedmowa do polskiego wydania pracy: I.G. Heggie: *Ekonomika inweestycji transportowych*. Warszawa: WKiŁ 1978, s. 7.

skomplikowania problemów czyeto transportowych, lecz także z silnymi zewnętrznymi powiązaniem transportu, których nie można pomijać przy rozwiązywaniu tych zagadnień. Rozwój transportu i współzależny rozwój systemów obsługiwanych przez transport nędają coraz większe znaczenie takim problemom, jak związki między transportem e planowaniem przestrzennym, czy wpływ transportu na przebieg procesów gospoderczych i jakość życia. Problem kongestii transportowej stanowi niewątpliwie ważny element zagadnienie tworzenie i użytkowania infrastruktury transportowej i jest przy tym ściśle powiązany z wieloma innymi problemami ekładejącymi się na to zagadnienie. Także i ten problem, mimo jego fragmenterycznego charakteru, winien być rozpatrywany przy uwzględnieniu wezystkich powiązeń zewnętrzných i skutków społecznych, e w tym także skutków wykrezejących poza sferę działalności transportowej. Konieczne jest podporządkowanie się zesedom, w myśl których transport uważany jest obecnie raczej za gałąź ekonomiki dobrobytu, w której ekonomika rynkowa odgrywa rolę drugorzędną, niż za gałąź ekonomiki rynkowej z pewnymi tylko implikacjami z dziedziny ekonomiki dobrobytu³. Trudno jest ocenić, czy ranga problemu kongestii rośnie w miarę rozwoju eystemów transportowych. Nie ulega jednak wątpliwości, iż wzrost skali działalności transportowej pociąge za sobą zwiększenie niekorzyetnych ekonomicznych skutków kongestii i jej społecznej dolegliwości. Tak więc zarówno znaczenie zespółu problemów dotyczących infrastruktury transportowej, jak i znaczenie samego problemu kongestii uzasadnia podejmowanie prac nad ekonomicznymi aspektami tego zjawieka.

Kongestia jest tylko jednym ze zjawiaek zachodzących w procesie produkcji transportowej. Problemy kongestii winny być więc badane jako zagadnienie produkcji transportowej w warunkach kongestii. Nie odrzucając takiego sposobu rozumienia problemów kongestii transportowej, uznano za celowe przyjęcie kongestii jako przedmiotu pracy. Nie wiąge się to z przypisywaniem temu zjawieku samostnego bytu względem procesu produkcji transportowej. Jest to tylko zabieg metodyczny, umożliwiający koncentrację uwagi na mniej znanych w polskiej ekonomice transportu problemach produkcji w warunkach kongestii i pozwalający jednocześnie na pobieżne potraktowanie innych, wezechstronnie zbadanych problemów. Określa to więc tylko sposób rozpatrywanie kongestii, a nie spoeób jej rozumienia. Praktyczne problemy etwarzane przez kongestię kryje eię często w zespołach ściśle powiązanych ze sobą zagadniań, dotyczących szerokiego zakresu zjawisk. Wyetępują one jednak także w postaci problemów samodzielnych. Nadto rozwiązanie problemów związanych z kongestią może być w wielu przypadkach podstawą rozwiązania szerszych problemów transportowych. Stąd

³Por. J.M. Thomson: Nowoczeana ekonomike transportu. Werszawa: WKiŁ 1978, s. 15.

też w polityce transportowej nadaje się różną rangę celom zmierzającym do zmniejszenia kongestii. Są one zawarte w celach ogólniejszych, występują jako jeden z celów głównych lub też przyjmują postać jedyne go celu głównego dla pewnego wycinka polityki transportowej. Istnieją więc przesłanki do wyizolowania problemów kongestii, jak i do badania ich w aspekcie szerszych zjawisk i procesów transportowych.

Znajomość prawidłowości rządzących zjawiskami transportowymi pozwala na efektywny rozdział zasobów między transport i inne rodzaje działalności oraz na efektywny rozdział zasobów w samym systemie transportowym. Jest to więc niezbędny warunek prowadzenia racjonalnej polityki transportowej. Warunek ten odnosi się także do prawidłowości i współzależności związanych z kongestią transportową. Kongestia wpływa na koszty i korzyści powstające w działalności transportowej, a więc nie powinna kształtować się w sposób żywiołowy. W produkcji transportowej w warunkach kongestii występuje powszechnie tendencja do powstawania stanów ocenianych negatywnie z transportowego, ogólnogospodarczego i społecznego punktu widzenia. Wskazuje się, iż produkcja w warunkach kongestii przebiega często niezgodnie z wzorcem, który można odczytać z ogólnych założeń przyjmowanych dla produkcji transportowej. Koszty kongestii osiągnęły często bardzo wysoki poziom. Ich zakres i sposób powstania nie jest przy tym dostatecznie poznany. Kongestia musi być więc kształtowana w sposób racjonalny. Jeżeli nie jest możliwe lub nie jest celowe całkowite wyeliminowanie kongestii, to należy dążyć do utrzymywania jej na poziomie ekonomicznie uzasadnionym względem przyjętej w systemie transportowym funkcji celu. Ten postulat wymaga rozwiązania problemów, które można sprowadzić do pytania: jaki powinien być poziom kongestii i jak najlepiej osiągnąć taki poziom? Dla udzielenia odpowiedzi na to pytanie konieczne jest oczywiście poznanie samego zjawiska kongestii. Kształtowanie kongestii transportowej wymaga więc pewnego minimum wiedzy teoretyczno-wyjaśniającej i postuletywnej, niezbędnej dla objęcia jej kosztów rachunkiem ekonomicznym. Wiedza ta nie musi być oczywiście tworzona od podstaw. Możliwe jest tutaj szerokie bezpośrednie lub pośrednie wykorzystanie istniejącego dorobku ekonomiki transportu i innych dyscyplin ekonomicznych. Konieczne są jednak dziełenle polegające na selekcji, łączeniu, modyfikacji i uzupełnianiu twierdzeń i postulatów ekonomiki transportu, prowadzące do sformułowania systemu ekonomicznej wiedzy o kongestii, przystającego do teoretyczno-postuletywnego dorobku ekonomiki transportu. W trakcie systematyzacji ekonomicznej wiedzy o kongestii transportowej nie należy przy tym rozdzielać całkowicie wiedzy o charakterze wyjaśniającym i postuletywnym. Centralną częścią tego systemu winny być bowiem wyniki badań dotyczących ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii, przyczyn przekroczenia przez kongestię tego poziomu i sposobów oddziaływania na produkcję transportową dla zmniejszenia kongestii. Rozwiązanie najważniejszych - ściśle ze sobą powiązanych - problemów kongestii transportowej wymaga więc zarówno wiedzy wyjaśniającej, jak i postuletywnej.

W polskiej ekonomice transportu przywiązuje się zbyt małą wagę do problematyki kongestii, mimo iż w miarę rozwoju transportu i rozwoju systemów obsługiwanych przez transport problemy kongestii niebierają coraz to większego znaczenia. Wynika stąd oczywisty postulat intensyfikacji badań nad kongestią transportową. W badaniach tych możliwe jest wykorzystanie zarówno dorobku polskiej ekonomiki transportu, jak i wykorzystanie wiedzy dotyczącej kongestii, zawartej w literaturze obcej. Stąd, też postulat intensyfikacji badań nad kongestią można i - jak się wydaje - należy połączyć z zadaniami tworzenia systemu ekonomicznej wiedzy o kongestii. Teza ta została potraktowana jako wytyczne przy ustaleniu celu niniejszej pracy. Przyjęto bowiem, iż cel ten winien być tak sformułowany, aby jego realizacja pozwalała na wstępną systematyzację wiedzy w zakresie kongestii transportowej.

Sformułowane wyżej wymagania dla objęcia kongestii transportowej ramkami ekonomicznymi winny być zrealizowane w odniesieniu do wszystkich przejawów tego zjawiska we wszystkich systemach ekonomiczno-przestrzennych. Niemniej w tej pracy ograniczono zakres rzeczowy rozważań do kongestii w miastach, zwracając przy tym szczególną uwagę na kongestię na sieci drogowej. Ograniczenie zakresu zostało podyktowane dążeniem do wszechstronnego ujęcia zagadnień związanych z kongestią. Natomiast wybór takiego zakresu wynika z przeświadczenia, iż ten rodzaj kongestii kumuluje w sobie wszystkie problemy związane z tym zjawiskiem w najbardziej skomplikowany sposób i jednocześnie łączy się najsilniej ze zjawiskami zachodzącymi poza transportem. Jak stwierdził A.A. Walters: „kongestia jest poważniejszym problemem tylko w miastach”⁴. Stwarza to możliwość przedstawienia pełnego ujęcia problemowego zagadnienia kongestii, bez rozpatrywania szczegółowych problemów związanych z jej różnymi przejawami.

Celem pracy jest wyjaśnienie procesu powstawania i identyfikacja kosztów kongestii w miastach oraz wskazanie sposobów zmniejszania tych kosztów. Ustalenie przyczyn powstawania kosztów kongestii i określenie sposobów ich zmniejszania wymaga konfrontacji nieoptymalnych stanów rzeczywistych ze stanem optymalnym. Tak więc dla realizacji celu pracy konieczne jest wyznaczenie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii transportowej w mieście. Wyznaczenie tego poziomu jest kluczowym zadaniem dla rozwiązania postawionych problemów i może być jednocześnie traktowane jako dodatkowy cel pracy. Wyznaczenie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii ułatwi identyfikację pełnego zakresu kosztów kongestii i upraszcza wyjaśnienie przyczyn ich powstawania. Jednocześnie dla ustalenia tego poziomu konieczna jest znajomość zakresu i charakterystyki kosztów kongestii, a także sposobu ich powstawania. Zagadnienie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii, kosztów kongestii i przyczyn ich powstawania są więc ze sobą ściśle powiązane. Rozwiązanie tego zespołu problemów

⁴ A.A. Walters: The Economics of Road User Charges. International Bank for Reconstruction and Development. Occasional Paper 5 1968, s. 177.

umożliwia przyjęcie założenia, iż ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii transportowej w mieście jest wyznaczany przez optymalny poziom wykorzystania infrastruktury transportowej a optimum wykorzystania infrastruktury transportowej winno być adaptacją i rozwinięciem optimum ekonomicznego, sformułowanego w teorii produkcji i traktowanego w niektórych opracowaniach jako ogólny wzorzec wyznaczanie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii. Sprowadza to jednocześnie zmiana wyznaczenia tego poziomu do zbudowania odpowiedniego modelu teoretycznego, który pozwoliłby z jednej strony na udowodnienie zgodności wspomnianego optimum z funkcjami celu przyjmowanymi dla systemów transportowych miast, a z drugiej strony mógłby służyć do sformułowania wniosków o charakterze postulatycznym.

Ogólny cel pracy zrealizowano wyznaczając cele szczegółowe. Dążono przy tym do ograniczenia ich liczby poprzez użycie wysoki stopnia eluźebności poszczególne celów względem siebie. Ustalono następujące cele szczególne:

- sprecyzowanie istoty kongestii transportowej w znaczeniu eksploatacyjnym i ekonomicznym oraz określenie związków między eksploatacyjną i ekonomiczną naturą kongestii,
- wyjaśnienie i systematyzacja przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego miast,
- identyfikacja, klasyfikacja i charakterystyka bezpośrednich kosztów kongestii transportowej,
- wyznaczenie funkcji kosztów transportu w warunkach występowania kongestii,
- analiza funkcji celu przyjmowanych dla systemów transportowych miast, badania związków między tymi funkcjami i opracowanie ogólnej postaci takiej funkcji,
- wyznaczenie optimum wykorzystania infrastruktury transportowej w miastach,
- określenie pełnego zakresu kosztów kongestii, powstających w wyniku przekraczania optymalnego poziomu wykorzystania infrastruktury transportowej,
- ustalenie głównych ograniczeń i barier zmniejszania kongestii transportowej,
- ocena znanych i wskazanie nowych sposobów zmniejszania kongestii transportowej.

Przyjęte cele szczegółowe przesądziły o układzie pracy. W jej pierwszym rozdziale przedstawiono ekonomiczną istotę pojęcia kongestii transportowej, sklasyfikowano to zjawisko oraz zaprezentowano zarys eksploatacyjnych aspektów kongestii na sieci transportowej. W następnym rozdziale zidentyfikowano czynniki wpływające na zatłoczenie miast oraz przeanalizowano proces powstawania takiego zatłoczenia. Analizę procesu prowadzącego do zatłoczenia komunikacyjnego miast podzielono na dwa etapy. W pierwszym z nich dokonano konfrontacji cech podaży, popytu i cen w transporcie na tle ogólnych prawidłowości związanych z nieograniczono-

cią potrzeb i ograniczonością zasobów. W drugim etapie rozważono problem kongestii w aspekcie powiązań między rozwojem miasta i rozwojem jego systemu transportowego. Ustalono czynniki i mechanizmy aprzyjające powstawaniu zatłoczenia komunikacyjnego i przeaędzająca o uniwersalności tego zjawiska. Wskazano, że o przebiegu procesu powstawania kosztów kongestii dacydują prawidłowości określające zależności między podażą i popytem w transporcie. Zasadniczą przyczyną zatłoczenia są rozbieżności między prywatnymi i społecznymi kosztami transportu jako funkcjami wielkości miasta i intansywności działalności gospodarczej i społecznej w mieście. Jak wykazano w dalezych częściach pracy, na zatłoczenia sieci drogowej wpływa także zjawisko niedoezacowywania kosztów własnych przez użytkowników pojazdów indywidualnych. W następnej części pracy scharakteryzowano koszty kongestii, traktując je jako część składową globalnych kosztów transportu. Ustalono, iż kongestia wywołuje koszty bezpośrednie i pośrednie. Bezpośrednia koszty kongestii dacydują o kształcie funkcji kosztów transportu dla produkcji w warunkach kongestii. Koszty pośrednie powstają wtedy, gdy kongestia przekracza poziom wyznaczony przez model optymalnego wykorzystania infrastruktury transportowej. Koszty te przejawiają się w postaci strat ponoszonych przez otoczenie transportu. W dalszych częściach pracy - po wyznaczeniu ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii - ustalono, iż koszty pośrednie mogą być rezultatem przekroczenia tego poziomu lub rezultatem niedoinwestowania transportu. Skutki zatłoczenia spowodowanego niedoinwestowaniem transportu i skutki kongestii związanej z przekroczeniem jej uzasadnionego poziomu są przeciwstawne. Ewentualne kompensowanie się tych skutków wiąże się za wzrostem bezpośrednich kosztów kongestii i pogorszeniem wartości funkcji celu dla transportu.

Następny czwarty rozdział pracy poświęcono ekonomicznie uzasadnionemu poziomowi kongestii i tym kosztom kongestii, które nie mogły być rozpatrywane przed wyznaczeniem optimum wykorzystania infrastruktury transportowej. Budowę modelu wskazującego optimum wykorzystania infrastruktury poprzedzono analizą funkcji celu stosowanych przy ocenie i kształtowaniu systemów transportowych miast. Przeprowadzona analiza dowiodła, iż koncepcja optimum ekonomicznego może - po pewnej adaptacji - służyć do wyznaczania optimum wykorzystania infrastruktury transportowej w miastach. Przy wyznaczaniu tego optimum można przyjmować zamiennie dwie podstawowe funkcje celu w postaci maksymalizacji nadwyżki społecznej i minimalizacji globalnych kosztów transportu. Dla wyznaczenia optimum posłużono się dwoma podstawowymi kategoriami. Pierwszą z nich jest nadwyżka konsumenta, którą w rozpatrywanym modelu wyznacza przebieg funkcji popytu i poziom łącznej ceny. Drugą kategorią jest quasi-renta oznaczająca potencjalny przychód od kapitału zainwestowanego w infrastrukturę transportową. Jej wielkość zależy od przebiegu funkcji kosztów krańcowych i łącznej ceny. Optymalny poziom wykorzystania infrastruktury wyznacza stan, przy którym suma uzyskanej nadwyżki konsumenta i quasi-renty osiąga maksimum. Korzyści łączne są maksymalne, a wykorzystania infra-

struktury optymalne, gdy produkcja transportowa osiąga wielkość, przy której krzywa kosztów krańcowych przecina krzywą popytu. Tak wyznaczone optimum odnosi się tylko do okresów krótkich. Konfrontując warunki osiągnięcia ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii z wynikami analizy zatłoczenia komunikacyjnego miast, wskazano iż stan optymalny nie jest stanem równowagi i nie może być osiągnięty bez ingerencji z zewnątrz. Jeśli nie są spełnione warunki optimum, stan równowagi jest osiągany przy wyższych kosztach kongestii. Nadto stany optymalne osiągnięte za pomocą różnych sposobów i stany równowagi różniące się udziałem „kosztów niedoatrzymanych” charakteryzują się niejednakowym podziałem korzyści netto między użytkowników transportu, budżet drogowy i przewoźników.

Piąty rozdział pracy poświęcono zagadnieniu zmniejszania kosztów kongestii transportowej. Szczególną rangę nadano w nim problemom zmniejszania kongestii za pomocą cen, opłat i podatków pośrednich. Stwierdzono, iż zgodnie z wnioskami wynikającymi z omawianego wcześniej modelu, ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii może być utrzymany przy stosowaniu w systemie transportowym miasta zasad ustalania cen wprowadzających relacje cen łącznych i kosztów krańcowych do warunków optimum Pareto. Zrównanie cen łącznych z kosztami krańcowymi daje przy tym szczególnie dobre rezultaty, jeśli na sieci drogowej gęstość ruchu przekracza gęstość optymalną względem maksymalnego przepływu. W tej części pracy oceniono przydatność cen transportowych, opłat za korzystanie z sieci drogowej i podatków pośrednich jako instrumentów zmniejszania kongestii. Ustalono także zasadnicze trudności i bariery wdrażania polityki cenowej opartej na modelu optimum. Wskazano przy tym na niemożność pełnej akceptacji rozwiązań rynkowych w systemach transportowych miast. Sformułowano następnie koncepcję polityki cenowej umożliwiającej obejście owych barier i trudności, a wykorzystującą przyjęty model optimum i teorię drugiego najlepszego rozwiązania. W dalszej części tego rozdziału skoncentrowano się na problemach zmniejszania kongestii w okresach długich. Przeanalizowano wpływ zmian podaży transportowej na poziom kongestii i sformułowano wnioski, jakie stwarza zjawisko kongestii wobec zadań i sposobów przeprowadzania rachunku ekonomicznego w transporcie. Wskazano na możliwości zmniejszania kongestii tkwiące w zmianach struktury przestrzennej miasta. Następnie oceniono możliwości rozpatrywania kongestii na etapie planowania rozwoju miasta i jego systemu transportowego. Sformułowano także ogólną postać kryterium oceny programów rozwoju miast z punktu widzenia wpływu nowego ruchu na koszty kongestii transportowej.

Należy podkreślić, iż nie ma potrzeby formułowania kompleksowej szczegółowej metodyki rachunku ekonomicznego dla zagadnień kongestii transportowej. W odniesieniu do kongestii i jej kosztów mogą bowiem mieć zastosowanie zasady postępowania i procedury stosowane i proponowane dla przeprowadzania rachunku ekonomicznego w transporcie. Trudności metodyczne i rachunkowe wyetępowujące przy dokonywaniu wyboru ekonomicznego w odniesieniu do zagadnień kongestii transportowej nie różnią się przy tym

w ewej istocie od znanych trudności epotykanych przy dokonywaniu wyboru ekonomicznego w transporcie. Ogólne zasady obliczania kosztów kongestii wynikają z takich zasad przyjętych dla kosztów transportu, jako że te ostatnie zawierają w sobie koszty kongestii. Zbadania i wyjaśnienia wymagają jedynie pewne zagadnienia szczegółowe, dotyczące szacowania kosztów kongestii i przewidywania ich zmian. Zagadnienia te omówiono w rozdziale trzecim. Podejmowanie racjonalnych decyzji dotyczących kongestii transportowej wymaga wielu danych i informacji odnoszących się do stanów obecnych i przyszłych. Uzyskanie takich informacji, dotyczących przykładowo wartości czasu użytkowników infrastruktury transportowej, elastyczności cenowej popytu czy zachowań komunikacyjnych jest trudne z uwagi na niedoskonałość znanych metod badania, a także z uwagi na niedostateczny stopień poznania odpowiednich zjawisk. Skomplikowany zespół takich problemów odnosi się jednak do całości problematyki transportowej i nie ma potrzeby specjalnego rozpatrywania ich w odniesieniu do kongestii. Nie przeczę to oczywiście o niecelowości podejmowania prac nad wybranymi zagadnieniami w kontekście zjawiska kongestii transportowej.

1. POJĘCIE, ISTOTA I RODZAJE KONGESTII TRANSPORTOWEJ

1.1. Kongestia jako kategoria ekonomiczna

W polskiej literaturze ekonomicznej termin „kongestia” używany jest głównie w odniesieniu do transportu, a w tym przede wszystkim dla określenia stanu zatłoczenia portów morskich. Jednakże zakres występowania kongestii jest o wiele szerszy. Jej przejawy obserwują się w wszystkich rodzajach działalności gospodarczej i społecznej. Różna jest tylko nasilenie tego zjawiska i jego znaczenie w poszczególnych rodzajach działalności, wyrażające się wpływem kongestii na wielkość ponoszonych nakładów i osiągnięte rezultaty. Najbardziej uciążliwe - i tym samym najbardziej znane - są te przejawy kongestii, które powodują duże straty czasu. Dlatego też kongestię określa się często jako wyczekiwania na możliwość uzyskania pewnego dobra, spowodowane przez innych nabywców lub użytkowników¹. Istotne są przy tym nie tylko straty czasu uczestników procesów gospodarczych i społecznych, lecz także straty czasu polegające na zmniejszeniu wykorzystania wszystkich czynników produkcji i dóbr konsumpcyjnych. Wskazuje na to I. Tarski, który definiuje kongestię transportową w aspekcie cyklu środka transportu jako niemożność natychmiastowej obsługi środka transportu przez infrastrukturę transportową z powodu konieczności jednoczesnej obsługi innych środków transportu². Należy jednak zaznaczyć, iż wzajemne oddziaływanie użytkowników lub konsumentów pewnych dóbr może powodować także inne straty, nie związane z czasem użytkowania czy konsumpcji.

Zjawisko kongestii może występować przy użytkowaniu lub konsumpcji wszystkich dóbr, i to zarówno dóbr ekonomicznych jak i dóbr wolnych. Niemniej kongestię wiąże się zazwyczaj z problemami tzw. dóbr publicznych, a więc dóbr, które muszą być konsumowane wspólnie. Na ścisłe powiązanie

¹Por. J.M. Thomaon: op. cit. s. 69.

²I. Tarski: Czynniki czasu w procesie transportowym. Warszawa: WKiŁ 1976, s. 85.

między wspólną konsumpcją a kongestią wskazuje J. Rothenberg, określając warunki występowania kongestii jako sytuację, w której więcej niż jeden nabywca ubiega się o pewne dobro, które nie może być dostarczona w postaci oddzielnych jednostek³. Sytuacja ta prowadzi do powstania kongestii wtedy, gdy obecność innych konsumentów powoduje skutki negatywne. Przykładowo pojawienie się w porcie takiej liczby statków, która przekracza możliwości szybkiej ich obsługi powoduje znaczne straty, obciążające bezpośrednio armatorów i załadowców. Dla danego statku oczekującego na redzie straty te są wynikiem obecności wszystkich statków, które pojawiły się wcześniej lub też z innych powodów będą obsługiwane przed nim. Dla ścisłego zdefiniowania kongestii konieczne jest jednak bardziej precyzyjne określenie warunków jej występowania w działalności gospodarczej. Poza wynikającym z ogólnej definicji kongestii warunkiem pojawiania się w tym samym czasie większej liczby nabywców lub użytkowników można wskazać na dwa warunki dodatkowe, przesądzające o tym, iż większa liczba konsumentów lub użytkowników powoduje negatywne skutki. Po pierwsze kongestia zachodzi tylko w takiej działalności gospodarczej, w toku której nabywcy lub użytkownicy dobra poświęcają dla jego uzyskania pewne zasoby. Może to przyjmować postać zużycia środków produkcji i innych dóbr, strat czasu lub też przejawiać się w jeszcze innej formie. Po drugie ilość zasobów wydatkowanych na jednostkę uzyskiwanego dobra lub też jakość tego dobra muszą być ściśle uzależnione od czasu jego nabycia lub uzyskania⁴. Nie jest przy tym istotne, co jest obiektywną przyczyną lub też zostanie uznane za przyczynę powstania takich warunków. Ważne jest tylko to, że liczba nabywców lub użytkowników dobra decyduje o wielkości wydatkowanych zasobów lub o stopniu obniżenia jakości tego dobra.

Istotą zjawiska kongestii nie jest samo korzystanie z infrastruktury transportowej i pojazdów przez pewną liczbę użytkowników, lecz to, że użytkownicy oddziałują wzajemnie na siebie, powodując negatywne skutki eksploatacyjne i ekonomiczne. Takie oddziaływanie ma miejsce zarówno przy małej, jak i dużej liczbie użytkowników transportu, a wspomniane negatywne skutki eksploatacyjne i ekonomiczne są rosnącą funkcją liczby użytkowników infrastruktury transportowej oraz pojazdów, i tylko przy bardzo małej liczbie tych użytkowników są nieistotne lub nawet niezauważalne. Jednakże nie każdy poziom tego zjawiska oznacza występowanie kongestii. Z eksploatacyjnego punktu widzenia kongestia, czyli zatłoczenie, pojawia się w momencie, gdy popyt na obiekty infrastruktury transportowej lub na usługi transportowa przekracza możliwości jej sprawnego obsłu-

³J. Rothenberg: The economics of congestion and pollution: an integrated view. The American Economic Review: Papers and Proceedings, 1970 v. 60 nr 2 s. 114.

⁴Por. H. Mohring: Transportation Economics. Cambridge Mass: Ballinger Publishing Company, 1976, s. 15.

zenia. Natomiast z ekonomicznego punktu widzenia, o tym kiady wzajemne oddziaływanie użytkowników transportu staje się kongestią, przesądza wpływ tego zjawiska na koszty transportu. Wspólne korzystanie z infrastruktury transportowej i pojazdów wiąże się zawsze z pewnymi kosztami, a przyrost liczby użytkowników zwiększa te koszty. Jednakże w zagadnieniu wykorzystania infrastruktury transportowej występują dwa odmienne rodzaje zjawisk i problemów. Teoretyczną granicą między nimi jest stan, w którym łączne jednostkowe koszty transportu są najniższe, czyli stan określany w teorii produkcji jako optimum techniczno-ekonomiczne. Jeśli liczba użytkowników jest mniejsza od tej, jaka wyznacza to optimum, każdy dodatkowy użytkownik powoduje zmniejszenie kosztów jednostkowych, mimo iż koszty wspólnej konsumpcji rosną. Występuje wówczas problem nadmiernej przepustowości. Natomiast jeśli liczba użytkowników przekracza wielkość optymalną, jednostkowe koszty transportu rosną, a czynnikiem decydującym o ich zmianach jest wzajemne oddziaływanie uczestników ruchu. Koszty krańcowe są wtedy wyższe od przeciętnych kosztów transportu. Taki stan oznacza występowanie kongestii. Kongestię transportową można więc określić jako wzajemne oddziaływanie na siebie użytkowników infrastruktury transportowej i pojazdów, decydujące o wzroście jednostkowych kosztów transportu. Przy takim rozumieniu kongestii jej początek w ujęciu eksploatacyjnym może nie pokrywać się z początkiem kongestii w znaczeniu ekonomicznym. Wielka różnorodność charakteryzująca zjawiska transportowe uniemożliwia jednak taką zdefiniowanie kongestii, aby zawsze początek kongestii w ujęciu eksploatacyjnym oznaczał jednocześnie początek kongestii w rozumieniu ekonomicznym.

Należy zaznaczyć, iż niekiedy traktuje się kongestię i skażenie środowiska jako przejawy tego samego zjawiska, określanego mianem ogólnej kongestii⁵. Wówczas „czystą” kongestię i „czyste” skażenie środowiska rozpatruje się jako specjalne przypadki ogólnego zjawiska kongestii. „Czysta” kongestia odpowiada sytuacji, w której wszyscy użytkownicy wywołują jednakowe skutki negatywne na jednoetkę aktywności i jednakowo doświadczają tych skutków. „Czyste” zanieczyszczenie środowiska obejmuje przypadki, gdy jedni użytkownicy wywołują skutki negatywne, a inni nie, lecz tylko ci ostatni ich doświadczają. Natomiast przez przypadek kongestii ogólnej rozumie się sytuację, w której wszyscy użytkownicy wywołują negatywne skutki i ich doświadczają, ale różnią się co do stopnia udziału w wywoływaniu i doświadczaniu tych skutków. Taki sposób rozumienia kongestii ma wiele zalet. Są one szczególnie widoczne przy rozpatrywaniu prawnych i atycznych aspektów kongestii i skażenia środowiska. Może on być także przydatny przy badaniu zjawisk ekonomicznych. Nie wyklucza to jednak możliwości i celowości rozdzielnego używania pojęć kongestii i zanieczyszczenia środowiska, tak jak to ma miejsce w niniejszej pracy. Należy jednak wskazać na ważną informację zawartą w pojęciu ogólnej kongestii, a mianowicie stwierdzenie występowania ścisłych współzależności między kongestią a skażeniem środowiska.

⁵Por. J. Rothenberg: op. cit. s. 115.

Kongestia występuje zarówno w sferze produkcji, jak i konsumpcji. W sferze produkcji kongestia łączy się ściśle z problemem substytucji czynników produkcji. O nasileniu kongestii mogą decydować proporcje między nakładami inwestycyjnymi a nakładami bieżącymi, między uzbrojeniem technicznym a zatrudnieniem, a także i inne proporcje między nakładami na poszczególne elementy danego systemu ekonomicznego. Należy podkreślić, iż powszechność występowania kongestii nie przesądza o wysokości ponoszonych w związku z nią kosztów. Większość przejawów kongestii dotyczy kongestii o małym nasileniu i wiąże się wyłącznie z problemami bieżącej organizacji produkcji i konsumpcji. Jedyne niektóre jej przejawy powodują duże straty i winny być przedmiotem zainteresowania polityki gospodarczej i nauki. Koszty kongestii są elementem kosztów produkcji. Wyodrębnienie tej kategorii kosztów wymaga jednak szczególnego podejścia do analizy kosztów. Koszty kongestii mogą przy tym stanowić przejaw niekorzyści produkcji na dużą skalę. Kongestia w sferze produkcji poprzez swój wpływ na koszty produkcji, a kongestia w sferze konsumpcji także bezpośrednio, wpływają na łączną cenę jaką płaci konsument lub użytkownik za jakieś dobro, łączna cena obejmująca bezpośrednio wydatki pieniężne oraz koszty i straty związane z uzyskaniem dobra, wpływa z kolei na popyt na to dobro. Przy danej podaży popyt, a w tym jego struktura przestrzennie - czasowa, przesądza o nasileniu kongestii. Tak więc kongestia łączy się bezpośrednio z takimi kategoriami ekonomicznymi, jak: produkcja, podaż, popyt, koszty i ceny, i wywiera wpływ na zachodzące między nimi interakcje.

1.2. Znaczenie kongestii transportowej i jej rodzaje

Jak już wspomniano, kongestia jest zjawiskiem powszechnym. Jednakże nigdzie kongestia nie przejawia się na taką skalę jak w transporcie. Wynika to z następujących przyczyn⁶:

- istnieją duża fluktuacja popytu na usługi transportowe zarówno w czasie, jak i w przestrzeni,
- mniej zrobiono w transporcie niż w produkcji innych usług, aby złagodzić nierównomierność, a zwłaszcza szczyty popytu,
- podaż usług transportowych jest mało elastyczna w dostosowaniu do popytu zmieniającego się w czasie i w przestrzeni,
- podaż usług transportowych jest zazwyczaj bardziej zawodna pod względem technologicznym niż innych usług (wpływ warunków meteorologicznych i klimatycznych),
- dodatkowa zdolność przewozowa dużo kosztuje.

⁶I. Tarski: op. cit. s. 85.

Kongestia transportowe powodują o wiele poważniejsze skutki ekonomiczne niż inne jej rodzaje. Można wskazać na trzy najbardziej spektakularne przejawy kongestii transportowej: zatłoczenie portów morskich, zatłoczenie portów lotniczych i przestrzeni nad nimi oraz zatłoczenie układów drogowo - ulicznych w miastach. Oczekiwanie statków na redzie trwa nierzadko kilka lub kilkanaście dni, a samoloty krążą niekiedy nad lotniskiem w oczekiwaniu na zezwolenie na lądowanie przez czas, w którym mogłyby przelecieć kilkadziesiąt, a nawet kilkaset kilometrów. Uciążliwość kongestii transportowej w miastach jest powszechnie znana. Skutki nasilonej kongestii transportowej wykraczają często poza sferę transportu. Ekstremalnym przykładem rozległości skutków kongestii transportowej są zjawiska, jakie miały miejsce w Arabii Saudyjskiej w latach 1976 - 1977. Panująca wówczas w portach Dammam i Jeddah kongestia spowodowała bezpośrednie straty sięgające 0,75 mln dolarów USA dziennie, wpłynęła na wzrost stopy inflacji w tym kraju i zahamowała realizację wielu projektów rozwojowych⁷.

Warto zwrócić uwagę na wyraźną współzależność między występowaniem kongestii w transporcie a stopniem decentralizacji użytkowania infrastruktury transportowej. W transporcie kolejowym, gdzie decyzje o użytkowaniu infrastruktury są podejmowane w sposób scentralizowany, kongestia występuje rzadziej niż w transporcie lotniczym czy też samochodowym, w którym mamy do czynienia z wielką liczbą użytkowników infrastruktury, podejmujących decyzje o skorzystaniu z niej w sposób częściowo lub całkowicie zdecentralizowany.

Zmniejszenie kongestii transportowej wymaga z reguły dużych nakładów. Natomiast określenie sposobów obniżania poziomu kongestii wydaje się dość łatwe. Sposoby te eprowadzają się do podjęcia odpowiednich inwestycji, poprawy planowania transportu, a w tym koordynacji rozwoju elementów systemu transportowego i uuprawnienia eksploatacji linii i punktów transportowych. Stąd też można spotkać poglądy, iż zagadnienie przeciwdziałania kongestii w portach morskich i lotniczych, na szlakach kolejowych i w innych elementach systemów transportowych - z wyjątkiem systemów transportowych miasat - jest problemem trywialnym⁸. Należy zgodzić się, iż sposoby zmniejszania kongestii są w wymienionych wyżej przypadkach łatwe do okraślenia. Niemniej podjęcie decyzji o ich zastosowaniu i o skali działania wymaga przeprowadzenia skomplikowanego rachunku ekonomicznego. Konieczne jest przede wszystkim oszacowanie aktualnych kosz-

⁷W tym okresie oczekiwanie na rozładunek w Dammamie trwało średnio 50 dni, a w Jeddah 100 dni. Jeden dzień postoju statku powodował stratę 5 000 dolarów USA, licząc w to demurrage i zwyżkę frachtów (S. Wickham, N. Tien Phuc: Port congestion or port dysfunction? International Journal of Transport Economica 1980 v. 7. nr 1, s. 41).

⁸A.A. Walters: op. cit. s. 176 - 177.

tów kongestii i wyaokości tych kosztów dla każdego z możliwych wariantów postępowania. Dokonywanie wyboru ekonomicznego w warunkach dużego nasilenia kongestii traneportowej nia jest więc zadaniem prostym. Zmniejszanie kongestii w miastach jeet dodatkowo utrudnione z uwagi na wielką liczbę użytkowników traneportu, większa wahania popytu i ścisłe wapóźależności między transportam a zagoapodarowaniem przestrzannym, a w tym także ograniczania jakia stwarza ietniejąca zabudowa miasta w rozwoju systemu transportowego.

Z uwagi na miajece powatawania można wyróżnić dwa rodzaje kongestii transportowej: kongestię na sieci traneportowej i kongestię w środkach transportu. Kongestia na sieci transportowej dzieli się z kolei na kongestię na liniach i kongestię w punktach traneportowych. Kongestii na drogach ulegają pojazdy, a jej skutków doświadczają właściciale pojazdów i ładunków oraz pasażerowie. Pożądanym dobrem jeet w tym przypadku przemieszczania w danym lub w jak najkrótszym czasie pojazdu wraz z przedmiotam przewozu. Kongastii w punktach traneportowych podlegają pojazdy, a także bazpośrednio ładunki i pasażerowie. Pożądanym dobrem jest tutaj czynność wchodząca w skład procasu transportowego, rozumianego jako zamknięty ciąg czynności koniecznych dla przemieszczania osób lub ładunków, a więc obejmujący czynności składające się na cykl środków transportu i cykl tranaportu osób lub ładunków⁹. Dotyczy to przykładowo takich czynności, jak: przyjęcie pociągu, ładowanie, załadunek, sztauowanie, umieszczenie w kontenerze, nabycie biletu, dojście do pojazdu na dworcu itd. Kongestia na sieci tranaportowej może być powodowana także koniecznością kontroli pojazdów, ładunków i pasażerów lub modernizacją, reperacją lub przebudową dróg. Szczególnym przypadkiem kongestii na sieci transportowej jest zatłoczenia miejac poetoju pojazdów - miejsc, na których potatój jest dopuszczalny i miejac wyłącznie do tego przeznaczonych. Wyróżnia się dwa specjalne rodzaje kongestii na sieci transportowej, określane w literaturze angielskiej jako „bottleneck” i „triggerneck”¹⁰. Wyatępują one wtedy, gdy pewna część sieci ma przepustowość mniejszą od części sąsiednich. Jeśli wielkość ruchu przekroczy przepustowość takiego segmentu siaci, to etworzona zostanie typowa sytuacja tzw. „wąskiego gardła”. Nieuniknione jaat wówczas powstanie zatorów w ruchu kierującym się przez dany sagment sieci, a więc powstanie kongestii zwanej „bottleneck”. Tan rodzaj kongestii może zapoczątkować sytuację, w której zatory spowodowane przez „wąskie gardło” zaczną utrudniać ruch nie kierujący się przez dany odcinek. Pojawi się wówczas kongestia określana jako „triggerneck”. Drugiamu z głównych rodzajów kongestii, a więc kongestii w środkach transportu, podlegają zarówno pasażarowie jeek i ładunki. Pożądanym dobrem jaet tutaj usługa transportowa. Rezultatami tego rodzaju

⁹Por. I. Tarski: op. cit. e. 24.

¹⁰Por. W.S. Vickery: Congaation theory and transport inveetmant. The American Economic Review 1969 v. 59, nr 2, s. 251.

kongestii są obniżenie jakości usługi transportowej bądź niemożność skorzystania z niej w danym czasie. Ten rodzaj kongestii może być spowodowany kongestią na sieci transportowej.

Pojęcie kongestii może być odnoszone także do pewnego obszaru, co wiąże się z bardziej ogólnym a zarazem i wszechstronnym sposobem rozumienia kongestii. Ten rodzaj kongestii wyznacza ruch pasażerów, ładunków i wszelkich środków transportu na wszystkich odcinkach sieci transportowych danego obszaru. Kongestia transportowa na danym obszarze jest sumą kongestii na wszystkich sieciach transportowych i we wszystkich pojazdach. Obejmuje ona także rezultaty wzajemnego oddziaływania na siebie strumieni ruchu na drogach różnych gałęzi transportu, a w tym przede wszystkim oddziaływania w sytuacji bezpośredniego etykowania się ruchu odbywającego się na sieciach różnych gałęzi transportu. Rozpatrując kongestię transportową na pewnym obszarze trzeba brać pod uwagę związki między popytem, a więc i kongestią, na sieciach różnych gałęzi transportu. Nadto należy uwzględnić także zjawisko wzajemnego oddziaływania na siebie ruchu na nie stykających się ze sobą odcinkach różnych sieci transportowych. Oddziaływanie to nie przejawia się w trakcie eksploatacji sieci. Można je wyjaśnić jedynie w aspekcie ekonomicznym. Ujawnia się ono wtedy, gdy na obszarze pokrytym sieciami różnych gałęzi transportu powstaje potrzeba budowy nowej sieci lub nowego odcinka albo też ich przebudowy dla zaspokojenia dodatkowego popytu. Jako odrębne sieci transportowe można w omawianej sytuacji traktować nie tylko sieci różnych gałęzi transportu, lecz także sieci tej samej gałęzi nie powiązane ze sobą na danym obszarze, na przykład sieć uliczną i sieć autostrad przeznaczonych wyłącznie dla ruchu tranzytowego względem obszaru miasta lub jego części. Istnienie innych sieci transportowych z reguły powodują wzrost kosztów budowy lub przebudowy odcinka sieci, na którym pojawił się dodatkowy popyt. Tak więc koszty zaspokojenia dodatkowego popytu są zależne od ilościowych i jakościowych parametrów sieci transportowych danego obszaru i natężenia ruchu na tych sieciach.

Każdy rodzaj i przejaw kongestii transportowej ma niewątpliwie swoją specyfikę i wiąże się z innymi szczegółowymi problemami. Jednakże ekonomiczna istota kongestii jest zawsze taka sama, niezależnie od tego w jakiej gałęzi transportu i na jakim obszarze zachodzi to zjawisko.

1.3. Kongestia na sieci drogowej

Każda część sieci transportowej ma określoną przepustowość maksymalną wyrażoną liczbą pojazdów umownych, które mogą ją pokonać w jednostce czasu. Przepustowość drogi jest ściśle związana z prędkością ruchu pojazdów. Zależność między przepustowością a prędkością można rozpatrywać w odniesieniu do idealnej drogi i idealnych warunków. Zakłada się wówczas pewną minimalną szerokość drogi lub pasu ruchu, brak wpływu pojazdów i piaszyc poruszających się z boku, idealną widoczność i inne warunki

umożliwiająca ruch bez zatrzymań. Wówczas przepustowość pasa ruchu, na którym pojazdy nie mają możliwości omijania pojazdów jadących przed nimi, zależy od prędkości ruchu i od minimalnego odstępu bezpieczeństwa między jadącymi w kolumnie. Z kolei minimalny odstęp bezpieczeństwa zależy od długości pojazdów, tzw. czasu rozpoczęcia hamowania, współczynników opóźnienia hamowania i prędkości. Tak więc jeśli pozostałe czynniki wpływające na przepustowość są dana, jest ona funkcją prędkości. Można wtedy określić prędkość, przy której przepustowość jest największa. Prędkość ta jest prędkością optymalną względem przepustowości. Zależność między przepustowością a prędkością ilustrują ryczynek 1a.

Przy rozpatrywaniu zależności między przepustowością a prędkością dla idealnej drogi i idealnych warunków używa się pojęcia prędkości operacyjnej. Prędkość operacyjną określa się jako najwyższą prędkość z jaką kierowca może jechać przy eprzyjającej pogodzie i panujących warunkach drogowych, nie przekraczając ograniczeń prędkości¹¹. Prędkość operacyjna jest jednak tylko pewną hipotetyczną prędkością niemożliwą do zaobserwowania. W rzeczywistych warunkach prędkość jest bowiem ograniczana przez wiele czynników. Dlatego też konieczna jest szacowanie obserwowanej prędkości przeciętnej. Poznanie możliwych do uzyskania na danej drodze prędkości pozwala na wyliczenie praktycznej maksymalnej przepustowości tej drogi. Dla wiału dróg możliwe jest opracowanie uniwersalnej funkcji wyrażającej zależność między prędkością a przepustowością. Dotyczy to przede wszystkim autostrad i dróg pozamiejskich. Natomiast dla miejskiej sieci drogowej trzeba z reguły ustalić odrębne funkcje dla poszczególnych rodzajów dróg i skrzyżowań¹². Zakres stosowania takich funkcji jest bardzo mały, obejmuje on podobne drogi eksploatowane w podobnych warunkach. Należy przy tym zeznaczyć, iż przepływ ruchu w miastach jest często ograniczony bardziej przez przepustowość skrzyżowań niż przez przepustowość odcinków sieci między skrzyżowaniami.

Przepustowość drogi oznaczająca potencjalny przepływ pojazdów jest funkcją prędkości ruchu. Natomiast możliwa do uzyskania prędkość zależy od liczby użytkowników drogi. W miarę wzrostu liczby użytkowników rośnie gęstość ruchu mierzona liczbą pojazdów na jednostkę długości drogi. Zależność między wspomnianymi cechami strumienia ruchu: przepływem, prędkością i gęstością, wyrażonymi jako wielkości średnia lub rozkłady prawdopodobieństw, przedstawia się następująco¹³:

¹¹P.A. Steenbrink: Optymalizacja sieci transportowych. Warszawa: WKiŁ 1978, s. 183.

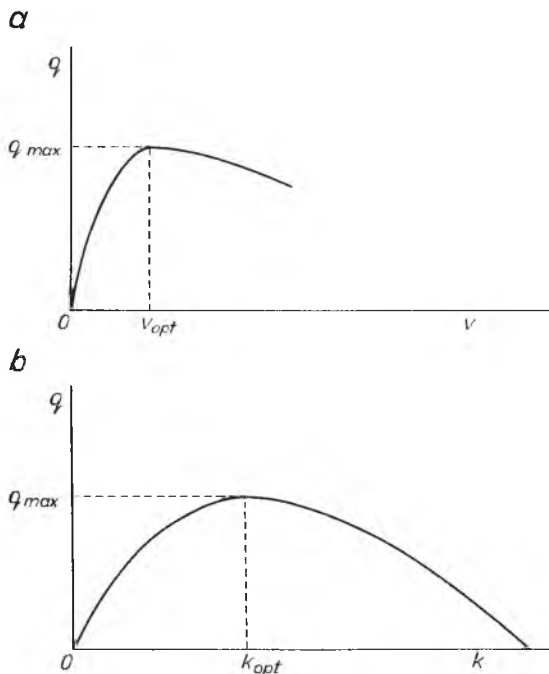
¹²Highway capacity manual. Highway Research Board. Special Report Washington D.C. 1965, nr B7, s. 319.

¹³R.P. Roess, E.M. Linzer, W.R. Mc Shane, L.J. Pignataro: A revised procedure for the capacity analysis of basic freeway sections. Transportation Research 1980 v. 14A nr 1 e. 2.

$$q = v \cdot k$$

gdzie: q - przepływ mierzony średnią liczbą pojazdów umownych przekraczających przekrój drogi w jednostce czasu,
 k - gęstość (koncentracja) mierzona średnią liczbą pojazdów umownych znajdujących się na jednostce długości drogi,
 v - średnia prędkość ruchu.

Zależność między przepływem a gęstością ilustruje rys. 1b. Przy danej maksymalnej przepustowości drogi wraz ze wzrostem liczby korzystających z niej pojazdów przepływ rośnie tak długo, aż osiągnie wartość maksymalną. Maksymalnemu przepływowi, a więc i maksymalnej przepustowości drogi, odpowiada optymalna gęstość ruchu. Dalejszy wzrost gęstości powoduje spadek przepływu, aż do momentu, w którym nadmierna gęstość doprowadzi do zablokowania drogi. Obserwacje empiryczne potwierdzają w pełni prawidłowości wyrażana przez przedstawioną na rys. 1b krzywą, zwaną krzywą



Rys. 1. Zależności między przepływem a prędkością i gęstością ruchu, a - przepustowość pasa ruchu w funkcji prędkości, b - krzywa przepływu - koncentracji, q - przepływ pojazdów lub przepustowość drogi, v - prędkość ruchu, k - gęstość ruchu, q_{max} - przepływ maksymalny lub maksymalna przepustowość, v_{opt} - prędkość optymalna, k_{opt} - gęstość optymalna.

Źródło: a - J. Podoaki: Transport w miastach, Warszawa: WKiŁ. 1977, s. 73,
 b - W.D. Ashton: The Theory of Road Traffic Flow, London: Mathuen and Co. Ltd., New York Wiley and Sons Inc. 1966, s. 18.

przepływu - koncentracji¹⁴. Iatnieję jedynie wątpliwości co do kształtu jej uniwersalnej postaci.

Zależności między przepływem, prędkością i gęstością wyrażają istotę kongestii w ujęciu eksploatacyjnym. Polega ona na tym, iż wraz za wzrostem liczby użytkowników zamierzających skorzystać z drogi, liczba użytkowników, którzy osiągną swój cel w danaj jednostce czasu zmienia się nieproporcjonalnie. Rośnie więc średni czas przejazdu. Koszt nabycia każdego dobra zależy od liczby pozyskiwanych jednostek tego dobra i ceny takiej jednostki. Jeśli potraktować pokonywanie kolejnych równych odcinków drogi jako nabywanie jednostek dobra oferowanego przez system transportowy, a koszt nabycia całej usługi systemu transportowego wyrazić czasami traconymi na podróż, to wówczas ceną takiej jednostki dobra jest odwrotność prędkości podróży¹⁵:

$$t = sv^{-1}$$

gdzie: t - czas tracony na podróż,
 a - liczba jednostek długości drogi,
 v - prędkość.

W miarę wzrostu popytu na rozpatrywane dobro spada prędkość ruchu, a więc cena dobra rośnie. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć różnicę między dwoma - opisanymi krzywą przepływu - koncentracji - typami kongestii na sieci drogowej¹⁶. Typ I odpowiada sytuacji, gdy gęstość zmienia się od wielkości odpowiadającej początkowi kongestii do swojej wielkości optymalnej względem kryterium maksymalnej przepustowości. Przy kongestii tego typu w miarę wzrostu gęstości wzrasta zarówno przepływ, jak i czas podróży. Jeśli gęstość ruchu przekroczy poziom optymalny to występuje kongestia II typu. W ślad za wzrostem gęstości ruchu rośnie wówczas czas podróży, a przepływ spada. Szczytową formą tej kongestii jest zablokowanie drogi, gdy przepływ równa się zero, a czas podróży rośnie w nieskończoność.

Nierzwykła istotnym faktem - zarówno z eksploatacyjnego jak i z ekonomicznego punktu widzenia - jest to, że kongestia pojawia się na długo przed osiągnięciem przez przepływ poziomu maksymalnego. Silna utrudnienia w ruchu występują już przy stosunkowo niewielkim jego natężeniu, a od pewnego poziomu natężenia ruchu - poziomu, którego nie można wyznaczyć teoretycznie - rośnie bardzo szybko w miarę wzrostu liczby pojazdów. Stwierdzono, że jeśli liczba pojazdów pokonujących daną drogę wzrasta z 50% do 90% jej maksymalnej przepustowości, to średnie opóźnienie na 1

¹⁴W.D. Ashton: The Theory of Road Traffic Flow. London: Mathuen and Co. Ltd., New York: John Wiley and Sons Inc. 1966, s. 19.

¹⁵L. Wingo: Transportation and Urban Land. Washington D.C.: Resources for the Future Inc. 1961, s. 43.

¹⁶Por. M.B. Johnson: On the economics of road congestion. Econometrica 1964 nr 32, s. 139.

pojazd (z) jest funkcją przepływu (q)¹⁷:

$$z = t - t_0 = aq^b$$

gdzie: t - czas potrzebny na pokonanie drogi przy danej gęstości,
 t_0 - czas potrzebny na pokonanie drogi przy małej gęstości ruchu,
 a, b - parametry.

Opóźnienie wszystkich pojazdów biorących udział w ruchu (u) wynosi:

$$u = z \cdot q$$

Przyrost ruchu o jednostkę powoduje opóźnienia pojazdu dodatkowego i wzrost opóźnienia dla całego dotychczasowego ruchu. Całkowity wzrost opóźnienia wywołany przez dodatkowy pojazd wyniasie:

$$\frac{du}{dq} = z + q \frac{dz}{dq} = z(b + 1)$$

Wyznaczona empirycznie wartość parametru b może wynosić 5, a nawet więcej. Gdy natężenie ruchu zbliża się do maksymalnej przepustowości drogi kongestia przyjmuje formy krytyczne. Natomiast więcej niż średnie natężenie ruchu powoduje już poważne skutki negatywne.

Wśród zjawisk objętych pojęciem kongestii szczególne znaczenia mają zjawiska związane z utrzymywaniem się w pewnych okresach przewagi popytu nad podażą transportową. Dotyczy to relacji między popytem a podażą w bardzo krótkich okresach. Zachodzący w systemach transportowych krótko-okresowy stan przewagi popytu nad podażą określany jest mianem ingresji¹⁸. Ingresję definiuje się jako warunki istniejące w momencie, gdy zapotrzebowanie na system ruchu przewyższa jego pojemność, gdy liczba jednoetek chcących osiągnąć dany punkt nie później niż w danym czasie jest większa od zdolności systemu przepuszczenia tej liczby równocześnie¹⁹. Ingresja pociąga za sobą zawsze atraty czasu użytkowników infrastruktury transportowej. Bezpośrednim skutkiem przewagi popytu dążącego do natychmiastowego skorzystania z usług systemu transportowego jest tandancja do powstawania kolejek pojazdów, pasażerów lub ładunków, co pociąga za sobą dodatkowe straty czasu. Ingresja w przewozach pasażerskich występuje najczęściej wtedy, gdy duża liczba osób musi zjawić się w da-

¹⁷W.S. Vickery: op. cit. s. 252.

¹⁸Por. L. Wingo: Measurement of congestion in transportation systems. Planning and development in urban transportation. Washington: Highway Research Board. Bulletin 221, 1959 s. 1.

¹⁹T. Zipser: Czynniki czasu w organizacji ruchu miejskiego. Wrocław: Biuro Studiów i Projektów Komunikacji i Inżynierii Miejskiej, Warszawa: Instytut Gospodarki Komunalnej 1964, s. 12.

nym miejscu o oznaczonym czasie, a więc przede wszystkim w sferze dojazdów do pracy.

Należy zaznaczyć, iż kolejka w systemie transportowym może powstać także w sposób przypadkowy, gdy w długich okresach podaż jest większa od popytu i nie występują typowe czynniki wywołujące ingresję. Zagadnienie to można zilustrować wykorzystując jednorodny model procesów urodzin i śmierci o stałych wskaźnikach stopy urodzeń i stopy śmiertelności²⁰. Rozpatrzmy ten problem na przykładzie drogi jednokierunkowej, o przepustowości mniejszej od poprzedzających ją elementów sieci transportowej. Można przyjąć, iż wejście systemu, czyli pojawianie się użytkowników drogi, podlega rozkładowi Poiseona. Rozkład ten nadaje się bowiem bardzo dobrze do opisu takich zjawisk, jak: przybywanie pasażarów na przystanek, pojawiania się pojazdów na niezbyt zatłoczonej drodze itp.²¹. Odpowiada on więc przyjętym warunkom. Dany jest wskaźnik wejścia - λ , który wskazuje średnią liczbę pojazdów wjeżdżających na drogę w ustalonej niewielkiej jednostce czasu. W tej samej jednostce czasu drogę pokonać może średnia liczba pojazdów - μ . Czas przejazdu przez drogę daje się opisać rozkładem wykładniczym.

Zgodnie z przyjętym wcześniej założeniem, w całym rozpatrywanym okresie popyt, czyli liczba pojazdów korzystających z drogi, jest mniejszy od podaży, którą reprezentuje maksymalna przepustowość drogi. Nie działa żaden czynnik spiętrzający popyt w czasie, a więc zachodzi nierówność: $\lambda < \mu$. W takich warunkach kolejka nie jest niestanowiona. Niemniej może ona powstać w wyniku chwilowego, przypadkowego spiętrzenia ruchu. Teoria kolejek pozwala na określenie przy przyjętych założeniach prawdopodobieństwa oczekiwania danej liczby pojazdów w kolejce. Prawdopodobieństwo, iż liczba ta będzie równa n wynosi:

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

Natomiast średni czas oczekiwania w kolejce (d) będzie równy:

$$d = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Prawdopodobieństwo, iż kolejka w ogóle się pojawi będzie tym większa, im większa będzie λ w stosunku do μ .

W rozpatrywanej wyżej sytuacji występowało prawdopodobieństwo utworzenia się kolejki. Natomiast w przypadku silnej ingresji kolejka jest w zasadzie niestanowiona. Jednakże nawet w idealnej sytuacji, gdyby kolejka nie utworzyła się, użytkownicy drogi w warunkach ingresji ponie-

²⁰Wykorzystano model zawarty w pracy R. Faure, J.P. Boss, A. Le Garff: Badania operacyjne. Warszawa: PWN, 1982.

²¹W. Feller: An Introduction to Probability Theory and Its Applications. T. 1 New York: John Wiley and Sons Inc. 1957, s. 146 - 159.

są duże straty czasu. Przyjmijmy, iż opóźniony wcześniej odcinek drogi służy do dojazdów do pracy. Wszyscy korzystający z drogi rozpoczynają pracę o tej samej porze. Są więc zainteresowani w tym, aby znaleźć się u jej wylotu w ściśle określonym czasie. Wcześniejsze lub późniejsze przybycia do celu powoduje bowiem straty, przy czym straty wywołane opóźnieniem się są z reguły większe od strat związanych z przybyciem wcześniejszym. Te pierwsze wykraczają bowiem poza zwykłe straty czasu. Najkrótszy z możliwych czas, w którym wszystkie pojazdy przejadą przez przekrój drogi zależy od jej przepustowości (C) i liczby pojazdów zmierzających do celu na oznaczony czas (N). Wyniesia on N/C ²². Jaśli z drogi korzystałby tylko 1 pojazd, to kierowca jago rozpocząłby pokonywanie drogi w czasie gwarantującym osiągnięcie jej wylotu w żądanym momencie. Gdyby przyjąć, że przy większej liczbie pojazdów kierowcy postępują tak, aby nie opóźnić się do celu podróży, to wszyscy z wyjątkiem ostatniego musieliby wyjechać prędzej. Przy dużej liczbie pojazdów pierwszy pojazd winien więc opuścić drogę o czasie znacznie wcześniejszym od pożądanego. Jego strata czasu, okraślana jako strata ingresyjna, wyniesie $N-1/C$. Każdy $n-1$ pojazd powinien następnie przyjechać o $1/C$ wcześniej niż pojazd n -ty. Strata ingresyjna (y) kolejnych n -tych pojazdów wyniesie:

$$y_n = \frac{N - n}{C}$$

Jaśliby rozpatrywać przypadek odwrotny - gdy wszystkie pojazdy rozpoczynają podróż o tej samej porze i tym samym muszą czekać w kolejce na rozpoczęcie podróży po drodze o ograniczonej przepustowości - to strata ingresyjna n -tego pojazdu w kolejce wyniesie: $n-1/C$. Ogólną stratę ingresyjną dla wszystkich pojazdów (Y) można obliczyć stosując wzór na n -tą sumę cząstkową ciągu arytmetycznego:

$$Y = \frac{N/N - 1}{2C}$$

Wzór ten można stosować zarówno dla sytuacji napływu pojazdów, jak i ich odpływu. Jeśli te same pojazdy uczestniczą w pierwszej w fazie napływu, a następnie w fazie odpływu - co ma często miejsce w podrózach związanych z pracą - to łączna strata ingresyjna dla całego cyklu będzie sumą strat dla obu tych faz. Przy wielkich wartościach N ogólna strata ingresyjna jest równa w przybliżeniu $N^2/2C$, a średnia strata na jeden pojazd $N/2C$. Straty ingresyjne występują zawsze, gdy natychmiastowy popyt przekracza zdolność przepustową drogi, a więc nawet wtedy, gdy z drogi o przeciętnej przepustowości korzysta kilkanaście lub kilkadziesiąt pojazdów zdążających do celu na ten sam moment. W takich sytuacjach straty ingresyjne są niewielkie. Jednak gdy wzrasta liczba użytkowników drogi (N), to ogólna strata ingresyjna rośnie wraz z kwadratem zapotrzebowania.

²²Wzory dotyczące ingresji zaczerpnięto z pracy T. Zipser: op. cit. i z obu cytowanych wcześniej prac L. Wingo. We wzorach tych nie uwzględnia się zjawiska nieproporcjonalnego wzrostu przepływu w miarę wzrostu gęstości ruchu.

Strata ingresyjna stanowi dla użytkownika infrastruktury dodatkowy koszt podróży. W warunkach ingresji - przedstawiony wcześniej jako funkcja prędkości i odległości - koszt nabycia usługi systemu transportowego musi być powiększony o średnią stratę ingresyjną (\bar{y}). Koszt ten rozumiany jako czas tracony w związku z podróżą wynosi więc:

$$t = av^{-1} + \bar{y}$$

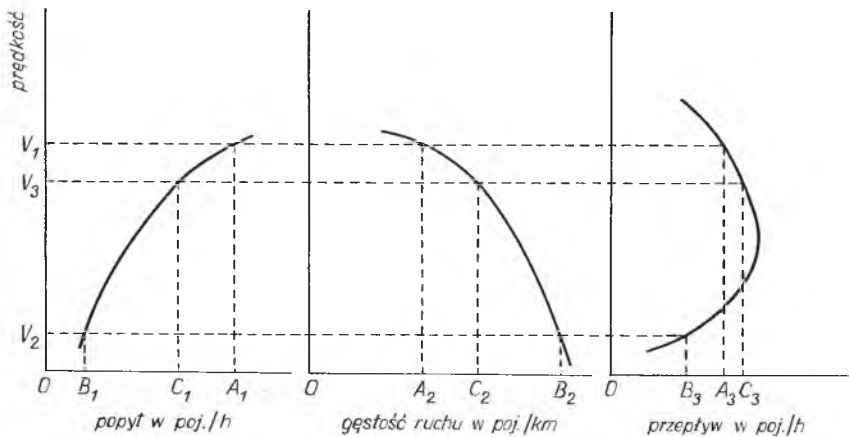
W opisanym wyżej, idealnej sytuacji gęstość ruchu na drodze nie przekroczyła poziomu optymalnego, chociaż popyt przekraczał maksymalną przepustowość drogi. Założono bowiem, że kierowcy są świadomi sytuacji drogowej i dostosowują do niej swe zachowania. Gdyby wszyscy kierowcy przybyli na początek drogi w tym samym czasie, w którym poprzednio przyjechał ostatni pojazd, to powstałaby silna kongestia II typu i długa kolejka, a tylko jeden kierowca zdążyłby na oznaczony czas do pracy. Kongestia II typu byłaby wynikiem wyższej od optymalnej gęstości strumienia ruchu. W rzeczywistości - jeśli pominąć szczególna przypadki - nie występuje żadna z tych dwu skrajnych sytuacji; kierowcy nie zachowują się tak jak w sytuacji idealnej, ani też nie przyjeżdżają na „ostatnią chwilę”. Typową sytuacją na drogach jest sytuacja zbliżona do idealnej. Niemniej straty związane z ingresją są większe od opisanych przez przytoczone wzory. Brak wymiany informacji między kierowcami spowoduje bowiem, iż część z nich przybędzie na drogę zbyt wcześnie, a część za późno. Powstaną więc straty związane ze spóźnieniami, a straty związane z wcześniejszym przybyciem do celu będą większe. Użytkownicy drogi będą starali się przybyć do celu na czas i jednocześnie będą dążyli do minimalizacji czasu, jaki upłynie od rozpoczęcia podróży do momentu rozpoczęcia pracy. Będą więc konkurowali za sobą o przejazd w dogodnym okresie. W tych warunkach - przy dużej przewadze popytu nad podażą - na sieci transportowej musi powstać kolejka²³. Jeśli rozpatrywany odcinek sieci ma mniejszą przepustowość niż elementy sieci łącząca się z wjazdem na niego, to kolejka powstanie przed wjazdem. W przeciwnym wypadku kolejka powstanie w miejscu lub w miejscach, która pojazdy pokonują wcześniej. Ingresja powoduje więc zawsze straty ingresyjne, stwarza tendencję do tworzenia się kolejek i wywołują jednocześnie silną kongestię I typu lub też kongestię II typu. Ingresja jest więc stanem wywołującym dużą kongestię w sposób nieuchronny²⁴.

