

WPŁYW CZYNNIKÓW STRUKTURY FUNKCJONALNO-PRZESTRZENNEJ MIASTA NA UDZIAŁ TRANSPORTU ZBIOROWEGO W PODRÓŻACH

Aleksandra Faron

mgr inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: +48 12 628 2326, e-mail: afaron@pk.edu.pl

Streszczenie. Obecnie każde większe miasto w Polsce doznaje dużych utrudnień w ruchu samochodowym w godzinach szczytu. Próby zmniejszenia zatłoczenia motoryzacyjnego zwykle dotyczą wdrażania wielu inżynierskich rozwiązań, które w sposób doraźny rozwiązują problem kongestii. Pożądane jest poszukiwanie takich rozwiązań, które wpłynąć będą na wielkość generowanego ruchu i sposoby jego obsługi (rodzaj wykorzystywanego środka transportu). Jednym z takich działań jest oddziaływanie na planowanie struktur przestrzennych, głównie w obszarach mieszkalnych i tych, gdzie zlokalizowane są miejsca pracy. Kształtowanie czynników związanych ze strukturą funkcjonalno - przestrzenną daje możliwość kontrolowania liczby generowanych przez obszar podróży odbywanych samochodem osobowym. Czynniki takie jak: gęstość zaludnienia, wielofunkcyjność obszaru, dostępność do infrastruktury transportu zbiorowego, lokalizacja obszaru względem centrum miasta oraz ograniczenia parkingowe są elementami struktury, których umiejętne zastosowanie umożliwia zmniejszenie zatłoczenia motoryzacyjnego w skutek przeniesienia części podróży na transport zbiorowy i pieszy. W artykule przedstawiono modele, które uzależniają procentową wielkość udziału transportu zbiorowego w podróżach w ciągu doby od czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej.

Słowa kluczowe: planowanie przestrzenne, planowanie transportu, podział zadań przewozowych

1. Wprowadzenie

Podstawowymi elementami struktury miasta jest zagospodarowanie przestrzenne oraz system transportowy i najczęściej między nimi dochodzi do najbardziej odczuwalnych dla miasta konfliktów. Obecnie każde większe miasto w Polsce doznaje dużych utrudnień w ruchu samochodowym w godzinach szczytu. Próby zmniejszenia zatłoczenia motoryzacyjnego zwykle dotyczą wdrażania wielu inżynierskich rozwiązań, które w sposób doraźny rozwiązują problem kongestii. Rozwiązania te na krótko pozwalają poprawić warunki ruchu (np. wybudowanie drogi, zwiększenie przepustowości odcinka drogi istniejącej). Dlatego pożądane jest poszukiwanie takich rozwiązań, które wpłynąć będą na wielkość generowanego ruchu i sposoby jego obsługi (rodzaj wykorzystywanego środka transportu). Jednym z takich działań jest oddziaływanie na planowanie struktur przestrzennych,

głównie w obszarach mieszkalnych i tych, gdzie zlokalizowane są miejsca pracy. Kształtowanie czynników związanych ze strukturą funkcjonalno - przestrzenną daje możliwość kontrolowania liczby generowanych przez obszar podróży odbywanych samochodem osobowym. Czynniki takie jak: gęstość zaludnienia i miejsc pracy, wielofunkcyjność obszaru, dostępność do infrastruktury transportu zbiorowego czy lokalizacja obszaru względem centrum miasta lub subcentrum, są elementami struktury, których umiejętne zastosowanie umożliwia zmniejszenie zatłoczenia motoryzacyjnego w skutek przeniesienie części podróży na transport zbiorowy i pieszy. Kluczową jednak kwestią jest, w jaki sposób czynniki te wpływają na zmiany w podziale zadań przewozowych. Sparаметryzowanie tych zależności da podstawę do sprecyzowania postulatów skierowanych do planistów miast i transportu, że współpraca pomiędzy tymi dwoma profesjami jest konieczna, a realizowane równoległe działania planistyczne zapewnią efekt synergiczny.

2. Przegląd literatury polskiej i zagranicznej

W literaturze polskiej, w zakresie wpływu struktury funkcjonalno-przestrzennej na podział zadań przewozowych, występują nieliczne pozycje ujmujące w sposób naukowy problem podejmowany w przedmiotowym artykule. W monografii [1] podejmowany jest temat wpływu transportu na planowanie osiedli mieszkaniowych, jednak na przykładzie nie polskich, ale niemieckich miast. W opracowaniu przedstawione są przykłady pięciu niemieckich osiedli mieszkaniowych, pod względem ich formy zagospodarowania przestrzennego i systemu transportowego (ciągów drogowych i przebiegu tras transportu zbiorowego). Szczególną uwagę poświęcono kształtowaniu przebiegu tras drogowych i transportu zbiorowego obsługujących osiedle, lokalizacji przystanków i przebiegu ciągów pieszych. Zestawiono także udziały poszczególnych środków transportu w codziennych podróżach. W monografii zauważa się, że integracja przestrzenna zabudowy i infrastruktury pieszej, pozwala na zlokalizowanie w osiedlu różnych form usługowych, które są w łatwy sposób dostępne dla mieszkańców. Możliwość zrealizowania wielu celów podróży w obrębie jednego osiedla mieszkaniowego może zredukować liczbę podróży odbywanych samochodem poza analizowany obszar. W monografii wskazuje się także na rolę transportu publicznego w obsłudze analizowanych osiedli. Na zachowania transportowe mieszkańców mają wpływ takie czynniki jak: wielkość miasta, wskaźnik motoryzacji, struktura cen biletów, paliw, jakość układu drogowego i sieci transportu zbiorowego, w tym stosunek całkowitego czasu podróży transportem indywidualnym do zbiorowego. Zatem wskazuje się na istotny wpływ czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej osiedla mieszkaniowego na zachowania transportowe mieszkańców, brak jest jednak w opracowaniu sparаметryzowania tych zależności.

Innym opracowaniem, który podejmuje temat struktury funkcjonalno-przestrzennej jest tak zwana metoda „optymalizacji warszawskiej”, opisana m.in. w [2]. Powstała w latach 1961-1963 jako narzędzie wspomagające planowanie rozwoju miast. Celem metody było takie rozmieszczenie programu urbanistycznego w mieście, aby jego obsługa minimalizowała koszty pozyskania terenu, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Pod uwagę wzięto infrastrukturę transportową (drogi i transport zbiorowy), zaopatrzenie w wodę, kanalizację, gazownictwo i ciepłownictwo. Po sprecyzowaniu wariantów rozmieszczenia zagospodarowania przestrzennego, oszacowano koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Koszty eksploatacyjne uwzględniały także wpływ transportochłonności struktury funkcjonalno - przestrzennej, wynikającej głównie z rozmieszczenia miejsc pracy i zamieszkania. Na podstawie wyników tej metody lokalizowano tereny rozwojowe w planach zagospodarowania przestrzennego miast: Warszawy, Trójmiasta, Łodzi, Krakowa i Poznania i Skopje.

