

# Klasyfikacja węzłów przesiadkowych na przykładzie obszaru GZM – ujęcie wielokryterialne<sup>1</sup>

## ADRIAN BARCHAŃSKI

mgr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 603 41 59, e-mail: adrian.barchanski@polsl.pl

## RENATA ŻOCHOWSKA

dr hab. inż., prof. PŚ, Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 603 41 21, e-mail: renata.zochowska@polsl.pl

## MARCIN JACEK KŁOS

dr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 603 41 15, e-mail: marcin.j.klos@polsl.pl

## PIOTR SOCZÓWKA

mgr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 603 41 59, e-mail: piotr.soczowka@polsl.pl

**Streszczenie:** Węzły przesiadkowe są kluczowymi elementami nowoczesnego systemu publicznego transportu zbiorowego, które silnie oddziałują na jakość życia mieszkańców w obszarach zurbanizowanych. W dużym stopniu wpływają one na atrakcyjność całego systemu komunikacji zbiorowej, który, aby konkurować o podróży, musi być sprawny i efektywny. Ważne jest również dążenie do zmniejszania uciążliwości związanych ze zmianą środka transportu. Właściwie zaprojektowane węzły przesiadkowe mogą przyczynić się do zmniejszenia liczby podróży realizowanych transportem indywidualnym, ograniczając dzięki temu zatłoczenie i hałas komunikacyjny oraz zwiększając tym samym atrakcyjność oferty transportu publicznego. W literaturze przyjmowane są zróżnicowane kryteria i sposoby klasyfikacji węzłów przesiadkowych. Brak jest natomiast dokładnych informacji o wymaganym lub istniejącym obecnie poziomie dostępności i spójności, odrębnie dla każdego z typów tych węzłów w skali konurbacji, której przykładem jest Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM). Koniecznym staje się zatem uporządkowanie klasyfikacji oraz przeprowadzenie ujednoczonej analizy stopnia atrakcyjności poszczególnych kategorii węzłów przesiadkowych zlokalizowanych na określonym obszarze. Podstawą przyjętej w artykule klasyfikacji jest układ linii komunikacyjnych publicznego transportu zbiorowego, występujące podsystemy transportu publicznego oraz lokalizacja analizowanego obiektu w układzie przestrzennym GZM. Zaproponowany sposób klasyfikacji umożliwia określenie aktualnego stopnia spójności i integracji systemów publicznego transportu zbiorowego w węzłach przesiadkowych zróżnicowanych typów oraz uporządkowanie zasad ich lokalizacji i kształtowania w odniesieniu do struktury przestrzennej miasta.

**Słowa kluczowe:** węzły przesiadkowe, publiczny transport zbiorowy, integracja, stacje kolejowe.

## Wprowadzenie

Rosnący rozmiar kongestii w obszarach miejskich potęgowany suburbanizacją wpływa negatywnie na warunki podróży. Istniejącego stanu rzeczy ani niekorzystnych tendencji nie można powstrzymać bez podjęcia systemowych działań strategicznych w skali całego obszaru powiązanego

funkcjonalnie [1, 2, 3, 4, 5]. Kluczowym elementem zmian jest dążenie do zwiększenia udziału podróży realizowanych z wykorzystaniem nowoczesnego, zintegrowanego transportu publicznego [1, 2, 4, 6, 7, 8]. Elementem tych działań jest planowanie przyjaznych pasażerom węzłów przesiadkowych jako jednego z działań zrównoważonej mobilności zawierającej w sobie intermodalność [1, 2, 4, 6, 8, 9].

Krótki czas trwania podróży w obszarach miejskich jest jednym z najważniejszych postulatów transportowych. Związany jest on ściśle z organizacją systemu transportu publicznego [1, 4, 10, 11, 12, 13]. Rosnące wymagania wobec częstotliwości kursowania pojazdów transportu publicznego nie mogą zostać zrealizowane z użyciem połączeń bezpośrednich. Związane jest to z rosnącą ruchliwością mieszkańców oraz z równomiernym rozmieszczeniem miejsc generacji i absorpcji podróży [1, 8, 10, 13].

Efektywność przemieszczania podróży w celu zapewnienia sprawnej realizacji podróży typu *door-to-door* zależy w znacznej mierze od organizacji, dostępności i struktury węzłów przesiadkowych. Poprawnie zaprojektowane węzły przesiadkowe umożliwiają równomierne wykorzystanie wszystkich podsystemów transportu publicznego [1, 5, 10, 11]. Publikacje wskazują, że dotychczas węzły te były słabym punktem systemu transportu publicznego [6, 14], nie dostrzegano ich kluczowej, wieloaspektowej roli, podczas gdy mogą one podnosić jego atrakcyjność, jeśli będą właściwie zaprojektowane i optymalnie wykorzystane [6, 11, 14, 15, 16].

W artykule przedstawiono metodę klasyfikacji węzłów przesiadkowych oraz przykład jej zastosowania na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. Opracowana metoda klasyfikuje węzły przesiadkowe na podstawie atrakcyjności związanej z dostępnością i integracją, uwzględniając zarówno podsystem transportu miejskiego, jak i kolejowego. Rozdział drugi zawiera opis dotychczasowego stanu zagadnienia w tym zakresie. W kolejnym przedstawiono zaproponowaną metodę. Rozdział czwarty zawiera wyniki dla studium przypadku. Ostatnia część artykułu obejmuje podsumowanie oraz potencjalne kierunki dalszych badań.

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: A. Barchański 25%, R. Żochowska 25%, M. J. Kłos 25%, P. Soczówka 25%.

## Sposoby klasyfikacji węzłów przesiadkowych

Pojęcie węzła przesiadkowego traktowane jest różnorodnie w literaturze. Zasadniczo można go rozumieć jako zbiór przystanków różnych środków transportu, obiektów pomocniczych i segmentów międzyprzystankowych [17]. Wskazana budowla powinna być zaprojektowana w konkretnym celu, jakim jest realizacja przesiadek przez pasażera w trakcie podróży [18]. Węzeł przesiadkowy powinien zapewniać sprawną i wygodną zmianę środka transportu zarówno między niskopojemnym (samochód, rower, autobus) a wysokopojemnym (tramwaj, kolej, metro) taborem, jak i pomiędzy środkami o podobnej pojemności [3, 11]. W literaturze analizowano również zalecenia dotyczące liczby linii komunikacyjnych zbiegających się w węzle przesiadkowym [3, 12, 13]. Jako minimalną wartość wskazano występowanie co najmniej dwóch [14] lub trzech [19] linii zbiegających lub przecinających się, umożliwiających przesiadanie się.