²³Proces tworzenia i rozkładowywania się kolejek na sieci transportowej analizuje szczególnie I.S. Jones: Urban Transport Appraisal, London: The Mac Millan Press Ltd. 1977, s. 89 - 92.

²⁴W niniejszej pracy przyjęto, iż straty ingresyjne stanowią część kosztów kongestii. Ingresja mieści się bowiem w przyjętej definicji kongestii. Niemniej skutki ingresji i kongestii mogą być także traktowane w sposób rozłączny.

Jak widać, wzajemne oddziaływania uczestników ruchu nie wymaga ich spotkania się. Wyartaczy by byli oni świadomi swej obecności na sieci transportowej i przewidywali swa zachowania. Wynika atąd ważny wniosek odnośnie interpretacji rozkładu czasowego popytu na przewozy. Albowiem jeśli wnioskuje się o tym rozkładzie na podstawie obserwacji przewozów, to trzeba uwzględnić wspomniane wyżej oddziaływania na siebie użytkowników transportu.

Zależność między popytem a wielkością kongestii można przedstawić w sposób syntetyczny za pomocą prostego modelu, w którym uwzględnione są interakcja między popytem, gęstością ruchu, przepływem i prędkością. Model ten może także służyć do wyjaśniania mechanizmu powstawania różnych typów i przejawów kongestii. Przedstawiono go na rys. 2. Przyjęto, iż łączna cena płaconą przez użytkowników drogi za skorzystanie z niej obejmują tylko wartość czasu przejazdu drogą. Na rysunku przedstawiono trzy krzywe obrazujące zależności między prędkością a popytem, gęstością ruchu i przepływem. Zmiany popytu wywołane zmianami prędkości, a ściślej zmianami czasu przejazdu, można interpretować w różny sposób. Przede wszystkim użytkownicy drogi mogą rozstrzygnąć z podróży przy danych prędkościach. Popyt może także kierować się na inną drogę, na której działają takie same mechanizmy kształtujące prędkość ruchu. Nadto zmiany popytu mogą wyrażać decyzja użytkowników drogi, którzy wybierają różne czasy przejazdu. Wybór czasu przejazdu oznacza w tym wypadku wybór odpowiedniej kombinacji strat inercyjnej i prędkości ruchu. Jeśli w pożądanym przez użytkowników drogi czasie prędkość jest niska, to mogą oni skorzystać z drogi wcześniej i podróżować z dużą prędkością, kosztem pewnej straty inercyjnej. W rozpatrywanym modelu uwzględniono bowiem - pominięty przy opisie inercji - fakt, iż przy wysokich gęstościach ruchu droga ma przepustowość mniejszą od maksymalnej.



Ryc. 2. Model zależności między popytem, gęstością ruchu, przepływem a prędkością pojazdów. Źródło: opracowania własne

W opisywanym modelu popyt oznacza liczbę pojazdów wjeżdżających na drogę, a przepływ wskazuje liczbę pojazdów opuszczających ją. Załóżmy, iż na rozpatrywanej drodze kongestia pojawia się przy gęstości ruchu mniejszej od OA_2 . Zgodnie z oznaczeniami na rys. 2 przy gęstości ruchu OA_2 prędkość wynosi OV_1 , a przy tej prędkości - a więc przy cenie OV_1^{-1} - popyt równa się OA_1 . Na drodze występują kongestie I typu, gdyż ani prędkość, ani gęstość ruchu nie osiągnęły jeszcze wartości optymalnych względem maksymalnego przepływu. Popyt OA_1 jest większy od przepływu OA_3 , a więc gęstość ruchu będzie rosła. Przyjmijmy, iż wzrośnie ona do OB_2 . Spowoduje to spadek prędkości i spadek przepływu. Ta zmiana doprowadzi więc do wytworzenia się w miejscu kongestii I typu kongestii II typu. Przy cenie OV_2^{-1} popyt wynosi OB_1 i jest mniejszy od przepływu OB_3 . W tej sytuacji gęstość ruchu będzie malać. Przy przyjętych kształtach krzywych obrazujących poszczególne zależności ustabilizuje się ona na poziomie OC_2 , przy którym popyt OC_1 jest równy przepływowi OC_3 . Ceną równowagi będzie cena OV_3^{-1} . Występować będzie znów kongestia I typu, a maksymalna przepustowość drogi nie będzie wykorzystana. Ewentualna zmiany krzywej popytu będą powodowały zmiany przepływu i spadek lub wzrost kongestii. Warto zwrócić uwagę na to, iż przepływ mógłby przyjąć na stałą wartość maksymalną tylko przy jednej krzywej popytu, różnej od krzywej na rysunku 2. Popyt zgłaszany przez użytkowników infrastruktury transportowej cechują się dużą zmiennością w czasie. Tak więc rozpatrywana w modelu stabilizacja intensywności ruchu na pewnym poziomie nie może trwać długo. Odpowiada to warunkom rzeczywistym, gdyż poziom kongestii na sieci drogowej ulega stałym zmianom, przechodząc niekiedy w ciągu doby ze stanu małej, niezauważalnej kongestii do silnej kongestii II typu.

2. PRZYCZYNY ZATŁOCZENIA KOMUNIKACYJNEGO MIAST

2.1. Czynniki wpływające na zatłoczenie komunikacyjne miast

O zatłoczeniu komunikacyjnym miast mówi się wtedy, gdy na części sieci transportowej występuje regularnie silna kongestia I typu lub kongestia II typu. Zatłoczeniu sieci towarzyszy z reguły zatłoczenie pojazdów komunikacji zbiorowej. Zatłoczenie komunikacyjne może być oczywiście także zjawiskiem eporadycznym, wywołanym przez czynniki działające przez krótki okres. Jeśli występuje ono stale, to można traktować je nawet jako cechę konkretnego systemu transportowego lub cechę pewnego rodzaju systemów transportowych. W miastach regularność występowania zatłoczenia komunikacyjnego polega na jego pojawianiu się w dwu okresach doby w dni robocze i niekiedy w jednym okresie lub w dwu okresach w dni świąteczne. Zatłoczenie występuje tylko na części miejskiej sieci drogowej i na części sieci transportu zbiorowego. Jest to związane z przestrzenną koncentracją ruchu w mieście, a przede wszystkim z koncentracją ruchu na drogach głównych¹. Zatłoczenie jest istotną właściwością systemu transportowego miasta, gdy utrzymuje się ono przez długi okres w ciągu doby i dotyczy dużych lub ważnych części sieci transportowej. Decyduje to bowiem o tym, jaka część pojazdów, pasażerów i ładunków korzystających z systemu transportowego doświadcza skutków zatłoczenia.

Zatłoczenie jest niewątpliwie cechą charakterystyczną systemów transportowych wielkich miast. Występuje ono w nich powszechnie i nie jest związane z żadną konkretną techniką i technologią transportu. Silna kongestia transportowa towarzyszy wielkim miastom w czasach ich dziejów. Jak pisze J.M. Thomeon: „zatory były cechą charakterystyczną Londynu na długo przed wynalezieniem samochodu, a w Rzymie - na długo przed powstaniem Londynu”². Dowodzi tego chociażby rozporządzenie Cezara z 47 roku p.n.e. zabraniające ruchu kołowego w Rzymie od wschodu do zachodu słońca, rozsze-

¹Por. R. Vaughan: Exploring the mechanism governing the relative use of major and minor roads in urban areas. Transportation Research 1980 v. 14A s. 177.

²J.M. Thomeon: op. cit. s. 126.

rzony później przez Marka Aureliusza na wszystkie duże miasta Cesarstwa Rzymskiego. Zarządzenie to zostało wydane w celu zlikwidowania zatorów, powstających na sieci drogowej i paraliżujących życie miast. Ranga problemu zatłoczenia komunikacyjnego miast jest ściśle związana z procesami koncentracji ludności w miastach wielkich, choć występowało ono – i nadal występuje – także w miastach otoczonych niewielkimi. Uciążliwa zatory obserwowano w Londynie już na początku XIX wieku, a po przekroczeniu przez to miasto w 1831 roku miliona mieszkańców stopień zatłoczenia komunikacyjnego wzrastał zbytniej niż liczba mieszkańców. Na początku XX wieku kongestią transportową uważano już za jeden z najważniejszych problemów wielkich miast Stanów Zjednoczonych A.P. Powzechność zjawiska zatłoczenia komunikacyjnego miast w skali światowej na przełomie XIX i XX wieku była jedną z głównych przesłanek podjęcia szerszych badań i działań zmierzających do kompleksowego rozwiązania problemów ich funkcjonowania i rozwoju. Dążenie do zmniejszenia stopnia zatłoczenia komunikacyjnego stanowiło też jedno z podstawowych założeń sformułowanych w tym okresie postulatycznych modeli przyszłych miast³. Niesłuszne są więc poglądy wskazujące na motoryzację indywidualną jako zasadniczą przyczynę zatłoczenia komunikacyjnego miast⁴. Wręcz przeciwnie, powszechność występowania silnej kongestii transportowej w wielkich miastach wskazuje na uniwersalny charakter przyczyn ich komunikacyjnego zatłoczenia.

Występujący obecnie w skali światowej zespół negatywnych zjawisk związanych z szybkim wzrostem wielkości miast określany jest mianem kryzysu miast. Kryzys miast jest w dużym stopniu kryzysem komunikacyjnym. Obecne kłopoty transportowe wielkich miast w krajach rozwiniętych gospodarczo są wynikiem zjawisk i procesów, które zachodziły w niedalekiej przeszłości. Szybki rozwój miast, zapoczątkowany w zasadzie w drugiej połowie XIX wieku, przebiegał w oparciu o postęp techniczny w zakresie transportu lokalnego i rozbudowę sieci komunikacji zbiorowej. Początkowo w komunikacji miejskiej wykorzystywano więc szynowe środki transportu, takie jak: tramwaj, metro, kolej regionalna, kolej międzymiejska oraz środki transportu niezmechanizowanego. Dopiero w okresie późniejszym na miasta o strukturze zdeterminowanej przez te środki transportu zaczęły nakładać się nowe elementy związane z rozwojem motoryzacji indywidualnej, a w mniejszym stopniu także drogowego transportu zbiorowego. Na obszarach miast rozwijała się intensywnie sieć drogowo-uliczna. Transport samochodowy umożliwił rozrastanie się miast i doprowadził do zmiany ich geometrii oraz układu przestrzenno-funkcjonalnego. W początkowym okresie

³Por. E. Howard: *Garden City of Tomorrow*. London: 1902, s. 134.

⁴W. Owan: *The Metropolitan Transportation Problem*. Washington D.C.: The Brookings Institution 1956, s. B.

rozwoju motoryzacji większość miast w rozwiniętych krajach kapitalistycznych preferowała rozwój infrastruktury transportowej przeznaczonej dla komunikacji indywidualnej. Do rozwoju komunikacji zbiorowej przywiązywano mniejszą uwagę, chociaż silne zahamowanie jej rozwoju miało miejsce tylko w miastach amerykańskich. Pomimo intensywnego rozwoju infrastruktury drogowej obecne potrzeby w zakresie ruchu samochodowego i parkowania w miastach, a w śródmieściach szczególnie, znacznie przekraczają jej możliwości techniczne, a warunki podróżowania samochodami osobowymi i pojazdami komunikacji zbiorowej, korzystającymi z tej samej sieci co samochody osobowe, są niekorzystne i z reguły pogerszają się. Sytuacja taka występuje pomimo przeznaczania na cele transportowe znacznej powierzchni miast, a w tym przede wszystkim powierzchni obszarów śródmiejskich. W wielu miastach ulice i parkingi zajmują już 30% powierzchni śródmieść, a w przysiółkach skrajnych nawet 40% i więcej⁵. Przy wysokim poziomie rozwoju motoryzacji zaspokojenie potrzeb na nową infrastrukturę drogową napotyka bariery techniczne i ekonomiczne, a dalszy rozwój sieci drogowej na obszarze śródmieść uniemożliwiłby ich funkcjonowanie. W rezultacie w wielkich miastach narasta stan zatłoczenia komunikacyjnego sieci drogowej. Należy zaznaczyć, iż opisane zjawisko występuje także w miastach, w których motoryzacja rozwijała się z pewnym opóźnieniem. Zatłoczenie komunikacyjne sieci ulicznej i inne - powszechnie znane - niedogodności rozwoju motoryzacji indywidualnej nie wyczerpują jednak listy trudności transportowych współczesnych miast. Objawiają one bowiem zjawiska innych zjawisk, a w tym także kongestię w transporcie zbiorowym. Rozbudowa sieci transportu zbiorowego napotyka przy tym na podobne bariery, jakie występują w przypadku sieci drogowej.

Zatłoczenie komunikacyjne związane jest przede wszystkim z przejazdami do pracy i z pracy. Duża kongestia powoduje wzrost czasu podróży, obniżenie się komfortu jazdy i inne niedogodności. Jest ona więc jednym z powodów, iż w wielu miastach czas tracony na przejazdy z i do pracy w dużym stopniu niweczy korzyści, jakie uzyskano dzięki skróceniu czasu pracy w minionych kilkudziesięciu latach⁶. Warto jednak podkreślić, że o ile na obszarach poza śródmieściem silna kongestia transportowa łączy się ściśle z występującymi w ciągu dnia dwoma wyraźnymi okresami nasilenia przawozów, to w śródmieściu sieć transportowa jest intensywnie wykorzystywana także w czasie między szczytami przewozów. Związane jest to z dużym nasileniem przewozów towarowych w śródmieściu. W niektórych wielkich miastach amerykańskich i zachodnioeuropejskich przewozy towa-

⁵A. Gawlikowski, S. Hozzoweki: Planowanie sieci komunikacji drogowej. Warszawa: WSiP, 1978, s. 236 i R.L. Ackoff: Redesigning the Future: A System Approach to Societal Problems. New York: John Wiley and Sons Inc. 1974, s. 194.

⁶R. Mosae: An Introduction to Urban Transportation Problems. W: Transport and the Urban Environment. London: The Mac Millan Press Ltd. 1974, s. 149.

rowa w śródmieściu, a niekiedy także na innych obszarach miasta, wywołują podobne zatłoczenie ulic, jak przewozy pasażerskie w okresie szczytowego nasilenia ruchu⁷. Jest to wynikiem tendencji do wzrostu samowytarczalności miast w miarę zwiększania się ich wielkości. Tendencja ta ciąga bowiem za sobą wzrost towarowych przewozów wewnątrzmijskich, koncentrujących się na obszarach śródmiejskich⁸.

Nie ulega wątpliwości, iż najbardziej spektakularnym, a często i najważniejszym, przejawem kongestii transportowej we współczesnych wielkich miastach jest kongestia na sieci ulicznej. Niemniej, jak już wspomniano, skutków silnej kongestii doświadczają także użytkownicy transportu zbiorowego i to zarówno drogowego jak i ezynowego. Nie ma przy tym ścisłej zależności między ogólnym poziomem kongestii transportowej a udziałem transportu zbiorowego w obeludze miasta. Równoczesne zatłoczenie sieci ulicznej i pojazdów komunikacji zbiorowej dowodzi, iż mamy tutaj do czynienia ze zjawiskiem niedostosowania globalnej podaży transportowej do potrzeb, wynikających między innymi z wielkości i etruktury przestrzanno-funkcjonalnej miasta. Owo niedostosowanie jest w pewnym stopniu rezultatem błędów popełnionych w polityce transportowej i w polityce rozwoju miast, a polegających między innymi na nadmiernym preferowaniu transportu indywidualnego. Jednakże powszechność wytępowania zatłoczenia komunikacyjnego miast wskazuje, iż jest ono wynikiem działania pewnych przyczyn obiektywnych. Zatłoczenie sieci ulicznej nie jest więc wynikiem rozwoju motoryzacji indywidualnej i związanych z tym rozwojem zmian etruktur przestrzennych miast, lecz przejawem działania całego spłotu przyczyn obiektywnych. Gdyby rozwój transportu miejskiego i przekształcenia struktur przestrzennych miast w minionym okresie były związane głównie z transportem zbiorowym, to niewątpliwia mielibyśmy dziś do czynienia z innymi formami zatłoczenia komunikacyjnego miast. Być może ogólny poziom kongestii transportowej byłby niższy. Niemniej takie zjawisko powstałoby na pewno i miałoby takie same przyczyny jak zatłoczenie komunikacyjne ietniejąca w rzeczywistości.

Zasadniczym celem tego rozdziału jest wyjaśnienie i klasyfikacja przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego miast, a więc poznanie warunków w jakich kongestia występuje z dużym nasilaniem. Jest to możliwa bez przesądzenia o tym, czy zatłoczenie komunikacyjne ma w jakimś zakresie uzasadnienie ekonomiczne, czy też jest jedynie zjawiskiem negatywnym i szkodliwym. Niemniej z uwagi na zasadniczy cel pracy należy wydać się przy-

⁷K.J. Button: Transport policy and urban freight movement. International Journal of Transport Economics 1978, v. 5, nr 3, s. 216 - 217.

⁸E. Ullman: The nature of cities reconsidered. Papers of the Regional Science Association, 1962, v. 9, s. 7 - 23.

jęcie założenia, iż zatłoczenie komunikacyjne jest wynikiem wzajemnego niedoetosowania wielkości ruchu i przepustowości sieci transportowej, a więc wiąże się z utrzymywaniem niewłaściwych relacji ekonomicznych w systemach transportowych miast. Zastoeowanie takiego podejścia do problemu zatłoczenia komunikacyjnego miast winno ułatwić poszukiwanie epoeobów ekonomicznej oceny kongestii traneportowej. Z kolei wyznaczenie apoeobów tej oceny etworzy możliwość weryfikacji przyjętego założenia.

Rozpatrywanie przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego występującego w miastach można eprowadzić do analizy przyczyn braku czsaowaj i przestrzennej równowagi między podażą i popytem w traneporcie. Ważne jest przy tym nie tylko uetalenie czynników, które prowadzą do powstawania takiego stanu, ale i określenie iatoty proceeów wywołujących zatłoczenie komunikacyjne miast. Kierunki takiej analizy wyznaczają dwa zjawieka. Ogólne ramy rozważań wynikać winny bowiem z - występującego powszechnie w proceeach gospodarczych - zjawieka eprzecznosci między niaograniczonością potrzeb a ograniczonością zaeobów. Jednocześnie problem zatłoczenia komunikacyjnego należy rozpatrywać w aspekcie powiązań między rozwojem miasta i rozwojem jego eystemu transportowego.

Piarwotną i zasadniczą przyczyną rozwoju osadnictwa miejskiego jest dążenia do obniżki koeztów tranaportu. Jak wskazuje M.M. Webber: „jedyną unikalną użytacnością jaką oferuje osadnictwo miejskie eą niższe koszty komunikacji”⁹. Sprowadzenie afektywnych i pochodnych koeztów traneportu do bardzo niskiego poziomu epowodowałoby gwałtowny proces deglomeracji. Tak więc zatłoczenie komunikacyjne trzeba rozpatrywać na tle procesów aglomeracji. Jeet ono bowiem jednym z rodzajów niekorzyści aglomeracji, czyli proceeu, którego główną przeażanką jest obniżka koeztów transportu.

Nia można ustalić ani jednej głównej przyczyny, ani też liety przyczyn, które bezpośrednio powodują powstawania silnej kongestii traneportowej w miastach. Zetłoczenie komunikacyjne powetaje bowiem w rezultacie splotu działania różnych czynników. Czynnikiemami tymi są elementy systemu transportowego miasta, właściwości tego systemu jako całości oraz zjawieka wyetępujące w szaroko rozumianym procesia jego funkcjonowania i rozwoju. W aytetycznej formie wyliczono je w poniższej charakterystyka proceeu funkcjonowania i rozwoju syetemu traneportowego miasta:

- 1) System transportowy miasta jeet złożony z wyraźnia wyodrąbnionych podsystemów;
- 2) Rozwój eystemu polega na budowie (dodaniu) nowych elementów lub przabudowie (rekonetruckji) elementów ietniejących. Eekploatacyjne i ekonomiczne oceny aystemu jako całości zmieniają się wraz z dokonaniem wymianionych przedsięwzięć;
- 3) Elementy eystemu mają różną trwałość. Najbardziej trwałe eą układy sieci i kierunków dróg¹⁰. Dużą trwałością charakteryzuje aię

⁹M.M. Webber: *Order in diversity: community without propinquity*. W: *Cities and Spaca. The Future Use of Urban Land*. Baltimore: The Johns Hopkins Preee 1963, s. 37.

¹⁰Z. Wasiutyński: *O kształtowaniu układów komunikacyjnych*. Warszawa: PWN, 1959, a. 18.

- także infrastruktura transportu. Z uwagi na łatwość utrzymania infrastruktury transportu, poszczególne jej elementy - powstałe w różnym czasie - reprezentują zróżnicowane standardy techniczne;
- 4) Poszczególne elementy i podsystemy ulegają przebudowie i likwidacji, cały system trwa i rozwija się bez ograniczenia w czasie;
 - 5) Podstawowe elementy systemu są immobilna przestrzennie, a prawie wszystkie funkcjonalnie;
 - 6) Efekty spełnianej przez system funkcji są pożądane, a zjawiska towarzyszące jej wykonywaniu stoją w sprzeczności z innymi funkcjami miasta i są niepożądane;
 - 7) Proces rozwoju systemu i zmiany w zagospodarowaniu miasta występują równoległe i są współzależne. Jednocześnie istniejąca zagospodarowanie miasta jest czynnikiem utrudniającym przekształcanie systemu;
 - 8) System jest majątkochłonny, kapitałochłonny i przestrzenniechłonny, a w procesie jego rozwoju występują w silnym stopniu zjawiska niepodzielności technicznej, ekonomicznej i przestrzennej;
 - 9) Zadania wynikające z potrzeb przewozowych są adresowane do systemu jako całości. O podziale tych zadań decyduje struktura systemu i czynniki zewnętrzne;
 - 10) Potencjalny popyt na usługi systemu wielokrotnie przekracza popyt efektywny. Popyt efektywny jest silnie uzależniony od podaży;
 - 11) Popyt na usługi systemu charakteryzują wahania okresowe. Źródła ruchu są najczęściej rozproszone, a cele skoncentrowane;
 - 12) Niawykonanie zadań ilościowych i jakościowych systemu powoduje straty;
 - 13) Niekiedy na rozwój systemu są węższe do efektów jakie przynosi. Jeśli rozwój systemu wymaga zmian w zagospodarowaniu miasta, to łączne nakłady mogą być nieważne do efektów, szczególnie w krótkich okresach.

Zgodnie z ustalonymi wcześniej kierunkami rozważań analizę czynników wywołujących zatłoczenie komunikacyjne miast można podzielić na dwa etapy. Pierwszy z nich nawiązuje do sprzeczności między nieograniczoną potrzebą a ograniczonością zasobów. Na tym etapie zagadnienie zatłoczenia komunikacyjnego miast można rozpatrywać w aspekcie właściwości rynku transportowego i jego elementów. W drugim etapie trzeba przeanalizować zagadnienie zatłoczenia komunikacyjnego miast w kontekście powiązań między rozwojem miasta i rozwojem jego systemu transportowego, ze szczególną uwagą na zależność między transportem a wielkością miasta i intensywnością działalności gospodarczej i społecznej na jego obszarze.

2.2. Zatłoczenie a cechy rynku transportowego

Jak już wspomniano, przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego miast można poszukiwać w cechach rynku transportowego. Trzeba jednak wówczas przy-

jąc najszerzej ze wszystkich możliwych sposobów rozumienia rynku, czyli traktować rynek jako zespół czynników, których decyzje - wzajemnie od siebie uzależnione - kształtują popyt i popyt oraz wpływają na poziom cen. Rozpatrując elementy rynku transportowego w miastach należy uwzględnić zarówno podaż transportową, obejmującą oferowane usługi transportowe, jak i przepustowość infrastruktury oferowaną użytkownikom pojazdów. Oba wymienione składniki podaży można określić mianem usług systemu transportowego.

Kategorią równoważącą rynek jest cena. Przez ceny usług systemu transportowego w miastach można rozumieć albo pobierane opłaty, a w tym opłaty pobierane w sposób pośredni, albo pełne koszty użytkownika systemu związane z konsumpcją usługi systemu transportowego. Część kosztów użytkownika to koszty pieniężne. Należą do nich oprócz opłat za usługi transportowe i pobieranych niekiedy bezpośrednio, a najczęściej pośrednio, opłat za korzystanie z infrastruktury transportowej, koszty związane z eksploatacją pojazdów oraz niektóre rodzaje pochodnych kosztów transportu w przewozach towarowych. Natomiast do kosztów niepieniężnych zaliczyć należy wszelkie pochodne koszty transportu, a w tym przede wszystkim wartość czasu traczonego na podróż, w przewozach pasażerskich i pozostałe rodzaje kosztów pochodnych w przewozach towarowych. Z każdym przewozem związana są pewne koszty i korzyści. Koszty i korzyści z punktu widzenia użytkowników transportu i społeczeństwa mogą być przy tym różne. Oczywiście dla wyjaśnienia zachowania się użytkownika transportu należy brać pod uwagę jedynie koszty i korzyści ponoszone i odczuwane przez niego samego. Korzyści z podróży powstają w wyniku połączenia dwóch działalności realizowanych w dwóch punktach o różnej lokalizacji (np.: mieszkania-praca). Każdy użytkownik transportu dąży do maksymalizacji różnicy między swoimi korzyściami i kosztami transportu. W związku z tym model popytu na przewozy pasażerskie przyjmuje postać zależności funkcyjnej między liczbą osób podróżujących w danej relacji danym środkiem transportu a korzyściami z podróży we wszystkich relacjach dla wszystkich osób i kosztami podróży na wszystkich drogach i dla wszystkich środków transportu. Popyt na przewozy kształtują korzyści i koszty użytkownika. Natomiast postać ceny rynkowej przyjmują jedynie niektóre składniki kosztów użytkownika. Jednocześnie ceny usług transportowych w miastach kształtują się często poniżej kosztu ich wyprodukowania. Koszty związane z budową i utrzymaniem infrastruktury są ponoszone przez jej użytkowników najczęściej w sposób pośredni, niekiedy w całości a niekiedy tylko w części. Nie ma przy tym ścisłej zależności między zużyciem infrastruktury powodowanym przez daną jednostkę a pobieranymi od niej opłatami. Tak więc w miastach ceny usług transportowych i opłaty pobierane za korzystanie z infrastruktury nie są głównym czynnikiem kształtującym popyt na przewozy. Badając popyt na przewozy w miastach można posługiwać się modelem opisującym zależność typu „cena - popyt”. Jednakże przez cenę należy wówczas rozumieć pełne koszty użytkownika usług systemu transportowego. Jednocześnie decyzje o rozwoju systemów transportowych w miastach są podej-

rowadzone w sposób scentralizowany przez organa publiczne. Finansują one rozwój infrastruktury transportowej, utrzymują własne przedsiębiorstwa przewozowe i ściśle kontrolują działalność innych przewoźników. Organa publiczne ustalają także większość cen usług systemu transportowego. W miejskiej polityce transportowej dąży się do realizacji wielu różnych celów. Maksymalizacja przychodów ze sprzedaży usług systemu transportowego nie jest jednak traktowana jako cel główny lub jeden z celów głównych. Zagadnienie wpływów z tego tytułu wiąże się raczej z warunkami albo ograniczeniami rozwoju transportu miejskiego. Ceny transportowe nie mogą więc stanowić i w praktyce nie stanowią podstawy decyzji o pożądanych kierunkach rozwoju podaży. Podaż jest w znacznie większym stopniu kształtowana przez rzeczywiste lub postulowane kierunki rozwoju popytu, niż przez ceny transportowe.

Podaż usług systemu transportowego musi być dostosowywana do popytu, a równocześnie zmiany podaży wywołują zmiany popytu. Popyt na przewozy w miastach kształtuje się w ogromnym stopniu pod wpływem zmian w użytkowaniu ziemi, a te z kolei zależą w dużej mierze od podaży transportowej. Niezależnie od zmian w użytkowaniu ziemi wzrost podaży transportowej w wyniku budowy nowych dróg, zwiększania przepustowości dróg istniejących, uruchamiania nowych połączeń itd. powoduje wzrost popytu na usługi systemu transportowego, związany ze zwiększeniem intensywności działalności społecznej i gospodarczej w ramach istniejących struktur przestrzennych. Także poprawa jakości podaży transportowej wywołuje wzrost popytu. Popyt na usługi systemu transportowego o lepszej jakości może być wyższy od popytu na usługi o jakości niższej, nawet jeśli poprawa jakości usług wiąże się z ponoszeniem wyższych bezpośrednich lub pośrednich opłat. Zjawisko to wyetępuje oczywiście tylko wtedy, gdy zmiany jakości i opłat powodują w sumie spadek globalnych kosztów transportu ponoszonych przez użytkowników. Natomiast w przypadku jednoczesnego obniżenia się cen za usługi systemu transportowego i poprawy ich jakości - a może to mieć miejsca w długich okresach - następuje bardzo silny wzrost popytu transportowego. We wszystkie te zależności można sprowadzić do tezy, iż w transportie miejskim podaż tworzy swój własny popyt. Oddziaływanie podaży na popyt ma charakter pośredni; zmiany podaży powodują za sobą zmiany kosztów użytkownika, a te z kolei pobudzają nowy popyt i modyfikują czasowo - przestrzenny rozkład popytu istniejącego. Warto przy tym zwrócić uwagę na fakt, iż w szeregu relacji między popytem, kosztami użytkownika i podażą w transportie koszty użytkownika i związki między nimi a podażą mają inny charakter niż cena i związki między ceną a podażą w klasycznym modelu „popyt - podaż - cena”. Wspomniane wyżej reakcje popytu mają swe źródło w nieograniczoności potrzeb przewozowych. Rozpatrując ewentualne skutki zmniejszenia wszelkich kosztów transportu do zera, J.M. Thomson doszedł do wniosku, iż potencjalny popyt na transport jest o wiele większy od efektywnego nie tylko z uwagi na możliwość znacznego zwiększenia się liczby podróży i przewozów towarowych, ale w jeszcze większym stopniu z uwagi na możliwość wydłużenie

się odległości przewozów¹¹. Podobnie K. Roszko wskazuje, iż w procesie oddziaływania warunków komunikacyjnych na wielkość przewozów pasażerskich zeeadnicze znaczenie ma wydłużenia odległości odbywania podróży - ponieważ z chwilą poprawy niektórych warunków komunikacyjnych, pierwotna uciążliwość w postaci zużywanego czasu, ponieszonego kosztu, zmęczenia itp. odpowiadać będzie przejazdom na dłuższych niż dotychczas odcinkach przemieszczeń¹². Można więc przyjąć, iż potencjalny popyt na transport w ekali całego miasta jeet nieograniczony w tym sensie, iż wielokrotnie przekracza popyt efektywny. W rezultacie każde zwiększenie podaży i polepszenia jej jakości, powodujące zmniejszenia kosztów użytkownika, a także zmniejszenia opłat za usługi eyetemu transportowego, wywołują przekształcenie się części popytu potencjalnego w efektywny.

Jednoczesne występowanie zjawisk nieograniczoneści potencjalnego popytu traneportowego i zależności popytu efektywnego od podaży ma ietotne znaczenie dla powstawania i utrzymywania się eilnej kongestii traneportowej w miastach. Zagadnienia to można przeanalizować w aspekcie zmian ralacji między podażą a popytem w okreeach długich. Przyjmijmy, iż na początku takiego okreeu istnieje dana relecja między podażą e popytem, wyznaczająca poziom kongestii. W długim okreeie ilościowym i jakościowym zmianom popytu towarzyszyć będą zmiany podaży. Autonomiczne względem sytuacji na rynku traneportowym zmiany popytu i zmiany podaży mogą być proporcjonalne lub nieproporcjonalne. Jeśli zmiany te będą proporcjonalne to wówczas poziom kongestii nie ulegnie zmianie. W przeciwnym wypadku mogą wyetąpić dwie różne eytuacje. W wyniku postępu technicznego, technologicznego lub organizacyjnego i polityki inwestycyjnej w rozpatrywanym okresie ilościowe i jakościowe przyrosty podaży mogą być ezybeze od autonomicznych zmian popytu. Nastąpi wówczas poprewa sytuacji w transporcie, wyrażająca się zmniejszeniem kongestii. Z punktu widzenia użytkowników transportu oznaczać to będzie zmniejszenie kosztów traneportu. Zmiany podaży wywołają więc dodatkowe zmiany popytu. Część potencjalnego popytu na usługi eyetemu transportowego przekeztąpi eię w popyt efektywny. Tak więc, o ile autonomiczne względem eytuacji na rynku traneportowym zmiany popytu i zmiany podaży etworzą warunki dla zmniażenia kongestii treneportowej, to zmiany popytu wywołane poprawą sytuacji rynkowej będą oddziaływać w kierunku wzrostu poziomu kongestii. Baz uwzględnienia wielu czynników i warunków szcagółowych nie sposób oczywiście określić, czy w rezultacie tych zmian kongestia utrzyma się ne poziomie momentu wyjściowego, czy też ukeztąpi eię na poziomie niższym. Istotne jeet jednak to, iż zjawisko zmniejszania eię kongestii traneportowej

¹¹J.M. Thomeon: op. cit. s. 29.

¹²K. Roszko: Warunki komunikacyjne jako czynnik kształtujący ruchliwość mieszkańców. Katowice: IKS 1974 s. 71. W cytowanej pracy przedetawiono wszystkie omawiane zależności między podażą a popytem w ujęciu teoretycznym.

uruchamia proces o przeciwnym kierunku. Jeśli przyrosty podaży transportowej będą mniejsze od autonomicznych zmian popytu, to następować będzie pogorszenie się sytuacji na rynku transportowym - poziom kongestii będzie wzrastał. Użytkownicy transportu odczują to pod postacią wzrostu ich kosztów. Nie wyatapią wówczas oczywiście dodatkowe przyrosty popytu. Wręcz przeciwnie, kongestia będzie hamowała autonomiczny wzrost popytu. O tym, czy w rezultacie przyrosty tego popytu będą mniejsze od tych, jakie nastąpiłyby w wypadku utrzymania się kongestii na pierwotnym poziomie, zadecyduje relacja kosztów spowodowanych wzrostem kongestii do innych kosztów transportu i korzyści użytkowników. Kongestia transportowa może być więc czynnikiem przeciwdziałającym jej dalszemu wzrostowi. Jednakże silnego oddziaływania opisanego sprzężenia zwrotnego można spodziewać się tylko przy wysokim poziomie kongestii, a więc wówczas, gdy wywołuje ona duże koszty.

Popyt transportowy w miastach wykazuje silne wahania okresowe. Wahania popytu są zdeterminowane przez rozkład czasowy występowania potrzeb pierwotnych, wywołujących potrzeby przewozowe. Część podróży i przewozów towarowych może odbywać się w dowolnym czasie lub też użytkownik transportu musi skorzystać z przewozu w pewnym okresie. Jednakże czas odbywania, a właściwie rozpoczynania lub zakończenia, większości przewozów pasażerskich i znacznej części przewozów towarowych jest ściśle określony. Taki rozkład czasowy popytu wiąże się z występowaniem ingressji i w epokach oczywisty przyczynia się do zatłoczenia komunikacyjnego miast. Okresowym wahaniami popytu przypiekuje się więc wiele negatywnych skutków występujących w transporcie miejskim. Znaczne zmniejszenie wahań popytu ułatwiłoby bez wątpienia realizację zadań systemu transportowego, zmniejszyłoby koszty transportu i poprawiłoby jego jakość. Zjawiska te byłyby przede wszystkim wynikiem obniżenia ogólnego poziomu kongestii, uzyskanego dzięki zmianie rozkładu czasowego ruchu. Okresowe wahania popytu są w części obiektywną, a w części subiektywną przyczyną zatłoczenia komunikacyjnego miast. Wahania okresowe potrzeb pierwotnych mają w dużej części uzasadnienie o charakterze geograficznym, biologicznym, socjologicznym, a także ekonomicznym. Odpowiadające im wahania popytu transportowego muszą być uznane za zjawisko obiektywne. Poza zakres wahań okresowych potrzeb pierwotnych i związanych z nimi potrzeb transportowych, wykraczający poza granice konieczności i ekonomicznego uzasadnienia, winien być uznany za subiektywną przyczynę zatłoczenia komunikacyjnego miast.

Celem polityki transportowej w mieście nie może być dostosowanie podaży do maksymalnego poziomu popytu. Należy dążyć do osiągnięcia optymalnego poziomu dostosowania podaży do popytu. Pomijając problem kryterium wyznaczającego taki optymalny poziom, można wskazać na pewne cechy podaży transportowej, które utrudniają jej szybkie i elastyczne przekształcanie i tym samym utrudniają osiągnięcie pożądanego poziomu rozwoju podaży. Są to przede wszystkim te cechy podaży transportowej, które wywołują zja-

wisko nadmiernych oszczędności w polityce inwestycyjnej w dziedzinie transportu. Wymienić tutaj należy przede wszystkim wysoką majątkochłonność i kapitałochłonność transportu, a w tym głównie wysoką majątkochłonność, kapitałochłonność i przestrzannochłonność infrastruktury transportowej¹³. Przez majątkochłonność transportu rozumie się wartość środków trwałych (brutto lub netto) przypadającą na jednostkę produkcji transportowej lub na 1 zatrudnionego pracownika, a przez kapitałochłonność ilość środków trwałych i obrotowych niezbędnych do uzyskania określonego efektu, który najczęściej sprowadza się do przyrostu produkcji usług transportowych¹⁴. Wysoka majątkochłonność i kapitałochłonność transportu wynika przede wszystkim z niepodzielności technicznej i ekonomicznej infrastruktury transportu oraz z długiego okresu jej kształtowania¹⁵. W ujęciu makroekonomicznym kapitałochłonność mierzy się wielkością nakładów inwestycyjnych niezbędnych do uzyskania przyrostu dochodu narodowego o jednostkę. Przy rozpisywaniu kapitałochłonności transportu w ujęciu makroekonomicznym należy uwzględnić nie tylko efekty związane z przyrostem wartości produkcji transportowej, lecz także efekty zewnętrzne inwestycji transportowych. Efekty zewnętrzne przyjmują postać korzyści i oszczędności¹⁶. Są one związane zarówno z ilością jak i z jakością oferowanych usług systemu transportowego. Zewnętrzne efekty inwestycji transportowych występują wtedy, gdy jakościowa struktura podaży transportowej zaspokaja regionalny popyt i aktywizuje regionalne zasoby¹⁷. Wspomniane korzyści i oszczędności wyrażają się zmniejszaniem różnych składników szeroko rozumianych społecznych kosztów transportu. Efekty zewnętrzne, podobnie zresztą jak i bezpośrednie efekty inwestycji transportowych, występują z reguły z pewnym - niekiedy dość znacznym - opóźnieniem. Możliwość ich uzyskania stanowi niewątpliwie silny bodziec do podejmowania inwestycji transportowych. Niemniej konieczność przeznaczania znacznych środków na transport, zjawisko odroczonego efektu, a także pośredni charakter zewnętrznych efektów inwestycji transportowych, skłaniają do „oszczędzania” na nakładach inwestycyjnych na cele transportowe.

Przebudowa transportu jest szczególnie trudna w przypadku, gdy wymaga istotnych zmian w zagospodarowaniu miasta. Wówczas dla osiągnięcia stanu

¹³Por. *Ekonomika transportu*. Red. A. Piskozub. Warszawa: WKiŁ 1970, s. 230 - 231.

¹⁴J. Parsnc: *Kapitałochłonność i majątkochłonność infrastruktury transportu*. Przegląd Komunikacyjny, 1975 nr 6, s. 13.

¹⁵W. Grzywacz: *Infrastruktura transportu*. Warszawa: WKiŁ 1972, s. 59.

¹⁶W. Grzywacz: *op. cit.* s. 64 - 65.

¹⁷H. Witte, W. Lasch: *A macroeconomic estimate for investments in transportation*. *International Journal of Transport Economics* 1979, v. 6, nr 2, s. 143.

postulowanego konieczna jest dokonania w krótkim okresie wielkich nakładów inwestycyjnych, a często także usunięcia wielu elementów zagospodarowania miasta, które nie są jeszcze całkowicie wyeksploatowane. Dlatego też z reguły w praktyce realizuje się inwestycje odtworzeniowe, dokonując jedynie stopniowych korekt w systemie transportowym i zagospodarowaniu miasta. W rezultacie odtwarza się lub co najwyżej poprawia układ istniejący, a nie osiąga się układu postulowanego. Takie zjawisko w odniesieniu do całego miasta określane jest mianem „bawładzi inwestycyjnego”¹⁸. Wapomnisie inwestycje odtworzeniowe i inwestycje służące poprawianiu układu pochłaniają w długich okresach środki, które wystarczyłyby na radykalną przebudowę całego układu miejskiego. Nie ma jednak możliwości użycia tych środków w sposób kompleksowy w krótkim okresie, co jest warunkiem dokonania postulowanych zmian całościowych. Należy przy tym zaznaczyć, że opisane zjawisko prowadzi często do zwiększenia kosztów awtualnej radykalnej przebudowy całego układu.

Jak już wspomniano, za przyczynę wielu trudności transportowych w miastach, a w tym i zatłoczenie komunikacyjnego miasta, uważa się często niewłaściwą strukturę gałęziową przszozów, a w szczególności nadmierne udziały przszozów indywidualnych w zaspokajaniu potrzeb przszozowych. Intensywny rozwój komunikacji zbiorowej i tym samym zwiększanie jej udziału w obsłudze komunikacyjnej miasta, jest obecnie powszechnie akceptowanym środkiem miejskiej polityki transportowej¹⁹. W komunikacji zbiorowej uważa się szansę dla poprawy funkcjonowania transportu miejskiego, a nawet przszwyknięcia tzw. kryzysu komunikacyjnego miasta. Każdy podsystem transportu miejskiego charakteryzuje się pewnym zmieniającym się cyklicznie poziomem kongestii. Odpowiednia polityka transportowa może poprzez zmiany udziału tych podsystemów w obsłudze miasta doprowadzić do spadku ogólnego poziomu kongestii. Kształtowanie struktury systemu transportowego miasta jest jednak zagadnieniem o wiele szerszym od problemu zatłoczenia komunikacyjnego. Przy rozpatrywaniu tego zagadnienia należy przy tym mieć na uwadze omówioną wcześniej zależność między podażą i popytem w transporcie. W tym przypadku może ona przszjawiać się w ten sposób, iż polepszenie obsługi komunikacyjnej poprzez rozwój transportu zbiorowego doprowadzi do zmian w przestrzennym zagospodarowaniu miasta. Zmiany te wywołają z kolei wzrost popytu na przewozy w relacjach, w których podaż usług transportowych zwiększyła się w ujęciu ilościowym i poprawiła się w ujęciu jakościowym²⁰. Kongestia podażi więc w ślad za nowymi inwestycjami transportowymi. Niewłaściwa struktura miejskiego systemu transportowego może wynikać z wielu przszyn, między

¹⁸Por. R.C. Wood: *Metropolis against itself*. New York: Committee for Economic Development March 1959, s. 54.

¹⁹Por. J. Ostaszewicz, M. Rataj: *Szybka komunikacja miejska*. Warszawa: WKiŁ, 1979, s. 20.

²⁰Por. T.J. Kim: *Effects of subways on urban form and structure*. Transportation Research 1978, v. 12, nr 4, s. 231 - 239.

innymi także z tych, które uznano wyżaj za czynniki wywołująca zatłoczenie komunikacyjne miast. Nie jest więc samodzielną przyczyną zatłoczenia komunikacyjnego miast, lecz rezultatem działania innych czynników, będących takimi przyczynami.

Omówione wyżej własności podstawowych elementów rynku transportowego w miastach i charakter występujących między nimi powiązań składają się w sumie na tendencję do powstawania zatłoczenia komunikacyjnego miast. Tendencja ta jest tym silniejsza, im wyższy jest poziom zagospodarowania obszaru, na którym znajduje się dany element sieci transportowej. Intensywność zagospodarowania ziemi miejskiej wiąże się bowiem z wyższym potencjalnym i efektywnym popytem transportowym i z wyższymi kosztami zwiększanie podaży.

2.3. Zatłoczenia a wielkość i struktura przestrzenna miast

Procesami rozwoju miast rządzą pewne prawidłowości, które decydują o rozmieszczeniu miast, ich wielkości i strukturach przestrzennych. W teoriach wyjaśniających powstawanie sieci skupisk miejskich, osiągnięcie przez miasta różnych wielkości i kształtowanie się struktur przestrzennych miast duże znaczenie przypisuje się czynnikowi transportu. W teoriach, modelach i generalizacjach dotyczących rozwoju miast i przemian ich struktur przestrzennych transport traktowany jest z reguły jako jeden z głównych czynników kształtujących przebieg tych procesów. W opracowaniach o wysokim stopniu abstrakcji czynnik transportowy zawarty jest najczęściej w takich kategoriach, jak: dostępność przestrzenna, odległość lub koszt transportu. Niekiedy w opracowaniach bardziej skonkretyzowanych uwzględnia się też także własności transportu, jak: szybkość i masowość przemieszczania, typ, geometria i dostępność sieci, a często bierze się pod uwagę poszczególne składniki kosztów przewozów. Uwzględnia się także zjawisko kongestii i jej koszty. Stąd też problem zatłoczenia komunikacyjnego wielkich miast może być rozpatrywany na tle procesu rozwoju miast, przy uwzględnieniu roli transportu w tym procesie. Wydaje się, że taka analiza umożliwiłaby pełniejsze wyjaśnienie przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego miast i jednocześnie może dostarczyć istotnych wskazówek odnośnie sposobu interpretacji kosztów kongestii transportowej.

Powstanie i rozwój miast wiąże się z korzyściami aglomeracji rozumianej jako skupienia przedsięwzięć, instytucji i ludności na niewielkim obszarze²¹. Istnieje wiele sposobów klasyfikacji i wyjaśnianie tych korzyści. I tak przykładowo A. Lösch wskazuje na pięć rodzajów korzyści aglomeracji, dotyczących wytwarzania, podziału i konsumpcji. Są to: korzyści związane z wielkością produkcji i przedsiębiorstwa, korzyści związane z masą produkcji i wspólnymi oszczędnościami podobnych przedsię-

²¹Por. I. Tarski: Transport jako czynnik lokalizacji produkcji. Warszawa: PWE, 1963, s. 29.

biorstw, korzyści aglomeracji różnych przedsiębiorstw, korzyści z działania w warunkach dużego i zróżnicowanego popytu oraz korzyści wspólnej konsumpcji²². Korzyści te można także przedstawić w formie prawidłowości, zgodnej z którą nakładochłonność jednostkowa funkcji miastotwórczych i uzupalniających maleje w miarę ich koncentracji. Jednak wszystkie korzyści aglomeracji nie da się sprowadzić do obniżki nakładów jednostkowych. Na korzyści rzeczywiste, jakie stają się udziałem przedsiębiorstw, instytucji społecznych i ludzi, gdy lokalizują się w miastach, składają się bowiem oprócz obniżki nakładów inwestycyjnych i kosztów jednostkowych, także korzyści, jak: dostęp do ośrodków innowacji naukowo - technicznych, wyższe dochody i wyższe jakość życia²³. Większość korzyści osiągniętych dzięki koncentracji działalności gospodarczej, społecznej i kulturalnej oraz naukowej kryje w sobie tendencję do minimalizacji kosztów transportu niezbędnych do uzyskania pożądanego efektu²⁴. Niskie koszty transportu są czynnikiem decydującym o atrakcyjności lokalizacji w mieście. Stąd też uważa się, iż u podstaw zjawiska koncentracji ludności w wielkich skupiskach leży rosnąca ruchliwość człowieka, rozumiana jako wyraz tendencji do zaspokajania potrzeb w możliwie urozmaicony sposób²⁵. Tak więc rozpatrując aglomerację z innego punktu widzenia, można przyjąć, iż dążenie do obniżki kosztów transportu jest - obok korzyści ekonomicznej - główną przyczyną tworzenia się skupisk miejskich i zasadniczym powodem, dla którego osiągają one wysoką gęstość. Transport jest także jednym z głównych czynników kształtujących strukturę przestrzenną - funkcjonalną miast. Doskonalenie techniki transportowej i następujący w rezultacie spadek efektywnych i pochodnych kosztów transportu pogłębiają specjalizację funkcjonalną poszczególnych obszarów miejskich. Także inne cechy struktury przestrzennej miast, jak geometria układu i właściwości skupienia (ciągłości) kształtują się pod silnym wpływem transportu²⁶.

Procesy aglomeracji i koncentracji zwiększają czyste korzyści tylko do pewnej wielkości miast. Wiąże się to z problemem optymalnej wielkości pojedynczego miasta i optymalnego rozkładu wielkości miast w sieci osiedleńczej. W literaturze poświęconej zagadnieniom miejskim można znaleźć różne poglądy odnośnie istnienia i możliwości - choćby teoretycznego - wyznaczenia optimum wielkości miasta²⁷. Nowe, cenne elementy do tego zagad-

²²A. Lösch: Gospodarka przestrzenna. Warszawa: PWE 1961, s. 80 - 85.

²³Por. R. Domański: Zarys teorii procesów w systemie osadniczym. Przegląd Geograficzny 1976, zeszyt 2 s. 216.

²⁴W. Suchorzewski: Rola transportu w kształtowaniu aglomeracji miejsko-przemysłowych. W: Transport w dużych aglomeracjach miejskich. Warszawa: PAN 1975, s. 14 - 15.

²⁵F. Lehner: Public transport within the framework of urban general traffic plans. Copenhagen: XXXIV International Congress of UITP 1961, s. 82.

²⁶Por. W. Pięciński: Komunikacja jako czynnik kształtowania miasta. Miasto, 1977, nr 1, s. 14.

²⁷Por. S. Broniawski: Ekonomiczne podstawy planowania wielkości miast. Warszawa: Arkady 1966 i B. Malisz: Zarys teorii kształtowania układów osadniczych. Warszawa: Arkady 1966.

nisnia wniosła teoria progów rozwojowych miast. Problem ekonomicznej ocsny wielkości miast można w uproszczeniu sprowadzić do prawidłowości związanych z kształtowaniem się dochodu społecznego i kosztów rozbudowy w miastach o różnej wielkości. Badania przeprowadzona w Polsce i za granicą wskazują, iż istnieje wyraźna zależność między wielkością miasta a wielkością osiągniętego na jego obszarze dochodu społecznego²⁸. Im większe jest miasto, tym większy dochód społeczny na 1 mieszkańca. Zjawisko to tłumaczy się większym rozdrobnieniem funkcji miastotwórczych w mniejszych miastach. Zmniejsza to korzyści z tytułu koncentracji produkcji. W małych miastach niższe stopnie koncentracji wykazują także funkcje uzupełniające. G. Widmer przedstawił zależność między dochodem społecznym na 1 mieszkańca a logarytmem liczby jego mieszkańców w postaci funkcji liniowej²⁹. Warto przy tym zaznaczyć, iż większe miasta mają dużą stratę wpływów, co pociąga za sobą większe obciążenia miejskich systemów transportowych.

Wzrost jednostkowego dochodu społecznego w miarę zwiększania się wielkości miasta nie oznacza jednak, iż każdy wzrost wielkości miasta jest korzystny. Różnym wielkościom miast odpowiadają bowiem różne koszty infrastruktury. Zależność tę dla warunków polskich badał B. Malisz³⁰. Kształtowanie się kosztów rozbudowy miast na 1 mieszkańca względem liczby ich mieszkańców odzwierciedla najlepiej funkcja paraboliczna, osiągająca minimum w punkcie o liczbie mieszkańców, kwalifikującej owe miasto o najniższych kosztach do grupy miast średnich. Matematyczna postać funkcji obrezuje zależność między jednostkowym dochodem społecznym i jednostkowymi kosztami rozbudowy infrastruktury a wielkością miasta nie jest jeszcze w dostatecznym stopniu zsyryfikowana. Niemniej badania dochodu społecznego i kosztów rozbudowy, a także badania innych korzyści i kosztów występujących w miastach, pozwalają na przybliżoną ocenę czystych korzyści w miastach różnej wielkości, co jednocześnie pozwala na ocenę stopnia koncentracji ludności w miastach wielkich. Wykonywane w wielu krajach rozwiniętych gospodarczo badania i studia prowadzą do upowszechnienia się poglądu o nadmiernej koncentracji ludności i działalności gospodarczej w wielkich miastach³¹. Wskazuje się, iż przy mniejszej koncentracji łączne czyste korzyści byłyby większe. Przyczyn przekraczania przez miasta ich wielkości optymalnej poszukuje się w warunkach ich rozwoju, a sposobów zapobieżenia temu zjawisku w kontroli procesu rozwoju miast. Dowodzi się bowiem, że polityka laissez-faire prowadzi do zbyt dużej koncentracji ludzi i aktywności gospodarczej w niewielkiej liczbie wielkich

²⁸A. Ginsbart: Ekonomiczne przesłanki rozwoju małych miast. W: Teoretyczne problemy rozmieszczenia sił wytwórczych. Red. K. Szczyński. Warszawa: PWE 1965, s. 231 - 257.

²⁹G. Widmer: L'inegalité dans la grandeur des villes et ses corrélations économiques. Revue Économique 1953 nr 3, s. 316 - 322.

³⁰B. Malisz: Ekonomiczne kształtowanie miast. Warszawa: KPZK PAN Studia T. IV, 1963.

³¹J. Sundquist: Where shall they live? The Public Interest 1970 nr 18 s. 88 - 100.

regionów miejskich³². Należy przy tym zaznaczyć, iż teoria rozwoju miast i kształtowania się ich struktur przestrzennych, a w tym i teoria ośrodków centralnych, nie wyjaśniają dostatecznie tego zjawiska.

Nadmierna koncentracja w regionach miastkich przejawia się w dwu zasadniczych postaciach: zanieczyszczaniu środowiska i nadmiernej kongestii w sferze usług, a w tym przede wszystkim w nadmiernej kongestii transportowej. Po przekroczeniu pewnego stopnia koncentracji przyrosty kosztów kongestii i zanieczyszczenia środowiska są tak duże, iż przewyższają dodatkowe korzyści pomniejszone o inne koszty. Mimo to proces koncentracji nie jest powstrzymywany. Wynika to ze sposobu powstawania oraz charakteru kosztów kongestii i zanieczyszczenia środowiska. Ograniczając to zagadnienia do sfery transportu, można stwierdzić, że po przekroczeniu pewnego poziomu kongestii transportowej pojawienie się nowych użytkowników systemu transportowego powoduje coraz to wyższe przyrosty kosztów. Zgodnie ze wskazaną wcześniej rolą kosztów transportu w rozwoju miast, spowodowany kongestią wzrost kosztów transportu powinien hamować proces koncentracji w dużych miastach. Działanie czynników wzrostu kosztów transportu jest jednak o wiele słabsze, niżby to wynikało z obserwacji ich kolejnych przyrostów w całym mieście. Dla wyjaśnienia tego zjawiska można posłużyć się pojęciami prywatnych i społecznych kosztów transportu.

Przez prywatne koszty transportu należy tutaj rozumieć wszelkie koszty użytkownika, łącznie z odczuwanymi przez niego kosztami kongestii. Natomiast nie koszty społeczne składają się koszty prywatne oraz wszelkie koszty zewnętrzne związane z przewozem³³. Do kosztów zewnętrznych należą obok kosztów zanieczyszczenia środowiska przede wszystkim koszty kongestii traktowane jako koszty ponoszone przez innych użytkowników usług systemu transportowego w wyniku pojawienia się dodatkowego użytkownika. Tak rozumiane pojęcia „społeczne koszty transportu” i „zewnętrzne koszty transportu” mogą być stosowane tylko w zestawieniu z pojęciem prywatnego kosztu transportu. Służą one do wyrażenia wpływu, jaki wywiera na koszty transportu jeden użytkownik usług systemu transportowego. Użyty tu termin „społeczne koszty transportu” odpowiada więc pojęciu kosztu krańcowego dla społecznych (globalnych) kosztów transportu w szerokim znaczeniu, a więc sumy kosztów efektywnych i pochodnych przy danej wielkości i jakości produkcji transportowej³⁴. Natomiast koszty prywatne oznaczają przeciętne koszty globalne. Społeczne

³²B. Ellickson: Jurisdictional fragmentation and residential choice. *The American Economic Review* 1971, v. 61, nr 2.

³³Por. R. Le Roy Millar: *Economics Today. The Micro View*. New York: Harper and Row Publishers 1982, s. 358.

³⁴Por. *Ekonomika transportu*. op. cit. s. 93.

koszty transportu nie przeciwstawiona kosztom prywatnym należy przy tym oczywiście rozumieć jako wspomnianą sumę kosztów efektywnych i pochodnych. Wówczas zewnętrzne koszty transportu stanowią element kosztów pochodnych rozpatrywanych nie tylko z punktu widzenia użytkownika transportu, ale także z punktu widzenia całej gospodarki i społeczeństwa. Wyrażają one straty i koszty powstające poza transportem i poza jednostkami obsługiwanymi przez transport, spowodowane przez działalność transportową.

Jednostka decydując się na lokalizację w mieście, bierze pod uwagę różne koszty związane z tą decyzją, a w tym oczywiście także koszty transportu. Podobnie jednostka już zlokalizowana w mieście podejmując decyzję o skali swojej działalności rozpatruje między innymi koszty transportu. W obu tych przypadkach brane są jednak pod uwagę tylko koszty prywatne. Nowi użytkownicy systemu transportowego ignorują koszty kongestii, która w wyniku realizacji ich decyzji obciążają innych. Zjawisko to może prowadzić do nadmiernej koncentracji w mieście i jednocześnie do większego niż optymalny poziom wykorzystania systemu transportowego³⁵. Nadmierna koncentracja i swobodny nadorazwój infrastruktury transportowej powodują wzrost kongestii transportowej. Wzrost kongestii transportowej i jej kosztów stanowi bez wątpienia czynnik niszczący do lokalizacji w mieście i zwiększenia intensywności tej działalności gospodarczej i społecznej, która wymaga korzystania z transportu. Jednakże z uwagi na to, iż rolę „barier” spełniają tylko prywatne koszty transportu, oddziaływanie tego czynnika jest słabe. Przy podejmowaniu decyzji brane są więc pod uwagę niższe koszty, niż te jakie powstają w rzeczywistości. Zastłoczenia komunikacyjna może być więc traktowana jako wynik różnic między prywatnymi i społecznymi kosztami transportu jako funkcjami wielkości miasta i intensywności działalności społecznej i gospodarczej na jego obszarze. W kontekście omówionych wcześniej przewidywalności i zależności różnic ta wywołuje bowiem tendencję do powstawania i utrzymywania się zastłoczenia komunikacyjnego w miastach.

Na zastłoczenia komunikacyjne wpływa także - w sposób pośredni - zanieczyszczenie środowiska miejskiego. Samo zanieczyszczenie środowiska można, w wypadku gdy przekracza ono akceptowany przez społeczeństwo poziom, traktować - podobnie jak kongestię transportową - jako czynnik różnic między prywatnymi i społecznymi kosztami tego zjawiska przy różnych wielkościach miasta i różnej intensywności działalności gospodarczej i społecznej. Nadmierne zanieczyszczenie środowiska skłania część ludności i niektóre instytucje do zmiany lokalizacji na obszarze miasta. Nowa lokalizacja z reguły wiąże się z większymi odległościami przewozów i wyższymi kosztami transportu. Zasadnicze kierunki przewozów zostają przy tym utrzymane. W rezultacie następuje wzrost kongestii na części

³⁵Por. A.A. Walters: The theory and measurement of private and social costs of highway congestion. *Economica* 1961, v. 29, s. 695.

sisci, która była wczaijniej słabo wykorzystana, a kongestia na dotychczas intensywnie wykorzystywanej części sisci nie zmienia się. Warto zwrócić uwagę na to, iż w praktyce bardzo trudno jest ocenić wpływ koncentracji ludności i aktywności społeczno - gospodarczej na poziom kongestii transportowej. Jak już wskazano wcześniej, w procesie inwestowania w transport miejski występuje silna tendencja do czynienia nadmiernych oszczędności. Tak więc z reguły koncentracja znacznie wyprzedza rozwój infrastruktury transportowej. W rezultacie systemy transportowe miast są zawsze w mniejszym lub większym stopniu niedorozwinięte w stosunku do potrzeb, a często także w stosunku do planów ich rozwoju. Ponadto to znacznie ogólny poziom kongestii transportowej. Koszty kongestii stanowią w pewnej mierze substytut nakładów na rozwój systemów transportowych miast. Nie wiadomo więc, w jakim stopniu zatłoczenie komunikacyjne jest wynikiem zbyt szybko postępującej koncentracji, a w jakim wynikiem zbyt wolnego rozwoju infrastruktury transportowej.