Istnieje kilka pozycji literaturowych z zakresu urbanistyki, bądź transportu, wskazujących na konieczność podjęcia interdyscyplinarnych działań, w celu zmniejszenia zatłoczenia motoryzacyjnego powodowanego nieumiejętnym kształtowaniem systemu transportu w stosunku do zabudowy i w relacji odwrotnej. Na podstawie opracowania [3] można wskazać kilka czynników opisujących standardy obsługi obszaru transportem zbiorowym w odniesieniu do jej formy i lokalizacji względem centrum miasta. Wskaźniki jakości transportu zbiorowego głównie dotyczą najbardziej ogólnie czasu podróży pasażera, a w szczególności czasu dojścia do przystanku, oczekiwania na pojazd, przejazdu i odejścia z przystanku. Wynikają one z położenia względem siebie źródła i celu podróży, a więc rozmieszczenia programu urbanistycznego w relacji do transportu. W opracowaniach [4,5,6] formułuje się zasady kształtowania relacji struktury funkcjonalno-przestrzennej i transportu.

W dokumentach politycznych [7] i [8] na szczeblu krajowym, zauważyć można postulaty dotyczące konieczności dążenia do zintegrowanego planowania struktur przestrzennych i systemów transportowych w mieście. Polityka Transportowa Państwa [7] zwraca uwagę na konieczność zapewnienia równowagi pomiędzy aspektami funkcjonalnymi, przestrzennymi, gospodarczymi i społecznymi w mieście. Wskazuje także na konieczność takiego kształtowania struktury obszarów mieszkalnych, które umożliwiłoby zrealizowanie potrzeb mieszkańców w bliskiej odległości od ich miejsca zamieszkania. Polityka Transportowa Państwa dostrzega wpływ zagospodarowania przestrzennego miasta na możliwości zmniejszania ruchu generowanego przez transport indywidualny.

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [8] precyzuje zakres kształtowania polityki przestrzennej przez jednostki samorządu terytorialnego i organy administracji rządowej, „przyjmując ład przestrzenny i zrównoważony rozwój za podstawę tych działań”. Kształtowanie przestrzeni powinno zapewnić harmonijną całość oraz uwzględnić w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze,

środowiskowe, kulturowe oraz kompozycyjno-estetyczne. Wymagania takie skierowane są głównie do dokumentów planistycznych z zakresu kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej miast: studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

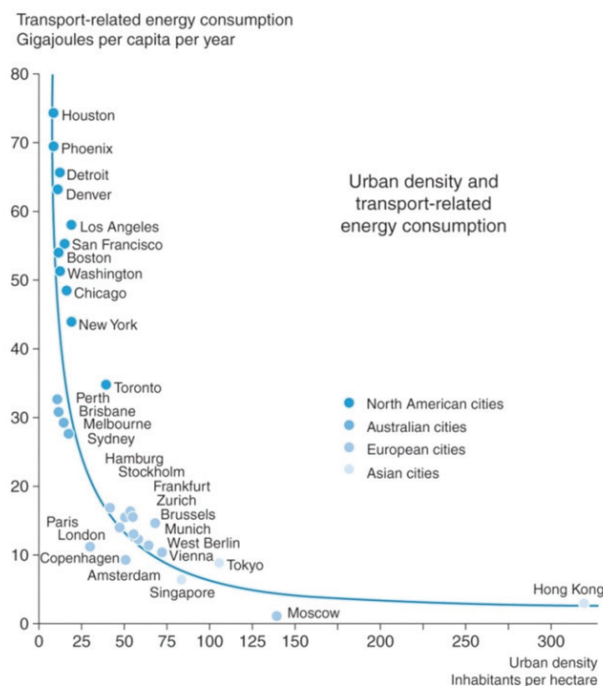
Na szczeblu lokalnym, zauważyć można nieliczne próby określenia wpływu użytkowania terenu na funkcjonowanie systemu transportowego, jednak z reguły nie wychodzą one poza formułę ogólnej rekomendacji. W projektach dokumentów planistycznych w Krakowie i Katowicach [9,10,11] analizowano wpływ różnego rozmieszczenia programu urbanistycznego na zmiany obciążenia ruchem sieci ulicznej. Analizy te odnosiły się do konkretnych przypadków – obejmowały głównie zmiany wartości potencjałów ruchotwórczych w wybranych rejonach komunikacyjnych

W tzw. Kompleksowych Badaniach Ruchu (KBR), np. [12,13,14,15] lub innych opracowaniach dotyczących zachowań transportowych mieszkańców, główny nacisk położony jest na analizę i modelowanie podróży osób. W badaniach tych wpływ czynników charakteryzujących zagospodarowanie przestrzenne, np. wskaźnik gęstości zaludnienia, bądź miejsc pracy, nie był jednak brany pod uwagę jako czynnik wpływu zachowań transportowych mieszkańców.

Z zakresu literatury zagranicznej, podejmującej temat koordynacji działań planistycznych zagospodarowania przestrzennego i transportu, można wskazać opracowania, które formułują zasady kształtowania struktur przestrzennych oraz badania naukowe estymujące poszukiwania zależności. Literatura zagraniczna zwraca uwagę na powiązanie pomiędzy zagospodarowaniem przestrzennym (głównie intensywnością zabudowy) a emisją dwutlenku węgla lub zużyciem energii potrzebnej na zrealizowanie podróży. Pozycje literatury zagranicznej, m.in. [16-21], przedstawiają zależności pomiędzy wybranymi czynnikami struktury funkcjonalno - przestrzennej a funkcjonowaniem transportu, ale pozostają na poziomie ogólnych zasad i rekomendacji.

Inną publikacją wskazującą na powiązanie czynnika charakteryzującego strukturę funkcjonalno - przestrzenną i udział różnych środków transportu w podróżach jest opracowanie [22]. Przedstawiono tam graficznie wyniki analiz prowadzonych dla dużych miast z czterech krajów na świecie: Australii, Kanady, Stanów Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii. Analizy prowadzone były dla motywacji dom - praca. Przedstawione wyniki, obrazujące prawidłowości w postaci graficznej, wskazują na wyraźną różnicę pomiędzy zachowaniami mieszkańców w dojazdach do pracy w poszczególnych krajach. Pomimo braku silnej zależności, można wskazać na wyraźny wpływ gęstości zaludnienia na udział poszczególnych środków transportu w podróżach.