W literaturze występują zróżnicowane podejścia do podziału węzłów przesiadkowych. Najogólniejszy podział węzłów to klasyfikacja na węzły jednorodne i mieszane na podstawie liczby występujących podsystemów transportu publicznego [19]. Sposób klasyfikacji węzłów, który można zastosować do systemów transportu publicznego funkcjonujących w poszczególnych miastach na całym świecie, jest podziałem bazującym na układzie i rodzaju linii zbiegających się w węzle. Zaproponowany w [16] podział wprowadza cztery kategorie węzłów: na skrzyżowaniu tras (wymagające zwykle więcej niż jednego przystanku), z przeplataniem tras, przy zakończeniach linii (gdzie mogą spotykać się linie transportu publicznego różnego szczebla) oraz dworce autobusowe będące grupą obiektów najbardziej rozbudowanych ze względu na liczbę i charakter obsługujących linii. Wskazany podział może nie być rozłączny. Inny sposób klasyfikacji zaproponowany w [16] uwzględnia lokalizację węzła w układzie przestrzennym miasta, wyróżniając cztery grupy: zewnętrzne (P & R [20, 21, 22]), główne na granicy obszaru centrum, wspomagające oraz związane z koleją. Podstawową wadą tego podziału jest ograniczenie możliwości zastosowania wyłącznie do miast i aglomeracji monocentrycznych.

Węzły mogą być klasyfikowane w oparciu o zbiór cech charakteryzujących każdy obiekt w ramach spójnych wewnętrznie grup. Wskazane podejście zastosowano w [6], dzieląc węzły na podstawie rodzajów podsystemów transportu obsługujących węzeł, motywacji podróży oraz charakterystyki obszaru, w którym znajduje się węzeł. Wyróżniono następnie pięć grup obiektów: terminale międzymiastowe, węzły tranzytowe, węzły przesiadkowe, obiekty typu P & R oraz przystanki zintegrowane. Przegląd dokumentów strategicznych rozwoju transportu w aglomeracji poznańskiej dokonany w [3] wskazuje podział węzłów przesiadkowych na główne i typów B & R oraz P & R. Wchodzące w skład tych węzłów stacje kolejowe podzielone zostały na pięć kategorii ze względu na rodzaj obsługujących połączeń kolejowych: I – wszystkich typów, II – wszystkich poza międzynarodowymi i EIC, III – pociągi typów: TLK, IR, ekspres regionalny i regionalny metropolitalny, IV – pociągi typów: ekspres regio-

nalny, regionalny metropolitalny i V – pociągi regionalne i metropolitalne. W [15] zaproponowano jednopoziomową klasyfikację węzłów ze względu na lokalizację w układzie przestrzennym miasta na węzły centralne, obwodnicowe i peryferyjne. W żaden jednak sposób nie zdefiniowano kryteriów, warunków i zasad pozwalających na jednoznaczny przydział do kategorii.

Oprócz klasycznej klasyfikacji w odniesieniu do sieci drogowej, sieci transportu publicznego i zagospodarowania przestrzennego, w literaturze podjęto próby opracowania ujednoliconych zasad oceny funkcjonalności węzłów przesiadkowych. Zdefiniowano w tym celu zbiór kryteriów [16] oraz metody wskaźnikowe [4, 15, 19, 22]. Celem wskazanej oceny jest analiza następujących czynników: poprawności konstrukcji, dostosowania węzła do potrzeb użytkowników i jakości wyposażenia. W podejściu wieloaspektowym zamiast narzucania na wstępie sztywnej klasyfikacji, przeprowadzana jest jakościowo-ilościowa analiza w węzłach [23, 24]. Analizowane są następujące czynniki: zagospodarowanie przestrzenne otoczenia, dostępność węzła, integracja podsystemów transportu publicznego, liczba linii oraz wielkość potoków pasażerskich [12, 13, 23, 25]. Zakres zmienności został podzielony na pięć klas, a każdej z nich przydzielono wartość punktową. Ocena wynikowa badanego węzła jest sumą punktów otrzymanych na podstawie przydziału do klas dla poszczególnych czynników [23].

Zaproponowana w [14] analiza ilościowa węzłów przesiadkowych została przeprowadzona z uwzględnieniem czasów oczekiwania, częstotliwości kursowania, liczby linii, czasu i długości drogi przejścia oraz warunków przesiadania się oraz utrudnień w dostępności dla obszaru miejskiego aglomeracji monocentrycznej. Uzupełnienie zaproponowanej metody o ocenę postrzegania przez użytkowników przedstawiono w [26]. Wykorzystując badania marketingowe, oceniono węzły, biorąc pod uwagę trzy następujące elementy: oferowany komfort, estetykę i obecność personelu. W publikacji tej stwierdzono, że pierwszy z wymienionych czynników postrzegany jest przez użytkowników jako najistotniejszy. Obejmuje on analizę takich aspektów, jak warunki oczekiwania, możliwość aktywnego spędzenia czasu i wyposażenie węzła przesiadkowego w infrastrukturę ułatwiającą zmianę środka transportu.