Jak już wspomiano, kongestia transportowa nie rozkłada się równomiernie na obszarze miasta. Rodzi się w związku z tym pytanie: jakie czynniki określają zależność między położeniem elementu sisci transportowej na obszarze miasta a występującym na nim poziomem kongestii transportowej? Identyfikację i analizę tych czynników warto rozłożyć na dwie części: ustalenie ekonomicznie uzasadnionej relacji między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości sisci transportowej a położeniem danego punktu na obszarze miasta i zbadanie wpływu omówionych wcześniej czynników na możliwość odchylenia się natężenia ruchu od poziomu wynikającego z tej relacji. W ten sposób można ustalić związki między zatłoczeniem komunikacyjnym a strukturą przestrzenną miasta, gdyż stosunek natężenia ruchu do przepustowości sieci transportowej decyduje o poziomie kongestii. Rozwiązanie postawionego problemu wymaga rozpatrywania zagadnienia kongestii transportowej w kontekście powiązań między transportem a strukturą przestrzenną miasta. Do tej pory nie została stworzona jeszcze jednolita, zintegrowana teoria wyjaśniająca proces kształtowania się struktury przestrzennej miast. Dlatego też w analizie omawianych zagadnień posłużono się wybranymi elementami teorii traktujących alokację jako proces oparty na konkurencji i wykorzystujących kategorię renty gruntowej. Teoria wyjaśniająca strukturę przestrzenną miasta za pomocą zjawiska konkurencji ma ograniczony zakres uniwersalności. Jednakże z punktu widzenia potrzeb niniejszej analizy odzwierciedlają one w dostatecznym stopniu zależność między transportem a strukturą przestrzenną miasta. Podobnie kategoria renty gruntowej nie może być wykorzystywana dla opisu procesów zachodzących w miastach rozwijających się w każdych warunkach. Denotuje ona jednak pewne zjawiska obserwowane w rzeczywistości i można je wykorzystać dla uproszczonego przedstawienia zależności między transportem, a w tym i kongestią transportową, a ze społeczeństw tych zjawisk.

We wspomnianych teoriach struktury przestrzennej miast podstawowymi kategoriami wyjaśniającymi są renta gruntowa i koszty transportu. Uwzględ-

nia się przy tym często tylko jeden ze składników renty różniczkowej I - rentę sytuacyjną, stanowiącą funkcję położenia, którego użyteczność wyznacza dostępność przestrzenna. R.M. Haig, który stworzył podstawy ekonomicznej teorii struktury miast, traktował rentę sytuacyjną oraz koszty transportu jako wielkości komplementarne, łącznie tworzące koszt pokonywania oporu odległości, zmniejszający się w zależności od położenia³⁶. Zakładał on, iż renta jest odzwierciedleniem korzyści z tytułu dostępności danego punktu do obszaru miasta. Jednostki lokujące się w mieście dążą do zajęcia miejsc o najniższych łącznych kosztach transportu. W rezultacie konkurencji o lokalizację w tych miejscach, są one zajmowane przez te jednostki, o szerzej rozległej działalności, które najefektywniej wykorzystują wsłor dostępności przestrzenną. Teoria ta przetworzona na regułę planowania przestrzennego wskazuje na minimalizację łącznych kosztów transportu, a tym samym i wielkości zagradowanej renty sytuacyjnej, jako podstawowy cel działań planistycznych w regionie miejskim.

Inną teorię stworzyli - niezależnie od siebie - A. Alonso i L. Wingo. A. Alonso przyjął, iż położenie jednostki na obszarze miasta wyznacza trzy elementy: dostępność przestrzenną, rentę sytuacyjną i wielkość zajmowanej powierzchni. Uwzględnienie tego ostatniego czynnika, a tym samym podważenie tezy o tendencji do minimalizacji kosztów oporu odległości jako regule w procesie slokacji, stanowi zasadniczą różnicę teorii A. Alonso i L. Wingo. w stosunku do teorii R.M. Haiga³⁷. Opierając się na teorii A. Alonso i L. Wingo można wyjaśnić zależność między kosztami transportu a rozkładem gęstości zaludnienia oraz zależność między obszarem miasta a funkcją kosztów transportu z poszczególnych miejsc leżących na linii stanowiącej promień miasta do jego centrum. Znajomość tych zależności umożliwia posługiwanie się obserwacją zmian gęstości zaludnienia i zmian poziomu i rozkładu renty gruntowej dla oceny procesów zachodzących w transportie, a wywołujących zmiany kosztów przemieszczania³⁸.

L. Wingo przyjmuje, iż rozkład kosztów transportu do centrum miasta z poszczególnych punktów leżących na odcinku stanowiącym promień miasta opisuje funkcja wykładnicza. Rozpisuje on koszty transportu jako sumę kosztów transportu w warunkach braku kongestii, kosztów kongestii i - traktowanych jako odrębna grupa kosztów - średnich kosztów ingresji (\bar{y}). Przy danych kosztach transportu dla wszystkich gospodarstw domowych rentę sytuacyjną wyznacza zależność³⁹:

³⁶P. Korcelli: Teoria rozwoju struktury przestrzennej miast. Warszawa PWN 1974, s. 37 - 38.

³⁷P. Korcelli: op. cit. s. 39.

³⁸Por. B.G. Hutchinson: Principles of Urban Transport Systems Planning. Washington D.C.: Scripta Book Co. 1974, s. 280 - 284.

³⁹L. Wingo: Transportation ..., op. cit. s. 68.

$$k^R_i = L - k^{X_{i-0}} = k^{X_{m-0}} - k^{X_{i-0}}$$

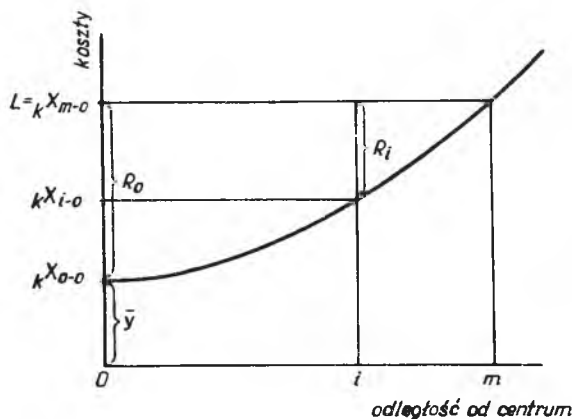
gdzies: k^R_i - renta sytuacyjna w punkcie i ,

L - koszt lokalizacji,

$k^{X_{i-0}}$ - koszt transportu między centrum a punktem i dla gospodarstwa domowego k ,

$k^{X_{m-0}}$ - koszt transportu do krańcowego punktu m z centrum miasta dla gospodarstwa domowego k .

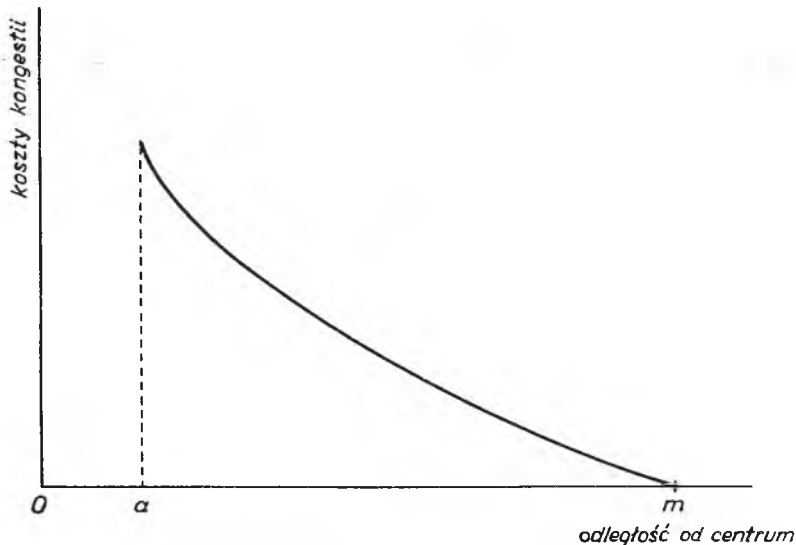
Graficzną ilustracją tej zależności jest rys. 3. Punkt m wyznacza koniec promienia miasta, a koszty transportu między centrum a tym punktem stanowią stały koszt lokalizacji. Każdy inny punkt położony na promieniu om charakteryzuje się niższymi kosztami transportu, a różnica kosztów transportu z m do centrum i kosztów transportu z tego punktu do centrum wyznacza rentę sytuacyjną dla tego miejsca. Poziomą rentę absorbuje korzyść lokalizacyjną. W ten sposób zachowana zostaje równowaga lokalizacyjna: żadne gospodarstwo domowe nie może zwiększyć swego zysku nstoto przez zmianę lokalizacji i żadne miejsce nie może zwiększyć swych zysków przez zmianę mieszkańców.



Rys. 3. Struktura przestrzenna renty sytuacyjnej. Źródło: L. Wingo, *Transportation ...*, op.cit. s. 68

L. Wingo rozpatrywał model miasta o układzie koncentrycznym, w którym wszystkie podróże odbywają się do centrum. Jeśli przyjąć dla tego modelu typowy - zgodny zresztą z założeniami L. Wingo - rozkład gęstości zaludnienia, to w poszczególnych punktach drogi prowadzącej od granicy miasta do granicy jego centrum rozpoczynając podróż coraz to większą liczbą osób. Albowiem im bliżej centrum tym większa będzie gęstość zaludnienia. W danym momencie nastąpienie ruchu zależy od rozkładu czaso-

wego popytu. Niemniej odpowiednio do liczby osób rozpoczynających podróż w poszczególnych punktach drogi natężenie ruchu będzie wzrastało w miarę zbliżania się do centrum. Natężenie ruchu w danym punkcie będzie funkcją gęstości zaludnienia we wszystkich punktach na odcinku łączącym ten punkt z punktem stanowiącym granicę miasta. Natężenie ruchu w poszczególnych punktach będzie więc wyznaczone przez gęstość zaludnienia, a ta z kolei zależy od wysokości kosztów transportu z tych punktów do centrum. Jeśli przepustowość dróg prowadzących do centrum nie rośnie odpowiednio do rozkładu natężenia ruchu, to koszty kongestii będą tym wyższe im bliżej centrum znajduje się dany punkt. Na granicy centrum będą najwyższe, a na granicy miasta będą równe zero. Ilustruje to rys. 4. Poziom kongestii na poszczególnych elementach sieci transportowej i w różnych częściach miasta jest więc kształtowany przez układ użytkowania ziemi miejskiej i układ gęstości zaludnienia. Z kolei kongestia wpływa na wysokość zagregowanych kosztów transportu przypisanych do każdej lokalizacji w mieście, a tym samym kształtuje także w pewnym stopniu strukturę przestrzenną miasta.



Rys. 4. Koszty kongestii a odległość od centrum miasta, a - granica centrum, m - granica miasta, Źródło: opracowanie własne

Poziom kongestii transportowej zależy nie tylko od efektywnego popytu na przewozy, lecz także od podaży transportowej i możliwości jej zwiększenia. W warunkach statycznych - gdy założymy brak zmian w technice i technologii transportu - zwiększenie przepustowości sieci transportowej wymaga zajęcia dodatkowych terenów. O ziemię miejską ubiegają się jednak także inne rodzaje jej użytkowania. Dla poszczególnych jednoetek różne punkty na terenie miasta mają różną użyteczność. Użyteczność ta za-

leży od dostępności przestrzennej, walorów środowiska, topografii, rodzaju użytkowania terenu, intensywności jego zagospodarowania i innych czynników. Użyteczność różni się mając ją od akoralowaną z wysokością renty gruntowej, obejmującą wapomnianą wcześniej rentę sytuacyjną. Najogólniej rzecz biorąc renta gruntowa odzwierciedla korzyści użytkowania ziemi. Jeśli każda działka została by - zgodna z założeniami teorii miast - zmęta przez taką działalność, której zapewnia ona najwyższą użyteczność i która gotowa jest tym samym płacić z tego tytułu najwyższą rentę gruntową, to renta gruntowa będzie odzwierciedlać koszty możliwości (opportunity costs) użytkowania ziemi na cele transportowe. Przy takim założeniu można ustalić zależność między poziomem kongestii kształtującym koszty transportu a rentą gruntową, która w tym wypadku reprezentuje poezukiwane czynniki wpływające na przestrzenne zróżnicowanie kongestii. Wmrunki optymalnego rozkładu przestrzennego kongestii transportowej w mieście, oparte na tej zależności, sformułowali E.S. Mille i D. M. de Ferranti. Sprowadzają się one do zachowania na całym obszarze miasta etęłej relacji między poziomem kongestii, wyrażonym ilorazem liczby użytkowników transportu i ilością ziemi zajętej na cele transportowe, a rentą gruntową. Przestrzenny rozkład kongestii transportowej jest optymalny, gdy dla każdej pary miejsc u_0 i u_1 ⁴⁰:

$$\left[\frac{T(u_0) / L_2(u_0)}{T(u_1) / L_2(u_1)} \right] = \frac{P_2^{u_1}}{R(u_1)}$$

gdzie: $T(u)$ - liczba podróżujących w u ,
 $L_2(u)$ - obciążenie ziemi zajętej na cele transportowe w u ,
 $R(u)$ - renta gruntowa w u .

Należy zaznaczyć, iż w modelu E.S. Millaa i D.M. de Ferrantiego przez kongestię rozumie się każdy poziom wzajemnego oddziaływania na siebie użytkowników transportu. Powyższy wzór opiewuje więc także relacja między rentą gruntową a wzajemnym oddziaływaniami na siebie użytkowników transportu w tych wypadkach, gdy zgodnie z przyjętą wcześniej definicją na sieci transportowej kongestia w ogóle nie występuje. Nadto wykorzystania powyższego równania dla opiewu uzasadnionego ekonomicznie przestrzennego rozkładu kongestii transportowej na obszarze miasta wymaga przyjęcia dodatkowych założeń. Po pierwsze koszty transportu niezależne od natężenia ruchu, a więc i od kongestii, muszą być równe na całej sieci transportowej. Po drugie na całym obszarze miasta musi występować jednokowa

⁴⁰E.S. Mille, D.M. de Ferranti: Market choices and optimum city size. The American Economic Review. Papers and Proceedings 1971, v. 61 nr 2, s. 342.



zależność między kosztami wzajemnego oddziaływania na siebie użytkowników transportu a stopniem liczby podróżujących do obciążenia zajętego na cele transportowe. Tylko w takich warunkach renta gruntowa będzie bowiem wykazywała na koszty możliwości użytkowania ziemi na cele transportowe.

Zgodnie ze zbadanymi empirycznie rozkładami renty gruntowej prawa strona powyższego równania może przyjmować bardzo duże wartości. Jeśli punkt u_0 znajduje się przykładowo w śródmieściu, a u_1 na peryferiach miasta, to prawa strona równania ma wartość 100 lub nawet więcej⁴¹. Tym samym wartość $T(u) \cdot L_2(u)$ w śródmieściu może być prawie 5 razy większa niż na peryferiach, gdyż parametr p_2 oszacuje się na co najmniej 2. Oznacza to, iż uzasadniony ekonomicznie poziom kongestii w śródmieściu jest 5 razy wyższy niż taki poziom na peryferiach miasta. Obserwowane empirycznie relacje poziomów kongestii transportowej w różnych częściach miast są jednak o wiele wyższe. Przewidywany rozkład kongestii odchyła się bowiem w wielu miastach od rozkładu renty gruntowej. Dodatkowo odchylenia rzeczywistych poziomów kongestii od poziomów wynikających z rozkładu renty gruntowej występują przy tym głównie tam, gdzie poziom renty gruntowej jest wysoki, a więc tam gdzie ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii jest najwyższy.

W warunkach statycznych stopnia liczby podróżujących do ilości ziemi zajętej na cele transportowe można traktować jako wielkość odzwierciedlającą poziom kongestii transportowej. Natomiast renta gruntowa wyraża korzyści z tytułu lokalizacji w danym punkcie, a w tym także korzyści związane z dostępnością przewidywaną. Tak więc nawet bardzo wysoki poziom kongestii winien być uznany za uzasadniony ekonomicznie, jeśli towarzyszą mu odpowiednio duże korzyści z koncentracji ludności i działalności społeczno - gospodarczej na danym obszarze. Jednocześnie duża kongestia może oznaczać kongestię nadmierną, jeżeli koszty możliwości użytkowania ziemi na cele transportowe są bardzo wysokie. Optymalny rozkład przewidywany kongestii transportowej wyznaczają te czynniki, które decydują o poziomie renty gruntowej. Dla wyjaśnienia związku między położeniem elementu sieci transportowej na obszarze miasta a kongestią nie jest przy tym konieczna rzeczywiste występowanie takiej renty, a nawet używanie tego pojęcia. Rozstrzygnięcie się przewidywanego rozkładu kongestii można bowiem opierać na bezpośrednich związkach między poziomem kongestii a korzyściami z tytułu dostępności przewidywanej, efektywnością działalności prowadzonej w danym punkcie, atrakcyjnością położenia itd.

Optymalny poziom kongestii wyznaczony przez rozkład renty gruntowej może być przekroczony prawie w każdej części miasta, niezależnie od in-

⁴¹Por. W.S. Vickery: Pricing as a Tool in Coordination of Local Transportation. W: Transportation Economics. National Bureau of Economic Research 1965.

teneyności użytkowania ziemi. Rozbieżność między prywatnymi i społecznymi kosztami transportu i tendencja do „oszczędzania” na inwestycjach transportowych wyatępują bowiem na przeważającej części obazaru miaeta. Wyjątkiem są jedynie obezary generujące i abeorbujące tak mały ruch, iż nie wykorzystują on w większym etopniu elementów eieci i urzędzeń transportowych o nejniższej z technicznego punktu widzenia przepuatowości. Bezwzględna i względna różnica między społecznymi a prywatnymi kosztami transportu przy przeetrzennym rozkładzie kongestii wyznaczonym zgodnie z rozkładem renty gruntowej jeet jednak o wiele więkeza przy wyeokiej niż przy niakiej intenaywności użytkowania ziemi. Dla miajac o wyeokiej intenaywności użytkowania ziemi ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii, a więc i poziom kosztów transportu, jeet wyżazy. Koszty transportu są rosnącą funkcją kongestii. Tak więc w miarę wzroetu poziomu kongestii zewnętrzne koszty transportu, atanowiące różnicę między kosztami społecznymi a prywatnymi, są coraz większe. Im więkaze są zewnętrzne koszty transportu, tym bardziej kongestia może przekroczyć poziom wyznaczony przez rozkład renty gruntowej. W warunkach niekiej kongestii, przy małych kosztach zewnętrznych, wepomniane przekroczenie nie może być duże, gdyż prywatne koszty transportu są niewiele niższe od społecznych i mogą je niejako zaetępować w roli czynnika hamującego wzrost ruchu i utrzymującego kongestię na poziomie ekonomicznie uzasadnionym. Natomiast jeśli intensywność wykorzystania ziemi jeet duża, e związany z nią ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii wyeoki, to rozbieżność między społecznymi a prywatnymi kosztami transportu etwarze warunki do znacznego przekroczenia tego poziomu. Im wyżazy jeet ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii, tym bardziej może być przekroczone. Tak więc tendencja do powatawania zatłoczenia komunikacyjnego jest skorelowana dodatnio z tymi eamymi czynnikami, które wyznaczają optymalny rozkład przeetrzenny kongestii transportowej. Dla uproeczania powyższy związek można eprowadzić do korelacji między tendencją do powatawania zatłoczenia komunikacyjnego a intensywnością użytkowania ziemi miejekiej. Zależność zatłoczenia komunikacyjnego od inteneywności użytkowania ziemi jest dodatkowo wzmocniona przez fakt, iż na obszarach intensywnie zagoapodarowanych rozwój transportu jeet trudniejszy i bardziej kosztowny. Względna niedoinweetowanie transportu na obazarach intensywnie użytkowanych może więc być - i często w rzeczywistości jeet - więkeze, niż na obezarach użytkowanych niezbyt intensywnie. W rezultacie działania wazyetkich wymianionych czynników na obezarach intensywnie użytkowanych stopień zatłoczenie komunikacyjnego jaet wyeoki, a na pozoetałych obezarach niewielki. Należy zaznaczyć, iż zatłoczenie komunikacyjna wiąże eię ze zniekształceniem układu użytkowania ziemi miejakiaj i układu gęatości zaludnienia, co może wyrażec eię także zniekształcaniem wartości renty gruntowej. Zatłoczenie zmienia bowiem wysokość zagregowanych kosztów transportu dla poaczególnych lokalizacji na obezarze miaeta. Renta gruntowa przeataje wówczas odzwierciedlać koszty możliwości użytkowanie ziemi na cele transportowe. Stan taki może doprowadzić do powstania nieoptymalnych układów użytkowania ziemi

miejskiej i gęstości zaludnienia oraz nieoptymalnego układu przewozów. Zagadnienia to nie dotyczy jednak przyczyn, lecz skutków przekraczania optymalnego poziomu kongestii.

3. BEZPOŚREDNIE KOSZTY KONGESTII TRANSPORTOWEJ

3.1. Klasyfikacja i charakterystyka kosztów kongestii transportowej

Kongestia transportowa i powatające w jej wyniku koszty są często traktowane jako rezultat niedoinwestowania transportu, błędnych decyzji w aferze inwestycji lub eksploatacji, albo też nieudolności w sterowaniu ruchem i w jego organizacji. W konkretnych przypadkach zjawia te mogą stanowić bezpośrednią przyczynę silnej kongestii i tym samym przyczynę ponieszenia wysokich kosztów kongestii. Ogólnie rzecz biorąc, należy jednak traktować koszty kongestii po prostu jako pewien rodzaj kosztów produkcji transportowej. Tak więc dla scharakteryzowania kosztów kongestii transportowej konieczna jest precyzowanie ich relacji do całości kosztów transportu, a także zbadanie związków między kosztami kongestii a podstawowymi ekonomicznymi kosztami transportu.

Konwencjonalne klasyfikacje dzieli zasoby używane w procesie produkcji na zasoby naturalne, kapitał i pracę. Jednakże w odniesieniu do wielu rodzajów produkcji, a w tym i produkcji transportowej, takie pojmowanie zasobów jest niewystarczające. Wynika to w sposób oczywisty między innymi z wcześniejszych rozważań nad kongestią jako kategorią ekonomiczną i z opisu eksploatacyjnych aspektów kongestii transportowej. Potrzeba innego pojmowania zasobów jest szczególnie widoczne w przypadku podejmowania decyzji gospodarczych w sektorze publicznym. Organ publiczny podejmujący decyzja związane z transportem musi uwzględnić zjawisko zużycia w procesie produkcji transportowej wszelkich zasobów w ich konwencjonalnym rozumieniu, i to niezależnie od tego czy zużycie zasobów powstaje w aferze transportu czy w aferze obsługiwanej przez transport, oraz zjawisko zużycia takich zasobów, jak czas i jakość życia. Czas i jakość życia są bowiem także zasobami ograniczonymi¹. Ich zużycie

¹Por. I. Tareki: Czynniki czasu ..., op. cit., s. 169, I.G. Heggie: op. cit. i R. Vuaridel: La role du temps et de l'espace dans le comportement économique. Revue Économique 1959 nr 6.

przyjmuje tutaj pojęcia niepożądanych zjawisk wyetępujących w czasie epełnienie przez transport jego funkcji. Należy zaznaczyć, iż zasoby określone jako czas i jakość życia mogą być w części objęte pojęciem zasobów naturalnych. Niezależnie jednak od przyjętej klasyfikacji nie można ich pomijać przy rozpatrywaniu kosztów transportu lub ich ekładników. Tek więc charakteryzując koszty kongestii transportowej i określając ich relację do kosztów transportu należy przez to ostatnie rozumieć globalne koszty transportu w nejezerazym znaczeniu tego pojęcia. Globalne koszty transportu - zwane także społecznymi - (trze) więc traktować jako sumę kosztów afektywnych i kosztów elternatywnych, obejmujących zarówno koszty pochodne użytkowników transportu, jak i zewnętrzne koszty transportu.

Zakres kosztów kongestii można uetelić rozpetrując przyroety zużycia ograniczonych zasobów zachodzące w skutek wzajemnego oddziaływania na siebie użytkowników usług eyetemu transportowego. Taki sam rezultat można uzyskać analizując pełną listę efektów, jakie przynoszą inweetycje i uupewnienia dokonywane w eyecie transportowym, a związana ze zwiększaniem przepuetywości całego eyetemu lub jego elementów. Lieta taka zawiera bowiem oprócz innych efektów, także wszelkie efekty polegające na zmniejszaniu kosztów kongestii. Punktem wyjścia dla takiego pośredniego apoeobu uetalania zakresu kosztów kongestii może być lieta kryteriów przyjęta w jednym z najwcześniejszych zetyoowań syatemowych metod oceny ruchu - w Chicago Area Transportation Study. Uetelono w nim sześć kryteriów oceny²:

- prędkość ruchu,
- bezpieczeństwo ruchu,
- koszty eksploatacji pojazdów,
- koszty infrastruktury,
- wpływ zmian w transportie na wykorzystanie ziemi miejskiej,
- długość przerw w ruchu apowodowanych przez inweetycje i uupewnienia.

Netomiast w znanym etudium transportu miajkiego dla kanadyjskiego Ministerstwa Transportu przyjęto naetępujące wskaźniki³:

- dodatkowe nakłady kapitałowe,
- oszczędności na kosztach przewozów,
- zwiększenie dostępności wybranych funkcji lub obazarów miaata,
- ulepszenie dyetrybucji dochodów,
- oszczędności czasu,
- zwiększenie bezpieczeństwa,
- wpływ na jakość środowiska.

Więkezość z wymienionych wyżej kryteriów odpowiada poazczególnym rodzajom kosztów kongestii transportowej. Analiza - dokonana zgodnie z przedstawionymi epoaobami - wskazuje, iż kongestia powoduje koszty odczuwane

²Chicago Area Transportation Study. Chicago Study Report T. 1 - 3, Chicago, Illinois 1969.

³N.D. Lee and Associates: An Evaluation of Urban Transport Efficiency. A Technical Report for the Minister of Transport. Ottawa: Government of Canada 1971.

bezpośrednio w procesie produkcji transportowej oraz koszty, które powstają w epocób pośredni. Kongestia prowadzi przede wszystkim do zwiększenia następujących kosztów transportu:

- 1) kosztów eksploatacji pojazdów,
- 2) kosztów utrzymania infrastruktury,
- 3) strat czasu użytkowników transportu oraz strat związanych z uciążliwością podróży,
- 4) strat związanych z czasem trwania przewozów towarowych i warunkami wykonywania tych przewozów,
- 5) kosztów wypadków,
- 6) strat wynikających z zanieczyszczenia środowiska.

Powyższe wyliczenia obejmują bezpośrednie koszty kongestii transportowej. Koszty te wycerpują przy każdym poziomie kongestii. Natomiast do pośrednich kosztów kongestii transportowej należy zaliczyć tylko takie koszty, które pojawiają się w przypadku przekroczenia ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii. Pośrednie koszty kongestii powstają wtedy, gdy występuje zatłoczenie komunikacyjne spowodowane różnicą między społecznymi i prywatnymi kosztami transportu lub niedoinwestowaniem transportu. Ich rozpatrywanie winno być poprzedzone ścisłym wytyczeniem optymalnego poziomu natężenia ruchu na danej sieci transportowej, a więc i określeniem ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii. Dlatego też w niniejszym rozdziale skoncentrowano się na bezpośrednich kosztach kongestii⁴. Istnieją pewne ogólne reguły odnośnie uwzględniania bezpośrednich kosztów kongestii przy rozpatrywaniu kosztów transportu. Powyższe uważa się, iż w przypadku analizy kosztów pozamiejskiego transportu drogowego koszty kongestii mogą być niekiedy pomijane dla uproszczenia rachunku. Kosztów tych nie można jednak pomijać w badaniach i analizach dotyczących transportu miejskiego⁵.

Związane koszty eksploatacji pojazdów są po stratach czasu podróży drugim co do wielkości rodzajem kosztów kongestii transportowej. Obejmują one dodatkowe koszty paliwa lub energii, dodatkowe płace personelu ruchu, wzrost kosztów zużycia pojazdów, a w tym kosztów ogumienia, a także dodatkowe koszty remontów i konserwacji pojazdów. Kongestia powoduje wzrost kosztów eksploatacji pojazdów w wyniku wydłużenia się czasu ich pracy i pogorszenia się warunków eksploatacji. Średnia prędkość ruchu ulega zmniejszeniu, a jednocześnie zwiększa się liczba zatrzymań i obniża się płynność ruchu. Szacuje się, że spowodowane przez kongestię opóźnienia występujące w ruchu miejskim są źródłem 10 - 15% całkowitych kosztów eksploatacji pojazdów⁶.

⁴Pośrednie koszty kongestii transportowej scharakteryzowano w podrozdziale 4.3.

⁵A.A. Walters: *The Economics ...*, op. cit. s. 11.

⁶M. Edwards: *The Transit Industry Viewpoint of Traffic Congestion*. U.S. Conference of Mayors and the Canadian Federation of Mayors and Municipalities. Montreal, September 21, 1953.

Koszty eksploatacji pojazdów w zależności od prędkości

Prędkość w km/h	Samochody osobowe			Samochody ciężarowe		
	Całkowite koszty eksploatacji zależne od przebiegu	Koszty paliwa	Koszty ogumienie	Całkowite koszty eksploatacji zależne od przebiegu	Koszty paliwa	Koszty ogumienia
10	194	217	400	139	149	533
20	149	160	320	127	125	408
30	116	119	220	112	111	292
40	110	113	180	104	103	175
50	102	103	100	100	100	100
60	100	100	100	101	100	117
70	102	101	140	102	100	167
80	108	108	200	106	103	225

Uwaga: Przyjęto, iż koszty jednostkowe w zł/pojkm dla samochodów osobowych wynoszą 100 przy prędkości 60 km/h, a dla samochodów ciężarowych przy prędkości 50 km/h.

Źródło: Przeliczenia własne na podstawie danych zawartych w pracy: C. Rozkwitalska: Metody społeczno-ekonomicznej oceny efektywności inwestycji komunikacji miejskiej. Warszawa: IKŚ 1982 s. 54 - 55.

Prowadzone wapółcześnie w miaetach europejskich i północnoamerykańskich badania wskazują przy tym na jeazcze wyżazy udzieli koeztów kongestii w kosztach akeploatacji pojazdów. Może on oeiągnąć nawet 20%⁷. Dodatkowe koezty ekeploatacji pojazdów obciążają zarówno indywidualnych poeiada-czy pojazdów, jak i przedeiębioretwa traneportowe. W tym oatatnim przy-padku straty wywołane przez kongestię mają dodatkowe reperkusje. Indy-widualny użytkownik pojazdu jeet zainteresowany akrócaniem czaeu pod-róży i czasu pracy ewego pojazdu. Skrócenie czasu pracy pojazdu oznacza bowiem zmniejszenie koeztów akaploatacji. Przabiąg pojazdu i preca prze-wozowa wykonywana w jednoetce czasu, ne przykład doby lub mieeiąca, eą jednak tutaj wielkościami danymi, wynikającymi z prywatnych potrzeb prze-wozowych. Natomiast przewoźnik jeet zainteresowany zwiękezeniem czaeu precy pojazdu. Ietnieje nadto prędkość optymalna, przy której funkcja ce-lu przewoźnika - ne przykład kwota zyeku lub minimum koeztów przy danej pracy przewozowej - oeiąga wartościi eketremalne. Kongestia uniemożliwia oeiągania tej prędkości i powoduje zmniejszenie przebiegu pojazdów, oo pociąga za eobą wzroet koaztów jednoetkowych. Z kolei zmniejszenie prze-biegu może prowadzić do apadku wpływów z tytułu przewozów i wówczas aku-mulacja finansowa ulega zmniejszeniu zarówno w wyniku wzroetu kosztów, jak i epadku wpływów⁸. Wepomniane zjawieka mogą być tekże przyczyną etrat ponoezonych przez koneumentów uelug przewoźników miejskich. Wyr-ażać eię ona mogą zmniejszaniem oferty przewozowej, dłuższym czaeem prze-wozu, niżezą jakościią uelug, a nadto także wyżezą ceną.

Podobny charakter jak dodatkowe koszty ekeploatacji pojazdów mają dodatkowe koszty utrzymania infraetruktury treneportowej powstające w wyniku kongestii. Koszty utrzymania infraetruktury można podzielić na koezty niezeleżne od natężenia ruchu i od epoeobu poruezania się pojaz-dów (stałe koszty utrzymania infraatruktury) oraz koezty zalażne od tych czynników (zmienne koezty utrzymania infraetruktury). Ta druge grupa kosztów wzraete oczywiścii w miarę wzroetu natężania ruchu. Wzroet tych koeztów jeet jednoczesnym razultatem zwiękezenia eię liczby użytkowników in-fraetruktury i zmian płynności ruchu wywołanych kongestią. Koazty kon-gestii nie atanowią jednak dużej części koaztów utrzymania infraetruktury. Ich znaczenie rośnie jednak gwałtownie, gdy wykorzystanie , infra-struktury w jednoetce czaeu zbliża eię do dopuszczalnego ze względuw tech-nicznych.

Koezty związane z czaeem podróży i czaeem trwania przewozów towaro-wych etanowią z reguły najwiękezą część koaztów kongestii trensportowej. Wiadomo, że korzyzetanie z uelug systemów traneportowych w mieatech zwię-zane jeet z dużymi stratami czasu. Wydłużając czae podróży i czae prze-

⁷P.A. Steenbrink: op. cit. e. 199.

⁸Problem wartościi czaeu cyklu środka traneportu omawia ezczegółowo I. Taraki: Czynniki czaeu ..., op. cit. e. 171 - 178.

wozów towarowych, kongestia powiększa te straty. Metodyczne problemy związane z włączeniem wartości czasu do rachunku ekonomicznego stanowią jedno z najtrudniejszych zagadnień w ekonomice transportu⁹. Jednak niezależnie od przyjętych założeń metodycznych, a w tym przede wszystkim od założeń odnośnie zmian wartości czasu w miarę wydłużania się czasu trwania przewozu, powodowane przez kongestię transportową straty czasu trzeba uznać za istotny koszt społeczny nie tylko w skali ogółu transportowego miasta, lecz także w skali całego miasta. Należy tutaj uwzględnić przy tym także straty czasu spowodowane przez ingresję, a więc związane z brakiem swobody wyboru momentu rozpoczęcia lub zakończenia podróży. Kongestia zwiększa także uciążliwość podróży, pogarszając w znacznym stopniu jakość życia w mieście.

Słabo zauważalnymi kosztami kongestii transportowej są koszty wzrostu liczby wypadków. Liczba wypadków i wielkość związanych z nimi strat nie wzrasta bowiem tak szybko wraz ze zwiększaniem się poziomu kongestii, jak straty czasu i koszty eksploatacji pojazdów. Przeprowadzone w wielu krajach badania wskazują, iż niezwykle trudno jest ustalić zależność między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości drogi a liczbą wypadków, a w tym liczbą wypadków ciężkich. Przykładowo amerykańskie opracowania statystyczne wskazują, iż przewaga wypadków śmiertelnych przypada na godziny nocne, gdy na drogach i ulicach kongestia z reguły nie występuje¹⁰. Generalnie rzecz biorąc, stwierdza się jednak występowanie dodatniej korelacji między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości lub poziomami swobody ruchu a takimi wskaźnikami, jak liczba wypadków albo też liczba wypadków ciężkich na jeden pojazdokilometr¹¹. Badania przeprowadzone w Kalifornii wykazały, iż w warunkach silnej kongestii końcowy przyrost liczby wypadków związany ze wzrostem stosunku natężenia ruchu do przepustowości drogi jest ponad 1,5 raza wyższy od wartości wskaźnika liczby wypadków na pojazdokilometr obliczonego dla średnich warunków na danej drodze lub sieci transportowej¹². Liczba i koszty wypadków są więc rosnącą funkcją natężenia ruchu, i tym samym część kosztów wypadków można traktować jako element kosztów kongestii transportowej.

Wzrost kosztów zanieczyszczenia środowiska powodowany przez kongestię jest pochodną zmian w sposobie poruszania się pojazdów. Dłuższy czas przejazdu pojazdów przypadający na jednostkę pokonywanej odległości, większa liczba zstrzymań i przyspieszeń oraz konieczność częstszego gwałtownego

⁹Problemy te omawia I. Terski: Czynniki czasu ..., op. cit.

¹⁰Por. A. Altshuler: op. cit.

¹¹Por. P.A. Steenbrink: op. cit. s. 201 - 202.

¹²W.S. Vickery: Automobile accidents. Tort law, Externalities and Insurance. Law and Contemporary Problems Summer 1968, s. 467 - 468.

hemowienie powodują w sumie dodatkowe zanieczyszczenie powietrza i ziemi oraz wzrost natężenia hałasu. Nadto w miarę wzrostu poziomu kongestii naetępuje pogorszenie wrażeń wizualnych mieszkańców miast, a także potęgują się uczucie stłoczenia i zagrożenia, również u osób nie biorących udziału w ruchu.

Bezpośrednie koszty kongestii są ponoszone przede wszystkim przez użytkowników usług systemu transportowego. Są to zarówno osoby, przedsiębiorstwa i instytucje korzystające bezpośrednio z infrastruktury transportowej, jak i osoby oraz przedsiębiorstwa i instytucje korzystające z usług przewoźników. Bezpośrednie koszty kongestii obciążają także przewoźników i infrastrukturę. W tym ostatnim przypadku koszty te ponoszą z reguły organa publiczne finansujące prace związane z utrzymaniem infrastruktury. Jeśli przewoźnicy są dotowani z funduszy publicznych, to należy przyjąć, iż w ten sposób pokrywane są także i koszty kongestii. Koszty kongestii związane z zanieczyszczeniem środowiska odczuwają - w różnym stopniu - wszyscy mieszkańcy miasta.

Bezpośrednie koszty kongestii odpowiadają składnikom kosztów transportu o różnicowej mierzalności. Wiele z nich można łatwo wyrazić w jednostkach pieniężnych i porównywać ze sobą. Inną grupę stanowią koszty o mierzalności ograniczonej lub utrudnionej. Dysponując odpowiednią metodą i niezbędnymi danymi można wyrazić je w jednostkach pieniężnych, lecz wyniki takiego rachunku wskazują tylko przybliżoną wysokość tych kosztów i z reguły nie mogą być traktowane jako pełen ekonomiczny wyraz danego zjawiska zachodzącego w rzeczywistości. Takimi kosztami są koszty czasu, koszty hałasu i inne koszty degradacji środowiska oraz koszty wypadków z ofiarami w ludziach. Niewielką część stanowią koszty niemierzalne. Pewne koszty niemierzalne powodowane są przez zjawiska, z których można zbudować zbiory uporządkowane. Dotyczy to przykładowo uciążliwości podróży. Występują tutaj także koszty niemierzalne, z których nie można zbudować takich zbiorów. Związane są one jednak tylko z takimi zagadnieniami, jak środowisko i estetyka miasta. Stopień mierzalności kosztów kongestii transportowej odpowiada więc w przybliżeniu stopniowi mierzalności pełnych globalnych kosztów transportu. Łatwo jednak zauważyć, że wyodrębnienie kosztów kongestii z kosztów transportu jest zagadnieniem skomplikowanym, a w przypadku niektórych rodzajów kosztów kongestii ich dokładne zmierzenie jest wręcz niemożliwe. Należy przy tym zwrócić uwagę na to, iż część kosztów użytkowników usług systemu transportowego stanowią tzw. „koszty niedostrzegane”. Użytkownicy systemu transportowego, a przede wszystkim bezpośredni użytkownicy sieci transportowej, wykazują tendencję do niedoszacowywania wielu ewnych kosztów. Typowymi kosztami niedostrzeganymi przez użytkowników własnych pojazdów są koszty utrzymania pojazdu i spadku jego wartości. Przeprowadzone badania wskazują, iż „koszty niedostrzegane” stanowią około 30% rzeczywistych kosztów użytkowników pojazdów¹³. Znaczny udział w „kosztach nie-

¹³A. J. Harrison, D. A. Quermby: The value of time in transport planning European Conference of Ministers of Transport, OECD, Paris 1969 i J. M. Thomeon: op. cit., s. 173.

dostrzeganych" mają koszty kongestii. Pomijanie tych kosztów przez użytkowników transportu oznacza, że ich decyzje są często oparte na niepełnych przesłankach ekonomicznych.

Bezpośrednie koszty kongestii transportowej są kształtowane przez współzależności między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości drogi, prędkością pojazdów i kosztami transportu. Zależności między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości drogi, średnią prędkością i kosztami transportu można przedstawić w sposób sformalizowany w odniesieniu do ruchu jednakowych pojazdów na drodze o danej przepustowości. Należy przy tym pominąć wpływ innych czynników, a w tym innych sposobów użytkowania drogi, na ruch pojazdów. Możliwe jest wówczas posłużenie się zależnością między średnią prędkością a natężeniem ruchu. Przeprowadzone w Wielkiej Brytanii przez Road Research Laboratory badania empiryczne dowiodły, iż zależność funkcyjną między średnią prędkością (v) a natężeniem ruchu (x), mierzonym liczbą pojazdów umownych na jednostkę czasu, można dla znacznego - typowego dla warunków miejskich - zakresu prędkości przedstawić w następującej postaci¹⁴:

$$v = \gamma - \mu x$$

gdzie: γ i μ są parametrami równania.

Ruch na drodze wywołuje powstawanie określonych globalnych kosztów transportu. Przyjmijmy, iż koszty te obejmują jedną pozycję z zakresu efektywnych kosztów transportu - koszty eksploatacji pojazdów i jedną pozycję z zakresu kosztów pochodnych - straty czasu użytkowników pojazdów. Na koszty eksploatacji pojazdów składają się koszty zależne od przebiegu i koszty zależne od czasu jazdy. Trzeba przy tym założyć możliwość dokonania dychotomicznego podziału kosztów eksploatacji pojazdów na te dwa ich rodzaje. Przy danej długości drogi koszty zależne od czasu pracy wyrażają jednocześnie wpływ prędkości jazdy. Użytkownicy drogi dążą do pokonania jej w możliwie najkrótszym czasie. Przyczyną wydłużania się tego czasu jest spadek prędkości jazdy powodowany przez obecność innych pojazdów.

Koszty zależne od przebiegu ponoszone w jakiejś jednostce czasu przez wszystkie pojazdy korzystające z drogi (K_p) są funkcją przebiegu wszystkich pojazdów (S):

$$K_p = \alpha \cdot S$$

gdzie: α - stały parametr funkcji.

¹⁴Research on Road Traffic. London: Road Research Laboratory HMSO 1965

Natomiast koszty zależne od czasu jazdy dla wszystkich pojazdów (K_C) są funkcją czasu tralonego na drodze przez wszystkie pojazdy (T):

$$K_C = \beta \cdot T$$

gdzie: β - stały parametr funkcji.

Koszty eksploatacji wszystkich pojazdów są sumą K_p i K_C . Przyjmijmy dalej, iż średnia wartość godziny jednego użytkownika pojazdu wynosi φ , a średnia liczba osób w pojeździe - λ . Łączny koszt dla wszystkich użytkowników drogi ponoszony w ciągu 1 godziny jest wówczas równy:

$$K = \alpha S + \beta T + \varphi \lambda T$$

Wyrażenie to można przekształcić w postać:

$$K = \alpha x a + (\beta + \varphi \lambda) \cdot x v^{-1}$$

gdzie: a - długość drogi w km,

x - liczba pojazdów korzystających z drogi w ciągu 1 godziny,

v - prędkość w km/h.

Średni koszt jednego pojazdokilometra (k) wynosi więc:

$$k = \alpha + (\beta + \varphi \lambda) v^{-1}$$

Z kolei wykorzystując zależność między średnią prędkością pojazdów a natężeniem ruchu można średni koszt jednego pojazdokilometra przedstawić jako funkcję natężenia ruchu:

$$k = \alpha + (\beta + \varphi \lambda) \cdot (\gamma - \mu x)^{-1}$$

Koszt jaki poniosą wszyscy użytkownicy drogi do pokonania jednego kilometra wyniesie:

$$k_m = x \alpha + x (\beta + \varphi \lambda) \cdot (\gamma - \mu x)^{-1}$$

Aby ustalić jak zmienią się koszty w wyniku wzrostu natężenia ruchu trzeba obliczyć pierwszą pochodną powyższej funkcji:

$$\frac{dk_m}{dx} = \alpha + \frac{\beta + \varphi \lambda}{\gamma - \mu x} + \frac{\mu x (\beta + \varphi \lambda)}{(\gamma - \mu x)^2}$$

Powyższe wyrażenia stanowi koszt krańcowy - informuje, o ile wzrosną koszty wszystkich pojazdów na odcinku 1 km w razie niekończenia całego przyroetu natężenia ruchu przy danym wyjściowym natężeniu ruchu. Dwa pierwsze elementy prawej strony równania oznaczają koszt średni, a ostatni

trzeci element odzwierciedla koszt kongestii. Pojawienie się nowego użytkownika drogi spowoduje wzrost kosztów całkowitych na odcinku 1 km drogi równy sumie kosztu średniego przy dotychczasowym natężeniu ruchu i kosztu kongestii, który obciąża wszystkie pojazdy. Aby obliczyć jaki koszt kongestii przypada na 1 pojazdokilometr, trzeba obliczyć pochodną pierwszego stopnia średniego kosztu pojazdokilometra. Będzie ona oczywiście równa omawianemu trzeciemu elementowi równania podzielonemu przez liczbę pojazdów korzystających z drogi. Koszty kongestii wyrażone przez trzeci element równania należy traktować jako krańcowe koszty kongestii. Jeśli bowiem będziemy badać koszty przy kolejnych przyrostach ruchu, to omawiany element równania nie będzie informował o przyroście kosztów kongestii w porównaniu z bazowym natężeniem ruchu, przy którym kongestia nie występuje, ale o przyrostach kosztów kongestii spowodowanych przez kolejne, aktualnie rozpatrywane przyrosty ruchu. Tak więc, o ile powyższe wyrażenie w całości jest krańcowym kosztem transportu, to ów element jest krańcowym kosztem kongestii. Natomiast pierwsza pochodna kosztu średniego jest krańcowym kosztem kongestii przypadającym na 1 pojazdokilometr. Dla ustalenia krańcowych kosztów kongestii dla całej rozpatrywanej drogi należy pomnożyć krańcowy koszt kongestii obliczony dla 1 km przez jej długość w kilometrach lub też krańcowy koszt kongestii na 1 pojazdokilometr pomnożyć przez całkowity przebieg pojazdów.

Ogólnia rzecz biorąc, przez koszty kongestii można rozumieć:

- wszelkie koszty powstałe w skutek kongestii wyatępujące przy danym natężeniu ruchu,
- koszty powstałe wskutek kongestii w wyniku więkezego niż krańcowy przyrost ruchu,
- krańcowe koszty kongestii.

Pierwszy przypadek można eprowadzić do drugiego, jeśli rozpatrywać przyrost natężenia ruchu od takiego jego poziomu, przy którym kongestia nie występuje. W obu przypadkach koszty kongestii oznaczają różnicę między całkowitymi kosztami przy danym natężeniu ruchu a iloczynem aktualnej liczby użytkowników i kosztów jednostkowych w momencie bazowym, a więc przy mniejszym natężeniu ruchu. Inny sens ekonomiczny mają zagregowane krańcowe koszty kongestii obliczone dla dwu poziomów natężenia ruchu w warunkach rosnącego natężenia ruchu lub dla pewnego okresu przy zmiannym natężeniu ruchu. Na rozpatrywanej wcześniej drodze zagregowane krańcowe koszty kongestii w pewnym okresie wynosić będą:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{\mu (\beta + \varphi \lambda) x_i}{(\gamma - \mu x_i)^2} \quad i = 1 \dots n$$

gdzia: Z - zagregowane krańcowe koszty kongestii,

i - kolejne momenty w przyjętym okresie.

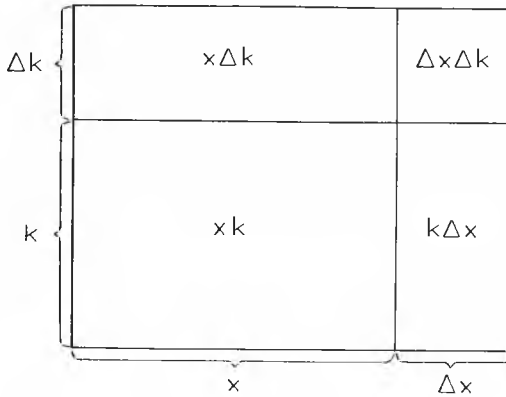
Powyższe wyrażenie nie odzwierciedla pełnych kosztów kongestii poniesionych w pewnym okresie, lecz jedynie różnice między krańcowymi a przecięt-

nymi kosztami transportu przy natężeniu ruchu w poszczególnych momentach przyjętego okresu. Może ono służyć do porównywania wielkości kosztów kongestii przy różnych poziomach wyjściowych i różnym tempie zmian natężenia ruchu. Pomocniczym miernikiem może być tutaj krańcowy koszt kongestii na jeden pojazd (m):

$$m = \frac{Z}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

Jeśli w przyjętym okresie występuje szczyt przewozowy to powyższy miernik może być wykorzystany dla obliczenia stosunku krańcowego kosztu kongestii w szczycie przewozowym do takiego kosztu przypadającego na 1 pojazd w całym okresie. Taki wskaźnik stanowi ważną informację o kształtowaniu się kosztów kongestii. Należy zaznaczyć, iż posługiwanie się zagregowanymi krańcowymi kosztami kongestii jest uzasadnione w zasadzie jedynie wtedy, gdy występują trudności w ustaleniu pełnych kosztów kongestii. Trudności te mogą wynikać przede wszystkim z niemożności ustalenia zależności funkcyjnych między kosztami transportu, prędkością i natężeniem ruchu dla pełnego zakresu poziomów natężenia ruchu występujących w rzeczywistości. W praktyce o wiele większe znaczenie ma znajomość różnic między kosztami kongestii przy różnych poziomach natężenia ruchu, na różnych drogach itd., niż oszacowanie ich wysokości w porównaniu z warunkami, w których kongestia nie występuje. Stąd też z reguły wystarczać będzie poznanie wspomnianych zależności tylko dla pewnego zakresu poziomów natężenia ruchu.

Istotą bezpośrednich kosztów kongestii transportowej jest to, iż wywołują je poażczególni użytkownicy usług systemu transportowego, a doświadczają wszyscy. Zagadnienie to można wyjaśnić rozpatrując skutki zwiększenia się liczby użytkowników tranaportu. Bezpośrednie koszty kongestii transportowej wchodzą w skład zmiennych globalnych kosztów transportu. Trzeba więc rozpatrywać zmiany tych kosztów, a koszty stałe można pominąć. Wzrost liczby użytkowników tranaportu wpływa oczywiście na poziom jednostkowych etalnych kosztów tranaportu. Wpływ ten nie wiąże się jednak ze zjawiskiem kongestii, a więc z wzajemnym oddziaływaniem użytkowników transportu. Przy danej przapustowości elementu systemu transportowego i danej liczbie użytkowników w czasie t_0 - x , jednostkowy globalny koszt zmienny osiągnie pewną wielkość - k . Globalne koszty transportu w czasie t_0 wynosić będą więc - xk . Zgodnia z opisanymi wcześniej prawidłowościami wzrost liczby użytkowników o wielkość Δx spowoduje wzrost kosztu jednostkowego o wielkość Δk . Globalne koszty transportu w czasie t_1 wzrosną do $(x + \Delta x) \cdot (k + \Delta k)$. Różnica między kosztami w czasie t_0 i t_1 składa się z trzech elementów. Przedstawiono ją na ryc. 5. W opisie ryeunku sklasyfikowano wszystkie elementy kosztów nowego ruchu. Społeczne koszty kongestii wywołane przez nowych użytkowników składają się z dwu elementów. Pierwszym z nich są zewnętrzne koszty kongestii,



Rys. 5. Koszty kongestii transportowej, x - liczba użytkowników transportu w czasie t_0 , $x + \Delta x$ - liczba użytkowników transportu w czasie t_1 , k - jednostkowy zmienny koszt transportu w czasie t_0 , $k + \Delta k$ - jednostkowy zmienny koszt transportu w czasie t_1 , xk - globalna koszty transportu w czasie t_0 , $k\Delta x$ - koszty nowego ruchu nie związane z kongestią, $\Delta x\Delta k$ - koszty kongestii dla nowego ruchu (prywatne koszty kongestii), $k\Delta x + \Delta x\Delta k$ - prywatne koszty nowego ruchu, $x\Delta k$ - zewnętrzne koszty kongestii (zewnętrzne koszty nowego ruchu), $x\Delta k + \Delta x\Delta k$ - społeczne koszty kongestii, $x\Delta k + \Delta x\Delta k + k\Delta x$ - społeczne koszty nowego ruchu, $(x + \Delta x) \cdot (k + \Delta k)$ - globalne koszty transportu w czasie t_1 . Źródło: Opracowanie własne

które obciążają dotychczasowych użytkowników transportu. Ponieważ przyjęto tutaj szarokie rozumienie globalnych kosztów transportu, zewnętrzne koszty kongestii równają się różnicy między społecznymi i prywatnymi kosztami transportu (społecznymi i prywatnymi kosztami nowego ruchu). Drugim elementem społecznych kosztów kongestii są prywatne koszty kongestii ponoszone przez nowych użytkowników. Kosztów tych nie brano pod uwagę przy rozpatrywaniu kosztów kongestii jako elementu krańcowych kosztów transportu przedeterminowanych w postaci pochodnej funkcji kosztów całkowitych. Tak więc opisane wcześniej krańcowe koszty kongestii obejmują jedynie krańcowe zewnętrzne koszty kongestii.

Jeżeli bada się większa niż marginalne przyrosty liczby użytkowników transportu to społeczna i zewnętrzne koszty kongestii warto wprowadzić do wartości średnich. Mogą one być rozumiane przede wszystkim jako:

- średnie społeczne koszty kongestii dla całego ruchu w czasie t_1 lub średnie zewnętrzne koszty kongestii dla ruchu z czasu t_0 , czyli: Δk ,
- średnie społeczne koszty kongestii dla nowego ruchu w czasie t_1 , czyli: $\Delta k + x\Delta k/\Delta x$,
- średnie zewnętrzne koszty kongestii dla nowego ruchu w czasie t_1 , czyli: $x\Delta k/\Delta x$.

Jak już wspomniano, zewnętrzne koszty kongestii decydują o wielkości różnicy między społecznymi a prywatnymi kosztami transportu, gdy przez koszty transportu rozumie się koszty globalne w ich najszerszym ujęciu. Zewnętrzne koszty kongestii stanowią także zasadniczy element tej różnicy przy globalnych kosztach transportu rozpatrywanych z punktu widzenia użytkowników transportu. Tak więc zewnętrznym kosztom kongestii można przypisać - omówiona wcześniej w trakcie analizy przyczyn zatłoczenie komunikacyjnego - skutki jakie wywołuje występowanie tej różnicy. Zagadnienie przyczyn zatłoczenia komunikacyjnego miast wiąże się w dużym stopniu z problemami pośrednich kosztów kongestii transportowej. Zewnętrzne koszty kongestii mogą być więc dobrym punktem wyjścia dla analizy pośrednich kosztów kongestii transportowej.

3.2. Badanie bazpośrednich kosztów kongestii transportowej

Dokonywanie wyboru ekonomicznego w transporcie wymaga znajomości zależności między kosztami a rozmiarami działalności transportowej. Realizacja decyzji związanych ze sferą transportu, i to zarówno decyzji o małym znaczeniu - dotyczących przykładowo zmiany organizacji ruchu, jak i decyzji o dużym znaczeniu - pociągających za sobą duże nakłady inwestycyjne, prowadzi z reguły do zmiany relacji między wielkością produkcji a przepustowością infrastruktury transportowej. Jeśli następuje to w takiej dziedzinie transportu, w której mamy do czynienia z kongestią, to zachodzi jednocześnie zmiana relacji między wielkością produkcji transportowej a wysokością kosztów zmiennych. Koszty zmienne nie rosną proporcjonalnie wraz ze wzrostem rozmiarów działalności transportowej prowadzonej na infrastrukturze o danej przepustowości. Nieproporcjonalne są także zmiany tych kosztów względem przyrostów przepustowości infrastruktury przy danej wielkości produkcji transportowej. Konieczne jest więc poznanie zależności między tymi kosztami a wielkością produkcji transportowej dla urządzeń infrastrukturalnych o różnej przepustowości. Ponadto zmiany wielkości produkcji transportowej mogą być wynikiem działań podejmowanych poza transportem. Także i w takim przypadku trzeba uwzględnić w rachunku ekonomicznym korzyści lub niekorzyści w postaci zmian kosztów transportu. W praktyce kształtowania się zmiennych kosztów transportu jest wypadkową działania wielu czynników. Jeśli nie ulegają zmianie inne, poza zmianą relacji między wielkością produkcji a przepustowością, warunki wykonywania transportu, to kongestia jest jedyną przyczyną nieproporcjonalnego kształtowania się zmiennych kosztów transportu. W przeciwnym przypadku może ona być jedną z przyczyn głównych lub przyczyną uboczną. W każdej z tych sytuacji dla podjęcia racjonalnej decyzji transportowej niezbędna jest znajomość i przewidywanie kosztów kongestii transportowej.

Badanie i przewidywanie bezpośrednich kosztów kongestii transportowej opiera się na obserwacjach empirycznych, formalizacji odpowiednich zależności oraz stosowaniu metod umożliwiających przewidywanie przyszłych stanów, a w tym metody symulacji. Koszty kongestii są ustalane poprzez porównywanie poziomu kosztów transportu przy różnych prędkościach i wielkościach ruchu. Na wysokim szczeblu abstrakcji formułowane są zależności funkcyjne między kosztami transportu a wielkością ruchu, w których zmienianą objaśnianą są pełne zmienne społeczne koszty transportu lub nawet pełne koszty społeczne. Jednakże w badaniach stosowanych uwzględnia się tylko niektóre ze składników tych kosztów. Z reguły bierze się pod uwagę co najmniej dwa elementy zmiennych społecznych kosztów transportu: koszty eksploatacji pojazdów i wartość czasu traconego w związku z przemieszczaniem. Niekiedy też ustala się podstawową zależność między tymi dwoma kosztami lub jednym z nich a wielkością ruchu, a wpływ wielkości ruchu na inne zmienne społeczne koszty transportu wyraża się poprzez odpowiednie ekorygowanie parametrów funkcji, zakładając istnienie pewnej zależności między tymi dwoma lub jednym wybranym a pozostałymi kosztami transportu. Zależność między kosztami a wielkością ruchu ma postać funkcji złożonej. Zgodnie z istotą kongestii transportowej średni czas przejazdu lub prędkość należy bowiem traktować jako funkcję wielkości ruchu, a koszty winny być rozpatrywane jako funkcja czasu lub prędkości. Ostatyczna postać zależności funkcyjnej może oczywiście przedstawić związek między kosztami a wielkością ruchu w sposób bezpośredni. Upraszczając sformułowaną wcześniej funkcję przeciętnych zmiennych kosztów transportu można ją zapisać w postaci:

$$k = \varepsilon + \eta (\gamma - \mu x)^{-1}$$

gdzie: k - przeciętny zmienny koszt transportu,

x - wielkość ruchu,

$\varepsilon, \eta, \gamma, \mu$ - parametry równania.

Funkcja ta może być wykorzystana dla szacowania kosztów kongestii obejmujących wzrost kosztów eksploatacji pojazdów i wzrost strat z tytułu czasu traconego przez użytkowników transportu lub też - przy zastosowaniu opisanej wyżej procedury - dla szacowania większego zakresu kosztów kongestii transportowej. S.F. Borins, rozpatrując zagadnienie polityki cen i polityki inwestycyjnej w transporcie, sformułował funkcję, na podstawie której można przedstawić zależność między kosztami eksploatacyjnymi i stratami czasu użytkownika sieci transportowej a wielkością ruchu. Zależność tę można następująco postawić¹⁵:

$$k = k_0 \left(\frac{c}{c - v} \right)^G$$

gdzie: k - koszty transportu,

¹⁵ Por. S.F. Borins: The effects of non-optimal pricing and investment policies for transportation facilities. Transportation Research 1982 v. 16B nr 1 s. 18.

- k_0 - koszty transportu w warunkach braku kongestii,
- V - wielkość ruchu,
- C - maksymalna przepustowość drogi,
- σ - parametr równania.

Natomiast L.H. Klaassen i T.H. Bottarweg przyjęli dla wyrażenia zależności między kosztami transportu na drodze a rozmiarami ruchu równanie funkcji wykładniczej¹⁶.

Zależności funkcyjne między kosztami transportu a wielkością ruchu nie mają charakteru uniwersalnego. Przykładowo przedstawione wyżej funkcje opisują jedynie zależności wyetępowujące przy kongestii I typu, a nadto mają zastosowanie tylko dla pewnego - choć dość dużego - zakresu prędkości uzyskiwanych na drogach. Niemożność sformułowania uniwersalnej zależności funkcyjnej wynika z ograniczeń, jakie powstają przy formalizowaniu zależności między rozmiarami ruchu a czasem przejazdu lub prędkością oraz między tymi ostatnimi a kosztami transportu.

Kształt krzywej przepływu - koncentracji jest różny dla różnych dróg i nie można spodziewać się określenia jednolitej zależności funkcyjnej między wielkością ruchu a prędkością, chociaż wspomniane różnice nie uniemożliwiają posługiwania się funkcjami o jednakowej postaci. Zależność ta musi być formalizowana dla konkretnych warunków, a więc dla danej drogi, dla części sieci transportowej lub dla dróg danego rodzaju. Należy przy tym zaznaczyć, że badania empiryczne doprowadziły już do dobrych wyników w zakresie ustalania takich funkcji dla poszczególnych rodzajów dróg. Przykładem formalizacji zależności między czasem przejazdu a wielkością ruchu jest wykorzystana już w pierwszym rozdziale pracy funkcja opracowana przez W.S. Vickery: $t = t_0 + ax^k$, gdzie t oznacza średni czas przejazdu, t_0 taki czas w warunkach małego natężenia ruchu, x - wielkość ruchu, a k i a są parametrami równania. Przy poszukiwaniu postaci funkcji, która mogłaby być zastosowana dla wielu dróg o podobnych cechach ale o różnej przepustowości, celowe jest przyjęcie innego argumentu. Stosowanie jako zmiennej niezależnej wielkości ruchu ogranicza bowiem zakres stosowania funkcji do dróg o zbliżonej przepustowości maksymalnej. Natomiast jeśli jako argument funkcji zostanie przyjęty stosunek natężenia ruchu do maksymalnej przepustowości drogi, to możliwe jest opracowanie zależności funkcyjnej dla wielu rodzajów dróg o zróżnicowanej przepustowości. Dowodem tego wyniki uzyskane przez R.R. Colemana. Udowodnił on, iż dla wyrażenia pełnego zakresu zmian prędkości i przepływu należy stosować funkcję potęgową o postaci¹⁷:

¹⁶ Por. L.H. Klaassen, T.H. Botterweg: An alternative to urban roads. A shadow project approach. Rotterdam: Netherlands Economic Institute 1976/B (Paper presented at the Tokyo Environmental Conference, 20 August 1976) a. 22.