Najbardziej znaną zależnością pomiędzy wartością użytkowania energii przez transport prywatny a gęstością zaludnienia jest zależność przedstawiona na rys.1, wg [23].



Rys.1. Wykres zależności pomiędzy wartością użytkowania energii przez transport prywatny [MJ/rok/mieszkańca] a gęstością zaludnienia wybranych miast {osoba}{ha}{23}.

Wykres ten obrazuje bardzo duże zróżnicowanie miast pod względem intensywności zabudowy i w konsekwencji ich efektywności energetycznej. W miastach europejskich i azjatyckich można zaobserwować zdecydowaną mniejszą wartość użytkowania energii przez transport prywatny niż w miastach amerykańskich i australijskich, przy podobnej gęstości zaludnienia. Jednak z wykresu wynika wyraźna zależność: im miasto jest bardziej zwarte i spójne, tym wartość użytkowanej energii przez transport prywatny jest mniejsza, a co jest z tym związane - większy udział transportu zbiorowego z podróży.

Przegląd opracowań i badań z zakresu kształtowania struktury funkcjonalno - przestrzennej i transportu miasta pokazał jednak, że zintegrowane planowanie opiera się na ogólnych zasadach i rekomendacjach, natomiast na ogół brakuje parametryzacji wpływu poszczególnych czynników.

Przegląd dokumentów planistycznych o charakterze politycznym wskazał na zbyt ogólne traktowanie kwestii harmonizacji planowania struktury funkcjonalno - przestrzennej i systemu transportowego. Dostępne modele zagraniczne uwzględniają co prawda gęstość zaludnienia i rozmieszczenie programu urbanistycznego, jednak ich stosowanie w warunkach polskich może okazać się ryzykowne, z powodu odmiennych uwarunkowań.

3. Wybór czynników opisujących strukturę funkcjonalno-przestrzenną miasta

W celu analizy wpływu struktury funkcjonalno – przestrzennej na udział transportu zbiorowego w podróżach, przeanalizowano zestaw czynników opisujących tę strukturę, które mogą w istotny sposób wpływać na podział zadań przewozowych w mieście. Lista czynników wynika z przeglądu literatury i dotyczy integracji zagospodarowania przestrzennego i transportu. Ze względu na możliwość skorzystania z dostępnej bazy danych oraz dotychczasowych badań (na podstawie przeglądu literatury i badań własnych), wybrano kilka czynników, które charakteryzują strukturę funkcjonalno - przestrzenną obszaru analizy lub mają związek z systemem transportowym miasta. Można do nich zaliczyć:

- gęstość zaludnienia,
- stopień wielofunkcyjności,
- stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego,
- lokalizację względem innych jednostek strukturalnych,
- regulacje parkingowe.

W niniejszym artykule zdecydowano się zastosować te miary urbanistyczne i transportowe, które są łatwe do sparametryzowania i wyznaczenia.

Gęstość zaludnienia rejonu komunikacyjnego to stosunek liczby mieszkańców rejonu do powierzchni tego rejonu (wyrażonej w hektarach). Czynnik ten wybrano z uwagi na możliwość skorzystania z dostępnej bazy danych, w której każdemu rejonowi komunikacyjnemu miasta, przyporządkowano liczbę mieszkańców.

Stopień wielofunkcyjności obszaru jest wyrażony poprzez wskaźnik wewnętrznego zrównoważenia struktury funkcjonalno - przestrzennej, jako iloraz liczby miejsc pracy w rejonie komunikacyjnym we wszystkich sektorach [L_{MP}] do liczby mieszkańców tego rejonu [L_M]. W artykule stopień wielofunkcyjności dotyczy dwóch funkcji – mieszkaniowej i tej, związanej z miejscami pracy – pozostałe, z uwagi na niedostępność danych dla rejonu komunikacyjnego nie była brana pod uwagę. Wskaźnik ten będzie analizowany w zakresie od wartości 0 do 0,5 - czyli dla struktur o przeważającej liczbie mieszkańców (osiedli mieszkaniowych). Pozwoli to na analizę zmian wskaźnika dla przypadku, gdy w rejonie o charakterze monofunkcyjnym pojawiają się w miejsce obiektów mieszkalnych nowe budynki oferujące miejsca pracy. Obserwacja wzrostu tego wskaźnika pozwoli na uchwycenie szybkości zmian udziału transportu zbiorowego w zależności od stopniowej zmiany funkcji obszaru analizy. Analiza stopnia wielofunkcyjności rejonu komunikacyjnego w całym zakresie stosowania (czyli nie tylko dla rejonów o charakterze monofunkcyjnym), z uwagi na bardzo małe wartości korelacji oraz różny zakres (czasami wydaje się nierzeczywisty), nie była rozważana w szczegółowych analizach.

Stopień dostępność do infrastruktury transportu zbiorowego został określony jako odwrotność sumy średniego czasu dojazdu do przystanku oraz średniego czasu oczekiwania na pojazd transportu zbiorowego. Wartości te pochodzą z mo-

deli transportowych miast wykonywanych na potrzeby KBR, gdzie sieć transportowa została odwzorowana w oprogramowaniu VISUM [24]. Wartość czasu dojazdu do przystanku w rejonie komunikacyjnym została określona w programie VISUM jako średnia wartość czasu dojazdu ze środka tego rejonu do wszystkich przystanków transportu zbiorowego znajdujących się w jego obszarze. Wartość czasu oczekiwania na pojazd jest zdefiniowana jako przeciętna wartość czasu dojazdu do przystanku oraz czasu oczekiwania na pojazd transportu zbiorowego w rejonie komunikacyjnym. Czasy te wynikają ze zdefiniowanych parametrów sieci transportu zbiorowego w mieście: układu linii, lokalizacji przystanków względem środka rejonu komunikacyjnego, częstotliwości kursowania.