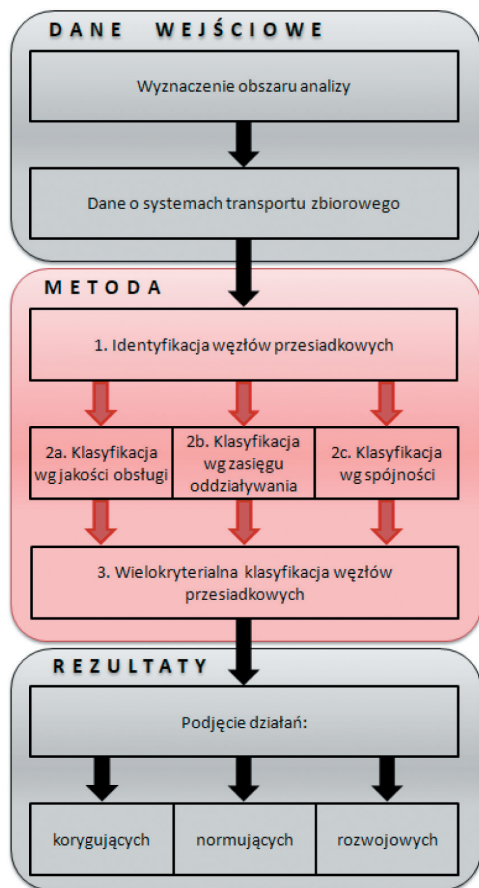
W literaturze, dla żadnego z proponowanych podziałów, nie zostały przeprowadzone kompleksowe analizy dotyczące liczby i rozmieszczenia przestrzennego węzłów przesiadkowych każdego z typów na wybranym obszarze funkcjonalnym (miasto, aglomeracja, gmina, powiat), obsługiwanym przez jednego organizatora. Zaproponowana w artykule metoda stanowi zatem inne podejście do problematyki klasyfikacji węzłów. Elementy analizy, które do tej pory stosowano indywidualnie, zostały ujęte w sposób spójny. W artykule przedstawiono metodę uniwersalną, którą można zastosować dla analizy całego obszaru, zarówno dla stanu istniejącego, jak i projektowanego. Podstawą klasyfikacji są miary ilościowe gwarantujące obiektywność oraz powtarzalność oceny. Dodatkowo przedstawiono przykład zastosowania opracowanej klasy-

fikacji dla obszaru GZM. Na podstawie wykonanego przeglądu literatury wybrano sposób podziału oraz typy węzłów wraz z kryteriami oceny.

### Wielokryterialna klasyfikacja węzłów przesiadkowych

W związku z koniecznością zwiększenia atrakcyjności transportu publicznego dla poprawy warunków życia na obszarach miejskich poprzez ograniczenie kongestii wraść będzie rola węzłów przesiadkowych jako miejsc kształtujących dostępność komunikacji publicznej, łączących zadania transportowe z funkcjami usługowo-handlowymi. Zaproponowana metoda klasyfikacji węzłów przesiadkowych wymaga danych o sieci transportu publicznego i jego organizacji oraz informacji geoprzestrzennych. Wymienione dane umożliwiają ocenę potencjału sieci oraz analizę stanu obecnego i wskazanie kierunków potencjalnych działań. Metoda może być stosowana zarówno dla systemów istniejących, jak i projektowanych.

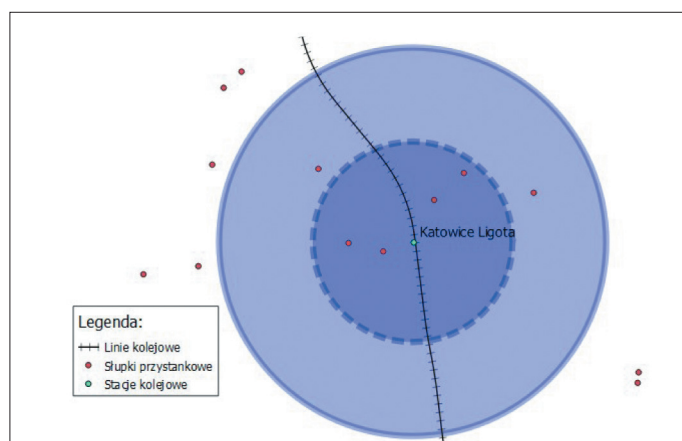
Podstawowym założeniem metody jest występowanie co najmniej dwóch podsystemów transportu publicznego. Ze względu na znaczącą rolę kolei w zapewnieniu zrównoważonej mobilności założono, że kolej będzie traktowana jako układ podstawowy, na bazie którego tworzony będzie zintegrowany system transportu miejskiego [27]. Zaproponowana metoda umożliwia także przyjęcie innego bazowego podsystemu transportu publicznego. Metoda obejmuje trzy podstawowe etapy działań, które przedstawiono na schemacie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat zaproponowanej metody wielokryterialnej klasyfikacji węzłów przesiadkowych [opracowanie własne]

Przed rozpoczęciem analizy i klasyfikacji konieczne jest przygotowanie zbioru danych wejściowych. W pierwszej kolejności należy zdefiniować obszar analizy z jednoznacznie określonymi granicami. W kolejnym kroku należy uporządkować dane o sieciach podsystemów transportu publicznego dotyczące przebiegu tras i lokalizacji stanowisk przystankowych (zdefiniowane granice działania determinują skalę i rozmiar niezbędnych do zgromadzenia danych). Jednym z elementów danych wejściowych jest informacja o rozkładach jazdy i trasach dla wszystkich linii komunikacyjnych przebiegających przez analizowany obszar wraz z informacją o zasięgu ich oddziaływania.

Pierwszym etapem metody jest trójstopniowa identyfikacja węzłów przesiadkowych. Dla każdego przystanku kolejowego (lub innego bazowego systemu transportu publicznego) prowadzona jest analiza przestrzenna występowania stanowisk przystankowych innych podsystemów. Każde stanowisko przystankowe identyfikowane jest na podstawie występowania słupka przystankowego. W tym celu założono wytyczenie ekwidystant z otoczenia stacji kolejowej o promieniu 500 m (rys. 2). Zastosowano ponadto dodatkową, pomocniczą ekwidystantę 250 m.



Rys. 2. Granice otoczenia bliższego i dalszego przystanku podstawowego systemu transportu publicznego [opracowanie własne]

Na rysunku 2 przedstawiono w sposób graficzny proces identyfikacji stanowisk przystanków innych podsystemów transportu publicznego w zdefiniowanym otoczeniu przykładowej stacji kolejowej. Centralnym punktem dwóch wytyczonych współśrodkowych okręgów jest lokalizacja przestrzenna stacji kolejowej. Okrąg o linii przerywanej wyznacza granicę otoczenia bliższego, tj. ekwidystantę 250 m, natomiast o linii ciągłej – granicę zewnętrzną otoczenia dalszego, tj. ekwidystantę 500 m, znajdującego się między dwoma wskazanymi okręgami. Zaproponowane w metodzie wartości promienia wybrano na podstawie wyników badań przedstawionych w literaturze [23].

