

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
im. Stanisława Leszczyckiego
POLSKA AKADEMIA NAUK

Piotr Rosik

Wojciech Pomianowski, Sławomir Goliszek,
Marcin Stępniaik, Karol Kowalczyk, Robert Guzik,
Arkadiusz Kołoś, Tomasz Komornicki

MULTIMODALNA DOSTĘPNOŚĆ TRANSPORTEM PUBLICZNYM GMIN W POLSCE



Warszawa 2017

PRACE GEOGRAFICZNE

244. Wiśniewski R., 2013, *Spółeczno-demograficzne uwarunkowania dojazdów do pracy do Białegostoku*, 166 s., 87 ryc., 12 tab., 1 zał.
245. Stępiak M., 2014, *Przekształcenia przestrzennego rozmieszczenia zasobów mieszkaniowych w Warszawie w latach 1945–2008*, 168 s., 42 ryc., 15 tab., 4 aneksy.
246. Górczyńska M., 2014, *Zmiany różnicowań społecznych i przestrzennych w wybranych dzielnicach Warszawy i aglomeracji paryskiej: dynamika i aktorzy*, 274 s., 49 ryc., 43 tab., 28 fot., 18 aneksów.
247. Kijowska-Strugała M., 2015, *Transport zawieszony w warunkach zmieniającej się antropopresji w zlewni Bystrzanki (Karpaty Fliszowe)*, 140 s., 80 ryc., 23 tab., 20 fot.
248. Rosik P., Kowalczyk K., 2015, *Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000-2010*, 214 s., 101 ryc., 49 tab.
249. Komornicki T., Wiśniewski R., Baranowski J., Błażejczyk K., Degórski M., Goliszek S., Rosik P., Solon J., Stępiak M., Zawiska I., 2015, *Wpływ wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych*, 202 s., 77 ryc., 38 tab., 2 fot.
250. Komornicki T., Zaucha J., Szejgiec B., Wiśniewski R., 2015, *Powiązania eksportowe gospodarki lokalnej w warunkach zmiennej koniunktury – analiza przestrzena*, 196 s., 66 ryc., 24 tab.
251. Affek A., 2016, *Dynamika krajobrazu. Uwarunkowania i prawidłowości na przykładzie dorzecza Wiaru w Karpatach (XVIII–XXI wiek)*, 246 s., 98 ryc., 33 tab.
252. Bucała A., Budek A., Kozak M., Starkel M., Wiejaczka Ł., 2016, *Kierunki przemian środowiska przyrodniczego dolin gorczańskich*, 112 s., 21 ryc., 24 tab., 10 fot.
253. Plit J., 2016, *Krajobrazy kulturowe Polski i ich przemiany*, 302 s., 71 ryc., 13 tab., 8 fot.
254. Korcelli P., Kozubek E., Werner P., 2016, *Zmiany użytkowania ziemi a interakcje przestrzenne na obszarach metropolitalnych Polski*, 114 s., 55 ryc., 18 tab.
255. Bednarek-Szczepańska M., Dmochowska-Dudek K., 2017, *Syndrom NIMBY na obszarach wiejskich w Polsce. Uwarunkowania i specyfika konfliktów wokół lokalizacji niechcianych inwestycji*, 149 s., 71 ryc., 17 tab.
256. Korcelli-Olejniczak E., Kozłowski S., Bierzyński A., Piotrowski F., 2017, *Region Metropolitalny Warszawy – studia miast średniej wielkości*, 128 s., 26 ryc., 13 tab., 26 fot.
257. Taylor Z., Ciechański A., 2017, *Deregulacja i przekształcenia przedsiębiorstw transportu lądowego w Polsce na tle polityki spójności UE*, 270 s., 42 ryc., 34 tab.

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO
POLSKA AKADEMIA NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 258

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 258

MULTIMODAL PUBLIC TRANSPORT ACCESSIBILITY
OF POLISH GMINAS/MUNICIPALITIES
(MULTIMODACC)

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

POLSKA AKADEMIA NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 258

PIOTR ROSIK

**WOJCIECH POMIANOWSKI, SŁAWOMIR GOLISZEK,
MARCIN STĘPNIAK, KAROL KOWALCZYK, ROBERT GUZIK,
ARKADIUSZ KOŁOŚ, TOMASZ KOMORNICKI**

**MULTIMODALNA DOSTĘPNOŚĆ
TRANSPORTEM PUBLICZNYM GMIN W POLSCE
(MULTIMODACC)**



WARSZAWA 2017

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: Grzegorz Węclawowicz
CZŁONKOWIE: Jerzy Grzeszczak, Barbara Krawczyk,
Jan Matuszkiewicz, Jerzy J. Parysek

RADA REDAKCYJNA

Bolesław Domański, Adam Kotarba, Jan Łoboda,
Andrzej Richling, Jan S. Kowalski, Andrzej Lisowski,
Eamonn Judge, Lydia Coudroy

Projekt sfinansowany ze środków NCN SONATA BIS UMO-2012/05/E/HS4/01798

Publikacja współfinansowana przez Ministerstwo Rozwoju

RECENZENCI TOMU

Jędrzej Gadziński, Rafał Kucharski



ADRES REDAKCJI PRAC GEOGRAFICZNYCH

IGiPZ PAN
ul. Twarda 51/55, 00–818 Warszawa

Zgłoszenie pracy do druku jest jednoznaczne z wyrażeniem zgody
na opublikowanie w wersji papierowej i elektronicznej

Zdjęcie na okładce: Karol Grzonka

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 2017

PL ISSN 0373–6547
ISBN 978–83–61590–62–0

Druk i oprawa: INVEST-DRUK

<http://rcin.org.pl>

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	11
1.1. Multimodalność a intermodalność	11
1.2. Cele i przedmiot pracy	13
1.3. Definicja transportu publicznego i inne pojęcia	14
1.4. Zakres czasowy i przestrzenny	16
1.5. Źródła baz danych.	18
1.6. Opracowanie sieciowych baz danych	19
1.7. Struktura pracy	23
2. Teoretyczne uwarunkowania dostępności multimodalnej	27
2.1. Definicja dostępności	27
2.2. Metody badania dostępności	28
2.3. Wymiary dostępności	29
2.4. Atrybuty „A” dostępności w transporcie publicznym	32
2.5. Komponenty dostępności	33
2.6. Uwarunkowania dostępności	35
2.7. Dostępność potencjałowa	38
2.8. Dostępność spersonalizowana	41
2.9. Dostępność multimodalna/intermodalna	44
2.10. Przegląd badań dostępności multimodalnej	46
2.10.1. Literatura polska	46
2.10.2. Literatura zagraniczna	49
3. Koszt uogólniony a wartość czasu	55
3.1. Miary oporu przestrzeni i ich składowe	55
3.2. Wartość czasu podróży, przesiadki oraz dojazdu/odejścia	57
3.3. Wartość czasu a dochód podróżnego	60
3.4. Wartość czasu w Polsce	61
4. Organizacja przewozów i sieci połączeń autobusowych w Polsce w 2015 r.	63
4.1. Organizacja przewozów	63
4.2. Sieć połączeń dalekobieżnych	72
4.3. Sieć pozostałych połączeń międzypowiatowych	74
4.4. Ocena kompletności baz danych na przykładzie sieci połączeń w województwach pomorskim i małopolskim	101
4.5. Sieć połączeń podmiejskich dla miast na prawach powiatu	108

5.	Organizacja przewozów i sieci połączeń kolejowych w Polsce w 2015 r.	115
5.1.	Organizacja przewozów.	115
5.2.	Sieć połączeń ekspresowych	120
5.3.	Sieć połączeń wojewódzkich pospiesznych	122
5.4.	Sieć połączeń regionalnych	124
5.5.	Sieci połączeń kolejowych – ujęcie całościowe	128
6.	Organizacja przewozów i sieci połączeń w transporcie lotniczym	131
6.1.	Organizacja przewozów	131
6.2.	Sieci połączeń	131
7.	Pozaczasowe składowe kosztu podróży w Polsce (w 2016 r.)	133
7.1.	Transport indywidualny	133
7.1.1.	Koszty stałe i zmienne eksploatacji pojazdów	133
7.1.2.	Koszty paliwa	134
7.1.3.	Opłaty autostradowe	135
7.2.	Transport autobusowy	136
7.2.1.	Ceny biletów w połączeniach dalekobieżnych	138
7.2.2.	Ceny biletów w połączeniach zwykłych międzypowiatowych	140
7.2.3.	Ceny biletów dla połączeń podmiejskich dla 66 miast na prawach powiatu	143
7.3.	Transport kolejowy	147
7.4.	Transport lotniczy	151
8.	Transport multimodalny w Polsce – przykłady	153
8.1.	Multimodalność na obszarach aglomeracyjnych	153
8.2.	Integracja przewozów autobusowych i kolejowych	158
9.	Założenia modelu MULTIMODACC	171
9.1.	Dostępność potencjałowa – wzór. Źródła i cele podróży	171
9.2.	Składowe wartości czasu i kosztu uogólnionego	172
9.3.	Potencjał własny, opory na wejściu i wyjściu oraz długość podróży	176
9.4.	Czas podróży w transporcie indywidualnym	179
9.5.	Podróż w transporcie publicznym	182
9.5.1.	Wstęp	182
9.5.2.	Założenia	184
9.5.2.1.	Synchronizacja	185
9.5.3.	Podstawowe pojęcia	187
9.5.4.	Generowanie grafu transportowego	188
9.5.4.1.	Pierwotne właściwości krawędzi	190
9.5.5.	Wielokrotne krawędzie i przypisanie ruchu	191

9.5.6.	Stochastyczny pasażer	193
9.5.7.	Najkrótsze ścieżki	196
9.5.8.	Obliczanie wag	196
9.5.9.	Czas dostępu	197
9.5.10.	Integracja krawędzi	199
9.5.10.1.	Rachunek czasu dostępu	200
9.5.10.2.	Algorytmiczne obliczanie łącznego okresu.	203
9.5.10.3.	Wzór zwarty dla dwóch argumentów.	204
9.5.10.4.	Wzór zwarty dla n argumentów.	206
9.5.11.	Interpretacja wyników czasu dostępu	206
9.5.11.1.	Statystyki integracji krawędzi	207
9.5.12.	Mechanizm węzłów bliźniaczych.	208
10.	Rezultaty modelu MULTIMODACC – CZAS jako miara oporu przestrzeni.	211
10.1.	Dostępność w transporcie indywidualnym	212
10.2.	Dostępność w transporcie autobusowym	214
10.3.	Dostępność w transporcie kolejowym	219
10.4.	Dostępność w wariancie autobus+kolej	221
10.5.	Dostępność multimodalna (autobus+kolej+samolot)	225
10.6.	Zróźnicowanie dostępności – wskaźnik dyspersji PAD.	228
11.	Rezultaty modelu MULTIMODACC – KOSZT jako miara oporu przestrzeni.	233
11.1.	Dostępność w transporcie indywidualnym	233
11.2.	Dostępność w transporcie autobusowym	235
11.3.	Dostępność w transporcie kolejowym	239
11.4.	Dostępność multimodalna (autobus+kolej+samolot)	242
11.5.	Zróźnicowanie dostępności – wskaźnik dyspersji PAD.	248
12.	Symulacje zmian dostępności multimodalnej dla linii Kolei Dużej Prędkości „Y”	251
12.1.	Ogólne założenia symulacji	251
12.2.	Symulacje dla zmian częstotliwości kursowania pociągów.	253
12.3.	Symulacje dla zmian kosztów biletów i dochodu podróżnego	257
13.	Podsumowanie – wnioski	263
	Literatura.	277
	Aneks statystyczny	297
	Multimodal public transport accessibility of Polish gminas/ municipalities (MULTIMODACC) – Summary	300

1. PRZEDMOWA

Zagadnienie multimodalnej dostępności transportem publicznym gmin w Polsce jest problemem wyjątkowo złożonym. Poszczególne etapy procedury badawczej: gromadzenie danych, opracowywanie sieciowych baz danych, wybór założeń modelowych, projektowanie aplikacji, obliczanie wskaźników dostępności oraz ich interpretacja wymagały dużych nakładów pracy i licznego zespołu badawczego, którego powstanie umożliwił projekt NCN SONATA BIS UMO-2012/05/E/HS4/01798.

Pomysłodawcą i kierownikiem projektu, nadzorującym postęp prac oraz autorem większości tekstu książki był Piotr Rosik, który w tym miejscu pragnie podziękować wszystkim współautorom monografii oraz pozostałym uczestnikom projektu za ich ogromny wkład w ostateczny sukces w postaci aplikacji MULTIMODACC oraz niniejszej monografii.

Do grona współautorów należą przede wszystkim autorzy rozdziałów lub podrozdziałów, ale również osoby odpowiedzialne za gromadzenie materiału statystycznego oraz przygotowanie opracowania kartograficznego. Praca zespołowa w projekcie polegała, na każdym etapie działań, na długich rozmowach i „burzy mózgów”, często, może nawet przede wszystkim, poza oficjalnymi spotkaniami projektowymi, co było możliwe dzięki twórczej atmosferze pracy w IGiPZ PAN w Warszawie.

Do osób w największym stopniu zaangażowanych w kwestie metodyczne, tj. pracę nad modelem i aplikacją MULTIMODACC należeli Wojciech Pomianowski oraz Marcin Stępiak. Wojciech Pomianowski był jedynym autorem aplikacji MULTIMODACC, głównym autorem rozwiązań metodycznych dotyczących uwzględnienia częstotliwości i przesiadek w modelu, a także autorem podrozdziału 9.5. Marcin Stępiak był pomysłodawcą procesu gromadzenia danych, zaprojektował aplikację „*Trasowanie*”, miał istotny wkład w poszczególnych rozwiązaniach metodycznych (w tym m.in. zabieg „zminutygowania” kosztu), a także był współautorem podrozdziału 1.6.

Sławomir Goliszek był osobą gromadzącą i wprowadzającą dane dotyczące transportu autobusowego (rozkłady jazdy) co było czynnością niezwykle pracochłonną. Był także autorem większości map w pracy. Tomasz Komornicki był współautorem wniosków końcowych. Służył również radą i wsparciem na każdym etapie prac projektowych. W skład zespołu autorskiego weszło również trzech naukowców spoza IGiPZ PAN. Karol Kowalczyk (UMCS w Lublinie) był autorem rozdziałów 5, 7.3 i 8, a Robert Guzik i Arkadiusz Kołoś (obaj z Uniwersytetu Jagiellońskiego) – autorami rozdziałów 4 i 7.2.

Wyżej wymieniony zespół autorów chciałby w tym miejscu podziękować przede wszystkim dwóm doskonałym recenzentom pracy: Jędrzejowi Gadzińskiemu (UAM w Poznaniu) i Rafałowi Kucharskiemu (Politechnika Krakowska). Ich dokładność i wnikliwość pozwoliły na poprawę błędów, niedopowiedzeń oraz struktury pracy. Zespół uzyskał ponadto pomoc na etapie zbierania i gromadzenia danych od praktykantów Patryka Dumy i Magdaleny Trojanowskiej (UMCS w Lublinie), a istotny wkład w ostateczny wygląd monografii na etapie redakcji technicznej miała Ewa Jankowska. Tłumaczenie podpisów rycin oraz streszczenia przygotował Tomasz Paczuski. Autorem zdjęcia na okładkę był Karol Grzonka.

Za wszystkie nieścisłości, które pozostały w pracy odpowiedzialność bierze kierownik projektu, który traktuje niniejszą monografię jako jeden z ważniejszych „kamieni milowych” w swoich zmaganiach z geografią transportu na poziomie gminnym w Polsce. Autorzy życzą Czytelnikom miłej lektury i możliwie najwięcej rozwiązań multimodalnych w podróżach transportem publicznym po naszym kraju!

1. WSTĘP

1.1. MULTIMODALNOŚĆ A INTERMODALNOŚĆ

Multimodalność jest w ostatnich latach tematem wielu opracowań zarówno tych o charakterze naukowym (monografie i artykuły) jak i popularno-naukowym. Także w prasie codziennej zwraca się uwagę na problem multi- i intermodalności, głównie w kontekście mniej lub bardziej trafionych inwestycji infrastrukturalnych, w tym tych o charakterze punktowym (np. nowe dworce autobusowe i kolejowe lub parkingi P&R) i liniowym (np. nowe połączenia kolejowe obsługujące porty lotnicze).

Na wstępie warto podkreślić problem definicyjny związany z terminami **multimodalność** oraz **intermodalność**. W Słowniku Pojęć Transportowych stanowiącym załącznik do Strategii Rozwoju Transportu do 2020 roku (2013) różnice między multimodalnością i intermodalnością, głównie w kontekście transportu towarowego zostały określone w następujący sposób: *Multimodalność oznacza istnienie alternatywnych środków transportu na tej samej trasie przewozu, podczas gdy intermodalność polega na wykorzystywaniu kilku środków transportu w jednym zintegrowanym łańcuchu przewozowym na danej trasie.* Powyższa definicja znajduje swoje potwierdzenie w Międzynarodowej Encyklopedii Geografii Społeczno-Ekonomicznej (Kitchin, Thrift 2009), gdzie podkreśla się, że „multimodalność” sugeruje możliwość wykorzystania więcej niż jednej gałęzi transportu (wiele systemów transportowych), a „intermodalność” oznacza wybór najbardziej efektywnej ścieżki podróży/przewozu z wykorzystaniem możliwości przesiadek między środkami transportu na trasie w zintegrowanym systemie transportowym. Tym samym można sugerować, że „intermodalność” jest swoistego rodzaju podzbiorem „multimodalności”. Potwierdza to w literaturze polskiej Beim i in. (2015, s. 13) porównując pojęcia transportu multimodalnego i intermodalnego: *metodologicznie najszerszym zakresem desygnatów cechuje się pojęcie transportu multimodalnego oraz, że multimodalność jest pewnym wskaźnikiem jakości usługi, wykonywanej za pomocą różnych środków, w tym różnych środków transportu.*

W transporcie pasażerskim, termin „intermodalność” jest relatywnie używany od niedawna i wykorzystywany głównie w transporcie pasażerów w długich podróżach w relacjach samolot-szybka kolej, względnie z uwzględnieniem systemów park&ride i innych miejsc uznawanych za **zintegrowane miejsca przesiadkowe**. Polski ustawodawca określa takie miejsce jako: *miejsce umożliwiające dogodną zmianę środka transportu wyposażone w niezbędną*

dla obsługi podróży infrastrukturę, w szczególności: miejsca postojowe, przystanki komunikacyjne, punkty sprzedaży biletów, systemy informacyjne umożliwiające zapoznanie się zwłaszcza z rozkładem jazdy, linią komunikacyjną lub siecią komunikacyjną (Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym).

Na problem braku wyraźnego zróżnicowania definicyjnego między multimodalnością i intermodalnością w transporcie pasażerskim zwracają uwagę również Bąk i in. (2012b) wskazując, że brak jest uniwersalnego terminu opisującego transport pasażerów z wykorzystaniem więcej niż jednego środka transportu, a słowa multimodalność i intermodalność wykorzystuje się naprzemiennie w celu podkreślenia integralności łańcucha transportowego. O ile w przypadku transportu towarowego różnica jest widoczna (por. *Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku*, 2013), o tyle w transporcie pasażerskim kluczowe są możliwości wzajemnych połączeń między sieciami i podsieciami transportowymi, czyli tzw. *interconnectivity*, jako cecha charakterystyczna sieci pozwalająca na wykonanie podróży ze źródła do celu z wykorzystaniem przynajmniej dwóch środków transportu, czyli zrealizowanie podróży multi- lub inter-modalnej (cit. Bąk i in. 2012a, b). Z kolei w ekspertyzie zamówionej przez Dyрекcję Generalną ds. Polityk Wewnętrznych Unii, pt. *Zintegrowany system biletowy w dalekobieżnym transporcie pasażerskim* (2010) pojęcia intermodalny i multimodalny stosuje się w zasadzie zamiennie w kontekście długich podróży wykonywanych transportem publicznym.