Czynnik związany z aspektami transportowymi **lokalizacji obszaru** względem innej jednostki strukturalnej, może być wyrażony za pomocą dwóch parametrów: odległości pomiędzy źródłem a celem podróży lub czasem przejazdu pomiędzy tymi punktami. Odległość jest czynnikiem, który wprost wskazujące relacje przestrzenne pomiędzy źródłem a celem podróży. Stwierdzenie, że relacja ta jest bliska, bądź daleka – czyli punkt jest położony bliżej lub dalej – ma wpływ na wybór konkretnego środka transportu. Bardzo często po stwierdzeniu „że coś jest położone blisko”, osoba wybiera się pieszo lub skorzysta z transportu zbiorowego. Jednak, gdy punkt docelowy położony jest „daleko”, najczęściej osoby wybierają samochód osobowy jako środek transportu, którym w dogodny sposób można daleką podróż zrealizować. Na czas przejazdu pomiędzy źródłem a celem, nie tylko ma wpływ odległość, ale także przepustowość sieci drogowej, natężenie ruchu i inne. Z tego względu bardziej od odległości, adekwatnym czynnikiem opisującym wzajemne relacje pomiędzy jednostkami urbanistycznymi jest czas przejazdu.

Czas przejazdu będzie rozważany tylko dla **transportu zbiorowego**, ponieważ wydaje się, że to czas przejazdu tym środkiem transportu ma najbardziej istotny wpływ na jego wybór. Natomiast czas przejazdu transportem indywidualnym będzie uwzględniony w kolejnym, opisanym poniżej czynniku (uogólniony koszt podróży). W artykule poddano analizie zarówno czynnik odległości rejonu komunikacyjnego do śródmieścia miasta oraz czas przejazdu pomiędzy tymi dwoma strukturami.

Czynnik związany z **parkowaniem** i regulacjami z tym związanymi został podjęty w artykule w pośredni sposób. Dostępność do miejsc parkingowych jest elementem struktury funkcjonalno - przestrzennej miasta, natomiast zarządzanie tymi miejscami (w tym nakładanie opłat za parkowanie) można zakwalifikować jako cechę funkcjonalną obszaru na której występuje parkowanie. Na wybór środka transportu przypuszczalnie wpływa możliwość zaparkowania w obszarze o wysokim deficycie miejsc postojowych (a więc i liczba dostępnych miejsc parkingowych). Ten przypadek może rozstrzygać o podjęciu decyzji o odbyciu podróży samochodem osobowym. Jednak analiza tego czynnika wymaga bardzo szczegółowej analizy każdego rejonu komunikacyjnego pod względem oferowanej liczby miejsc parkingowych i deficytu w stosunku do potrzeb. Jeśli analizy miałyby obejmować całe miasto, procedura ta byłaby bardzo pracochłonna. Dodatkowo, jeśli estymowane modele miałyby dotyczyć tylko obszaru Śródmieścia, niezbędne

byłyby badania wpływu dostępnej liczby miejsc parkingowych na udział transportu zbiorowego na dużej próbie miast. Z uwagi na ograniczoną, dostępną bazę danych, takie badania obecnie są bardzo utrudnione. Wydaje się zatem, że uwzględnienie wpływu opłat za parkowanie (co zwiększa tym samym koszt podróży) na podział zadań przewozowych byłoby wystarczające. Jeżeli kierowca ma do wyboru zrealizowanie swojego celu podróży w miejscu, gdzie musi ponieść koszt parkowania, bądź w miejscu, gdzie parkowanie jest bezpłatne, z reguły wybierze tą drugą opcję. Jednak zdarzają się takie sytuacje, gdzie miejsce zrealizowania celu podróży jest przesądzone. Wtedy osoba wybiera ten środek transportu, który według niej jest bardziej atrakcyjny, z uwzględnieniem kilku kryteriów. I taka właśnie sytuacja jest w niniejszym artykule rozważana. Czynnikiem wpływu jest koszt parkowania, ujęty w uogólnionym koszcie podróży – wyraża on iloraz uogólnionego kosztu podróży transportem indywidualnym (uwzględniającym koszt parkowania) do uogólnionego kosztu podróży transportem zbiorowym (opisany w [25]). Iloraz ten będzie globalnym kryterium wyboru środka lokomocji, w sytuacji konieczności odbycia podróży z poszczególnego rejonu komunikacyjnego do obszaru Śródmieścia.

4. Estymacja parametrów modelu podziału zadań przewozowych dla trzech polskich miast

W podejmowanej próbie estymacji parametrów modeli, które pokazywać mają wpływ struktury funkcjonalno - przestrzennej miasta na podział zadań przewozowych, zdecydowano się na estymację parametrów modelu wyboru środka transportu w zależności od czynnika charakteryzującego zagospodarowanie przestrzenne. Wybór środka transportu ograniczono do transportu zmotoryzowanego – samochodu osobowego i transportu zbiorowego. Estymowane parametry modelu odnoszą się do procentowego udziału transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych w okresie doby, na podstawie dostępnej bazy danych dla trzech, dużych miast polskich z wykorzystaniem regresji jednoczynnikowej i wieloczynnikowej (wielorakiej). Obszarem odniesienia jest rejon komunikacyjny, dla którego charakterystyki dostępne są w bazie danych.

Analizę przeprowadzono dla miast, dla których dostępna była szeroka baza danych obejmująca: podział miasta na rejon komunikacyjny, liczbę mieszkańców i miejsc pracy w rejonie, model transportowy miasta (obejmujący sparametryzowaną sieć ulic i sieć transportu zbiorowego oraz model podróży). Spośród wszystkich miast wstępnie kwalifikujących się do analizy (Warszawa, Kraków, Wrocław, Gdańsk, Płock, Łódź, Bydgoszcz, Olsztyn, Rzeszów, Poznań), wybrano te, dla których wszystkie powyższe wymagania są spełnione – Kraków, Wrocław i Gdańsk.

Bazę danych wykorzystaną do estymacji modelu podziału zadań przewozowych, obejmują trzy składowe, pozyskane z różnych źródeł.

Pierwszą z nich są dane źródłowe pozyskane w wyniku przeprowadzania badań ankietowych w gospodarstwach domowych, które dostarczają informacji, m. in.

o podziale zadań przewozowych [12,14,15]. Pozyskane informacje o rodzaju środka transportu wykorzystanego do odbycia podróży dotyczyły następującej liczby podróży:

- w Krakowie – ok. 35,7 tys.,
- we Wrocławiu – ok. 4,8 tys.,
- w Gdańsku – ok. 21 tys.

Pomimo, że próba dla Wrocławia jest bardzo mała, to jednak oparto się na niej z uwagi na brak możliwości skorzystania z innej bazy danych.

Drugą składową, niezbędną do stworzenia bazy danych wykorzystanej w estymacji modelu, są informacje o rejonach komunikacyjnych dotyczące liczby mieszkańców oraz struktury zatrudnienia. Informacje takie najczęściej zbierane są na etapie tworzenia operatu losowania próby, bazując na informacji PESEL (dane dostępne z opracowań [12,14,15]).