Do kolejnego kroku identyfikacji wybierane są tylko te stanowiska przystankowe, które znalazły się w wytyczonym obszarze. Dla każdego elementu z utworzonej bazy danych potencjalnych przystanków przesiadkowych bada się dostępność stacji kolejowej mierzoną drogą dojazdu. W tym celu zaproponowano zastosowanie informacji udostępnianych w ser-

wisach zawierających informację przestrzenną. Stanowiska przystankowe oddalone od peronu stacji o nie więcej niż 500 m (mierząc po sieci dróg pieszych) zostały zaliczone do zintegrowanego zespołu przystankowego, który będzie przedmiotem analiz w kroku 2 i 3 metody. Poza wybraniem zespołów przystanków do ich dalszego badania i klasyfikacji drogą eliminacji znajduwane są miejsca, w których brakuje integracji w aktualnym funkcjonowaniu systemu transportu publicznego. Przeprowadzenie w tym zakresie odrębnego przeglądu umożliwi określenie potencjału istniejących przystanków do rozwoju i poprawy integracji w przyszłości.

Etap drugi obejmuje przeprowadzenie niezależnych analiz dla każdego z kryteriów cząstkowych, a następnie opracowanie dla osobnej klasyfikacji, które zostały oznaczone jako 2a, 2b, 2c. Mogą być one wykonywane w dowolnej kolejności, także równocześnie jak pokazano na schemacie (rys. 1). Wyniki analiz będą wskazywały, które węzły wymagają działań korygujących w poszczególnych zakresach.

Klasyfikacja według jakości obsługi (2a) jest najbardziej ogólna. Brane są tutaj pod uwagę dwa kryteria klasyfikacji, tj. liczba występujących typów połączeń kolejowych oraz podsystemów transportu publicznego [3]. Podział został przedstawiony w tabelach 1 i 2.

Tabela 1

Klasyfikacja stacji i przystanków kolejowych ze względu na liczbę typów obsługiwanych połączeń kolejowych			
Lp.	Typ połączeń kolejowych	Liczba typów połączeń	Oznaczenia
1.	Wszystkie typy pociągów	2	IC, REG
2.	Tylko połączenia regionalne, aglomeracyjne	1	REG

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

Klasyfikacja zespołów przystankowych ze względu na liczbę obsługujących podsystemów transportu miejskiego		
Lp.	Liczba podsystemów	Podsystemy
1.	Co najmniej 2	Autobusowy (A), Tramwajowy (T), Trolejbusowy (Tr)
2.	Tylko 1	

Źródło: opracowanie własne

W proponowanej metodzie punktowej sposób obsługi przystanków potraktowano jednocześnie ze względu na dwie klasyfikacje, dzieląc węzły przesiadkowe na cztery kategorie. Sposób przydziału do grup został przedstawiony w tabeli 3.

Tabela 3

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na liczbę podsystemów transportu		
Liczba podsystemów transportu miejskiego		
Typ połączeń kolejowych	Co najmniej 2	Tylko 1
IC, REG	Kategoria 1 Węzły przesiadkowe znaczenia międzymiastowego, wojewódzkiego	Kategoria 2 Węzły przesiadkowe znaczenia międzymiastowego, wojewódzkiego lub regionalnego
REG	Kategoria 3 Węzły przesiadkowe znaczenia aglomeracyjnego	Kategoria 4 Węzły przesiadkowe znaczenia lokalnego

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 3, poza wskazaniem kategorii, autorzy na bazie literatury [2, 3, 14, 27] zaproponowali teoretyczny podział węzłów, który stanowić ma poziom odniesienia do uzyskiwanych, empirycznych wyników oceny węzłów w rzeczywistych systemach transportowych. Dla każdej z czterech kategorii wskazano nazwę, określającą również rolę, zadania oraz wyposażenie węzłów określonego typu i zasięg podróży, jakie mogą być z niego rozpoczynane. Węzły kategorii 1 są najbardziej rozbudowane. Dzięki dostępowi kolei IC zapewniają one połączenie z innymi regionami i miastami, a poprzez występowanie kilku systemów transportu miejskiego, dużą liczbę linii i wysoką częstotliwość kursowania, zapewniają bezpośredni dostęp do znacznej części obszaru aglomeracji. Węzły te zwykle są zlokalizowane w centralnych dzielnicach największych ośrodków, zapewniają szeroki zbiór usług dodatkowych i pomocniczych oraz są wyposażone w wiele urządzeń przydatnych podróżnym. Węzły kategorii 2 spełniają rolę regionalną, zlokalizowane są w ważnych ośrodkach. Są one istotne dla systemu publicznego transportu zbiorowego. Pasażerowie mogą przesiadać się pomiędzy różnymi środkami i liniami transportu miejskiego. Kategoria 3 to węzły obejmujące swoim zasięgiem kilka powiatów (głównie sąsiednich), umożliwiają dostępność połączeń do centralnych lokalizacji wielu jednostek tworzących aglomerację. Węzły kategorii 4 umożliwiają podróże wewnątrz gminy, zapewniają połączenia z centralnymi punktami sąsiednich gmin, największą dostępność oraz możliwość bezpośredniej podróży do wszystkich dzielnic, części i rejonów gminy. Podział ten pozostaje zgodny z klasyfikacją przedstawioną w literaturze [23].

Drugim kryterium klasyfikacji stosowanym w grupie oceny poziomu jakości jest analiza łącznej liczby kursów podsystemów transportu miejskiego (A, T, Tr) realizowanych w ciągu dnia roboczego. Wartości graniczne przedziałów zostały zamieszczone w tabeli 4.

Tabela 4

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na liczbę kursów w węźle w dniu roboczym		
Lp.	Liczba kursów	Kategoria węzła
1.	>1050	1
2.	(750;1050>	2
3.	(350;750>	3
4.	<0;350>	4

Źródło: opracowanie własne

Im większa częstotliwość kursowania pojazdów transportu miejskiego, tym wyższa powinna być kategoria węzła.

Etap 2b obejmuje klasyfikację węzłów ze względu na zasięg, jaki zapewniają linie transportu miejskiego. W zaproponowanej metodzie zasięg ten jest mierzony średnią liczbą stref pokonywanych przez linie korzystające z danego węzła. Są to strefy związane z taryfą biletową, które często pokrywają się z podziałem administracyjnym gmin lub powiatów i dla takich zakresów wyznaczono wartości graniczne pozwalające na klasyfikację węzłów przedstawioną w tabeli 5.