W niniejszym opracowaniu rozdział 8 został poświęcony zagadnieniom synchronizacji przewoźników oraz funkcjonowaniu (lub raczej braku funkcjonowania) w polskich aglomeracjach (poza głównymi miastami) zintegrowanych miejsc przesiadkowych (podkreślenie intermodalności). Warto w tym miejscu nadmienić, że całość analizy dostępności multimodalnej w prezentowanym badaniu w oparciu o odpowiednie założenie modelowe i przy wykorzystaniu autorskiej aplikacji została określona umowną nazwą modelu i aplikacji **MULTIMODACC**, a wykorzystany model dedykowany obliczaniu dostępności w transporcie multimodalnym nie odnosi się bezpośrednio do problemu integralności węzłów przesiadkowych. Tym samym, mimo iż obliczany wskaźnik może być uważany za wskaźnik „intermodalny”, jest on jednak jedynie „intermodalny” w sensie uwzględniania możliwości przesiadek między środkami transportu. Z powyższych względów w całym opracowaniu autorzy posługują się szerszym terminem multimodalność, zakładając, że termin ten zawiera w sobie równocześnie aspekt intermodalności.

Multimodalność rozumiana jest zatem dość szeroko jako możliwość korzystania w podróży z alternatywnych środków transportu. Termin ten stał się swoistego rodzaju słowem-kluczem i niejako synonimem nowoczesnych rozwiązań transportowych. Jednocześnie w Polsce, w ostatniej dekadzie,

mimo szybkiego i bezprecedensowego w historii rozwoju infrastruktury liniowej i punktowej, nadal, przynajmniej w porównaniu do zaawansowanych w tym zakresie krajów zachodniej Europy, niewiele jest kompleksowych rozwiązań pozwalających na szybką, efektywną i wygodną podróż wykonywaną więcej niż jednym środkiem transportu. Niewystarczająca konkurencyjność transportu publicznego skutkowała jak dotąd wyraźnym przesunięciem modalnym w kierunku transportu indywidualnego (por. Rosik i Kowalczyk 2015). Jednocześnie te lokalizacje, których **dostępność** w sensie multimodalnym w ostatnim okresie wzrosła, zyskują na znaczeniu, zarówno w kontekście atrakcyjności miejsca zamieszkania jak i lokalizacji miejsc pracy i usług.

Istnieje wiele czynników mających wpływ na wybór środka transportu i przesunięcia międzygałęziowe. Dwa najważniejsze z nich, tj. czas i koszt podróży można określić wspólnym terminem, tzw. **kosztu uogólnionego** podróży. Im niższy jest koszt uogólniony dla danego łańcucha podróży prowadzącego od miejsca początku podróży (źródła) do miejsca zakończenia podróży (celu), tym bardziej podróżujący jest skłonny wybrać taki, a nie inny, wariant ścieżki podróży. Istotna jest również **atrakcyjność celu** oraz liczba potencjalnych podróżnych w miejscu rozpoczęcia podróży, czyli tzw. zagospodarowanie przestrzeni (w znaczeniu stosowanym w literaturze poświęconej tematyce dostępności, tj. *land-use*, np. u Geursa i van Ecka (2001), a nie w znaczeniu w jakim używa się tego terminu w Polsce, głównie w kontekście planowania przestrzennego). Powiązanie uogólnionego kosztu podróży, czyli komponentu transportowego z uwarunkowaniami zagospodarowania przestrzeni i oszacowanie w ten sposób dostępności danej lokalizacji jest możliwe przy zastosowaniu tzw. **modelu potencjału**.

1.2. CELE I PRZEDMIOT PRACY

Celem głównym projektu, mającym charakter **poznawczy**, była diagnoza stanu multimodalnej dostępności transportem publicznym gmin w Polsce obliczonej za pomocą modelu potencjału. Analiza została przeprowadzona dla każdej z gałęzi transportu niezależnie i z uwzględnieniem możliwości przesiadek między sieciami oraz w ramach sieci i podsieci. Możliwe stało się porównanie dostępności multimodalnej z dostępnością transportem indywidualnym zarówno dla krótkich, jak i długich podróży, co pozwoliło na rozpoznanie obszarów (gmin), gdzie jest szczególnie niekorzystna sytuacja w zakresie dostępności transportem publicznym w relacji do transportu indywidualnego.

Celem o charakterze **metodycznym** było zaproponowanie metodologii badawczej obliczania multimodalnej dostępności transportem publicznym

z wykorzystaniem modelu potencjału, w tym metodologii badawczej dotyczącej szacowania dla każdej dowolnej relacji na poziomie gminnym:

1. wartości czasu podróży i obliczania w warunkach polskich tzw. uogólnionego kosztu podróży złożonego z czasu oraz kosztu podróżowania;
2. wartości czasu dojścia, odejścia oraz czasu przesiadki;
3. dostępności dla krótkich i długich podróży na podstawie różnicowania parametrów funkcji oporu przestrzeni.

Celem o charakterze **metodyczno-aplikacyjnym** było również skonstruowanie narzędzia umożliwiającego analizę multimodalnej dostępności potencjałowej z uwzględnieniem możliwości dokonywania przesiadek nazwanego **MULTIMODACC** (*MULTIMODal ACcessibility Calculation*), które daje możliwość symulowania wpływu zmian dostępności potencjałowej w wyniku oddania do użytku nowego połączenia lotniczego lub zmodernizowanej linii kolejowej.

Przedmiotem opracowania jest zatem analiza **multimodalnej dostępności potencjałowej** w Polsce na poziomie gminnym z wykorzystaniem autorskiej aplikacji **MULTIMODACC**.

Opracowanie jest efektem prac prowadzonych w ramach grantu naukowego pt.: „*Multimodalna dostępność transportem publicznym na poziomie gminnym w Polsce*”. Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji **DEC-2012/05/E/HS4/01798**.

1.3. DEFINICJA TRANSPORTU PUBLICZNEGO I INNE POJĘCIA

W niniejszym opracowaniu transport publiczny jest utożsamiany z „publicznym transportem zbiorowym”, który według ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym oznacza: *powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej*. Jako **transport publiczny** w modelu **MULTIMODACC** rozumie się wszystkie trasy kolejowe oraz krajowe połączenia lotnicze, a także linie komunikacyjne przekraczające granice powiatu (w transporcie autobusowym). Nie uwzględniono transportu realizowanego w ramach miast (z wyjątkiem linii metra w Warszawie) oraz w ramach powiatów (międzygminny transport autobusowy w granicach powiatu). Podstawowe terminy i ich rozumienie w świetle ustawy, a także w niniejszej monografii prezentuje tabela 1.1.

Tabela 1.1. Podstawowe terminy według definicji ustawowej i ich rozumienie w monografii

Określenia	Definicja według ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym	Rozumienie w monografii
Gminne przewozy pasażerskie	Przewóz osób w ramach publicznego transportu zbiorowego wykonywany w granicach administracyjnych jednej gminy lub gmin sąsiadujących, które zawarły stosowne porozumienie lub które utworzyły związek międzygminny; inne niż przewozy powiatowe, wojewódzkie i międzywojewódzkie.	Brak uwzględnienia w monografii do tego typu przewozów.
Linia komunikacyjna	Połączenie komunikacyjne na: a) sieci dróg publicznych albo b) liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo c) akwenach morskich lub wodach śródlądowych – wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy.	Linie na sieci dróg publicznych to linie autobusowe tworzące trasy autobusowe. Trasa w monografii to zbiór regularnych połączeń jednego przewoźnika o tym samym przebiegu, częstotliwości i czasie przejazdu. Linie kolejowe tworzą trasy kolejowe. Linie inne szynowe to linie tworzące dwie trasy metra w Warszawie, linie tramwajowe z Pabianic do Łodzi i w ramach GOP.
Operator publicznego transportu zbiorowego	Samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.	Brak odniesień w monografii.
Organizator publicznego transportu zbiorowego	Właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze; organizator publicznego transportu zbiorowego jest „właściwym organem”, o którym mowa w przepisach rozporządzenia (WE) nr 1370/2007.	Brak odniesień w monografii.
Powiatowe przewozy pasażerskie	Przewóz osób w ramach publicznego transportu zbiorowego wykonywany w granicach administracyjnych co najmniej dwóch gmin i niewykraczający poza granice jednego powiatu albo w granicach administracyjnych powiatów sąsiadujących, które zawarły stosowne porozumie-	Uwzględnione w monografii jak w definicji ustawowej (bazy Marszałków).

Określenia	Definicja według ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym	Rozumienie w monografii
	nie lub które utworzyły związek powiatów; inne niż przewozy gminne, wojewódzkie i międzywojewódzkie.	
Przewoźnik	Przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób na podstawie potwierdzenia zgłoszenia przewozu, a w transporcie kolejowym – na podstawie decyzji o przyznaniu otwartego dostępu.	Jak w definicji ustawowej.
Przystanek komunikacyjny	Miejsce przeznaczone do wsiadania lub wysiadania pasażerów na danej linii komunikacyjnej, w którym umieszcza się informacje dotyczące w szczególności godzin odjazdów środków transportu, a ponadto, w transporcie drogowym, oznaczone zgodnie z przepisami ustawy.	Przystanki to stacje kolejowe, stacje metra oraz przystanki autobusowe. Ich lokalizacja jest zgodna z rzeczywistością dla transportu kolejowego i innego szynowego. Dla transportu autobusowego, jedynie częściowo zgodna z rzeczywistością lokalizacją (dla większości gmin lokalizacja zgodna z węzłem masowym).
Publiczny transport zbiorowy	Powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej.	Publiczny transport zbiorowy jest utożsamiany z transportem publicznym.
Transport drogowy	Transport w rozumieniu ustawy z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym.	Transport drogowy jest utożsamiany z transportem autobusowym.
Transport inny szynowy	Przewóz osób środkiem transportu poruszającym się po szynach lub torach kolejowych, w tym tramwajem lub metrem; inny niż transport kolejowy i transport linowo-terenowy.	Przewóz liniami tworzącymi dwie trasy metra w Warszawie, oraz liniami tramwajowymi z Pabianic do Łodzi oraz w ramach GOP.
Transport kolejowy	Przewóz osób środkiem transportu poruszającym się po torach kolejowych.	Jak w definicji ustawowej.

1.4. ZAKRES CZASOWY I PRZESTRZENNY

Zakres czasowy. Znaczna poprawa dostępności w Polsce nastąpiła przede wszystkim pod koniec okresu programowania lat 2007–2013. Zgodnie z filozofią wydatkowania środków unijnych w ramach tego okresu inwestycje

infrastrukturalne w dużej mierze były realizowane do końca 2015 roku. Jednocześnie w ramach nowej perspektywy 2014–2020 planuje się w Polsce wiele inwestycji kolejowych, których efektem ma być m.in. zmniejszenie nierówności regionalnych w dostępie do infrastruktury. Tym samym koniec 2015 r. stał się pewnego rodzaju momentem przełomowym, w którym wypada podsumować dotychczasowe efekty rozbudowy infrastruktury, zarówno tej drogowej, co przekłada się przede wszystkim na wzrost dostępności w motoryzacji indywidualnej, jak i kolejowej. Parę inwestycji poprawiających system przesiadkowy, m.in. w postaci nowo otwartych połączeń kolejowych do portów lotniczych również wymaga ewaluacji pod kątem ich znaczenia dla poprawy dostępności multimodalnej w Polsce. Potrzeba aktualności diagnozy wymogła również przyjęcie możliwie najnowszego stanu sieci oraz organizacji przewozów. Z powyższych względów w opracowaniu uwzględniono:

- stan infrastruktury drogowej z końca 2015 r.,
- stan wykorzystywanej w ruchu pasażerskim infrastruktury kolejowej (w tym czynne stacje kolejowe) z końca 2015 r.,
- rozkłady jazdy autobusów przekraczających granicę powiatu zebrane w latach 2014–2015 (pozwolenia wydane przez wszystkie 16 Urzędów Marszałkowskich),
- rozkłady jazdy autobusów podmiejskich w 66 miastach na prawach powiatu zebrane w pierwszej połowie 2016 r.,
- rozkład jazdy pociągów 2015/2016 (obowiązujący od 13 grudnia 2015 r.),
- rozkład połączeń transportem lotniczym z marca 2016 r.,
- koszty paliwa oraz opłaty autostradowe z marca 2016 r.,
- koszty biletów w transporcie autobusowym, kolejowym i lotniczym w marcu 2016 r.

Ogrom prac związanych z gromadzeniem danych o charakterze sieciowym skutkowało pewnymi odstępami czasowymi między poszczególnymi typami danych. Jednak fakt, iż wszystkie dane są zebrane między drugą połową 2014 roku, a pierwszą połową 2016 r. skutkuje zdaniem autorów możliwością porównywalności zarówno między sieciami, środkami transportu, jak i w kontekście czasu i kosztu podróży.

Zakres przestrzenny. Badaniem dostępności multimodalnej objęto cały kraj (macierz czasów i kosztów podróży jest zamknięta na granicach kraju; brak jest uwzględnienia przewozów i połączeń międzynarodowych). Podstawową jednostką badawczą była gmina, przy czym do celów analizy dostępności nastąpiła agregacja rejonów transportowych do liczby 2321 jednostek według kryteriów siedziby gminy (por. Rosik 2012).

1.5. ŹRÓDŁA BAZ DANYCH

Wykorzystywane w opracowaniu bazy danych mają dwojaki charakter. Część baz dotyczy infrastruktury liniowej i punktowej (sieci i podsieci, odcinków i węzłów/stacji/przystanków), co czyni je danymi sieciowymi. Pozostałe dane dotyczą kwestii organizacyjnych związanych przede wszystkim z rozkładami jazdy autobusów, pociągów i samolotów, ale również np. z wysokością opłat autostradowych i cenami biletów autobusowych, kolejowych i lotniczych.

Dane o charakterze sieciowym dla transportu indywidualnego dla sieci dróg krajowych i wojewódzkich oraz wybranych dróg powiatowych i gminnych łączących ośrodki gminne pochodzą z baz zebranych w ostatnich latach podczas pracy projektowej w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Szerzej na ten temat m.in. w: Rosik (2012).

Dane sieciowe dla transportu publicznego zostały przygotowane specjalnie na potrzeby grantu naukowego pt.: *Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce*. Największy nakład pracy związany był z gromadzeniem danych o wszystkich stacjach pociągów pasażerskich pod koniec 2015 r. W przypadku transportu autobusowego w większości przypadków założono, że lokalizacja przystanków/dworców autobusowych pokrywa się z 2321 węzłami masowymi modelu, natomiast w większych miastach wyznaczono inne najważniejsze dworce autobusowe (również w ruchu podmiejskim), a następnie dokonano (podobnie jak przy stacjach kolejowych i portach lotniczych) podłączenia dworców konektorami do węzłów masowych.

Najbardziej pracochłonną czynnością było wyznaczenie tras autobusów, pociągów oraz samolotów na podstawie **rozkładów jazdy** (por. rozdz. 4). W **transporcie autobusowym** poszczególne Urzędy Marszałkowskie były źródłem danych dotyczących pełnego (obowiązującego w 2014 lub 2015 roku) wykazu zezwoleń na wykonywanie regularnych przewozów osób w krajowym transporcie drogowym przekraczających granicę powiatu na obszarze województwa udzielonych przez Marszałka województwa wraz z nazwą trasy, nazwą przewoźnika, stacją początkową, końcową, pełnym rozkładem jazdy (wraz z czasem przejazdu) oraz częstotliwością kursów. Częściowo, w niektórych województwach dane te były dostępne on-line (m.in. małopolskie, podkarpackie i świętokrzyskie). Jednak dla pozostałych województw zgromadzenie informacji wymagało odrębnej pracy polegającej na kontakcie z osobami odpowiedzialnymi za gromadzenie o regularnych przewozach w krajowym transporcie drogowym, a także wysyłanie próśb o dostarczenie tych danych w formie elektronicznej lub drukowanej. W niektórych przypadkach zaistniała potrzeba osobistego wyjazdu do Urzędu Marszałkowskiego w celu wykonania kserokopii lub zdjęć rozkładów jazdy. W przypadku autobusów podmiejskich w 66 miastach na prawach powiatu

dane sieciowe zostały uzyskane na podstawie przeglądu stron internetowych miejskich przewoźników (por. rozdz. 4).

Na ostatnim etapie, po uzyskaniu materiału w postaci ponad ośmiu tysięcy rozkładów jazdy, przystąpiono do wprowadzenia danych w formacie GIS za pomocą specjalnie stworzonej do tego celu aplikacji. Osobą wprowadzającą dane był Sławomir Goliszek, a przygotowaniem aplikacji „*Trasowanie*” zajął się Marcin Stępnia. Aplikacja służyła również do wprowadzania tras w transporcie kolejowym i lotniczym (por. podrozdz. 1.6).

Podobną czynność jak przy transporcie autobusowym wykonano dla transportu kolejowego i lotniczego. Źródłem danych o **połączeniach kolejowych** był rozkład jazdy pociągów dla okresu obowiązywania 2015/2016. Korzystano z wersji internetowej oraz tabel sieciowego rozkładu jazdy w formacie pdf. Praca nad bazą wymagała zidentyfikowania wszystkich tras pociągów realizowanych w dni robocze oraz weekendy, wraz z ustaleniem częstotliwości kursowania. Za unikalną trasę uznawany był każdy różniący się co najmniej jednym punktem zbiór stacji: początkowej, końcowej oraz pośrednich. Rozróżniono 17 przewoźników. Finalnym elementem tworzenia bazy danych o kursowaniu pociągów było wprowadzenie kompletu 725 tras do oprogramowania GIS i wygenerowanie warstwy liniowej z sieciami połączeń (por. rozdz. 5).

Połączenia lotnicze zostały opracowane na podstawie danych uzyskanych bezpośrednio na stronach internetowych poszczególnych portów lotniczych w marcu 2016 r. (szczegółowa metodyka – rozdz. 6).

Źródłem danych dotyczących **kosztów paliw** była Polska Izba Paliw Płynnych. Stawki obowiązujące na odcinkach płatnych autostrad dla samochodów osobowych zostały zaczerpnięte ze stron internetowych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (dla odcinków dróg płatnych, na których obowiązuje Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie stawek opłat za przejazd autostradą), a także stron internetowych prywatnych koncesjonariuszy.

Ceny biletów w transporcie autobusowym, kolejowym i lotniczym zostały zebrane na podstawie cen biletów jednorazowych obowiązujących w 2016 r. Szczegółowa metodyka badania została podana w rozdziale siódmym.

1.6. OPRACOWANIE SIECIOWYCH BAZ DANYCH

Jednym z najbardziej czaso- i pracochłonnych zadań w projekcie MULTIMODACC było opracowanie sieciowych baz danych dla transportu publicznego. Wymagało to z jednej strony wprowadzenia ogromnej ilości

Ponadto, wprowadzano tylko i wyłącznie przystanki odpowiadające węzłom gminnym w bazie danych, pozostałe były pomijane.

Po wprowadzeniu przebiegu nowej trasy aktywowany był interfejs, ułatwiający wprowadzenie niezbędnych danych (ryc. 1.1). Z kart informacyjnych ręcznie wprowadzane były następujące informacje:

- nazwa przewoźnika: przede wszystkim w celu łatwiejszej weryfikacji wprowadzonych danych;
- liczba połączeń w dniu roboczym oraz w dni weekendu: aplikacja umożliwiała wprowadzenie dwóch różnych wartości (jeśli liczba kursów AB była różna od liczby kursów BA) lub automatyczne wpisanie liczby kursów, jeśli były to wartości tożsame (tj. bez wtórnego wprowadzania tej samej wartości);
- czas jazdy w minutach; wprowadzano jedynie całkowity czas jazdy pomiędzy pierwszym a ostatnim wprowadzonym przystankiem na trasie (nie wprowadzano czasów międzyprzystankowych ze względu na brak spójności między kursami oraz wysoką pracochłonność);
- liczba przystanków: odczytana z karty całkowita liczba przystanków, co umożliwiało np. wyselekcjonowanie kursów przyspieszonych; zmienna ta także ułatwiała weryfikację wprowadzonych danych.

Po wprowadzeniu powyższych informacji aplikacja automatycznie uzupełniała dany rekord o nazwy przystanków, początkowego i końcowego, oraz cztero-cyfrowe identyfikatory wszystkich wprowadzonych przystanków na trasie. Taka procedura ograniczająca liczbę wprowadzanych danych miała z jednej strony ułatwiać pracę, z drugiej strony minimalizowała ryzyko wprowadzenia błędnych danych (np. literówek w nazwach przystanków). Ostateczna struktura przygotowanego pliku przedstawiona jest w tabeli 1.2.