Trzecią składową stanowią symulacyjne modele transportowe miast, najczęściej wykonywane w oprogramowaniu VISUM [24]. Taki model uwzględnia szereg informacji o sieci transportowej oraz zachowaniach transportowych mieszkańców. Z modeli tych, na potrzeby analizy, uzyskano następujące informacje (wg modeli przygotowywanych w ramach opracowań [12,14,15]):

- dla rejonów komunikacyjnych – powierzchnie, średnie czasy dojazdu/odejścia do/od przystanku, średnie czasy oczekiwania na pojazd,
- dla sieci ulicznej – m.in. długość odcinków, a w konsekwencji odległości pomiędzy środkiem wszystkich par rejonów komunikacyjnych oraz prędkość na odcinku,
- dla systemu transportu zbiorowego – m.in. przebieg tras, lokalizację przystanków, częstotliwość kursowania, prędkości przejazdu odcinka trasy,
- po procedurze rozkładu ruchu w sieci uzyskano macierze czasów podróży transportem indywidualnym i zbiorowym pomiędzy wszystkimi parami rejonów komunikacyjnych.

Po przygotowaniu kompletnej bazy danych dla trzech miast polskich, dokonano jej modyfikacji ze względu na jej przydatność dla celów dalszych analiz, poprzez usunięcie z pierwotnej bazy danych rejonów, dla których:

- nie przeprowadzono żadnego wywiadu ankietowego oraz takich, dla których liczba pozyskanych ankiet była mniejsza niż 10 (z uwagi na reprezentatywność próby w rejonie),
- nie analizowano rejonów komunikacyjnych włączonych w obszar Śródmieścia, z uwagi na zastosowanie czynnika odległości do centrum/subcentrum oraz uogólnionego kosztu podróży (związanego z opłatami za parkowanie).

W efekcie liczba analizowanych rejonów komunikacyjnych (jako próba badawcza) zmniejszyła się do:

- w Krakowie – 219 rejonów komunikacyjnych (29,1 tys. podróży),
- we Wrocławiu – 122 rejonów komunikacyjnych (3,0 tys. podróży),
- w Gdańsku – 125 rejonów komunikacyjnych (18,6 tys. podróży).

Estymacja modeli podziału zadań przewozowych w podróży zmotoryzowanych była wykonywana dwuetapowo. W pierwszym etapie analizowano jednoczynnikowe modele regresji, a w drugim etapie - modele wieloczynnikowe, które dają możliwość stwierdzenia, czy poprawia się jakość predykcji modelu. Estymowane parametry modelu kwantyfikują wpływ analizowanych czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej na zachowania transportowe mieszkańców, co pozwala przewidywać udziały poszczególnych środków lokomocji w podróży odniesione do konkretnych sytuacji - jest to istotne dla planistów i projektantów. Przy procedurze dopasowania modelu regresji, skorzystano z oprogramowania do analiz statystycznych Statgraphic [26].

Na etapie poszukiwania modeli, które w najlepszy sposób przedstawiają analizowane zależności, rozważono zarówno modele regresji nieliniowej, jak i liniowej. Modele nieliniowe pokazujące zależność udziału transportu zbiorowego od czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej były bardzo podobne do modeli liniowych (m.in. pod względem wartości błędów i współczynnika korelacji). Z uwagi na to, że modele nieliniowe nie polepszały jakości modeli liniowych, ostatecznie analizowano modele regresji liniowej. Także ze względu na to, że w analizach badawczych powinno dążyć się do możliwego upraszczania zależności, aby były one łatwe do zastosowania.

W celu wykonania analizy metodą regresji liniowej, konieczne jest jednak poznanie typu rozkładu, jakiemu podlegają dane. Zastosowanie regresji liniowej wymaga, aby przebieg (kształt) wykresu częstości względnych w kolejnych klasach zmienności danych (tzw. histogramu) posiadał cechy rozkładu normalnego. W tym celu, dla każdego czynnika wpływu charakteryzującego strukturę przestrzenną, w każdym z analizowanych miast, przeprowadzono taką analizę. Dla większości czynników wpływu, można przyjąć ze zgrubnym przybliżeniem, że dane podlegają rozkładowi normalnemu. Jedynie czynniki wpływu związane z gęstością zaludnienia w Krakowie, bliższe są rozkładowi wykładniczemu. Pomimo tego zdecydowano się wykorzystać te dane do estymacji modelu regresji liniowej.

W analizie regresji liniowej jednoczynnikowej i wielorakiej, zmienna Y oznacza procentowy udział transportu zbiorowego w podróży zmotoryzowanych, które rozpoczynają się w analizowanym rejonie komunikacyjnym. Zmienna X, oznaczona literą (skrót) oznacza:

- G – gęstość zaludnienia rejonu komunikacyjnego [os/ha],
- W – stopień wielofunkcyjności rejonu komunikacyjnego [L_{MP}/L_M - liczba miejsc pracy/liczba mieszkańców] ,
- D – stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego w rejonie komunikacyjnym [1/min],
- O – średnia odległość po sieci drogowej pomiędzy poszczególnym rejonem komunikacyjnym a Śródmieściem [km],
- T_{PTZ} – czas przejazdu transportem zbiorowym pomiędzy poszczególnym rejonem komunikacyjnym a Śródmieściem [min],
- U_{KP} – ilorazu uogólnionego kosztu podróży transportem indywidualnym i uogólnionego kosztu podróży transportem zbiorowym pomiędzy rejonem komunikacyjnym a Śródmieściem [-].

Ocena jakości dopasowanego modelu regresji, określającego procentowy udział transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych, została wykonana (na poziomie istotności 0,05) z uwzględnieniem: wartości współczynnika korelacji (R), współczynnika determinacji (R^2), standardowego błędu estymacji (standard error of estimate – SE_E), średniego błędu bezwzględnego (mean absolute error - MAE), a także statystyki testu Durбина – Watsona oraz wykresu rozrzutu reszt w funkcji wartości przewidywanych.

Na tym etapie analizy dokonano także oceny istotności współczynników oraz przyjętego modelu regresji liniowej. Jako parametr oceny istotności modelu regresji skorzystano ze statystyki testu, która przedstawia stosunek oszacowania wariancji modelu do zmienności reprezentowanej wariancją błędów (reszt).