¹⁷ Por. R.R. Coleman: A Study of Urban Travel Time in Pennsylvania Cities. Highway Research Board. Bulletin 1961 nr 303, s. 39 - 63.

$$x = a + bT + cT^2$$

gdzie: T - średni czas podróży na odcinku 1 mili w minutsch,
 x - stosunek natężenia ruchu do maksymalnej przepustowości drogi,
 a, b, c - parametry równania.

Dla jednokierunkowych arterii miejskich R.R. Coleman oszacował następujące parametry powyższej funkcji: a = -1,79, b = 0,968, c = -0,087; dla arterii dwukierunkowych: a = -0,964, b = 0,883, c = -0,096, e dla dwukierunkowych ulic o lokalnym znaczeniu odpowiednio: -7,61; 3,61; i -0,38.

W warunkach miejskich poziom kongestii jest w wielkim stopniu uzależniony od warunków przepływu pojazdów przez skrzyżowania. Ten fakt musi być brany pod uwagę przy badaniu kosztów kongestii. Straty czasu ponoszone podczas pokonywania skrzyżowania zależą od jego przepustowości i wielkości ruchu. Funkcję opóźnienia 1 pojazdu na skrzyżowaniu względem stosunku natężenia ruchu do przepustowości opracował J.G. Wardrop. Ma ona następującą postać¹⁸:

$$f(Q) = \frac{a}{1 - \frac{Q}{S}}$$

gdzie: f(Q) - opóźnienie na 1 pojazd w sekundach,
 Q - natężenie ruchu (w poj./h),
 S - maksymalna przepustowość skrzyżowania (w poj./h),
 a - parametr równania.

Dla typowego skrzyżowania w Londynie J.G. Wardrop przyjął przepustowość maksymalną 2 000 pojazdów/h i oszacował wartość parametru a na 10^{19} . Wpływ opóźnień powstających na skrzyżowaniach na czas podróży określa się przy wykorzystaniu innej funkcji²⁰:

$$t_m = \frac{3600}{v} + \frac{n}{2} f(Q)$$

gdzie: t_m - czas podróży na drodze liczony jako średni czas pokonywania 1 km w sekundach,
 v - prędkość ruchu pojazdów na drodze w km/h,
 $\frac{n}{2}$ - liczba skrzyżowań.

¹⁸J.G. Wardrop: Journay speed and flow in central urban areas. Traffic Engineering Control 1968 nr 9 s. 528 - 532.

¹⁹Należy przyjąć, iż wielkość 2 000 pojazdów/h oznacza tutaj nie tyle przepustowość skrzyżowania, ile najniższe natężenie ruchu, przy którym następuje jego zablokowanie.

²⁰J.G. Wardrop: op. cit., s. 530.

Jak już wspomniano, dla zbadania koeztów kongestii transportowej trzeba określić zależność między prędkością lub czasem a kosztami transportu. Zmiany kosztów względem zmian prędkości muszą przy tym wyreżać zależność tych pierwezych od prędkości wymuszonej, a nie swobodnia wybie-ranej. Dla obliczenia dwu najważniejszych składników kosztów kongestii transportowej - dodatkowych kosztów eksploatacji pojazdów i dodatkowych kosztów czauu - konieczne jest ustalenie wartości czauu użytkowników infraatruktury transportowej, a ściślej wartości zmian ilości czasu trmconego przez dotychczasowych i nowych użytkowników, oraz sprecyzowa-nia zależności między koeztami ekaploatacji pojazdów e prędkością²¹. Tm oetatnia zależność była przedmiotem wielu studiów. W jednym z najlap-ezych opracowań z tego zakresu - wykonanym przez G. Haikalisa i H. Jo-seepha - przyjęto jako zmienną objaśniającą czas przajazdu i zaetoeowsno nmstępującą procedurę obliczeń²²:

- pominięto atałe koezty właścicieli pojazdów,
- uwzględniono kęzty niezależne od ruchu, tj. koszty paliwa, olaju, zużycia opon itp.,
- ustalono czas przejazdu przez badana drogi dla każdej średniej prę-dkości, wyznaczających empirycznie liczbę i czauu zatrzymań pojazdów,
- zsumowano koszty jazdy i zatrzymań,
- wyłączono z rachunku podatki pośrednie.

Dla prędkości od 11 mil/h do 35 mil/h czas przejazdu 1 mili na badanych drogach wynosił od 5,454 do 1,714 minut. W celu przedstewienia zależności między kosztami eksploatacji w centsch na 1 milę (C) e czauem przejazdu w minutach na 1 milę (T) wybrano funkcję liniową, która po oszacowsniu jej parametrów przyjęła postać:

$$C = 1,829 + 0,312T$$

Powyzsza zależność jest prawdziwa dla wialu rodzajów dróg. Nie ma jed-nak oczywiscia charakteru uniwersalnego.

Znając zależności między prędkością a wielkością ruchu, między cza-sem przajazdu lub prędkością a kosztami eksploatacyjnymi ormz między cza-tem przejazdu a koastami czauu, można przedstawić zasadnicze elementy społecznych zmiannych koeztów traneportu, tj. koszty eksploatacji po-jazdów i koszty czasu, jako funkcje wielkości ruchu lub funkcja etosunku natężenia ruchu do przepuatowości drogi, tak jak to zrobiono w podanych wcześniej przykładach. Oczywiscie dla ustalania kosztów kongestii trans-portowej konieczna jest analiza zmian tych kosztów, związanych ze wzros-

²¹Przegląd problemów i metod badania wartości czauu użytkowników tran-eportu zawierają cytowane wcześniej prace I. Tarskiego i B.G. Hutchineo-na.

²²G. Haikalis, H. Joeeph: Economic Evaluation of Traffic Network. Washington: Highway Research Board. Bulletin 1961 nr 306 e. 53 - 54.

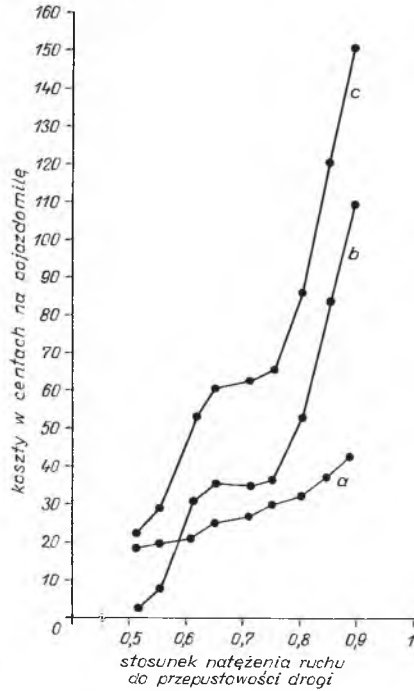
tem wielkości ruchu lub ze wzrostem wspomnianego etoeunku. Trzeba bowiem ustalić, jakie zewnętrzne i prywatne koszty kongestii powodują kolejne przyrosty wielkości ruchu. W zależności od potrzeb można w toku takiej analizy dążyć do ustalenia wysokości kosztów kongestii przy danym natężeniu ruchu, różnic w kosztach kongestii dla wybranych poziomów natężenia lub krańcowych kosztów kongestii.

Do tej pory dokonano już wielu obliczeń kosztów kongestii transportowej. Ich wyniki różnią się dość znacznie. Wynika to nie tylko z rzeczywistych różnic poziomów kosztów kongestii na różnych sieciach transportowych i na elementach tych sieci, ale także z różnic w metodyce rachunku. Polegały one przede wszystkim na odmiennych sposobach formalizacji omawianych wyżej zależności. Nadto uwzględniano niejednakowe zakreślenie kosztów i stosowano różne metody pomocnicze dla ustalenia pewnych elementów rachunku, na przykład wartości czasu. Różnice w poziomie kosztów kongestii na poszczególnych elementach drogowej sieci transportowej obrazują badania D.N. Deweesa²³. Badając koszty kongestii na sieci ulicznej Toronto metodą symulacji, uzyskał on bardzo zróżnicowane wyniki dla badanych ulic. Zmiany krańcowych zewnętrznych kosztów kongestii, krańcowych kosztów użytkowników dróg i ich kosztów przeciętnych na wybranej ulicy następująca w miarę wzrostu stosunku natężenia ruchu do maksymalnej przepustowości drogi dla 9 wartości tego stosunku w przedziale od 0,52 do 0,88 obrazuje rys. 6. D.N. Dewees uwzględnił w swych obliczeniach tylko koszty czasu, przyjmując jego wartość 2,5 dolara USA na godzinę dla 1 osoby i wskaźnik średniego zapełnienia samochodu 1,5. Pominęto tutaj prywatne koszty kongestii; tak więc krańcowe zewnętrzne koszty kongestii odpowiadają różnicy między krańcowymi i przeciętnymi kosztami użytkowników dróg. Na rysunku zwraca uwagę łagodny przebieg krzywej zewnętrznych kosztów kongestii przy wskaźnikach wykorzystania przepustowości drogi od 0,66 do 0,75. Wynika on ze zróżnicowania zmian prędkości w miarę wzrostu natężenia ruchu na poszczególnych odcinkach i skrzyżowaniach badanej ulicy, i tym samym, zróżnicowania krzywych kosztów kongestii na tych odcinkach i skrzyżowaniach. Sumowanie kosztów kongestii dla całej ulicy dało w tych warunkach wspomniany przebieg krzywej krańcowych kosztów kongestii. Obliczone przez D.N. Deweesa krańcowe zewnętrzne koszty kongestii w Toronto na drogach poza centrum przekraczają z reguły 45 centów na pojazdmiłę, a w centrum są znacznie większe. Na wszystkich drogach o zapełnieniu przekraczającym 60% koszty te są wyższe niż 35 centów na pojazdmiłę.

Krańcowe zewnętrzne koszty wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu, obejmujące koszty wydłużenia czasu podróży i wzrost kosztów eksploatacji pojazdów, dla ruchu miejskiego i pozamiejskiego oszacował H. Mohring²⁴. Dla pozamiejskich dróg ekspresowych i dróg wiajakich wynoszą one według tych wyliczeń od 0,2 centa na pojazdmiłę przy etoeunku natę-

²³D.N. Dewees: Simulations of traffic congestion in Toronto. Transportation Research 1978 v. 12, nr 3 s. 153 - 161.

²⁴H. Mohring: Relation between optimum congestion tolls and present highway user charges. Highway Research Record 1964, nr 47, s. 1 - 14.



Rys. 6. Koszty transportu jako funkcja stosunku natężenia ruchu do przepustowości drogi, a - przeciętne koszty użytkowników drogi, b - krańcowe zewnętrzne koszty kongestii dla przyrostów ruchu równym 5% przepustowości drogi, c - krańcowa koszty użytkowników drogi dla przyrostów ruchu równym 5% przepustowości drogi, bez prywatnym kosztów kongestii. Źródło: opracowano na podstawie badań D.N. Deweesa dla ulicy Don Mills w Toronto (D.N. Dewees, op. cit. s. 153-161)

żenia ruchu do przepustowości drogi 0,1 do 17,2 centów na pojazdomyłę przy stosunku 0,9. Obliczony przez H. Mohringa koszt dla dróg pozemiejskich nie przekracza 5 centów na pojazdomyłę dopóki relacje między natężeniem ruchu a przepustowością drogi nie osiągnie wartości 0,75. Omsowane koszty dla dróg miejskich wzrastają od 1,2 centa na pojazdomyłę przy wskaźniku natężenia do przepustowości 0,1 do 28,8 centów przy wskaźniku 0,9. Dodatkowe koszty eksploatacji pojazdów stanowią tutaj od 15% do 20% zewnętrznych krańcowych kosztów kongestii. Krańcowe zewnętrzne koszty kongestii transportowej w miastach przekraczają 5 centów na pojazdomyłę już przy wskaźniku 0,4 a więc przy znacznie mniejszym stopniu wykorzystania przepustowości drogi niż na drogach pozamiejskich. Koszty wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu w miastach były badane przez A.A. Waltersa, który wykazał, iż krańcowy koszt kongestii w miastach USA w 1958 roku wynosił od 2,2 centa na pojazdomyłę przy średnim natężeniu ruchu do co najmniej 15 centów na pojazdomyłę w godzinach szczytu²⁵. We wspomnianych wyżej badaniach ustalono zależność między kosztami tran-

²⁵ A.A. Walters: The theory ..., op. cit. s. 676 - 699.

sportu a stosunkiem natężenia ruchu do przepuatoowości. Niekiedy poprzastaje się na określeniu zalażności między prędkością a tymi kosztami. I tak według badeń brytyjekiego ministerstwa traneportu krańcowe koszty kongestii wynosiły 212 pensów, czyli 243 centy amerykańskie na pojezdomilę, przy prędkości 5 mil na godzinę, a R.J. Smeed oszacował je na 75 centów na pojazdomilę dla prędkości 10 mil na godzinę i 750 centów przy prędkości 5 mil na godzinę²⁶. Natomiast M.B. Johnson przyjął, iż krańcowe zewnętrzne koazty kongestii wzrastają do niekończoności przy prędkościach poniżej 11 mil/h²⁷. Trzaba jednak zaznaczyć, iż teza o gwałtownym wzroście zewnętrznych kosztów kongestii przy wspomnianej prędkości wynika w tym przypadku z założenia o przechodzeniu kongestii w kongestię II typu po spadku prędkości poniżej 11 mil/h.

3.3. Kongestia e funkcja kosztów transportu

Dla wyjaśnienia wielu zjawisk ekonomicznych i rozwiązania szeregu problemów gospodarczych istotna znaczenie ma znajomość zależności między kosztami produkcji a jej wielkością. Nauki akonomiczne formalizują tą zśleżności w postaci teorii o dużym zakresie uniwersalności, odnozących się do całej gospodarki, i w postaci modeli dla działów gospodarki, zbiorów podobnych przedsiębiorstw itd. Bada się zarówno zależność kosztów od rozmiarów produkcji, jak i zmiany wielkości produkcji względem ilości zużytych zasobów. Model, w którym produkcja jest zmianną objaśnianą a koszty zmienną objaśniającą jest określany jako funkcja produkcji. Natomiast modal opisujący zależność kosztów od rozmiarów produkcji oraz warunków wytwarzania przyjęto nazywać funkcją kosztów, a taki sam model dotyczący przedsiębiorstw produkujących ten eam wyrób lub te sama wyroby - gałęziową funkcją kosztów²⁸. Funkcje kosztów opracowywane są także dla trnsportu jako całości, dla poszczególnych gałęzi transportu oraz dla pewnych zakresów działalności transportowej wyznaczonych w inny sposób, na przykład dla produkcji transportowej o wysokim udziale kosztów stałych w kosztach całkowitych²⁹.

Dla realizacji celu niniejszej pracy konieczne jest wyznaczenie funkcji kosztów dla produkcji transportowej w warunkach występowania kongestii. Oddziaływanie kongestii na koszty zmienia się wraz ze zmianami wielkości produkcji transportowej. Kształtowanie się stałych koaztów transportu nie jest przy tym zeleżna od poziomu kongestii, lecz tylko od

²⁶ R.J. Smeed: Road Pricing, the Economic and Technical Possibilities. London: Ministry of Tranaport H.M. Stetionery Office 1964 i R.J. Smaed: Traffic studies and urban congeation. Journal of Transport Economic Policy 1968 nr 2 s. 33 - 70.

²⁷ M.B. Johnson: op. cit., s. 138.

²⁸ Elementy rachunku ekonomicznego. Rad. Z. Hellwig. Warszawa: PWE 1972 s. 384.

²⁹ Por. I. Taraki: Koordynacja transportu. Warszawa: PWE 1968 s. 209-212, A. Piskozub: Gospodarowania w transporcie. Warszawa: WKiŁ 1982 s. 243 - 249.

wielkości produkcji. Kongestia wpływa jedynie na zmienne koszty transportu. Oznacza to, iż funkcja całkowitych lub jednoatkowych kosztów produkcji traneportowej w warunkach występowanie kongestii winna odzwierciedlać dwa zjawiska: wpływ wielkości produkcji na poziom kosztów stałych i wpływ wielkości produkcji, a w tym kongestii, na poziom kosztów zmiennych. Jest to więc funkcje kosztów, w której kongestia stanowi jeden z głównych czynników zmienności jednostkowych zmiennych kosztów transportu. Funkcji tej nie można przy tym odnosić do jednego przedsiębiorstwa lub grupy przedsiębiorstw traneportowych. Opisuje ona bowiem prawidłowości pojawiające się w procesie konsumpcji usług systemu transportowego, a przede wszystkim w procesie użytkowania infrastruktury transportowej. Użytkownikami tej infrastruktury, a w szczególnych przypadkach nawet użytkownikami jedynymi, mogą być przedsiębiorstwa transportowa. Nadto kongestia może w pewnych przypadkach wywierać duży wpływ na koszty przedsiębiorstw eksploatujących tę infrastrukturę. Ma to przykładowo miejsca w portach morskich. Jednakże wspomniane prawidłowości nie wyczerpują całości zjawisk, które decydują o wysokości kosztów zmiennych przedsiębiorstw przy różnych wielkościach produkcji. Omawiana funkcja może stanowić podstawowy model kosztów w zagadnieniach wyboru ekonomicznego związanych z kształtowaniem przepustowości infrastruktury lub z kształtowaniem wielkości ruchu. Zagadnienia tego typu rzadko odpowiadają pełnym zakresom działania jednego lub nawet wielu przedsiębiorstw. Z reguły wyatępuje wówczas bardzo dużo podmiotów decydujących o wielkości ruchu i to podmiotów o zróżnicowanych celach i charakterystykach ekonomicznych. Wyboru ekonomicznego dokonuje się wtedy przy uwzględnieniu tych korzyści i kosztów użytkowników transportu i przedsiębiorstw traneportowych, która powstają w danym czasie i określonym miejscu, na przykład na sieci drogowej lub w porcie lotniczym. Z punktu widzenia przedsiębiorstwa transportowego kongestia winna być traktowana jako uboczny czynnik wpływający na wysokość kosztów lub jako czynnik główny, kształtujący koszty w jakimś wycinku jego działalności. Przy wyznaczaniu funkcji kosztów transportu w warunkach kongestii można wziąć pod uwagę różne zakresy kosztów transportu. Trzeba uwzględnić co najmniej efektywne koszty transportu - koszty infrastruktury i efektywne koszty jej użytkowników, czyli efektywne koszty przedsiębiorstw transportowych i te koszty, które ponosi użytkownik własnego pojazdu występując w roli producenta „usługi” transportowej. Celowe wydaje się jednak rozezerzenie tego zakreśu o pochodne koszty użytkowników, a nawet o wazyetkie koszty pochodne transportu. Uzasadnieniem przyjęcie szerokiego zakresu kosztów przy wyznecaniu tej funkcji jest to, iż problemy kongestii występują przede wszystkim w takich zagadnieniach wyboru w transporcie, w których rozpatruje się wszystkie korzyści i koszty społeczne.

Odwrotnością funkcji kosztów jest funkcja produkcji. Warto przy tym zwrócić uwagę na to, iż dla produkcji transportowej w warunkach kongestii funkcja produkcji może być tożsama z funkcją podaży. Wystąpi to wtedy, gdy decyzje o korzystaniu z infrastruktury transportowej podejmowa-

ne są przez jednostki będące jednocześnie konsumentami i producentami usług transportowych. Model równowagi rynkowej, wskazujący zależności między ceną, popytem i podażą, należy wówczas rozumieć inaczej niż w teorii ekonomii. Dotyczy to przede wszystkim funkcji podaży. W teorii ekonomii opisuje ona zależność między ceną dobra a jego ilością produkowaną lub dostarczaną na rynek. Natomiast w odniesieniu do wielu zjawisk transportowych, a w tym i w odniesieniu do wspomnianej wyżej sytuacji, funkcja ta nie opisuje zachowania się dostawców, ale zachowania użytkowników transportu, którzy tworzą podaż transportową. Stąd też wielu autorów sprzeciwia się używaniu w takich przypadkach terminu „funkcja podaży”, proponując zastąpić go pojęciem funkcji „koszty użytkownika - wielkość ruchu”³⁰. Taka funkcja stenować będzie odwrotność tylko takiej funkcji kosztów, która przedstawi zmiany kosztów użytkowników transportu. Funkcje podaży, czy też funkcja „koszty użytkownika - wielkość ruchu”, nie uwzględnia bowiem innych kosztów poza tymi, jakie biorą pod uwagę jednostki tworzące podaż. Odpowiednio skonstruowana funkcja produkcji lub jej odwrotności mogą więc służyć do budowy modelu równowagi rynkowej w warunkach kongestii. Teza funkcji produkcji wskazuje bowiem wielkość ruchu - czyli podaż transportową - możliwą do uzyskania przy różnych poziomach całkowitych lub jednostkowych kosztów użytkowników.

Jak już wcześniej wskazano, koszty kongestii najłatwiej jest sfinalizować w kontakcie wzajemnych związków między krańcowymi przyrostami produkcji transportowej z krańcowymi przyrostami kosztów. Badanie przyrostów krańcowych pozwala na precyzyjne przedstawienie związków między tymi dwoma zmiennymi. Rachunek marginalny może być z powodzeniem stosowany przy rozpatrywaniu zagadnień powiązania stałych i zmiennych czynników produkcji w transporcie w okresach krótkich, gdy warunki wytwarzania są stałe. Pewne elementy tego rachunku można wykorzystać także w analizie długookresowej³¹. Zastosowanie takiego podejścia do funkcji kosztów transportu w warunkach kongestii umożliwia jednocześnie wykorzystanie dorobku teorii produkcji do poszukiwania najkorzystniejszej kombinacji zmiennych i stałych czynników produkcji względem pewnej funkcji celu, a więc do poszukiwania optimum natężenia ruchu na istniejącej sieci transportowej. Wyznaczenie omawianej funkcji kosztów wymaga jednak weryfikacji - przyjętej w założeniach teorii - ogólnej prawidłowości odnoszącej się do krańcowej produktywności nakładów zmiennych czynników produkcji, przesądzającej o zależności między wielkością produkcji a poziomem kosztów zmiennych.

³⁰Por. E.K. Morlok: Types of transportation supply functions and their applications. Transportation Research 1980 v. 14B nr 1/2 a. 9 - 27.

³¹Por. R. Le Roy Miller: op. cit. s. 159.

Założenia teorii produkcji dotyczące produktywności nakładów stałych czynników produkcji odpowiadają bez wątpienia warunkom produkcji transportowej. W danym przedziale wielkości produkcji produktywność tych nakładów rośnie w miarę wzrostu rozmiarów produkcji, a funkcja jednoetkowych kosztów stałych przyjmuje postać hiperboli. Nie wyjaśniono natomiast do tej pory dafinitywnia, w jaki sposób przejawia się w transporcie prawo nieproporcjonalnych przychodów. Niekiedy przyjmuje się, iż kształtowanie się kosztów zmiennych w przedsiębiorstwach transportowych opisuje w dostatecznym przybliżeniu ogólna postać funkcji kosztów zmiennych, opracowana w teorii produkcji³². Zakłada ona rosnącą produktywność krańcową czynników zmiennych w przedziale wielkości produkcji do jej minimum techniczno-ekonomicznego do poziomu, któremu odpowiada punkt przegięcia funkcji produkcji. Dalszemu zwiększeniu produkcji towarzyszy spadek produktywności krańcowej czynników zmiennych. W miarę wzrostu produkcji następują więc wprawdzie mniej niż proporcjonalny, a później więcej niż proporcjonalny przyrost kosztów zmiennych. W rezultacie krzywe kosztów przeciętnych zmiennych i kosztów krańcowych przyjmują kształt litery „u”. Uniwersalność takiej funkcji kosztów zmiennych dla produkcji transportowej jest zagadnieniem otwartym. Kluczowym problemem dla jego rozwiązania jest zbadanie produktywności krańcowej zmiennych czynników produkcji transportowej. Szczególną uwagę należałoby przy tym zwrócić na zakres występowania zjawiska rosnącej produktywności krańcowej tych czynników. Założenie powszechności występowania czynników o takiej produktywności budzi bowiem poważne wątpliwości. Przy obecnym stanie wiedzy w zakresie kosztów transportu - ustalonych w teorii produkcji - ogólną postać funkcji kosztów zmiennych należy uznać za jeden z rodzajów funkcji kosztów zmiennych w transporcie. Inne ich rodzaje mogą reprezentować przede wszystkim funkcje zbudowane przy założeniu jednokierunkowości zmian lub braku zmian funkcji produktywności krańcowej w przedziale wielkości produkcji od jej minimum techniczno-ekonomicznego do maksimum możliwego do uzyskania przy danych nakładach stałych czynników produkcji. W pierwszym - z możliwych do wyróżnienia - rodzaju można założyć rosnącą produktywność krańcową czynników zmiennych w całym wspomnianym przedziale wielkości produkcji. W miarę wzrostu rozmiarów produkcji koszt krańcowy będzie wówczas systematycznie malał. Dla drugiego rodzaju takich funkcji trzeba przyjąć, iż w pewnych rodzajach produkcji transportowej nie występują zjawisko nieproporcjonalnych przychodów, a więc koszty przeciętne zmienne i koszty krańcowe są stałe w całym rozpatrywanym przedziale wielkości produkcji. Kolejnym nakładem zmiennych czynników produkcji będą wtedy odpowiadać stałe przyrosty produkcji transportowej. Można wreszcie przyjąć, iż w pewnych dziedzinach transportu prawo nieproporcjonalnych przychodów występuje w swej zawężonej postaci - prawa malejących przychodów. Oznacza to malejącą produktywność krańcową zmiennych

³²Ekonomika transportu ... op. cit., s. 67 i dalsze.

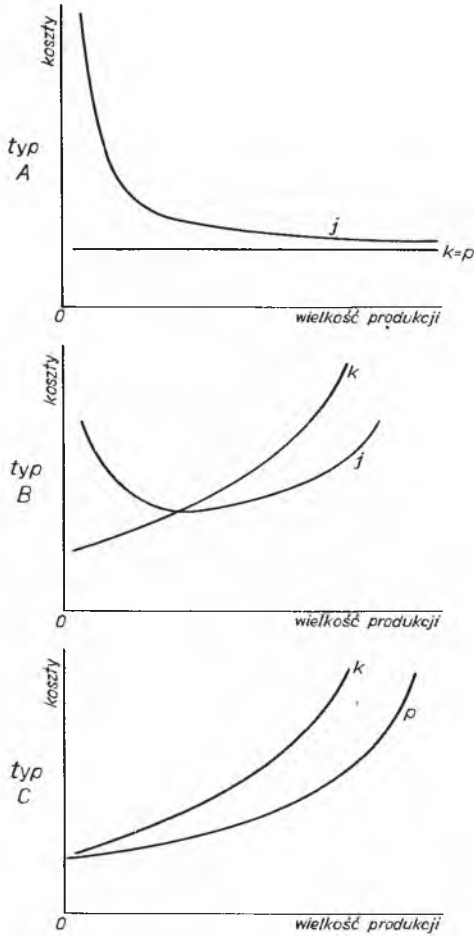
czynników produkcji. Tak więc w funkcjach trzeciego rodzaju koszty przeciętne zmienne i koszty krańcowe będą rosły w całym przedziale wielkości produkcji. Warto przy tym zwrócić uwagę na to, iż znaczenie ostatniego z wyróżnionych rodzajów funkcji kosztów zmiennych w transporcie będzie większe, jeśli przez koszty transportu będziemy rozumieć globalne koszty transportu. Przebieg funkcji całkowitych kosztów zmiennych w każdym rodzaju produkcji jest w dużym stopniu determinowany zależnością między wartością zużytych przedmiotów pracy a wielkością produkcji. W wielu przypadkach niższe przyrosty kosztów zmiennych w miarę zwiększania produkcji są wynikiem zmniejszonego jednoetkowego zużycia tego czynnika produkcji. W procesie produkcji transportowej nie występuje w ogóle kategoria przedmiotu pracy. W transporcie zamiera ekonomicznej kategorii „przedmiot pracy” pojawia się nieznana w innych działach produkcji kategoria „przedmiot transportu”, czyli pasażerowie i ładunki, których przemieszczenie jest właśnie celem produkcji transportowej³³. Ogranicza to niewątpliwie zakres występowania zjawiska rosnącej produktywności krańcowej zmiennych czynników produkcji transportowej i jednocześnie wskazuje na szczególne znaczenie stałych i malejących funkcji przeciętnych kosztów zmiennych w analizie procesów produkcji transportowej. Jeśli bierze się pod uwagę globalne koszty transportu, to znaczną część kosztów zmiennych stanowią koszty związane z przedmiotem transportu. Pominięwszy przypadki, w których wzrost produkcji transportowej jest uzyskiwany dzięki zwiększaniu prędkości przewozu, można przyjąć, iż wzrost wielkości produkcji transportowej z reguły nie powoduje spadku jednostkowych kosztów związanych z przedmiotem transportu, a wręcz przeciwnie często powoduje ich wzrost. Tak więc wiele funkcji efektywnych kosztów zmiennych i jeszcze więcej funkcji globalnych kosztów zmiennych na jednostkę produkcji transportowej będzie funkcjami rosnącymi.

Dla rozpatrywania problemów związanych z kongestią transportową warto wziąć pod uwagę dwa ostatnie z wyżej wymienionych rodzajów funkcji kosztów zmiennych. Funkcja zbudowana przy założeniu malejącej produktywności krańcowej czynników zmiennych to funkcja zmiennych kosztów transportu odpowiadająca warunkom kongestii transportowej. Kolejne przyrosty produkcji transportowej powodują coraz to większe przyrosty kosztów. Krótkookresowe koszty krańcowe rosną więc szybciej niż koszty przeciętne zmienne w całym rozpatrywanym przedziale wielkości produkcji. Ich wzrost jest wynikiem wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu, które począwszy od pewnego poziomu natężenia ruchu przeradza się w kongestię. Funkcję przeciętnych zmiennych kosztów transportu w warunkach kongestii przedstawiono na rys. 7. - jako funkcję typu C. Dla tej funkcji zasada malejących przychodów obowiązuje dla każdej wielkości produkcji i dla każ-

³³ I. Tarski, E. Taichmanowicz, E. Patryk: Transport i dystrybucja w handlu zagranicznym. Warszawa: PWE 1968, s. 20.

dego poziomu kosztów zmiennych. Jak już wspomniano, w analizie wielu zjawisk transportowych można założyć stałą produktywność krańcową zmiennych czynników produkcji. Przykładem może być tutaj linia transportowa, na której nie występuje kongestia. Przyrosty natężenia ruchu na takiej drodze będą pociągać ze sobą stałą przyrosty kosztów zmiennych. Ilustruje to funkcja typu A na ryc. 7. Zaznaczono tam także funkcję kosztów przeciętnych dla drogi bez kongestii. Dla takiej drogi optimum techniczno-ekonomiczne, czyli wielkość produkcji przy której przeciętne produktywność stałych i zmiennych czynników produkcji jest najwyższa, wyznacza maksymalna produkcja przy danych nakładach stałych czynników produkcji. Przyjęte dla obu typów funkcje przeciętnych kosztów zmiennych mogą dotyczyć wszelkich apolącznych kosztów zmiennych, kosztów społecznych z wyłączeniem zewnętrznych kosztów transportu, zmiennych kosztów efektywnych transportu lub zmiennych kosztów użytkowników infrastruktury transportowej. W każdym przypadku ogólna postać tych funkcji będzie taka sama. W obu analizowanych sytuacjach - w warunkach występowania i niawyetępowania kongestii - kierunek zmian poszczególnych składników kosztów całkowitych zmiennych wywoływanych wzrostem produkcji transportowej jest bowiem identyczny. Przyjęcie danego zakresu kosztów pociąganie za sobą tylko zmianę obrazu graficznego tych funkcji, związaną z zastosowaniem innych parametrów w odpowiadających im równaniach. Funkcja przeciętnych kosztów zmiennych typu C - ujęta dla warunków kongestii - jest graficznym obrazem równania przeciętnych kosztów zmiennych opracowanego w pierwszej części niniejszego rozdziału. Uwzględniono w nim tylko koszty użytkowników infrastruktury transportowej. Tak więc dla innych zakresów kosztów należałoby wprowadzić do tego równania dodatkowe parametry, wyrażające zależność między odpowiednimi elementami społecznych kosztów transportu a wielkością produkcji transportowej.

W warunkach opisanych przez funkcję typu C przy małych wielkościach produkcji transportowej wzajemne oddziaływanie uczestników ruchu powoduje niewielkie przyrosty kosztów zmiennych. Koszty krańcowe są nieco większe od przeciętnych zmiennych i rosną powoli. Przyrosty przeciętnych kosztów zmiennych są mniejsze od spadku przeciętnych kosztów stałych, a więc całkowite koszty przeciętne maleją. Począwszy od punktu, w którym krzywa kosztów krańcowych przecina krzywą kosztów przeciętnych, pojawia się kongestia. Naraeta ona coraz szybciej i w rezultacie krótkookresowe koszty krańcowe są coraz to większe od przeciętnych kosztów zmiennych. Przy dużych wielkościach produkcji mogą one wraetać do nieskończoności. Przy takim kształtowaniu się kosztów przeciętnych zmiennych wielkość produkcji, przy której przeciętne produktywność stałych i zmiennych czynników produkcji jest najwyższa, może być o wiele mniejsza od produkcji maksymalnej. Na rycinie 7 funkcję kosztu przeciętnego w warunkach kongestii oznaczono umownie jako typ B. Przedstawione tam funkcje kosztu przeciętnego i kosztu krańcowego ilustrują jednocześnie zagadnienie wyznaczania optimum techniczno-ekonomicznego w warunkach kongestii. Funkcja kosztu przeciętnego typu B jest oczywiście sumą funkcji kosztu przecięt-



Rys. 7. Funkcje kosztów transportu, j - koszty przeciętne, p - koszty przeciętne zmienne, k - koszty krańcowe. Źródło: opracowanie własne

nego zmiennego i funkcji kosztu przeciętnego stałego. Krzywa kosztu krańcowego może przecinać funkcję kosztu przeciętnego i tym samym wskazywać tę wielkość produkcji, przy której przeciętne produktywności czynników produkcji jest najwyższe, nawet przy niskim stopniu wykorzystania stałych czynników produkcji. Tak więc, o ile dla funkcji kosztu przeciętnego typu A minimum kosztów przeciętnych osiąga się przy produkcji maksymalnej, a więc przy najwyższym stopniu wykorzystania stałych czynników produkcji, to w działalności zagrożonej kongestią produkcji maksymalnej nie będą nigdy odpowiadać najniższe koszty przeciętne.

Jeśli założyć, iż koszty zmienne całkowite niezależnie od wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu zmieniają się wprost proporcjonalnie do zmian wielkości produkcji, a dla wszystkich zakresów kosztów zmiennych

można znaleźć przypadki, w których założenie to jest dość wiernym obrazem rzeczywistości, to funkcję typu B można rozłożyć na dwa podukłady odpowiadające typom A i C. Wówczas funkcja typu A będzie opisywać zachowanie się kosztów stałych i kosztów zmiennych niezależnych od kongestii. Natomiast przez funkcję oznaczoną jako typ C należałoby w takim przypadku rozumieć funkcję przeciętnych kosztów zmiennych zależnych od kongestii, czyli po prostu funkcję przeciętnych kosztów kongestii. Oczywiście takie określenie zawiera w sobie pewne uproszczenie, gdyż funkcja ta tylko w pewnym zakresie wielkości produkcji opisuje prawidłowości dotyczące kongestii. Odpowiednia funkcja kosztów krańcowych większywać będzie wtedy kolejną przyrosty kosztów kongestii. Graficznym wyrazem zmiany znaczenia funkcji kosztów przeciętnych zmiennych i krańcowych typu C winno być przesłanie ich krzywych w kierunku osi odciętych. Stosownie tak rozdzielonej funkcji kosztów byłoby szczególnie przydatne przy analizie kosztów funkcjonowania i rozwoju sieci drogowej w miastach, a tym samym przede wszystkim sieci obciążonej dużym ruchem. Co prawda, ścisły podział całkowitych kosztów zmiennych na zależne i niezależne od kongestii jest zadaniem niewykonanym, ale - jak już wcześniej ustalono - zasadnicze elementy kosztów zmiennych można podzielić na takie dwa rodzaje. Warto także zaznaczyć, iż funkcja kosztów typu C może służyć jako funkcja podstawowa przy rozpatrywaniu zagadnień, w których wielkość produkcji mniejsza od optimum techniczno-ekonomicznego lub równa jamu została z góry uznana za nieoptymalną i niedopuszczalną. Takie ograniczenie analizowanego zakresu wielkości produkcji transportowej wydaje się zasadne, na przykład podczas planowania wielkości ruchu na sieci drogowej w centrum wielkiego miasta w czasie szczytu przewozowego, gdy trzeba pogodzić się z występowaniem pewnego poziomu kongestii. Wówczas w badanym przedziale wielkości produkcji udział kosztów stałych w kosztach całkowitych będzie niewielki i można koszty stałe pominąć. Pominięcie kosztów stałych może być resztą także podyktowane innymi przyczynami. W takiej sytuacji w roli funkcji kosztów transportu występowałaby funkcja kosztów zmiennych. Podsumowując powyższe rozważania należy więc przyjąć, iż dla warunków kongestii transportowej winny być stosowane funkcje kosztów transportu typu B lub C albo też łącznie odpowiednio przekształconych funkcji typu A i C.

4. OPTYMALNY POZIOM PRODUKCJI TRANSPORTOWEJ W WARUNKACH KONGESTII I POŚREDNIE KOSZTY KONGESTII

4.1. Funkcja celu w transporcie miejskim

Dysproporcje między wielkością i rodzajem potrzeb a rozmiarami i strukturą zasobów, którymi dysponuje społeczeństwo, stwarzają różnorodne problemy wyboru ekonomicznego. Zespół tych problemów stanowi zagadnienie optymalnego wykorzystanie zasobów. Przy podejmowaniu decyzji związanych z wykorzystaniem zasobów celem generalnym jest maksymalizacja użyteczności. Cel ten jest realizowany w warunkach ograniczeń gospodarczych i społecznych. Użyteczność można określić ogólnie jako satysfakcję, jaką uzyskuje społeczeństwo lub jego część dzięki osiągnięciu pewnego celu. Należy przy tym zaznaczyć, iż w gospodarce socjalistycznej kategoria użyteczności winno być rozumiane jako społeczny efekt użytkowy, niezależnie od tego, czy w praktyce jest wyrażona bezpośrednio czy też pośrednio poprzez efekty wartościowe. Maksymalizację społecznego efektu użytkowego w stosunku do nakładu stanowi więc w gospodarca tego typu podstawowe kryterium podejmowanie decyzji i oceny rezultatów gospodarowania¹. Oznacza to, iż prawidłowa wycena nakładów i efektów działalności gospodarczej ze społecznego punktu widzenia jest tutaj podstawowym zadaniem rachunku ekonomicznego. Zagadnienie maksymalizacji efektu użytkowego trzeba rozpatrywać w dwóch aspektach: alokacji zasobów i racjonalności ich zużycia. Optymalne wykorzystanie zasobów wymaga bowiem dokonania:

- optymalnej alokacji zasobów, czyli najkorzystniejszego ich rozdziału między różne zastosowania, mające zdolność zaspokajania różnych potrzeb,
- wyboru optymalnego sposobu zaspokojenia poszczególnych potrzeb, a więc wyboru najlepszych technik i technologii produkcji.

¹W. Wilczyński: Rachunek ekonomiczny a mechanizm rynkowy. Warszawa: PWE 1965, s. 11.

W szarokisj gamie praktycznych problemów wyboru ekonomicznego istotną rolę odgrywają zagadnienia związane z transportem, czyli zagadnienia ustalania wielkości i rodzaju nakładów przeznaczanych na całą transportową i wyboru sposobów zaspokajania potrzeb przewozowych. Najważniejsza problemy wyboru ekonomicznego w transporcie można sformułować w postaci następujących pytań:

- jakie nakłady przeznaczyć na transport?
- jak rozłożyć te nakłady w czasie?
- jakie potrzeby i w jakiej kolejności zaspokajać?
- na jakie sposoby zaspokajania potrzeb przeznaczyć nakłady?

Dwa pierwsze z wymienionych problemów dotyczą alokacji zasobów z punktu widzenia większych układów niż transport. Muszą one być więc rozpatrzone w skali kraju, regionu, miasta, systemu produkcyjno-transportowego itd. Jednocześnie użyteczność usług systemu transportowego dla gospodarki i społeczeństwa może być różna w zależności od sposobu rozwiązania dwu następujących problemów. Oznacza to, iż wszystkie podstawowe zagadnienia wyboru ekonomicznego w transporcie muszą być rozwiązywane przy uwzględnieniu zewnętrznych powiązań tej dziedziny gospodarowania, a podejmowane decyzje nie mogą opierać się wyłącznie na przesłankach związanych z transportem.

Alokacja zasobów między poszczególnymi częściami systemu ekonomicznego powinna być dokonana w ten sposób, aby zapewniała najlepsze warunki dla optymalizacji funkcji całego systemu. Z uwagi na dynamiczny i stochastyczny charakter procesów gospodarczych najwyższy stopień realizacji tej funkcji celu jest osiągany wtedy, gdy każda jego część dysponuje pewną nadwyżką zasobów w stosunku do własnych zadań. Taki stan określa się mianem nierównowagi dodatniej². Optymalną wielkość nadwyżki dla każdej części systemu ekonomicznego wyznaczają najlepsze warunki dla maksymalnej realizacji celu całego systemu. Nadwyżkę zasobów, czyli nadmiar, należy więc traktować tak jak wszystkie inne zasoby używane w procesie gospodarowania. Brak nadwyżki lub ten stan nierównowagi ujawnia się, a więc niedobór zasobów w pewnych częściach systemu i za duży nadmiar w innych, zmniejsza wartość realizowanej funkcji celu i jednocześnie znacznie komplikuje zagadnienie optymalizacji systemów ekonomicznych. Obserwacje współczesnych systemów transportowych, a w tym przede wszystkim zjawisk zachodzących na rynkach transportowych, wskazuje, iż transport cechuje silniejsza - niż wiele innych działów gospodarki - skłonność do utrzymywania zbyt dużej nadwyżki lub też do pozostawiania w stanie niedoboru zasobów. Przejawia się to z jednej strony w powstawaniu nadmiernego potencjału transportowego, znacznie przekraczającego poziom optymalny z punktu widzenia celu działania całego gospodarstwa lub innych

²B. Minc: Współczesna ekonomia polityczna. Warszawa: PWN 1981 s. 133.

systemów ekonomicznych, których częścią jest dany system transportowy, a z drugiej strony w utrzymywaniu się długookresowych stanów niedoboru potencjału innych systemów transportowych. Tendencja do powstania niedoboru zasobów występuje w większym stopniu w sferze infrastruktury transportowej, a tendencja przeciwna głównie w sferze usług transportowych. Zbyt duża nadwyżka potencjału występuje w transporcie samochodowym, lotniczym i morskim na wielu rynkach krajowych i międzynarodowych. Można także wskazać na liczne przykłady niedoboru potencjału przewozowego. Taką sytuację występuje między innymi w wielu miejskich systemach transportowych. Stąd też w zagadnieniach wyboru ekonomicznego w transporcie należy w jednych przypadkach zwracać szczególną uwagę na społeczne koszty powstające w związku z nadmiarem zasobów, a w innych przypadkach szczególnie badać społeczne skutki niedoboru zasobów.

Z dokonywaniem wyboru ekonomicznego wiążą się pewne zadania, od realizacji których zależy prawidłowość podejmowanych decyzji. Należą do nich przede wszystkim:

- określenie zakresu działalności gospodarczej, którego dotyczy wybór,
- ustalenie ograniczeń wyboru,
- ustalenie wszystkich możliwych wariantów działania,
- określenie sposobów mierzenia nakładów i efektów,
- sprecyzowanie celu lub celów,
- ustalenie sposobu oceny wariantów działania z punktu widzenia stopnia realizacji celu lub celów, a więc ustalenie kryterium wyboru.

Zagadnienia wyboru ekonomicznego w transporcie są formułowane w różny sposób w zależności od tego, czy występują w skali przedsiębiorstw, czy też w skali systemów transportowych lub ich większych części składowych. Problemy wyboru ekonomicznego z punktu widzenia przedsiębiorstw transportowych pozostają poza zakresem tematyką tej pracy. Niewątpliwie pewne specyficzne aspekty wyboru ekonomicznego występują w różnych systemach transportowych, a w tym i w systemach transportowych miast. Niemniej zespół problemów związanych z ustaleniem funkcji celu dla systemów transportowych kraju, regionu, miasta itp. wykazuje wiele podobieństw. W transporcie, a szczególnie w transporcie miejskim, mamy do czynienia z silnymi powiązaniem zewnętrznymi. W procesie produkcji transportowej zużywane są zasoby, których dysponentami są użytkownicy transportu, a także zasoby pozostające w dyspozycji społeczeństwa jako całości. Społeczne efekty użytkowe pracy transportu nie powstają w zasadzie w czasie konsumpcji usługi transportowej, ale dopiero po zmianie położenia w przestrzeni. Tak więc w przypadku rozwiązywania wielu problemów transportowych nie można ograniczać się do sfery transportu. Dokonując wyboru ekonomicznego trzeba brać pod uwagę wszelkie korzyści i niekorzyści związane z działalnością transportową odczuwane przez użytkowników transportu. Należy jednocześnie dążyć do tego, aby objąć rachunkiem także korzyści i niekorzyści zewnętrzne, a w tym niekorzyści i korzyści ekologiczne. Z uwagi na ścisłe związki między planowaniem transportu a planowaniem przestrzennym szczególnie ważne byłoby

ściśle połączenie procesów decyzyjnych w zakresie transportu i zagospodarowania miasta i stosowanie przy podejmowaniu decyzji transportowych funkcji celu uwzględniającej wpływ tych decyzji na zmianę struktury przestrzenno-funkcjonalnej miasta, a ściślej korzyści i niekorzyści zmiany tej struktury. Zależność poszukiwania takiej funkcji celu można odczytać między innymi z ogólnej postaci - sformułowanego przez Z. Wasiutyńskiego - kryterium optymalizacji układów komunikacyjnych. Z. Wasiutyński za optymalny układ komunikacyjny uważa układ spełniający warunek minimalizacji obciążeń gospodarczych, na które składają się: suma obciążeń przewozowych, czyli kosztów transportu, oraz suma obciążeń urbanizacyjnych, czyli kosztów wynikających ze skupienia mas komunikacyjnych w rozpatrywanym układzie³. Problem łącznego ujmowania zagadnień wyboru ekonomicznego w transporcie i w planowaniu przestrzennym jasno ujmuje P.A. Steenbrink pisząc: „nie podlega dyskusji, że musimy łączyć planowanie przestrzenne i planowanie transportu jako jeden system i poszukiwać rozwiązania optymalnego tego właśnie systemu”⁴. Trzeba jednak dodać, iż P.A. Steenbrink stwierdza także: „jest rzeczą jasną, że znalezienie optimum optimum nie jest zadaniem łatwym”⁵.

Z przedstawionych wyżej powodów problem maksymalizacji reelekcji między społecznym efektem użytkowym a nakładami w transporcie jawi się jako zbiór różnych funkcji celu o różnych mianach. Pewne funkcje winny być maksymalizowane, a inne minimalizowane. Nadto niektóre z celów mogą być ze sobą sprzeczne. Taki zestaw funkcji celu może przykładowo obejmować: minimalizację kosztów efektywnych transportu, minimalizację czasu podróży i maksymalizację bezpieczeństwa. W takiej sytuacji zasady racjonalnego gospodarowania wykluczają dążenie do ekstremalnych wartości wszystkich funkcji celu. W przypadku, gdy w systemie transportowym lub w danym wycinku działalności transportowej realizuje się wiele celów, możliwe są dwa różne podejścia do jego optymalizacji. Pierwsze z nich opiera się na opracowanych w niedalekiej przeszłości metodach programowania wielokryteriowego. Dąży się wówczas nie do ekstremalnej realizacji jednego celu, lecz do racjonalnej realizacji wszystkich celów. Przez optymalność rozumie się wówczas stan spełniający tzw. warunek Pareta. Dana decyzja zostaje uznana za optymalną, gdy w zbiorze decyzji dopuszczalnych nie istnieje także decyzja, które pozwoliłaby na osiągnięcie większej wartości przez choćby jedną funkcję celu, bez pogorszenia stopnia realizacji pozostałych funkcji celu. Drugie podejście wymaga hierarchizacji celów, określenia wzajemnych związków między nimi i w rezultacie wyznaczenia celu głównego. Pozostałe cele systemu są wówczas traktowane jako ograni-

³Z. Wasiutyński: op. cit., s. 46.

⁴P.A. Steenbrink: op. cit., s. 48.

⁵Tamże, s. 48.

czenia lub też wprowadzając się do procedury optymalizacyjnej na etapie weryfikacji rozwiązania optymalnego dla celu głównego. Sprowadzenia pewnych celów do roli ograniczeń lub też uwzględniania ich po wyznaczeniu rozwiązania optymalnego względem celu głównego oddziałuje tym bardziej na procedurę optymalizacyjną od optymalizacji sensu stricto, im więcej celów przypisuje się danemu systemowi czy też działalności i im bardziej cele te są niesjednorodne. Ietnienie głównego celu systemu nie wyklucza oczywiście ietnienia celów cząstkowych poszczególnych podsystemów. Częstkowe funkcje celu nie podlegają jednak maksymalizacji. Winny one być optymalizowane, czyli osiągać wartości najkorzystniejsze z punktu widzenia maksymalizacji celu głównego. Problem optymalizacji można więc sprowadzić do osiągnięcia przez główną funkcję celu poziomu maksymalnego, a przez cząstkowe funkcje celu poziomu optymalnego⁶. Przy maksymalizacji wartości funkcji celu głównego poziom optymalny, często niższy od maksymalnego, osiągają przy tym nie tylko cząstkowe funkcje celu, ale także wszelkie zależności i relacje występujące w danym systemie lub działalności.

Nie można arbitralnie przejąć, który ze wspomnianych wyżej sposobów postępowania winien być stosowany w optymalizacji systemów transportowych, a w tym i systemów transportowych miset. W ekonomice transportu zdecydowanie większą wagę przywiązuje się do rozwiązywania problemów optymalizacji opartej na wyznaczeniu celu głównego. Funkcja celu głównego może obejmować różny zakres elementów występujących w relacji między społecznym efektem użytkowym a nakładami. Odpowiednio do konstrukcji celu głównego niektóre cele przyjmują wówczas postać ograniczeń. Dąży się jednak z reguły do tego, aby funkcja celu głównego obejmowała jak najwięcej elementów wspomnianej relacji. Elementy objęte tą funkcją są przy tym oczywiście sprowadzane do ujęcia wartościowego. Takie postępowanie napotyka na wiele trudności. Ogólnie rzecz biorąc, możliwe jest zbudowanie takiej funkcji zawierającej obok nakładów w potocznym rozumieniu tego pojęcia także większość kosztów i korzyści użytkowników transportu oraz wiele zewnętrznych kosztów i korzyści, powstających w związku z działalnością transportową, a odczuwanych przez otoczenie transportu. Nie dotyczy to jednak kosztów i korzyści związanych z wpływem transportu na strukturę przestrzenno-funkcjonalną obsłużanych obszarów. Pełna zespolenie zagadnień optymalizacji transportu i optymalizacji układów przestrzennych nie jest możliwe z uwagi na występujące ciągle trudności w stosowaniu kryteriów ekonomicznych w odniesieniu do zespołu problemów z zakresem kształtowania układów osiedniczych. Polegają one przede wszystkim na tym, iż o ile nakłady potrzebne do dane rozwiązanie mogą być w ogóle wyznaczane w formie wartościowej, o tyle wycena w stosunku do efektów

⁶C. West Churchmen: The Systeme Approach. New York: 1968, s. 27.

rozwiązania z reguły nie może być wyrażone w ten sposób⁷. Nadto w wielu przypadkach trudno jest przewidzieć, jakie korzyści i niskorzyści tego rodzaju spowoduje decyzja transportowa. Występowanie trudnych do kwantyfikacji i niepewnych elementów rachunku optymalizacyjnego nie oznacza, iż nie powinny one być traktowane jako przesłanki podejmowanych decyzji⁸. W odniesieniu do rozpatrywanego problemu uzasadnia jednak rezygnację z poszukiwania funkcji celu obejmującej wspomniane koszty i korzyści. Mogą one być więc uwzględniane tylko jako dodatkowe przesłanki podejmowanych decyzji. Trzeba przy tym zaznaczyć, iż problem łącznej optymalizacji transportu i struktury przestrzenno-funkcyjnej występuje także na szczeblu planowania rozwoju miasta i planowania rozwoju innych układów oadniczych. Również na tym szczeblu mamy do czynienia z wielością i różnorodnością celów, a istniejące między nimi sprzeczności są o wiele ostrzejsze i silnie utrudniają podejmowanie decyzji⁹.

Cela gospodarcze formułowane są z reguły jako zadanie maksymalizacji pewnej wielkości ekonomicznej. Niemniej niekiedy przyjmują one postać zadania minimalizacji nakładów. Określając cele ekonomiczne przyjmuje się więc alternatywnie jedną z zasad racjonalnego gospodarowania - zasadę największego afektu albo zasadę oszczędności środków. W ogólnym ujęciu obie warianty postępowania prowadzą do tego samego rezultatu. Przyjmując jako cel maksymalizację afektu określa się zasób posiadanych środków i dąży do ich optymalnego wykorzystania. Postępując zaś według zasady oszczędności środków, wybiera się jako sytuację wyjściową pewien stopień realizacji celu, który osiąga przy tym minimalnym nakładzie środków, zaoszczędzone środki zużywa się dla zwiększenia stopnia realizacji celu, co prowadzi do maksymalnej realizacji celu przy posiadanych środkach¹⁰. Wyróżnieniem zasady oszczędności środków do zagadnienia optymalizacji transportu są funkcja celu przyjmująca postać minimalizacji nakładów przy określonych zadaniach ilościowych i jakościowych. Przez nakłady rozumia się wówczas wartość zużytych zasobów odpowiadającą efektywnym kosztom transportu z punktu widzenia określonych podmiotów gospodarczych. Zadania transportu, które nabierają tutaj charakteru ograniczeń, mogą dotyczyć przykładowo:

- wytworzenia danej ilości usług o określonym rozkładzie przestrzennym i czasowym,
- zapewnienia określonej przepustowości sieci,
- zagwarantowania oznaczonej szybkości przemieszczania,
- zapewnienia wymaganej dostępności pewnych punktów lub obszarów,
- uzyskania odpowiedniego poziomu innych właściwości transportu, takich jak: masowość, komfort, bezpieczeństwo.

⁷B. Malisz: Zarys teorii ... op. cit., s. 251-252.

⁸R.P. Mack: Planning on Uncertainty Decision Making in Business and Government Administration, New York: 1971, s. 128.

⁹Po. Z. Dembowski: Planowanie przestrzenne w ujęciu systemowym, Warszawa: PWN 1978, s. 24-30.

Takie ograniczania wyboru ekonomicznego mogą osiągać określone znaczenie, tj. być mu równe, mogą znajdować się w ustalonym przedziale, być równe albo większe lub równe albo mniejsze od określonego znaczenia. Zasada oszczędności środków jest stosowana również wtedy, gdy dąży się do minimalizacji globalnych kosztów transportu przy danych zadaniach ilościowych transportu. W postaci ograniczenia wyboru musi wówczas występować dana wielkość przewozów o danej strukturze przestrzenno - czasowej. Tyłko bowiem w takiej sytuacji można przyjąć, iż społeczne efekty użytkowe działalności transportu są dane i zmierzają do minimalizacji szeroko rozumianych nakładów na transport. Funkcja celu może obejmować całkowite lub średnie koszty globalne. Kryterium optymalizacji transportu w postaci średniego kosztu jednostkowego realizacji zadań, zależnego od wielkości nakładów na transport i wielkości realizowanych zadań przewozowych z uwzględnieniem strat spowodowanych określoną jakością transportu, sformułował J. Laszczyński¹¹. Jeśli przyjmiemy się wspomniane wcześniej ograniczenie wyboru, to kryterium to jest równoważne z kryterium minimalizacji całkowitych globalnych kosztów transportu.

Natomiast jeśli wychodzi się z zasady największego efektu, to dąży się do maksymalizacji różnicy między społecznymi efektami użytkowymi a społecznymi (globalnymi) kosztami transportu. Warto przy tym zwrócić uwagę na to, iż operuje na tej samej zasadzie funkcja celu w postaci maksymalizacji społecznych efektów użytkowych przy danych kosztach społecznych, nie może mieć w transportie szerszego zastosowania. Różnicę między społecznymi korzyściami a kosztami określa się mianem nadwyżki społecznej¹². Możliwe jest tutaj przyjęcie różnych sposobów rozumienia społecznych efektów użytkowych i społecznych kosztów transportu. Niewątpliwia do korzyści społecznych należy zaliczyć korzyści, jakie odnosi użytkownik transportu z tytułu przemieszczenia, a więc korzyści z tytułu połączenia działalności realizowanej w dwu miejscach i korzyści z tytułu zmiany położenia przestrzennego ładunku. Nadto społeczne efekty użytkowe powstające w transportie mogą opisywać pewne wielkości związane z pojęciem kosztów pochodnych transportu, takie jak: czas przewozu, komfort i bezpieczeństwo. Jednocześnie z uwagi na to, iż zakres pojęcia społecznych kosztów transportu jest już ugruntowany w literaturze z zakresu ekonomiki transportu, nie wydaje się celowe rozszerzenie pojęcia społecznych efektów użytkowych o elementy, które w wyrażeniu wartościowym wchodzi w skład tych kosztów. Funkcji celu w postaci maksymalizacji nadwyżki społecznej odpowiada kryterium minimalizacji globalnych kosztów transportu stosowane bez żad-

¹⁰O. Lange: *Ekonomia polityczna*. Warszawa: PWN 1978, s. 148.

¹¹J. Laszczyński: *Optymalne decyzje w procesach transportowych*. Warszawa: WKiŁ 1981 s. 14.

¹²P.A. Stenbrink: *op. cit.* s. 51.

nych ograniczeń w zakresie ilości i jakości produkcji transportowej. Równoważność tych funkcji celu wyetąpi jednak tylko wtedy, gdy przyjmie się specjalne - związane z brakiem tych ograniczeń - rozumienie globalnych kosztów transportu. Poza ezeroko rozumieniami zasobami, traconymi w procesie produkcji transportowej, muszą one obejmować elementy dodatkowe, odzwierciedlające społeczne efekty użytkowe powetające w tej produkcji. Z uwagi na konstrukcję omawianego kryterium wyrażenie odzwierciedlające takie efekty winno mieć postać koosztu. Globalne koszty transportu trzeba więc powiękezyć o etraty związane z pogorszeniem się społecznej użyteczności transportu w porównaniu z jakimś przyjętym wzorcem. Wzorcem tym może być jeden z werientów działania uwzględnionych w procesie decyzyjnym. Trzeba przy tym wziąć pod uwagę to, iż zgodnie z typowym kształtem krzywej popytu jednostkowe efekty użytkowe przy różnych wielkościach produkcji transportowej są różne. W rezultacie w rachunku brana będzie pod uwagę nie eume korzyści, lecz eume korzyści traconych w wyniku wyboru określonego werientu postępowania. Jeśli porównywane są poszczególne werienty postępowania, to różnice korzyści społecznych dla każdego dwu werientów winny równać się różnicy między przypieywanymi im kosztami społecznymi tego rodzaju, oczywiście pod werunkiem, iż stosuje się jednolite zasady i sposoby wartościowanie przy ustalaniu korzyści społecznych i tych koosztów. Przy jednakowo obliczonych pozostałych społecznych kosztach transportu maksimum różnicy między społecznymi korzyściami a kosztami odpowiada więc minimum koosztów globalnych transportu obliczonych przy uwzględnieniu wspomnianych elementów dodatkowych.