The screenshot shows a window titled "Opis tras" with a subtitle "Uzupełnij dane o trasie". The form contains the following fields and options:

- Nazwa przewoźnika: PKS Sp. z o.o Nowa Sól
- Liczba połączeń w dni robocze: kurs DD: 1, kurs DO: [empty], liczba kursów symetyczna
- Liczba połączeń w dni weekendu: kurs DD: 1, kurs DO: 0, liczba kursów symetyczna, Brak danych o połączeniach w weekendy
- Czas jazdy (w minutach): 32
- Liczba przystanków: 28
- Buttons: OK

Ryc. 1.2. Interfejs aplikacji „Trasowanie” do wprowadzania danych o trasach autobusowych i kolejowych, wraz z przykładowym wypełnieniem danym

Fig. 1.2. Interface of application „Trasowanie” used to input data about bus and rail routes, together with illustrative entering of data

Tabela 1.2. Struktura pliku GIS zawierającego dane o trasach autobusowych (kolejowych)

Kolumna	Opis	Typ zmiennej
ID_Trasy*	identyfikator trasy	tekstowa
Nazwa_Przew		tekstowa
Liczba_PolR_OD	liczba kursów w dni robocze: tam	liczbowa
Liczba_PolR_DO	liczba kursów powrotnych w dni robocze	liczbowa
Liczba_PolR*	uśredniona liczba kursów w dni robocze	liczbowa
Liczba_PolW_OD	liczba kursów w dni weekendu: tam	liczbowa
Liczba_PolW_DO	liczba kursów powrotnych w dni weekendu	liczbowa
Liczba_PolW*	uśredniona liczba kursów w dni weekendu	liczbowa
BrakDanych	wypełniona jeśli brak danych o połączeniach w weekendy	tekstowa
Liczba_Przyst*		liczbowa
Czas_trasy		liczbowa
O_Trasy*	przystanek początkowy trasy	tekstowa
D_Trasy*	przystanek końcowy trasy	tekstowa
Trasa_OD*	opis trasy (nazwa przystanku początkowego i końcowego rozdzielona myślnikiem)	tekstowa
KOD_OD*	identyfikatory wszystkich przystanków / stacji	tekstowa

* dane generowane automatycznie przez aplikację.

Po opracowaniu sieci transportu publicznego niezbędne było jeszcze wygenerowanie dodatkowych połączeń zapewniających spójność topologiczną sieci. Miało to dwojaki cel. Z jednej strony, miało to umożliwić oprogramowaniu GIS oraz dedykowanej aplikacji MULTIMODACC symulowanie połączeń multimodalnych, tj. takich które wykorzystują różne środki transportu (np. kolej i autobus). Z drugiej strony do analiz dostępności niezbędne było „dowiązanie” węzłów, tj. źródeł i celów podróży, do sieci transportowych. Do tego celu służyły odcinki, tzw. „konektory”, automatycznie wygenerowane w oprogramowaniu GIS, którym następnie przypisano odpowiednie parametry, tj. zakładaną prędkość i wynikający z niej oraz z długości odcinka – czas podróży.

Przygotowano sześć typów konektorów:

1. Przystanki autobusowe, stacje kolejowe i lotniska z węzłem z masą (jednym z 2321 węzłów do którego jest przypisana liczba ludności z 2321 rejonów transportowych); maksymalna długość konektora tego typu wynosiła 5 km.

2. Stacje kolejowe do wszystkich przystanków autobusowych i innych stacji kolejowych w promieniu 5 km.
3. Lotniska do wszystkich stacji kolejowych i przystanków w promieniu 5 km.
4. Konektory „bliźniaki” łączące przystanki autobusowe z „bliźniaczymi” stacjami kolejowymi w celu umożliwienia dodawania częstotliwości w ujęciu multimodalnym; konektory „bliźniaki” zazwyczaj nie przekraczały 5–6 km, w wyjątkowych przypadkach mogły być nieco dłuższe.
5. Konektory powyżej 5 km długości podłączające pozostałe rejonów transportowe (te które nie zostały podłączone konektorami o długości do 5 km) w celu podłączenia wszystkich rejonów transportowych do systemu transportu publicznego (autobusowego lub kolejowego, w tym drugim przypadku wówczas gdy stacja kolejowa była zlokalizowana odpowiednio bliżej węzła masowego niepodłączonego do systemu niż najbliższy przystanek autobusowy).
6. Wewnątrz granic administracyjnych miast na prawach powiatu połączono konektorem wszystkie stacje kolejowe, przystanki autobusowe oraz węzły z masą (bez ograniczenia długości). Ten typ konektora miał na celu zasyumulowanie miejskiego transportu publicznego.

W przypadku konektorów położonych poza miastami na prawach powiatu założono prędkość 5 km/h (prędkość piesza) oraz maksymalną częstotliwość równą 9999 podróży na dobę operacyjną. Przyjęta maksymalna częstotliwość oznacza, że prędkość piesza realizowana jest bezpośrednio po opuszczeniu źródła podróży lub środka transportu.

Dla konektorów w miastach na prawach powiatu, przyjęto prędkość równą 15 km/h, odzwierciedlającą średnią prędkość podróży transportem publicznym w mieście na prawach powiatu (por. Birr i in. 2014), odpowiednio zmniejszoną o fakt, iż w miastach tych podróż często może odbywać się z przesiadką i po liniach łamanych (a nie jak w przypadku konektorów po linii prostej). Przyjęto również częstotliwość równą 99 co dla doby operacyjnej (okresu czasu, w którym istnieje możliwość podróży transportem publicznym, przyjętym w opracowaniu z uproszczeniem na równy 12 godzinom), oznacza kilkuminutowy czas oczekiwania na środek transportu.

1.7. STRUKTURA PRACY

Struktura pracy odpowiada założeniom badawczym. Pracę można podzielić na trzy części. W pierwszej (wstęp, rozdziały drugi i trzeci) to wprowadzenie teoretyczne do poruszanych zagadnień. W części drugiej (rozd. 4–8)

przedstawiono sytuację w Polsce w zakresie organizacji przewozów, kosztów podróży oraz multimodalności w aglomeracjach. Część trzecia (rozdz. 9–12) to założenia i rezultaty modelu MULTIMODACC wraz z podsumowaniem i wnioskami.

Część pierwsza (rozdziały 1–3). We **wstępie** zawarto cele pracy, przedstawiono definicję multimodalności/intermodalności i transportu publicznego, zaprezentowano zakres czasowy i przestrzenny, źródła danych (w tym specjalnie dedykowaną wprowadzaniu danych aplikację oraz strukturę pracy). Rozdział drugi i trzeci to część teoretyczna pracy bazująca na przeglądzie literatury przedmiotu w tematyce wymiarów, atrybutów i uwarunkowań dostępności multimodalnej, metod badawczych oraz kosztu uogólnionego i wartości czasu. W **rozdziale drugim** dokonano przeglądu literatury przedmiotu w zakresie definicji dostępności, jej wymiarów, atrybutów oraz komponentów. Przedstawiono również wstępny zarys modelu uwarunkowań dostępności (NeST box). Dokonano przeglądu metod badawczych ze szczególnym uwzględnieniem dostępności potencjałowej oraz spersonalizowanej oraz wskaźników dostępności multimodalnej i intermodalnej prezentując przegląd badań dotyczących dostępności w transporcie publicznym w polskiej oraz światowej literaturze przedmiotu. W **rozdziale trzecim** odniesiono się do problematyki kosztu uogólnionego (miary oporu przestrzeni i ich składowe), ze szczególnym uwzględnieniem wartości czasu dojazdu, odejścia, podróży i przesiadki, a także dochodu podróżnego w kontekście wartości czasu podróży w Polsce.

Część druga (rozdziały 4–8). **Rozdziały czwarty, piąty i szósty** poświęcone są organizacji przewozów i strukturze sieci w transporcie publicznym w Polsce, odpowiednio w **rozdziale czwartym** – w transporcie autobusowym, w **rozdziale piątym** – w transporcie kolejowym i w **rozdziale szóstym** – w transporcie lotniczym. **Rozdział siódmy** poświęcony jest pozaczasowym elementom uogólnionego kosztu, w tym przede wszystkim kosztem paliwa i opłatom autostradowym (w transporcie indywidualnym) oraz cenom biletów (w transporcie publicznym w poszczególnych gałęziach transportu z rozbiem na przewoźników). Rozdział ten ma na celu przybliżenie tematyki kosztowej w kontekście pozaczasowych elementów kosztu uogólnionego i ich roli w Polsce przy porównaniu transportu indywidualnego z publicznym. W **rozdziale ósmym** opisano bliżej problematykę transportu multimodalnego w wybranych aglomeracjach, w szczególności w kontekście synchronizacji rozkładów jazdy przewoźników autobusowych i kolejowych.

Część trzecia (rozdziały 9–13). W **rozdziale dziewiątym** przedstawiono założenia modelu dostępności dotyczące źródeł i celów podróży, składowych czasu i kosztu (w tym wartości czasu) podróży. Przedstawiono również założenia związane z potencjałem własnym oraz długością podróży.

Tabela 1.3. Struktura pracy. Etapy procedury badawczej w transporcie publicznym w modelu MULTIMODACC

Nr	Nazwa etapu	Miejsce w publikacji
1	Gromadzenie danych	1.5
2	Opracowanie sieciowych baz danych (aplikacja <i>Trasowanie</i>)	1.6
3	Obliczanie wskaźników dostępności (aplikacja <i>MULTIMODACC</i>)	
3a	– formuła	2.7
3b	– źródła i cele podróży	9.1
3c	– czasy i częstotliwości podróży	9.5; 9.3
3d	– koszt podróży, w tym:	3.4; 7; 9.2
	– wartość czasu	3.4; 7; 9.2
	– zminutyżowanie kosztu	9.2
	– koszt przesiadki	9.2
4	Rezultaty modelu	10; 11; 12; 13

Tabela 1.4. Struktura pracy. Miara oporu przestrzeni, gałąź transportu, bazy danych, założenia i rezultaty modelu MULTIMODACC

Miara oporu przestrzeni	Gałąź transportu	Organizacja transportu i bazy danych	Założenia modelu MULTIMODACC	Rezultaty modelu MULTIMODACC
		Miejsce w publikacji		
	Razem	1.5	x	13
CZAS	Indywidualny	x	9.4	10.1
	Autobusowy	4	9.5	10.2
	Kolejowy	5	9.5	10.3; 12
	Lotniczy	6	9.5	10.5
	Multimodalny	8	9.5	10.4–10.6
KOSZT	Indywidualny	7.1	7.1	11.1
	Autobusowy	7.2	7.2	11.2
	Kolejowy	7.3; 12.1	7.3; 12.1	11.3; 12
	Lotniczy	7.4	7.4	11.4
	Multimodalny	9.2	9.2	11.4

Opisano skrótowo model prędkości zastosowany w transporcie indywidualnym, szczegółowo natomiast metodykę obliczania dostępności w transporcie

publicznym, w tym metodykę i strukturę aplikacji **MULTIMODACC** (podrozdz. 9.5). **Rozdziały dziesiąty i jedenasty** przedstawiają rezultaty modelu dostępności w modelach jednomodalnych (w transporcie indywidualnym, autobusowym i kolejowym), w wariancie autobus+kolej oraz w modelu multimodalnym (autobus+kolej+samolot) odpowiednio przy założeniu czasu jako miary oporu przestrzeni (rozdz. 10) oraz kosztu jako miary oporu przestrzeni (rozdział 11). W **rozdziale dwunastym** pokazano rezultaty symulacji zmian dostępności w wyniku realizacji wybranych inwestycji infrastrukturalnych w transporcie publicznym (linia Y Kolei Dużej Prędkości). **Rozdział trzydziesty** obejmuje podsumowanie i najważniejsze wnioski.

W celu łatwiejszego odbioru struktury pracy przez czytelnika w tabelach 1.3 i 1.4 ukazano miejsce (rozdziały i podrozdziały publikacji), poświęcone poszczególnym etapom procedury badawczej w transporcie publicznym (tab. 1.3) oraz założeniom i rezultatom modelu MULTIMODACC w rozbięciu na miary oporu przestrzeni (czas i koszt) oraz gałęzie transportu (tab. 1.4). Autorzy mają świadomość pewnego braku systemowego w publikacji w postaci zbiorczej, skumulowanej w jednym rozdziale analizy wszystkich założeń modelu MULTIMODACC (por. tab. 1.4), jednak wieloaspektowość zjawiska w kontekście poszczególnych etapów procedury badawczej (na każdym etapie potrzeba innych założeń badawczych oraz pewnego wstępu związanego m.in. z organizacją danej gałęzi transportu) prowadzi do rozdzielania szeregu założeń związanych bezpośrednio z modelem i aplikacją MULTIMODACC (rozdz. 9), a kwestiami związanymi z kosztem jako miarą oporu przestrzeni (rozdz. 3 i 7) oraz organizacją transportu (rozdz. 4–6 i 8).

2. TEORETYCZNE UWARUNKOWANIA DOSTĘPNOŚCI MULTIMODALNEJ

2.1. DEFINICJA DOSTĘPNOŚCI

Dostępność jest powszechnie używanym terminem w strategiach i planach rozwoju transportu, regionu, miasta oraz generalnie w geografii (Geurs, van Wee, 2004). Ma istotne znaczenie w polityce transportowej, ponieważ jest podstawowym produktem systemu transportowego i determinuje lokalną przewagę określonej lokalizacji w stosunku do innych lokalizacji (Spiekermann, Neubauera 2002). Jest właściwością miejsca, związaną z pewną formą pokonywania oporu przestrzeni (Ingram 1971). Określa potencjalną szansę, możliwość zajścia interakcji (Hansen 1959). Odzwierciedla fundamentalną zasadę dążenia człowieka do maksymalizacji kontaktów przy minimalnej aktywności, w sensie trudu, wysiłku, jaki trzeba podjąć przy utrzymaniu tychże kontaktów (Karlqvist 1975).

Trudno jest zatem dostępność poprawnie zdefiniować oraz zmierzyć (Gould 1969), i nie ma jednej, uniwersalnej i powszechnie uznanej za obowiązującą, definicji dostępności transportowej (Baradaran, Ramjerdi 2001). Wskazuje się jednak, że dostępność jest w pewnym sensie synonimem minimalizacji kosztów przemieszczania się do wybranych celów podróży (Vickerman 1974). Tak rozumiana definicja dostępności wydaje się być powszechnie akceptowana. Problemem jest natomiast wybór metod oraz narzędzi analizy dostępności, które możliwie najwierniej pokazałyby przestrzenne zróżnicowanie w możliwościach, jakie daje użytkownikowi sieci system transportowy, szczególnie w ujęciu multimodalnym. Potrzebna jest zatem odpowiedź na następujące podstawowe pytania:

- do czego (lub też od czego) dostępność ma być mierzona (pytanie o źródło i cel podróży),
- jaki element kosztu podróży (czas, koszt, a może wysiłek) jest kluczowy w ocenie dostępności,
- jaka jest percepcja celu podróży (atrakcyjność) w relacji do kosztu podróży,
- w jaki sposób podróż się odbywa (jakim środkiem/środkami transportu),
- dla kogo (w sensie cech społeczno-ekonomicznych użytkownika sieci) zmierzona dostępność jest właściwa.

2.2. METODY BADANIA DOSTĘPNOŚCI

Wśród ekonomistów, planistów i geografów panuje duża różnorodność w klasyfikacji metod analizy dostępności transportowej (por. Bruinsma, Rietveld 1998; Baradaran, Ramjerdi 2001; Geurs, van Eck 2001; Geurs, van Wee 2004; Gutiérrez 2001; Spiekermann, Neubauer 2002). Większa liczba metod badawczych nie jest równoznaczna z szerszym ujęciem tematu. To, co jedni autorzy uważają za odrębną metodę jest przez innych klasyfikowane jako jeden z wariantów wcześniej opisanej metody. Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu można zaproponować następujący podział wyróżniający kilka metod badania dostępności transportowej:

- **dostępność mierzona wyposażeniem infrastrukturalnym**, tj. za pomocą wskaźników wyposażenia infrastrukturalnego danego obszaru, np. liczba lub długość punktowych i liniowych elementów infrastruktury, jakość infrastruktury, poziom kongestii;
- **dostępność mierzona odległością**, tj. dostępność mierzona odległością fizyczną, fizyczną rzeczywistą, czasową lub ekonomiczną do celu lub zbioru celów podróży, np. średni lub całkowity koszt podróży między źródłem podróży, a pozostałymi interesującymi dla użytkownika sieci celami podróży;
- **dostępność kumulatywna**, tj. dostępność mierzona przez oszacowanie zbioru celów podróży dostępnych w określonym czasie, względnie przy określonym koszcie lub wysiłku podróży;
- **dostępność potencjałowa**, tj. dostępność mierzona potencjalną możliwością zajścia interakcji między źródłem podróży a zbiorem celów podróży, w tym w formie zaawansowanej, z wykorzystaniem tzw. efektów konkurencji;
- **dostępność spersonalizowana** mierzona m.in. w tzw. pryzmacie czasoprzestrzeni; dostępność mierzona za pomocą zbioru alternatywnych ścieżek podróży między źródłem a celami podróży, uwzględniająca zachowanie poszczególnych użytkowników systemu transportowego i ich preferencje.

W niniejszym opracowaniu, w modelu **MULTIMODACC** wykorzystywana miara dostępności bazuje na **modelu potencjału** z elementami dostępności spersonalizowanej poprzez wyróżnienie paru typów podróży w zależności od wyceny przez nich wartości czasu podróży. Kluczowe w rozumieniu problematyki dostępności multimodalnej opartej na modelu potencjału jest wyróżnienie wymiarów, atrybutów, komponentów i uwarunkowań dostępności.

2.3. WYMIARY DOSTĘPNOŚCI

Wskaźniki dostępności są wrażliwe na wykorzystanie, tzw. wymiarów dostępności. Spiekermann i Neubauer (2002) wyróżniają kilka wymiarów dostępności:

- źródła podróży – różne grupy społeczno-ekonomiczne zróżnicowane pod kątem dochodu, wieku lub płci,
- cele podróży – możliwości, aktywności lub zasoby dostępne w celu podróży (np. liczba ludności, PKB, usługi),
- typ (rodzaj) transportu – transport pasażerski lub towarowy,
- gałąź transportu,
- miara oporu przestrzeni,
- forma oporu przestrzeni,
- ograniczenia w postaci regulacji (limity prędkości, zakazy wjazdu) lub przepustowości (kongestia),
- bariery – polityczne, ekonomiczne, prawne, psychologiczne i inne (por. Rosik 2012),
- zasięg przestrzenny badania (od globalnego, przez europejski, krajowy, po regionalny i lokalny) (por. m.in. Rosik i in. 2015),
- dynamika (ujęcie statyczne vs dynamiczne).

Liczba wymiarów dostępności jest zatem relatywnie duża i w zasadzie nieograniczona. W dowolnej symulacji dostępności można wziąć pod uwagę dowolną liczbę wymiarów, a każdy wariant wyboru prowadzi do innych wyników. Analiza dostępności przypomina zatem grę w **jednoręcznego bandytę** (maszyna wrzutowa), przy czym wymiary dostępności są walcami, których dowolne ustawienie daje każdorazowo inny wynik symulacji. Na wynik ten, niezależnie od przyjętego wymiaru (kombinacji wymiarów) mają wpływ uwarunkowania dostępności (sieciowe, przestrzenne, związane z podróżą i indywidualne), przy czym częściowo wymiary zazębiają się z uwarunkowaniami, przez co przyjęta klasyfikacja nie jest całkowicie rozłączna. Z punktu widzenia celów niniejszego opracowania i modelu **MULTIMODACC** kluczowe są **trzy wymiary dostępności**, które różnicują wyniki poszczególnych symulacji dostępności i są niejako walcami gry w dostępność. Tym samym model ma charakter jednoręcznego bandyty o trzech walcach. Są to:

- gałąź transportu,
- miara oporu przestrzeni,
- forma oporu przestrzeni.

Gałąź transportu. W badaniu dostępności należy uwzględnić różnice w czasie, koszcie lub koszcie uogólnionym podróży w zależności od gałęzi transportu, np. motoryzacji indywidualnej, transportu autobusowego, kolejowego lub lotniczego. W ujęciu multimodalnym istnieją trzy możliwe podejścia do problemu opisane szerzej w podrozdziale 2.9.