Tabela 5

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na średnią liczbę stref pokonywanych przez linie obsługujące węzeł		
Lp.	Średnia liczba stref	Kategoria węzła
1.	>2,2	1
2.	(1,8;2,2>	2
3.	(1,4;1,8>	3
4.	<1,1,4>	4

Źródło: opracowanie własne

Im więcej stref pokonują korzystające z niego linie transportu miejskiego, tym wyższa jest kategoria węzła. Jest to zgodne z przyjętym na etapie 2a założeniem o roli poszczególnych typów węzłów w układzie przestrzennym aglomeracji.

Etap 2c obejmuje ostatnią analizę opartą na kryterium cząstkowym. W tym przypadku klasyfikacja dokonywana jest w oparciu o wskaźnik spójności węzła o interpretacji średniej liczby linii odjeżdżających z pojedynczego stanowiska wyznaczany jako:

$$W_{sw} = \frac{n_L}{(n_{SP})_{R \rightarrow 500m}} \quad [-] \quad (1)$$

gdzie:

$W_{sw}$  – wskaźnik spójności węzła [-],

$n_L$  – łączna liczba linii komunikacyjnych transportu miejskiego, które obsługują stanowiska przystankowe wchodzące w skład węzła przesiadkowego (zidentyfikowanego w etapie 1 metody), przy czym każdy numer linii uwzględniany jest tylko raz [szt.],

$(n_{SP})_{R \rightarrow 500m}$  – liczba stanowisk przystankowych (wyznaczonych na etapie 1. metody) należących do sąsiedztwa stacji kolejowej ograniczonego ekwidystantą 500 m [szt.].

Wartości graniczne wskaźnika spójności węzła przesiadkowego przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na spójność węzła		
Lp.	Wskaźnik spójności węzła	Kategoria węzła
1.	> 2,25	1
2.	(1,5;2,25>	2
3.	(0,75;1,5>	3
4.	≤ 0,75	4

Źródło: opracowanie własne

Im więcej linii korzysta z danego przystanku, tym struktura węzła jest prostsza, bardziej przejrzysta i zrozumiała dla podróżnych. Zwiększa to atrakcyjność transportu publicznego, zmniejsza powierzchnię węzła, długość dróg pokonywanych pieszo i ułatwia synchronizację rozkładów jazdy. Tej klasyfikacji nie można wprost łączyć z przedstawioną na etapie 2a, gdyż należy uwzględnić wpływ warunków terenowych, co oznacza, że im większy węzeł, tym większa liczba linii powinna go obsługiwać. Koniecznym będzie więc zapewnienie wystarczającej liczby stanowisk

przystankowych. Postuluje się jak największą spójność wszystkich typów węzłów [4, 15, 16, 22]. Ważne, aby przystanki były zlokalizowane możliwie blisko stacji kolejowej.

Ostatnim, trzecim etapem proponowanej metody jest klasyfikacja węzłów oparta na kryterium globalnym, uwzględniająca wyniki uzyskane podczas realizacji etapu drugiego. Problem opracowania zintegrowanego systemu transportu miejskiego jest bardzo złożony i wieloaspektowy. W związku z tym, aby zwiększyć jego atrakcyjność i zmienić udział podróży realizowanych transportem publicznym, węzły przesiadkowe jako kluczowe elementy całego systemu muszą spełniać wysokie oczekiwania użytkowników. Dlatego ważne jest globalne spojrzenie na sumaryczną liczbę punktów, jaką otrzymał każdy z węzłów, aby móc zidentyfikować obszary wymagające poprawy. Trzeba również podkreślić, że każde z kryteriów badanych na etapie 2 może być w inny sposób postrzegane przez podróżnych. Na podstawie literatury [23] wybrano wagi istotności dla poszczególnych kryteriów, które przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7

Zestawienie wag dla każdego z kryterium cząstkowego		
Lp.	Kryterium	Waga
1.	Liczba dostępnych systemów transportu publicznego	0,6
2.	Liczba kursów	0,5
3.	Zasięg obsługi obszaru przez linie korzystające z węzła	0,4
4.	Spójność węzła	0,5

Źródło: opracowanie własne

Klasyfikacja wykorzystuje ocenę punktową, bazując na przeprowadzonych wcześniej, opartych na kryterium cząstkowym, klasyfikacjach węzłów. Każdy węzeł otrzymuje odpowiednią liczbę punktów (0, 5, 10 lub 15) w zależności od kategorii, do jakiej został przyporządkowany na etapie 2 metody, a ostateczna, sumaryczna ocena węzła jest sumą liczby punktów przyznanej w każdej z czterech klasyfikacji, ważoną istotnością danego aspektu z punktu widzenia użytkowników. W tabeli 8 zestawiono punkty, które przyznano poszczególnym kategoriom węzłów według każdego z kryterium cząstkowego, natomiast w tabeli 9 zamieszczono informacje o przedziale wartości sumarycznej oceny, jakie pozwalają łącznie, w oparciu o zbiór zdefiniowanych kryteriów cząstkowych, przydzielić poszczególne węzły do kategorii.

Porównanie uzyskanej klasyfikacji na bazie wyników badania obiektów rzeczywistych z teoretycznym podziałem pozwala na podjęcie szeregu działań. Działania korygujące obejmują zmianę sposobu obsługi węzła przez transport

Tabela 8

Liczba punktów przyznawana za przydział węzła do kategorii		
Lp.	Kategoria węzła wg kryterium cząstkowych	Liczba punktów
1.	1	15
2.	2	10
3.	3	5
4.	4	0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na wynikową ocenę uzyskaną w czterech kategoriach		
Lp.	Sumaryczna ocena węzła	Kategoria węzła
1.	<24;30>	1
2.	<16;24)	2
3.	<8;16)	3
4.	<0;8)	4

Źródło: opracowanie własne

publiczny (zmiana częstotliwości kursowania, tras i zasięgu poszczególnych linii oraz liczby podsystemów transportu), reorganizację lub relokację przystanków, w taki sposób, aby każdy węzeł pełnił rolę, jaka wynika z jego lokalizacji w układzie przestrzennym aglomeracji. Działania normalizujące mają na celu usystematyzować strukturę, rolę i miejsce węzłów w układzie przestrzennym miasta poprzez opracowanie spójnej koncepcji systemu transportu publicznego. Działania rozwojowe obejmują m.in. wytyczanie nowych węzłów w miejscach wytypowanych na pierwszym etapie działań, tj. w miejscach, gdzie brak jest przystanków w pobliżu stacji kolejowych.