Tabela 1. Wyniki analizy regresji liniowej dla udziału transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych w zależności od pojedynczego czynnika struktury funkcjonalno - przestrzennej rejonu komunikacyjnego dla Krakowa

X	wsp. modelu „a ₀ ”	P-value „t” dla a ₀	wsp. modelu „a ₁ ”	P-value „t” dla a ₁	P-value „F”	R	Sila korelacji*	R ² [%]	SEE [**]	MAE [**]	DW [***]	n****
G	52,1	0,0000	0,07	0,0000	0,0000	0,34	I	12	12,3	8,9	1,9	219
W≤0,5	69,2	0,0000	-45,5	0,0000	0,0001	-0,37	I	14	12,7	9,6	1,7	113
D	54,9	0,0000	7,7	0,6604	0,6604	0,03	BZ	0,1	13,2	10,1	1,7	219
O	61,2	0,0000	-0,7	0,0010	0,0010	-0,22	W	5	13,3	10,2	1,7	
TPTZ	64,1	0,0000	-0,2	0,0000	0,0010	-0,27	W	7	12,9	10	1,8	
UKP	34,2	0,0000	5,7	0,0004	0,0040	0,24	W	6	12,7	9,8	1,9	

Tabela 2. Wyniki analizy regresji liniowej dla udziału transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych w zależności od pojedynczego czynnika struktury funkcjonalno-przestrzennej rejonu komunikacyjnego dla Wrocławia

X	wsp. modelu „a ₀ ”	P-value „t” dla a ₀	wsp. modelu „a ₁ ”	P-value „t” dla a ₁	P-value „F”	R	Sila korelacji*	R ² [%]	SEE [**]	MAE [**]	DW [***]	n****
G	37,7	0,0000	0,09	0,0001	0,0001	0,35	W	12	19,4	15,2	1,9	122
W≤0,5	41	0,0000	20,4	0,4220	0,4216	0,09	BZ	1	20,2	15,6	2	84
D	8,7	0,4020	181,7	0,0005	0,0005	0,31	W	10	19,7	15,1	1,8	122
O	53,6	0,0000	-1,5	0,0165	0,0165	-0,22	W	5	20,2	15,6	1,9	
TPTZ	59,9	0,0000	-0,36	0,0019	0,0019	-0,28	W	8	19,9	15,3	1,9	
UKP	7,3	0,5216	26,1	0,0010	0,0010	0,29	W	8	19,8	15,5	1,8	

Tabela 3. Wyniki analizy regresji liniowej dla udziału transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych w zależności od pojedynczego czynnika struktury funkcjonalno - przestrzennej rejonu komunikacyjnego dla Gdańska

X	wsp. modelu „a ₀ ”	P-value „t” dla a ₀	wsp. modelu „a ₁ ”	P-value „t” dla a ₁	P-value „F”	R	Sila korelacji*	R ² [%]	SEE [**]	MAE [**]	DW [***]	n****
G	37,7	0,0000	0,14	0,0000	0,0000	0,48	I	23	12,5	10,0	1,4	125
W≤0,5	44,5	0,0000	12,9	0,4426	0,4426	0,09	BZ	1	13,9	10,4	1,5	74
D	12,8	0,0010	120	0,0000	0,0000	0,61	Z	37	11,3	8,7	1,7	125
O	56,5	0,0000	-1,5	0,0000	0,0000	-0,44	I	19	12,8	10,1	1,3	
TPTZ	65,3	0,0000	-0,56	0,0010	0,0000	-0,58	W	34	11,6	9,4	1,6	
UKP	-10,9	0,0990	32,5	0,0000	0,0000	0,61	Z	37	11,3	9,0	1,8	

gdzie:

* Sila korelacji: BZ – brak związku, W – zależność wyraźna, I – zależność istotna, Z – zależność znaczna,

** Jednostką błędów jest jednostka estymowanego modelu – w tym wypadku {%},

*** Parametr bezwymiarowy,

**** Liczebność próby,

W przeprowadzonej analizie uzyskano modele regresji liniowej (na poziomie ufności 0,95), które przedstawiają wpływ czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej na udział transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych (w okresie doby). We wszystkich trzech miastach najlepszym modelem jest ten, który opisuje wpływ gęstości zaludnienia rejonu komunikacyjnego na udział transportu zbiorowego, z uwagi na wartości współczynnika korelacji ($R = 0,34 \div 0,48$) – są one wyższe od modeli biorących pod uwagę pozostałe czynniki. Wartości współczynników korelacji pokazują, że można mówić o wyraźnej, istotnej, a nawet znacznej zależności. W przypadku Wrocławia i Gdańska, współczynniki regresji a_0 i a_1 (statystycznie istotne), są w zasadzie porównywalne, przy podobnej próbie badawczej. Jednak w przypadku Gdańska, model jest lepszy – ze względu na wartość współczynnika korelacji oraz wartości standardowego błędów estymacji i średniego błędów bezwzględnych predykcji. Dla Krakowa natomiast, model opisujący wpływ gęstości zaludnienia ma najniższą wartość średniego procentowego błędów bezwzględnych, ale i najniższą wartość współczynnika korelacji.

Zaznaczyć należy, że pomimo nie wysokich wartości współczynnika korelacji oraz znacznych błędów estymacji i predykcji, modele te istotnie opisują zależność pomiędzy udziałem transportu zbiorowego a gęstością zaludnienia rejonu komunikacyjnego. Potwierdza to zarówno pozytywny wynik testu istotności dla całego modelu, jak i statystyka testu Durбина-Watsona (DW).

Dla pozostałych czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej, nie można powiedzieć o pewnych podobieństwach, jak w przypadku gęstości zaludnienia. W Krakowie, spośród wybranych czynników, największą uwagę należy skierować na wpływ stopnia wielofunkcyjności rejonu komunikacyjnego (w przedziale $0 \div 0,5 [L_{MP}/L_M]$) na udział transportu zbiorowego. Model opisujący tę zależność posiada wyższą wartość współczynnika korelacji niż model dla gęstości zaludnienia, jednak wartość statystyki testu DW jest niższa – oznacza to mniejsze zaufanie

do wyniku analizy statystycznej. Modele regresji liniowej w Krakowie dla pozostałych czynników są słabe, głównie ze względu na niską wartość współczynnika korelacji (dla modeli opisujących wpływ zmiennych D , O , T_{PTZ} , U_{KP}).

W przypadku Wrocławia można wyróżnić także model regresji dla zależności udział transportu zbiorowego a czas przejazdu transportem zbiorowym z rejonu komunikacyjnego do Śródmieścia. Test istotności dla współczynników regresji jest pozytywny, a statystyka testu DW pokazuje na zaufanie do wyniku analizy. Jednak wartość współczynnika korelacji jest niska i wynosi $R = -0,28$. Pozostałe modele regresji raczej słabo opisują poszukiwane zależności, a to głównie z uwagi na niską wartość współczynnika korelacji (czynniki oznaczone symbolami $W \leq 0.5$ oraz O), oraz negatywny wynik testu istotności dla współczynników modelu (U_{KP}).