Dkreślenie społecznych korzyści działalności transportowej odczuwanych przez użytkowników transportu jest zedaniem trudnym. Dlatego też zawsze gdy jest to możliwe, należy dążyć do takiego eformułowania problemu wyboru ekonomicznego, aby wielkość przewozów i ich struktura czasowa i przestrzenne były wielkościami danymi. Wówczas korzyści użytkowników przy różnych werientach dziełanie rozpatrywanych w procesie decyzyjnym będą takie same. Dla zagsdnienia optymalizacyjnego w tej posteci nejlepszą funkcją celu jest minimalizacja globalnych kosztów transportu. Jednakże często trzeba dokonywać wyboru między weriantami dziełania przewidującymi różne wielkości przewozów i ich różny rozkład w czasie i w przestrzeni. Nie można wtedy uniknąć określanis korzyści konsumentów usług transportowych i korzyści użytkowników infrastruktury transportowej. W teorii i praktyce transportowej dla realizacji tego zadania wykorzystuje się dorobek teorii koneumentu, a w tym przede wszystkim kategorii skłonności do płacenia i nadwyżki koneumentu. Trzeba przy tym zaznaczyć, iż wykorzystywanie tych kategorii, a głównie kategorii nadwyżki konsumentu, jest często krytykowane. Kategorię nadwyżki konsumentu, podobnie jak i kategorię nadwyżki producenta, wprowadził do teorii ekonomii A.J. Dupuit. Idea nadwyżki koneumenta stanowiła rezultat jego studiów nad polityką cen w odniesieniu do sieci drogowej¹³. Dopiero

¹³A.J. Dupuit: De la mesure de l'utilité des travaux publics. Annales des Ponts et Cheueees 1844 t. 8.

później zostały one spopularyzowane przez A. Marshalla, który opierając się na prawie malejącej użyteczności krańcowej, określił nadwyżkę konsumenta jako różnicę między skłonnością do płacenia a ceną jaką konsument płaci w rzeczywistości¹⁴. W teorii i praktyce przyjmuje się z reguły marshallowskie rozumienie renty konsumenta, ale zgodnie z zasadami sformułowanymi przez J.R. Hicksa rozpatruje się tylko zegadnienie jej przyrostów. Pozwala to ominąć problem nieokreśloności - zbudowanej w oparciu o założenie malejącej użyteczności krańcowej - funkcji popytu dla przedziału bardzo wysokich cen. Przy rozpatrywaniu przyrostów nadwyżki konsumenta nie jest bowiem konieczne ustalenie jej pełnej wartości. Najczęściej wykorzystuje się nadwyżkę konsumenta dla badania przyrostów korzyści konsumenta w wyniku zmian cen. Typowym jej zastosowaniem w transporcie jest badanie korzyści uzyskiwanych dzięki usprawnieniom, które powodują obniżkę ponoszonych przez użytkowników kosztów efektywnych i pochodnych¹⁵. Należy podkreślić, iż idea nadwyżki konsumenta jest z powodzeniem wykorzystywana w praktyce podejmowania decyzji transportowych¹⁶. Służy ona także - zgodnie zresztą ze swym rodowodem - jako pomocnicze narzędzie przy ustalaniu zasad polityki cenowej w transporcie.¹⁷

Zmiany nadwyżki konsumenta w wyniku obniżki kosztów transportu przedstawiono na rysunku 8. Przyjmijmy, iż krzywa popytu (PP) informuje o skłonności do płacenia kolejnych użytkowników transportu. Skłonność do płacenia jest tutaj rozumiana jako skłonność do ponoszenia kosztów globalnych transportu o określonej wysokości. Zależy ona od korzyści z podróży lub z przewozu ładunku. Krzywe G_1 i G_2 obrazują wycinki funkcji globalnych kosztów transportu ponoszonych przez przeciętnego użytkownika przed i po dokonaniu usprawnienia transportowego. Rezultatem tego usprawnienia jest właśnie zmiana krzywej kosztów globalnych. Zgodnie z założeniami teorii konsumenta należy przyjąć, iż wielkość produkcji wyznaczą punkty zrównania się skłonności do płacenia z kosztami krańcowymi. W teorii konsumenta przyjmuje się bowiem werunek zrównanie cen i kosztów krańcowych. Jednakże w rozpatrywanym przypadku ceny mają inne znaczenie niż ceny rynkowe w tej teorii. Są one jedynie elementem globalnych kosztów transportu, i to elementem niezbędnym dla utrzymania wielkości produkcji na poziomie, któremu odpowiada punkt przecięcia się krzywej popytu z krzywymi kosztów transportu. Trzeba więc założyć, iż ceny są ustalone tak, aby wszyscy użytkownicy ponosili koszty globalne równe kosztom krańcowym. Dla każdego poziomu produkcji ceny te muszą być

¹⁴A. Marshall: *Zasady ekonomiki*. T. 1. Warszawa: Wyd. M. Arcta 1925, s. 120.

¹⁵Por. B.G. Hutchinson: op. cit., s. 255 - 260.

¹⁶P.A. Steenbrink: op. cit. 52 - 56 i L.H. Klaassen: *A note about traffic improvements and consumer surplus*. Rotterdam: Netherlands Economic Institute 1974 nr 10 s. 10.

¹⁷Por. L. Stokes, D.A. Hensher: *Transport congestion pricing: a disaggregate approach*. *International Journal of Transport Economics* 1980, v. 7, nr 1, s. 51 - 64.

Przedstawiony wyżej sposób rozumowania odpowiada zasadom dokonywanie wyboru przy funkcji w postaci maksymalizacji nadwyżki epolecznej. Warto wskazać, iż identyczny rezultat zostałby uzyskany, gdyby funkcją celu była minimalizacja globalnych kosztów transportu. Zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami, kryterium to winno być w takiej sytuacji stosowane bez wprowadzania ograniczeń w zakresie wielkości produkcji traneportowej i musi uwzględniać utracone korzyści. Przed dokonaniem usprawnienia globalne koszty traneportu wynosiły OEGB, a po jego dokonaniu OFGA. Stan wcześniejszy daje mniejsze korzyści dla użytkowników niż stan po usprawnieniu. Zachowanie stanu pierwotnego oznacza utratę korzyści równych EFGB. Ta ostatnia wielkość wynika z porównania tego stanu ze wzorcem, jakim w tym przypadku jest stan po usprawnieniu. Wielkość kosztów globalnych dla wariantu pierwotnego należy więc powiększyć o utracone korzyści - EFGB, co oznacza, iż koszty te wynoszą ostatecznie OFGB. Usprawnienie spowoduje tym samym spadek kosztów globalnych o AGGB. Uzyskana różnica między kosztami globalnymi dla dwu omawianych sytuacji jest równa przyrostowi nadwyżki konsumenta i różnicy między nadwyżką społeczną osiąganą przed i po dokonaniu usprawnienia.

Jak już wcześniej wspomniano, stosowanie kategorii nadwyżki konsumente apotyka się z wieloma zastrzeżeniami. Zastrzeżenia te nie przesądzają jednak o braku celowości lub o niemożności jej stosowanie przy rozpatrywaniu wielu problemów transportowych. Warto przy tym zaznaczyć, iż niektóre z zastrzeżeń wyewuonych przeciwko nadwyżce konsumenta mogą być z powodzeniem odniesione do pewnych składników epolecznych kosztów transportu. Nie ulega wątpliwości, iż - jak się często podkreśla - leżąca u podstaw pojęcia nadwyżki konsumente kategoria użyteczności jest niemierzalna. Niemniej problem ten rozwiązuje w zasadzie sprowadzenie zagędnienia miarzenia nadwyżki do miarzenia jej przyrostów i użycie pojęcie skłonności do płacenia. Tak więc dla stałych konsumentów, a w przytoczonym przykładzie dla stałych użytkowników transportu, korzyści w postaci przyroetu nadwyżki uzyskiwanego dzięki obniżce ceny są całkowicie reelne. Pewna umowność występuje tylko w określeniu korzyści nowych konsumentów. Często twierdzi się, iż nadwyżka konsumenta jako wyraz korzyści społecznych powinna być mierzona pod taką krzywą popytu, dla której dochody reelne są stałe. Rodzi to wymóg uwzględnienie dochodowych efektów zmian cen i popytu, czyli stosowanie skompensowanych krzywych popytu. Wyjde się jednak, iż w przypadku miarzenia korzyści społecznych w traneporcie stosowanie skomplikowanych procedur zmierzających do eliminacji efektu dochodowego nie jest konieczne. W przypadku usprawnień transportowych występują z reguły niewielkie zmiany cen i kosztów użytkowników, a zmiany cen i kosztów traneportu wpływają w małym stopniu na dochody użytkowników transportu. W związku z tym zwykła krzywa popytu i krzywa skompensowane są prawie identyczne. Można więc założyć, iż efekty dochodowe zmian cen i kosztów transportu są bliskie zeru, chociaż nie ma w tym względie ebsolutnej pewności^{1B}.

^{1B} I.S. Jones: op. cit., s. 9B.

W teorii konsumenta nadwyżkę rozpatruje się przy założeniu, iż w całej gospodarce ceny są równe koatom krańcowym. Take sytuacja gwarantująca optymalne wykorzystanie zasobów - nigdzie w praktyce nie występuje. Przy założeniu braku efektów dochodowych nie stanowi to jednak przeszkody dla oceny korzyści społecznych w transporcie w krótkich okresach. Natomiast dla długich okresów, a szczególnie gdy podejmuje się decyzje inwestycyjne na dużą skalę, nadwyżka konsumenta obliczona w oparciu o realne ceny i koszty transportu nie może być wykorzystywane bezpośrednio w procesie decyzyjnym. Trzeba wówczas porównywać wszelkie możliwe sposoby wykorzystania zasobów i oceniać korzyści każdego wariantu postępowania. Wymaga to stosowanie bardziej złożonych instrumentów rachunku ekonomicznego.

Przeciw teorii korzyści konsumenta wysuwane są także zarzuty wskazujące na niewłaściwość postępowania polegającego na sumowaniu korzyści poszczególnych konsumentów¹⁹. Sumowanie korzyści w przypadku użytkowników transportu wymaga przyjęcia wyraźnie kontrfektycznego założenia, iż użyteczność krańcowa pieniądza i zasobów treconych w czasie przewozu jest taka sama dla wszystkich jednostek²⁰. Co prawda, tego rodzaju założenie jest bardzo często przyjmowane przy agregowaniu różnych wielkości ekonomicznych. Nie ulega jednak wątpliwości, że dokonując wyboru ekonomicznego w transporcie trzeba uwzględnić jako dodatkową przesłankę decyzji społeczno-ekonomiczną strukturę osób odnoszących korzyści względnie ponoszących straty w wyniku tych decyzji. Nadto trzeba brać pod uwagę rodzaj zaspokajanych potrzeb pierwotnych, niezależnie od tego, iż intensywność tych potrzeb znajduje swój wyraz w funkcji popytu. Ocena zmian w transporcie winna być zresztą zawsze dokonywana przy uwzględnieniu pierwotnych potrzeb użytkowników²¹. Można wówczas w dużym stopniu skompensować wskazaną wyżej wadę liczenia korzyści konsumentów przy pomocy nadwyżki. W sumie, mimo zasadności formułowanych pod jej adresem zarzutów, teorię korzyści konsumentów należy uznać za wartościowe narzędzie służące do szacowania zmian w wielkości korzyści użytkowników transportu. Jest ona szczególnie dogodnym narzędziem w odniesieniu do rozpatrywanego problemu. Można to wykazać porównując nadwyżkę konsumentów z innymi miarami zagregowanego dobrobytu, jak na przykład przyrostem dochodu narodowego. Przyrost dochodu narodowego jest dobrą miarą korzyści dla oceny - zakrojonych na dużą skalę - projektów rozwojowych w transporcie²². W przypadku dużych zamierzeń inwestycyjnych nie należy bowiem

¹⁹Por. J.M. Henderson; R.E. Quandt: *Microeconomic Theory: A Mathematical Approach*. New York: Mc Graw - Hill 1958 s. 54.

²⁰J.M. Curie, J.A. Murphy, A. Schmitz: *The concept of economic surplus and its use in economic analysis*. *The Economic Journal* 1971 nr B1 s. 786.

²¹O.H. Janaen: *The interaction between public transportation and social activities: A system approach*. *Transportation Research* 1978 v. 12, nr 2 s. 84.

²²Por. J. Tinbergen: *The appraisal of road construction: two calculation schemes*. *The Review of Economics and Statistics* 1957 nr 39, s. 241 - 249 i H.C. Bos, L.M. Koyck: *The appraisal of road construction projects: a practical example*. *The Review of Economics and Statistics* 1961 nr 43, s. 13 - 20.

- jak się wydaje - uwzględniać zjawiska apadku użyteczności przy wzroście konsumpcji. Często też nie warto brać pod uwagę takich zasobów, jak wartość czasu. Netomiast przy rozpatrywaniu zagednień kongestii pomijanie spadku użyteczności, jak i pomijanie pewnych zasobów atanowiłoby zbyt nie uproszczenie. Nedwyżka konsumente jest więc w tym przypadku lepszą miarą korzyści.

Przyjęcie jako funkcji celu minimalizacji nakładów przy danych zadaniach, minimalizacji globalnych kosztów transportu lub maksymalizacji nadwyżki społecznej nie zapewnia jednak właściwego ukształtowania transportu z punktu widzenia celu całej gospoderki lub celu innego systemu, na rzecz którego transport dzieła. Wiąże się to z pojęciami optimum cząstkowego absolutnego i względnego. Optimum cząstkowe względne to możliwie największy stosunek między efektami ekonomicznymi a nakładami, osiągany przez jakąś część systemu ekonomicznego, na przykład gospodarki narodowej, przy zasobach rozdzielonych między różne części tego systemu w ten sposób, aby osiągnąć optimum całkowite - optimum całego systemu. Natomiast optimum cząstkowe absolutne to także możliwie najwyższy stosunek między efektami ekonomicznymi i nakładami, ale wówczas gdy wielkość nakładów rozpatruje się w oderwaniu od ich rozdziału niezbędnego do osiągnięcia optimum całkowitego, a więc i wówczas, gdy jakaś część systemu ekonomicznego otrzymała nakłady niedmierne lub też zbyt małe, co nie pozwala na osiągnięcie optimum całkowitego systemu²³. Przy określonej funkcji celu systemu ekonomicznego, a więc gospodarki narodowej, miasta itp., takiej jak na przykład maksymalizację dochodu narodowego lub społecznego czy maksymalizację spożycia, żadna z wymienionych funkcji celu nie może zapewnić optimum cząstkowego względnego w transporcie.

W ekonomice zachodniej problemy optymalizacji transportu rozpatrywane są w operciu o założenia i kanony ekonomii dobrobytu. Optymalne wykorzystanie zasobów rozpatrywane w kategoriach tzw. optimum Pareto oznacza, iż została osiągnięta taka sytuacja w zakresie rozdziału dóbr między konsumentów, iż każde relokacja dobra apowoduje redukcję satysfakcji, a także taka sytuacja w zakresie zastosowania czynników produkcji, iż każde zmiana tego zastoaowania spowoduje spadek produkcji²⁴. Przedstawiciele ekonomiki dobrobytu sformułowali szereg warunków, które muszą być apisnione dla osiągnięcia takiego optimum. Najważniejsze z nich to²⁵:

- zrównanie stóp substytucji dla każdej pary dóbr dla wszystkich konsumentów,

²³Por. B. Mins: op. cit. s. 156 - 157.

²⁴J. de V. Graaff: Theoretical Welfare Economics. London: Cambridge University Press 1957, s. 14.

²⁵B.G. Hutchinson: op. cit. a. 324 - 325.

- zrównanie etóp transformacji dla każdej pary dóbr dla wszystkich producentów,

- zrównanie stóp substytucji i stóp transformacji dla wszystkich dóbr. Warunki te są spełnione, gdy stopy substytucji w konsumpcji równają się odwrotności cen dla każdej pary dóbr, a etopy transformacji w produkcji równają się odwrotności kosztów krańcowych produkcji odpowiednich dóbr. Tak więc stosunek cen dla każdej pary dóbr musi być zrównany ze stosunkiem krańcowych kosztów ich produkcji. Warunki optimum Pareto spełnia bez żadnych dodatkowych założeń jedynie stan doskonałej konkurencji. W tym stanie doskonała konkurencja reprezentuje stan optymalny z punktu widzenia ekonomiki dobrobytu. Wówczas optymalne wykorzystanie zasobów jest zagwarantowane przez ukształtowanie się wielkości produkcji każdego dobra na poziomie, któremu odpowiada zrównanie się kosztu krańcowego z ceną. Gdyby wszystkie wielkości i relacje ekonomiczne kształtowały się w taki sposób, jak przyjmuje to ekonomika dobrobytu, to zagadnienia optymalizacji transportu prowadziłyby do przestrzegania powyższych zasad ogólnych. Problematyka mogłaby być jedynie określenie zakresu pojęcia zasobów w transporcie. Stan taki jest oczywiście nierealny. Niepełnienie założeń i warunków ekonomii dobrobytu w praktyce nie przesądza jednak o jej nieprzydatności dla rozwiązywania problemów optymalizacyjnych. Elementy tej teorii mogą być bowiem traktowane tylko jako narzędzia analizy, a nie modele stanów rzeczywistych.

Teoretyczne podstawy ekonomii dobrobytu, a w tym teoria korzyści konsumenta, połączyły do wypracowanie metodyki oceny przedsięwzięć inwestycyjno - rozwojowych zwanej „cost - benefit analysis”. Fundamentalną kategorią analizy „korzyści - koszty” jest nadwyżka konsumenta²⁶. Metoda ta znajduje zastosowanie przede wszystkim w ocenie projektów inwestycyjno-rozwojowych związanych z gospodarką wodną, transportem, użytkowaniem ziemi, integracją ekonomiczną i gospodarką siłą roboczą²⁷. W transporcie znajdują zastosowanie w ocenie przedsięwzięć dotyczących budowy lub rozbudowy dróg, sieci kolejowych, portów, lotnisk, kolei podziemnych i dróg wodnych. Analizę „koszty - korzyści” można określić jako systemowe porównywanie kosztów przedsięwzięcia lub działalności z ich efektami, skwantyfikowanymi tak daleko, jak to jest możliwe, przy uwzględnianiu wszelkich występujących w danym przypadku kosztów i korzyści. W przypadku stosowania tej metody do optymalizacji transportu ujmujemy ją jako proces produkcji, zużywający zasoby i tworzący użyteczności dla społeczeństwa. Rezultaty tego procesu traktujemy jako korzyści lub niakorzyści. Typowymi korzyściami są: skrócenia czasu podróży, obniżka

²⁶ A.K. Dasgupta, D.W. Pearce: Cost - Benefit Analysis: Theory and Practice. London - Basingstoke: Macmillan 1973, s. 11.

²⁷ G.H. Petere: Cost - Benefit Analysis and Public Expenditure. London: Institute of Economic Affairs 1968.

kosztów eksploatacji, zwiększania bezpieczeństwa, a typowymi niekorzyściami: zanieczyszczenie środowiska, hałas itp. Ietote oceny polega na oszacowaniu pełnych korzyści i niekorzyści w celu uatalenia korzyści netto i porównania korzyści netto z nakładami inweatycyjnymi. Analize „koszty - korzyści” służy jednak tylko do porównywanie afaktywności danego przedsięwzięcia z innymi możliwościami zastosowania środków. Łatwo jeet więc na jej podstawie określić, jaki spoaób wykorzystania środków w danym systemie ekonomicznym - na przykład w tranaporcie - jeet najlepszy. Natomiast praktyczna przydatność tej metody do uatalenia optymalnego rozdziału środków między różna systamy ekonomiczna jest ograniczona. Sprzyja ona więc oeiąganiu przez dany system ekonomiczny raczej absolutnego niż względnego optimum' częstkowego.

Generalnie rzecz biorąc, stoeowana funkcje celu i metody optymalizacji transportu wskezują na dążenia do szczególnego optimum częstkowego aboolutnego w transporcie. Specyfika tej suboptymalizacji polega na uwzględnianiu nakładów i efektów związanych z transportem, a powstających poza nim. Takie podejście do optymelizacji transportu wynika - jak się wydaje - z dążenia do zbudowania funkcji celu, która - nie gwarantując uzyskania optimum częetkowego względnego w transporcie - przyczyniałaby się jednak do jego osiągnięcia w nejwiększym atopniu, w jakim jast to możliwa. Warto przy tym jeszcze raz zwrócić uwagę na identyczny aena ekonomiczny takiej funkcji jak minimum globalnych kosztów transportu i funkcji celu opartych na założeniach ekonomii dobrobytu, jak omówiona już mekeymalizacja nadwyżki społecznej. Wynika z tego bowiem, iż w krótkich okresach - gdy nie można zmienić ilości zaangażowanych w produkcję transportową stałych czynników produkcji - poetulet utrzymywania produkcji na poziomie, przy którym krzywa globalnego kosztu kreńcowego przecina krzywą popytu, zapewne minimalizację globalnych kosztów transportu rozpastrywanych bez ograniczeń w zakresie produkcji. Opisany stan gwarantuje bowiem najwyższą różnicę między korzyściami e koastami apołożnymi, czyli najwyższą nadwyżkę społeczną, oraz minimalną eumę kosztów i utraconych korzyści, czyli minimalny poziom globalnych koeztów tranaporotu. Wspomniana wyżej tendencja do nadania zagadnieniom optymalizacji transportu charakteru kompleksowego odnośnie zakreeu uwzględnianych nakładów i efektów występuje więc niezeależnia od tego, jakie założenia teoretyczne leżą u podstaw przyjętej funkcji celu, i od poetaci zagadnienie optymalizacyjnego. Nie oznacze to jednak, iż stosując jako funkcję celu maksymalizację nadwyżki społecznej lub minimalizację globalnych kosztów transportu można rozwiązać problem alokacji zasobów w odnieaieniu do transportu w całej gospodarce, mieście lub w innym ayetamie akonomicznym, czyli uetalić wielkość nakładów, jaką należy przeznaczyć na tranaport, aby zmaksymalizować funkcję celu całej gospodarki, miasta itp. Dmówiona wyżej funkcja celu ani też związane z nimi metody rachunku optymalizacyjnego nie mogą bowiem służyć do ustalenia calowości przeznaczania danych nakładów na tranaport. Zagadnienia to winno być rozwiązwane

w drodze porównywania efektów poczynienia nakładów w transporcie z efektami, jakie można uzyskać przeznaczając te nakłady na inne cele.

4.2. Optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii

W transporcie nie należy dążyć do całkowitego zlikwidowania kongestii i usunięcia wszelkich jej kosztów. Tylko bowiem w szczególnych przypadkach funkcja celu dla transportu osiąga maksimum przy sprowadzeniu kosztów kongestii do zera. Najczęściej maksimum tej funkcji jest osiągnięte przy pewnym poziomie kosztów kongestii, który można określić jako ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii transportowej. Poziom ten wyznacza optymalny poziom wykorzystania infrastruktury transportowej lub - szerzej rzecz ujmując - optymalna wielkość produkcji transportowej w warunkach kongestii. Problem ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii jest tylko częścią problemu optymalizacji transportu, a ściślej problemu wykorzystania podaży usług systemu transportowego. Optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii można wyznaczyć tylko dla takich sytuacji, w których krótkookresowy koszt krańcowy przekracza koszt przeciętny, a więc gdy zwiększenie wykorzystania podaży może spowodować zmniejszenie wartości relacji między społecznymi efektami użytkowymi a społecznymi kosztami. Natomiast jeśli krótkookresowy koszt krańcowy jest niższy od kosztu przeciętnego, to każde zwiększenie wielkości produkcji zwiększa wartość tej relacji. Mamy wówczas do czynienia z problemami nadmiernej podaży usług transportowych lub nadmiernej przepustowości infrastruktury transportowej. Problemy te muszą być rozpatrywane odrębnie, mimo iż w praktyce w zagadnieniach wykorzystania podaży usług systemów transportowych występują one nieprzerwanie z problemami zatłoczenia i często wiążą się z tymi ostatnimi. Optymalny poziom produkcji transportowej w warunkach kongestii można w zasadzie wyznaczyć tylko dla okresów krótkich, a więc dla okresów, w których nie można zmienić wielkości pewnych czynników produkcji zaangażowanych w działalność transportową. Niekiedy wskazuje się, co prawda, iż przy rozpatrywaniu tego problemu należy posługiwać się kategoriami ekonomicznymi odnoszącymi się do okresów długich²⁸. Takie postępowanie wymaga przyjęcia co najmniej dwóch założeń. Po pierwsze trzeba przyjąć, iż popyt - i to popyt na daną usługę systemu transportowego - będzie wzrastał proporcjonalnie lub szybciej niż proporcjonalnie wraz ze wzrostem podaży transportowej. W przeciwnym razie przy pewnej wielkości podaży mogłaby ona okazać się nadmierną. Omawiany problem przekształciłby się wówczas w problem nadmiernej podaży. Po drugie, należałoby zaakceptować założenie o braku technicznej i ekonomicznej niepodzielności podaży transportowej i jednocześnie przyjąć, że nigdy nie występują opóźnienia w tworzeniu podaży transportowej i nigdy nie powstają jej zbędne nadwyżki spowodowane błędami w polityce transportowej. W świetle dotychczasowych rozważań założenie to, a szczególnie ze-

²⁸Por. A.A. Walters: The Economic op. cit. s. 60.

łożenia odnoszące się do podaży transportowej, nie mogą być przyjęte. Uzasadnieniem to rezygnację z wyznaczania optimum produkcji transportowej w okresach długich.

W teorii produkcji optimum techniczno-ekonomiczne nie jest w każdym przypadku uznawane za optymalną z ekonomicznego punktu widzenia wielkość produkcji. Wielkością taką - czyli optimum ekonomicznym - są te wielkości produkcji, przy których koszt krańcowy zrównuje się z utargiem krańcowym. W warunkach wolnej konkurencji cenę traktuje się jako wielkość niezależną od rozmiarów produkcji danego podmiotu gospodarczego i z punktu widzenia przedsiębiorstwa lub innego systemu ekonomicznego krzywa ceny pokrywa się z krzywą utargu krańcowego. Wówczas w okresach krótkich przy optymalnej wielkości produkcji przedsiębiorstwo osiąga maksymalne zyski. Zgodnie z założeniami teorii produkcji w warunkach wolnej konkurencji równowaga długookresowa zostaje osiągnięta przy zrównaniu się kosztu przeciętnego, kosztu krańcowego i ceny. Także przedsiębiorstwa monopolistyczne wyznaczając wielkość produkcji dążą do zrównania kosztu krańcowego z utargiem krańcowym, gdyż w takich warunkach maksymalizują swój zysk. Niezależnie więc od tego, czy podmioty gospodarcze działają w systemie znajdującym się w stanie równowagi długookresowej, czy też nie, wspomniane optimum ekonomiczne oznacza maksymalizację ich przychodów. Przychody te obejmują tzw. zysk normalny, wyznaczony przez koszty możliwości kapitału, czyli przez normalną stopę zwrotu, i zyski ekonomiczne, a w tym ewentualnie także zyski monopolowe. W okresach krótkich zyski można traktować umownie jako różnicę między wpływami a kosztami zmiennymi. W takim ujęciu całość przychodów może być uznana za przychód do kapitału stałego. Przychody od kapitału, który został zainwestowany w sposób trwały, mogą - a nawet powinny - być traktowane jako rente²⁹. Przychody od zainwestowanego kapitału nabierają tym silniej charakteru renty, im bardziej trwałe jest jego zaangażowanie.

Pozyskując optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii trzeba rozpatrywać wartość wybranej funkcji celu przy różnych wielkościach produkcji transportowej. Idea optimum ekonomicznego w zakresie wielkości produkcji może więc posłużyć do wyznaczenia ogólnej postaci rozwiązania postawionego problemu. Ponieważ - jak założono wcześniej - problem optymalnego poziomu produkcji będzie rozpatrywany w okresach krótkich, nie należy przyjmować warunków produkcji transportowej odpowiadających warunkom równowagi długookresowej w teorii produkcji. Inwestycje w infrastrukturę transportową mają charakter trwały i z reguły ostateczny, a w okresach krótkich podaż kapitału zainwestowanego w infrastrukturę transportową jest nieelastyczna. Zainwestowany kapitał jest więc kapitałem „zatopionym” i nawet w długich okresach nie można zmienić jego przeznaczenia. Stąd też przy rozpatrywaniu problemów kongestii na sieci

²⁹ A. Marshall: op. cit., s. 393.

drogowej traktowanie całości różnicy między wpływami a kosztami zmiennymi jako renty można uznać za uzasadnione³⁰. Omawianą wielkość należy przy tym określić jako quasi - rentę. Jest to bowiem szczególny typ renty, która w krótkim okresie stanowi przychód, a w okresie długim jest kosztem. W rozpatrywanym przypadku przychód - quasi - renta będzie występować tylko do czasu zużycia stałych czynników produkcji. Jest rzeczą oczywistą, iż ostateczny sens ekonomiczny może być tej wielkości nadany dopiero po określeniu, co rozumie się przez wpływy z produkcji transportowej.

Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami, przy rozpatrywaniu problemów kongestii transportowej należy przez koszty produkcji rozumieć pełne globalne koszty transportu. Przyjęcie kategorii quasi - renty sprowadza je do zakresu zmiennych kosztów globalnych. Można więc posłużyć się funkcją kosztów określoną wcześniej jako typ C. Konieczne jest jednak tutaj pewne dodatkowe założenie. Zagadnienie optimum produkcji transportowej można znacznie uprościć, jeśli przyjmie się krzywą kosztów odpowiadającą krzywej podaży. Na sieci drogowej podaż zależy od kosztów jej użytkowników. Celowe wydaje się więc ograniczenie zakresu zmiennej objaśnianej w funkcji kosztów do kosztów użytkowników. W tej sytuacji zewnętrzne koszty transportu trzeba będzie uwzględnić w dodatkowej fazie analizy problemu optimum produkcji transportowej. Natomiast koszty utrzymania sieci drogowej można w sposób umowny włączyć do quasi - renty. Oznacza to, że quasi - renta winna między innymi przynosić przychody na pokrycie tych kosztów. Będzie ona wtedy opisywać przychody organu publicznego, który zainwestował kapitał w budowę sieci i ponosi koszty jej utrzymania. Nie ma przy tym znaczenia, czy organ ten rzeczywiście dokonał w przeszłości odpowiednich inwestycji, czy też przejął już istniejącą sieć. Ważne jest jedynie to, iż gromadzi on fundusze na utrzymanie sieci i na jej ewentualną rozbudowę. Organ ten może pobierać opłaty za korzystanie z sieci. Jednakże opłaty te, podobnie jak i ceny płacone za usługi transportowe, nie odpowiadają przy przyjętych wcześniej założeniach kategorii ceny rynkowej w teorii produkcji. Zgodnie z postulatami tej teorii ceny winny służyć najbardziej efektywnemu sposobowi podziału zasobów między ich różna zastosowania. Ceny transportowe muszą być więc tak ustalane, aby w konfrontacji z kosztami produkcji wskazywały ilość stałych i zmiennych czynników produkcji, jaka powinna być zaangażowana w produkcję transportową dla osiągnięcia stanu optymalnej alokacji zasobów w całej gospodarce. Jednakże wyznaczając optimum produkcji transportowej można poszukiwać jedynie optimum cząstkowego absolutnego lub optimum zbliżonego do optimum cząstkowego względnego. Nadto wspomniane wcześniej opłaty i ceny odnoszą się tylko do części zasobów

³⁰ Por. H. Mohring: *Transportation ...*, op. cit. s. B - 9.

zużywanych w procesie produkcji transportowej. Konieczne jest więc określenie wielkości, która mogłaby wyetępować w roli ceny wszystkich zeobów przy różnych wielkościach produkcji na sieci transportowej. Niezależnie od tego, w jaki sposób ustalana jest w gospodarce cena rynkowe jest ona zawsze równa najniższej skłonności do płacenia spośród skłonności wszystkich konsumentów zakupujących dane dobro. Jeśli wyznacza się wielkość produkcji transportowej przy pomocy krzywej kosztów użytkowników i krzywej popytu, przebieg której zależy od kosztów użytkowników, to w roli ceny wyetępuje skłonność do poniesienia tych kosztów. Iloczyn tej skłonności i liczby podróży lub przewozów może więc oznaczać wpływy całkowite. Tak rozumiana cena i wpływy nie przyjmują oczywiście nigdy realnej postaci odpowiadającej tym kategoriom. Są jednak wielkościami realnymi, tak jak określana przez funkcję popytu skłonność do płacenia. Warto przy tym zaznaczyć, iż przy powyższej interpretacji wpływy są sumą kosztów użytkowników i quasi - renty. Opisują one więc stałe i zmienne koszty ponoszone na sieci drogowej - bez zewnętrznych kosztów transportu - oraz uzyskiwane z tytułu eksploatacji sieci zyski. Przychody w postaci quasi - renty służą przede wszystkim pokryciu stałych i zmiennych kosztów utrzymania sieci. Będzie to miało oczywiście miejsce tylko w przypadku pobierania od użytkowników odpowiednich opłat. Niedo przy pewnej wysokości opłat eksploatacja sieci może przynosić zyski. Brak opłat lub ustalenie zbyt niskich opłat oznacza konieczność subwencyjowania sieci drogowej. Jak zostanie to dalej wykazane, całość lub część omawianych przychodów może przekształcić się także w czyste korzyści użytkowników.

Ustalając funkcję celu dla rozpatrywanego zagadnienia trzeba wziąć pod uwagę korzyści i koszty użytkowników infrastruktury transportowej oraz korzyści i koszty powstające i ponieszone poza transportem. Odpowiednią funkcją celu jest więc maksymalizacja nadwyżki społecznej lub minimalizacja szeroko rozumianych globalnych kosztów transportu. W roli pomocniczego kryterium występować może przy tym maksymalizacja nadwyżki użytkowników transportu. Służyć ono winno jedynie do określenia proporcji, w jakich korzyści netto dzielą się między użytkowników transportu a organa zarządzające infrastrukturą i otoczeniem transportu.

Dla uproszczenia postawiony problem można przeanalizować w odniesieniu do jednej drogi dowolnej klasy i jakości. Warunki jej eksploatacji i sposób kształtowania się poszczególnych wielkości ekonomicznych opiewają poniższe założenia:

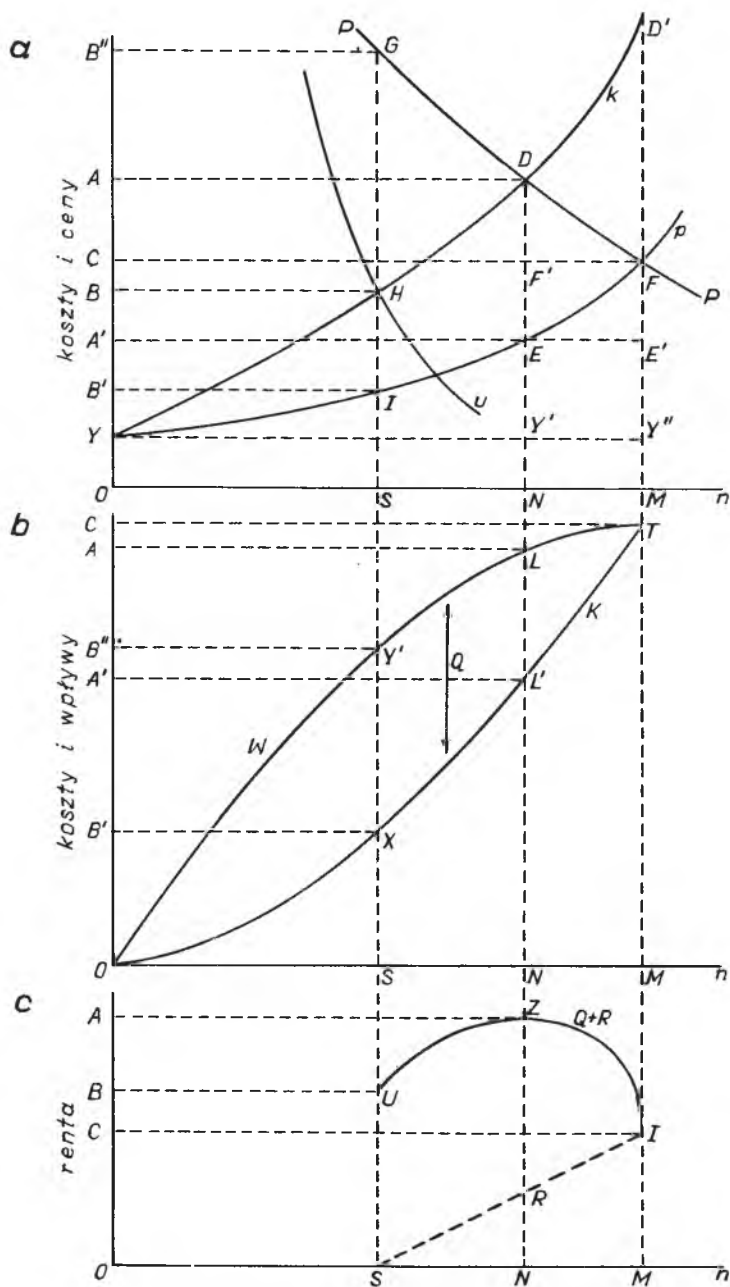
- 1) Korzystanie z drogi jest bezpłatne; nie pobiera się żadnych opłat bezpośrednich ani pośrednich;
- 2) Koszty utrzymanie drogi obciążają organ publiczny;
- 3) Koszty utrzymania drogi nie zależą od natężenia ruchu;
- 4) Koszty użytkowników obejmują wszelkie koszty ponieszone przez użytkowników drogi łącznie z kosztami pochodnymi;

- 5) Z drogi korzystają jednakowi użytkownicy³¹. Przy danym natężeniu ruchu koszty efektywne i pochodne przypadające na jeden pojazd są identyczne;
- 6) Przeciętne koszty użytkowników są funkcją natężenia ruchu na drodze;
- 7) Przeciętne koszty użytkowników rosną w miarę wzrostu natężenia ruchu zgodnie z funkcją kosztów typu C.

Trzecie z przyjętych założeń pozwala na pominięcie kosztów utrzymania drogi przy rozpatrywaniu wartości funkcji celu. Kształtowanie się wszystkich omówionych wcześniej wielkości na rozpatrywanej drodze przy zmianach natężenia ruchu ebrezuje ryczynek 9. Poszukując optimum produkcji można wątpliwie założyć, iż na tej drodze można ustalić dowolne natężenie ruchu w granicach od zera do jej maksymalnej przepustowości. W toku analizy założenie to może być jednak odrzucone. Co prawda, w rzeczywistości możliwe jest ograniczenie ruchu na jakiejś drodze do z góry założonej wielkości. Jednakże w dalszych rozważaniach przyjmuje się, iż przy wybranej wielkości ruchu pozostają na drodze użytkownicy o skłonności do płacenia większej lub równej tej, jaką wskazuje krzywa popytu dla ostatniego z użytkowników przy tej wielkości ruchu, czyli dla użytkownika, który uzyskuje najniższe korzyści netto. Nie ma żadnych gwarancji, że w przypadku ograniczenia wielkości ruchu tak właśnie się stanie. Uchylone założenie później także założenie o braku opłat. Przyjęcie tego założenia spowoduje bowiem problem maksymalizacji niedwójki społecznej do maksymalizacji korzyści netto użytkowników drogi i jednocześnie uniemożliwie pełną analizę problemu. Warto jednak już w tym miejscu zwrócić uwagę na ewentualną wysokość opłat. Przy danym natężeniu ruchu maksymalną wysokość opłaty, jaką można by pobrać od użytkowników drogi, wyznaczone różnicę między skłonnością do płacenia użytkownika uzyskującego najmniej z korzyści netto a kosztem przeciętnym użytkowników. Wówczas iloczyn natężenia ruchu i takiej opłaty stanowiłby maksymalną quasi - rentę możliwą do uzyskania w jednostce czasu. Przyjęto wcześniej, iż quasi - renta jest przychodem od kapitału stałego zainwestowanego w infrastrukturę transportową. W rozpatrywanej sytuacji jest ona takim przychodem w znaczeniu potencjalnym. Jeśli nie pobiera się opłat ze korzystania z drogi to quasi - renta przekształca się w rentę konsumpcyjną - a w tym przypadku - użytkownika drogi. Przykładowo na rysunku 9a przy natężeniu ruchu OS skłonność do płacenia użytkowników drogi jest równa lub większa od OB'' . Tak więc ustalając opłatę za korzystanie z drogi w wysokości $B'B''$, można by wyznaczyć cenę na poziomie OB'' . Użytkownicy drogi zapłaciliby

³¹ Można to rozumieć w ten sposób, iż natężenie ruchu jest mierzone liczbą pojazdów umownych.

³² Na rysunku 9 i dalszych przyjęto dla uproszczenia, iż natężeniu ruchu równemu zero odpowiadają koszty przeciętne powstające w sytuacji, gdy z drogi korzysta bardzo mała liczba pojazdów.



Ryc. 9. Teoretyczne optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii
 n - natężeniu ruchu, p - przeciętne koszty użytkowników, k - koszty krańcowe, u - utarg końcowy, PP - krzywa popytu, W - wpływy, K - całkowite koszty zmienne, Q - quasi-renta, R - nadwyżka konsumenta.
 Źródło: opracowanie własne

przy takiej cenie łączną sumę równą $OSGB''$, składającą się z ich kosztów i quasi - renty. W przypadku braku opłat poniesie tylko własne koszty, czyli zapłaci sumę równą $OSIB'$. Różnica, którą obrezuje pole $B'IGB''$, stanowić będzie wówczas czyste korzyści użytkowników drogi. Trzeba jednak jeszcze raz zaznaczyć, iż quasi - renta przekształca się w ten sposób w nadwyżkę konsumenta tylko w warunkach opiewanych przez dwa wspomniane wyżej założenia.

Optimum należy poszukiwać w zakresie natężenia ruchu większym od OS, a mniejszym od OM^{32} . Łatwo bowiem stwierdzić, iż przy natężeniu ruchu równym OS każde jego zmniejszenie spowoduje większą obniżkę korzyści niż spadek kosztów całkowitych. Natomiast przy natężeniu ruchu OM pojawienie się nowych użytkowników pociągnie ze sobą większy przyrost kosztów niż przyrost korzyści. W obu przypadkach oznacza to zmniejszenie nadwyżki społecznej. W ocenie wartości funkcji celu dla natężenia ruchu w przyjętym zakresie można przy tym pomieścić nadwyżkę konsumenta nie będącą wynikiem przejścia przez użytkowników drogi quasi - renty, a uzyskiwaną przy natężeniu ruchu OS. Użytkownicy drogi uzyskują bowiem tę nadwyżkę niezależnie od zmian natężenia ruchu w przedziale OS i OM. W miarę wzrostu natężenia ruchu z OS do ON i następnie do OM koszty całkowite wzrastają - zgodnie z oznaczeniami na rysunku 9a - z $OSIB'$ do $ONEA'$ i w końcu do $OMFC$. Zmiany kosztów całkowitych przedstawiono także na rysunku 9b. Maksymalną quasi - rentę można uzyskać przy natężeniu ruchu OS. Tę wielkość natężenia ruchu wyznacza punkt zrównania się krzywej kosztu krańcowego z utargiem krańcowym. Tak więc, gdyby organ zarządzający drogą kierował się zasadą maksymalizacji swych przychodów, winien uetulić opłatę za korzystanie z niej w wysokości równej odcinkowi $B'B''$ na rysunku 9a. W rozpatrywanej sytuacji oznacza to, iż przy natężeniu ruchu OS użytkownicy drogi uzyskują największe korzyści z tytułu przekształcenie się quasi - renty w rentę konsumenta. Każdy przyrost ruchu od OS do OM zmniejsza quasi - rentę. Gdy wielkość ruchu osiągnie OM jest ona równa zero. Zmiany korzyści użytkowników drogi uzyskiwanych dzięki przejmowaniu quasi - renty ilustruje rysunek 9b. Zgodnie z przyjętym założeniem odnośnie pomijania nadwyżki konsumenta uzyskiwanej przy ruchu OS, dla natężenia ruchu OS nie związana z quasi - rentą nadwyżka konsumenta jest równa zero. W miarę pojawiania się nowych użytkowników drogi nadwyżka ta wzrasta. Jak zaznaczono na rysunku 9a, przy natężeniu ruchu ON wynosi ona $ADGB''$, a przy natężeniu OM - $CFGB''$. Zmiany nadwyżki konsumenta przedstawiono także na rysunku 9c. Osiąga ona maksimum dla natężenia ruchu OM. Tak więc, gdyby kierować się zasadą maksymalizacji tej nadwyżki, to optymalny poziom produkcji byłby wyznaczony przez natężenie ruchu

³²Na rysunku 9 i dalszych przyjęto dla uproszczenia, iż natężeniu ruchu równemu zero odpowiadają koszty przeciętne powstające w sytuacji, gdy z drogi korzysta bardzo mała liczba pojazdów.

równe OM. Makeymalizacja nadwyżki społecznej oznacza makeymalizację całej nadwyżki, a więc nadwyżki związanej i nie związanej z quesi - rentą. Dla takiej funkcji celu optymalne natężenie ruchu wyznacze punkt przecięcia się krzywej kosztu krańcowego z krzywą popytu. Jest to natężenie ruchu równe ON. Uba omewiene ekładniki nadwyżki eą tutaj mniejsze od ich wielkości maksymelnych w rozpatrywenym przedziele wielkości ruchu. Jedneke przy tym natężeniu ruchu ich sume osiąga meksimum. Iluetruje to rysunek 9c. Przy natężeniu ruchu ON cełkowite koszty kongestii - równe YY^{EA} na rysunku 9e - przyją wielkość optymalną.

Dla wyznaczenie optymalnego poziomu produkcji wykorzystano wyżej funkcję celu w poetaci makeymalizacji nadwyżki epołecznej. Identyczny rezultat dałoby zastosowanie kryterium minimalizacji globalnych koeztów transportu. Do kosztów tych trzebe by wówczee zeliczyć obok cełkowitych kosztów użytkowników tekże koszty w poetaci utraconych wskutek wyboru danej wielkości produkcji korzyści cełkowitych. Wymaga to wyznaczenia wzorce, dla którego euma treconych korzyści jest minimalne. W przedziale natężenia ruchu od OS do OM minimalną - równą zeru - sumą utreconych korzyści użytkowników drogi zepewnie natężenie ruchu OM. Dle natężenie ruchu ON sumę utraconych korzyści obrezuje pole NMFD, a dla natężenie ruchu OS pola SMFG ne ryeunku 9e. Poziom globalnych koeztów transportu dle omawianego przedziełu natężenie ruchu przedstewiono na ryeunku 10. Koezty te nie obejmują kosztów stełych, co nie me wpływu ne wybór optimum w krótkim okresie przy użytych funkcjach celu, i nie obejmują tekże zewnętrznych kosztów transportu, które pominięto w tej fezie analizy. W mierę wzrostu ruchu z OS do OM cełkowite koezty użytkowników roeną. Keždy nowy użytkownik drogi, powodując corez to więkeze przyroety tych koeztów, uzyskuje jednak pewne korzyści. Kolejni użytkownicy drogi odnoezą korzyści mniejsze od swych poprzedników. Niemniej wielkość utreconych korzyści cełkowitych zmniejsza się. Suma cełkowitych koeztów użytkowników i utraconych korzyści cełkowitych osiąge minimum przy natężeniu ruchu równym ON. Minimum tej funkcji celu wyznacza bowiem punkt zrównienia się krzywej kosztu krańcowego z funkcją popytu. Dle wyzneczenia optimum produkcji transportowej moźne więc etosować obe omówione kryterie. Kryterium minimum globalnych kosztów transportu pozwala przy tym ne prostszą interpretację stanu optymalnego. Odrzucając obie eyntetyczne funkcje celu, moźne problem optymalnej produkcji przedetewić jako zagadnienie, w którym dąży się jednocześnie do makeymalizacji cełkowitych korzyści użytkowników drogi i do minimalizacji ich koeztów cełkowitych. Zwiękezenie korzyści wymage zwiększenia liczby użytkowników, a zmniejszanie koeztów jej zmniejszenie. Funkcje popytu jest dana, e koszty cełkowite zależą od liczby użytkowników i ich wzajemnego oddziaływienia na siebie. Trzebe więc zneleź teką liczbę użytkowników i jednocześnie taki poziom ich wzajemnego oddziaływienia, iż pojawienie się nowych użytkowników spowoduje większy przyroet kosztów niż przyrost korzyści, a ubytek użytkowników pociągnie za sobą więkezą stratę korzyści niż spadek kosztów. Jeet

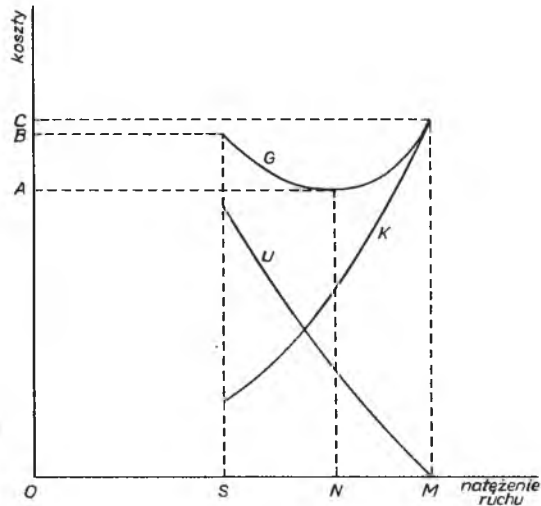
to liczba, przy której koczty krańcowe równają się krańcowym korzyściom. Inaczej mówiąc, krańcowe koczty kongestii muszą zrównać się z krańcowymi korzyściami pomniejszonymi o koczty krańcowe niezależne od kongestii.

Po wyznaczeniu optimum produkcji transportowej kluczowym problemem dla wielu zagadnień związanych z kongestią jest wzajemna relacja między ste-
nem optymalnym a etenem równowagi. Trzeba odpowiedzieć na pytanie: czy ste-
nen optymalny jest jednocześnie etenem równowagi? Wymaga to oczywiście
uchylenia założenia o możliwości dowolnego kształtowania wielkości ru-
chu na drodze. Można natomiast na razie pozostawić założenie o breku
opłat za korzystanie z niej. Będziemy więc rozpatrywać stan równowagi
na drodze udoetępnionej bezpłatnie. W ujęciu statycznym równowaga ozna-
cza stan, w którym wszystkie jednostki spośród stojących przed nimi moż-
liwości wybierają takie ilości wytwarzanych i konsumowanych dóbr, jakie
pregnęłyby wyprodukować i skoneumować³³. Zakres ich wyboru jest oczywiście
ograniczony przez czynniki zewnętrzne i decyzje innych jednostek. Na
rozpatrywanej drodze ograniczeniem zewnętrznym jest jej przepustowość, a
decyzje użytkowników sprowadzają się do skorzystania lub nieskorzystania
z drogi. Użytkownicy drogi są jednocześnie producentami i konsumentami.
Nie ma więc tutaj konfrontacji między popytem a podażą jako wielkościami
powatającymi w rezultacie decyzji odrębnych zbiorów jednostek. Każdy
użytkownik drogi zaspokajając swoje potrzeby, tworzy podaż i zwiększa ogra-
niczenie dla innych. Sten równowagi jest tutaj zbliżony do modelu rów-
nowagi rynkowej, podczas gdy eten optymalny odpowiada modelowi równowagi
przedsiębiorstw działających w warunkach wolnej konkurencji. Sten, przy
którym osiągnięty jest optymalny poziom produkcji nie jest etenem równowa-
gi. Przedsiębiorstwa produkujące, a więc i przedsiębiorstwa transportowe,
mogą utrzymywać poziom produkcji wyznaczony przez punkt zrównania się
kosztu krańcowego z ceną. W jednym przedsiębiorstwie decyzje o wykorzy-
staniu stałych i zmiennych czynników produkcji są bowiem scentralizowane.
Ma to przykładowo miejsce w transportie kolejowym. Natomiast w rozpatrywa-
nej sytuacji decyzje te są zdecentralizowane. Użytkownicy drogi nie kierują
się zasadą maksymalizacji ogólnych korzyści netto. Podejmują oni decyzje
o skorzystaniu z drogi, jeśli ich korzyści są większe od kosztów. Przy
krzywej popytu przyjętej na rysunku 9a natężenie ruchu na drodze prze-
kroczy poziom ON. Ruch będzie wzrastał tak długo, aż przeciętne koczty
zmienne zrównają się z krzywą popytu. Równowaga zostanie więc osiągnięta
przy natężeniu ruchu OM. Koczty użytkowników wzrosną do OMFC, a queei
- rente zmniejszą się do zera. Niezależnie przyrost korzyści całkowitych o NMFD. W
sumie jednak - w porównaniu z optimum - korzyści netto będą mniejsze.
Stratę korzyści netto obreże pole DFD'. Na wzrost kosztów całkowitych

³³Por. J.R. Hicke: Kapitał i wzrost. Warszawa: PWN 1978 s. 39.

złożą się: koszty nowego ruchu nie związane z kongestią - pole NME^E , koszty kongestii dla nowego ruchu - pole $EE^EF^$, i dodatkowe zewnętrzne koszty kongestii - pole A^EF^C . W rezultacie całkowite koszty kongestii wzrosną do YY^FC i będą większe od optymalnych o pole $Y^Y^FCA^E$. Uzyskiwana i przekazywana im się w rentę konsumenta przy natężeniu ruchu ON quasi - renta (pole A^EDA) zostanie w części utracona wskutek pojawienia się zewnętrznych kosztów kongestii (pole A^EF^C), a w części stanie się nadwyżką konsumenta uzyskiwaną bezpośrednio (pole CF^DA). Pojawi się także dodatkowe nadwyżki konsumenta. Obrazuje ją pole F^FD . Jak już wspomniano, przejście ze stanu optymalnego do stanu równowagi powoduje epandek korzyści netto. Korzyści netto maleją dlatego, iż zewnętrzne koszty kongestii są wyższe od dodatkowej nadwyżki konsumenta³⁴. Tak więc - przy danej krzywej popytu - o stratach, jakie wiążą się z brakiem zgodności między stanem optymalnym a stanem równowagi, decyduje wysokość zewnętrznych kosztów kongestii. Rozbieżność między stanem równowagi a stanem optymalnym wynika z kierowaniem się użytkownikami drogi przy podejmowaniu decyzji o podróży wysokością prywatnych kosztów transportu. W pracy już wcześniej przyjęto tezę, iż eilna kongestia jest wynikiem różnicy między prywatnymi i społecznymi kosztami transportu. Została ona tutaj w pełni potwierdzona. Decyzje użytkowników drogi podejmowane w oparciu o prywatne koszty transportu prowadzą bowiem do powstania kongestii większej od optymalnej. Przy „przechodzeniu” ze stanu optymalnego do stanu równowagi każdy nowy użytkownik zmniejsza korzyści netto innych użytkowników. Tracą oni część quasi - renty. Gdy quasi - renta zostanie zredukowana do zera, dalszy wzrost natężenia ruchu zmniejszałby już nie quasi - rentę, lecz nadwyżkę konsumenta uzyskiwaną bezpośrednio. Zjawisko takie nie wystąpi, gdyż quasi - renta zaniknie, gdy prywatne koszty transportu zrównują się ze skłonnością do płacenia wyznaczoną przez krzywą popytu. Dalszy wzrost ruchu jest niemożliwy. Trzeba jednak uwzględnić tutaj istnienie „niedostrzeczonych” kosztów użytkowników. Jeśli użytkownicy drogi nie biorą pod uwagę części swoich kosztów to wyetępować będą dwie krzywe kosztów i zarazem dwie krzywe popytu: obiektywne i subiektywne. Ta ostatnie będzie leżeć na prawo od krzywej zaznaczonej na rysunku 9a. Stan równowagi wyznaczy wówczas punkt przecięcia się subiektywnej krzywej kosztów przeciętnej z krzywą popytu, a więc punkt w którym subiektywne prywatne koszty transportu zrównają się ze skłonnością do płacenia. Natężenie ruchu przekroczy poziom OM na rysunku 9a. Nadwyżka społeczna będzie niższa od nadwyżki uzyskiwanej w stanie równowagi obiektywnej. Utracona nadwyżka będzie przy tym wyższa od zewnętrznych kosztów kongestii powstających w wyniku przejścia ze stanu równowagi obiektywnej do stanu równowagi subiektywnej. Strata korzyści netto będzie równa sumie społecznych kosztów kongestii i różnicy między kosztami nowego ruchu nie związanymi z kongestią a przyrostem korzyści całkowitych. Strata nadwyżki

³⁴ Na rysunku 9a różnicę między zewnętrznymi kosztami kongestii a dodatkową nadwyżką konsumenta dla ruchu OM względem ON obrazuje pole $DFD^$. Jak już wcześniej wspomniano, pole to wskazuje tym samym stratę korzyści netto.

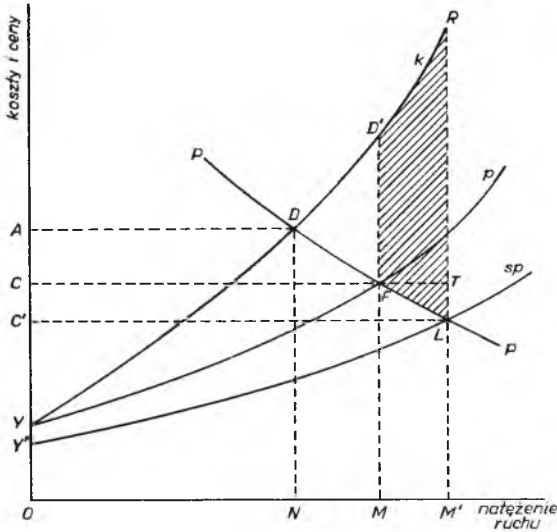


Rys. 10. Globalne koszty transportu a optimum produkcji w warunkach kongestii, K - koszty całkowite użytkowników, U - utracone korzyści, G = K + U - globalna koszty transportu. Źródło: opracowanie własne

epołącznej przy stanie równowagi eubiektywnej względem etenu równowagi obiektywnej obrazuje zakresekowane pole na ryeunku 11. Przyjęto tam, że nieznanomość kosztów doprowadzi do natężenia ruchu równego OM' , większego od OM . Łączny przyrost kosztów wynosi $MM'RD'$ i obejmuje: koszty nowego ruchu nie związane z kongestią - pole $MM'TF$, i dodatkowe społeczne koszty kongestii - pole $FTRD'$. Natomiast korzyści całkowite wzrosną tylko o $MM'LF$. W rezultacie w porównaniu ze stanem optymalnym korzyści netto obniżą się o DLR , a w porównaniu ze etanem równowagi obiektywnej o $FLRD'$. Przy natężeniu ruchu OM' quasi - renta jest wielkością ujemną. Nie wpływa to oczywiście na finense organu zarządzającego infrestrukturą. Tak jak dodatnia quasi - renta stawała się poprzednio korzyścią użytkowników, tak ujemne stanowi ich koszt.

Opisane wyżej zjawisko odchylenia się poziomu produkcji transportowej w warunkach kongestii od poziomu optymalnego stanowi przejaw znanej w ekonomii politycznej prawidłowości, w myśl której ietnienie różnic między krańcowymi kosztami prywatnymi i krańcowymi kosztami społecznymi jest jedną z głównych przyczyn odchylenia się elokacji zasobów od optimum wyznaczonego przez model wolnokonkurencyjny. Jeśli krzywa krańcowych kosztów prywatnych leży poniżej enelogicznej krzywej kosztów epołącznych, to produkcja jeet zaweze większa od wyznaczonej przez zeedy optymalnego wykorzystania zasobów³⁵. Jeet to jednocześnie typowe zjawisko przy użyt-

³⁵J. Zieliński: *Rechunek ekonomiczny w eocjalizmie*. Werszewe: PWN 1963 e. 193.



Rys. 11. Subiektywny stan równowagi, sp - subiektywne przeciętne koszty użytkowników, pozostałe oznaczenie jak na rys. 9. Źródło: opracowanie własne

kowanie tzw. dobr wspólnych. Jeśli dobra te są użytkowane indywidualnie, to ich wykorzystanie dąży do poziomu przekraczającego poziom optymalny względem funkcji maksymalizacji korzyści łącznych³⁶. Dobrami wspólnymi są głównie dobra naturalne: leśy, pastwiska, oceany itp. Ietnieje jednak wyreżna analogie między nimi a infrastrukturą transportową, która powstała w przeszłości, jeet użytkowana indywidualnie i dla której podobnie jak na przykład dla łowiska morskiego - można wyznaczyć optymalny poziom wykorzystania.

W powyższych rozważaniach pominięto zewnętrzne koszty transportu i przyjęto założenie o braku opłat za korzystanie z drogi. Nie pozwala to na uzyskanie pełnego obrazu problemu optimum produkcji transportowej. Trzeba więc kolejno odrzucić to założenie i uwzględnić zewnętrzne koszty transportu. Uchylenie założenia o braku opłat należy rozumieć w ten sposób, iż opiewne wyżej stany będą porównane ze stanem optymalnym uzyskanym dzięki stoeowieniu opłat. Przyjęcie założenia o braku opłat za korzystanie z drogi pozwoliło na eprowadzenie kryterium maksymalizacji niedwyżki społecznej do maksymalizacji korzyści netto użytkowników drogi. Udział organu publicznego w niedwyżce epolečnej sprowadzał się wówczas do ponoszenie stałych i zmiennych kosztów utrzymanie drogi. Natomiast w przypadku stoeowania opłat budżet drogowy będzie uzyskiwał przychody. Ko-

³⁶Por. L.R. Brown: Jutro może być za późno. Warszawa: PWE 1981, s. 2B i deleze.

nieczne jest więc rozróżnienie nadwyżki epołecznej dla całego układu i korzyści netto użytkowników oraz organu zarządzającego drogą. W tej sytuacji należy brać pod uwagę stała i zmienne koazyty ponoezone przez ten organ. Poprzadnio, gdy nadwyżka społeczne była utożeamiane z korzyściami netto użytkowników, można było te koezty pomijeć; nia istniała bowiem możliwość pokrycia ich przez użytkowników drogi. Nadto nie warto podtrzymyweć obecnie uproeczczenia, polegającego ne pomijeniu zależności zmiennych koeztów infrastruktury od natężenie ruchu. Zegednienie związków między opłatami za korzyzetanie z infreestruktury transportowej a kongestią zoetało omówione w dalezej części pracy. Dle analizy poetewionego tutaj problemu wysterczy stwierdzić, iż przy optymalnym poziomie produkcji traneportowej w werunkach kongestii, organ publiczny przejmie w formie opłat całą quasi - rentę.

W sumie należy więc przeenalizować wysokość nadwyżki epołecznej i jej podział dla następujących czterech poziomów produkcji, a zarazem poziomów kongestii traneportowej:

- OB - optymalnego poziomu produkcji uzyekanego bez etoaowenia opłat,
- AO - optymalnego poziomu produkcji uzyekanego dzięki etoeowaniu opłat,
- RO - poziomu produkcji wyznaczonego przez punkt zrównania się obiektywnych koeztów przeciętnych użytkowników z krzywą popytu,
- RS - poziomu produkcji wyzneczonego przez punkt zrównanie się subiektywnych koasztów przeciętnych użytkowników z krzywą popytu.

Wielkość nadwyżki epołecznej i jej podział na korzyści netto użytkowników i korzyści netto organu publicznego przedatewiono w tabeli 2. Wykorzyetano w niej oznaczenia przyjęte ne ryeunku 9 i 11³⁷. Wyjaśnienie wymaga jedynie wielkość obrazująca straty korzyści netto użytkowników przy poziomie kongestii OB względem OA, oznaczone jako S. Jek już wcześniej wspomnieno, etoeowanie innych niż opłaty epoeobów utrzymanie kongestii na poziomie optymalnym nie może zagwarantować, iż wezyecy użytkownicy korzyetejący z drogi charakteryzują się wyżezę skłonnością do płacenie, niż użytkownicy potencjalni, którzy z drogi nia ekorzyeteli. Mogą więc powetać straty korzyści całkowitych i tym eamym etraty korzyści netto. Jeśli etraty takie nie występują, to etan OB pozwala na uzyekanie takiej eamej nadwyżki społecznej jak etan OA.