Miara oporu przestrzeni. Trudność pokonania dystansu między źródłem podróży, a celem podróży jest mierzona na parę sposobów. Ze względu na stosowaną miarę można wyróżnić:

- odległość fizyczną (linia prosta w km),
- odległość fizyczną rzeczywistą (najkrótsza odległość drogowa w km),
- odległość czasową (mierzoną w godzinach lub minutach),
- odległość ekonomiczną (mierzoną w jednostkach pieniężnych, tj. koszt podróży),
- wysiłek (m.in. komfort podróży, ryzyko wypadku),
- koszt uogólniony uwzględniający czas, koszt oraz wysiłek.

W zależności od branego pod uwagę środka transportu, różne elementy składają się na **koszt uogólniony**, tj. czas, koszt lub wysiłek związany z podróżą (podrozdz. 3.1).

Forma oporu przestrzeni. Wraz z rosnącym dystansem (mierzonym czasem, kosztem lub wysiłkiem podróży) maleje stopień interakcji między dwoma punktami w przestrzeni (modele grawitacji) lub maleje atrakcyjność celu podróży (modele potencjału). Szybkość spadku interakcji lub atrakcyjności celu jest w modelach dostępności mierzona funkcją oporu przestrzeni lub funkcją utrudnienia (*distance decay function*, *impedance function*, *deterrence function*). Wielkość parametrów, według których jest obliczana funkcja oporu przestrzeni zależy od wielu uwarunkowań dostępności, w tym przede wszystkim od celu podróży i **motywacji podróży** (por. Komornicki i in. 2010; Rosik, Kowalczyk 2015). W opracowaniu przyjęto umowny podział na **podróże krótkie i długie** (szerzej w: Rosik, Kowalczyk 2015). W modelach dostępności stosuje się dla funkcji oporu różne formy funkcyjne. Do najczęściej używanych należą: funkcja potęgowa, funkcja wykładnicza, funkcja rozkładu normalnego Gaussa oraz funkcja logistyczna. Jedną z funkcji oporu, która najlepiej obrazuje rzeczywiste zachowania użytkowników jest **funkcja wykładnicza**, wykorzystana również w niniejszym opracowaniu (por. Rosik i in. 2015; Geurs, van Eck, 2001; Spiekermann i in. 2015).

Pozostałe wymiary dostępności, tj. źródła podróży, cele podróży, typ (rodzaj) transportu, ograniczenia, bariery, zasięg przestrzenny badania oraz dynamika mają w niniejszym opracowaniu charakter stały. **Źródła i cele**

podróży ograniczono w opracowaniu do liczby ludności zamieszkującej dany rejon transportowy na poziomie gminnym. Kalkulację czasu lub kosztu podróży między dowolną parą miejsc przeprowadza się za pomocą algorytmu najkrótszej ścieżki. W zależności od stosowanego modelu prędkości ruchu, gałęzi transportu oraz **rodzaju transportu** (w niniejszym opracowaniu jest to transport pasażerski) uwzględnia się różne ograniczenia i bariery warunkujące czas lub koszt podróży danym odcinkiem sieci. **Ograniczenia** mogą wynikać m.in. z: regulacji (limity prędkości według kategorii drogi lub obniżenie prędkości na terenie zabudowanym) lub warunków podróży (natężenie ruchu, ukształtowanie powierzchni terenu, liczba zakrętów, warunki pogodowe itd.). W niniejszym opracowaniu w modelu prędkości w transporcie indywidualnym uwzględniono szereg czynników ograniczających prędkość na poszczególnych odcinkach sieci, a także, przy analizie kosztu jako miary oporu przestrzeni, również opłaty na autostradach funkcjonujące w Polsce pod koniec 2015 r. Przyjęte ograniczenia mają charakter stały dla wszystkich symulacji, w których uwzględniono motoryzację indywidualną. Nie uwzględniono natomiast żadnych barier politycznych, ekonomicznych, społecznych, językowych lub prawnych ponieważ model **MULTIMODACC** swoim **zasięgiem przestrzennym** obejmuje jedynie terytorium Polski. Analiza dostępności została przeprowadzona w ujęciu **statycznym**.

Przed szerszym omówieniem kluczowych dla prezentowanego modelu metod badawczych należy podjąć próbę syntezy i integracji pojęć i terminów różnicujących dostępność w transporcie multimodalnym, tj.:

- czterech **atrybutów** „A” w transporcie publicznym (Carruthers i in. 2005):
 - osiągalności finansowej (*affordability*),
 - dostępności organizacyjnej (*availability*),
 - dostępności węzłów sieci (*accessibility*),
 - akceptowalności usługi (*acceptability*),
- czterech **komponentów** dostępności (Geurs, van Eck 2001):
 - transportowego (*transport*),
 - użytkowania przestrzeni (*land-use*),
 - czasowego (*temporal*),
 - indywidualnego (*individual*),
- czterech **uwarunkowań** dostępności (Rosik 2016):
 - sieciowe (jakość sieci drogowej i transportu publicznego) (*network*),
 - przestrzenne (struktura przestrzenna) (*space*),

- związane z podróżą (uogólniony koszt podróży, motywacja podróży, moment podróży i pozostałe czynniki) (*travel*),
- indywidualne (cechy ekonomiczne, demograficzne i socjologiczne gospodarstwa domowego) (*household*).

2.4. ATRYBUTY „A” DOSTĘPNOŚCI W TRANSPORCIE PUBLICZNYM

Istnieje możliwość dokonania rozdziału definicji dostępności na przestrzenną, społeczną i ekonomiczną (Taylor 1999). Dostępność społeczna oraz ekonomiczna są związane z cechami indywidualnymi użytkownika sieci (środki finansowe, status społeczny), które z kolei warunkują „osiągalność” celu podróży. Natomiast dostępność przestrzenna wiąże się z pokonywaniem przestrzeni niezależnie od posiadanych przez użytkownika sieci środków finansowych. W literaturze w odniesieniu do transportu publicznego spotyka się rozróżnienie, według pierwszych liter pojęć w języku angielskim, tzw. czterech atrybutów „A”, tj. (na podstawie Carruthers i in. 2005):

- **osiągalność finansowa** (*affordability*) – relatywna zdolność podróżnego lub gospodarstwa domowego do wykonania wysiłku związanego z podróżą uwzględniająca materialny koszt podróży (np. miesięczne wydatki na transport publiczny, promocje) w relacji do możliwości finansowych podróżnego, np. dochodu lub wynagrodzenia,
- **dostępność organizacyjna** (*availability*) – możliwość wykonania podróży w odniesieniu do rozwiązań organizacyjnych, takich jak częstotliwość i regularność kursowania, rozkład jazdy, opóźnienia względem rozkładu, dostępność w porze nocnej, w weekendy, w sezonie letnim,
- **dostępność węzłów sieci** (*accessibility*) – dostępność przystanków, stacji lub terminali lotniczych względem źródła i celu podróży, dostępność parkingów park-and-ride, a w szerszym ujęciu również udogodnienia dla osób niepełnosprawnych,
- **akceptowalność usługi** (*acceptability*) – subiektywna ocena jakości usług transportu publicznego i minimalnych standardów związanych z preferencjami podróżnego, w tym bezpieczeństwa podróży.

Przy uwzględnieniu czterech atrybutów „A” dostępność w transporcie publicznym różni się w zależności od podaży usług transportowych oraz popytu na te usługi po stronie podróżnego.

Podaż usług transportowych oddziałuje na dostępność i osiągalność w następujący sposób:

- w ujęciu organizacyjnym jako dostępność organizacyjną, ale również jako osiągalność finansową (koszt usługi po stronie przewoźnika, który determinuje koszty biletów),
- w ujęciu infrastrukturalnym jako dostępność węzłów sieci, co częściowo może wynikać z rozwiązań organizacyjnych (np. przy współpracy przewoźników w budowie systemów park&ride lub udogodnień dla osób niepełnosprawnych w pojazdach).

Popyt na usługi transportowe zależy od cech indywidualnych użytkownika sieci, w tym m.in. od:

- dochodu podróznego (osiągalność finansowa),
- preferencji co do czasu podróży (dostępność organizacyjna),
- preferencji co do dotarcia do węzła transportu publicznego (dostępność węzłów sieci),
- preferencji co do jakości usług transportowych (akceptowalność usługi).

2.5. KOMPONENTY DOSTĘPNOŚCI

Podaż i popyt usług infrastrukturalnych oddziałują na siebie również w ramach koncepcji tzw. komponentów dostępności. Generalnie rozróżnia się cztery komponenty jako integralne „części składowe” dostępności. Można wyróżnić dwa podstawowe komponenty: **komponent transportowy** i **komponent użytkowania przestrzeni**. Oprócz nich niektórzy autorzy wymieniają również **komponent czasowy** oraz **komponent indywidualny** (Geurs, van Eck 2001).

Komponent transportowy (lub inaczej komponent oporu) odzwierciedla łatwość (względnie trudność) odbycia podróży między dwoma punktami w przestrzeni określonej gałęzią transportu. Łatwość odbycia podróży jest zdeterminowana charakterem i jakością usług transportowych (Handy, Niemeier 1997). Komponent ten można scharakteryzować według (Geurs, van Eck 2001):

- podaży infrastruktury, jej lokalizacji i charakteru – tj. maksymalnych prędkości, liczby pasów (torów) itp., rozkładu jazdy oraz kosztów transportu,
- popytu ze strony podróżnych,
- charakteru użytkowania sieci, który jest następstwem relacji między podażą i popytem na infrastrukturę; charakter użytkowania sieci implikuje przestrzenną dystrybucję i natężenie potoków ruchu oraz czas, koszt lub wysiłek poniesiony przez podróżnego.

Istnieją dwa podstawowe czynniki wpływające na różne postrzeganie komponentu transportowego. Są to: wybór miary oporu przestrzeni oraz formy, jaką przybiera funkcja oporu przestrzeni.

Komponent użytkowania przestrzeni. Na poziom dostępności transportowej, obok cech systemu transportowego, wpływa rozmieszczenie w przestrzeni szans, możliwości lub potrzeb, istotnych dla użytkownika sieci transportowej. Wśród wielu określeń charakteryzujących komponent użytkowania przestrzeni, najtrafniejszym wydaje się być określenie atrakcyjności (atrakcji) danej lokalizacji (najczęściej masy związanej z węzłem) jako celu podróży w systemie transportowym (Handy, Niemeier 1997). Według Geursa i van Wee (2004) komponent użytkowania przestrzeni można określić według:

- przestrzennego zróżnicowania podaży atrakcji (celów podróży) i ich cech charakterystycznych,
- przestrzennego zróżnicowania popytu na atrakcje i jego cech charakterystycznych,
- relacji między podażą i popytem w przestrzeni, co jest szczególnie istotne przy wystąpieniu tzw. efektów konkurencji, tj. wówczas gdy atrakcje mają „ograniczoną wydajność” i ich podaż nie równoważy wysokiego popytu na nie (np. miejsca pracy, szpitale lub szkoły).

Założonym w modelu **MULTIMODACC** źródłem podróży jest miejsce zamieszkania (por. szerzej w rozdziale 9). Teoretycznie nie można jednak wykluczyć, że użytkownik sieci transportowej rozpocznie podróż w swoim miejscu pracy, lub w innej, dowolnie wybranej przez niego lokalizacji (Handy, Niemeier 1997). Wiele podróży ma charakter wielomotywacyjny. Przykładem wielomotywacyjnej podróży jest wyjazd z domu do miejsca pracy (dojazdy do pracy), dalej po pracy na zakupy, w połączeniu z odwiedzinami rodziny (wyjazd „do innych ludzi”) i spacerem w parku (wyjazd rekreacyjny). Przy podróżach wielomotywacyjnych źródłem kolejnej podróży może być cel podróży poprzedniej, a nie miejsce zamieszkania. W modelu **MULTIMODACC** celem podróży jest liczba ludności w rejonie transportowym przypisana do węzła końca podróży (por. rozdz. 9).

Komponent indywidualny. Również samego użytkownika sieci można scharakteryzować pod kątem wieku, płci, dochodu, wykształcenia i wielu innych cech charakterystycznych, które wpływają na jego ruchliwość. Według Geursa i van Ecka (2001) komponent indywidualny związany jest z indywidualną mobilnością użytkownika sieci oraz jego cechami społeczno-ekonomicznymi. Determinują go trzy grupy czynników: potrzeby (*needs*), możliwości (*abilities*) oraz szanse (*opportunities*) (Geurs, van Eck 2001). W modelu **MULTIMODACC** brak jest różnicowania podróży

w zależności od ich cech społeczno-ekonomicznych, aczkolwiek dochód podróżnych ma wpływ na wycenę wartości czasu podróży (por. rozdz. 9).

Komponent indywidualny jest związany z **komponentem czasowym**, tj. dostępnością atrakcji według pory dnia, tygodnia, a nawet roku. Dojazdy do pracy (do domu) zazwyczaj występują w porach zwiększonego ruchu rannego (popołudniowego), co wiąże się w warunkach kongestii ze znacznym wydłużeniem czasu przejazdu. Podobnie wyjazdy rekreacyjne mają miejsce głównie w weekendy (Geurs, van Eck 2001; Burns 1979). Przy podróżach na dłuższych dystansach różnice w porze dnia wydają się mieć niewielki wpływ na dostępność transportową (Baradaran, Ramjerdi 2001). W modelu **MULTIMODACC** komponent czasowy jest uwzględniony poprzez częstotliwość kursowania środków transportu. Brak pełnych rozkładów jazdy skutkuje jednak równocześnie brakiem rozróżnienia pory dnia, tygodnia lub roku i założeniem, że częstotliwość kursowania jest jednakowa dla całej tzw. doby operacyjnej (por. rozdz. 9).

Reasumując, dostępność transportowa jest determinowana, z jednej strony, przez sposób zagospodarowania przestrzeni (komponent przestrzenny) oraz, z drugiej strony, przez system transportowy (komponent transportowy). Ponadto użytkownicy sieci mogą różnić się w ocenie dostępności, w zależności od ich cech społeczno-ekonomicznych (komponent indywidualny) oraz momentu podróży (komponent czasowy) (Handy, Niemeier 1997).

2.6. UWARUNKOWANIA DOSTĘPNOŚCI

Integracja atrybutów i komponentów dostępności została przygotowana w oparciu o autorską koncepcję czterech uwarunkowań dostępności (Rosik 2016). Do uwarunkowań tych należą uwarunkowania:

- sieciowe (jakość transportu publicznego i sieci drogowej),
- przestrzenne (struktura przestrzenna),
- związane z podróżą (uogólniony koszt podróży, motywacja podróży, moment podróży i pozostałe czynniki),
- indywidualne (cechy społeczno-ekonomiczne i demograficzne gospodarstwa domowego).

Koncepcja czterech uwarunkowań dostępności została nazwana modelem karmnika dla ptaków (z języka angielskiego *NeST box*), gdzie N jest skrótem od *network*, czyli uwarunkowań sieciowych, S to skrót od *space*, czyli uwarunkowań przestrzennych, T określa *travel* czyli sytuację związaną z podróżą,

Tabela 2.1. Model uwarunkowań dostępności NeST box

Ne	S	T	box
Network	Space	Travel	Household
Uwarunkowania sieciowe	Uwarunkowania przestrzenne	Uwarunkowania związane z podróżą	Uwarunkowania indywidualne
Jakość sieci transportu publicznego i sieci drogowej	Struktura przestrzenna (gęstość sieci osadniczej, poziom peryferyjności, wzajemna lokalizacja produkcji i atrakcji)	Sytuacja związana z podróżą (uogólniony koszt podróży, motywacja podróży, moment podróży i inne czynniki)	Cechy ekonomiczne, demograficzne i socjologiczne gospodarstwa domowego
1. Jakość transportu publicznego: <ul style="list-style-type: none"> – jakość taboru, – częstotliwość kursowania, – bezpośredniość (możliwość wykonania podróży bez przesiadki) – wysokość ceny, – poziom usług, – bezpieczeństwo, – komfort, – planowość, – niezawodność, – elastyczność, – bliskość/dostępność źródła i celu podróży do najbliższej stacji/przystanku i jej/jego charakter/węzłowość. 	1. Gęstość sieci osadniczej. 2. Poziom peryferyjności przestrzennej. 3. Lokalizacja potencjału produkcji ruchu względem potencjału atrakcji ruchu.	1. Uogólniony koszt podróży: <ul style="list-style-type: none"> – czas podróży, w tym wartość czasu podróży, – koszt podróży, <ul style="list-style-type: none"> • koszty parkingowe, • koszty paliwa, • opłaty autostradowe, • pozostałe koszty stałe, – pozostałe elementy uogólnionego kosztu: <ul style="list-style-type: none"> • bezpieczeństwo, • komfort, • inne. 	1. Czynniki ekonomiczne: <ul style="list-style-type: none"> – dochód, – elastyczność dochodowa popytu, – koszt zakupu samochodu, – koszty eksploatacyjne (utrzymania, ubezpieczenia i napraw pojazdów). 2. Czynniki demograficzne: <ul style="list-style-type: none"> – struktura demograficzna (np. liczba osób pracujących, liczba dzieci itd.), – wiek, – płeć.

<p>2. Jakość sieci drogowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> - udział sieci drogowej dróg wyższej kategorii (w tym bezkolizyjnych dróg dwujezdniowych) w łącznej sieci, - liczba i jakość obiektów liniowych i punktowych infrastruktury drogowej <ul style="list-style-type: none"> • ogólna gęstość sieci drogowej, • liczba węzłów drogowych, • liczba miejsc parkingowych, • stan nawierzchni, • szerokość jezdni. 		<p>2. Motywacja podróży:</p> <ul style="list-style-type: none"> - podróże krótkie: <ul style="list-style-type: none"> • dojazdy do pracy, • wyjazdy na zakupy, • wyjazdy do szkoły, - podróże długie: <ul style="list-style-type: none"> • podróże biznesowe, • odwiedzin znajomych i krewnych, • podróże turystyczne, - podróże wielomotywacyjne. <p>3. Moment podróży</p> <ul style="list-style-type: none"> - pora dnia, - pora tygodnia, - pora roku. <p>4. Pozostałe czynniki:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wielkość zabieranego bagażu, - liczba podróżujących osób, - potrzeba wykorzystanie pojazdu w mieście docelowym, - warunki pogodowe. 	<p>3. Czynniki socjologiczne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prestiż i pozycja społeczna, - styl życia, - przyzwyczajenia, nawyki, potrzeby, doświadczenia.
--	--	---	---

a *box* jest jednocześnie synonimem źródła podróży, dostępności domu, jak i cech gospodarstwa domowego czyli *household*. Ptaki natomiast utożsamiają podróżowanie i ruch, są więc naturalnym odniesieniem do mobilności.

W modelu MULTIMODACC wzięto pod uwagę zróżnicowanie jakości sieci transportu publicznego ze szczególnym uwzględnieniem częstotliwości kursowania, wysokości ceny (koszty biletów, wartość czasu podróży itd.), a także bliskości/dostępności źródła i celu podróży do najbliższej stacji/przystanku i jej/jego charakteru/węzłowości. W zakresie kosztu uogólnionego podróży, poza kosztami biletów została uwzględniona również wartość czasu podróży, a także koszty paliwa oraz opłaty autostradowe. Motywacja podróży i dochód podróżnych został uwzględniony jako czynnik mający wpływ na wycenę czasu podróży (podział na podróże prywatne i służbowe, por. w rozdz. 9).

Punktem wyjścia do rozważań o dostępności multimodalnej w modelu MUTLIMODACC są metody badania tego zjawiska (dostępność potencjałowa i elementy dostępności spersonalizowanej opisane w kolejnych dwóch podrozdziałach niniejszego opracowania zrealizowanych na podstawie szerszego opisu w: Komornicki i in. 2010).

2.7. DOSTĘPNOŚĆ POTENCJAŁOWA. FORMUŁA W MODELU MULTIMODACC

Dostępność potencjałowa należy obok dostępności mierzonej odległością oraz dostępności kumulatywnej do grupy metod opartych na lokalizacji (Geurs, van Wee 2004; szerzej również w: Komornicki i in. 2010). Warto zaznaczyć, że słowo „potencjalny” jest jednym ze słów składowych niektórych definicji dostępności transportowej. Przykładowo, dostępność może być rozumiana jako: *potencjalna możliwość zajścia interakcji* (Hansen 1959). Względy definicyjne są jedną z głównych przyczyn, dla których dostępność potencjałowa jest zdecydowanie najczęściej spotykanym podejściem w badaniu dostępności transportowej. W grupie modeli określanых jako „dostępność potencjałowa” znajdują się różne warianty dostępności mierzonej za pomocą wskaźników potencjału lub modeli grawitacji. W polskiej literaturze przedmiotu przegląd modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych przedstawił Chojnicki (1966).