### Analiza stanu istniejącego na przykładzie podsystemów transportu publicznego na obszarze GZM

Opracowaną metodę zastosowano w praktyce do zbadania stopnia integracji podsystemów transportu publicznego na obszarze GZM poprzez identyfikację, ocenę i klasyfikację wszystkich węzłów przesiadkowych. Pozwoliło to na przeprowadzenie pełnej, kompleksowej analizy stanu istniejącego oraz zróżnicowania przestrzennego lokalizacji obiektów należących do każdej z czterech proponowanych kategorii. Ponadto uzyskano zbiór ilościowych charakterystyk opisujących poszczególne węzły, dzięki czemu można było porównywać różne wartości, zarówno pomiędzy grupami rodzajowymi, jak i wewnątrz każdej z nich oraz ocenić ich rozstęp w każdej z proponowanych w metodzie klasyfikacji.

Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia jest związkiem 41 gmin leżących w centralnej części województwa śląskiego i zajmuje około 21% jego powierzchni. Zamieszkuje ją ponad 2,2 mln mieszkańców, co stanowi około 50% ludności województwa. Gęstość zaludnienia wynosi około 888 os/km<sup>2</sup>. Wartość ta znacznie przekracza średnią dla województwa. W centralnej części metropolii, czyli na obszarze, gdzie współistnieją cztery podsystemy publicznego transportu zbiorowego (kolejowy, autobusowy, tramwajowy i trolejbusowy), wartość wskaźnika gęstości zaludnienia wzrasta do poziomu 1 661 os/km<sup>2</sup> [28].

GZM jest konurbacją o wielu silnie rozwijających się ośrodkach miejskich o różnym stopniu powiązania między poszczególnymi gminami. Ponadto, obecny układ sieci transportu miejskiego składa się z obszarów zarządzanych wcześniej (do roku 2017) przez trzech niezależnych organizatorów, prowadzących niezależne polityki transportowe i kształtujących swoją sieć połączeń według wewnętrznych potrzeb.

Dotychczas nie została opracowana spójna koncepcja kształtowania zintegrowanego systemu transportu publicz-

nego i zapewnienia zrównoważonej mobilności dla regionu. Dane do przeprowadzonej analizy pozyskano z ogólnodostępnych serwisów internetowych, udostępniających informację publiczną oraz dane geoprzestrzenne. Wyniki pierwszego etapu analizy według proponowanej metody przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10

Klasyfikacja węzłów przesiadkowych ze względu na liczbę podsystemów transportu zbiorowego		
Typ połączeń kolejowych	Liczba podsystemów transportu miejskiego	
	Co najmniej 2	Tylko 1
IC, REG	Kategoria 1 Liczba węzłów 8 Bytom Chorzów Batory Chorzów Miasto Katowice Mysłowice Sosnowiec Główny Tychy Lodowisko Zabrze Głównie	Kategoria 2 Liczba węzłów 5 Będzin Miasto Dąbrowa Górnicza Gliwice Katowice Ligota Tarnowskie Góry
REG	Kategoria 3 Liczba węzłów 5 Katowice Zawodzie Sosnowiec Dańdówka Sosnowiec Kazimierz Sosnowiec Porąbka Tychy	Kategoria 4 Liczba węzłów 9 Będzin Chorzów Stary Dąbrowa Górnicza Gołonóg Dąbrowa Górnicza Żąbkowice Gliwice Łabędy Katowice Piotrowice Mikołów Radzionków Rojca Ruda Śląska

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 10 przedstawiono wyniki wstępnej charakterystyki integracji podsystemów publicznego transportu zbiorowego na obszarze GZM. Jako bazowy przyjęto transport kolejowy, zatem na pierwszym etapie poddano analizie wszystkie stacje i przystanki kolejowe w metropolii, w poszukiwaniu takiego ich podzbioru, który potencjalnie można traktować jako węzły przesiadkowe. Kryterium przydziału stanowi tutaj występowanie stanowisk przystankowych publicznego transportu zbiorowego w zdefiniowanym otoczeniu stacji i przystanków kolejowych. Liczebność węzłów poszczególnych kategorii jest dosyć zbliżona, największej obiektów spełnia wymagania najniższej kategorii.

Analiza przestrzenna wskazuje, że węzły te nie są równomiernie rozmieszczone na obszarze aglomeracji. Najwięcej zlokalizowanych jest w centralnej i wschodniej części GZM. Na bazie dokonanych obserwacji uwidocznionych dzięki realizacji etapu 1, tj. identyfikacji węzłów przesiadkowych, wskazano wstępny kierunek działań rozwojowych w systemie publicznego transportu zbiorowego. Należć do nich powinno poszukiwanie lokalizacji nowych węzłów przesiadkowych, zwłaszcza w zachodniej i północnej części aglomeracji. Powinny to być w pierwszej kolejności węzły kategorii 3 i 4, aby zaspokoić potrzeby mieszkańców w zakresie lokalnej komunikacji i integracji, ponieważ obecnie nie mają oni dobrej możliwości łączenia podróży realizowanych transportem miejskim.

Wyniki przeprowadzonej analizy ilościowej, będące rezultatem drugiego i trzeciego etapu proponowanej metody zostały przedstawione w tabeli 11.