Wezystkie rozpatrywane przypadki można w epoeób jednoznaczny ocenić tylko z punktu widzenia makeymalizacji korzyści netto organu publicznego. Największe korzyści uzyskuje on przy poziomie kongestii OA, kiady jego korzyści netto mogą być wielkością dodetnią. Coraz to wyżeze etraty przynoszą kolejno steny OB, RO i RS. Dle całego układu „droga - użytkownicy”

³⁷Symbol Y odpowiada polu DFD' na ryeunku 9a, a eymbol X oznecza pole FLRD' na ryeunku 11.

Poziom kongestii e nadwyżka społeczna

Poziom kongestii	Korzyści netto użytkowników	Korzyści netto organu publicznego	Nadwyżka społeczna
OB	$Q_{ON} + R_{ON} - S$	$- K - Z_{ON}$	$Q_{ON} + R_{ON} - K - Z_{ON} - S$
OA	R_{ON}	$Q_{ON} - K - Z_{ON}$	$Q_{ON} + R_{ON} - K - Z_{ON}$
RO	$Q_{ON} + R_{ON} - Y$	$- K - Z_{OM}$	$Q_{ON} + R_{ON} - K - Z_{OM} - Y$
RS	$Q_{ON} + R_{ON} - Y - X$	$- K - Z_{OM}^*$	$Q_{ON} + R_{ON} - K - Z_{OM}^* - Y - X$

Q_{ON} - quasi-renta przy optymalnym poziomie produkcji

R_{ON} - nadwyżka konsumente uzyskiwana bezpośrednio przy optymalnym poziomie produkcji

S - strata korzyści netto użytkowników przy OB względem OA

Y - strata korzyści netto użytkowników przy stanie RO względem OA

X - strata korzyści netto użytkowników przy stanie RS względem RO

K - stałe koszty drogi

Z_{OI} - zmienne koszty utrzymania drogi przy natężeniu ruchu OI

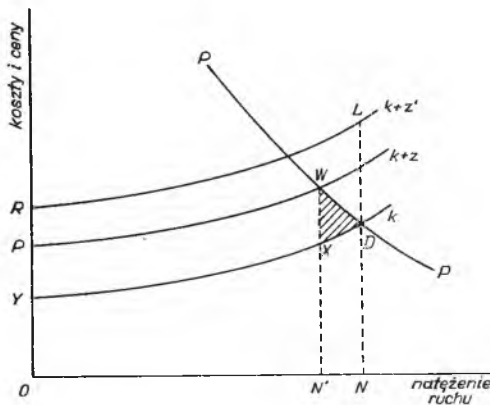
można wskazać stan zapewniający największą nadwyżkę społeczną. Jest to oczywiście stan OA i ewentualnie także stan OB, ale tylko wtedy, gdy $S = 0$. Nadto pewna jest tylko, iż stan RS przynosi zawsze mniejszą nadwyżkę niż stan RO. Natomiast relacja między wartościami funkcji celu dla stanu OB przy $S \neq 0$ względem RO i RS zależy od wielkości strat korzyści netto użytkowników dla każdego z tych stanów względem OA. Wielkość tych strat, łącznie z wartością quasi-renty uzyskiwanej przy optymalnym poziomie kongestii, decydują też o relacjach korzyści netto użytkowników dla wyróżnionych poziomów kongestii. Bez znajomości relacji wartości quasi-renty i wspomnianych strat nie można wskazać najlepszego stanu z punktu widzenia korzyści użytkowników, ani też uszeregować ich według malejącej wartości funkcji celu. Wiadomo jedynie, iż stan RS zapewnia niższe korzyści niż stan RO. Warto jednak wskazać, kiedy stan OB będzie korzystniejszy od OA. Nastąpi to wtedy, gdy straty oznaczone jako S będą niższe od quasi-renty. Natomiast stan RO będzie korzystniejszy od OA tak długo, aż strata korzyści netto (Y) nie przekroczy wartości quasi-renty. Tak więc przy niedużych odchyleniach stanu równowagi od stanu optymalnego wprowadzenie tego ostatniego za pomocą opłat może obniżyć korzyści netto użytkowników.

Różnice w wartości funkcji celu i jej składników dla poszczególnych poziomów kongestii zależą od pochylecia krzywej kosztów krańcowych i krzywej popytu. Od tempa wzrostu kosztów krańcowych i od elastyczności cenowej popytu na usługi infrastruktury transportowej zależą oczywiście także różnice w wielkości ruchu między stanem optymalnym a stanami, w których kongestia tworzy swą własną - obiektywną lub subiektywną - równowagę. Jeśli popyt jest mało elastyczny lub całkowicie nieelastyczny, to różnice te będzie małe lub też w ogóle nie wystąpi. Istnienie zerowej elastyczności popytu jest bardzo mało prawdopodobne, nawet w warunkach ruchu miejeckiego. Można natomiast wyetępować - i w praktyce występuje - niska elastyczność popytu. Cenowa elastyczność popytu jest niska, gdy potrzeba pierwotna - wywołująca potrzebę przemierzania - wiąże się z dużymi korzyściami i jednocześnie ściśle określa cel i czas przewozu. Bardziej prawdopodobna jest więc niska elastyczność popytu na przewozy związana z zatrudnieniem i inne przewozy zaspokajająca tzw. obligatoryjne potrzeby przewozowe. Jeśli takie potrzeby stanowią dominującą część potrzeb przewozowych to elastyczność popytu jako całości jest niska. Nadto elastyczność popytu na konkretną usługę systemu transportowego zależy dodatkowo od możliwości wyboru stojących przed użytkownikiem i krzyżowej elastyczności popytu. Problem kongestii występuje z największym nasileniem w czasie szczytów przewozowych, a więc w czasie gdy większość potrzeb przewozowych stanowią potrzeby obligatoryjne. Natomiast niska elastyczność krzyżowa popytu towarzyszy zawsze niedoinwestowaniu transportu. Niska elastyczność cenowa popytu ułatwia pozornie osiągnięcie optymalnego poziomu produkcji poprzez rozbudowę infrastruktury transportowej. Jeśli dokona się odpowiednich inwestycji, to w rozpatrywanym wcześniej przedziale natężenia ruchu ukształtują się nowe, niższe krzy-

we kosztów przeciętnych i krańcowych. Wybierając odpowiedni zakres inwestycji można by więc znacznie zmniejszyć zatłoczenie. Takie działanie zapewni jśdnek pożądany rezultat tylko przy całkowicie nieelastycznym popycie i możliwości zwiększenia przepustowości infrastruktury o dowolną wielkość. W rzeczywistości można uzyskać jedynie znaczne przyrosty przepustowości. Nadto popyt na usługi systemu transportowego nie jest nigdy całkowicie nieelastyczny w całym przedziale cen, a w tym przypadku kosztów użytkownika. Nawet jeśli w danym przedziale jest on meło elastyczny, to w przedziale, któremu odpowiadają niższe koszty transportu, może się charakteryzować wysoką elastycznością. Jeśli inwestycja zostanie przeprowadzona tylko na części sieci transportowej, to wysoka elastyczność popytu będzie także rezultatem przejmowania ruchu z innych części sieci. Po dokonaniu inwestycji przedział natężenia ruchu od wielkości wyznaczonej przez punkt przecięcia się krzywej kosztów krańcowych z krzywą popytu do wielkości wyznaczonej przez punkt przecięcia się krzywej subiektywnych kosztów przeciętnych użytkowników z krzywą popytu określać będą większe rozmiary ruchu, niż to miało miejsce poprzednio. Jednocześnie cenowa elastyczność popytu będzie w tym przedziale wyższa. Tym samym różnica między natężeniem ruchu dla stanu OA i natężeniem ruchu dla stanu RO i RS wzrośnie. Kryje się w tym swoista „pułapka zatłoczenia”. Jeśli wskutek niedoinwestowania transportu i innych przyczyn, określonych wcześniej jako przyczyny zatłoczenia komunikacyjnego miast, na sieci transportowej występuje silna kongestia, to towarzyszy jej z reguły niskie elastyczność popytu w czasie szczytów przewozowych. Wówczas mała różnica między natężaniem ruchu dla stanu OA i stanów RO i RS utrudnia optymalizację wielkości produkcji środkami bazynwestycyjnymi, a w tym optymalizację za pomocą opłat. Jednocześnie rezultaty takiej optymalizacji w postaci przyrostów nadwyżki społecznej są niewielkie. Netomiast rozbudowa sieci, napotykać na elastyczny popyt, powiększa wspomnianą różnicę i jednocześnie zwiększa różnicę między społecznymi i prywatnymi kosztami transportu. W takiej sytuacji skuteczność opłat i innych bezinwestycyjnych środków optymalizacji jest duża. Oznacza to, iż zaniaczenie tych przedsięwzięć doprowadzi wówczas do silnego zatłoczenia komunikacyjnego. W miarę rozwoju miasta popyt na przewozy wzrasta. Zatłoczenie komunikacyjne sprzyja eliminacji popytu nie związanego z potrzebami obligatoryjnymi, a w każdym razie eliminacji tego popytu w czasie szczytów przewozowych. Jeśli więc nie zostanie zlikwidowany stan zatłoczenia, to elastyczność popytu zmaleje i pojawi się tendencja do powrotu do stanu wyjściowego. Tendencja ta będzie tym silniejsza im większa będą „oszczędności” na transporcie i im mniejsze będą rezultaty w zakresie optymalizacji poziomu produkcji przy danej przepustowości sieci.

W powyższych rozważaniach pominięto wewnętrzne koszty transportu. Wysokość tych kosztów zależy w pewnym stopniu od poziomu produkcji. Jedy-
nym sposobem skorygowania wyznaczonego optimum produkcji względem kosztów wewnętrznych jest odzwierciedlenie ich w podatku pośrednim lub opła-

cie za korzystanie z infrastruktury transportowej. Przez odpowiednie podwyższenie podatków pośrednich lub opłat można zmusić użytkowników infrastruktury transportowej do ponoszenia zewnętrznych kosztów transportu. Ustalenie opłat lub podatków na pokrycie kosztów zewnętrznych nie jest sprawą prostą. Ilustruje to rysunek 12. Przyjmijmy, iż na pewnej drodze doprowadzono do optymalnego poziomu produkcji, pomijając zewnętrzne koszty transportu, a więc i bezpośrednie koszty kongestii odczuwane poza transportem. Tak więc krzywa kosztów krańcowych przecina krzywą popytu przy optymalnym natężeniu ruchu ON . Każdemu natężeniu ruchu w przedziale od zera do ON będzie odpowiadać inny poziom zewnętrznych kosztów transportu. Im większy jest ruch tym większa są jego koszty zewnętrzne. Nadto przeciętny poziom kosztów zewnętrznych przy różnych wielkościach ruchu nie będzie stały. W miarę wzrostu wielkości ruchu rośnie bowiem kongestia i tym samym rosną zewnętrzne koszty transportu związane z kongestią. Nie można więc ustalić opłaty lub jednolitego podatku dla każdego pojazdu, które zapewniłyby pokrycie zewnętrznych kosztów transportu przy każdym natężeniu ruchu. Jednocześnie obciążenie użytkowników drogi kosztami zewnętrznymi spowoduje zmniejszenie natężenia ruchu. Trzeba więc znaleźć taką wysokość opłaty lub podatku, aby suma uzyskana od użytkowników pokryła koszty zewnętrzne występujące przy natężeniu ruchu wyznaczonym przez koszty krańcowe powiększone o tę opłatę lub podatek i przez krzywą popytu. Przyjmijmy, iż zgodnie z oznaczeniami na rysunku 12, suma jednostkowych opłat w wysokości z , odpowiadająca polu $YXWP$, pokrywa zewnętrzne koszty transportu powstające przy natężeniu ruchu ON' . To natężenie ruchu wyznacza punkt przecięcia się krzywej kosztów krańcowych powiększonych o opłatę z z krzywą popytu. Dla rozpatrywane-



Rys. 12. Optimum produkcji a zewnętrzne koszty transportu, $z = YP$ - opłata na pokrycie kosztów zewnętrznych przy ruchu ON' , $z = YR$ - przeciętne koszty zewnętrzne przy ruchu ON , pozostałe oznaczenia jak na rys. 9.

Źródło: opracowanie własne

go problemu nie ma przy tym znaczenia, w jaki sposób na drodze osiągnięta będzie natężenie ruchu wyznaczone przez punkt zrównania się krzywej kosztów krańcowych z krzywą popytu. Jeśli będą w tym celu etosowane opłaty lub podatki, to opłata z będzie ich elementem dodatkowym. Natomiast jeśli zastępuje się inne sposoby, to będzie ona jedyną opłatą pobieraną od użytkowników. Koszt krańcowy rozumiany jako suma kosztów krańcowych użytkowników i odpowiedniej opłaty, zapewniającej pokrycie kosztów zewnętrznych przy danym natężeniu ruchu, która staje się oczywiście także kosztami użytkowników, jest kosztem krańcowym z punktu widzenia całego układu „droga - użytkownicy - otoczenia”. Obciążenie użytkowników drogi zewnętrznymi kosztami transportu spowoduje zmianę wysokości nadwyżki społecznej i zmianę jej struktury. Przy natężeniu ruchu ON i ON' nadwyżka społeczna rozpatrywana w całym układzie „droga - użytkownicy - otoczenie” atanowi różnicę między nadwyżką, uataloną dla układu „droga - użytkownicy” i zewnętrznymi kosztami transportu. Zmniejszenie ruchu z ON do ON' spowoduje atratę całkowitych korzyści użytkowników równą polu N'NDW i zmniejszy ich koszty, liczone bez opłaty z, o N'NDX. Tak więc nadwyżka społeczna w układzie „droga - użytkownicy”- obniży się o wartość równą zakreskowanemu na ryeunku 12 polu XDW. Natomiast zewnętrzne koszty transportu ulegną zmniejszeniu o wartość równą polu PWDLR. Ostatecznie nadwyżka społeczna dla układu „droga - użytkownicy - otoczenie” wzrośnie. Wzrost ten obrazuje pole PWDLR. Uwzględnienie zewnętrznych kosztów transportu wyznacza nowy optymalny poziom produkcji. Dla nowego optimum struktura nadwyżki społecznej, a więc jej podział na korzyści netto użytkowników i korzyści netto organu publicznego, będzie różna od struktury dla optimum ustalonego bez uwzględniania kosztów zewnętrznych. Pojawi się także nowa część składowa nadwyżki społecznej - korzyści netto otoczenia tranaportu. Jeśli - jak przyjęto wcześniej - opłaty pobierane przez użytkowników drogi pokrywają zewnętrzne koszty transportu, to korzyści netto otoczenia transportu będą równe zeru.

Zewnętrzne koszty transportu zależne od poziomu kongestii obejmują szeroko rozumiane koszty zanieczyszczenia środowiska. Każdemu poziomowi kongestii odpowiadają pewne koszty zanieczyszczenia środowiska. Koszty zanieczyszczenia środowiska winny być rozumiane jako suma kosztów zapobiegania zanieczyszczeniom i ich usuwania oraz kosztów zanieczyszczeń, którym się nie zapobiega i których się nie usuwa. Tę ostatnią grupę kosztów należy traktować jako wartościowe wyrażenie strat ponoszonych przez społeczeństwo wskutek zanieczyszczenia środowiska. Tak więc w zależności od tego, jaka część zanieczyszczeń jest bezpośrednio odczuwana przez społeczeństwo, a jaka jest likwidowana, różny może być poziom zewnętrznych kosztów transportu przy danym poziomie kongestii. Wspomniana suma kosztów osiąga minimum, gdy koszty krańcowe zapobiegania zanieczyszczeniom i usuwania ich skutków są równe krańcowym korzyściom tych działań.³⁸

³⁸Fumio Takeda: *Mesns to Improve Cost Benefit Relations in Highway Planning and Public Involvement*. The Second Tokyo Transport Environmental Conference, Tokyo August 1976, s. 9.

Korzyści zapobiegania zanieczyszczeniom i usuwania ich skutków polegają oczywiście na zmniejszeniu strat ponoszonych bezpośrednio przez społeczeństwo. Ustalając optymalny poziom produkcji w układzie „droga - użytkownicy - otoczenie” należy więc każdemu poziomowi produkcji - a więc i każdemu poziomowi kongestii - przypisywać minimalne zewnętrzne koszty transportu.

Przedstawiony wyżej model może służyć do wyznaczania optimum produkcji transeportowej w warunkach kongestii na wszystkich elementach sieci transeportowej. Dotyczy to nie tylko elementów sieci drogowej miast, ale także takich elementów sieci transeportowej, jak: porty lotnicze, morskie, kanały, korytarze powietrzne, niektóre drogi pozamiejskie itd. Po odpowiednich zmianach może on być wykorzystany także dla ustalenia optymalnego poziomu produkcji w środkach transeportu. Model ten jest więc uniwersalny w całym zakresie występowania kongestii transeportowej. Trzeba jednak podkreślić, iż poszukiwanie ekonomiczne uzasadnionego optimum kongestii powodowanej przez użytkowników infrastruktury transeportowej, będących producentami usług przewozowych, wymaga uwzględnienia dodatkowych elementów. Nie wystarczy wówczas badanie korzyści netto budżetu drogowego, użytkowników infrastruktury i otoczenia. Zamiast korzyści netto użytkowników infrastruktury trzeba wziąć pod uwagę dwa rodzaje korzyści: korzyści netto przewoźników i korzyści netto konsumentów usług przewozowych. Kongestia wpływa zarówno na koszty, jak i na dochody przewoźników. Powoduje ona bowiem nie tylko wzrost kosztów, zmuszający niekiedy przewoźników do podnoszenia cen, ale także spadek jakości usług, a to z kolei pociąga za sobą zmiany popytu ze strony konsumentów usług przewozowych. Kształtując w pewnym stopniu ceny i jakość usług, kongestia zmniejsza korzyści netto poszczególnych użytkowników usług transeportowych. Tak więc w tym przypadku trzeba by zaetosować bardziej rozbudowaną funkcję celu. Należałoby także rozważyć problem, czy korzyści netto przewoźników mogą być w całości uznane za element nadwyżki społecznej.

Optimum produkcji transeportowej w godzinach szczytowego natężenia ruchu wyznacza ekonomiczną przepustowość infrastruktury transeportowej. Określając etandardowo przepustowości projektowanych elementów sieci transeportowej, zakłada się z reguły osiągnięcie w godzinach szczytu mniejszych przepustowości niż praktyczna maksymalna przepustowość techniczna. Na przykład sieć drogową w miastach projektuje się zwykle dla poziomu ruchu C i D w warunkach szczytowych, co oznacza w przybliżeniu planowany potok od 900 do 1 500 pojazdów umownych w ciągu godziny na pas ruchu o przepustowości technicznej 2 000 pojazdów umownych/h. Intuicyjnie można przyjąć, iż przy dobrze rozwiniętej sieci drogowej na obszarach miejskich o średniej intensywności wykorzystania ziemi przedział ten zawiera w sobie natężenie ruchu, dla którego kongestia osiąga poziom ekonomicznie uzasadniony. Nie można jednak stwierdzić tego z całą pewnością. Tak więc dla ekonomicznej oceny poziomu zstłoczenia sieci drogowej miast konieczna jest znajomość optimum produkcji. Traktowania jej jako ekono-

micznej przepetowości infrastruktury transportowej może także przyczynić się do zwiększenia trafności decyzji inwestycyjnych. Wielkość ta wskazuje bowiem pożądane poziomy wykorzystania infrastruktury o różnych parametrach technicznych, np. drogi o różnej liczbie pasów ruchu. Są to także poziomy wykorzystania infrastruktury, dla których korzyści całkowite netto są największe przy danych nakładach inwestycyjnych. Winny one być więc traktowane jako ekonomiczna przepetowość infrastruktury niezależnie od tego, czy dla oceny wariantów rozwoju infrastruktury transportowej posługujemy się wskaźnikami nakładochłonności na jednostkę efektu użytkowego, czy też porównujemy atrumianie kosztów i korzyści w danym okresie. Dptymalny poziom produkcji musi być znany oczywiście także przy kształtowaniu wielkości ruchu i prowadzeniu polityki cenowej w transporcie. Także przy podejmowaniu decyzji dotyczących tych elementów otoczenia transportu, które wywierają wpływ na wielkość przewozów, można dzięki znajomości optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii ocenić skutki, jakie spowodują poszczególne warianty postępowania w krótkich i długich okresach. Wynika etąd, że znajomość optymalnego poziomu produkcji dla ietniejącej infrestruktury i znajomość tego poziomu w badanych weriانتech rozwoju jeat niezbędna przy dokonywaniu wyboru ekonomicznego w zakresie rozwoju infrastruktury treneportowej i w zakresie rozwoju tych elementów otoczenia transportu, od których zależy wielkość przewozów.

Należy jeszcze raz podkreślić, że wyznaczone optimum produkcji transportowej odnoai się do okresów krótkich. Przyjęta funkcja celu nie wskazuje więc, czy w mieście lub w innym systemie tego rodzaju, przeznaczono odpowiednie nakłady na infrastrukturę transportową, czy też nie. Mekeimum nedwyżki społecznej wskazuje na optimum przy danej infrestrukturze. Może to być zarówno optimum cząstkowe względne, jak i absolutne. Wyznaczenie optimum produkcji odpowiadającego optimum względnemu nie miałoby sensu. W związku z tym trzeba zawsze rozróżnić sytuację, w której rozdział nakładów między transport i inne ich zastoeowanie umożliwia osiągnięcie optimum cząstkowego względnego w transporcie i eytuację, w której na transport przeznaczono zbyt duże lub zbyt małe nakłady. W obu tych eytuacjach kongestia może osiągnąć poziom ekonomicznie uzasadniony, czyli makeymlizujący przyjętą wyżej funkcję celu. Jeśli jednak przeznaczona się zbyt małe nakłady na traneport, to mimo osiągnięcia optimum produkcji przy danej infraetrakturze, poziom kongestii w akali całego miaeta nie będzie optymalny w tym sensie, iż nie ukształtuje się zgodnie z wymogami optimum cząstkowego względnego dla transportu. Poziom nieoptymalny o-eięgnę wówczas także inne wielkości i relacje w transporcie. Tak więc oprócz kongestii, powstającej wskutek przekroczenia wyznaczonego optimum, może wyetępować kongestia spowodowana niedoinwestowaniem traneportu. Oba te rodzaje kongestii mogą przy tym występować jednocześnie.

4.3. Pośrednie koszty kongestii transportowej

Wyznaczenie optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii umożliwia ocenę bazpośrednich kosztów kongestii transportowej. Osiągają one poziom ekonomicznie uzasadniony, gdy wielkość ruchu umożliwia najlepsze wykorzystanie czynników produkcji transportowej. Niezależnie od tego, czy produkcja osiąga stan optymalny, czy też nie, mogą występować także bezpośrednie koszty kongestii spowodowanej niedoinwestowaniem transportu. Po określeniu ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii można także ściślej zinterpretować pojęcie pośrednich kosztów kongestii transportowej. Idea wyróżnienia tych kosztów opiera się na przewidywalności, zgodnie z którą nieoptymalny stan jednego elementu systemu może powodować nieoptymalny stan całego systemu. Kosztów pośrednich należy więc pozyskiwać rozpatrując elementy sieci transportowej jako części całej sieci, transport jako część systemu miejskiego itp. Pośrednie koszty kongestii transportowej powstają tylko wtedy, gdy kongestia przekroczy poziom uzasadniony. Koszty pośrednie w ogóle nie występują, jeśli produkcja osiąga wielkość optymalną. Pośrednie koszty kongestii są różnicą między danymi kosztami a odpowiadającymi im co do zakresu kosztami przy produkcji optymalnej oraz między korzyściami uzykiwanymi w warunkach optimum a odpowiednimi korzyściami w warunkach ietniejącego zatłoczenia. Uzasadnieniem takiego sposobu rozumienia pośrednich kosztów kongestii jest to, iż wspomniane koszty i korzyści nie wiążą się bezpośrednio z poziomem kongestii. Model optimum produkcji transportowej wskazuje, iż bezpośrednio koszty kongestii nie mogą służyć do pomiaru strat społecznych związanych z zatłoczeniem. Straty te odzwierciedlają zmiany wartości funkcji celu w postaci nadwyżki społecznej lub globalnych kosztów transportu. Przy rozpatrywaniu ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii nie uwzględniono w ogóle pośrednich kosztów kongestii transportowej. Należy jednak podkreślić, iż funkcję celu wyznaczającą optimum produkcji transportowej winna być opisana wcześniej nadwyżka społeczna pomniejszona o pośrednie koszty kongestii, powstająca wskutek odchylenia się poziomu kongestii od poziomu uzasadnionego przy danej infrastrukturze lub ewentualnie globalne koszty transportu obejmujące także koszty pośrednie. Jednakże z uwagi na trudności w ścisłym określeniu, a także małą mierzalność pośrednich kosztów kongestii, uznano za celowe wyłączenie ich z modelu optimum produkcji. Nie mogło to oczywiście wywrzeć wpływu na wyznaczenie stanu optymalnego, gdyż zmiany bezpośrednich i pośrednich kosztów kongestii są jednokierunkowe, a pośrednie koszty kongestii związane z przekroczeniem optymalnego poziomu produkcji przy danej infrastrukturze są oczywiście równe zero przy produkcji optymalnej. Stwierdzenie występowania pośrednich kosztów kongestii oznacza jednak, iż różnice w społecznych stratach powatających wskutek przekraczania optimum są większe, niż to wynika ze sformułowanego modelu. Podobnie jak w przypadku bezpośrednich kosztów kongestii, obok pośrednich kosztów kon-

gestii spowodowanych przekroczeniem optimum przy danej infrastrukturze można wyróżnić także pośrednie koszty kongestii spowodowane niedoinwestowaniem transportu.

Dla wyznaczenia optimum produkcji posłużono się elementami analizy marginalnej i ekonomiki dobrobytu. Pomimo, iż nie przyjęto tutaj generalnych założeń, ani też ekonomiki dobrobytu, traktując jej elementy w sposób instrumentalny, warto jednak przedstawić w ekrócie ekonomiczną ocenę kongestii właśnie w świetle dorobku ekonomiki dobrobytu. Rozpstrując silną kongestię jako rezultat zróżnicowania społecznych i prywatnych kosztów transportu, można wykazać jej negatywny wpływ na dobrobyt społeczny. Ściślej rzecz biorąc, można udowodnić, iż występowanie dużej kongestii uniemożliwia osiągnięcie maksimum przez funkcję dobrobytu społecznego. Jak dowiódł H. Hotelling, każdy przypadek odchylenia cen transportowych od kosztów krańcowych powoduje straty w dobrobycie społecznym³⁹. W takiej sytuacji układ cen nie odpowiada układowi preferencji społecznych, a alokacja zasobów jest nieefektywna. Nie będzie więc zrealizowana zasada technicznego optimum w skali całej gospodarki - przyjęty zostanie weriant struktury produkcji nie mieszczący się na społecznej krzywej transformacji. W rezultacie nie będą spełnione warunki wykorzystania zasobów w rozumieniu optimum Pareto, co uniemożliwia osiągnięcia maksimum przez funkcję dobrobytu społecznego. Do takich samych wniosków doazli M. Kraus, H. Mohring i T. Pinfeld, którzy przeanalizowali rezultaty etoawania różnych opłat na przykładzie jednej i wielu dróg⁴⁰. Wielkość strat w dobrobycie społecznym, spowodowanych przez odchylenie cen danego dobra od kosztów krańcowych, zależy przy tym przede wszystkim od elastyczności cenowej popytu na dobro⁴¹. Istotny wpływ na wielkość tych strat wywiera także elastyczność cenowa popytu na dobra substytucyjne⁴². Ocena strat w dobrobycie społecznym, spowodowanych przez kongestię zależy od przyjętego zakresu pojęcia zasobów. Przy przyjętym w niniejszej pracy szerokim zakresie pojęcia zasobów spadek wartości funkcji dobrobytu społecznego będzie oczywiście większy, niż w przypadku przyjęcia węższego zakresu tego pojęcia. Można przy tym przyjąć, iż straty te obejmują między innymi zmniejszenie wartości sformułowanej wozes-

³⁹H. Hotelling: The general welfare in relation to problems of taxation and of railway and utility rates. *Econometrica* 1938 nr 6, s. 242-269.

⁴⁰M. Kraus, H. Mohring, T. Pinfeld: The welfare cost of nonoptimum pricing and investment policies for freeway transportation. *The American Economic Review* 1976 v. 66, nr 4, s. 532 - 547.

⁴¹A. Bergson: On monopoly welfare losses. *The American Economic Review* 1973, v. 63, nr 4, s. 862.

⁴²S. Gleister: On the estimation of disaggregate welfare losses with an application to price distortions in urban transport. *The American Economic Review* 1979, v. 69, nr 4, s. 745.

niej funkcji celu w postaci nadwyżki społecznej i pośrednie koszty kongestii. Ekonomia dobrobytu pozwala na przeprowadzenia teoretycznego dowodu występowania strat społecznych spowodowanych zatłoczeniem. Nie pozwala natomiast oczywiście na ich pełną identyfikację, a szczególnie na identyfikację strat określonych jako pośrednie koszty kongestii, chociaż nawet w tym ostatnim przypadku może być w pewnym, niewielkim stopniu pomocna przy poszukiwaniu przejawów tych kosztów w rzeczywistości.

Pośrednich kosztów kongestii transportowej należy poszukiwać przede wszystkim w systemach obsługiwanych przez transport. Warto jednak przede wszystkim wskazać na pewien rodzaj kosztów transportu, które mają charakter pośredni dla danego elementu sieci transportowej, a bezpośredni dla całej sieci. Teoria zajmująca się zagadnieniem równowagi w sieci transportowej rozróżnia opiewa i normatywne wyznaczenie ruchu. System, w którym wszyscy użytkownicy infrastruktury zachowują się zgodnie z regułą indywidualnej maksymalizacji, nazywa się systemem opisowym lub optymalizowanym z punktu widzenia korzyści użytkownika. Natomiast system, w którym wszystkie decyzje o podróży podejmowane są tak, aby została zmaksymalizowana różnica między społecznymi korzyściami i kosztami, nazywa się systemem normatywnym lub optymalizowanym z punktu widzenia korzyści społeczeństwa⁴³. Rozwiązanie tych dwóch systemów nie muszą być identyczne. Zgodnie z tzw. „drugą zasadą Wardropa” w systemie opiewym użytkownicy sieci wybierają drogi przejazdu, kierując się zasadą minimalizacji kosztów indywidualnych. Wówczas różnica między społecznymi korzyściami i kosztami jest wielkością wynikową, kształtowaną przez decyzje indywidualne. Natomiast w wypadku wyznaczania normatywnego maksymalizacja tej różnicy jest funkcją celu. Co prawda, przy wyznaczaniu ruchu z reguły przyjmuje się funkcję celu w postaci minimalizacji społecznych kosztów transportu. Ponieważ jednak zakłada się, iż wyznaczenie ruchu nie wpływa ani na indywidualne, ani na społeczne korzyści, można przyjąć tożsamość tych funkcji celu. Przyczyną różnic między opisowym i normatywnym wyznaczaniem ruchu jest występowanie zewnętrznych kosztów kongestii, a ściślej uwzględnianie tych kosztów w decyzjach podejmowanych w ramach normatywnego wyznaczania ruchu i ich pomijanie w decyzjach typu opisowego. Dla każdego elementu sieci określone są zależności między przeciętnymi kosztami użytkownika a natężeniem ruchu. Zależności te mogą być przy tym zróżnicowane w tym sensie, iż krzywe przeciętnych kosztów użytkowników wyrażonych w jednostkach pieniężnych na pojazdokilometr mogą być różne dla poszczególnych elementów sieci. Różnym krzywymi kosztów przeciętnych odpowiadają oczywiście różne krzywe kosztów krańcowych. Im większe są różnice między zewnętrznymi kosztami kongestii na poszczególnych elementach sieci i im szybciej w miarę wzrostu natężenie ruchu róż-

⁴³P.A. Steenbrink: op. cit. s. 42.

nice te wzrastają, tym większe mogą być różnice między rozwiązaniem normatywnym i opiewym. Tak więc niejednolitość samego zjawiska kongestii jest powodem powstania dodatkowych społecznych kosztów transportu. Koszty te ponoszą wazyści użytkownicy sieci, gdyż przy rozwiązaniu opiewym przeciętne koszty użytkowników, kierujących się w wyborze trasy tylko prywatnymi kosztami transportu, będą wyższe niż przy rozwiązaniu normatywnym. Przy bardzo dużych różnicach między zewnętrznymi kosztami kongestii na poszczególnych odcinkach sieci może wystąpić sytuacja znana jako paradoksa Braessa, gdy dodanie do sieci połączenia powoduje wzrost całkowitych kosztów podróżowania odczuwany przez każdego użytkownika sieci. Sytuacja taka zdarza się jednak tylko wtedy, gdy na alternatywnych dla całości lub części użytkowników trasach ukazują się epicyficzne relacje między krzywymi kosztów krańcowych⁴⁴. Dodatkowe społeczne koszty transportu wynikające z różnicy między rozwiązaniem normatywnym i opiewym można traktować jako pośrednie koszty kongestii. Są one bowiem rezultatem wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu. Koszty te mogą być wyeliminowane tylko poprzez zrównanie społecznych i prywatnych kosztów transportu, czyli poprzez obciążenie użytkowników sieci zewnętrznymi kosztami kongestii.

Nadmierne kongestia transportowa wywołuje negatywne skutki z punktu widzenia całego miasta. Skutki te są różne w zależności od tego, jakie przyczyny powodują zatłoczenie komunikacyjne. Nadmierna kongestia wynikająca z niedoinwestowania transportu może wywoływać zjawiska przeciwstawne tym, które wywołuje kongestia powstająca w wyniku przekroczenia optimum. Dlatego też trzeba rozpatrywać rozdzielnie pośrednie koszty nadmiernej kongestii jako rezultatu niedoinwestowania transportu i jako rezultatu przekroczenia optimum produkcji przy danej infrastrukturze transportowej. Oba te rodzaje kongestii prowadzą do wzrostu globalnych kosztów transportu w mieście. W przypadku kongestii wywołanej niedoinwestowaniem transportu, jeśli zachowane jest optimum produkcji przy danej infrastrukturze, społeczne i prywatne koszty transportu wzrastają w takim samym lub w przybliżonym stopniu. Rodzi to tendencję do ograniczania wielkości przewozów w mieście. Natomiast przekraczanie optimum wiąże się ze zróżnicowaniem społecznych i prywatnych kosztów transportu i tym samym z tendencją do wzrostu wielkości przewozów. Tak więc w pierwszym przypadku wzrost globalnych kosztów transportu oddziałuje w kierunku zmniejszania wielkości przewozów lub ich odległości, a w drugim wzrost tych kosztów jest wynikiem nadmiernych lub zbyt dalekich przewozów.

Przy danym popycie na usługi systemu transportowego poziom kongestii zależy od przepiętowości tego systemu. Między kosztami kongestii a kosztami tworzenia i utrzymania przepiętowości systemu transportowego za-

⁴⁴Por. P.A. Steenbrink: op. cit., s. 43 - 45.

chodzi związek o charakterze aubetytucji. Inweetycje tranaportowe zwiększające przepuatowość podnoazę koszty jej tworzenia i utrzymywania, m zmniejszają koezty kongeetii. W rezultacie globalne koszty tranportu rozpetrywane w okresach długich mogą maleć. Uprawnienia trenaportowe powodujące obniżkę koeztów traseportu prowadzą do zmniejszenia wartości ziemi miejekiej, co z kolei wywołuje zmniażenie intenywności jej wykorzystania. Ilustruje to ryeunek 13. Może to być źródłem poweżnych korzyści ekonomicznych w mieście. Tendencja do „oeczędzania” ne inweetycjach tranaportowych prowadzi do powetawiania sytuacji odwrotnych. Zbyt nieka przepuetowość syetemu tranportowego pociąga za sobą bardzo wyeokkie koezty kongeetii i - tym samym - wyeokkie koezty tranportu. Utrzymuje się więc wysoka gętość zaludnienia i aktywności goapodarczej przy wyeokich cenach ziemi miejekiej. Wywołuje to negatywne ekutki w ekeli całego regionu miejskiego. Z reguły bowiem wyżeza gętość zeludnienie i mkywności goepodarczej jest drożeza⁴⁵. Wynika to między innymi stąd, iż konetrucje budowlane dla wyżezych gętości wymagają drożezych meterialów i lepezej siły roboczej. Wyżeze gętość wymage też wyżezego poziomu usług, a jednocześnie tworzy goreze werunki życia⁴⁶. Wyaokkie ceny ziemi i duże gętość, zwiększające koszty i etrety związane z usuwaniem zabudowy miejekiej, utrudniają z kolei zejmowanie nowych terenów ne cele trnportowe. Nadmierne kongestie wywołane niedoinwestowaniem tranportu zniekazała więc wartość ziemi miejskiej, tak iż przestaje ona odzwierciedleć koezty możliwości użytkowanie jej ne cele tranportowe. W takiej sytuacji decyzje lokalizacyjne prowadzą do powatania nieoptymalnego układu użytkowania ziemi miejskiej i nieoptymalnego układu przewozów.

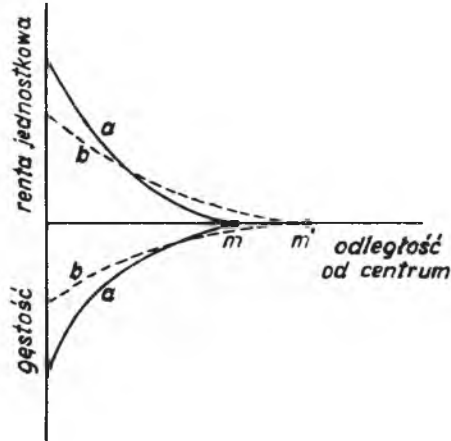
Do nieoptymalnego układu użytkowania ziemi miejskiej i nieoptymalnego układu przewozów prowadzą także decyzje lokalizacyjne podejmowane w warunkach nadmiernej kongeetii przy denej infrastruktury tranportowej. Uwzględnione przez ludność i inatytucje zlokalizowane w regionie miejakim koezty tranportu są bowiem wówczas niższe od koeztów rzeczywiście powstających w wyniku ich decyzji. W drugim rozdziale przedetawiono elementy modelu optymalnego użytkowanie ziemi miejskiej, oprecowenego przez E.S. Millsa i D.M. de Ferrantiego. Poślugując się tym modelem oraz modelem Y. Orone, D. Pinee i E. Sheehineki⁴⁷, O. Hochmen ekonetrutował model teoretyczny wyjsńiejący związki między poziomem kongeetii a wielkością miasta i intenywnością oraz etrukurą użytkowania ziemi miejskiej⁴⁸. Wykorzystując wyniki tych badań można etwierdzić, iż utrzymanie

⁴⁵Por. P. Stone: *Urban Development in Britain* Standarda, Coete and Resources, 1964 - 2004. Cambridge University Press 1970.

⁴⁶M. Echenique: *Tranaport investment and urban land values*. *International Journal of Traneport Economics* v. B, nr 2, s. 190 - 191.

⁴⁷Y. Oron, D. Pinee, E. Sheehineki: *Optimum verause equilibrium land use patterns and congestion toll*. *Bell Journal of Economics* 1973, nr 4, s. 619 - 636.

⁴⁸D. Hochman: *Market equilibrium verause optimum in a modal with congestion*: Note. *The American Economic Review* 1975, v. 65, nr 5, s. 992 - 996.



Ryc. 13. Zmiany profili renty i gęstości pod wpływem ulepszeń transportowych, a - dla dawnego systemu transportowego, b - dla ulepszanego systemu transportowego. Źródło: B.G. Hutchinaon, op. cit. s. 283.

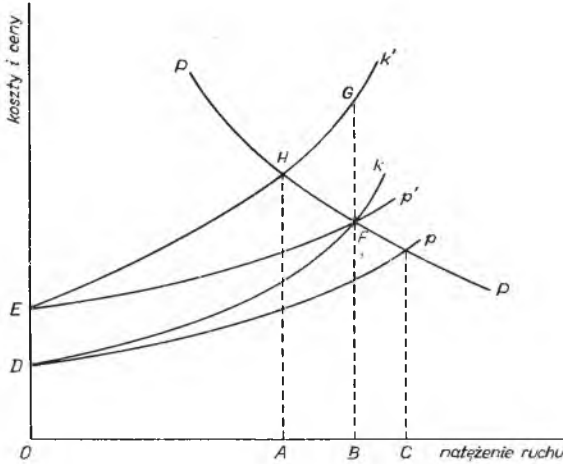
kongestii transportowej nie poziomem uzasadnionym jest jednym z warunków nadania miastu optymalnej wielkości oraz optymalizacji użytkowania ziemi miejskiej. Jeśli ten poziom zostanie przekroczony to pojawia się tendencja do kształtowania się niekorzystnych cech miasta. Przy tej samej liczbie mieszkańców miasto, w którym kongestia przewyższa kongestię wyznaczoną przez optimum produkcji, będzie miało większy promień i większą powierzchnię. W każdej części takiego miasta będzie przeznaczona na cele transportowe więcej terenów niż w mieście optymalnym. W rezultacie w mieście o wyższym od uzasadnionego poziomie kongestii łączne koszty transportu będą wyższe w porównaniu ze staniem, w którym kongestia przyjmuje poziom odpowiadający optymalnej produkcji.

Przekroczenie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii transportowej wywiera niekorzystny wpływ na użytkowanie ziemi w całym mieście. Szczególne znaczenie mają jednak procesy zachodzące w tych częściach miasta, w których ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii jest najwyższy, a więc w centrum lub też na większej części śródmieścia. Kongestia transportowa utrzymująca się na tym obciążeniu wywołuje istotne zmiany w strukturze przestrzenno-funkcjonalnej miast. W miastach występuje bardzo duże zapotrzebowanie na przewozy z i do centrum i śródmieścia, a zwiększenie przepustowości odpowiednich elementów systemu transportowego napotyka na najcięższe bariery techniczne, technologiczne i ekonomiczne. W tej sytuacji kongestia transportowa staje się zasadniczym czynnikiem utrzymywania równowagi między zapotrzebowaniem na przewozy a przepustowością systemu transportowego i selekcjonuje funkcje i urządzenia na obszarze centrum lub nawet na większej części śródmieścia. W

miarę wzrostu liczby ludności obsługiwanej przez te obszary, opuszczając je urzędzenia, które osiągnęły najmniejszą korzyść z takiej lokalizacji. Zjawisko to obserwuje się w wielu miastach, a szczególnie w miastach amerykańskich, w których pomimo stałego wzrostu obszaru i liczby ludności obsługiwanej przez centrum, liczba osób odwiedzających dziennie centrum utrzymuje się na tym samym poziomie, a wielkość zatrudnienia w centrum nie zmienia się⁴⁹. Jeżeli na obszarze miasta przekroczone zostało optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii, to omówione oddziaływanie kongestii wyatępuje z pewnym opóźnieniem. W rezultacie w centrum lub w śródmieściu zlokalizowane jest zbyt wiele celów ruchu. Warto jednocześnie zaznaczyć, iż w razie niedoinwestowania transportu i utrzymywanie optimum produkcji przy danej przepustowości systemu transportowego, nadmierne kongestia prowadzi do przyspieszonej selekcji. W obu przypadkach następuje odchylenie układu użytkowania ziemi miejskiej od układu optymalnego.

Kongestia wywołana niedoinwestowaniem transportu i kongestią powstająca w wyniku przekroczenia optimum mogą wywierać przeciwny wpływ na zjawiska, które pociągają za sobą pośrednio koszty kongestii. Jeżeli występują jednocześnie obie przyczyny zatłoczenia, to na każdym elemencie sieci transportowej ruch jest większy od ewentualnego ruchu przy niedoinwestowaniu transportu i utrzymaniu optimum produkcji, a mniejszy od ewentualnego ruchu w warunkach odpowiedniej przepustowości i przekroczenie optimum. Istnieje więc możliwość ukształtowania się ruchu na poziomie, jaki byłby osiągnięty, gdyby zostały wyeliminowane obie przyczyny zatłoczenia. Taki stan przedetawiono na rys. 14. Przyjęto, iż w wyniku współwystępowania obu rodzajów kongestii natężenie ruchu ukształtowało się na poziomie oznaczonym jako OB, czyli na poziomie odpowiadającym optimum produkcji w warunkach istnienia odpowiedniej przepustowości. Kompensacyjny wpływ obu rodzajów zatłoczenia na wielkość ruchu nie przejawia oczywiście o kompensowaniu się pośrednich kosztów kongestii. Bez przeprowadzenia szczegółowych badań nie sposób ustalić, czy możliwe jest wzajemne zniesienie się wpływu obu rodzajów zatłoczenia na użytkowanie ziemi i gęstość zaludnienia i tym samym całkowite lub częściowe wyeliminowanie pośrednich kosztów kongestii. Skutki obu rodzajów kongestii pojawiają się w procesach, które są eplotem działania wielu czynników. Nadto okresy oddziaływania tych skutków mogą być różne. Bardziej prawdopodobne jest więc nakładanie się na siebie niekorzystnych zjawisk zachodzących w całym mieście i powstawanie różnych ich kombinacji w poszczególnych jego częściach. Warto jednak przyjąć hipotezę o kompensacyj-

⁴⁹Por. S. Dziewulski, B. Ledworowski: Struktura miasta i system komunikacji. Referat na Kongresie MF MPP w Tokio, IU i A, Warszawa 1966, s. 7 i B. Berry, F. Horton: Geographic Perspectives on Urban Systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice - Hall Inc. 1970, s. 444.



Ryc. 14. Straty w nadwyżce apołącznej w wyniku współwyetępowania dwu rodzajów zatłoczenia, p - przeciętne koszty użytkowników dla odpowiedniej przepustowości, k - koszty krańcowe dla odpowiedniej przepustowości, p' - przeciętne koszty użytkowników dla zbyt małej przepustowości, k' - koszty krańcowe dla zbyt małej przepustowości, Źródło: opracowanie własne.

nym oddziaływaniu obu rodzajów zatłoczenia. Pozwoli to bowiem ustalić, czy ewentualne wyetępowanie takiego zjawiska może mieć jakieś znaczenie w działaniach zmierzających do obniżki łącznych kosztów kongestii w mieście. Zgodnie z taką hipotezą przy natężeniu ruchu OB dla krzywej popytu PP i krzywej przeciętnych kosztów użytkowników p' na rysunku 14 pośrednie koszty kongestii zostałyby sprowadzone do zera. Jednakże im większy jest zakres kompensacyjnego oddziaływania obu przyczyn zatłoczenia na wielkość ruchu, czyli im bardziej natężenie ruchu zbliża się do wielkości OB , tym większe są straty w nadwyżce społecznej. Gdy wpływ obu rodzajów kongestii na wielkość ruchu znosi się całkowicie, a więc gdy następuje hipotetyczne sprowadzenie pośrednich kosztów transportu do zera, straty w nadwyżce społecznej osiągną wartość maksymalną spośród wartości, jakie mogą wyetępować przy wszystkich możliwych w opisanym przypadku wielkościach ruchu. Ponieważ rozpatruje się tutaj wartość nadwyżki społecznej dla dwu różnych przepustowości, do ewentualnych strat w nadwyżce społecznej należy zliczyć także różnice w kosztach całkowitych użytkowników wynikające z odmiennego przebiegu krzywych kosztów krańcowych w warunkach mniejszej i większej przepustowości. Maksymalną wysokość tych rozumianych strat w nadwyżce społecznej obrazuje na rysunku 14 pole $DFGE$. Występuje więc eubetytucja między stratami w nadwyżce społecznej a zmniejszeniem pośrednich kosztów kongestii, które mogłoby wyetępic dzięki kompensacyjnemu oddziaływaniu obu rodzajów zatłoczenia. Oznacza to, iż kompensacja skutków obu rodzajów kongestii nie gwarantuje poprawy wartości

funkcji celu w postaci nadwyżki społecznej pomniejszonej o pośrednie koszty kongestii. Odstępowanie od optimum produkcji nie może być więc sposobem zmniejszenia kosztów zatłoczenia spowodowanych niedoinwestowaniem transportu.

5. KONCEPCJE ZMNIEJSZANIA KOSZTÓW KONGESTII TRANSPORTOWEJ

5.1. Sposoby zmniejszanie kosztów kongestii transportowej

Przy danym poziomie rozwoju techniki i technologii transportu zmniejszenie poziomu kongestii transportowej w pewnym momencie można uzyskać poprzez zmniejszenie relacji między efektywnym popytem a podażą w całym systemie transportowym lub w jego części. Natomiast zmniejszenie kongestii w pewnym okresie może być uzyskane albo poprzez jej zmniejszenia w różnych momentach tego okresu, albo poprzez jej zmniejszenie w jednych momentach kosztem jej zwiększenia w innych. Poprawa wspomnianej relacji następuje w przypadku zmniejszenia wielkości lub odpowiedniej zmiany struktury popytu przy danej podaży i w przypadku zwiększenia wielkości lub odpowiedniej zmiany struktury podaży przy danym popycie. Wynik taki może być osiągnięty dzięki następującym działaniom:

- ulepszeniu sterowania i organizacji ruchu,
- zwiększeniu wykorzystania środków transportu,
- rozbudowie infrastruktury transportowej i zwiększeniu potencjału przewozowego oraz zmianom jego struktury,
- stosowaniu administracyjnych środków eliminacji i ograniczania ruchu,
- zmianom podatków, opłat i cen transportowych,
- zmianom rozkładu czasowego potrzeb pierwotnych, wywołujących efektywny popyt na przewozy,
- stosowaniu administracyjnych zakazów i nakazów ograniczających ewolucję korzystania z pewnych celów ruchu,
- kształtowaniu wielkości i struktury przestrzennej miasta, a w tym zmianom lokalizacji źródeł i celów ruchu na obszarze miasta.

Wymienione środki są powszechnie stosowane w miastach w krajach wysoko rozwiniętych gospodarczo¹. Z reguły stosuje się jednocześnie kilka z nich, czasami nawet wszystkie. Zmniejszenie kongestii jest przy tym jedynym głównym celem wspomnianych działań, jednym z celów głównych, a niekiedy celem niższego rzędu. Działanie to służy bowiem także obniżeniu całkowitych kosztów transportu, poprawie jakości życia, ochronie środowiska i jeszcze innym celom.

¹Por. W. Owen: Transportation strategy and urban development. International Journal of Transport Economics 1974 v. 1, nr 1.

Wśród problemów zmniejszanie kongestii transportowej szczególnie miejsce zajmują zagadnienia kształtowania wielkości i struktury popytu transportowego za pomocą podatków, opłat i cen. Stąd też celowe wydaje się wyodrębnienie tych zagadnień z całokształtu problemów zmniejszania kongestii transportowej. Zagadnienie zmniejszania kongestii można rozpatrywać w odniesieniu do krótkich i długich okresów. W okresach krótkich infrastruktura transportowa jest dana - nie są możliwe większe zmiany przepływowości sieci transportowej. Dla ułatwienia podziału sposobów zmniejszania kongestii warto przyjąć, iż dane jest wówczas również liczba środków transportu. Dane są także liczba i rozmieszczenie źródeł i celów ruchu, co uniemożliwia duże zmiany potencjału ruchu. Natomiast w okresach długich możliwe są znaczne zmiany podaży usług systemu transportowego i istotne zmiany czynników decydujących o wielkości i gęstości oraz przestrzennej strukturze popytu. Tak więc sposoby zmniejszenia kongestii można umownie podzielić na sposoby stosowane w okresach długich, a więc związane z dużymi zmianami w systemie transportowym i w zagospodarowaniu miasta, i sposoby pozostałe, możliwe do zastosowania w okresach krótkich. Problemy zmniejszania kongestii w okresach długich są ściśle powiązane z zespołem skomplikowanych zagadnień kształtowania miasta i jego systemu transportowego. Dlatego też celowe wydaje się przeanalizowanie problemów zmniejszania kongestii transportowej w długich okresach w aspekcie zagadnień planowania rozwoju miasta, a także zbadanie, czy wyetępowanie kongestii i stosowanie określonych sposobów jej zmniejszanie stwarza jakieś wymagania wobec rachunku ekonomicznego służącego ocenie inwestycji transportowych. Natomiast sposoby zmniejszania kongestii w okresach krótkich nie wymagają analizy i można ograniczyć się do ich krótkiego scharakteryzowania. Trzeba jednak wskazać, że celowe jest podejmowanie studiów nad ewentualnymi efektami i kosztami stosowania takich sposobów w konkretnych miastach.

5.2. Opłaty, podatki i ceny jako narzędzia zmniejszania kongestii transportowej

Jak już wcześniej wskazano, stan gwarantujący osiągnięcie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii nie jest stanem równowagi. Taki poziom kongestii nie może być osiągnięty samoczynnie, bez interwencji z zewnątrz. Trzeba więc stworzyć takie warunki, aby stan równowagi stał się jednocześnie stanem, w którym wielkość produkcji osiąga optimum. Jednym ze sposobów realizacji tego celu jest pobieranie od użytkowników usług systemu transportowego, a w tym także od użytkowników sieci transportowej odpowiednio ekalkulowanych cen, opłat i podatków. Teza o konieczności powiązania poziomu cen z kongestią nie jest nowa. Została ona po raz pierwszy wyrażona przez A.C. Pigou i rozwinięta przez F. Knigh-

ta². Wysokość cen, opłat i podatków winna być tak ustalona, by użytkownicy usług systemu transportowego, podejmujący decyzje o podróży w oparciu o znajomość łącznej ceny, maksymalizowali przyjętą funkcję celu. Tak więc liczbę użytkowników musi wyznaczać punkt przecięcia się krzywej kosztów krańcowych z krzywą popytu. W przypadku użytkowników sieci transportowej łączna cena, składająca się z kosztów użytkownika i pobieranej opłaty, powinna być równa kosztom krańcowym przy optymalnym względem poziomu kongestii natężeniu ruchu. Koszt krańcowy jest sumą kosztu przeciętnego zmiennego i społecznych kosztów kongestii. Przeciętny koszt zmienny można tutaj odnieść do układu „droga - użytkownicy” albo do samych użytkowników. Można więc uwzględnić zewnętrzne koszty transportu i zmienne koszty utrzymania infrastruktury albo też pomijać je i brać pod uwagę tylko koszty obciążające bezpośrednio użytkowników. Dla każdego natężenia ruchu (x) zależność między kosztem krańcowym (k) a kosztem przeciętnym zmiennym (p) przedstawia się następująco:

$$k = p + x \frac{dp}{dx}$$

Wyrażenie $x \frac{dp}{dx}$ oznacza w tym przypadku społeczne koszty kongestii. Jeśli powyższa relacja zostanie ustalona dla optymalnej wielkości natężenia ruchu, to wyrażenie to będzie wskazywać właściwą wysokość opłaty za korzystanie z sieci transportowej lub z jej elementu. Wprowadzenie takiej opłaty zrówna koszty prywatne z kosztami krańcowymi, a więc z kosztami społecznymi, i natężenie ruchu ukształtuje się na poziomie optymalnym. Trzeba jednak zaznaczyć, że opłata w takiej wysokości zapewni uzyskanie właściwego poziomu kongestii tylko wówczas, gdy użytkownicy sieci drogowej dostrzeżęą wszystkie swoje koszty. Ponieważ - jak już wspomniano - użytkownicy transportu nie są świadomi wszystkich swoich kosztów, a więc warunek ten nie jest spełniony, problem dostrzegania kosztów musi być przedmiotem analizy w toku dalszych rozważań. Uzyskany w opisany sposób stan optymalny będzie jednocześnie stanem równowagi. Ilustruje to rysunek 15. Jak łatwo zauważyć, im wyższe jest natężenie ruchu, przy którym krzywa kosztów krańcowych przecina krzywą popytu, tym wyższe opłaty trzeba by pobrać dla zoptymalizowania wielkości produkcji. Ustalony w opisany sposób opłaty za korzystanie z infrastruktury transportowej zapewnią utrzymanie kongestii na poziomie ekonomicznie uzasadnionym i tym samym gwarantują wyeliminowanie kosztów kongestii wynikających z różnicy między normatywnym a opisowym wyznaczaniem ruchu. Dzięki zrównaniu cen

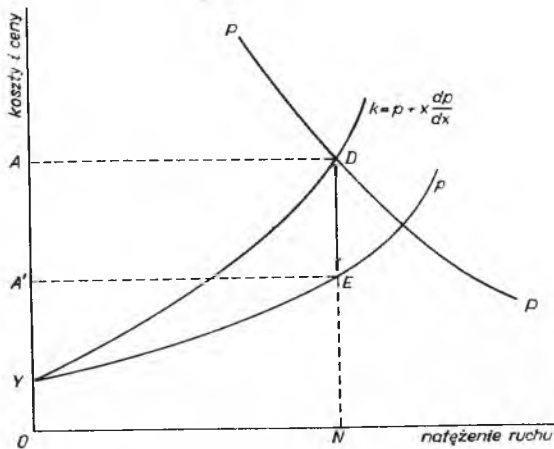
²A.C. Pigou: The Economics of Welfare. London: Macmillan and Co. 1932 s. 193 i dalej; F. Knight: Some fallacies in the interpretation of social cost. Quarterly Journal of Economics 1924 nr 38, s. 582 - 606.

łącznych z kosztami krańcowymi, prawe zachowanie użytkowników w modelu opiewym prowadzą bowiem do takiego samego rezultatu, jaki uzyskuje się w modelu normatywnym. Natomiast dla osiągnięcia optimum w zakresie kongestii w skali całej sieci i całego systemu transportowego konieczne jest wyrównanie relacji między łącznymi cenami a kosztami krańcowymi dla każdej pary dróg i każdej pary usług świadczonych przez system.

Opisana wyżej procedura wyznaczania opłat za korzystanie z sieci transportowej, polegająca na etoewaniu opłat zrównujących łączną cenę przewozu z kosztami krańcowymi, daje różne rezultaty w zależności od tego, czy na danej drodze, sieci lub w danym punkcie transportowym została przekroczona wielkość popytu, przy której przepływ osiąga maksimum. W miarę wzrostu popytu rośnie gęstość i spada prędkość ruchu. Iatniej przy tym pewna gęstość ruchu i odpowiadająca jej prędkość, które maksymalizują przepływ. Jeśli wprowadzić koszty użytkownika transportu do kosztów czasu traconego na podróż, to zgodnie z krzywą przepływu koncentracji przepływ można traktować jako funkcję gęstości ruchu i średniego kosztu (czasu) przejazdu. Tak więc dla odcinka drogi o długości 1 km³:

$$q = k \cdot v = k \cdot t^{-1}$$

gdzia: q - przepływ w poj./h,
 k - gęstość ruchu w poj./km,
 v - prędkość ruchu w km/h,
 t - czas w h.

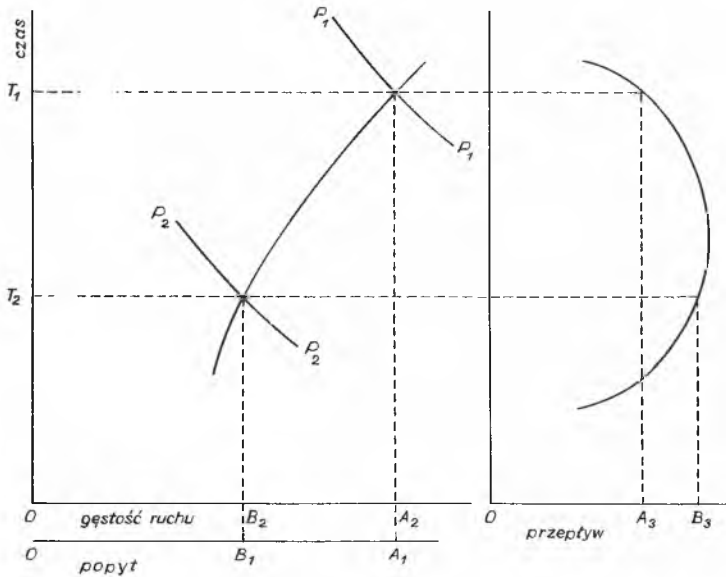


Rys. 15. Opłata za korzystanie z sieci transportowej jako środek zmniejszenia kongestii, Źródło: opracowanie własne

³Por.: R.P. Roess, E.M. Linzner, W.R. Mc Shena, L.J. Pignataro: op. cit. s. 2.

W miarę wzrostu popytu rośnie gęstość ruchu i spada prędkość, czyli rośnie też koszt przejazdu. Do momentu osiągnięcia przez gęstość i czas przejazdu wielkości wyznaczających przepływ maksymalny rośnie jednocześnie przepływ i koszt przejazdu. W takich warunkach zastosowania opłat spowoduje zmniejszenie popytu, wzrost prędkości i zmniejszenie czasu przejazdu, czyli jego kosztu. Niższe będą koszty przejazdu i niższy będzie przepływ. W przypadku przekroczenia gęstości ruchu wyznaczającej przepływ maksymalny przyrosty popytu wywołują spadek prędkości, wzrost czasu i kosztu przejazdu i zmniejszenie przepływu. Wówczas zastosowania opłat wywoła zmniejszenie gęstości ruchu, wzrost prędkości, a więc spadek czasu i kosztu przejazdu, oraz wzrost przepływu. Koszty przejazdu będą niższe, a przepływ będzie większy. Ilustruje to rysunek 16. Przy braku opłat za korzystanie z drogi popyt reprezentują krzywa oznaczona jako P_1P_1 . Popyt ten jest większy od maksymalnej przepustowości drogi. Gęstość ruchu będzie więc wysoka, a na drodze powstanie kongestia II typu - przepływ będzie mniejszy od maksymalnego. Powstanie kolajki pojazdów zamierzających skorzystać z drogi. Jej długość i czas oczekiwania będą zależą od różnicy między popytem OA_1 i przepływem OA_3 . Wprowadzenie opłat za korzystanie z drogi, ustalonych zgodnie z przyjętymi zasadami, spowoduje przesunięcie się krzywej popytu w położenie P_2P_2 . Wówczas po rozładowaniu się kolajki gęstość ruchu spadnie, a przepływ wzrośnie z OA_3 do OB_3 . Jednocześnie koszty przejazdu przez drogę zmniejszą się z OT_1 do OT_2 . Łączna cena zwiększy się o opłatę za korzystanie z drogi i zmniejszy o wartość czasu równą różnicy OT_1 i OT_2 . Tak więc przy gęstości ruchu większej od optymalnej stosowanie opłat zwiększa wykorzystanie sieci. Trzeba przy tym zaznaczyć, iż wzrost przepływu i spadek kosztów nastąpiłby nawet wtedy, gdyby wprowadzenie opłat zmniejszyło gęstość ruchu do wielkości większej od optymalnej. W warunkach kongestii II typu wzrost przepływu oznacza jednocześnie skrócenie koleisek i skrócenie czasu oczekiwania w kolejkach, a także zmniejszenie etret czasu i innych kosztów związanych z przenoszeniem kongestii na jednym odcinku sieci na inne, a więc z kongestią określaną jako triggerneok.