Estymowane parametry modelu regresji dla przypadku Gdańska, odznaczają się dużo lepszą jakością niż w pozostałych miastach (z uwagi na dość wysoki współczynnik korelacji). Jednak w wyniku przeprowadzonego testu DW, model regresji dla czynnika związanego z odległością nie odznacza się wysokim zaufaniem, co świadczy o słabej zależności. Jednocześnie negatywny wynik testu istotności dla parametru modelu regresji „ a_0 ”, dla przypadku czynnika opisującego uogólniony koszt podróży, świadczy o konieczności odrzucenia modelu jako istotnie opisującego zależność. Zatem pozostałymi modelami regresji (dla których wszystkie metody oceny dopasowania modelu są pozytywne) są modele uwzględniające czynnik charakteryzujący gęstość zaludnienia, a także opisującego stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego oraz czas przejazdu transportem zbiorowym.

Należy wyraźnie podkreślić, że dopasowane modele regresji jednoczynnikowej pokazały, że o ile można mówić o istotności wpływu kilku czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej na podział zadań przewozowych, to możliwość skorzystania z tych modeli w celach predykcji i planowania struktury przestrzennej może być ryzykowne i nie jest zalecane, z uwagi na słabą jakość otrzymanych modeli.

Ocena jakości dopasowanego modelu regresji liniowej wielorakiej, określającego procentowy udział transportu zbiorowego w podróżach zmotoryzowanych, została wykonana (na poziomie istotności 0,05) z uwzględnieniem: współczynnika determinacji (R^2), standardowego błędu estymacji (SE_E), średniego błędu bezwzględnego (MAE), średniego procentowego błędu bezwzględnego (MAPE), a także statystyki testu Durбина – Watsona.

W pierwszym etapie estymacji wieloczynnikowego modelu podziału zadań przewozowych, przeprowadzono analizę korelacji cząstkowych pomiędzy zmiennymi objaśniającymi. W kolejnym kroku przeprowadzono estymację parametrów modelu z uwzględnieniem wszystkich nieskorelowanych ze sobą zmiennych. Następnie wykonano ocenę istotności współczynników regresji. Usunięto z modelu te zmienne, dla których test istotności współczynników regresji był negatywny. W konsekwencji otrzymano następujące modele regresji liniowej wielorakiej, dla których współczynnik korelacji jest najwyższy, wartości błędów są najniższe oraz które w istotny sposób opisują zależność pomiędzy udziałem transportu zbiorowe-

go w podróży zmotoryzowanych rozpoczynanych w rejonie komunikacyjnym (Y) a czynnikami struktury funkcjonalno - przestrzennej.

Tabela 4. Wzory regresji dla udziału transportu zbiorowego w podróży w rejonie komunikacyjnym oraz parametry oceny jakości dopasowania modeli dla trzech miast

Miasto	Model regresji Y [%]	R ² [%]	SEE [*]	MAE [*]	MAPE [%]	DW [**]	n***
Kraków	52,1 + 0,07*G	12	12,3	8,9	4	1,9	219
Wrocław	16,3 + 0,06*G + 115,5*D	15	19,1	14,5	12	1,9	122
Gdańsk	15,9 + 0,06*G + 98,3*D	41	10,6	8,2	6	1,6	125

gdzie:

G – gęstość zaludnienia {os/ba},

D – stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego {1/min};

* Jednostką błędów jest jednostka estymowanego modelu – w tym wypadku {%},

** Parametr bezwymiarowy,

*** Liczebność próby.

Próba estymacji modelu regresji wielorakiej dla miasta Krakowa niestety nie powiodła się, z uwagi na negatywny wynik testu istotności współczynników regresji dla zmiennych, które zostały zakwalifikowane do ostatniego etapu analizy (z wyjątkiem gęstości zaludnienia). Wartość współczynnika determinacji jest mała i wynosi 12 %. Wartości błędów SE_e oraz MAE są duże.

Dla pozostałych miast otrzymano modele, które uwzględniają wpływ takich samych czynników struktury funkcjonalno - przestrzennej tj.: gęstość zaludnienia oraz stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego. Zmienne te z uwagi na wartości współczynników regresji mają taką samą lub zbliżoną siłę wpływu na procentowy udział transportu zbiorowego w podróży zmotoryzowanych. Można zatem powiedzieć, że modele te są do siebie podobne. Różnią się jednak wartościami błędów - w przypadku dopasowanego modelu dla Wrocławia, standardowy błąd estymacji jest wyższy niż dla Gdańska i wynosi 19,1 % – jest to dosyć wysoka wartość. W przypadku modelu dla Gdańska, błąd ten wynosi ok. 11 %, a wartość współczynnika determinacji R²=41 %. Można zatem powiedzieć, że model ten najlepiej opisuje wpływ gęstości zaludnienia i stopnia dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego na udział transportu zbiorowego w podróży w porównaniu do pozostałych estymowanych modeli.

5. Podsumowanie

Podsumowując powyższe dopasowane modele można stwierdzić, że przeprowadzone testy istotności, oceny błędów szacowania parametrów oraz ocena dopasowania modelu pokazują, że można mówić o potencjalnie istotnym wpływie takich czynników jak gęstość zaludnienia (G) i stopień dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego (D) na udział transportu zbiorowego w podróży. Nie dotyczy to Krakowa, w którym istotna jest jedynie gęstość zaludnienia.

Można zatem powiedzieć, że w kształtowaniu struktury funkcjonalno - przestrzennej miasta powinno dążyć się do zwiększania dostępności do infrastruktury transportu zbiorowego poprzez takie planowanie zabudowy, dla której można zapewnić krótki czas dojścia do przystanku autobusowego i tramwajowego lub stacji metra i kolei miejskiej. Jednocześnie z uwagi na aspekty ekonomiczne, związane z rozbudową sieci transportu zbiorowego, zabudowę należy lokalizować w bliskim sąsiedztwie korytarzy i przystanków transportu zbiorowego. Wiąże się to nierozdzielnie ze zwiększaniem gęstości zabudowy w strukturach już istniejących.