Wskaźniki z grupy dostępności potencjałowej bazują na założeniu, że atrakcyjność celu podróży wzrasta wraz z jego rozmiarem (komponent użytkowania przestrzeni) i maleje w miarę wydłużania się odległości fizycznej, czasowej lub ekonomicznej (komponent transportowy). Powiązanie to można przedstawić za pomocą ogólnego wzoru dostępności potencjałowej:

$$A_i = \sum_i f(M_i)g(c_{ij}) \quad (2.1)$$

gdzie:

- A_i – dostępność transportowa rejonu transportowego i ,
- funkcja $f(M_j)$ – komponent użytkowania przestrzeni, czyli funkcja atrakcyjności masy,
- M_j – masy (atrakcje) dostępne w rejonie transportowym j ,
- funkcja $g(c_{ij})$ – komponent transportowy, czyli funkcja oporu przestrzeni,
- c_{ij} – łączna odległość fizyczna, czasowa (czas) lub ekonomiczna (koszt) związana z podróżą z rejonu transportowego i do rejonu transportowego j .

Potencjał geograficzny ma swoje źródło w teorii matematyki oraz fizyki (Ratajczak 1999), a jego koncepcja jest analogiczna do potencjału elektrycznego (Stewart 1947). Wskaźniki dostępności potencjałowej, znane geografom od czasów drugiej wojny światowej, zostały zaangażowane z początku w celu uchwycenia potencjału rynkowego (ekonomicznego) w analizie lokalizacji (Harris 1954). Najprostszym wskaźnikiem użytym przez Hansena (1959) jest dostępność rozumiana jako suma ilorazów atrakcji (mas) celów podróży i czasów (kosztów) podróży do tych celów. W późniejszych latach formułę stosowali również m.in. Keeble i inni (1982), Rich (1978) lub Linneker i Spence (1992). Wskaźnik Hansena wygląda następująco (oznaczenia jak we wzorze 2.2):

$$A_i = \sum_j \frac{M_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (2.2)$$

gdzie: α – wykładnik potęgi (Frost, Spence 1995).

Przy uwzględnieniu w badaniu dostępności wewnętrznej (potencjału własnego rejonu transportowego) wskaźnik Hansena przyjmuje postać:

$$A_i = \frac{M_i}{c_{ii}^\alpha} + \sum_j \frac{M_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (2.3)$$

gdzie: M_i – masa (atrakcja) dostępna w rejonie transportowym i (masa własna), c_{ii} – odległość fizyczna, czasowa lub ekonomiczna przejazdu wewnątrz rejonu transportowego (szerzej w ramach dyskusji o potencjale własnym w podrozdziale 9.3).

W zależności od motywacji podróży i celu podróży (funkcja atrakcyjności masy) jako atrakcję można rozumieć: liczbę ludności (potencjał

demograficzny), dochód (potencjał ekonomiczny), wielkość powierzchni handlowej, liczbę lekarzy rodzinnych, liczbę szkół wyższych itd. Natomiast dla funkcji oporu stosuje się, w zależności od gałęzi transportu, rodzaju transportu (pasażerski lub towarowy), motywacji podróży (np. dojazdy do pracy, cele rekreacyjne – turystyczne lub zakupy, podróże biznesowe) oraz cech społeczno-ekonomicznych użytkownika sieci transportowej (np. jego wieku, płci, dochodu lub wykształcenia), różne formy funkcyjne, m.in.: funkcję potęgową, funkcję wykładniczą, funkcję rozkładu normalnego Gaussa oraz funkcję logistyczną. Zakładając najczęściej stosowaną w badaniach funkcję wykładniczą o podstawie logarytmu naturalnego (eksponens) oraz zróżnicowanie gałęzi transportu, wskaźnik dostępności potencjałowej przy uwzględnieniu potencjału własnego rejonu transportowego przyjmuje postać:

$$A_{im} = M_i \exp(-\beta c_{iim}) + \sum_j M_j \exp(-\beta c_{ijm}) \quad (2.4)$$

gdzie: A_{im} – dostępność transportowa rejonu transportowego i przez gałąź transportu m . Parametr $beta$ oznacza wrażliwość użytkownika sieci na wzrost fizycznej, czasowej lub ekonomicznej odległości podróży. Różnicowanie parametru $beta$ jest zatem kluczowe przy określaniu długości podróży (podróże krótkie vs długie).

Wskaźnik dostępności oparty na wzorze (2.4) jest wskaźnikiem wykorzystywanym w modelu **MULTIMODAC**, ale jedynie dla modeli unimodalnych, gdzie dostępność jest obliczana dla każdej gałęzi niezależnie. Generalnie model zakłada możliwość przesiadek i obliczanie najkrótszych czasów podróży z wykorzystaniem wielu gałęzi transportu, co zostało w szerszym kontekście omówione w rozdziale dziewiątym, a uszczegóławiając:

- M_i – masa (atrakcja) dostępna w rejonie transportowym i (źródła i cele podróży, podrozdz. 9.1),
- $M_i \exp(-\beta c_{iim})$ – potencjał własny; podrozdz. 9.3,
- c_{ijm} – czas podróży w środku transportu w transporcie indywidualnym (podrozdz. 9.4) oraz publicznym (podrozdz. 9.5), opory na wejściu i na wyjściu (podrozdz. 9.3); w ujęciu kosztowym – również podrozdz. 9.2,
- β – parametr regulujący kształt funkcji oporu przestrzeni i określający pośrednio długość podróży (podrozdz. 9.3).

Dostępność potencjałowa ma wiele zalet. Wymaga relatywnie mniej danych niż tzw. dostępność spersonalizowana, która jest oparta o komponent indywidualny (tzn. dostępność mierzona w geografii czasoprzestrzeni lub dostępność mierzona maksymalizacją użyteczności). Dostępność potencjałowa to podejście stosunkowo łatwe w obliczeniach i często stosowane

zarówno na szczeblu krajowym jak i międzynarodowym, w tym europejskim. Przykłady to model SASI, projekt IASON, projekt TRACC (Spiekermann i in. 2015).

Wadą dostępności potencjałowej jest duża wrażliwość m.in. na wybór formy funkcyjnej oraz parametrów funkcji oporu przestrzeni, sposób uwzględniania potencjału własnego lub rozumienie pojęcia atrakcyjności masy. Nieznaczone różnice w wysokościach parametrów mogą skutkować znacznymi różnicami w ostatecznych wynikach. Jak wskazuje Chojnicki (1966) model potencjału: *zakłada istnienie nieograniczonego przestrzennie continuum*. Tymczasem zawsze istnieje problem relatywnie niższej dostępności obszarów na krańcu zasięgu przestrzennego badania (Rosik 2012). W modelu MULTIMODACC ograniczono się do terytorium kraju co ma wpływ na relatywnie niską dostępność obszarów peryferyjnych. Ponadto pewną wadą jest również fakt, iż wyniki modelu potencjału nie są łatwe w interpretacji, ponieważ dostępność potencjałowa nie ma jednostek. Z tego względu rezultaty badań są często podawane w ujęciu relatywnym, tj. w formie procentowych różnic poziomu dostępności poszczególnych rejonów transportowych w stosunku do pewnego wyjściowego poziomu, względnie średniej dla badanego obszaru.

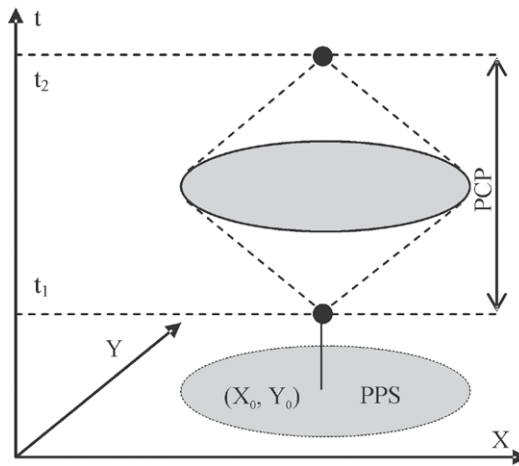
2.8. DOSTĘPNOŚĆ SPERSONALIZOWANA

Modele dostępności mierzonej w geografii czasoprzestrzeni są, wraz z dostępnością mierzoną maksymalizacją użyteczności, nazywane również modelami bazującymi na zachowaniu użytkownika sieci, co można określić ogólnie jako dostępność spersonalizowaną. Mocną stroną tych modeli jest silne oparcie w behawioryzmie. Behawioryzm ujawnia się przez obserwację harmonogramu działań użytkownika ruchu (lub członków gospodarstwa domowego) (Neutens i in. 2008). Jednym z głównych twórców teoretycznych podstaw modeli geografii czasoprzestrzeni (szwedzka geografia czasu) jest Hägerstrand (1970). Głównym wyróżnikiem tej grupy modeli jest wyraźne podkreślenie ograniczeń czasowych i przestrzennych w dostępności transportowej użytkownika sieci. Do ograniczeń tych należą czynności obowiązkowe wykonywane codziennie przez użytkownika sieci, do których zalicza się godziny spędzone w miejscu pracy i miejscu zamieszkania, odwożenie członków rodziny do pracy, szkoły, przedszkola, itp. Do czynności dobrowolnych należą natomiast, np. wyjazdy na zakupy, rozrywka, wyjścia rekreacyjne, turystyczne, odwiedziny znajomych i krewnych. W modelach czasoprzestrzeni wykreśla się, tzw. Przestrzeń Potencjalnych Ścieżek (ryc. 2.1). Zakłada się, że przestrzeń dwuwymiarowa do dyspozycji użytkownika sieci w określonych ramach czasowych, jest reprezentowana przez tzw. powierzchnię

potencjalnych ścieżek (PPŚ). Na powierzchnię potencjalnych ścieżek mają wpływ następujące czynniki (Neutens 2008):

- lokalizacje kotwiczne – lokalizacje czynności obowiązkowych dla podróżnego (miejsce zamieszkania, miejsce pracy, przedszkole, itp.);
- ramy czasowe, które podróżny może przeznaczyć na czynności dobrowolne i podróżowanie;
- możliwe do uzyskania prędkości ruchu w określonym czasie;
- minimalny czas potrzebny do realizacji czynności obowiązkowych i dobrowolnych.

Czasoprzestrzeń (trzy wymiary), reprezentowaną przez tzw. pryzmat czasoprzestrzeni (PCP), konstruuje się przy założeniu, że podróżny zlokalizowany w momencie czasu t_1 w węźle źródła podróży (X_0, Y_0) ma w momencie t_2 być z powrotem w tym samym węźle (ryc. 2.1). Dostępny czas dla wszystkich celów podróży to różnica między momentami czasu w postaci $t_2 - t_1$.



Ryc. 2.1. Powierzchnia potencjalnych ścieżek (PPŚ) oraz pryzmat czasoprzestrzeni (PCP)

Fig. 2.1. Potential path space and space-time prism

Źródło: Baradaran i Ramjerdi (2001, s. 34)

Dostępność mierzona w geografii czasoprzestrzeni ma niewątpliwą zaletę w postaci uwzględniania czasowych ograniczeń aktywności człowieka i wielomotywacyjnych podróży podejmowanych przez użytkowników sieci z podziałem na ich cechy społeczno-ekonomiczne. Słabymi stronami tej grupy modeli są: trudność w uzyskaniu danych dotyczących harmonogramu dziennych zajęć podróżnego oraz ich niekompletność, a także zbyt

duże skomplikowanie modelu przy założeniu zmiennych prędkości ruchu (Baradaran, Ramjerdi 2001).

Innym sposobem włączenia komponentu indywidualnego jest mierzenie dostępności maksymalizacją użyteczności podróżujących. Podejście to jest bezpośrednio powiązane z teorią mikroekonomii, w tym sensie, że preferencje konsumenta traktuje się jako miernik wartości i zysków związanych z wyborami podejmowanymi przez podróżnego (Geurs, van Eck 2001). Dostępność jest rozumiana jako wynik wyboru między zbiorem możliwych rozwiązań transportowych zgodnie z maksymalizacją użyteczności (Baradaran, Ramjerdi 2001). Rzadkość badań dostępności mierzonej maksymalizacją użyteczności wynika z trudności związanych z uzyskaniem danych dotyczących indywidualnych preferencji podróżującego oraz trudności z interpretacją wyników przez planistów i decydentów politycznych. Do zalet mierzenia dostępności maksymalizacją użyteczności należy przede wszystkim mocne „zakotwiczenie” w teorii mikroekonomii oraz uwzględnianie indywidualnych zachowań użytkownika sieci. Ponadto modele maksymalizacji użyteczności wykazują malejące efekty skali, tzn. że zależność między zwiększeniem dostępności, a wzrostem korzyści dla użytkownika sieci ma charakter nieliniowy. Rezultatem są wyższe korzyści osiągane przy realizacji inwestycji infrastrukturalnych na obszarach peryferyjnych, z niskimi wskaźnikami dostępności, co może być interesujące z punktu widzenia polityki spójności terytorialnej (Geurs, van Wee 2004).

Ujęcie dostępności spersonalizowanej i komponentu indywidualnego, a także geografii czasoprzestrzeni i komponentu czasowego w modelu **MULTIMODACC** jest ograniczone do następujących założeń modelowych.

Po pierwsze, podstawą jest model dostępności potencjałowej przy założeniu źródła i celu podróży mierzonego liczbą ludności w rejonach transportowych co *a priori* zakłada stałość zachowań transportowych dla wszystkich mieszkańców Polski niezależnie od ich miejsca zamieszkania oraz cech społeczno-ekonomicznych.

Po drugie, komponent czasowy i moment podróży jest w pewnym stopniu uwzględniony w modelu poprzez częstotliwość kursowania autobusów, pociągów i połączeń lotniczych w ramach tzw. doby operacyjnej. Symulacje zmian dostępności w wyniku „manipulowania” częstotliwością podróży mają miejsce, np. przy wydłużaniu/skracaniu doby operacyjnej.

Po trzecie, komponent indywidualny i personalizacja modelu występują w pewnym sensie przy uwzględnieniu różnych miar oporu przestrzeni, tj. czasu i kosztu uogólnionego, dla tego ostatniego przy różnych wartościach czasu w zależności od kategorii podróży (podróże prywatne, służbowe, wysokodochodowe). W pewnym sensie personalizacja ma miejsce również

przy założeniu dwóch parametrów *beta* w wykładniczej funkcji oporu przestrzeni, co można odnieść do dwóch różnych kategorii podróży, tj. podróży krótkich i długich.

Reasumując, model **MULTIMODACC** bazuje na modelu potencjału z pewnymi elementami personalizacji wyrażonej zarówno komponentem czasowym (moment podróży w ramach tzw. doby operacyjnej), jak i komponentem indywidualnym (wartość czasu podróży i długość podróży).

2.9. DOSTĘPNOŚĆ MULTIMODALNA/INTERMODALNA

W badaniu dostępności należy uwzględnić różnice w czasie, koszcie lub koszcie uogólnionym podróży w zależności od gałęzi transportu, np. motoryzacji indywidualnej, transportu autobusowego, kolejowego lub lotniczego. W ujęciu multimodalnym istnieją trzy możliwe podejścia do obliczania dostępności przy uwzględnieniu więcej niż jedna gałęzi podróży.

1. W pierwszym podejściu, oblicza się wskaźniki dostępności oddzielnie dla każdej gałęzi transportu uzyskując wskaźniki unimodalne (np. niezależnie dla motoryzacji indywidualnej, transportu autobusowego, kolejowego i lotniczego). Należy pamiętać przy tym, że przy niskim poziomie agregacji rejonów transportowych (np. na poziomie powiatów lub gmin) tylko motoryzacja indywidualna i ewentualnie transport autobusowy mają „strukturę sieci pająka”, tzn. wszystkie rejonu transportowe są „podłączone” do najbliższego węzła sieci (por. Bruinsma, Rietveld 1998). Następnie można **integrować wskaźniki unimodalne** dostępności, np. na bazie udziałów w pracy przewozowej poszczególnych gałęzi. W ten sposób wskaźnik multimodalny powstał przykładowo w ramach prac nad tzw. wskaźnikiem międzygałęziowej dostępności transportowej (WMDT; pięć raportów zespołu IGiPZ PAN w ramach projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*). Natomiast w modelu **MULTIMODACC** zaprezentowano dane ukazujące wyniki dostępności dla trzech wskaźników unimodalnych (transport indywidualny, autobusowy i kolejowy), ale zrezygnowano z ich integracji w jeden wskaźnik bazujący na udziałach w pracy przewozowej (por. rozdz. 9–12).
2. W drugim podejściu, konstruuje się jeden wskaźnik, wspólny dla wszystkich gałęzi, nazywany też **wskaźnikiem multimodalnym**. Są generalnie dwie metody stosowane w podejściu multimodalnym. Jednym z rozwiązań jest w tym przypadku wybór najszybszej lub najmniej kosztownej gałęzi transportu dla każdej relacji między źródłem a celem podróży, przy

ignorowaniu pozostałych gałęzi dla danej relacji. Można również uśrednić czas lub koszt podróży różnymi gałęziami transportu. Popularne jest też podejście bazujące na zagregowanym wskaźniku multimodalnym wykorzystujące, tzw. kompozytowy koszt uogólniony określony wzorem (Schürmann, Talaat 2000):

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm}) \quad (2.5)$$

gdzie: c_{ijm} – kompozytowy uogólniony koszt podróży między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , λ – wrażliwość na zmianę kosztu uogólnionego. Podejście z wykorzystaniem kompozytowego kosztu uogólnionego daje tą przewagę nad opcją polegającą na średnim czasie podróży, że likwidacja połączenia najbardziej kosztownego nie skutkuje nieprawdopodobnym w rzeczywistości spadkiem kosztu uogólnionego. W modelu MULTIMODACC zrezygnowano z zastosowania typowego wskaźnika multimodalnego, ze względu na fakt iż zastosowane do obliczeń czasy podróży uwzględniają już multimodalność (por. rozdz. 9.5).

3. W trzecim podejściu, powstaje **wskaźnik intermodalny**, który uwzględnia możliwość przesiadek w podróży między dwiema lub więcej gałęziami transportu. Wskaźnik jest szczególnie istotny w transporcie towarowym (łańcuchy logistyczne), oraz w transporcie pasażerskim na dłuższych dystansach (Spiekermann, Neubauer 2002). Wskaźnik intermodalny wymaga obliczania najkrótszych ścieżek podróży dla intermodalnego kosztu uogólnionego przy uwzględnieniu czasu, kosztu i niewygody związanych z przesiadkami. Wskaźnik intermodalny (z uwzględnieniem czasu oraz kosztu uogólnionego) został opracowany w modelu MULTIMODACC (szczegółowy opis metody uwzględnienia przesiadek w modelu został przedstawiony w podrozdz. 9.5). Zaletą modelu jest więc fakt, iż jako jeden z nielicznych obliczających wskaźniki dostępności na obszarze kraju (z wyjątkiem modeli uwzględniających systemy GTFS i opartych na pełnych rozkładach jazdy) daje możliwość uwzględnienia przesiadki pomiędzy gałęziami transportu na trasie między dowolną parą rejonów transportowych. Ze względu na fakt, że pojęcie „intermodalny” jest często utożsamiane z transportem towarów i rzadko bywa wykorzystywane w transporcie pasażerskim, w niniejszym opracowaniu autorzy posługują się dla uproszczenia terminem „multimodalny”, mimo iż biorąc pod uwagę wyżej przedstawione różnice definicyjne, bardziej trafnym byłby termin „wskaźnik intermodalny”. Reasumując, w modelu MULTIMODACC i w niniejszym opracowaniu uwzględniono pierwsze i trzecie podejście.

2.10. PRZEGLĄD BADAŃ DOSTĘPNOŚCI MULTIMODALNEJ

2.10.1. LITERATURA POLSKA

W polskiej literaturze przedmiotu badania dostępności multimodalnej były przez długi czas ograniczone do analizy dostępności transportem publicznym, w dużym stopniu na obszarze miast lub aglomeracji. Przed 1989 r. do autorów badań tego typu, opartych głównie o analizę dostępności z wykorzystaniem izochron, należały m.in. Gawryszewski i Pietkiewicz (1966); Ziembowa (1969); Ptaszycka (1971); Stryjek i Warakomska (1980); Dudzińska-Kryszak (1982); Sobczyk (1985) i Podkowicz (1987). W latach 1990. i 2000. w wyniku rozwinięcia narzędzi kartograficznych GIS nastąpił swoistego rodzaju wysyp prac, choć również opartych głównie o analizę izochronową (m.in. Powęska 1990; Warakomska 1993; Dziadek 1998a; Seweryn 1999; Rydzewski 1999, 2000; Wendt 2000; Jeż-Pawlak 2002; Janecki 2004).