Należy podkreślić, iż stosowanie opłat za korzystanie z infrastruktury transportowej służy nie tylko zmniejszeniu kongestii. Wprowadzenie opłat daje także takie rezultaty, jak: zwiększenie stopnia samofinansowania transportu drogowego lub też innej gałęzi transportu, eliminacja zbędnego popytu, odroczenie na ekonomicznie uzasadniony okres inwestycji związanych z rozbudową infrastruktury transportowej. Zagadnienia te wykraczają poza zakres rzeczowy tej pracy. Warto jednak wskazać, iż poszczególne cele realizowane za pomocą opłat mogą wymagać różnej ich wysokości. Opłata gwarantująca uzyskanie uzasadnionego ekonomicznie poziomu kongestii może więc być za mała lub za duża dla realizacji innego celu. Jednakże dla wialu celów możliwe jest sformułowanie takich zasad ustalania opłat, sby zapewnić ich realizację przy jednoczesnym zmniejszeniu kongestii. W przypadku wystąpienia takiej sprzeczności z wymogami realizacji niektórych innych celów, jak na przykład zbilansowania budżetu-



Rys. 16. Rezultaty stosowania opłat w warunkach kongestii II typu, Źródło: opracowanie własne

tów drogowych, można natomiast przyjąć z góry nadrzędność postulatu zmniejszenia kongestii. Osiągane z tytułu zmniejszenia kongestii korzyści będą bowiem zawsze przewyższać straty wynikające ze złamania zasady, że użytkownicy dróg winni wspólnie ponosić koszty ich budowy i utrzymania. Tak więc istnienie innych celów ustanawianie opłat za korzystanie z sieci transportowej nie stanowi nieprzekraczalnej przeszkody dla wykorzystania opłat dla zmniejszania kongestii, chociaż może niekiedy znacznie ją utrudnić.

Jak już wspomniano, polityka w zakresie cen, opłat i podatków może zapewnić właściwy poziom kongestii w całym systemie transportowym. Zachowanie odpowiedniej relacji między cenami łącznymi a kosztami krańcowymi optymalizuje poziom produkcji przy danej wielkości środków trwałych zaangażowanych w produkcję transportową. Nie może więc mieć bezpośredniego wpływu na zatłoczenie spowodowane niedoinwestowaniem transportu. Warto podkreślić, iż nawet w takim przypadku gdy prowadzi się politykę zmniejszania kongestii tylko w części systemu transportowego, na przykład tylko na sieci drogowej, zachowana musi być odpowiednia relacja między cenami łącznymi dla tej części systemu, a cenami substytucyjnymi usług transportowych. Zmniejszenie kongestii za pomocą cen, opłat i podatków prowadzi bowiem nie tylko do rezygnacji z podróży lub do przesunięcia podróży w czasie, lecz także do kierowania się części popytu na inne sposoby przewozu. Jeśli relacja łącznych cen usług substytucyjnych i łącz-

nych cen w danej części systemu transportowego nie równałaby się rala-
cji odpowiednich kosztów krańcowych, to ukształtowałaby się taka struk-
tura ruchu, przy której nie byłoby możliwe uzyskanie optimum produkcji
ani w tej części, ani w całym systemie. Trzeba zaznaczyć, iż rozpatrując
problemy optymalizacji w odniesieniu do większych systemów, takich jak
system transportowy miasta, należałoby posługiwać się w miarę kosztu
krańcowego krańcowym kosztem zasobów⁴. Wymóg ten nie wiąże się jednak w
jakiś spacyficzny sposób z zagadnieniami kongestii transportowej, lecz
dotyczy wszystkich ważniejszych aspektów gospodarowania.

Koncepcja powiązania cen transportowych z kosztami krańcowymi wydaje
się atrakcyjnym sposobem zmniejszania kongestii transportowej, zarówno na
sieci transportu drogowego jak i w całym systemie transportowym. Jej rea-
lizacja napotyka jednak wiele trudności. Nie przesądzają one o nie-
przydatności takich instrumentów jak ceny, opłaty i podatki dla zmniej-
szania kongestii. Niewątpliwie winny one być wykorzystywane w tym celu.
Trzeba jednak określić, jakie mogą być praktyczne rezultaty ich stosowa-
nia.

Do najważniejszych przyczyn trudności w stosowaniu cen, opłat i po-
datków dla zmniejszenia kongestii transportowej zliczyć należy przede
wszystkim dwie cechy popytu transportowego: dużą zmienność w czasie i
małą elastyczność cenową. Dla danej krzywej popytu istnieje tylko jeden
optymalny poziom produkcji i można go uzyskać poprzez zastosowanie ceny,
opłaty lub podatku o określonej wysokości. Instrumenty te kształtują
stan optymalny tylko dla danej krzywej popytu. Wiadomo natomiast, że po-
pyt na usługi systemu transportowego wykazuje znaczne zmiany w bardzo
krótkich okresach. Tak więc dla utrzymania kongestii na wśściwym pozio-
mie w każdym momencie danego okresu, takiego jak na przykład doba, trze-
ba by zastosować - w zależności od konkretnych warunków - od kilkunastu do
kilkudziesięciu różnych wysokości opłat lub cen. Duża zmienność popytu
na usługi systemu transportowego miasta nie utrudnia jednak w zasadzie
jego przewidywania. Zmienność ta jest bowiem przede wszystkim wynikiem
wahań okresowych. Jest przy tym rzeczą oczywistą, iż przewidywanie zmian
popytu jest tym trudniejsze i droższe, im wyższe wymagania stawia się
przed prognozą. Jednocześnie im częstsze będą zmiany cen lub opłat, tym
wyższe będą koszty ich stosowania. Tak więc ustalając liczbę zmian cen
lub opłat w danym okresie trzeba uwzględnić z jednej strony korzyści z
tytułu utrzymywania optymalnego poziomu produkcji, a z drugiej strony
koszty zmian cen lub opłat, a w tym oczywiście koszty odpowiednio wcześ-
nego informowania potencjalnych użytkowników usług systemu transportowego
o tych zmianach. Nie można bowiem dopuścić do tego, by koszty zmian cen
lub opłat były wyższe od strat wynikających z odchylenia się w pewnych

⁴H.M. Kolssen: Regulation, efficiency and the public interest. Internation-
al Journal of Transport Economics 1974 v. 1 nr 1 s. 40.

momentach danego okresu poziomu produkcji od poziomu optymalnego. Oznacza to, iż w wielu przypadkach uzasadniona będzie stosowanie w ciągu doby niawisłu poziomów cen i opłat, na przykład jednego dla okresu szczytowego natężenia ruchu i jednego dla okresu pozostałego.

Zostało już wcześniej wykazane, iż niska elastyczność cenowa popytu ogranicza skuteczność cen, opłat i podatków jako samodzielnych środków zmniejszania kongestii transportowej. Jednakże z uwagi na zjawisko podążania kongestii w ślad za przyrostami podaży transportowej, odpowiednia polityka cenowa jest niezbędnym elementem przy stosowaniu takich zespołów środków zmniejszania kongestii, które przewidują wzrost podaży, nawet jeśli w okresie wyjściowym elastyczność cenowa popytu jest niska. Trzeba jednak podkreślić, iż prowadzenie polityki zmniejszania kongestii za pomocą cen, opłat i podatków w warunkach niskiej elastyczności cenowej popytu może przynieść znaczne szkody społeczne. Będzie to miało miejsce wtedy, gdy przyczynami niskiej elastyczności cenowej popytu są obligatoryjność potrzeby przewozowej i brak alternatywy dla danego sposobu odbywania podróży. Przyczyna braku alternatywy może tkwić w systemie transportowym albo też może wiązać się z samym użytkownikiem. Ograniczony zakres wyboru mają często inwalidzi i ludzie starsi. Różny zakres wyboru mają zawsze osoby posiadające pojazdy indywidualne i osoby, które takich pojazdów nie posiadają, chociaż brak alternatywy dla pewnego sposobu odbywania podróży zdarza się nie tylko w przypadku osób nie posiadających samochodów. W wielu miastach niedorozwój transportu publicznego zmusza osoby podróżujące do pracy do korzystania z własnych pojazdów⁵. Nadto niska krzyżowa elastyczność cenowa popytu wynika bardzo często z niskiego poziomu dochodów⁶. Podniesienie cen i opłat transportowych może więc spowodować ograniczenie dostępności do zatrudnienia i zwiększenie niemożliwych do uniknięcia i ponoszonych w dużej mierze przez ludność niemaszową - wydatków transportowych.

W roli instrumentu zmniejszenia kongestii występować mogą ceny pobierane za usługi transportowe jednorazowe, jak i ceny pobierane w zamian za prawo do korzystania z ustalonej, większej liczby usług lub do korzystania z usług w pewnym okresie. Natomiast spośród wielu stosowanych w praktyce opłat i podatków, stanowiących formę bezpośredniego i pośredniego obciążenia użytkowników dróg kosztami ich budowy i utrzymania, dla zmniejszania kongestii mogą być wykorzystywane dwa ich rodzaje, a mianowicie:

- bezpośrednie opłaty za użytkownika drogi lub innych elementów infrastruktury transportowej,

⁵T.E. Kuhn: The economics of transportation planning in urban areas. W: Transportation Economics. New York National Bureau of Economic Research Inc. 1965 s. 303.

⁶G. Kraft, T.A. Domencich: Free Transit. Readings in Urban Economics. New York: 1972 s. 463.

- pośrednie podatki zawarte w rynkowej cenie oleju napędowego, benzyny, smarów i opon.

Opłaty bezpośrednie mogą być pobierane ze jednorazowego skorzystania z elementu infrastruktury transportowej lub z wielu takich elementów albo też mogą przyjmować postać opłaty zryczałtowanej, uprawniającej do korzystania z infrastruktury w pewnym okresie, na przykład miesiąc lub roku. Opłata zryczałtowana może dotyczyć przejazdów przez konkretną drogę, most lub część sieci drogowej w ciągu całej doby albo w czasie szczytowego natężenia ruchu.

Najlepsze rezultaty w zakresie zmniejszenia kongestii zapewni niewątpliwie system cen i opłat bezpośrednich ze jednorazowego korzystania z poszczególnych usług systemu transportowego. Pozwala on bowiem na ściśle dostosowanie cen i opłat do zmian popytu w czasie. System taki jest jednocześnie najskuteczniejszym sposobem obciążenia użytkowników systemu transportowego wywołanymi przez nich zewnętrznymi kosztami transportu i tym samym zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska miejskiego⁷. Bezpośrednie opłaty za korzystanie z sieci drogowej są przy tym uważane za najlepszy sposób ograniczania nadmiernego ruchu samochodowego w miastach⁸. Wprowadzenie ruchomego systemu cen w transporcie miejskim nie jest zadaniem trudnym ani kosztownym. Odmienne przedstawia się natomiast to zagadnienie w przypadku opłat za jednorazowe skorzystanie z infrastruktury transportowej. Na zatłoczonych ulicach miejskich nie można bowiem pobierać opłat tak, jak się to robi na niektórych drogach i mostach poza miastem. Wprowadzenie systemu pobierania opłat ze korzystania z poszczególnych elementów sieci drogowej, i to opłat zmieniających się w ciągu doby, napotyka się barierę techniczną i ekonomiczną. Projekty urzędów do pobierania opłat drogowych w miastach istnieją już od dawna⁹. Przewidują one możliwość identyfikacji pojazdów bez wpływu na ich ruch, na przykład na podstawie odczytywania specjalnych tablic rejestracyjnych lub impulsów urządzenia nadawczego zainstalowanego w pojazdach. Zakłada się także podawanie użytkownikom sieci drogowej informacji o poziomie kongestii i opłatach przed wjazdem na obszar objęty systemem opłat. Zapłata za korzystania z sieci następowałaby w później-

⁷Por. G.K. Ingram, G.R. Fauth, E. Kroch: Cost and effectiveness of emission reduction and transportation control policies. *International Journal of Transport Economics* 1975 v. 2 nr 1 s. 17 - 45.

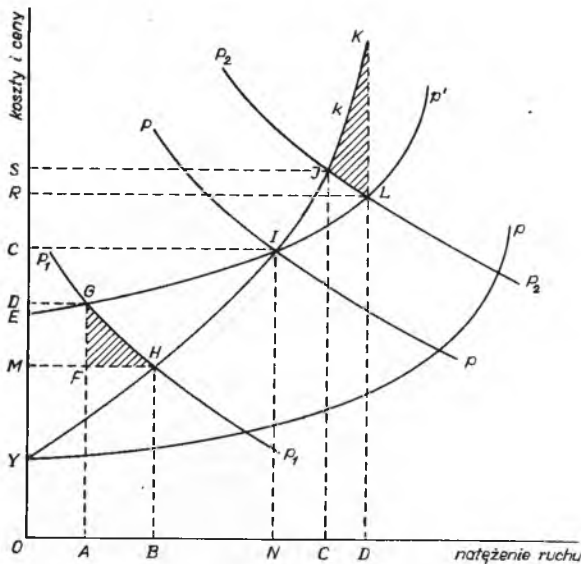
⁸G.S. Goldstein, L.N. Moses: Transportation controls and the spatial structure of urban areas. *The American Economic Review* 1975 (Papers and Proceedings of the Eighty - seventh Annual Meeting of the American Economic Association, San Francisco, California, December 28 - 30 1974) v. 65 nr 2 s. 294.

⁹Projekty takie zawierają między innymi następujące opracowania: U.S. Congress, Senate and House Joint Committee on Washington Metropolitan Problems, *Transportation Plan for the National Capital Region*, 86th Congress 1 st. sess 1959, R.J. Smead: *Road Pricing: the Economic and Technical Possibilities*. London Ministry of Transport, H.M. Stationery Office 1964.

szym czasie, po przedstawieniu odpowiedniego rachunku. Przas barierę techniczną należałoby więc w tym przypadku rozumieć trudności techniczne związane z wyprodukowaniem, zainstalowaniem i eksploatacją takich urządzeń. Wysoce prawdopodobna jest także występowania bariery ekonomicznej. Większość miast nie dysponuje bowiem wolnymi środkami finansowymi, a wręcz przeciwnie odczuwa brak środków na realizację bardziej potrzebnych przedsięwzięć.

Pobieranie dziennych, miesięcznych i rocznych opłat za prawo wjazdu na zatłoczoną część miejskiej sieci transportowej jest bardzo niedoskonałym surogatem opłat za jednorazowe usługi systemu transportowego. Jest to jednak o wiele prostszy w realizacji i tańszy sposób zmniejszania kongestii. Na segmentach sieci drogowej nie pełniących funkcji tranzytowych podobne rezultaty można uzyskać stosując opłaty za parkowanie. Zasadniczym zedaniem opłat za parkowanie jest zmniejszenie zatłoczenia parkingów i miejsc, na których dozwolony jest postój pojazdów. Niemniej wprowadzenie tych opłat zmniejsza także ruch docelowy do pewnych części miasta i jednocześnie wpływa na zmianę rozkładu ruchu na sieci.

Podatki pośrednie nakładane są na materiały, których zużycie rośnie nie tylko wraz ze wzrostem przebiegu pojazdów, ale także wraz ze wzrostem kongestii. Jednakże efekt cenowy powodowany wzrostem zużycia tych materiałów w wyniku zwiększenia się kongestii jest słaby. Jest to związane z tym, iż funkcja obrazująca zależność między wielkością podatku, zmieniającą się wraz ze zmianami zużycia danego materiału, a kongestią ma inny przebieg niż funkcja obrazująca zależność różnicy między kosztami krańcowymi a przeciętnymi od zmian kongestii. Nie można więc znaleźć takiej podstawy wymiaru podatku, ani jego wysokości, aby koszty przeciętne zmiana powiększona o podatek równały się - choćby w przybliżeniu - kosztom krańcowym dla całego zakresu zmian krzywej popytu. Proponowany niekiedy sposób zmniejszenia tej wady podatku pośredniego poprzez ustalenie różnych cen paliwa na obszarach o zatłoczonej sieci i obszarach o sieci słabo wykorzystywanej nie może mieć przy tym zastosowania w miastach. Zasadniczą zaletą podatku pośredniego jest prostota i łatwość jego ustalania i pobierania. Z tego powodu jest on podstawową formą opłacania usług sieci drogowej na całym świecie. Niestety nie pozwala on jednak na skuteczne działania na rzecz zmniejszenia kongestii transportowej. Ilustruje to rysunek 17. Zaznaczone tam koszty przeciętne zmienne powiększone o podatek rosną w miarę wzrostu natężenia ruchu szybciej niż same koszty przeciętne zmienne. Jednakże przebieg krzywych obrazujących koszty przeciętne zmienne powiększone o podatek i koszty krańcowe jest różny. Tylko dla jednej krzywej popytu - na rysunku jest to krzywa PP - podatek zapewnia utrzymanie produkcji na poziomie optymalnym. Dla krzywej popytu P_1P_1 koszty przeciętne zmienne powiększone o podatek wyznaczają natężenie ruchu OA, mniejsze od optymalnego o AB. Powstaną więc straty w nadwyżce społecznej. Na rysunku obrazuje je pola FGH. Natomiast dla krzywej popytu P_2P_2 koszty zmienne powiększone o podatek wyznaczają natężenie ruchu OD, większe o CD od optymalnego. Wówczas straty w nadwyżce



Rys. 17. Podatek pośredni a ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii: k - koszty krańcowe, p - koszty przeciętne zmienne, p' - koszty przeciętne zmienne powiększone o podatek, Źródło: opracowanie własne

społecznej wyniosę JKL. Tak więc dla pewnego przedziału natężenia ruchu podatek pośredni zmniejszy kongestię do poziomu przekraczającego ekonomicznie uzasadniony, dla jednej wielkości natężenia ruchu optymalizuje ją a dla pozostałego przedziału natężenia ruchu zmniejszy do poziomu niższego niż ekonomicznie uzasadniony.

W polityce ustalania cen usług transportowych oraz opłat za użytkowanie infrastruktury transportowej trzeba uwzględnić zjawisko występowania „kosztów niedostrzeganych”. Optimum wyznaczone przy uwzględnianiu tych kosztów zapewni bowiem wyższą wartość przyjętej funkcji celu niż optimum wyznaczone z pominięciem „kosztów niedostrzeganych”¹⁰. Należałoby więc stosować opłaty równe różnicy między kosztami krańcowymi a subiektywnymi kosztami przeciętnymi zmiennym i ceny zwiększona o koszty niedostrzegane przez konsumentów usług transportowych. Zapewni to maksymalizację korzyści netto w skali całego układu „droga - użytkownicy” lub „przewoźnik - użytkownicy”, ale spowoduje też zmianę podziału tych korzyści. Organ zarządzający drogą lub przewoźnik zwiększy sws wpływy o sumę równą kosztom, których nie dostrzegają użytkownicy, a powstającym

¹⁰Por. K.J. Button: On the benefits from road pricing. International Journal of Transport Economics 1976 v. 3 nr 1 s. 91 - 95.

przy optymalnym natężeniu ruchu lub przy optymalnej wielkości przewozów. O taką samą sumę zmniejszą się korzyści netto użytkowników usług systemu transportowego. Stan równowagi obiektywnej nie wiąże się koniecznie z uzyskaniem przez użytkowników usług systemu transportowego mniejszych korzyści netto, niż te jakie uzyskują oni przy stanie optymalnym. Podobnie przedstawia się to zagadnienie w odniesieniu do stanu równowagi subiektywnej. Jeżeli jednak w cenie lub opłacie uwzględnia się „koszty niedostrzeżone”, to przy optymalnej wielkości ruchu rzeczywiste przeciętne koszty zmienna użytkowników powiększona o opłatę równą różnicy między rzeczywistymi kosztami krańcowymi a subiektywnymi przeciętnymi kosztami zmiennymi mogą być znacznie większe od tych kosztów krańcowych. Istnieje więc duże prawdopodobieństwo, iż korzyści netto użytkowników będą wówczas mniejsze od korzyści, jakie uzyskaliby oni przy rezygnacji ze zmniejszenia kongestii za pomocą cen i opłat. Zmiany relacji korzyści netto użytkowników i przewoźników lub też organów zarządzających drogą nie wpływają na ocenę rezultatów zmniejszania kongestii, jeśli korzyściom jednostkowym netto odnoszonym przez te podmioty przypisuje się taką samą wartość. W przeciwnym przypadku konieczne jest albo skorygowanie rachunku optymalizacyjnego poprzez określenie wag jednostkowych korzyści netto poszczególnych podmiotów, albo też ustalenie skutecznego praktycznego sposobu zwracania użytkownikom sum pobranych dla skompensowania braku działania „kosztów niedostrzeżonych” w procesie kształtowania wielkości ruchu.

Zmniejszenie kongestii za pomocą cen, opłat i podatków polega na uświadomieniu użytkownikom usług systemu transportowego pełnych zewnętrznych konsekwencji ich podróży. Omawiane instrumenty umożliwią stworzenie skutecznego systemu zmniejszenia kongestii transportowej obejmującego wszystkie zatłoczone elementy sieci lub tylko ich część i działającego stale lub okresowo. Wdrożenie takiego systemu wiąże się jednak z pewnymi generalnymi przeszkodami, o wiele poważniejszymi niż wspomniane wcześniej techniczne i ekonomiczne bariery w stosowaniu opłat za korzystanie z sieci transportowej. Polityka cenowa służąca zmniejszeniu kongestii transportowej wymaga bowiem pełnej akceptacji rozwiązań rynkowych, a ściślej rozwiązań zbliżonych do zasad wolnokonkurencyjnych. Całkowita akceptacja tych rozwiązań w transporcie miejskim nie jest jednak możliwa. Wynika to z wielu przyczyn. Adaptując model optimum ekonomicznego dla potrzeb transportu, zapomina się często, iż stosowanie cen maksymalizujących łączne korzyści netto może pociągnąć za sobą konkretne straty ponoszone przez użytkowników usług systemu transportowego. Najczęściej jedni użytkownicy zyskują, a inni tracą¹¹. Przy wyższych cenach łącznych część potencjalnych użytkowników rezygnuje z podróży i tym samym straci uzyskiwane wcześniej korzyści netto. Nie można przy tym ustalić z dostateczną pewnością, iż zlikwidowany zostanie wówczas popyt zbędny. Trud-

¹¹F.J. Anderson, N.C. Bonsor: Optimality and incentives in public utility pricing. *International Journal of Transport Economics* 1978 v. 5 nr 1 s. 4 - 5.

no jest także ocenić strety podróży, którzy przy wyższych cench i opłatach zmieniają sposób, trasę lub czas przjazdu. Dla części użytkowników zmniejszenie kongestii pociąganie za sobą wzrost łącznych cen, pomimo spadku kosztów alternatywnych przewozów i kosztów eksploatacji pojazdów indywidualnych. Jednocześnie nie wszyscy mają możliwość wyboru innego sposobu podróży. Skutki braku możliwości wyboru przedstawiono już wcześniej, rozpatrując przyczyny niskiej elastyczności cenowej popytu transportowego w miastach. Istnieją więc obiektywne argumenty przeciwko zmniejszeniu kongestii w opisany wyżej sposób. Spowodują one bez wątpienia silną krytykę społeczną wobec koncepcji prowadzenia takiej polityki. Krytyka będzie koncentrowała się na skutkach zmniejszenia kongestii dla osób niezamożnych. Ta grupa ludności będzie bowiem preferowała stan, w którym kongestia tworzy swą własną równowagę, niezależnie od tego, iż zmniejszenie kongestii stwarza możliwość maksymalizacji korzyści całkowitych netto. Praktyka dowodzi, że cele społeczne, a przede wszystkim cele społeczne związane z poziomem życia osób niezamożnych, zawsze przeważają nad celami gospodarczymi, jeśli decyzje podejmowane są przez organa publiczne, którym zależy na opinii społecznej, i którym zależy na unikaniu napięć społecznych. Tak więc należy wątpić w praktyczną możliwość realizacji polityki zmierzającej do zmniejszenia kongestii transportowej, a wymagającej podniesienia cen i wprowadzenia nowych opłat za usługi systemu transportowego, nawet gdyby celowość i efektywność takich działań w skali ogólnej nie budziły żadnych zastrzeżeń. Trzeba także zauważyć, iż polityka cenowa w zakresie zmniejszenia kongestii mogłaby stać w sprzeczności z koniecznością utrzymywania danych poziomów lub danych relacji cen dla realizacji innych celów, na przykład zmiany struktury przewozów. Nasuwa się więc wniosek, iż koncepcje zmniejszenia kongestii transportowej w przedstawionej wyżej postaci nie ma wielkiej bezpośredniej przydatności dla działań w skali całego systemu transportowego miasta. Nader wątpliwe jest jej zastosowanie dla osiągnięcia w całym systemie transportowym stanu zbliżonego do optimum. W sprzyjających warunkach może natomiast służyć do zmniejszania poziomu kongestii w całym systemie, ale bez osiągnięcia takiego stanu, oraz do zmniejszania kongestii w pewnych elementach systemu transportowego.

Przedstawione wyżej ograniczenia stosowania cen, opłat i podatków w roli instrumentów zmniejszania kongestii transportowej prowadzą się najczęściej do niemożności podniesienia cen i podatków oraz trudności we wprowadzaniu opłat za korzystanie z sieci drogowej. Rzadziej polegają one na niemożności zmiany więcej niż jednej relacji między cenami, opłatami i podatkami. Stwarza to szansę na obejście tych ograniczeń. W teorii ekonomii wypracowano bowiem koncepcję optymalizacji, która może być stosowana w przypadku występowania podobnych ograniczeń. Nosi ona nazwę teorii drugiego najlepszego rozwiązania i opiera się na podstawowym twierdzeniu, iż jeśli w danym systemie nie może być spełniony jeden z warunków optimum Pareto, to rozwiązanie optymalne wymaga odrzucenia wezy-

stkich pozostałych warunków¹². W myśl wcześniejszych ustaleń optimum kongestii transportowej wymaga zrównania ralecji między cenami a kosztami krańcowymi w całym systemie transportowym. Zgodnie z wymogami ogólnej równowagi oznacoza to jednocześnie zrównanie krańcowych stóp substytucji w konsumpcji i krańcowych stóp substytucji w produkcji. Dana jest więc funkcja użyteczności F i funkcja transformacji G dla zmiennych x , które reprezentują poszczególne sposoby przewozu:

$$\begin{aligned} F(x_1 \dots x_n) \\ G(x_1 \dots x_n) = 0 \quad i = 1 \dots n \end{aligned}$$

Zrównania stóp substytucji wymaga by:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} - \lambda \frac{\partial G}{\partial x_1} = 0 \quad i = 1 \dots n$$

λ - mnożnik Lagrange'a

ozylu:

$$\frac{\frac{\partial F}{\partial x_1}}{\frac{\partial F}{\partial x_n}} - \frac{\frac{\partial G}{\partial x_1}}{\frac{\partial G}{\partial x_n}} = 0 \quad i = 1 \dots n-1$$

Jeśli te warunki równowagi zostaną zakłócone, a więc jeśli przykładowo z uwagi na konieczność stosowania pewnej ceny różnej od kosztu krańcowego musi być tak, że:

$$\frac{\frac{\partial F}{\partial x_1}}{\frac{\partial F}{\partial x_n}} = k \frac{\frac{\partial G}{\partial x_1}}{\frac{\partial G}{\partial x_n}} \quad k \neq 1$$

to funkcja użyteczności osiągnie maksimum w warunkach tego ograniczenia gdy¹³:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} - \lambda \frac{\partial G}{\partial x_1} = 0 \quad i = 2 \dots n-1$$

Teoria drugiego najlepszego rozwiązania jest z powodzeniem stosowana w pracach teoretycznych w dziedzinie transportu i służy także badaniom o

¹²R.G. Lipsey, K. Lancaster: The general theory of second best. Review of Economic Studies 1956-1957 v. 24 s.11-32.

¹³R.G. Lipsey, K. Lancaster: op. cit./ s.11.

charaktera postulatywnym. Stanowi ona teoretyczną podstawę koncepcji kształtowania cen za usługi systemu transportowego rozwijanych między innymi przez H. Lavy, - Lambarta, M. Marchanda i T.J. Bertranda¹⁴. H. Lavy - Lambert jako pierwszy przesunął pola zainteresowania w badaniach nad kształtowaniem cen transportowych z zagadnienia poszukiwania optymalnych cen do pewnych - istniejących już - cen nieoptymalnych. M. Marchand skonfrontował tak postawiony problem z ogólnym modelem równowagi i przeanalizował skutki nowej koncepcji ustalania cen dla radystrybucji dochodów. Natomiast T.J. Bertrand sformułował model, który może być wykorzystany dla optymalizacji kongestii w warunkach ograniczonej swobody ustalania cen, opłat i podatków.

Przyjmując ogólne założenia teorii drugiego najlepszego rozwiązania T.J. Bertrand określił zasady ustalania cen, opłat i podatków w sytuacji, gdy dla jednego sposobu przewozu lub dla jednego rodzaju środków transportu nie można ustalić ceny łącznej zrównującej pełną kosztu użytkownika z kosztami krańcowymi. W swym modelu rozpatruje on relacje między tymi elementami cen, opłat i podatków, które służą zmniejszeniu kongestii. Dla uproszczenia można wszystkie te elementy nazywać dalej opłatami. Optymalną wysokość opłat wyznacza następujący warunek¹⁵:

$$\begin{bmatrix} -q_1 \frac{\partial v_1}{\partial t_1} - q_2 \frac{\partial v_2}{\partial t_1} \dots - q_{n-1} \frac{\partial v_{n-1}}{\partial t_1} \\ -q_1 \frac{\partial v_1}{\partial t_2} - q_2 \frac{\partial v_2}{\partial t_2} \dots - q_{n-1} \frac{\partial v_{n-1}}{\partial t_2} \\ \vdots \\ -q_1 \frac{\partial v_1}{\partial t_{n-1}} - q_2 \frac{\partial v_2}{\partial t_{n-1}} \dots - q_{n-1} \frac{\partial v_{n-1}}{\partial t_{n-1}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{D_n}{q_n} - \frac{D_1}{q_1} \\ \frac{D_n}{q_n} - \frac{D_2}{q_2} \\ \vdots \\ \frac{D_n}{q_n} - \frac{D_{n-1}}{q_{n-1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{D_n}{q_n} \frac{\partial T}{\partial t_1} \\ -\frac{D_n}{q_n} \frac{\partial T}{\partial t_2} \\ \vdots \\ -\frac{D_n}{q_n} \frac{\partial T}{\partial t_{n-1}} \end{bmatrix}$$

gdzie: v_h - liczba użytych jednostek środka transportu h ,
 q_h - stała liczba pasażarokilometrów wykonywanych przez środek transportu h ,
 T - całkowita liczba wykonywanych pasażarokilometrów,

¹⁴Por. H. Lavy - Lambert: Tarification des services a "qualite" variable - application aux passagers de circulation. *Econometrica* 1968 v. 36 nr 3/4 s. 564-574, M. Marchand: A note on optimal tolls in an imperfect environment. *Econometrica* 1968 v.36 nr 3/4 s. 575-581 i T.J. Bertrand: Second best congestion taxes in transportation systems. *Econometrica* 1977 v.45 nr 7 s.1703-1715.

¹⁵T.J. Bertrand: op.cit.

$$T = \sum_{h=1}^n q_h V_h$$

s_h - społeczne koszty kongestii środka transportu h ,

t_h - opłata nakładana na środek transportu h ,

D_h - różnica między społecznymi kosztami kongestii a opłatą dla środka transportu h ,

$$D_h = s_h - t_h$$

V_h - środek transportu, dla którego nie można zastosować opłaty równej społecznym kosztom kongestii,

$$t_n \neq s_n$$

Jeżeli wprowadzanie opłat nie zmieni wielkości popytu całkowitego i tym samym nie zmieni wielkości pracy przewozowej wykonywanej przez cały system transportowy, a więc gdy:

$$\frac{\partial T}{\partial t_a} = 0 \quad \text{dla wszystkich } a = 1 \dots n-1,$$

to uzyskanie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii wymaga wyrównania różnic między społecznymi kosztami kongestii a opłatami liczonymi na jednostkę pracy przewozowej:

$$\frac{D_h}{q_h} = \frac{D_n}{q_n} \quad \text{dla wszystkich } h = 1 \dots n-1.$$

Można się zdziwić, iż liczona na jednostkę pracy przewozowej różnica między społecznymi kosztami kongestii a opłatą dla środka transportu V_h będzie większa niż społeczny koszt kongestii na jednostkę pracy przewozowej powodowany przez pozostałe środki transportu. Taka sytuacja wystąpi przykładowo w wypadku rezygnacji z pobierania opłat za korzystanie z sieci drogowej. Społeczny koszt kongestii przypadający na jednostkę pracy przewozowej wykonywanej przez pojazdy indywidualne jest prawie zawsze większy od takiego kosztu przypadającego na jednostkę pracy przewozowej wykonywanej przez pojazdy transportu zbiorowego. Jeśli nawet zrezygnują się wówczas z obciążania opłatami również środków transportu zbiorowego, to i tak nie zostanie spełniony warunek wyrównania różnic między społecznymi kosztami kongestii a opłatami. Tak więc jeśli:

$$\frac{s_n - t_n}{q_n} > \frac{s_h}{q_h} \quad \text{dla wszystkich } h = 1 \dots n-1,$$

to opłata dla wszystkich środków transportu V_h musi być mniejsza od zara. Oznacza to, iż optymalny poziom kongestii może być osiągnięty tylko wtedy, gdy usługi środków transportu V_h będą sprzedawane po cenach niższych od kosztów przeciętnych. Nie ma bowiem innego sposobu obniżenia ceny łącznej o wysokość równą ujemnej opłacie t_h . Pociągnia to za sobą konieczność subwydrowania transportu zbiorowego.

Natomiast jeżeli wprowadzenie opłat zmienia popyt całkowity, to stosowania zasady wyrównywania różnic między społecznymi kosztami kongestii a opłatami doprowadzi do rozwiązania nieoptymalnego. Konieczne są więc pewna zmiany opłat dla akorygowania struktury popytu. Ich celem winno być zmniejszenie popytu na usługi, dla których korzyści konsumpcji są niższe od kosztów ich dostarczenia.

Stąd też jeżeli:

$$\frac{\partial T}{\partial t_e} \ll 0 \quad \text{dla wszystkich } a = 1 \dots n-1,$$

to optymalne rozwiązania zostanie uzyskane przy opłatach spełniających warunek:

$$\frac{D_h}{q_h} \ll \frac{D_n}{q_n} \quad \text{dla wszystkich } h = 1 \dots n-1.$$

Ta zależność nie przesądza o potrzebie subsydiowania części lub całości środków transportu V_h . Potrzeba taka wystąpi jednak zawsze, gdy różnica między społecznymi kosztami kongestii a opłatą dla środka transportu V_n przyjmie dużą wartość. Nie warto rozpatrywać tutaj przypadków, w których opłata dla środków transportu V_n byłaby wyższa od powodowanych przez nią społecznych kosztów kongestii. Występująca w transporcie miejskim ograniczenia w zakresie polityki cenowej zmierzają do zmniejszenia kongestii dotyczą bowiem tylko niemożności stosowania pewnych opłat i niemożności podwyższenia pewnych cen. Subsidia są typowym zjawiskiem w transporcie miejskim. Konceptje drugiego najlepszego rozwiązania nie wymaga rezygnacji z subsydiowania pewnych środków transportu. Wręcz przeciwnie, wskazuje ona na możliwość jednoczesnego zmniejszania kongestii i stosowania niskich cen, a więc i subsydiów. Warto zaznaczyć, iż - przedstawiony wyżej w zarysie modal T.J. Bertranda może być wykorzystany dla wyznaczenia opłat także w takiej sytuacji, gdy ograniczenia związane z wysokością tych opłat dotyczą więcej niż jednego rodzaju środków transportu.

Jak wynika z wcześniejszych rozważań, miasta mogą prowadzić różnorodną politykę w zakresie zmniejszania kongestii transportowej. Jej celem może być osiągnięcie stanu zbliżonego do optimum lub wręcz stanu optymalnego, znaczne zmniejszenia kongestii w całym mieście, zmniejszania kongestii w jego części lub tylko w wybranych elementach systemu transportowego itd. Każdy kolejny krok na drodze od stanu wyjściowego do stanu optymalnego wiąże się z coraz to większymi trudnościami i kosztami. Nie sposób oczywiście przesądzać z góry - jaki powinien być cel takiej polityki, ani też - jakie nakłady należy przeznaczyć na zmniejszanie kongestii. Warto jednak wskazać na możliwość stosowania polityki, wykorzystującej jednocześnie koncepcję optimum Parato i optimum opartego na koncepcji drugiego najlepszego rozwiązania. Praktyczna wartość polityki zmniejszania kongestii sprowadza się przede wszystkim do tego, by jej cel i zasady mogły być zaakceptowane przez władze i mieszkańców miasta

oraz do tego, by jej wdrażania nie napotykało na bariery techniczne i ekonomiczne. Warunki ta będą spełniona w stopniu co najmniej dostatecznym, jeśli przyjmie się następujące zasady i cel postępowania:

- 1) Celem działania jest osiągnięcie ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii lub - jeśli jego osiągnięcia okaza się niemożliwa - znaczna jej zmniejszenie;
- 2) Zmniejszenie kongestii nie powinno pociągać za sobą dużych kosztów. Nie należy ponosić żadnych nakładów na środki trwałe służące stosowaniu instrumentów cenowych i należy ograniczać koszty pobierania opłat¹⁶. Trzeba zaakceptować wydatki na badania kongestii transportowej. Badanie kongestii może oczywiście służyć także innym celom, zwłaszcza wtedy, gdy będzie ono elementem szerszego programu badawczego;
- 3) Sposób działania musi uwzględniać dotychczasową, tradycyjną zasady polityki cenowej. Należy unikać istotnych zmian tych zasad i stosowania nowych, dotychczas nie znanych, instrumentów;
- 4) Zastosowany system cen, opłat i podatków musi być czytelny dla użytkowników transportu. Konieczność częstych zmian elementów tego systemu trzeba traktować jako jego wadę - należy dążyć do jego stabilizacji;
- 5) Konieczna jest kontynuowanie polityki niskich cen w zbiorowych przewozach pasażerskich na obszarze miasta.

W większości miast nie pobiera się opłat za korzystanie z sieci drogowej, obciąża się użytkowników własnych pojazdów podatkami pośrednimi, a najczęściej także i bezpośrednio, oraz subwydają się transport zbiorowy dla utrzymania cen usług transportowych na jakimś poziomie. Jednocześnie niestosowanie opłat za korzystanie z sieci drogowej i stosowanie cen usług transportowych niższych od kosztów krańcowych, a z reguły niższych także od kosztów przeciętnych, nasuwa skojarzenie ze stosowaniem koncepcji drugiego najlepszego rozwiązania w odniesieniu do dwu podsystemów: indywidualnego transportu drogowego i transportu zbiorowego. Jeśli w transporcie indywidualnym występują ograniczenia utrudniające zrównanie cen łącznych z kosztami krańcowymi, to zaniżone ceny usług transportowych można by traktować jako sposób zrównania relacji cen łącznych w transporcie indywidualnym i zbiorowym z relacją krańcowych kosztów użytkowników własnych pojazdów i użytkowników transportu zbiorowego. W rzeczywistości jest to wynik trudności stosowania opłat i, koniecznej przy braku tych opłat, polityki zwiększania atrakcyjności transportu zbiorowego poprzez obniżkę jego cen. Tak ukazane ceny nie gwarantują

¹⁶ Rezygnacja z nakładów na środki trwałe jest podyktowana przekonaniem, iż skąpe z reguły środki, którymi dysponują władze miejskie, mogą znaleźć bardziej efektywne zastosowanie, jak na przykład poprawa sterowania ruchem. Jeśli jednak wspomniane nakłady zwróciłyby się w krótkim czasie, to założenie to trzeba by uchylić.

tużę zachowania optymalnych relacji dla drugiego najlepszego rozwiązania. Ich wpływ na kongestię może być zarówno korzystny, jak i niekorzystny. Jednakże opisana analogia może - w zestawieniu z przyjętym celem i określonymi zasadami postępowania - stanowić dobry punkt wyjścia dla ustalania założeń polityki cenowej zmierzającej do zmniejszania kongestii transportowej. Instrumentami polityki cenowej winny być ceny usług transportowych, podatki pośrednie płacone przez użytkowników pojazdów indywidualnych i - w mniejszym zakresie - zryczałtowane opłaty za korzystanie z sieci drogowej. Z uwagi na dużą zmienność popytu w ciągu doby należałoby często zmieniać wysokość opłat i cen. Częste zmiany polepszyłyby stopień realizacji celu, ale byłyby sprzeczne z przyjętymi zasadami. Rozsądna wydaje się więc rozwiązanie polegające na stosowaniu dwu stawów instrumentów cenowych: jednego dla okresu większego natężenia ruchu, a drugiego dla okresu mniejszego natężenia ruchu. Pierwszy okres winien obejmować jeden lub dwa przedziały czasowe w ciągu doby, w czasie których występują znaczne natężenia ruchu i jednocześnie duża kongestia. Wybór liczby i ścisłe określenie takich przedziałów lub takiego przedziału zależy od czasowego rozkładu ruchu w ciągu doby. Trzeba przy tym zaznaczyć, iż pozostały okres - okres mniejszego natężenia ruchu - zawierać będzie w sobie przedział czasowy, w którym popyt na przewozy jest bardzo mały. Gdy popyt na przewozy jest bardzo mały, to nie występuje w ogóle problem zmniejszania kongestii transportowej. Mamy wówczas do czynienia z problemem niedostatecznego wykorzystania infrastruktury transportowej i potencjału przewozowego. Bardzo mały popyt na przewozy w mieście występuje przede wszystkim w nocy. Nie miałyby więc sensu działania zmierzające do jego zwiększenia. Polityka cenowa w tym przedziale czasowym jest więc osobnym zagadnieniem. Stąd też przedział czasowy charakteryzujący się bardzo małym popytem na przewozy można wyłączyć z okresu mniejszego natężenia ruchu. W mieście istnieją bez wątpienia pewne zależności między popytem na przewozy w różnych okresach doby. Niemniej, jak się wydaje, można przyjąć - konieczną przy ustalonym sposobie różnicowania instrumentów cenowych - założenie o braku zależności między popytem w okresie dużego i małego natężenia ruchu. Dalsze zmniejszenie liczby zmian cen może być uzyskane dzięki stosowaniu w jednym z wyróżnionych okresów rozwiązania zgodnego z optimum Parato (optimum A), a w drugim najlepszego drugiego rozwiązania (optimum B). Istnieje przy tym oczywiście możliwość wyboru okresu, w którym osiągnięty będzie stan wzorowany na optimum A. Przy dokonywaniu takiego wyboru należałoby między innymi uwzględnić wielkość ruchu w obu okresach. Jednakże z uwagi na konieczność stosowania ze względów społecznych niskich cen w transportach miejskich trzeba wykluczyć przyjęcie optimum A dla okresu szczytu przewozowego. Oznaczałoby to bowiem ustalenie podatków pośrednich na wysokim poziomie i - co ważniejsze - zrównanie cen usług transportowych z wysokimi kosztami krańcowymi w czasie, w którym odbywa się większość podróży do pracy. Tak więc optimum A winno być osiągnięte w czasie małego natężenia ruchu, a optimum B w okresie dużego natężenia ruchu. Po-

stępowanie odwrotna dałoby na pewno lepsze rezultaty. Warto by więc przeanalizować ten wariant, gdyby uunięta została potrzeba stosowania niskich cen w miejskim transporcie pasażerskim.

Badając i ustalając relacje między cenami łącznymi, relacje między kosztami oraz stosunki tych cen do kosztów trzeba posługiwać się wielkościami uśrednionymi dla jednoatak pracy przewozowej (pasażarokilometrów). Przy poszukiwaniu optimum konieczna jest przy tym uwzględnienie zjawiska polegającego na tym, że środki transportu indywidualnego i niektóre środki transportu zbiorowego oddziałują wzajemnie na siebie w czasie wykonywania przewozów. Dany środek transportu uczestnicząc w ruchu powoduje wówczas powstawanie zewnętrznych kosztów kongestii, obciążających podobnie temu i inne środki transportu. Stąd też środki transportu objęte polityką zmniejszania kongestii muszą być podzielone na trzy grupy: pojazdy indywidualne, pojazdy transportu zbiorowego zależne w ruchu od pojazdów indywidualnych i pozostałe pojazdy transportu zbiorowego. Pozwoli to na uwypuklenie najważniejszych ze wspomnianych zależności.

Procedurę budowy systemu cen, opłat i podatków służącego zmniejszeniu kongestii należało rozpocząć od ustalania wysokości tych instrumentów w okresie małego ruchu. W tym czasie stosowane będą jedynie podatki pośrednie i ceny usług transportowych. Ich wysokość winna zapewnić wyrównanie relacji między cenami łącznymi a kosztami krańcowymi dla wszystkich sposobów przewozu. W okresie mniejszego natężenia ruchu kongestii na linii drogowej jest niewielka. Tym samym podatek pośredni równy różnicy między kosztami krańcowymi i przeciętnymi będzie mały i możliwe będzie ustalenie takiej jego wysokości, by w dużym przedziale zmian natężenia ruchu zmiany kosztów użytkownika związane z tym podatkiem odpowiadały choćby w przybliżeniu zmianom apłacznych kosztów kongestii. Na tym etapie postępowania ujawnia się istotna zaleta przyjęcia optimum A dla okresu małego ruchu. Jest bowiem rzeczą wątpliwą, czy użytkownicy pojazdów indywidualnych uświadamiają sobie w pełni zależność między poziomem kongestii a wysokością pośrednich podatków, jakie płać za każdy przejechany kilometr. Z tego powodu, a także z uwagi na istnienie „kosztów niedoatrzymanych”, podatek ten jest mało skutecznym instrumentem zmniejszenia kongestii. Jeśli jednak już się go stosuje, to lepiej by spełniał swą podstawową rolę wtedy, gdy różnica między kosztami krańcowymi i przeciętnymi nie jest duża. Mniejsze będą bowiem wówczas straty wynikające z jego małej skuteczności. Oddziaływanie tego podatku można wzmocnić, ustalając go na wyższym poziomie - bliższym różnicy między rzeczywistymi kosztami krańcowymi a kosztami przeciętnymi dostrzeganymi przez użytkowników pojazdów indywidualnych. Jeśli podatek ten jest ustalany dla okresu mniejszego natężenia ruchu, to jego podwyżka nie będzie zbyt duża i takie rozwiązanie będzie mogło być zaakceptowane. Nie można natomiast liczyć na taką akceptację w przypadku dużej podwyżki, która byłaby konieczna przy ustalaniu podatku dla okresu dużego natężenia ruchu. Dla uzyskania optimum A w okresie małego ruchu trzeba także ustalić takie ceny usług transportowych, by ceny łączne były równe kosztom

krańcowym. Podobnie jak w przypadku podatków, zadanie to jest łatwiejsze w okresie małego ruchu. Ustalone w ten sposób ceny i podatki nie gwarantują jeszcze uzyskania optimum A. Ewentualne zmiany istniejących cen i podatków pociągną bowiem za sobą zmiany struktury popytu. To z kolei może wywołać zmiany udziału poszczególnych rodzajów środków transportu w całości wykonywanej pracy przewozowej. Jeśli zmieni się jednocześnie struktura pojazdów uczestniczących w ruchu, to zmieni się także ogólny poziom kongestii. Tak więc - jak już wcześniej wspomniano - wyznaczając optymalną relację cen i podatków do kosztów krańcowych należy uwzględnić krzyżową elastyczność cenową popytu i zjawisko wzajemnego oddziaływania na siebie pojazdów biorących udział w ruchu.

Ustalone dla warunków małego ruchu podatki będą znacznie niższe od różnicy między kosztami krańcowymi i przeciętnymi w okresie dużego natężenia ruchu. Co prawda, wzrost kongestii spowoduje wzrost zużycia materiałów obciążonych tym podatkiem. Nie będzie on jednak tak duży, jak przyrost zewnętrznych kosztów kongestii wywoływanych przez pojazdy indywidualne. Mimo to koncepcja drugiego najlepszego rozwiązania umożliwi stworzenie optymalnego systemu cen i podatków dla okresu dużego natężenia ruchu. System taki będzie mógł być stworzony niezależnie od tego, czy stosowana będzie zróżnicowana opłata za korzystanie z sieci drogowej w czasie dużego natężenia ruchu. Opłata zróżnicowana nie zapewni zresztą w żadnym wypadku zrównania cen łącznych z kosztami krańcowymi w transporcie indywidualnym. Obciąża one bowiem użytkowników pojazdów w różnym stopniu zależnym od liczby podejmowanych podróży. Albowiem im więcej podróży odbędzie użytkownik pojazdu, tym mniej zapłaci za każdy przejechany kilometr. Wprowadzenie opłaty będzie jednak konieczne, jeśli przy ustalonych wcześniej podatkach pośrednich, pojawi się groźba utrzymywania się na znacznej części sieci drogowej kongestii II typu. Opłata za korzystanie z części sieci może być także użyta dla uzyskania pożądanego rozkładu przestrzennego kongestii. Warto także zaznaczyć, iż rezygnacja z opłaty zmniejszy stosunek wszystkich łącznych cen w okresie dużego natężenia ruchu do odpowiednich cen w okresie małego ruchu. Pogorszą się wówczas warunki realizacji innego sposobu zmniejszania kongestii - przesuwania popytu w czasie poprzez zmianę rozkładu czasowego potrzeb pierwotnych. Tak więc decyzja odnośnie wprowadzenia opłaty za korzystanie z sieci drogowej może być podjęta jedynie po dokładnym rozważeniu sytuacji panującej w konkretnym mieście.

Niezależnie od tego, czy zestawia się opłatę, czy też nie, ceny usług transportu zbiorowego będą musiały być ustalone na poziomie niższym od krańcowych lub nawet przeciętnych kosztów ich wyprodukowania. Wynik to z istoty optimum B, przyjętego dla okresu większego natężenia ruchu. W takiej sytuacji transport zbiorowy będzie wymagał subsydiowania. Subsidiowanie to służyć będzie nie całonacjonalnemu i generalnemu kształtowaniu struktury ruchu w podziale na indywidualny i zbiorowy, ale zmniejszeniu kongestii w całym systemie transportowym i w jego podsystemach. Niemniej będzie ono i tak środkiem realizacji celów społecznych. Potrze-

ba dotowania przewozów zbiorowych wynika bowiem z przypisania optimum A dla okresu małego ruchu, co z kolei wiąże się z dążaniem do zachowania niakiego poziomu cen usług transportowych. Gdyby przypisano to optimum dla okresu dużego natężenia ruchu, podatki i ceny usług byłyby wyższe, a transport zbiorowy nie wymagałby dotacji lub też wymagałby znacznie mniejszych sum tych dotacji.

Przedstawiona koncepcja polityki zmniejszania kongestii transportowej opiera się w dużym stopniu na rozwiązaniach zastępczych, uproszczeniach i przybliżeniach. Odrzucając niektóre z przyjętych założeń i przewidując pokonanie pewnych barier, można by wyeliminować te niedoskonałości i sformułować koncepcję polityki gwarantującą uzyskanie lepszych rezultatów. Bardzo dobre rezultaty w zakresie zmniejszania kongestii zapewniłby przykładowo system cen i opłat przewidujący pobierania zmiennych opłat za jednorazowo korzystania z sieci transportowej, w którym ceny usług transportowych byłyby stałe w ciągu doby lub też stałe w wyróżnionych okresach doby. Odpowiednie relacje cen łącznych i kosztów krańcowych można by wówczas wyznaczyć poprzez zamienną stosowania założeń optimum A i B. Oczywiście rozwiązania to - podobnie jak i wszystkie rozwiązania cenowe - miałyby pewną niekorzystną skutki społeczne związane z wysokością opłat i cen. Nie można wykluczyć, iż w niektórych miastach zastosowanie takiego skutecznego, ale zarazem skomplikowanego i drogiego systemu utrzymywania ekonomicznie uzasadnionego poziomu kongestii byłoby celowe. Jak się jednak wydaje, dla większości miast lepszym rozwiązaniem jest wprowadzanie prostych i tanich sposobów połączania się cenami, opłatami i podatkami dla zmniejszenia kongestii transportowej.

5.3. Zmiany podaży i popytu a zmniejszania kongestii transportowej

W okresach krótkich zakres przedsięwzięć służących zmniejszaniu kongestii, a polegających na kształtowaniu podaży i popytu jest ściśle ograniczony. Ograniczenia narzuca istniejący stan zagospodarowania miasta i osiągnięty stan rozwoju systemu transportowego. Niemniej pewne zmiany podaży i popytu są możliwe. Zmniejszaniu poziomu kongestii służą następujące działania w sferze podaży: ulepszanie sterowania i organizacji ruchu, zwiększanie wykorzystania środków transportu i eliminacja oraz ograniczanie pewnych rodzajów ruchu. Natomiast w sferze popytu cel ten może być osiągnięty poprzez zmiany rozkładu czasowego potrzeb pierwotnych względem potrzeb transportowych, ograniczanie swobody korzystania z pewnych części ruchu i inne działania zmieniające wielkość i strukturę popytu.

Ulepszanie organizacji ruchu i zwiększenia skuteczności sterowania ruchem zwiększa praktyczną przepustowość sieci transportowej i tym samym zmniejsza kongestię. Oczywiście nie wszystkie pożądane zmiany w sterowaniu ruchem i w jego organizacji prowadzą do zmniejszania kongestii. Podstawowymi celami tych zmiany są bowiem, obok zwiększenia ekonomiki

ruchu, także wzrost bezpieczeństwa i redukcja ujemnych wpływów ruchu na środowisko¹⁷. Co prawda, realizacja każdego z tych celów zmniejsza bezpośrednio koszty kongestii transportowej. Jednak niskiedy trzeba realizować pewna cała kosztami innych i wówczas wprowadzana zmiany mogą nie tylko nie zmniejszyć, lecz wręcz zwiększyć ogólny poziom kongestii. Zwiększenia przepustowości pewnych odcinków sieci wymaga niekiedy zmniejszenia przepustowości innych. Stąd też ulepszenia systemu organizacji i starowania ruchem miejskim prowadzą albo do bezwzględnej spadku poziomu kongestii na całej sieci lub na jej elementach, albo do różnokierunkowej zmiany poziomów kongestii na poszczególnych drogach. Warto przy tym zaznaczyć, iż wspomniany system zawsze powoduje rozdział skutków kongestii między użytkowników dróg. Zasady ruchu i środki jego regulacji wpływają bowiem na poprawianie warunków jazdy i zwiększenie średniej prędkości pewnych pojazdów oraz na pogorszenie warunków jazdy i spadek prędkości innych. Dla zmniejszenia ogólnego poziomu kongestii szczególnie przydatne są - wprowadzane ostatnio na coraz większą skalę na całym świecie - rozwiązania preferujące pewna środki transportu. Użytkownicy pojazdów preferowanych odczuwają skutki kongestii na mieście słabiej niż użytkownicy innych pojazdów. Na obszarach miast preferowana są wyłącznie środki transportu publicznego.

Ograniczenia i zakazy kierowane do użytkowników sieci transportowej są elementem programu organizacji ruchu. Są one jednak także samodzielnym środkiem zmniejszania kongestii. Całkowita eliminacja ruchu może przyczynić do zmniejszenia kongestii tylko wtedy, gdy mamy do czynienia co najmniej z dwoma rodzajami ruchu, odbywającymi się na różnych sieciach transportowych i wzajemnie na siebie oddziałujących. Eliminacja jednego z tych rodzajów ruchu z pewnych elementów jego sieci transportowej pogarsza warunki ruchu na tej sieci, ale poprawia jednocześnie warunki ruchu na innej lub na innych sieciach. Ten sposób zmniejszania kongestii w miastach przybiera najczęściej postać eliminacji ruchu samochodowego z pewnych obszarów centrum w sytuacji, gdy ogólny poziom kongestii, powodowany na tych obszarach przez wzajemne oddziaływanie ruchu pieszego i samochodowego oraz przez każdy z tych rodzajów ruchu osobno, silnie utrudnia funkcjonowanie centrum. Nie są to działania oparte na przesłankach ekonomicznych, ale konieczność wynikająca z żywołowego rozwoju miast. Należy w ogóle wątpić, czy eliminacja ruchu może być w miastach ekonomicznym rozwiązaniem lepszym od stosowania odpowiednich cen usług systemu transportowego, a nawet od stanu, w którym kongestia tworzy swą własną równowagę. Jeżeli nie prowadzi się polityki zmniejszania kongestii za pomocą cen, a więc jeżeli ruch rozkłada się na sieci drogowej zgodnie z opisowym modelem wyznaczania ruchu, to można wyatąpić interakująca sytuacja, w której eliminacja ruchu z części tej sieci zmniejsza wiel-

¹⁷ W. Płozajaki, G. Gołaszewska, M. Lazarowicz: Problemy organizacji i starowania ruchem miejskim. Warszawa: IKS 1978 s.5.

kość ruchu i poziom kongestii na całej sieci bez zmiany liczby podróży i sposobu powiązania źródeł ruchu z jego celami. Te warunki umożliwiają bowiem powstanie paradoksu Braessa. Przykład występowania w praktyce paradoksu Braessa znaleziono między innymi w Stuttgarcie, gdzie zmniejszenie łącznej długości sieci drogowej poprzez zsumowanie kilku jej odcinków spowodowało poprawę funkcjonowania transportu drogowego i obniżkę łącznych kosztów ruchu¹⁸. Jednakże mała liczba doniesień o podobnych rezultatach badań ruchu wskazuje, iż są to przypadki rzadkie lub też, iż ich wykrycie jest bardzo trudne. Ograniczanie ruchu polega na wprowadzaniu zakazów ruchu pewnych rodzajów pojazdów na części sieci transportowej. W miastach ograniczenia te stosuje się tylko na sieci drogowej. Zakazy dotyczą przede wszystkim takich pojazdów, które silnie oddziałują na ruch innych użytkowników dróg, i takich, które wywołują dużą kongestię na jednostkę wykonywanej pracy przewozowej. Dykryminowane są więc ciężarówki, ciągniki, rowary i niekiedy także samochody osobowe. Ograniczenia ruchu można traktować jako swoisty sposób kształtowania podziału zadań przewozowych w mieście.

Zmniejszenie kongestii na sieci transportowej można uzyskać także dzięki zwiększeniu wykorzystania środków transportu, i to zarówno środków transportu zbiorowego, jak i indywidualnego. W pierwszym przypadku prowadzi to za sobą wzrost kongestii w pojazdach. W ostatnich latach w wielu miastach podejmowano szereg ciekawych eksperymentów i inicjatyw zmierzających do zwiększenia wykorzystania środków transportu, a w tym przede wszystkim wykorzystania samochodów osobowych. Nie osiągnięto jednak znaczących rezultatów. Użytkownicy pojazdów niechętnie godzili się bowiem na zmiany czasu odbywania podróży i ograniczenia ich swobody, występujące przykładowo przy wspólnym korzystaniu z samochodów osobowych dla dojazdów do pracy.

Niewątpliwie najlepszymi środkami zmniejszenia kongestii w okresach krótkich są te, które zmniejszają popyt lub powodują odpowiednie zmiany czasu i przestrzennej struktury, bez stosowania opłat i bez obniżania korzyści odnoszonych przez podróżnych. Do takich środków należą: rozszerzanie asortymentu towarowego ośrodków handlowych i zakresu usług świadczonych w poszczególnych miejscach, rozbudowa sieci urzędów i zwiększanie kompetencji jednostek niższych szczebli, odpowiednia kształtowanie sieci szkół, ułstwianie zmiany mieszkań itd. Wszystkie te działania wiążą się z pewnymi kosztami - z reguły niższymi od korzyści, jakie można uzyskać dzięki zmniejszeniu kongestii. Nie mogą one jednak wpłynąć w większym stopniu na rozmiary kongestii transportowej w mieście. Powodują one bowiem eliminację lub skrócenie tylko niewielkiej liczby podróży. Podobne skutki powoduje ograniczenie swobody korzystania z pewnych celów ruchu. Zakazy i nakazy ograniczające liczbę celów ruchu dla

¹⁸ W. Knodal: Graphentheoretische Methoden und Ihre Anwendungen. Berlin Springer 1969 s. 56-58.

potencjalnych ich użytkowników - na przykład uczniów - posiadają za sobą atuty korzyści podróży i spotykają się z całą krytyką ze strony społeczeństwa. Stąd też nie są one w praktyce stosowane w celu zmniejszenia kongestii transportowej.

Skutecznym sposobem zmniejszania kongestii transportowej jest przesuwanie czasu pracy i nauki. Powodują one zmianę rozkładu czasowego popytu na przewozy w dni robocze, zmniejszają ruch w okresach, w których kongestia jest największa, a zwiększają go w czasie, w którym kształtują się ona na średnim poziomie. W rezultacie spadają koszty kongestii ponoszone przez użytkowników usług systemu transportowego w ciągu całej doby. Ten sposób zmniejszania kongestii jest z powodzeniem stosowany w wielu miastach¹⁹. Podobnie jak wcześniej wymienione sposoby, przesuwania czasu pracy i nauki wiąże się z pewnymi kosztami i stratami korzyści użytkowników transportu. Niemniej - jak wskazują doświadczenia - powstające koszty i straty mogą być utrzymane na takim poziomie, iż stały się rozsądną „ceną” płaconą za znaczną obniżkę kosztów kongestii.