Innym spostrzeżeniem z przeprowadzonych analiz jest obserwacja wpływu zmniejszania odległości pomiędzy źródłem a celem podróży, a także zwiększania gęstości zaludnienia rejonu, na wielkość udziału transportu zbiorowego w podróżach. Uzyskany model dla Krakowa pokazuje, że wraz ze zwiększaniem odległości pomiędzy źródłem a celem podróży, nawet przy stałej wartości gęstości zaludnienia w rejonie, zmniejsza się poziom użytkowania transportu zbiorowego przez mieszkańców. Negatywny wynik testu istotności wskazuje, że wpływu istotnego nie ma, ale jednak rozróżniana jest zmiana zachowań transportowych mieszkańców w wyniku wydłużenia odległości międzyrejonowej. Zatem można sprecyzować postulat, poparty częściowo modelem, że strukturę przestrzenną należy tak kształtować, aby zapewnić jak najkrótsze odległości podróży pomiędzy miejscem zamieszkania a miejscem docelowym (pracy, realizacji zakupów czy miejscami rozrywki), aby wpływać na zmianę zachowań transportowych mieszkańców poprzez częstsze korzystanie ze środków transportu zbiorowego w codziennych podróżach. Zalecenie to jest możliwe do zrealizowania w obszarach położonych blisko centrum lub dzielnic o bogato zróżnicowanej funkcji. Postuluje się w konsekwencji, aby planowanie struktury funkcjonalno - przestrzennej miasta było celowym działaniem zmierzającym w kierunku tworzenia subcentrum w poszczególnych częściach miasta. Działania takie spowodują zmianę w wyborze środka transportu wśród mieszkańców na rzecz transportu zbiorowego, co skutecznie przyczyni się do poprawy funkcjonowania całego systemu transportowego, w tym redukcji kongestii motoryzacyjnej.

W sferze dalszym badań pozostaje bardziej szczegółowa analiza struktury funkcjonalno – przestrzennej miast polskich pod kątem analizy rozkładu gęstości zaludnienia względem odległości do centrum miasta, co pozwoliłoby na określenie tych obszarów, które powinny być lepiej obsłużone transportem zbiorowym.

Bibliografia

- [1] Bieda K., Wpływ czynnika komunikacji na kształtowanie struktur osiedleńczych. Politechnika Krakowska, Zeszyt naukowy nr 6, Kraków, 1980 r.
- [2] Suchorzewski W., Rola transportu w kształtowaniu struktury funkcjonalno-przestrzennej miast. Materiały pokonferencyjne „Transport a lo-

- gika formy urbanistycznej - projekty dla małych metropolii". Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej, 1-A/2010, Zeszyt 3, Kraków 2010 r.
- [3] Chmielewski J.M., Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010 r.
 - [4] Rudnicki A., Polityka rozwoju przestrzennego a zatłoczenie komunikacyjne. XIV Konferencja Naukowo – Techniczna – Skuteczne zmniejszenie zatłoczenia miasta, Poznań – Rosnówko, 24-26.06.2009 r.
 - [5] Rudnicki A., Uwarunkowania przestrzenne polityki transportowej zrównoważonego rozwoju. Czasopismo Techniczne, Architektura, 2/2005.
 - [6] Rudnicki A., Zrównoważona mobilność a rozwój przestrzenny miasta. Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej, materiały konferencyjne „Transport a logika formy urbanistycznej”, 1-A/2010, Zeszyt 3, rok 107.
 - [7] Polityka Transportowa Państwa na lata 2006-2025, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 27 czerwiec 2005 r.
 - [8] Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 r., Dz.U. 2003 Nr 80 poz. 71.
 - [9] Biuro Rozwoju Regionu w Katowicach, Pracownia Badawczo-Projektowa Systemów Transportu „Trans-Plan”, Wytoczne Planistyczne dla projektu Przebudowy Centrum Katowic, Katowice, 2007 r.
 - [10] Projekt Zmiany Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Krakowa, Kraków, 2010 r. (materiały niepublikowane).
 - [11] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Katowice, Uchwała nr XLV/420/97 Rady Miasta Katowice z dnia 25 sierpnia 1997 r. z późniejszymi zmianami.
 - [12] Jamroz K. z zespołem, Transportowy model symulacyjny Miasta Gdańska, etap I. Biuro Rozwoju Gdańska, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, materiały niepublikowane, Gdańsk, 2010 r.
 - [13] Kompleksowe Badania Ruchu – Poznań 2000. Diagnoza i wnioski. Miasto i Powiat Poznań, Poznań, 2000 r.
 - [14] Pracownia Badań Społecznych w Sopocie na zlecenie UM Kraków: KBR 2003, Tom I i II , Kompleksowe Badania Ruchu dla Miasta Krakowa oraz Moduł: Modelowanie ruchu - Przetwarzanie wyników badań, oraz baza danych, Sopot, Sierpień 2004 r.
 - [15] Spółka Ernest&Young oraz Politechnika Krakowska; Zbiorcze studium wykonalności dla projektu pt: Zintegrowany System Transportu Szynowego Aglomeracji i we Wrocławiu –etap I oraz materiały niepublikowane, Wrocław, 2008 r.
 - [16] EU Project MAX – Integrating Land Use and Sustainable Transport Planning: Promising Policies 2007-2009 r.– www.epomm.eu/index.php.

-
- [17] Gillingwater D., Ison S., Planning for sustainable environmental future, Handbook of Transport Geography and Spatial Systems. Handbooks in Transport, Volume 4, Wydawnictwo Elsevier.
- [18] Goldzmat E., Architektura zespołów śródmiejskich i problemy dziedzictwa. PWN, Warszawa, 1956 r.
- [19] Grahame Shane D., Recombinant urbanism, Conceptual modeling in Architecture, urban, and city theory. Wiley&Sons, 2005 r.
- [20] Marshall S., Banister D., Land Use and Transport - European Research towards integrated policies – project ECOCITY.
- [21] Banister D., Unsustainable transport - City transport in the new century. Routledge, Taylor&Francis Group, 2005 r.
- [22] Mees P., Density and transport mode choice in Australian, Canadian and US cities. Transport for Suburbia, ATRE, 2009 r., <http://www.cmnl.co.nz/assets/sm/4499/61/paper10-Mees.pdf>, analizę przeprowadził przez Chrisa Loadera).
- [23] Newman P., Kenworthy J., Sustainability and cities. Overcoming automobile dependence, 1999 r.
- [24] VISUM 12 User Manual, PTV AG.
- [25] Szarata A., Ocena efektywności funkcjonalnej parkingów przesiadkowych (P+R), Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków, 2005 r., zasoby Biblioteki Politechniki Krakowskiej w wersji elektronicznej.
- [26] Statgraphics Centurion XV User Manual, StatPoint, Inc. 2005 r.