Wcześniejszy dorobek badawczy pozwolił na równoczesny rozwój metodologii. Wśród podstaw, które to umożliwiły wymienić należy dawniejsze prace prowadzone w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (m.in. Potrykowski 1980; Taylor 1999; Lijewski 1986) oraz na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu (Chojnicki 1966; Czyż 2002; Ratajczak 1999).

Do miejsc, w których prowadzi się badania dostępności w transporcie publicznym w ostatnich latach należą:

- ośrodek poznański: w tym badania na poziomie miast i aglomeracji (Bul, Kaczmarek 2014; Gadziński, Beim 2010; Gadziński 2010, 2012a, b, 2013, 2015) oraz dla województwa wielkopolskiego dla syntetycznej liczby połączeń drogowych i kolejowych dla miast regionu z wykorzystaniem modelu potencjału (Ratajczak 1999),
- ośrodek krakowski: dostępność transportem publicznym uzdrowisk (Guzik, Kołoś 2003), szkolnictwa (Guzik 2003) oraz badania wewnątrzregionalne dostępności – dla województwa małopolskiego (Guzik i in. 2010) oraz pomorskiego (Guzik, Kołoś 2015),
- ośrodek łódzki: Bartosiewicz i Pieleśniak (2012) oraz dla miast województwa łódzkiego (Wiśniewski 2015),
- inne ośrodki: Soczówka (2012), Rechłowicz i Soczówka (2012) – prace uwzględniające m.in. aspekt częstotliwości, tj. sumaryczną liczbę połączeń międzygminnych, czyli łączną liczbą kursów realizowanych do pozostałych gmin (średnia ważona dla wszystkich dni tygodnia, uwzględniająca kursy w pełnych granicach administracyjnych, jak i tylko w relacjach „centrum” – „centrum” (liczba kursów)).

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie również posiada długą historię analiz dostępności transportem publicznym przy wykorzystaniu różnych wskaźników. Do starszych pozycji należą przede wszystkim prace Lijewskiego (1994) oraz Taylora (1999, 2003). W latach 2000. szereg publikacji był związany z projektami realizowanymi na poziomie regionalnym lub krajowym dotyczących potrzeby nowej wizji rozwoju infrastruktury transportowej (Komornicki i in. 2006), problematyki dostępności do portów lotniczych (Komornicki, Śleszyński 2009) lub wariantowej dostępności w transporcie lądowym na potrzeby Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (Komornicki i in. 2008b). Dostępność kolejową na podstawie rozkładu jazdy pociągów z wykorzystaniem wskaźnika potencjału na poziomie podregionów obliczyli również Rosik i Szuster (2008).

Po raz pierwszy model potencjału został wykorzystany w kontekście analizy multimodalnej (synteza na bazie udziałów w pracy przewozowej) w ramach analiz prowadzonych na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego dotyczących opracowania **Wskaźnika Multimodalnej Dostępności Transportowej (WMDT)** (Komornicki i in. 2008a) oraz, w szerszym kontekście, również metodycznym, w: Komornicki i in. (2010a). Prace nad kolejnymi wersjami wskaźnika międzygałęziowej dostępności WMDT są zatem wypadkową rozwijanych od wielu lat badań naukowych w zakresie szeroko rozumianej geografii transportu (w tym dostępności przestrzennej) oraz zapotrzebowania na nowoczesne narzędzia ewaluacyjne, które pojawiło się wraz z intensyfikacją procesów inwestycyjnych w transporcie polskim. Wskaźnik WMDT w jego pierwszej wersji został opracowany w 2008 r. przez zespół badawczy pracowników Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na potrzeby projektu: *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie* (Komornicki i in. 2008a). Wskaźnik ten był pierwszą w Polsce próbą obliczenia zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych na poziomie powiatowym w kontekście międzygałęziowym. W celu jego obliczenia wykorzystano metodę dostępności potencjałowej. W roku 2010 miała miejsce pierwsza aktualizacja wskaźnika. Dokonano wówczas dużego uszczegółowienia podkładu sieci drogowej i kolejowej oraz wprowadzono pewne zmiany w założeniach ogólnych modelu prędkości ruchu (motoryzacja indywidualna).

Doświadczenia w budowie modeli dostępności (w tym wskaźnika WMDT) opisano w monografii: *Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej* (Komornicki i in. 2010a). W 2010 r. wskaźnik WMDT został wykorzystany po raz pierwszy w szerszym kontekście ewaluacyjnym (Komornicki i in. 2010b). Z kolei w projekcie badawczym pt. *Narzędzie ewaluacyjno-badawcze dostępności transportowej gmin w podukładach wojewódzkich* (Rosik i in. 2011) realizowanym w ramach

IV konkursu dotacji Ministerstwa Rozwoju Regionalnego zespół IGiPZ PAN podjął się rozszerzenia możliwości aplikacji komputerowej wykorzystywanej do badań dostępności. W nowej wersji aplikacja, nazwana **OGAM** (*Open Graph Accessibility Model*) (Pomianowski 2012) jest otwartym narzędziem opartym na teorii grafów i daje możliwość obliczania wskaźników dostępności potencjałowej na dowolnej sieci przygotowanej wcześniej w programie GIS. Dokonano również rozbudowy sieci drogowej o odcinki dróg powiatowych i gminnych, tak by możliwe było podłączenie wszystkich miast i wsi będących siedzibą gminy jako węzłów do modelu dostępności i by rezultaty modelu były możliwe do zaprezentowania na niższym poziomie agregacji, tj. na poziomie gminnym. Wprowadzono także możliwość uwzględnienia (lub nie) tzw. potencjału własnego oraz zastosowania dowolnie zdefiniowanych postaci tzw. funkcji oporu przestrzeni.

W dalszych pracach podjęto się próby monitoringu zmian dostępności na poziomie gminnym w ujęciu krajowym i międzynarodowym, w wyniku realizacji inwestycji na sieci dróg ekspresowych i autostrad w Polsce w długiej perspektywie czasowej, tj. w latach 1995–2030 (Rosik i in. 2012). W kontekście międzynarodowym wykorzystano metodykę badawczą analizy dostępności rozwiniętą w: Rosik (2012). Ewaluacja inwestycji infrastrukturalnych (autostrad i dróg ekspresowych) za pomocą wskaźnika WMDT ograniczonego do transportu drogowego (motoryzacja indywidualna), z wykorzystaniem środków unijnych, była jednym z tematów badawczych w badaniu ewaluacyjnym (Komornicki i in. 2013). Wyżej opisane doświadczenia pozwoliły na udoskonalenie metodyki wskaźnika WMDT i dostosowanie do wymagań związanych z pełnym i stałym monitoringiem zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji współfinansowanych ze środków unijnych w ramach projektu *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020* (w 2017 r. ma miejsce aktualizacja wskaźnika wraz z prognozą do 2023 r.).

Wszystkie opisane etapy rozwoju metodologii obliczania wskaźnika dostępności potencjałowej w Polsce nawiązywały do zasad opisanych w literaturze przedmiotu oraz stosowanych równolegle na poziomie europejskim. Analogiczne prace dla terytorium Unii Europejskiej (później dla tzw. przestrzeni ESPON) prowadzone były m.in. w ramach projektów m.in. SASI (Wegener, Bökemann 1998), IASON (Tavasszy i in. 2004). Realizowały je międzynarodowe konsorcja badawcze. Uczestnikiem niektórych badań realizowanych w ramach sieci ESPON był w kilku wypadkach IGiPZ PAN oraz członkowie zespołu opracowującego metodykę obliczania wskaźnika WMDT, m.in. ESPON 1.2.1. (ESPON 2004), ESPON SeGI (m.in. Stępniaik, Rosik 2013b) oraz ESPON TRACC (Spiekermann i in. 2015; Stępniaik i in. 2013). Zapewniło to kompatybilność wyników względem rezultatów

badania międzynarodowych oraz publikacje w renomowanych czasopismach (Stępiak, Rosik 2013; Rosik i in. 2015; Stępiak i Rosik 2016). Na szczególną uwagę zasługują wyniki projektu ESPON TRACC (Spiekermann i in. 2015; Stępiak i in. 2013), w ramach którego po raz pierwszy obliczono w Polsce na poziomie gminnym z wykorzystaniem modelu potencjału dostępność transportem kolejowym (przy odpowiednich założeniach m.in. dojazd do stacji transportem indywidualnym, prędkości kolejowe na bazie maksymalnych prędkości technicznych), a następnie porównano otrzymane wyniki z transportem indywidualnym. Doświadczenia zebrane w projekcie TRACC przysłużyły się do opracowania metodologii WKDT (wskaźnik kolejowej dostępności transportowej).

Reasumując, dotychczasowe badania dostępności potencjałowej prowadzone w ostatnich latach w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN dotyczyły głównie pojedynczych środków transportu, w tym w szczególności dostępności transportem indywidualnym lub koleją (m.in. Rosik 2012). Dostępność multimodalna była uwzględniona jedynie poprzez analizę wskaźników dostępności dla każdej z gałęzi transportu niezależnie, a następnie wskaźnik syntetyczny (tzw. wskaźnik międzygałęziowej dostępności transportowej WMDT) powstawał poprzez uwzględnienie udziałów środków transportu w pracy przewozowej w transporcie pasażerskim lub towarowym. Tak obliczany wskaźnik multimodalny nie uwzględniał w należyty sposób przesiadek i swoistego rodzaju „kary” jaką podróżny musi ponieść za oczekiwanie w miejscu przesiadkowym na kontynuowanie podróży. Jak dotąd w Polsce nie powstała również analiza dostępności w oparciu o tzw. koszt uogólniony, przy uwzględnieniu nie tylko czasu podróży, ale również innych elementów kosztowych. Również integracja kilku sieci transportu publicznego (autobusowej, kolejowej oraz lotniczej) w podziale na podsieci nie była przedmiotem analizy na poziomie gminnym. Tym samym badanie zawarte w niniejszym opracowaniu nie ma precedensu w polskiej literaturze przedmiotu dotyczącej dostępności multimodalnej, gdzie dominują badania na poziomie lokalnym i regionalnym z nielicznymi wyjątkami (Komornicki i in. 2010) na poziomie krajowym.

2.10.2. LITERATURA ZAGRANICZNA

Analizy dostępności multimodalnej nie są zbyt częste w literaturze światowej. W Europie ich rozwój był związany z szeregiem badań realizowanych przede wszystkim na zlecenie Komisji Europejskiej (Lutter 1992) lub w ramach sieci ESPON (Spiekermann, Schürmann 2007). Część analiz dotyczyła makroregionów (grup państw) w ramach Unii Europejskiej (*BAK Basel Economics* 2004, 2005; Spiekermann, Aalbu 2004; *BBR*, 2005). Prace te

Tabela 2.2. Analizy pasażerskiej intermodalnej, multimodalnej lub w transporcie publicznym dostępności na poziomie globalnym, europejskim i międzynarodowym

Autorzy	Metoda badawcza	Źródła	Cele	Miara oporu przestrzeni	Ograniczenia i bariery	Zasięg przestrzenny
BAK Basel Economics (2004; 2005)	Potencjał	220 regionów w państwach alpejskich	PKB (reprezentowany przez 120 pozaeuropejskich portów lotniczych)	Czas podróży	Rozkłady jazdy	Państwa alpejskie
Lutter (1993)	Bazująca na odległości; kumulatywna	NUTS-3	194 centra, najbliższe aglomeracje, porty lotnicze	Czas podróży	–	EU12
Chatelus i Uljed (1995)	Bazująca na odległości; kumulatywna	NUTS-2	Liczba ludności	Koszt podróży	–	EU15+2
ESPON 1.2.1 (2005); ESPON FOCI (2010)	Kumulatywna	Miejskie Obszary Funkcjonalne	Miejskie Obszary Funkcjonalne	Czas podróży	Rozkłady jazdy	EU27+2
Spiekermann i Schürmann (2007); Spiekermann (2009); ESPON 1.2.1 (2005)	Potencjał	NUTS-3	Liczba ludności w NUTS-3	Czas podróży	Oczekiwanie na granicach	EU27+2
Spiekermann i Aalbu (2004)	Bazująca na odległości; potencjał	NUTS-3; LAU-2	Bruksela, Helsinki, LAU-2	Czas podróży/ Koszt podróży	Rozkłady jazdy	Kraje skandynawskie
BBR (2005)	Potencjał	Gridy	Miejskie Obszary Funkcjonalne	Czas podróży	–	Europa Środk. i Poł.-Wsch.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Spiekermann i in. (2015)

Tabela 2.3. Analizy pasażerskiej intermodalnej, multimodalnej i w transporcie publicznym dostępności na poziomie krajowym

Autorzy	Metoda badawcza	Źródła	Cele	Miara oporu przestrzeni	Ograniczenia i bariery	Zasięg przestrzenny
Murphy i Killen	Bazująca na odległości	LAU-2	Potencjalne lokalizacje szpitali	Czas podróży	Godziny szczytu	Irlandia
Geurs i Ritsema van Eck (2001)	Kumulatywna; potencjał	LAU-2	Miejsca pracy w LAU-2	Czas podróży	–	Holandia
Fröhlich i in. (2006); Axhausen i in. (2010)	Potencjał	LAU-2	LAU-2	Czas podróży	Spadki terenu, rozkłady jazdy	Szwajcaria
BAK Basel Economics (2007)	Potencjał	LAU-2	LAU-2	Czas podróży	Rozkłady jazdy	Szwajcaria
ÖROK (2007)	Bazująca na odległości	150 m gridy	Centra regionalne/subregionalne	Czas podróży	Kongestia, rozkłady jazdy	Austria
Cattan i Grasland (1997/1998); Grasland, 2000)	Bazująca na odległości	Gminy powyżej 20 tys. mieszk.	Gminy powyżej 20 tys. mieszk.	Czas podróży	–	Francja

Źródło: Spiekermann i in. (2015)

bazowały na dostępności kumulatywnej lub na modelu potencjału, zazwyczaj miarą oporu przestrzeni był czas podróży (niektóre bazowały na koszcie podróży). Na szczególną uwagę zasługuje praca Spiekermann i Aalbu (2004), w której autorzy integrują dla państw skandynawskich wskaźniki dostępności drogowej, kolejowej i lotniczej w jeden wskaźnik kompozytowy multimodalny na poziomie LAU-2 (dostępność „wewnątrznordycka”) i porównują wyniki dla analogicznych uzyskanych na poziomie europejskim (zasięg przestrzenny to cała Europa).

Z kolei wśród analiz dostępności potencjałowej na poziomie krajowym można wskazać dwie prace, w których porównywano wskaźniki uzyskane dla transportu indywidualnego i publicznego przy wykorzystaniu metody potencjału. Są to raporty z Szwajcarii (Axhausen i in. 2010), gdzie źródła i cele to liczba ludności oraz z Holandii (Geurs, Ritsema van Eck 2001), gdzie celem podróży były miejsca pracy. W Szwajcarii dane o rozkładach jazdy dotyczyły regularnych usług w transporcie kolejowym i ważnych linii autobusowych. Według Axhausena i in. (2010) relacja w dostępności między transportem indywidualnym a publicznym dla Szwajcarii wynosi około 1,3 (na korzyść transportu indywidualnego), co oznacza, że nie ma dużych różnic w dostępności między obiema gałęziami transportu. Dane z Holandii bazują na średniodobowych czasach podróży transportem publicznym uwzględniających czas „door-to-door”, w tym czasy oczekiwania, przesiadki oraz dojścia i odejścia. Geurs i Ritsema van Eck (2001) konkludują, że w Holandii w 1995 r. tylko dla tzw. Randstad dostępność transportem publicznym jest wysoka i „jedynie” trzy razy niższa niż w transporcie indywidualnym, a na pozostałych obszarach kraju różnica jest dużo wyższa.

Również na poziomie regionalnym i lokalnym wykonywano szereg analiz dostępności intermodalnej, multimodalnej lub dostępności w transporcie publicznym (Bjarnason 2005; Naess i in. 1995, 2001; Martin i in. 2001; Lovett i in. 2000, 2001; White 2001; Higgs, White 2000; *National Assembly for Wales* 2000; Kelly i in. 2001; Cooper i in. 2009; DfT 2009a, b; DHC 2006; *Commission for Rural Communities* 2009; Schürmann, Spiekermann 2010, 2011; Kraft 2008; Květoň 2006; Boruta, Ivan 2010; Györffy 2006; *EUPOLIS* 2007; Silva, Pinho 2010).

Najczęstszym wyborem wśród metod badania dostępności multimodalnej, intermodalnej lub w transporcie publicznym jest dostępność potencjałowa (aczkolwiek wykorzystywane są również inne metody bazujące na lokalizacji, tj. analizy bazujące na odległości lub dostępności kumulatywnej). W badaniach gdzie zasięg przestrzenny jest znacznie większy (poziom krajowy, międzynarodowy lub kontynentalny) obszar badawczy dzieli się na jednostki statystyczne (NUTS, LAU) lub inne, naturalne lub sztucznie stworzone jednostki obszarowe. Atrakcyjność celu podróży mierzona jest najczęściej

potencjałem demograficznym (ludność), administracyjnym (centra regionalne) lub ekonomicznym (PKB, miejsca pracy). Miara oporu przestrzeni to najczęściej czas podróży, a tylko w niektórych badaniach – koszt podróży.

W niektórych krajach zachodniej Europy oraz w Stanach Zjednoczonych istnieją dostępne dane dotyczące rozkładów jazdy znakomicie ułatwiając przeprowadzanie obliczeń dostępności na poziomie krajowym. Standard **GTFS** (*General Transit Feed Specification*), czyli międzynarodowy format zapisu informacji o rozkładach jazdy i lokalizacji przystanków umożliwia obliczanie wskaźników dostępności dla wybranej godziny w ciągu doby. Przykładowo w Stanach Zjednoczonych już w 2011 r. było 125 agencji transportowych zachęconych do udostępniania własnych rozkładów jazdy w tym formacie (*Enabling Cost-Effective Multimodal Trip Planners...*, 2011) (<http://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2011/06/77926.pdf>). Opensourcowy system zwany **OpenTripPlanner** (<http://www.opentripplanner.org/>) jest narzędziem umożliwiającym obliczanie wskaźników dostępności transportem publicznym. Przykładowo Owen i in. (2016) bazując m.in. na OpenTripPlannerze przedstawiają możliwość obliczania dostępności transportem publicznym w godzinach szczytu rannego do miejsc pracy na bardzo niskim poziomie agregacji (USA zostało podzielone na 4879 obszarów analitycznych, z których każdy zawiera nie więcej niż 5000 tzw. „Census blocks”). W Polsce jak dotąd standard GTFS udostępniany on-line od 2011 r. dotyczy jedynie Szczecina, dla którego obliczono wskaźniki dostępności (Stępniać, Goliszek 2017; Goliszek, Połom 2016).

3. KOSZT UOGÓLNIONY A WARTOŚĆ CZASU

3.1. MIARY OPORU PRZESTRZENI I ICH SKŁADOWE

W zależności od środka transportu, różne miary oporu przestrzeni składają się na tzw. **koszt uogólniony**. Są to czas, koszt oraz wysiłek związane z podróżą. W transporcie publicznym każdą z miar można dodatkowo podzielić w zależności od etapy podróży na składowe w postaci dojścia/odejścia, przesiadki oraz czasu/kosztu/wysiłku związanego z przebywaniem w środku transportu (autobusie, pociągu, samolocie) (tab. 3.1).

Funkcja, która uwzględni zarówno czas, koszt jak i wysiłek związany z podróżą jest znana pod nazwą **funkcji uogólnionego kosztu podróży** (*generalised cost function*) (Geurs, van Eck 2001). Generalnie wzór na uogólniony koszt podróży to suma iloczynów poszczególnych miar oporu przestrzeni i ich wyceny w formie pieniężnej (Schürmann, Talaat 2000):

$$c_{ijm} = v_m t_{ijm} + c_m d_{ijm} + u_m k_{ijm} \quad (3.1)$$

gdzie: c_{ijm} – uogólniony koszt podróży między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , t_{ijm} , d_{ijm} i k_{ijm} to czas podróży, odległość podróży i wygoda (komfort) podróżowania między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , v_m – wartość czasu podróży gałęzią transportu m , c_m – koszt kilometra podróży, u_m – wysiłek podróżowania gałęzią transportu m .