Wszystkie wymienione wyżej środki - wyjąwszy te, która polegają na stosowaniu nakazów i zakazów - zapewniają uzyskanie lepszych rezultatów, jeśli są stosowane równocześnie z odpowiednimi instrumentami cenowymi. Utrzymywanie optimum produkcji za pomocą cen, opłat i podatków wywiera hamujący wpływ na powstawanie ruchu wzbudzonego. Wzrost przepływności infrastruktury transportowej i zmniejszania wielkości ruchu obniża koszty przewozu i tym samym pobudza nowy ruch. Nie można generalnie powiedzieć o tym, czy nowy ruch będzie większy w warunkach stanu optymalnego, czy też w warunkach stanu równowagi. Zależy to bowiem od cenowej elastyczności popytu. Im większa jest elastyczność całkowitego popytu w danym przedziale ruchu, tym większy będzie przyrost ruchu na jednostkę względnej obniżki ceny łącznej. Jednakże przy krzywej popytu o stałej elastyczności cenowej rozmiary nowego ruchu będą w warunkach utrzymywania optimum mniejsze, niż przyrosty ruchu w sytuacji, gdy kongestia tworzy swą własną równowagę. Tym samym rezultatem stosowania wspomnianych środków, a więc spadek wewnętrznych kosztów kongestii dla ruchu w okresie wyjściowym, będzie większy w pierwszym przypadku. Kształtowanie wielkości ruchu za pomocą cen usług systemu transportowego nie wyklucza wzmocnienia pewnych środków zmniejszania kongestii przez odpowiednie zmiany cen. Tego rodzaju wzmocnienia wymagają przede wszystkim takie działania, jak zwiększanie wykorzystania środków transportu i zmiany rozkładu czasowego potrzeb pierwotnych. Wprowadzenie do układu cen usług systemu transportowego pewnych elementów, które miałyby skłaniać użytkowników tych usług do zachowań zgodnych z celem i istotą tych sposobów zmniejszania kongestii, nie przekreśla możliwości zmniejszania kongestii

¹⁹Por. M.F. Colline, T.M. Pharoah: Transport Organization in a Great City. London: London School of Economics 1974 s.176-185.

za pomocą cen, opłat i podatków, chociaż może w pewnym stopniu zmniejszyć rezultaty takiego działania. Elementy te mogą być bowiem traktowane po prostu jako dodatkowe ograniczenia przy optymalizacji opartej na koncepcji drugiego najlepszego rozwiązania. Natomiast te sposoby zmniejszania kongestii, które polegają na stosowaniu zakazów i nakazów są substytucyjną względem środków cenowych. Przynoszą one bez wątpienia gorsze rezultaty niż polityka cenowa. Nie mogą działać selektywnie i oprócz korzyści uzyskuje się w wyniku ich stosowania także znaczne straty²⁰. Nie dotyczy to oczywiście działań polegających na eliminacji ruchu i mających na celu poprawienie rozkładu ruchu na sieci. Ten sposób postępowania ma bowiem zastosowanie tylko wtedy, gdy użytkownicy płacą ceny łączną mniejszą od kosztów krańcowych, a więc wtedy gdy nie stosuje się cen, opłat i podatków dla utrzymania optimum.

W okresach długich istnieją znacznie większe możliwości poprawy relacji między podażą usług systemu transportowego a popytem na te usługi, a więc większe możliwości zmniejszania kongestii transportowej i jej kosztów. Inwestycja w systemie transportowym wiąże się często z wprowadzaniem postępu technicznego i technologicznego. Jeśli postęp ten powoduje obniżkę kosztów transportu wchodzących w zakres kosztów kongestii, to koszty kongestii spadają niezależnie od zmian poziomu kongestii, czyli niezależnie od zmian poziomu wzajemnego oddziaływania na siebie użytkowników usług systemu transportowego. Także inwestycje nie wprowadzające innowacji w technice i technologii transportu powodują z reguły obniżkę zmiennych kosztów transportu. Należy to rozumieć w ten sposób, iż po przeprowadzeniu inwestycji koszty zmienne przy wielkości ruchu równej tej, jaka występowała przedtem, są niższe. Takie spadki kosztów transportu kryją zawsze w sobie obniżkę kosztów kongestii. Co prawda, można hipotetycznie opisać przypadek obniżki zmiennych kosztów transportu przy stałych lub rosnących kosztach kongestii. Nie ma on jednak swych odpowiedników w rzeczywistości. Zmniejszenia ogólnego poziomu kongestii w mieście może być nie tylko bezpośrednim rezultatem obniżki kosztów przewozu jednym rodzajem środków transportu, lecz może wynikać także ze zmiany relacji między kosztami dla wszystkich rodzajów środków transportu. Zmiana tych relacji jest zasadniczym sposobem kształtowania podziału zadań przewozowych w mieście, a podział zadań przy danym popycie całkowitym przebiega o ogólnym poziomie kongestii. Problem kształtowania podziału zadań przewozowych zyskał obecnie najwyższą rangę w badaniach i działaniach związanych z ulpszaniem funkcjonowania i rozwoju systemów transportowych miast. Łatwo przy tym zauważyć, iż polityka transportowa miast zmierzająca do zmiany podziału zadań przewozowych zawiera w sobie dążenie do zmniejszenia ogólnego poziomu kongestii²¹.

²⁰ Sposób powstawania takich strat opisano w podrozdziale 4.2.

²¹ P. O. R. W. Kaczmarek: Transport zbiorowy i indywidualny w miastach. W: Praca z zakresu gospodarki przestrzannej. Zeszyt Naukowy AE w Poznaniu 1981.

Nia ma jednak gwarancji, iż ogólne koszty kongestii oraz średnie epo-
 łączne koszty kongestii w danaj części systemu transportowego będą po
 przeprowadzeniu inwestycji niższe niż poprzednio. Na zmiany tych kosztów
 wpływa bowiem także - opisane wcześniej - zjawisko podążania popytu za
 podażą. Przy bardzo dużej elastyczności cenowej popytu może więc nawet
 nastąpić wzrost średnich społecznych kosztów kongestii dla całego ruchu
 Wskazują to, iż inwestycjom transportowym winny towarzyszyć inne działa-
 nia nakierowane na popyt transportowy.

Należy przy tym podkreślić, że sam fakt występowanie dużej kongestii,
 a także to, w jaki sposób kształtuje się poziom kongestii przed rozpo-
 częciem i po zakończeniu inwestycji, atwarza pewne wymagania dla ra-
 chunku efektywności inwestycji transportowych. Każda inwestycja trans-
 portowa pociąga za sobą strumień korzyści i kosztów powstających w pew-
 nym czasie. Najważniejszym problemem w rachunku efektywności inwestycji
 jest ocena tych korzyści i kosztów. Korzyści z ulepszenia infrastruktury
 transportowej są przede wszystkim wynikiem obniżki kosztów jej użytkowni-
 ków. Odczuwają je zarówno dotychczasowi użytkownicy infrastruktury, jak
 i nowi użytkownicy, którzy reprezentują tzw. popyt wzbudzony. Jeśli nie
 stoauje się żadnych sposobów zmniejszania kongestii, to korzyści te wy-
 rażać się będą przyrostem renty konsumenta i quasi - renty przekazują-
 cącej się w rentę konsumenta. Natomiast w przypadku pobierania opłat
 zrównujących łączną cenę przewozu z kosztami krańcowymi część tych ko-
 rzyści może uzyskać budżet drogowy. Ulepszenia transportowe może także
 zmniejszyć zewnętrzne koszty transportu. Tak więc, korzyści może od-
 nieść każdy element układu „droga - użytkownicy - otoczenia”. Wielkość
 i struktura korzyści uzyskiwanych dzięki inwestycjom transportowym bę-
 dzia przy tym różna w zależności od tego, w jaki sposób kształtowany
 jest poziom kongestii na danym elemencie infrastruktury transportowej
 przed podjęciem i po zakończeniu inwestycji. W każdym przypadku trzeba
 więc przyjmować jednakowe warunki kształtowania wielkości ruchu, i tym sa-
 mym poziomowi kongestii, dla sytuacji wyjściowej i końcowej. W przeciwnym
 razie zachodzić będzie niebezpieczeństwo przypisania inwestycji korzyści
 lub strat, które wynikają ze zmiany tych warunków, na przykład z wpro-
 wadzenia opłat za korzystania z drogi. Nie można zdecydowanie prze-
 sądzić o tym, kiedy korzyści z inwestycji będą większe; czy wtedy gdy
 utrzymuje się optymalny poziom produkcji, czy też wtedy gdy kongestia
 tworzy swą własną równowagę. Można jedynie wskazać, iż najczęściej ko-
 rzyści z inwestycji będą większe w tym drugim przypadku. Dla każdego ru-
 chu większego niż optymalny korzyści netto są niższe od korzyści uzyski-
 wanych przy optymalnej wielkości ruchu. Różnica w wielkości korzyści za-
 leży od różnicy między poziomem kosztów krańcowych a poziomem skłonności
 do płacenia w całym przedziale między optymalną a rzeczywistą wielkoś-
 cią ruchu²². Ponieważ usprawnienia transportowe z reguły zmniejszają róż-
 nicę między poziomem kosztów krańcowych i kosztów przeciętnych zmian,

²²Różnicę tę obrazują pole DFD' na rysunku 9a.

nych w całym przedziale wielkości ruchu od zera do przapustowości maksymalnej, to po ich dokonaniu mniająz będą zarówno różnica między wielkością ruchu dla stanu równowagi i stanu optymalnego, jak i różnice między poziomam kosztów krańcowych a poziomam skłonności do płacenia. Tak więc, korzyści inwaatycji transportowych w warunkach nadmiarnej produkcji będą większa od korzyści występujących w przypadku utrzymywania optimum. Wystąpi bowiem wówczas korzyść dodatkowa w postaci zmniejszenia strat z tytułu przekroczenia optimum.

Usprawnienia transportowe dokonana na części sieci transportowej wpływają na wielkość ruchu na substytucyjnych odcinkach siaci. Takie zmiany wielkości ruchu mogą pociągnąć za sobą zmiany wielkości i struktury korzyści netto uzyskiwanych na tych odcinkach. Jeśli na całej siaci stosuje się instrumenty canowa zapewniająca utrzymanie optimum, to obniżka koasztów i awentualny wzroat ruchu na jednej drodze nie wpłynie na zmianę wielkości korzyści uzyskiwanych na drogach substytucyjnych. Jeśli w wyniku usprawnienia transportowego dokonanego na pewnsj drodze spadnie ruch na drodze substytucyjnej, to wystąpi jadynia zmiana struktury korzyści netto. Mianowicie część opłat pobiaranych przez budżet drogowy przekształci się w rentę konaumanta. Tak więc, jeśli cani się jednakowo daną sumę opłat i odpowiadającą jej w ujęciu wartościowym sumę korzyści użytkowników drogi, to dokonując oceny afaktywności inwastycji nie trzeba uwzględniać zmian korzyści na drogach aubstytucyjnych. Zagadnienia to przedstawia się inaczej, jeśli na siaci nia jast utrzymywany atan optymalny. Wówczas użytkownicy dróg substytucyjnych zwiększą swa korzyści natto. Korzyści ta winny być oczywiście uwzględniona w rachunku efektywności inwastycji. Trzeba przy tym zaznaczyć, iż przyrost korzyści użytkowników będzie jaszcz większy w przypadku występowania stanu równowagi RS.

W okresach długich zjawiaako podęzania popytu za podażą transportową zależy przede wszystkim od zmian struktury przestrzanno-funkcjonalnej miasta, a ściślej od zmian rozmiaszczania źródał i calów ruchu. W dużych przedziałach czasowych zmiany atruktury miasta są głównym czynnikiem kształtującym popyt na przewozy, a inne czynniki odgrywają rolę drugoplanową. W skali całego miasta decydujące znaczenie mają przy tym zmiany rozmiaszczenia miejsc pracy i obszarów rezydencjalnych. Przy danej podaży transportowej ogólny poziom kongastii w mieście zależy od liczby podróży, ich średniej odległości oraz od rozkładu czasowego i praatrzanego podróży. Przeetrzena koncentracja i aaparacja poazczególnych funkcji miaata zwiększa liczbę podróży i ich średnią odległość, a dakoncentracja i łączenie wielu funkcji na jednym obazarza zmniejsza liczbę i odległość podróży. Nadto dakoncentracja i łączenia funkcji zmniejsza różnica między wielkością strumieni ruchu w przeciwnych kierunkach na poszczególnych drogach²³. Zmiany atruktury miaat mogą więc

²³ Szczagółowy opia tych zależności zawiera praca: L.H. Klaaaan, T.H. Botterweg: op.cit.

zahamować przyrosty ruchu lub nawet zmniejszyć ruch i tym samym obniżyć koszty kongestii transportowej. Wynika stąd postulat łącznego planowania transportu i układu użytkowania ziemi miejskiej. Działania lokalizacyjne i działania związane z kształtowaniem zachowań lokalizacyjnych winny więc zmierzać do ukształtowania pożądanego stanu równowagi między użytkowaniem ziemi a transportem. Stworzenie takiego stanu ma szczególne znaczenie dla obszarów śródmiejskich, a w tym przede wszystkim dla centrów miast. Na obszarach tych dominują w coraz większym stopniu funkcje mieszkaniowe. W miarę opuszczania śródmieścia przez ludność tam mieszkającą rośnie wielkość przewozów na śródmiejskiej sieci transportowej i na sieci obsługującej ruch z i do śródmieścia. Natomiast rozbudowa tej sieci i zwiększenie potencjału przewozowego transportu zbiorowego wykonującego przewozy z i do śródmieścia oraz na jego obszarze napotyka na nieprzekraczalne bariery techniczne i ekonomiczne. W tej sytuacji poziom kongestii transportowej systematycznie wzrasta. Przy dużym i rosnącym popycie oraz ściśle ograniczonej podaży nie można na dłuższą metę stosować cenowych sposobów zmniejszania kongestii. Ceny usług systemu transportowego ustalone zgodnie z wymaganiami optimum byłyby bowiem wówczas bardzo wysokie. Jedynym rozwiązaniem jest więc reaktywizacja funkcji mieszkaniowej w śródmieściach i tym samym zmniejszenia popytu na przewozy. Postulat taki wysunął między innymi L.H. Klaassen. Proponuje on stosowanie polityki niskich cen ziemi miejskiej na obszarach śródmiejskich w przypadku zajmowania jej na cele mieszkaniowe²⁴. W miastach krajów kapitalistycznych taka polityka może stanowić substytut wysokich cen usług systemu transportowego na zatłoczonej śródmiejskiej sieci transportowej. Natomiast we wszystkich miastach można w razie potrzeby stosować podobne instrumenty zachęcające ludność do pozostawania w śródmieściu lub do powrotu na ten obszar.

Długookresowa polityka transportowa zmierzająca do zmniejszania kongestii nie może być prowadzona w oderwaniu od całokształtu zagadnień rozwoju miasta. Zmniejszanie kongestii wymaga skoordynowanych działań podejmowanych w transportie i poza nim. Łączenie odpowiednich działań wpływających na podaż i popyt jest przy tym niezbędnym warunkiem uzyskania istotnych rezultatów, a niekiedy może być nawet warunkiem uzyskania tych rezultatów w ogóle. Pewne sposoby zmniejszania kongestii muszą być stosowane łącznie. Natomiast jednoczesne stosowanie pozostałych kombinacji tych sposobów zapewnia uzyskanie lepszych efektów. Dotyczy to nie tylko sposobów zmniejszania kongestii w okresach długich i sposobów polegających na stosowaniu instrumentów cenowych, lecz także sposobów zmniejszania kongestii w okresach krótkich. Te ostatnie winny być bowiem włączone w pakiet sposobów zmniejszania kongestii transportowej

²⁴L.H. Klaassen: Urban developments and transportation. International Journal of Transport Economics 1980 v.7 nr 2 a.123-132.

w okrasach długich. Zaplanowanie działań w zakresie zmniejszenia kongestii jest więc niemożliwe, jeśli w planowaniu transportu stosuje się konwencjonalne podejście, polegające na realizacji ustalonych etapów, tj. szacowaniu wielkości ruchu, przydzielaniu ruchu z każdego źródła do różnych celów, podziału każdego potoku ruchu na gałęzie i rodzaju transportu oraz wyznaczaniu ruchu dla różnych sieci, przy jednoczesnym przyjmowaniu przezetrzennego rozkładu ludności i działalności gospodarczej na badanym obszarze jako wielkości danych, wynikających z innej działalności planistycznej. Odpowiednia warunki dla zmniejszenia kongestii transportowej stwarza tylko integracja różnych zakresów planowania w miastach. Trzeba podkreślić, iż współczesne poglądy na planowanie rozwoju miast wskazują właśnie na potrzebę integracji różnych zakresów planowania. Należy przekonać, iż nie powiązane ze sobą planowanie transportu, rynku pracy i usług, mieszkalnictwa itd. nie zdają egzaminu. Zmierzają więc do planowania interdyscyplinarnego, wymagającego nie tylko rozpatrywania problemów związanych bezpośrednio z planowaną działalnością, ale także jednoczesnego rozpatrywania problemów związanych z różnymi rodzajami działalności i zepolonych na różne sposoby z działalnością planowaną. Następuje także rewizja celów planowania. Celów ekonomicznych nie uważa się już za cele ostateczne. Bierza się pod uwagę także cele społeczne i ekologiczne. Określenia celów rozwoju miasta, a także koordynowania celów dotyczących poszczególnych dziedzin życia miejskiego, stwarza przy tym wiele trudności. Miasto jest jednym z najbardziej skomplikowanych systemów społeczno-ekonomicznych znanych człowiekowi. Jest to dynamiczny system, obejmujący wiele elementów i realizujący różne cele i struktury wartości²⁵. Cele stawiane przed miastem łączy się niakiady w jeden całość wzorowany na ideał dobrobytu społecznego²⁶. Niemniej w praktyce planowania rozwoju miast występuje zawsze wielość celów. W zastawia celów rozwoju miast muszą oczywiście znajdować się - odpowiednio skoordynowane z innymi celami - cele transportowe.

Zmiana poglądów odnośnie metod planowania i celów rozwoju miasta prowadzi do zmiany podejścia do planowania transportu. Odrzuca się konwencjonalne, wieloetapowe procedury planowania transportu. Próbuje się zastępować je modelami, w których lokalizacja czynników ruchotwórczych, przestrzenny rozkład ruchu, podział gałęziowy i przydzielanie ruchu na poszczególne sieci oraz ich elementy są dokonywana jednocześnie²⁷. Wymaga to opracowania wielu scenariuszy rozwoju badanego obszaru.

²⁵T.E. Kuhn: Economics and multiple objectives in urban transportation. International Journal of Transport Economics 1976 v.3 nr 2 s.8.

²⁶Por. S.A. Marglin: Public Investment Criteria. London: George Allen and Unwin 1967 s.49.

²⁷Por. L.H. Klaasean: An alternative approach to transport planning International Journal of Transport Economics 1978 v. 5 nr 2 s.201-212.

W poszczególnych scenariuszach rozpatrywane winny być łącznie konkretne programy transportowa i programy zmian użytkowania ziemi. Nie przyjmuje się wówczas z zewnątrz danych odnośnie wielkości ruchu. Takie podejście pozwala na pełną, a zarazem elastyczną przeanalizowanie zagadnienia wykorzystania potencjału transportowego i samej infrastruktury transportowej. Ma wówczas bowiem miejsce jednoczesne planowanie transportu i innych rodzajów działalności, w tym działalności ruchotwórczych, a także jednoczesne planowanie przestrzennego i gałęziowego podziału ruchu. Generalnie rzecz biorąc, zmiany zachodząca w planowaniu rozwoju miast sprzyjają szerzemu uwzględnianiu problemów wykorzystania infrastruktury transportowej, a w tym i problemów kongestii transportowej.

Programy i scenariusze rozwoju miasta muszą być oceniane z punktu widzenia ogólnych funkcji celu i funkcji celu odnozących się do poszczególnych dziedzin i aspektów funkcjonowania miasta. W ocenie przeprowadzanej z transportowego punktu widzenia trzeba brać pod uwagę przede wszystkim wielkość nakładów inwestycyjnych na cała transportowa i poziom globalnych kosztów transportu. Jeśli ocenia się scenariusze przewidujące rozbudowę infrastruktury transportowej to należy preferować jednocześnie rozwiązania wymagające najniższych inwestycji i rozwiązania pociągające za sobą najmniejsze przyrosty globalnych kosztów transportu. Natomiast w przypadku oceny scenariuszy, w których nie przewiduje się rozbudowy infrastruktury transportowej, wyatarcza kryterium minimalnych przyrostów globalnych kosztów transportu. Sformułowanie łącznego kryterium preferującego jednocześnie minimalizację nakładów inwestycyjnych i minimalizację globalnych kosztów transportu wymaga oczywiście wartościowania nakładów inwestycyjnych w czasie.

Z transportowego punktu widzenia najłepsze są takie programy i scenariusze rozwoju miasta, które wymagają najmniej nowego ruchu. Istotne są przy tym nie tyle fizyczna rozmiary tego ruchu, ale jego koszty. W warunkach występowania kongestii łączna koazty nowego ruchu, powstające w wyniku przydziałania go na poszczególne rodzaje środków transportu i poszczególne drogi, mogą być wyliczone w oparciu o koszty ponoszone przy wielkości ruchu występującej przed realizacją programu rozwoju. Należy wówczas dążyć do kierowania ruchu na środki transportu i drogi o najniższych kosztach globalnych. Natomiast w warunkach występowania kongestii kierowanie się zasadą przydziałania ruchu na środki transportu i drogi o niższych kosztach może doprowadzić do niekorzystnych rezultatów. W warunkach kongestii zwiększanie wykorzystania przepustowości poszczególnych elementów infrastruktury transportowej pociąga za sobą wzrost poziomu kongestii, wzrost jej kosztów i w efekcie wzrost zarówno całkowitych, jak i przeciętnych kosztów transportu. Rosną więc koazty dotychczasowych użytkowników infrastruktury, a nowi jej użytkownicy ponoszą koazty wyższe od kosztów przeciętnych dla ruchu dotychczasowego. Stąd też w warunkach występowania kongestii trzeba brać pod uwagę dwie przesłanki wyboru: poziom kosztów przeciętnych w momencie bazowym i przyrosty kosztów kongestii wywoływane przyrostami ruchu. Kryterium uwzględ-

niającym obie te przesłanki jest kryterium minimum kosztów nowego ruchu. Minimalizowana winna być więc suma społecznych kosztów nowego ruchu w każdym momencie jakiegoś okresu - na przykład roku. Niemniej mogą być brana pod uwagę tylko pewne wybrane momenty, takie jak okres wiekzago ruchu w ciągu doby lub szczyty przewozowa.

Społeczne koszty nowego ruchu składają się z społecznych kosztów kongestii, obejmujących zewnętrzne koszty kongestii i prywatne koszty kongestii, czyli koszty kongestii dla nowego ruchu, oraz z kosztów nowego ruchu nie związanych z kongestią. Decyzje o przydziale nowego ruchu na dane środki transportu i dane drogi powodują zarówno wzrost kosztów kongestii na sieci transportowej, jak i wzrost kosztów kongestii w pojazdach. Dla dokonania właściwego wyboru decydująca znaczenia ma przy tym znajomość ewentualnych zmian kosztów kongestii na sieci transportowej. Tak więc można zrezygnować z badania zmian kosztów kongestii w pojazdach. Przyrosty ruchu przewidywane w poszczególnych scenariuszach mogą być opisaną na sieci transportowej przedstawioną jako zespół odcinków służących do ruchu między dwoma punktami w jednym kierunku. Wówczas ogólną postać kryterium minimalizacji kosztów nowego ruchu można zapisać:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r (n_{ij}^k \Delta p_{ij}^k + \Delta n_{ij}^k \Delta p_{ij}^k + \Delta n_{ij}^k p_{ij}^k) l_{ij} = \min,$$

- gdzie: n_{ij}^k - natężenie ruchu na odcinku ij w momencie k w okresie bazowym,
 p_{ij}^k - przeciętne koszty zmienne na odcinku ij w momencie k w okresie bazowym,
 l_{ij} - długość odcinka ij ,
 Δ - przyrosty w stosunku do stanu w okresie bazowym.

Jeśli w okresie bazowym przeciętne koszty zmienne są równe na wszystkich rozpatrywanych odcinkach, na których przewiduje się zmiany wielkości ruchu, to najlepsza rozwiązanie wskaże także kryterium minimum społecznych kosztów kongestii:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r (n_{ij}^k \Delta p_{ij}^k + \Delta n_{ij}^k \Delta p_{ij}^k) l_{ij} = \min.$$

Gdy rozpatruje się małe przyrosty ruchu, a przewidywana wielkość natężenia ruchu nie osiąga wartości zbliżonej do praktycznej maksymalnej przepustowości poszczególnych odcinków sieci, można założyć, iż w pewnym przedziale natężenia ruchu koszty przeciętne zmienne rosną w miarę wzrostu wielkości ruchu zgodnie z przebiegiem funkcji liniowej. Jeśli wyznaczy się taki przedział natężenia ruchu, dla którego górną granicą będzie natężenie ruchu w okresie bazowym, to przewidywany w programach rozwojowych przyrost przeciętnych kosztów zmiennych, a tym samym przy-

roaz przeciętnych społecznych kosztów kongestii, opisują równanie:

$$\Delta p_{ij}^k = \frac{\Delta n_{ij}^k \Delta p_{ij}^r}{\Delta n_{ij}^r},$$

- gdzia: Δn_{ij}^r - różnica między maksymalnym a minimalnym natężeniem ruchu w wyznaczonym przedziału dla odcinka ij ,
 Δp_{ij}^r - różnica między maksymalnymi a minimalnymi kosztami przeciętnymi zmiennymi w wyznaczonym przedziału natężenia ruchu dla odcinka ij .

Wówczas kryteria minimalizacji społecznych kosztów nowego ruchu i minimalizacji społecznych kosztów kongestii można kolejno zapisać w następujący sposób:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \Delta n_{ij}^k \left[\frac{\Delta p_{ij}^r}{\Delta n_{ij}^r} (n_{ij}^k + \Delta n_{ij}^k) + p_{ij}^k \right] l_{ij} = \min$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \frac{\Delta n_{ij}^k \Delta p_{ij}^r}{\Delta n_{ij}^r} (n_{ij}^k + \Delta n_{ij}^k) l_{ij} = \min.$$

Natomiast jeśli przewiduje się duże przyrosty ruchu, a przewidywane natężenie ruchu osiąga wielkość zbliżoną do praktycznej przepustowości maksymalnej poszczególnych odcinków sieci, to stosowanie kryterium minimalizacji kosztów nowego ruchu wymaga oszacowania funkcji kosztów przeciętnych zmiennych względem zmian natężenia ruchu. Niekiedy będzie możliwe oszacowanie takiej funkcji dla wszystkich odcinków. W przeciwnym przypadku trzeba będzie szacować odpowiednie funkcje dla poszczególnych odcinków lub dla wyznaczonych zbiorów tych odcinków. Przyjmując ustaloną w trzecim rozdziale uproszczoną formułę kosztu przeciętnego zmiennego i ogólną postać kosztu krańcowego jako sumy kosztu przeciętnego i krańcowego kosztu kongestii, można kryterium minimalizacji kosztów nowego ruchu zapisać w następującej postaci:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r l_{ij} \int_{b_{n_{ij}}^k}^{p_{n_{ij}}^k} \left[\xi + \frac{\eta}{(\gamma - \mu n_{ij}^k)} + \frac{\eta \mu n_{ij}^k}{(\gamma - \mu n_{ij}^k)^2} \right] dx = \min$$

- gdzia: $b_{n_{ij}}^k$ - natężenia ruchu na odcinku ij w czasie k w okresie bazowym,
 $p_{n_{ij}}^k$ - przewidywane natężenie ruchu na odcinku ij w czasie k ,
 ξ, η, γ, μ - parametry funkcji kosztu krańcowego.

A po odpowiednich przekształceniach:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r (p_{ij}^k - b_{ij}^k) \cdot \left[\epsilon + \frac{\gamma \delta}{(\delta - \mu p_{ij}^k) \cdot (\delta - \mu b_{ij}^k)} \right] \cdot l_{ij} = \min.$$

Kryterium o tej postaci może być stosowane tylko w sytuacji, gdy zależności funkcyjne między natężeniem ruchu a prędkością oraz między kosztami przeciętnymi a prędkością, które posłużyły do określenia przyjętej tutaj postaci funkcji kosztów krańcowych, opiewają z dostateczną dokładnością zależności występujące w rzeczywistości. W przeciwnym razie trzeba by zastosować inną postać funkcji kosztów krańcowych. Określenie bardziej uniwersalnej formuły omawianego kryterium jest niemożliwe. Podejmowanie takich prób byłoby uzasadnione tylko w przypadku uzyskania znaczących postępów w badaniach bezpośrednich kosztów kongestii transportowej.

ZAKOŃCZENIE

W pracy wyjaśniono proces powstawania kongestii transportowej i ustalono zakres jej ekonomicznych skutków. Analizując zjawisko wzajemnego oddziaływania użytkowników transportu, stwierdzono iż przy pewnym nasileniu przekształca się ono w kongestię. Wzajemne oddziaływanie użytkowników transportu ataje się kongestię, gdy w produkcji transportowej spełnione są warunki wyznaczające optimum techniczno-ekonomiczne. Ekonomiczna ocena różnych poziomów kongestii nie może być przy tym jednakowa. Kongestie przyjmują poziom ekonomicznie uzasadniony lub też go przekracza i wówczas atenowi przajaw niaracjonalności produkcji transportowej. Określenie sposobu ekonomicznej oceny kongestii wymagało sformułowania i udowodnienia hipotezy, iż kongestia transportowa osiąga poziom uzasadniony przy optymalnym stopniu wykorzystania infrastruktury transportowej wyznaczonym zgodnie z ideą optimum ekonomicznego. Dla realizacji tego zadania sformułowano model teoretyczny. Przy jego budowie podjęto próbę wykorzystania instrumentów i kategorii ekonomicznych nie stosowanych dotychczas w większym zakresie w prowadzonych w Polsce badaniach nad ekonomicznymi zjawiskami transportowymi. Ograniczono przy tym do wykazania ich przydatności dla rozwiązywania ekonomicznych problemów transportowych i do określenia ogólnego zakresu tej przydatności. Omawiany model teoretyczny stanowi jednocześnie podstawę oceny różnych sposobów zmniejszania kongestii i wyznaczenia postulowanych kierunków oraz sposobów działania dla realizacji tego celu. Sformułując założenia i postulaty odnośnie zmniejszenia kongestii transportowej, ustalono także wymagania, jakie stwarza kongestia wobec metod przeprowadzania rachunku ekonomicznego w transporcie. Podjęto także próbę określenia ogólnej postępi kryterium oceny programów rozwoju miast z punktu widzenia kształtowania się kosztów kongestii.

Zatłoczenie komunikacyjne jest powszechną i uniwersalną cechą systemów transportowych wielkich miast. Przyczyn tego zjawiska należy dopatrywać się w cechach podstawowych kategorii rynkowych w transporcie miejskim. W miejskich systemach transportowych ceny usług i opłaty pobierane od użytkowników infrastruktury słabo oddziałują na popyt i kierunki rozwoju podaży. Podaż jest w znacznie większym stopniu kształtowana przez rzeczywiste lub postulowane kierunki rozwoju popytu, niż przez ceny. Jednocześnie w transporcie miejskim z dużym nasileniem występuje zjawisko tworzą-

nia popytu przez podaż. Z kolei popyt potencjalny jest znacznie większy od efektywnego. Ta właściwość popytu jest tak silna, iż niekiedy określa się ją jako zjawisko nieograniczoności popytu transportowego. Równoczesne występowanie nieograniczoności potencjalnego popytu transportowego i zależności popytu efektywnego od podaży wywołuje tendencję do nadmiernego wykorzystania infrastruktury transportowej. Tendencje te przejawia się tym ostrzej, im silniejsza jest powszechnie obserwowane zjawisko względnego niedoinwestowania systemów transportowych miast. O tym, czy tendencja ta przejawia się w rzeczywistości, i o tym w jakim stopniu się przejawia, decydują relacje między prywatnymi i społecznymi kosztami powodowanymi przez użytkowników transportu. Zatlóczenie komunikacyjne pojawia się wtedy, gdy koszty społeczne są większe od prywatnych i jest tym większe, im większa jest różnica między tymi kosztami. Tę więc zatlóczenie komunikacyjne miast jest wynikiem rozbieżności między prywatnymi i społecznymi kosztami transportu jako funkcjami wielkości miasta i intensywności prowadzonej w nim działalności gospodarczej i społecznej. Rozbieżność ta decyduje o przestrzennym rozkładzie zatlóczenia na obszarze miasta.

Najsilniej odczuwanymi bezpośrednimi rezultatami kongestii transportowej są: wzrost kosztów eksploatacji pojazdów i wzrost kosztów oraz strat związanych z czasem trwania przewozów. Ponadto kongestia powoduje dodatkowe koszty wypadków i zanieczyszczenia środowiska i zwiększa koszty utrzymania infrastruktury transportowej. Bezpośrednie koszty kongestii transportowej są kształtowane przez współzależności między stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości dróg, prędkością i kosztami transportu. W pewnych rodzajach działalności transportowej, a w tym i na zatlóconej sieci drogowej miast, kongestia staje się głównym czynnikiem kształtującym zmianę kosztów transportu. Uzasadnia to celowość opracowania i stosowania funkcji kosztów dla produkcji transportowej w warunkach kongestii. Ustaloną w pracy funkcję tego typu można traktować jako jedną z odmian podstawowych funkcji kosztów transportu. Utrzymująca się w długich okresach silna kongestia powoduje także inne skutki - określone w pracy jako pośrednie koszty kongestii transportowej. Pośrednie koszty kongestii transportowej są różnicą między danymi kosztami a odpowiadającymi im co do zakresu kosztami przy optymalnej produkcji transportowej oraz między korzyściami uzyskiwanymi w warunkach optimum a odpowiednimi korzyściami w warunkach istniejącego zatlóczenia. Poziom kongestii decyduje o różnicy między normatywnym a opisowym rozkładem ruchu na sieci transportowej. Tak więc, im silniejsza jest kongestia, tym większe są dodatkowe koszty powstające wskutek jednostkowych decyzji użytkowników sieci, którzy dążąc do minimalizacji swych kosztów prywatnych, kształtują poziom kosztów na poszczególnych odcinkach sieci w taki sposób, iż rozkład ruchu jest nieoptymalny z punktu widzenia minimalizacji łącznych kosztów na całej sieci. Do pozostałych pośrednich kosztów kongestii transportowej należą straty wynikające z wpływu zatlóczenia komunikacyjnego na kształtowanie się nieoptymalnej wielkości obszaru miasta i nie-

optymalnego rozkładu gęstości zaludnienia i aktywności gospodarczej na tym obszarze.

Jeśli produkcja transportowa odbywa się w warunkach kongestii, to koszt krańcowy przekracza koszt przeciętny, a więc zwiększenie wykorzystania podaży transportowej może spowodować zmniejszenie wartości relacji między społecznymi afaktami użytkowymi a społecznymi kosztami tej produkcji. W transportach miejskich, a także w wielu innych sferach działalności transportowej, występują warunki uniemożliwiająca samoczynne utrzymywanie się produkcji transportowej na poziomie optymalnym, czyli na poziomie, przy którym krzywa popytu przecina krzywą kosztów krańcowych. Kongestia przekracza wówczas poziom ekonomicznie uzasadniony i osiąga wyższy poziom, wyznaczony przez punkt przecięcia krzywej popytu i krzywej przeciętnych kosztów użytkowników transportu. Przebieg krzywych kosztów krańcowych i przeciętnych oraz krzywej popytu decyduje przy tym o wielkości nadmiernych kosztów kongestii. Na wielkość tych kosztów i oczywiście także na stopień odchylenia się wielkości produkcji od optimum, wpływa także występowanie tzw. niedostrzaganých kosztów użytkowników pojazdów indywidualnych.

Przy danym stopniu rozwoju techniki i technologii transportu zmniejszanie poziomu kongestii wymaga zmniejszenia relacji między efektywnym popytem a podażą w systemie transportowym. Problemy zmniejszenia kongestii można rozpatrywać w odniesieniu do okresów długich lub krótkich. Jednocześnie zarówno z uwagi na ich charakter, jak i możliwa do uzyskania za ich pomocą rezultaty, odrębnie należy rozpatrywać cenowe instrumenty zmniejszania kongestii. Jak wykazano w pracy, ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii może być utrzymany w warunkach stosowania w systemie transportowym metody ustalania cen, wprowadzających relacje cen łącznych i kosztów krańcowych do warunków optimum Pareto. Stosowanie instrumentów cenowych napotyka jednak na silne bariery o charakterze ekonomicznym i społecznym. Wiąże się ona między innymi z niemożnością pełnej akceptacji rozwiązań rynkowych w transportach miejskich. Nadto takie bariery tworzone są także przez jakąś elastyczność popytu i jego wahania okresowe. Jednakże w oparciu o zbudowany model optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii i wytyczne teorii drugiego najlepszego rozwiązania udało się ustalić koncepcję polityki cenowej umożliwiającej obniżenie owych barier.

Poszczególne sposoby zmniejszenia kongestii charakteryzują się różną efektywnością i różną nakładochłonnością. Z uwagi na zjawisko podążania popytu, a więc i kongestii, ze podażą winny one być stosowane kompleksowo, a zespół środków zmniejszenia kongestii musi zawsze zawierać instrumenty cenowe, hamujące wzrost ruchu ponad wielkość wyznaczoną przez optimum produkcji. Przy dokonywaniu wyboru instrumentów cenowych należy jednak zawsze szczegółowo przeanalizować skutki ich stosowania, aby zapobiec powstawaniu sytuacji ograniczających swobodę wyboru celów podróży przez niezamożną część społeczeństwa. W okresach długich głównym czynnikiem kształtującym popyt na przewozy są zmiany struktury przebiegającej

miasta. Przy danej podaży transportowej ogólny poziom kongestii w mieście zależy od liczby podróży, ich długości oraz od ich rozkładu przestrzennego i czasowego. Przestrzenna koncentracja i separacja poszczególnych funkcji miasta zwiększa liczbę podróży i ich średnią odległość, a dekoncentracja i łączenia wielu funkcji na jednym obszarze zmniejsza liczbę i odległość podróży. Zmiany struktury przestrzennej miasta wywierają więc silny wpływ na zmiany poziomu kongestii transportowej i jej kosztów. Wyprowadzić można stąd postulat łącznego planowania transportu i układu użytkowania ziemi miejskiej. Postulat taki jest zgodny z najnowszymi tendencjami w zakresie planowania miasta, zakładającymi integrację różnych dziedzin planowania miejskiego. Takie podejście umożliwia pełną ocenę opracowanych programów rozwoju miasta z punktu widzenia kosztów kongestii transportowej. Ocena ta może być dokonywana w oparciu o kryteria minimalizacji kosztów nowego ruchu lub minimalizacji apokalnych kosztów kongestii.

Występowanie eilnaj kongestii, a także stosowania niaktórych aposobów jej zmniejszania, stwarza pewna wymagania dla rachunku afaktywności inwestycji transportowych. Przede wszystkim dla prawidłowej oceny korzyści i kosztów związanych z inwestycją trzeba w trakcie ich opisu i analizy przyjąć jednakowe warunki kształtowania wielkości ruchu, i tym samym poziomu kongestii, dla sytuacji przed rozpoczęciem i po zakończeniu planowanego przedsięwzięcia. Nadto należy uwzględnić fakt, iż rachunek korzyści przyniesie różna wyniki w zależności od tego, czy rozpatrują się sytuację, w której produkcja transportowa utrzymuje się na poziomie optymalnym, czy też analizuje się stan, w którym kongestia tworzy swą własną równowagę.

Zawarta w pracy rozważania i przegląd dorobku w zakresie objętym tematami pracy pozwalają na wskazania najważniejszych kierunków dalszych badań nad kongestią transportową w miastach. Przy wyznaczaniu tych kierunków należy przede wszystkim mieć na uwadze konieczność nadania wiadzy o kongestii transportowej większej przydatności praktycznej. Nie oznacza to rezygnacji z badań o aspektach poznawczych, lecz jedynie preferowanie takich prac poznawczych, która przy obecnej wiadzy najlepiej służyłyby formułowaniu założeń praktycznych. Przy tych wytycznych najważniejsza kierunki dalszych badań można przedstawić jako zbiór czterech - wzajemnie ze sobą powiązanych - celów:

1. Szczagółowa i kompleksowa poznania zależności między stopniem wykorzystania infrastruktury transportowej a kosztami, dalsza formalizacja tych zależności i opracowania prostych i skutecznych metod przewidywania zmian bezpośrednich kosztów kongestii. Dodatkowo w badaniach tego rodzaju należy dążyć do poznania stopnia, w jakim użytkownicy infrastruktury transportowej uświadamiają sobie koszty kongestii;
2. Precyzyjne opisanie i pełna wyjaśnienia procesu powstawania poszczególnych rodzajów pośrednich kosztów kongestii. Badania tego typu dotyczą zjawisk zachodzących w długich okresach. Winny one być włączone w zakres prac poświęconych strukturze przestrzennej miast;

3. Ulepszania znanych i opracowania nowych sposobów zmniejszania kongestii transportowej za pomocą cen usług transportowych, opłat i podatków. W badaniach tych konieczne byłoby wykorzystanie wyników prac dotyczących bezpośrednich kosztów kongestii. Zagadnienie zmniejszania kongestii przy użyciu instrumentów cenowych powinno znaleźć przy tym silniejsze odzwierciedlenie w badaniach poświęconych problemom cen transportowych;
4. Sprecyzowania sposobów i zasad zmniejszania kongestii transportowej w długookrasowych procesach kształtowania systemów transportowych miast i układów użytkowania ziemi miastakiej. Należy przy tym podkreślić, iż wyniki badań nad kongestią transportową w miastach mogą być po odpowiedniej adaptacji wykorzystane przy rozpatrywaniu problemów kongestii w innych sferach działalności transportowej, a także w innych dziedzinach gospodarowania.

LITERATURA CYTOWANA

- Ackoff R.L.: Redesigning the Future: A System Approach to Societal Problems. New York: John Wiley and Sons 1974.
- Altshuler A.: The Urban Transportation Problem. MIT 1979.
- Anderson F.J., Boneor N.C.: Optimality and incentives in public utility pricing. International Journal of Transport Economics 1978 v.5 nr 1.
- Ashton W.D.: The Theory of Road Traffic Flow. London: Mathuen and Co. Ltd., New York: John Wiley and Sons 1966.
- Bergson A.: On monopoly welfare losses. The American Economic Review 1973 v. 63 nr 4.
- Barry B., Horton F.: Geographic Perspectives on Urban Systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice - Hall Inc. 1970.
- Bartrand T.J.: Second best congestion taxes in transportation systems. Econometrica 1977 v.45 nr 7.
- Borins S.F.: The effects of non - optimal pricing and investment policies for transportation facilities. Transportation Research 1982 v. 16B nr 1.
- Boa H.C., Koyck L.M.: The appraisal of road construction projects: a practical example. The Review of Economics and Statistics 1961 nr 43.
- Broniewski S.: Ekonomiczne podstawy planowania wielkości miasta. Warszawa: Arkady 1966.
- Brown L.R.: Jutro może być za późno. Warszawa: PWE 1981,
- Button K.J.: On the benefits from road pricing. International Journal of Transport Economics 1976 v.3 nr 1.
- Button K.J.: Transport policy and urban freight movement. International Journal of Transport Economics 1978 v.5 nr 3.
- Chicago Area Transportation Study. Chicago Study Report T. 1-3. Chicago, Illinois 1969.
- Coleman R.R.: A Study of Urban Travel Time in Pennsylvania Cities. Washington: Highway Research Board. Bulletin 1961 nr 303.

- Colline M.F., Pharoah T.M.: Transport Organisation in a Great City. London School of Economics 1974.
- Curia J.M., Murphy J.A., Schmitz A.: The concept of economic surplus and its use in economic analysis. The Economic Journal 1971 nr B1.
- Dasgupta A.K., Pearce D.W.: Cost - Benefit Analysis: Theory and Practice. London Basingstoke: Macmillan 1973.
- Dembowska Z.: Planowania przestrzenne w ujęciu systemowym. Warszawa: PWN 1978.
- Dewaas D.N.: Simulations of traffic congestion in Toronto. Transportation Research 197B v. 12 nr 3.
- Domański R.: Zarys teorii procesów w systemie osadniczym. Przegląd Geograficzny 1976 zeszyt 2.
- Dupuit A.J.: De la mesure de l'utilité des travaux publics. Annales des Ponts et Chaussées 1844 v.8.
- Dziwulski S., Ladwowski B.: Struktura miasta i systemu komunikacji. Referat MF MPP w Tokio. Warszawa: IUIA 1966.
- Echenique M.: Transport investment and urban land values. International Journal of Transport Economics 19B1 v. 8 nr 2.
- Edwards M.: The Transit Industry Viewpoint of Traffic Congestion. U.S. Conference of Mayors and the Canadian Federation of Mayors and Municipalities. Montreal: September 21 1953.
- Ekonomika transportu. Red. A. Piakozub. Warszawa: WKiŁ 1979.
- Elementy rachunku ekonomicznego. Red. Z. Hellwig. Warszawa: PWE 1972.
- Ellickson B.: Jurisdictional fragmentation and residential choice. The American Economic Review 1971 v. 61 nr 2.
- Faura R., Boes J.P., Le Garff A.: Badania operacyjne. Warszawa: PWN 1982.
- Faller W.: An Introduction to Probability Theory and Its Applications T.1 New York: John Wiley and Sons Inc. 1957.
- Fumio Takeda: Means to Improve Cost Benefit Relations in Highway Planning and Public Involvement. The Second Tokyo Transport Environmental Conference. Tokyo: August 1976.
- Gawlikowski A., Hozzowski S.: Planowania sieci komunikacji drogowej. Warszawa: WSiP 1978.
- Ginebart A.: Ekonomiczna przebiegi rozwoju małych miast. W: Teoretyczne problemy rozmieszczenia sił wytwórczych. Red. K. Sacowski. Warszawa: PWE 1965.
- Glaister S.: On the estimation of disaggregate welfare losses with an application to price distortions in urban transport. The American Economic Review 1979 v. 69 nr 4.

- Goldstein G.S., Moses L.N.: Transportation controls and the spatial structure of urban areas. The American Economic Review 1975 (Papers and Proceedings of the Eighty - seventh Annual Meeting of the American Economic Association. San Francisco, California, December 28-30 1974) v.65 nr 2.
- Graeff J. da V.: Theoretical Welfare Economics. London: Cambridge University Press 1957.
- Grzywacz W.: Infrastruktura transportu. Warszawa: WKiŁ 1972.
- Haikalis G., Joseph H.: Economic Evaluation of Traffic Network. Washington: Highway Research Board. Bulletin 1961 nr 306.
- Harrison A.J., Quarmby D.A.: The value of time in transport planning. European Conference of Ministers of Transport OECD. Paris: 1969:
- Heggie I.G.: Ekonomika inwaatycji transportowych. Warszawa: WKiŁ 1978.
- Handerson J.M., Quandt R.E.: Microeconomic Theory: A Mathematical Approach. New York: Mc Graw-Hill 1958.
- Hicks J.R.; Kapitał i wzrost. Warszawa: PWN 1978.
- Highway Capacity Manual. Highway Research Board. Special Report. Washington D.C.: 1965 nr 87.
- Hochman D.: Market equilibrium versus optimum in a modal with congestion: Note. The American Economic Review 1975 v. 65 nr 5.
- Hottelling H.: The general welfare in relation to problems of taxation and of railway and utility rates. Econometrica 1938 nr 6.
- Howard E.: Garden City of Tomorrow. London 1902.
- Hutchinson B.G.: Principles of Urban Transport System Planning. Washington D.C.: Scripta Book Co. 1974.
- Ingram G.K., Fauth G.R., Kroch E.: Cost and effectiveness of emission reduction and transportation control policies. International Journal of Transport Economics 1975 v.2 nr 1.
- Jansen O.H.: The interaction between public transportation and other social activities: A system approach. Transportation Research 1978 v.12 nr 2.
- Johnson M.B.: On the economics of road congestion. Econometrica 1964 nr32
- Jones I.S.: Urban Transport Appraisal. London: The Mac Millan Press Ltd. 1977.
- Kaczmarek W.: Transport zbiorowy i indywidualny w miastach. W: Prace z zakresu gospodarki przestrzennej. Poznań: Zeszyt Naukowy AE w Poznaniu 19B1 nr 99.
- Kim T.J.: Effects of subways on urban form and structure. Transportation Research 1978 v.12 nr 4.
- Klaassen L.H.: An alternative approach to transport planning. International Journal of Transport Economics 1978 v. 5 nr 3.

- Klaassen L.H.: A note about traffic improvements and consumer surpluses. Rotterdam: Netherlands Economic Institute 1974 nr 10.
- Klaassen L.H.: Urban developments and transportation. International Journal of Transport Economics 1980 v. 7 nr 2.
- Klaassen L.H.; Bottarweg T.H.: An alternative to urban roads. A shadow project approach. Rotterdam: Netherlands Economic Institute 1976 nr B (Paper presented at the Tokyo Environmental Conference 20 August 1976),
- Knight F.: Some fallacies in the interpretation of social cost. Quarterly Journal of Economics 1924 nr 38.
- Knodal W.: Graphentheoretische Methoden und Ihre Anwendungen. Berlin: Springer 1969.
- Kolaan H.M.: Regulation, efficiency and the public interest. International Journal of Transport Economics 1974 v.1 nr 1.
- Korcalli P.: Teoria rozwoju struktury przestrzanej miast. Warszawa: PWN 1974.
- Kraft G., Domencich T.A.: Free Transit. Readings in Urban Economics. New York 1972.
- Kraus M., Mohring H., Pinfold T.: The welfare cost of nonoptimum pricing and investment policies for freeway transportation. The American Economic Review 1976 v.66 nr 4.
- Kuhn T.E.: Economics and multiple objectives in urban transportation. International Journal of Transport Economics 1976 v. 3 nr 2.
- Kuhn T.E.: The economics of transportation planning in urban areas. W.: Transportation Economics. New York: National Bureau of Economic Research Inc. 1965.
- Lagga O.: Ekonomia polityczna: Warszawa: PWN 1978.
- Laa N.D. and Associates: An Evaluation of Urban Transport Efficiency. A Technical Report for the Minister of Transport. Ottawa: Government of Canada 1971.
- Lahnar F.: Public transport within the framework of urban general traffic plans. Copenhagen: XXXIV International Congress of UITP 1961.
- Laszczyński J.: Optymalna decyzja w procesach transportowych. Warszawa: WKiŁ 1981.
- Lavy Lambert H.: Tarification des services à qualité variable application aux péages de circulation. Econometrica 1968 v. 36 nr 3-4.
- Lipsey R.G., Lancaster K.: The general theory of second best. Review of Economics Studies 1956-1957 v. 24.
- Lösch A.: Gospodarka przestrzenna. Warszawa: PWE 1961.
- Mack R.P.: Planning on Uncertainty Decision Making in Business and Government Administration. New York 1971.

- Maliarz B.: *Ekonomika kształtowanie miast*. Warszawa: KPZK. PAN Studia t. 4 1963.
- Maliarz B.: *Zarys teorii kształtowania układów osadniczych*. Warszawa: Arkady 1966.
- Marglin S.A.: *Public Investment Criteria*. London: George Allen and Unwin 1967.
- Marchand M.: *A note on optimal tolls in an imperfect environment*. *Economica* 1968 v. 36 nr 3-4.
- Marshall A.: *Zaady ekonomiki*. T.1 Warszawa: Wyd. M. Arcta 1925.
- Miller R.L.: *Economics Today. The Micro View*. New York: Harper and Row Publishers 1962.
- Mills E.S., de Ferranti D.M.: *Market choices and optimum city size*. *The American Economic Review. Papers and Proceedings* 1971 v. 61 nr 2.
- Minc B.: *Współczesna ekonomia polityczna*. Warszawa: PWN 1961.
- Mohring H.: *Relation between optimum congestion tolls and present highway user charges*. *Highway Research Record* 1964 nr 47.
- Mohring H.: *Transportation Economics*. Cambridge Mass.: Ballinger Publishing Company 1976.
- Morlok E.K.: *Types of transportation supply functions and their applications*. *Transportation Research* 1980 v. 14B nr 1-2.
- Moses R.: *An Introduction to Urban Transportation Problems*. W: *Transport and the Urban Environment*. London: The Mac Millan Press Ltd. 1974.
- Oron Y., Pines B., Shashinaki E.: *Optimum versus equilibrium land use patterns and congestion toll*. *Ball Journal of Economics* 1973 nr 4.
- Ostaszewicz J., Rataj M.: *Szybka komunikacja miast*. Warszawa: WKiŁ 1979.
- Owen W.: *The Metropolitan Transportation Problem*. Washington D.C.: The Brookings Institution 1956.
- Owen W.: *Transportation strategy and urban development*. *International Journal of Transport Economics* 1974 v. 1 nr 1.
- Perenc J.: *Kapitałochłonność i majątkochłonność infrastruktury transportu*. *Przegląd Komunikacyjny* 1975 nr 6.
- Peters G.H.: *Cost - Benefit Analysis and Public Expenditure*. London: Institute of Economic Affairs 1968.
- Pięciński W.: *Komunikacja jako czynnik kształtowania miasta*. *Miasto* 1977 nr 1.
- Pigou A.C.: *The Economics of Welfare*. London: Macmillan 1932.
- Piskozub A.: *Gospodarowania w transporcie*. Warszawa: WKiŁ 1962.

- Płoszyski W., Gołaszawska, G., Lazarowicz M.: Problemy organizacji i sterowania ruchem miejskim. Warszawa: IKŚ 1978.
- Podoaki J.: Transport w miastach. Warszawa: WKiŁ 1977.
- Research on Road Traffic. London: Road Research Laboratory HMSO 1965.
- Roess R.P., Linzer E.M., Mc Shana W.R., Pignataro L.J.: A revised procedure for the capacity analysis of basic freeway sections. Transportation Research 1980 v. 14A nr 1.
- Roazko K.: Warunki komunikacyjna jako czynnik kształtujący ruchliwość mieszkańców. Katowica: IKŚ 1974.
- Rothanbarg J.: The economics of congestion and pollution: an integrated view. The American Economic Review. Papers and Proceedings 1970 v. 60 nr 2.
- Rozkwitalska C.: Metody społeczno-ekonomicznej oceny efektywności inwestycji komunikacji miejskiej. Warszawa: IKŚ 1982.
- Smeed R.J.: Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities London: Ministry of Transport H.M. Stationary Office 1964.
- Smeed R.J.: Traffic studies and urban congestion. Journal of Transport Economic Policy 1968 nr 2.
- Steanbrink P.A.: Optymalizacja sieci transportowych. Warszawa: WKiŁ 1978.
- Stokas L., Henshar D.A.: Transport congestion pricing: a disaggregate approach. International Journal of Transport Economics 1980 v. 7 nr 1.
- Stona P.: Urban Development in Britain Standards, Costs and Resources, 1964-2004. Cambridge: Cambridge University Press 1970.
- Sundquist J.: Where shall they live? The Public Interest 1970 nr 18.
- Suchorzewski W.: Rola transportu w kształtowaniu aglomeracji miejsko-przemysłowych. W: Transport w dużych aglomeracjach miejskich. Warszawa: PAN 1975.
- Tarski I.: Czynnik czasu w procesie transportowym. Warszawa: WKiŁ 1976.
- Tarski I.: Koordynacja transportu. Warszawa: PWE 1968.
- Tarski I.: Transport jako czynnik lokalizacji produkcji. Warszawa: PWE 1963.
- Tarski I.; Taichmnowa E., Patryk E.: Transport i spadki w handlu zagranicznym. Warszawa: PWE 1968.
- Thomson J.M.: Nowoczesna ekonomika transportu. Warszawa: WKiŁ 1978.
- Tinbergen J.: The appraisal of road construction: two calculation schemes. The Review of Economics and Statistics 1957 nr 39.
- Ullman E.: The nature of cities reconsidered. Papers of the Regional Science Association 1962 v. 9.

- U.S. Congress, Senate and House Joint Committee on Washington Metropolitan Problems. Transportation Plan for the National Capital Region. 86th Congress 1st. sess 1959.
- Walters A.A.: The Economics of Road User Charges. International Bank for Reconstruction and Development. Occasional Paper 5 1968.
- Walters A.A.: The theory and measurement of private and social costs of highway congestion. *Econometrica* 1961 v. 29.
- Wardrop J.G.: Journey speed and flow in central urban areas. *Traffic Engineering Control* 1968 nr 9.
- Wasiutyński Z.: O kształtowaniu układów komunikacyjnych. Warszawa: PWN 1959.
- Wabber M.M.: Order in diversity: community without propinquity. W: *Cities and Space. The Future Use of Urban Land*. Baltimore: The Johns Hopkins Press 1963.
- West Churchman C.: *The Systems Approach*. New York 1968.
- Wickham S.; Thian Phuc N.: Port congestion or port dysfunctions? *International Journal of Transport Economics* 1980 v. 7 nr 1.
- Widmer G.: L'inegalité dans le grandeur des villas et ses correlations économiques. *Revue Économique* 1953 nr 3.
- Wilczyński W.: *Rachunek ekonomiczny a mechanizacja rynkowa*. Warszawa: PWE 1965.
- Wingo L.: Measurement of congestion in transportation systems. Planning and development in urban transportation. Washington: Highway Research Board. Bulletin 221 1959.
- Wingo L.: *Transportation and Urban Land*. Washington D.C.: Resources for the Future Inc. 1961.
- Witte H., Laschat W.: A macroeconomic criteria for investments in transportation. *International Journal of Transport Economics* 1979 v.6 nr 2.
- Wood R.C.: *Metropolis against itself*. New York: Committee for Economic Development March 1959.
- Vaughan R.: Exploring the mechanism governing the relative use of major and minor roads in urban areas. *Transportation Research* 1980 v. 14 A nr 3.
- Vickery W.S.: Automobile Accidents, Tort law, Externalities and Insurance. *Law and Contemporary Problems* Summer 1968.
- Vickery W.S.: Congestion theory and transport investment. *The American Economic Review* 1969 v. 59 nr 2.
- Vickery W.S.: Pricing as a Tool in Coordination of Local Transportation. W.: *Transportation Economics*. National Bureau of Economic Research 1965.

Vuaridal R.: La role du temps et de l'espace dans la conjonction économique. *Revue Économique* 1959 nr 6.

Ziałyński J.: *Rachunek ekonomiczny w socjalizmie*. Warszawa: PWN 1963.

Zipsar T.: *Czynnik czasu w organizacji ruchu miejskiego*. Warszawa: Biuro Studiów i Projekt Komunikacji i Inżynierii Miejskiej wrocławskiej, Instytut Gospodarki Komunalnej w Warszawie 1964.

THE COSTS OF TRANSPORT CONGESTION IN CITIES

Summary

Transport congestion in big cities is a universal phenomenon. It results from the features of supply and demand in transport and from the character of the dependancies between them. Basic reason of transport congestion in cities are divergencies between private and social costs of transport treated as functions of the size of town and intensity of economic and social activity in town. Economically justified level of congestion is determined by the state of optimum utilization of transport infrastructure. This state is not a state of equilibrium and cannot be obtained without external interference. Exceeding the economically justified level of congestion causes considerable costs and losses. Good results in decreasing congestion can be obtained by means of adapting prices and direct and indirect taxes to conditions of Pareto optimum and the theory of second best. Decreasing congestion in long periods requires changes in the spatial structure of town. Thus criterion of minimalization of transport congestion costs should be one of the criteria of assessment of urban development programme.

ИЗДЕРЖКИ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЛИВА В ГОРОДАХ

Содержание

Коммуникационное плотное заполнение больших городов это универсальное явление. Это вытекает из свойств предложения и спроса в транспорте и из характера выступающих между ними зависимостей. Основной причиной коммуникационного плотного заполнения городов является разногласия между частными и общественными издержками транспорта как функциями величины города и интенсивности хозяйственной и общественной деятельности в городе. Экономически обусловлен уровень прилива обозначен состоянием оптимального использования транспортной инфраструктуры. Такое состояние не является состоянием

равновесия и не может быть достигнуто без вмешательства извне. Превышение экономически обусловленного уровня прилива вызывает значительные издержки и потери. Хорошие результаты в области снижения прилива можно получить путём приспособления цен, плат и налогов к условиям *optimum Pareto* и теории второго наилучшего решения. Снижение прилива во вторых периодах требует изменений территориальной структуры города. Одним из критериев оценки программ развития городов должен быть потому критерий минимизации издержек транспортного прилива.

SPIS TABEL

1. Koszty eksploatacji pojazdów w zależności od prędkości.....	57
2. Poziom kongestii a nadwyżka apołączna	109

SPIS RYSUNKÓW

1. Zależności między przepływem a prędkością i gęstością ruchu..	21
2. Modal zależności między popytem, gęstością ruchu, przepływem a prędkością pojazdów	27
3. Struktura przestrzenna renty sytuacyjnej	48
4. Koszty kongestii a odległość od centrum miasta	49
5. Koszty kongestii transportowej	65
6. Koszty transportu jako funkcja stosunku natężenia ruchu do przepływności drogi	72
7. Funkcja kosztów transportu	79
8. Uprawnienia transportowe a nadwyżka konsumenta	90
9. Teoretyczne optimum produkcji transportowej w warunkach kongestii	101
10. Globalna koszty transportu a optimum produkcji w warunkach kongestii	106
11. Subiektywny stan równowagi	107
12. Optimum produkcji a wewnętrzna koszty transportu	112
13. Zmiany profili renty i gęstości pod wpływem usprawnień transportowych	121
14. Straty w nadwyżce apołącznej w wyniku współwyatępowania dwu rodzajów zatłoczenia	123
15. Opłata za korzystanie z sieci transportowej jako środek zmniejszania kongestii	128
16. Rezultaty etoawowania opłat w warunkach kongestii II typu....	130
17. Podatek pośredni a ekonomicznie uzasadniony poziom kongestii.	135



okładka tylna recto czysta

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
AKADEMII EKONOMICZNEJ

181191



001-181191-00-0