Tabela 11

Zestawienie charakterystyk i klasyfikacji dla węzłów przesiadkowych na obszarze GZM uzyskane według proponowanej metody									
Stacja	Miara ilościowa			Klasyfikacja na podstawie kryterium cząstkowego				Liczba punktów uzyskanych w klasyfikacji opartej na kryterium globalnym	Klasyfikacja na podstawie kryterium globalnego
	liczby kursów	zasiegu obsługi	spójności	wg liczby podsystemów	wg liczby kursów	wg zasięgu obsługi	wg spójności		
Bytom	1 449	1,91	1,57	1	1	2	2	26	1
Będzin Miasto	1 052	2,61	1,65	2	1	1	2	25	1
Chorzów Miasto	1 439	2,23	1,37	1	1	1	3	25	1
Sosnowiec Główny	1 285	1,73	2,08	1	1	3	2	24	1
Tychy Lodowisko	735	1,46	3,13	1	2	3	1	24	1
Gliwice	1 390	1,61	2,64	2	1	3	1	23	2
Katowice	3 144	1,84	1,44	1	1	2	3	23	2
Zabrze Głównie	1 177	1,89	0,91	1	1	2	3	23	2
Chorzów Batory	930	2,10	1,00	2	2	2	3	21	2
Tarnowskie Góry	850	1,77	6,67	2	2	3	1	21	2
Mysłowice	665	1,72	1,75	1	3	3	2	19	2
Dąbrowa Górnicza Gołonóg	778	1,74	4,75	4	2	3	1	15	3
Mikołów	701	1,81	1,83	4	2	2	2	14	3
Katowice Zawodzie	1 031	1,50	1,50	3	2	3	3	13	3
Radzionków Rojca	208	2,60	1,50	4	4	1	2	11	3
Tychy	669	1,05	2,10	3	3	4	2	11	3
Katowice Piotrowice	432	1,61	1,67	4	3	3	2	10	3
Sosnowiec Dańdówka	489	1,87	0,39	3	3	2	4	10	3
Dąbrowa Górnicza	190	1,70	0,60	2	4	3	4	8	3
Katowice Ligota	219	1,00	0,67	2	4	4	4	6	4
Sosnowiec Kazimierz	175	1,21	1,33	3	4	4	3	6	4
Chorzów Stary	148	1,75	1,25	4	4	3	3	5	4
Dąbrowa Górnicza Żąbkowice	202	1,78	1,50	4	4	3	3	5	4
Ruda Śląska	331	1,50	1,40	4	4	3	3	5	4
Sosnowiec Porąbka	302	1,60	0,56	3	4	3	4	5	4
Gliwice Łabędy	342	1,13	0,88	4	4	4	3	3	4
Będzin	126	1,50	0,70	4	4	3	4	2	4

Źródło: opracowanie własne

Analiza zgromadzonych danych potwierdza, że istniejące w aglomeracji węzły są bardzo zróżnicowane. Liczba realizowanych kursów waha się od około 130 aż do ponad 3 tysięcy. Niskie wartości cechują zwykle węzły kategorii 3 i 4. Porównanie przydziału do kategorii według liczby podsystemów i liczby kursów wskazuje, że sposób klasyfikacji daje zbliżone rezultaty. Najwięcej różnic występuje dla węzłów średnich rozmiarów. Wyraźne są dla nich rozbieżności w klasyfikacjach cząstkowych między dwoma kategoriami. Wykorzystując poszczególne klasyfikacje, zidentyfikowane węzły zaliczane są do kategorii 2 lub 3 albo 3 lub 4 węzłów zależnie od stosowanego kryterium podziału. Na podstawie kryterium liczby kursów najgorzej prezentują się węzły Dąbrowa Górnicza i Katowice Ligota, ponieważ obsługują one kolej IC, a zapewniają bardzo niską częstotliwość kursowania komunikacji autobusowej, co może

powodować znaczną uciążliwość dla podróżnych oczekujących wysokiego standardu obsługi. Działania korygujące powinny obejmować w tym zakresie zwiększenie oferty kursów w transporcie miejskim.

Biorąc pod uwagę zasięg obsługi mierzony średnią liczbą stref pokonywanych przez linie komunikacyjne, wskazać można wyraźne zróżnicowanie między grupami. Na terenie GZM istnieją zarówno węzły o znaczeniu lokalnym, jak i regionalnym. Pierwsze obsługują ruch lokalny, co potwierdza wyznaczony wskaźnik, przyjmując wartości z zakresu od 1,0 do 1,4 dla najmniejszych węzłów. Dla największych węzłów przesiadkowych zaliczonych do kategorii 1 wartość wynosi do ponad 2,5 pokonywanych stref. W tej klasyfikacji zróżnicowanie węzłów zaliczonych do poszczególnych kategorii jest bardzo duże. W grupie 1 znalazły się zarówno węzły posiadające dostęp do połączeń kolejowych typu IC i tramwajów, jak i te, które posiadają tylko komunikację autobusową i kolej regionalną. Uzyskane rezultaty jednoznacznie wskazują, że w przyszłości należy opracować dla aglomeracji spójną koncepcję określającą zasięg oraz obszar oddziaływania każdego z węzłów przesiadkowych określonej kategorii. Skrajnym przypadkiem jest węzeł Radzionków Rojca, który, będąc obiektem zaliczonym do kategorii 4 i posiadając połączenie transportem autobusowym i koleją regionalną, zapewnia poprzez linie komunikacji miejskiej dostęp podróżnym do średnio 2,6 stref na każdą linię.

W ostatniej klasyfikacji opartej na kryterium cząstkowym, tj. według spójności węzła, również obserwuje się duże zróżnicowanie wartości charakteryzujących węzły przesiadkowe. Obiektem najlepiej spełniającym wymagania zdefiniowane w tej klasyfikacji jest stacja Tarnowskie Góry. Z każdego stanowiska w tym węźle przesiadkowym korzysta ponad 6 różnych linii, co zapewnia duży komfort podróżnym oraz łatwą orientację przestrzenną w korzystaniu z węzła podczas dokonywania przesiadek. Dzięki temu również dystans pokonywany pieszo jest niewielki. Jednak przeważająca część węzłów zorganizowana jest w taki sposób, że tylko jedna linia przypada na jedno stanowisko przystankowe.

Wyniki uzyskane w etapie trzecim podczas prowadzenia klasyfikacji opartej na kryterium globalnym potwierdzają, jak złożonym zagadnieniem jest problematyka węzłów przesiadkowych. W metodzie wzięto pod uwagę oceny otrzymane przez poszczególne obiekty w czterech wyróżnionych kategoriach i wyznaczono ich ważoną sumę. Uwzględnienie wag jest bardzo istotne, aby precyzyjnie dopasować proponowane miary do potrzeb użytkowników, a w rezultacie podejmować właściwe i oczekiwane działania w kształtowaniu węzłów przesiadkowych. Najwyższe oceny uzyskały duże węzły istotne w skali całego regionu, posiadające dostęp zarówno do różnych typów pociągów, jak i kilku systemów transportu miejskiego. Niższe oceny przyznano natomiast węzłom przesiadkowym znaczenia lokalnego, obsługującym pojedyncze gminy. Najgorzej w zestawieniu wypadły węzły: Katowice Ligota i Dąbrowa Górnicza, których rolę w systemie należy zrewidować i dostosować sposób obsługi przez transport publiczny do właściwej kategorii. Dokładniej przeanalizować należy również funkcjono-

wanie publicznego transportu zbiorowego oraz układ przestrzenny węzłów przesiadkowych: Sosnowiec Porąbka i Sosnowiec Kazimierz.