Problemem pojawiającym się przy szacowaniu uogólnionego kosztu podróży jest wycena czasu w kategoriach pieniężnych. Literatura wskazuje (por. Rudnicki 1999) że są to dwa problemy: podział podróży na etapy, ich definicja i opis oraz problem szacowania odczuwalnej uciążliwości każdego z etapów.

Tabela 3.1. Miary oporu przestrzeni i ich składowe

Miary oporu przestrzeni	Gałąź transportu			
	Samochód (motoryzacja indywidualna)	Transport publiczny		
		Dojście/odejście	W środku transportu	Przesiadka
Czas	<ul style="list-style-type: none"> - dojście do miejsca parkingowego ze źródła podróży - czas podróży (w samochodzie) - czas na szukanie miejsca parkingowego - czas przejścia z miejsca parkingowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> - czas dojścia do stacji/przystanku początkowego (access time) - czas oczekiwania na środek transportu na stacji/przystanku - czas na wyjście ze środka transportu - czas przejścia ze stacji/przystanku końcowego do celu podróży (egress time) 	<ul style="list-style-type: none"> - czas podróży (w środku transportu) (in vehicle time) - czas możliwego opóźnienia 	<ul style="list-style-type: none"> - czas przesiadki/przesiadek (transfer time)
Koszt	<ul style="list-style-type: none"> - koszty stałe (prawo jazdy, zakup samochodu, ubezpieczenie) - koszty zmienne (koszty paliwa, koszty użytkowania) - koszty parkingowe - koszty związane z opłatami za przejazd - wartość czasu podróży w pojeździe 	<ul style="list-style-type: none"> - koszty biletów dojazdu od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego - koszty biletów dojazdu od stacji/przystanku końcowego do celu podróży - wartość czasu dojazdu od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego - wartość czasu dojazdu od stacji/przystanku końcowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> - koszty biletów - wartość czasu podróży (w środku transportu) 	<ul style="list-style-type: none"> - wartość czasu oczekiwania na przystanku/stacji/lotnisku
Wysilek	<ul style="list-style-type: none"> - dyskomfort podróży (hałas, kongestia) - wysilek fizyczny - niezawodność - stres - ryzyko wypadku drogowego 	<ul style="list-style-type: none"> - wysilek fizyczny, dyskomfort i bezpieczeństwo podróży związany z dojazdem od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego i od stacji/przystanku końcowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> - dyskomfort podróży (m.in. hałas, zatłoczenie) - wysilek fizyczny związany z podróżą - bezpieczeństwo podróży - dostępność usług w czasie podróży (np. umożliwiających pracę) - dostępność miejsc siedzących 	<ul style="list-style-type: none"> - dyskomfort przesiadki (w tym hałas, zatłoczenie, niepewność) - informacja w punkcie przesiadkowym - czystość i nowoczesność miejsca przesiadkowego - wysilek fizyczny związany z podróżą - bezpieczeństwo przesiadki - dostępność usług i udogodnień (możliwość posiłku oraz zakupów)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem: Geurs i van Eck (2001); Schakenbos i in. (2016)

3.2. WARTOŚĆ CZASU PODRÓŻY, PRZESIADKI ORAZ DOJŚCIA/ODEJŚCIA

Wartość czasu podróży. Kluczowym elementem uogólnionego kosztu podróży jest koszt jednostkowy czasu podróźnego, a co się z tym wiąże wartość czasu podróży (*value of time*). W Polsce jak dotąd brakuje kompleksowych badań ruchu na poziomie krajowym na podstawie których zaistniałaby możliwość (wzorem krajów zachodnich) właściwej wyceny w pieniądzu wartości czasu oraz wygody podróżowania różnymi środkami transportu publicznego (autobus, pociąg, samolot). Generalnie wśród metod określających wycenę czasu podróży można wyróżnić (Tarski 1976; Bąk, Ważna 2014):

- metodę produkcyjną, gdzie praca człowieka, w tym roboczogodzina spędzona w podróży wyceniana jest jako jeden z czynników produkcji,
- metodę dochodową, tj. czas spędzony w podróży liczony według otrzymanego wynagrodzenia,
- metodę kosztową, tj. przy założeniu substytucji czasu oraz kosztu podróży,
- metodę dochodowo-kosztową, tj. przy uwzględnieniu substytucji między czasem wolnym a czasem pracy oraz między środkami transportu.

W podróżach prywatnych wartość czasu określa się z wykorzystaniem **metody gotowości do płacenia** (*willingness to pay*), czyli określeniu jaką kwotę pasażerowie byliby skłonni zapłacić za skrócenie czasu podróży. W wyjazdach służbowych natomiast wykorzystuje się podejście oparte na oszczędności kosztów z punktu widzenia pracodawcy (Hoszman 2013).

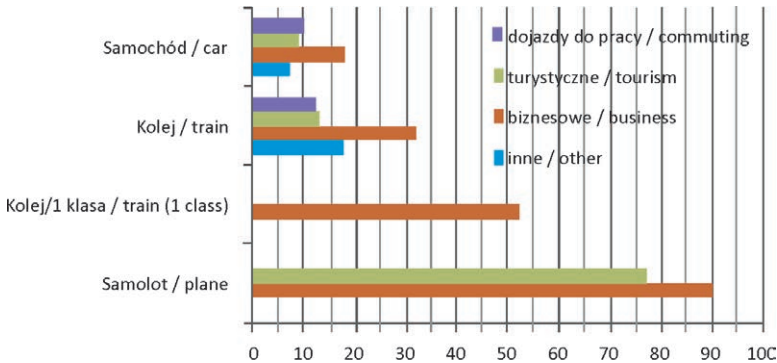
Wartość czasu zależy od wielu czynników, z których najczęściej badanymi w literaturze przedmiotu są:

- gałąź transportu i motywacja podróży,
- składnik czasu podróży (czas podróży, czas przesiadki, czas dojścia/odejścia),
- dochód podróźnego.

Gałąź transportu i motywacja podróży. Wśród podróżujących transportem publicznym obserwuje się zazwyczaj wyższe wartości czasu niż wśród użytkowników samochodu, chociaż nie jest to regułą we wszystkich badaniach. Wskazuje się na wyższą wycenę czasu spędzonego w autobusie niż w pociągu (Wardman 2001). Również Truder (2005) uważa, że niektórzy podróżni są skłonni akceptować dłuższe czasy podróży, jeżeli podróż jest wykonywana pociągiem a nie autobusem (tzw. efekt kolei). Wraz ze wzrostem długości podróży również maleje wycena czasu. Przykładowo Keizer i in. (2015) wyceniają każdą minutę czasu podróży powyżej 120 minut na

0,75 czasu podróży krótszych, a dla Arentze i Molin (2013) jednostka czasu powyżej dystansu 65 km jest wyceniana na 0,81 czasu podróży krótszych.

Na wycenę wartości czasu według miary oporu przestrzeni (czas, koszt i wysiłek związany z podróżą) dużą rolę pełni komfort podróży. Im wyższy komfort tym wyższa wycena czasu (co jest przede wszystkim związane z wyższym dochodem podróżującego) (Wardman 2001; Jiang, Morikawa 2004). Hoszman (2013) podkreśla, że: *wartość czasu nie zależy bowiem od środka transportu, jak się to czasem mylnie podaje, lecz to wybór środka transportu jest determinowany przez to, jak wysoko konsument wycenia swój czas lub pracodawca wycenia czas pracownika* (Hoszman 2013, s. 78). Generalnie podróże biznesowe charakteryzują się wyższymi wartościami czasu niż pozostałe motywacje dla wszystkich gałęzi transportu, aczkolwiek w podróżach samolotem różnica względna w wycenie czasu między podróżami biznesowymi a turystycznymi nie jest tak duża jak przy innych środkach transportu. Halse i in. (2010) podkreślają, że w Norwegii dla wyjazdów biznesowych (dla których wycena czasu podróży jest dużo wyższa niż w podróżach prywatnych) nie ma dużych różnic między środkami transportu. Z kolei Wardman (2001) na podstawie przeglądu 171 studiów transportowych wnioskuje, że nie ma dużej różnicy w wycenie czasu między dojazdami do pracy a podróżami turystycznymi, chociaż w przypadku turystycznych zauważalna jest wyższa wycena czasu spędzonego w pociągu niż samochodzie.



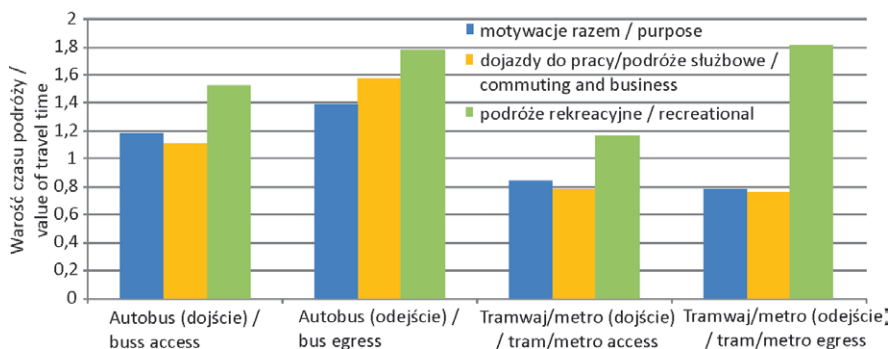
Ryc. 3.1. Wartości czasu podróży w podróżach międzyaglomeracyjnych zależności od motywacji podróży i środka transportu (w funtach dla 2000 r.)

Fig. 3.1. Value of travel time in interagglomeration trips by travel purposes and by mode (in British pounds, as of 2000)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Wardman (2001)

Czasy dojścia/odejścia oraz czasy przesiadki. Percepcja czasu podróży w multimodalnym łańcuchu nie jest stała i zmienia się w zależności od poszczególnych części podróży, takich jak czas dojścia/odejścia i czas przesiadki. Wartość czasu dojścia/odejścia zależy od środka transportu

wykorzystywanego w tych etapach podróży oraz motywacji podróży. Najwyżej czas dojścia/odejścia jest wyceniany dla wyjazdów rekreacyjnych (nawet prawie dwukrotnie wyżej niż czas spędzony w pociągu), najmniej – dla dojazdów do pracy. Bardzo duże różnice w wycenie czasu dojścia/odejścia są w zależności od środka transportu. O ile czas dojazdu metrem lub tramwajem do stacji kolejowej jest dla podróżnego mniej „kosztowny” niż czas podróży pociągiem, o tyle dojazd autobusem jest zdecydowanie bardziej uciążliwy. Szczególnie kosztowny jest czas dojazdu autobusem ze stacji końcowej do celu podróży (ryc. 3.2).



Ryc. 3.2. Wartość czasu dojścia/odejścia w podróży kolejną w zależności od środka transportu wykorzystywanego w dojeździe oraz motywacji podróży

Fig. 3.2. Access/egress time value in rail trip by mode of transport used for a trip and by travel purpose

Źródło: Schakenbos i in. (2016)

Z powyższych względów Wardman (2001) rekomenduje zastosowanie dwukrotnej wagi dla czasu dojścia i odejścia do i z przystanku, jak i czasu oczekiwania na stacji lub przystanku w relacji do czasu spędzonego w środku transportu. Ponadto wartość czasu na przesiadkę lub transfer w porcie lotniczym może być niższa niż np. dla lokalnego autobusu ze względu na dyskomfort oczekiwania (Wardman 2001). Przykładowe wartości czasu podróży, oczekiwania w punktach przesiadkowych oraz czasów dojścia/odejścia dla autobusów i pociągów w zależności od motywacji podróży obliczone zostały przez Andersena (2005) (tab. 3.2).

Wycena czasu przesiadki może zależeć również od dostępności usług i udogodnień, szczególnie jeżeli motywacją podróży jest turystyka lub rekreacja. Jeżeli transfer ma miejsce na dużej stacji, która gwarantuje dostępność usług i udogodnień podróżny jest skłonny poświęcić dodatkowe parę minut czasu dla przesiadki właśnie na dużej stacji (Cascetta, Carteni 2014).

Tabela 3.2. Wartości czasu w zależności od motywacji podróży oraz środka transportu (w koronach duńskich)

	Dojazdy do pracy	Podróże biznesowe	Pozostałe podróże
Autobus	72	322	42
Pociąg	56	219	32
Oczekiwanie w punktach przesiadkowych	120	532	70
Czasy dojścia do początkowych i od końcowych przystanków/stacji	93	305	70

Źródło: Andersen (2005)

Wycena czasu przesiadki zależy w dużej mierze od... czasu przesiadki. Nie może być on zbyt krótki, tak by nie był stresujący, ani zbyt długi, tak by nie był męczący. Optymalną wartością według Schakenbos i in. (2016) jest czas wynoszący 8 minut. Czas krótszy jak i dłuższy powinny być dodatkowo „karane” chociaż podróżny dla niektórych kombinacji środków transportu, np. metro-pociąg w przypadku multimodalnego dworca może być skłonny traktować jako właściwe nawet przesiadki 3-minutowe.

3.3. WARTOŚĆ CZASU A DOCHÓD PODRÓŻNEGO

Wrażliwość na koszt podróży zależy przede wszystkim od **dochodu** uczestnika ruchu. Dla podróżujących charakteryzujących się wyższymi dochodami koszt podróży (kosztów biletów) jest mniej istotny w porównaniu do czasu podróży przy wyborze środka transportu. Tym samym wraz ze wzrostem dochodu podróżnego wartość czasu rośnie, a wzrost ten jest szczególnie wysoki w podróżach związanych z pracą i podróżach służbowych (Schakenbos i in. 2016).

Na poziomie mikro (uczestnicy ruchu) należy rozpatrywać podróży nisko-, średnio- i wysokodochodowych ponieważ wycena czasu dla każdej z grup znacząco się różni. Na poziomie makro można wnioskować, że wycena wartości czasu w krajach bogatszych jest wyższa niż w krajach biedniejszych. Według projektu HEATCO elastyczność wartości czasu względem PKB wynosi w transporcie pasażerskim 0,7, a w transporcie towarowym 0,35 (Bickel i in. 2006). Wraz ze zmieniającym się w czasie otoczeniem ekonomicznym, społecznym i zmianami warunków podróżowania wycena czasu ulega również zmianie. Wynika to przede wszystkim z faktu rosnącego dochodu, zmian wartości czasu pracy i czasu wolnego, wzrostu produktywności (a co się z tym wiąże zmian w ilości czasu potrzebnego do wytworzenia

danej jednostki produkcji lub konsumpcji) (Jiang, Morikawa 2004), a także w spadku wartości pieniądza.

Pomimo faktu, iż to czas i koszt są głównym i determinantami wyboru środka transportu nie należy zapominać o pozaczasowych i pozakosztowych kryteriach wyboru środka transportu. Badania prowadzone w Niemczech potwierdzają, że w podróżach biznesowych najważniejsza jest szybkość i punktualność, bezpieczeństwo, elastyczność i brak skomplikowania. W podróżach prywatnych, w tym w turystycznych istotność takich czynników jak koszt, bezpieczeństwo oraz elastyczność wzrasta (Last, Manz 2003).

W wyborze środka transportu w Polsce koszt podróży jest kluczowy przede wszystkim dla osób podróżujących w celach prywatnych, przede wszystkim dla tych mniej zamożnych. Z kolei czas jest najbardziej istotnym czynnikiem dla biznesmenów. W ich przypadku koszt podróży jest znacznie mniej istotny niż czas, punktualność, wygoda i bezpieczeństwo. Wniosek ten potwierdza również badanie podróży służbowych w Polsce wykonane przez Business Travel Cards w 2012 r.

3.4. WARTOŚĆ CZASU W POLSCE

Większość badań transportowych, w tym analiz wyceny czasu, jest prowadzona w krajach o wyższym PKB niż Polska. Wskazuje się zatem na potrzebę obniżenia wartości czasu w Polsce, zgodnie z różnicą w dochodzie między Polską a krajami, w których przeprowadzono badania. Można spróbować wycenić koszty czasu w Polsce na podstawie przeciętnego wynagrodzenia netto. Dla czasu spędzonego w podróży tzw. kosztem alternatywnym uczestnika ruchu jest kwota, którą mógłby w tym czasie zarobić na swoim stanowisku pracy. W 2015 r. liczba dni pracy wynosiła 252, co dawało średnio 21 dni pracy w miesiącu. Przy założeniu 8-godzinnego dnia pracy liczba godzin pracy w miesiącu stanowiła średnio 168. Przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto w sektorze przedsiębiorstw w grudniu 2015 r. wynosiło 4515 zł, co daje płacę netto równą 3212,35 zł. Tym samym stawka godzinowa, przy 168 godzinach pracy w miesiącu, wyniosła **19,12 zł**.

Należy otrzymany wskaźnik odnieść do badań wartości czasu w Polsce realizowanych przez innych autorów. Hoszman (2013) podaje wartości czasu, posilkując się przeciętnym miesięcznym wynagrodzeniem netto oraz kosztami pracodawcy wynikającymi z zatrudnienia pracownika, dla podróży prywatnych – 14,50 PLN/h, a dla podróży służbowych – 23,97 PLN/h. Wartości czasu w Polsce na tle innych krajów Europy Zachodniej można próbować przeliczyć również na podstawie rezultatów badania wartości czasu według motywacji podróży w 2002 r. według HEATCO (*Developing Harmonised*

European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) (Bickel i in. 2006). Tego zadania podjął się Hoszman (2013) konkludując, że w 2011 r. wartość godziny podróży wynosiła dla przejazdów służbowych – od ok. 65 zł/h dla podróży autobusem, przez ok. 80 zł/h w przypadku samochodu lub pociągu do ok. 110 zł/h dla podróży samolotem. W wyjazdach prywatnych na długich dystansach (poza podróżami do pracy) analogiczne wartości wyniosły od ok. 24 zł/h dla podróżujących autobusem, przez ok. 33 zł/h dla podróżujących samochodem lub pociągiem do ok. 50 zł/h dla wybierających transport lotniczy. Również według badań Gorlewskiego (2011) wartość zaoszczędzonej godziny podróży dla korzystających z kolei kształtowała się na poziomie ok. 30–36 zł. Tym samym podane wartości są znacznie wyższe niż wynikające z przeciętnych wartości roboczogodzin odnoszących się do wynagrodzenia netto.

Reasumując, wartość czasu podróży samochodem i pociągiem (przynajmniej w drugiej klasie) jest do siebie zbliżona i znacznie niższa od wyceny wartości czasu podróży samolotem. W podróżach prywatnych wycena jest ponad dwukrotnie niższa niż w podróżach służbowych. Dla biznesmenów czas jest jedną z najważniejszych determinant wyboru środka transportu, podczas gdy dla pozostałych grup podróżnych inne czynniki (takie jak m.in. koszt) mają również kluczowy wpływ na decyzje wyboru usługi transportowej.

4. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW I SIECI POŁĄCZEŃ AUTOBUSOWYCH W POLSCE W 2015 R.