Wynikające z analizy wnioski pozwalają wskazać konieczne do podjęcia działania w zakresie systematyzacji i normalizacji roli węzłów w aglomeracji. Stan istniejący stanowi dobrą podstawę do zapewnienia pełnej integracji podsystemów. Konieczne są jednak dalsze działania. Zidentyfikowane węzły są w dużym stopniu zróżnicowane, co pozwala na ich klasyfikację do zaproponowanych czterech kategorii.

## Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonej analizy literaturowej oraz badań empirycznych potwierdzają istotną rolę węzłów przesiadkowych w zintegrowanym systemie transportu publicznego. Zaproponowana metoda pozwala, wykorzystując dane o sieci transportowej, organizacji komunikacji publicznej i dane geoprzestrzenne, na przeprowadzenie wielokryterialnej klasyfikacji węzłów przesiadkowych. Pod uwagę wzięto kilka najistotniejszych kryteriów z punktu widzenia pasażerów.

Wykorzystanie przedstawionego narzędzia do analizy stopnia integracji podsystemów transportu publicznego w GZM pozwoliło wykazać zalety podejścia oraz dostarczyć szerokiego zbioru danych charakteryzujących cały obszar. Wyniki uzyskane w zaproponowanych miarach ilościowych mogą stanowić punkt odniesienia do prowadzonych w przyszłości badań nad systemami transportowymi na innych obszarach. Należy podkreślić, że problematyka klasyfikacji węzłów jest bardzo istotna, gdyż właściwa identyfikacja stanu istniejącego pozwoli na podejmowanie racjonalnych decyzji w przyszłości w zakresie kształtowania i rozwoju oraz usprawnienia funkcjonowania nie tylko węzłów przesiadkowych, ale i całego systemu publicznego transportu zbiorowego.

Podjęte przez autorów zagadnienie wymaga prowadzenia dalszych pogłębionych badań. Należy m.in. wziąć pod uwagę inne dodatkowe kryteria i czynniki oraz sprawdzić istotność poszczególnych elementów na wynikową ocenę węzłów przesiadkowych i postrzeganie funkcjonujących rozwiązań przez użytkowników.

## Literatura

- Łada M., Birr K., *Analiza zmian funkcjonowania transportu zbiorowego wynikających z budowy węzłów integracyjnych*, „Drogownictwo”, 2017, nr 9.
- Jurkowski W., *Stacje kolejowe w strefach podmiejskich jako zintegrowane węzły przesiadkowe. Analiza porównawcza Krakowa, Łodzi, Poznania i Wrocławia*, „Problemy rozwoju transportu”, 2016, nr 4.
- Bul R., *Węzły przesiadkowe jako główny element zintegrowanego systemu transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2017, nr 9.
- Bryniarska Z., Żakowska L., *Multi-criteria evaluation of public transport interchanges*, „Transportation Research Procedia”, 2017 nr 24.
- Szarata A., *Badania ankietowe dotyczące zjawiska ruchu wzbudzonego w podróży transportem zbiorowym*, „Logistyka” 2012, nr 3.
- Pitsiava-Latinopoulou M., Iordanopoulos P., *Intermodal Passengers Terminals: Design standards for better level of service*, „Procedia – Social and Behavioral Sciences”, 2012, nr 48.
- Szarata A., *The multimodal approach to the modelling of modal split*, „Archives of Transport”, 2015, nr 1.
- Starowicz W., *Zarządzanie mobilnością wyzwaniem polskich miast*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2011, nr 1.
- Jacyna M., Pyza D., *Decision-making problems in shaping the sustainable development of the transport system*, „AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2019, nr 6.
- Kruszyna M., *Powiązanie funkcjonalności węzła przesiadkowego z planowaniem przewozów w sieci transportowej*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 4.
- Wyszomirski O., *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008.
- Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału SITK w Krakowie, seria Monografie, nr 5, Kraków 1999.
- Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
- Gadziński J., Beim M., *Ewaluacja węzłów przesiadkowych poznańskiego lokalnego transportu publicznego*, „Transport Miejski i Regionalny” 2009 nr 9.
- Czekała K., Bryniarska Z., *Ocena wskaźnikowa wybranych węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2017, nr 6.
- Kruszyna M., *Znaczenie węzłów przesiadkowych w miejskim transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2012, nr 1.
- Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2014, nr 6.
- Transport for London, Intermodal Transport Interchange for London*, Best Practice Guidelines, Issue 1, 2009, dostępny w Internecie: [https://wricitieshub.org/sites/default/files/pdf\\_7.pdf](https://wricitieshub.org/sites/default/files/pdf_7.pdf)
- Madej B., Pruciak K., Madej R., *Publiczny transport miejski. Zasady tworzenia rozkładów jazdy*, Akademia Transportu i Przedsiębiorczości Sp. z o.o., Warszawa 2017.
- Szarata A., *Parkingi Park and Ride, materiały konferencyjne konferencji*, „Transport publiczny w Warszawie”, 2005.
- Rudnicki A., Szarata A., *Projekt systemu Park and Ride w Krakowie*, Kraków 2003.
- Kłos M. J., *Estimation of effects caused by the implementation of Park&Ride system in the transport hub*. „Transport Problems”, 2016, nr 1.
- Gramza G., *Metoda oceny znaczenia punktów wymiany pasażerów w systemach miejskiego transportu publicznego*, „Autobusy” 2016, nr 12.
- Jacyna M., Wasiak M., *Multicriteria decision support in designing transport systems* – International Conference on Transport Systems – Springer 2015.
- Starowicz W., Puławska S., *Dostępność miejskich systemów transportu*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2011, nr 12.
- Groenendijka L., Rezaeib J., Correiaic G., *Incorporating the travellers' experience value in assessing the quality of transit nodes: A Rotterdam case study*, „Case Studies on Transport Policy” 2018, nr 6,
- Soczówka P., Żochowska R., Barchański A., *Nodes in the Railway Network as Potential Places of Integration of Public Transport*, „Nodes in Transport Networks – Research, Data Analysis and Modelling” Springer Nature Switzerland AG, Cham 2020.
- Janecki R., Karoń G., Sobota A., Żochowska R., Kłos M. J., Soczówka P., *Koncepcja Kolei Metropolitalnej dla Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii z wykorzystaniem metod inżynierii systemów*, Katowice 2018.