4.1. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW

Chociaż początków komunikacji autobusowej w Polsce można doszukiwać się jeszcze przed I wojną światową a sieć podstawowych połączeń kształtowała się w latach 30. XX wieku, to największy jej rozwój przypadła niewątpliwie na lata 60. i 70. Jak piszą Taylor i Ciechański (2007): *wzrost przewozów realizowanych przez PKS osiągnął zawrotne tempo: w 1946 r. przewieziono 6,9 mln pasażerów, w 1950 r. – prawie 70 mln, w 1960 r. – 322 mln, w 1967 r. przewozy przekroczyły 1 mld osób, czyli więcej niż przez ówczesne PKP. W 1974 r. wynik ten został podwojony, a w 1989 r. przewozy osiągnęły rekordowy poziom – 2,5 mld osób. W znacznej mierze rozwój ten wynikał ze specyfiki rozwoju społeczno-ekonomicznego w ustroju socjalistycznym, który ograniczał dostęp do indywidualnych środków transportu samochodowego, a jednocześnie sprzyjał dojazdom do pracy, nieraz na znaczne odległości. Znaczące potrzeby przewozowe musiał więc zaspokoić transport zbiorowy. Jego organizacją i wykonawstwem zajmowała się przede wszystkim PKS (Państwowa Komunikacja Samochodowa) aż do 1990 roku będąca przedsiębiorstwem państwowym. Do wyjątków należały przewozy realizowane przez spółdzielnie (przede wszystkim we wschodniej Polsce) lub przedsiębiorstwa branżowe (np.: przewozy górników w rejonie GOP-u). W miastach i ich strefach podmiejskich działały, również państwowe, ale podległe innemu ministerstwu, zakłady komunikacji miejskiej. Gdziekolwiek pojawiała się dzięki temu quasi-konkurencja w połączeniach podmiejskich pomiędzy przedsiębiorstwem PKS i komunalnym, chociaż z zasady państwo usiłowało unikać takich sytuacji.*

Pod koniec lat 1980. komunikacja autobusowa pokrywała dość gęstą siecią cały kraj. Natężenie ruchu autobusowego wzrastało wraz ze wzrostem liczby ludności, a największa liczba linii i częstotliwość łączyła duże i średnie miasta (Kozanecka 1980). Nie dopuszczano także do konkurencji pomiędzy transportem autobusowym i kolejowym. Jeżeli w korytarzu transportowym wiodącym z dużego miasta w kierunku mniejszych ośrodków funkcjonowała kolej to nie uruchamiano tam połączeń autobusowych lokalnych i regionalnych. Było to powiązane z funkcjonowaniem „hubów” autobusowych, nieraz w małych miasteczkach, łączących system kolejowy z autobusowym, służących do dowozu pasażerów do stacji kolejowej. Przykładowo w Małopolsce takie rozwiązania działały w Krzeszowicach czy Wieliczce. Co ciekawe zasada ta działała także w drugim kierunku: jeżeli decydenci uznawali, że

transport autobusowy jest lepszy lub bardziej wydajny od kolejowego, to ograniczano rozwój transportu kolejowego (casus połączenia kolejowego Kraków–Wadowice). Należy także zauważyć dość niską jakość wykonywanych wówczas usług, zwłaszcza w pierwszej połowie lat 1980. Znaczna część kursów była odwoływana z powodu braku kierowców lub sprawnego taboru. Częstym zjawiskiem było przeładowanie autobusów lub brak miejsca w nich dla oczekujących pasażerów.

Zasadniczą zmianą systemową było wejście w życie od 1 stycznia 1989 r. *Ustawy o działalności gospodarczej* (1988), liberalizującej wiele dziedzin życia gospodarczego, w tym także publiczny transport samochodowy. Umożliwiła ona wykonywanie przewozu osób jedynie na podstawie zgłoszenia tego faktu do ewidencji (Dydkowski 2003). W ciągu kilku następujących lat nastąpił żywiołowy rozwój transportu drogowego, zwłaszcza mikroprzedsiębiorstw transportowych, tzw. „busów”, dysponujących najczęściej autobusami przebudowanymi z pojazdów dostawczych (Nysa, później najczęściej Mercedes), zazwyczaj o niskim standardzie. Przewoźnicy prywatni, odznaczający się znaczną elastycznością zaczęli stanowić realną konkurencję dla lokalnych PKS. Przybierała ona niekiedy formę „dzikiej” konkurencji zwłaszcza na liniach o najwyższej rentowności co pogarszało wyniki ekonomiczne. Należy pamiętać że do końca XX wieku od przewoźników prywatnych państwo nie wymagało żadnych formalności, nieobowiązkowy był między innymi minutowy rozkład jazdy, co spowodowało ukształtowanie się szeregu bardzo negatywnych zachowań rynkowych, takich jak:

- wykonywanie tylko najlepiej frekwencyjnych kursów,
- odjazdy tuż przed rozkładowymi kursami dużych przewoźników (najczęściej PKS, ale także komunalnych, a wyjątkowo nawet dużych prywatnych firm,
- nieprzestrzeganie przepisów bezpieczeństwa, przede wszystkim w zakresie prędkości jazdy („wyścigi busów”) i stanu technicznego pojazdów,
- konkurowanie jedynie za pomocą cen a nie jakości usług.

Mimo to, według Dyra (2009, s. 37) jeszcze w 2007 roku udział PKS w rynku przewozów pasażerskich wynosił 60%.

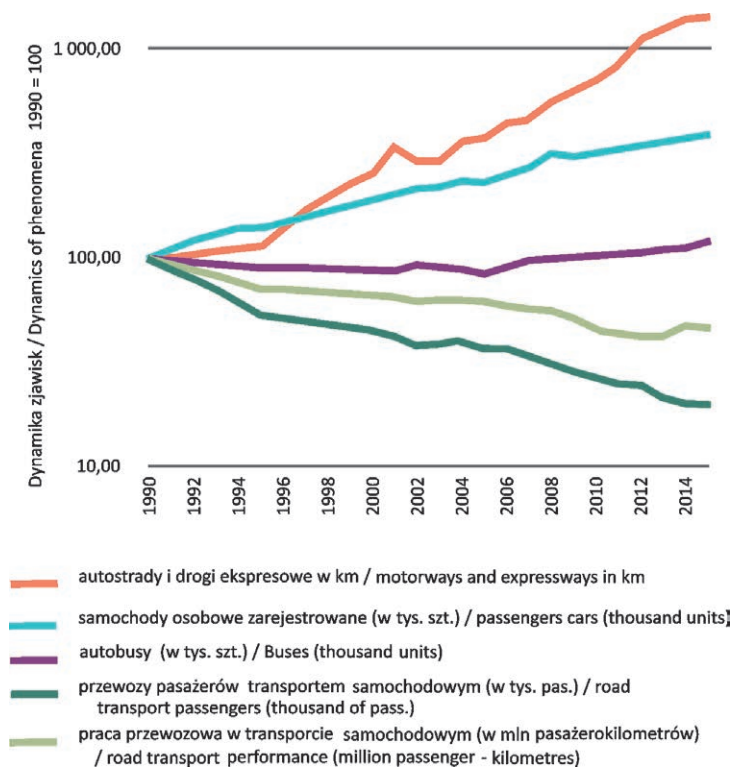
Lata 1990. to także okres przekształceń gospodarczych i własnościowych w sektorze transportowym. Już w 1990 roku PKS podzielono na 233 samodzielne podmioty, państwowe przedsiębiorstwa PKS, które następnie poddano komercjalizacji i restrukturyzacji. Część przedsiębiorstw udało się sprzedać inwestorom prywatnym, także zagranicznym (Veolia/Arriva, Mobilis/Egged). Jednak wobec niepowodzeń sprzedaży prywatnym podmiotom na szerszą skalę, często stosowano inne formy przekształceń własnościowych, takie jak

przekazanie przedsiębiorstwa do odpłatnego korzystania spółce pracowniczej lub komunalizacja (Taylor, Ciechański 2007, 2013a, b).

Istotną zmianą jakościową miały być przyjęte w latach 1997–2001 ustawy i rozporządzenia (m.in. *Ustawa o warunkach wykonywania krajowego drogowego przewozu osób*, 1997; *Ustawa o transporcie drogowym*, 2001). Wprowadziły one licencjonowanie działalności w zakresie transportu drogowego. Uzyskanie licencji było uwarunkowane wcześniejszą niekaralnością, uzyskaniem certyfikatu kompetencji zawodowych oraz posiadaniem zabezpieczenia finansowego i odpowiedniego taboru. Z kolei wykonywanie regularnych przewozów pasażerskich (a także regularnych specjalnych czyli z ograniczoną dostępnością – na przykład tylko dla dojeżdżających do pracy do jednej firmy) wymagało zezwolenia na wykonywanie przewozów pasażerskich na określonej linii komunikacyjnej. Zezwolenie takie wydawały samorządy odpowiedniego szczebla w zależności od zasięgu linii komunikacyjnej. Wniosek o wydanie zezwolenia musiał zawierać rozkład jazdy, mapę z zaznaczoną linią komunikacyjną i przystankami, zasady korzystania z obiektów dworcowych i przystanków oraz taryfę i cennik (Chodkowska-Miszczuk 2006). Według Taylora i Ciechańskiego (2007, s. 9) ustawa: *wprowadza pewien ład w działania PKS i innych przewoźników drogowych, a także w relacje między nimi*. Niestety zmiany okazały się jednak głównie formalnościami, które nie zlikwidowały wspomnianych wcześniej niewłaściwych zachowań rynkowych (por. Dej, Kołoś 2009). Natomiast znacząco utrudniły wejście na rynek nowym podmiotom i ograniczyły konkurencję. Nie wpłynęły także pozytywnie na funkcjonowanie byłych przedsiębiorstw PKS, które znacząco ograniczały albo nawet rezygnowały z działalności przewozowej a część z nich upadła (w tym także przedsiębiorstwa sprywatyzowane lub skomunalizowane).

Okres transformacji w zasadniczy sposób wpłynął na potrzeby przewozowe oraz ich realizację czyli zachowania komunikacyjne. Jak podkreślają Rosik i Kowalczyk (2015, s. 195): *Pierwsza dekada XXI wieku w Polsce to okres (...) przełomowy zarówno z punktu widzenia zmian w mobilności społeczeństwa, jak i pod względem realizowanych inwestycji infrastrukturalnych. Rozbudowa infrastruktury transportu jest jednym z czynników, które poprzez swój wpływ na zmiany czasowej i kosztowej przewagi konkurencyjnej oddziaływały na szybkość, kierunek oraz rozmieszczenie w przestrzeni przesunięć międzygałęziowych popytu*. Zmianę tę dobrze pokazuje zaprezentowany na rycinie 4.1 wykres dynamiki podstawowych wskaźników transportu drogowego w Polsce w ostatnich 25 latach. Był to okres gwałtownego rozwoju motoryzacji indywidualnej (wzrost liczby samochodów osobowych w latach 1990–2015 o 294%), któremu towarzyszył rozwój infrastruktury drogowej (wzrost długości dróg publicznych w latach 1990–2015 o 33% oraz długości dróg szybkiego ruchu (autostrad i dróg ekspresowych) o 1339%). W tym samym czasie transport

publiczny zanotował gwałtowny regres. Praca przewozowa w regularnej komunikacji autobusowej obniżyła się o 54% a przewozy spadły o 80%. Warto zauważyć, że w tym samym czasie transport kolejowy stracił „tylko” 65% pasażerów. Należy jednak w tym miejscu odnotować niedoskonałość naszej statystyki transportowej. Uwzględnia ona wyłącznie przedsiębiorstwa zatrudniające powyżej 9 osób. W niektórych regionach (małopolska, lubelskie) znacząco ogranicza to wielkość przewozów, gdyż znaczącą ich część prowadzą właśnie małe i mikroprzedsiębiorstwa.



Ryc. 4.1. Dynamika podstawowych charakterystyk transportu drogowego w Polsce (wykres logarytmiczny)

Fig. 4.1. Dynamics of basic characteristics of Poland's road transport (logarithmic chart)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Transport. Wyniki działalności w 2015, 2016 oraz Transport – wyniki działalności w 2004, 2005*

Ostatnią ważną zmianą było wejście w życie *Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym* (2010). Ustawa normuje wszelkie rodzaje krajowego transportu publicznego, nie tylko autobusowego. Kluczowe było wprowadzenie pojęć organizatora przewozów i przewozu o charakterze użyteczności publicznej. **Organizatorem publicznego transportu zbiorowego** jest

Tabela 4.1. Organizatorzy transportu publicznego w Polsce

Jednostka samorządu terytorialnego	Organizator	Wykonawca zadań organizatora	Rodzaj przewozów	Zasięg geograficzny	Uwagi
Gmina	Gmina	Wójt (burmistrz, prezydent miasta)	Gminne przewozy pasażerskie	Właściwa gmina	
Gmina	Gmina, której powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między gminami	Wójt (burmistrz, prezydent miasta)	Gminne przewozy pasażerskie	Obszar gmin, które zawarły porozumienie	
Gmina	Związek międzygminny	Zarząd związku międzygminnego	Gminne przewozy pasażerskie	Obszar gmin tworzących związek międzygminny	
Powiat	Powiat	Starosta (prezydent miasta na prawach powiatu)	Powiatowe przewozy pasażerskie	Właściwy powiat	
Powiat	Powiat, któremu powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między powiatami	Starosta (prezydent miasta na prawach powiatu)	Powiatowe przewozy pasażerskie	Obszar powiatów, które zawarły porozumienie	
Powiat	Związek powiatów	Zarząd związku powiatów	Powiatowe przewozy pasażerskie	Obszar powiatów, tworzących związek powiatów	
Powiat + gmina	Związek powiatowo – gminny	Zarząd związku powiatowo-gminnego	Powiatowo-gminne przewozy pasażerskie	Obszar powiatów i gmin tworzących związek powiatowo-gminny	
Powiat + gmina	Związek metropolitalny	Zarząd związku metropolitalnego	Metropolitalne przewozy pasażerskie	Obszar związku metropolitalnego	Brak związków metropolitalnych
Województwo	Województwo	Marszałek województwa	Wojewódzkie przewozy pasażerskie	Województwo	
Województwo	Województwo, właściwe ze względu na najdłuższy odcinek planowanego przebiegu linii komunikacyjnej, w uzgodnieniu z sąsiednimi województwami	Marszałek województwa	Między-wojewódzkie przewozy pasażerskie	Województwa sąsiednie	Dotyczy także połączeń pomiędzy kilkoma województwami np.: Ustka – Zakopane
Województwo	Województwo, któremu powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między województwami	Marszałek województwa	Wojewódzkie przewozy pasażerskie	Obszar województw, które zawarły porozumienie	
Kraj	Minister właściwy ds. transportu	Minister właściwy ds. transportu	Międzywojewódzkie i międzynarodowe przewozy pasażerskie w transporcie kolejowym	Cały kraj	

Źródło: opracowanie własne na podst. *Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym* (2010)

właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze (tab. 4.1). W tym miejscu należy zwrócić uwagę na dwa aspekty: historyczny i współczesny. Do 1989 roku organizacja transportu publicznego była zadaniem państwa, którą faktycznie realizowały wspomniane oddziały PKS a w większych miastach – zakłady komunikacji miejskiej. Wejście w życie *Ustawy o samorządzie gminnym* (1990) organizację transportu lokalnego wskazało jako zadanie własne gmin. Pojawiły się zatem dwie istotne luki prawne: pierwsza oznaczała pominięcie transportu ponadgminnego, co oznaczało *de facto* pominięcie całego transportu publicznego w gminach wiejskich oraz przewozów regionalnych i dalekobieżnych. Z kolei brak przymusu wobec gmin spowodował ograniczenie komunikacji gminnej jedynie do komunikacji miejskiej w miastach, które tę formę komunikacji posiadały przed 1990 rokiem a i to nie zawsze. Od roku 1990, w wyniku nie zadeklarowanej, ale faktycznie realizowanej deregulacji nie było zatem formalnego organizatora transportu publicznego. W rzeczywistości polski model deregulacji był bardziej liberalny od modelu brytyjskiego, z wyjątkiem komunikacji miejskiej.

Ścisłe powiązanie organizatora transportu z jednostkami samorządu terytorialnego (i ich porozumieniami lub związkami) spowodowało powołanie 12 szczebli organizatorów transportu publicznego (tab. 4.1), a uwzględniając różnego rodzaju związki komunalne liczbę organizatorów w Polsce można oszacować na około 3 000 podmiotów. Tak duża liczba organizatorów nie może poprawnie planować, organizować i zarządzać publicznym transportem zbiorowym. Część spośród organizatorów nie ma zresztą racji bytu: po co na przykład organizatorami są małe gminy wiejskie, skoro komunikacja jest ściśle powiązana z hierarchią osadniczą i w tym przypadku organizatorami powinny być co najmniej powiaty. Innym problemem są właściwości przestrzenne organizatorów, które niejednokrotnie się pokrywają (np.: gmina i związek międzygminny). Co prawda ustawa wskazuje, że w przypadku kolizji dwóch właściwości ważniejsze są związki i porozumienia gminne lub powiatowe, ale wyjaśnia to tylko niektóre sprzeczności (Klatka 2015a).

Przewozem o charakterze użyteczności publicznej jest powszechnie dostępna usługa w zakresie publicznego transportu zbiorowego wykonywana przez operatora publicznego transportu zbiorowego w celu bieżącego i nieprzerwanego zaspokajania potrzeb przewozowych społeczności na danym obszarze (*Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym*, 2010). Jest to usługa, której przedsiębiorca nie podjąłby się na zasadach komercyjnych – musi ją organizować i finansować organizator publicznego transportu zbiorowego. Co więcej, większość prawników uważa, że organizator będzie mógł organizować i finansować wyłącznie przewozy o charakterze użyteczności publicznej, czyli, inaczej mówiąc nie może organizować przewozów na trasach obsługiwanych przez przewoźników komercyjnych (Klatka 2015b). Z drugiej strony,

równie powszechny jest pogląd, że stosowanie ustawy w obecnej postaci zlikwiduje całkowicie transport realizowany na zasadach komercyjnych. Pogląd ten wynika z faktu, że po całkowitym wejściu w życie ustawy (co miało nastąpić z dniem 1.01.2017, obecnie termin został przesunięty na 1.01.2018) rekompensaty przysługujące przewoźnikom z tytułu honorowania ulg ustawowych będą ograniczone wyłącznie do przewozów o charakterze użyteczności publicznej (Szymaniak 2013). W konsekwencji obecnie działający przewoźnicy komercyjni starają się nie dopuścić do powstawania linii o charakterze użyteczności publicznej. Przykładowym efektem tego były kłopoty w organizowaniu komunikacji miejskiej w Zakopanem w roku 2015, gdzie samorząd musiał wykazać w procesie sądowym nierentowność i niewystarczającą obsługę mieszkańców i turystów przez istniejące linie komunikacyjne, aby uruchomić komunikację miejską – co pozwoliło uruchomić linię miejską do Olczy, ale już nie do Kuźnic.

Przewozy o charakterze użyteczności publicznej muszą być wskazane w planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego, który powinien opracować organizator transportu publicznego, na którego terytorium mieszka odpowiednia liczba mieszkańców (tab. 4.2). Z uchwalania planu transportowego mogą być wyłączone związki i porozumienia powiatowe liczące mniej niż 120 tys. mieszkańców, powiaty oraz związki i porozumienia międzygminne poniżej 80 tys. mieszkańców oraz gminy mniejsze niż 50 tys. mieszkańców. W pozostałych przypadkach przewozy o charakterze użyteczności publicznej nie wymagają wskazania w planie transportowym.

Tabela 4.2. Obowiązek przygotowania planu transportowego

Liczba ludności	Rząd/samorząd	Porozumienie	Związek
zawsze	kraj, województwo, związek metropolitalny		
>120 tys.		międzypowiatowe	powiatowy
> 80 tys.	powiat	międzygminne	międzygminny, powiatowo – gminny
> 50 tys.	gmina		

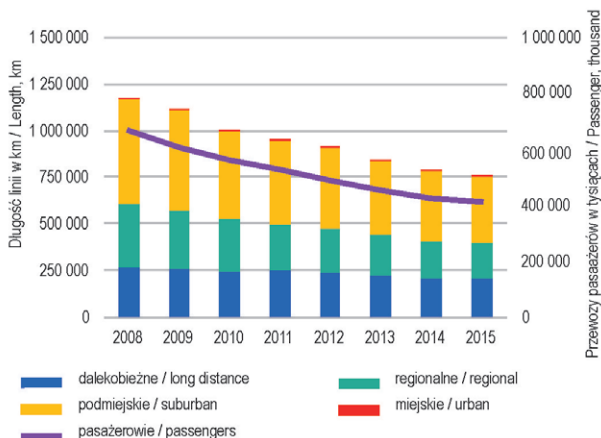
Źródło: opracowanie własne na podst. *Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym* (2010)

Ustawa o transporcie publicznym miała także znieść (co miało nastąpić z dniem 1.01.2017, obecnie termin został przesunięty na 1.01.2018) zezwolenia na wykonywanie przewozów. Zastąpić je miało zgłoszenie o zamiarze wykonywania takiego przewozu do organizatora właściwego ze względu na obszar lub zasięg przewozów i wydaniu przez niego potwierdzenia zgłoszenia przewozu.

Tabela 4.3. Przewozy pasażerów transportem autobusowym międzymiastowym w 2015 r.

		Pasażerowie		Pasażerokilometry		
		w tys.	udziały w %	w tys.	udziały w %	
Razem		416 774	100	21 569 967	100	
w tym w komunikacji międzynarodowej		3 900	0,9	6 023 644	27,9	
Komunikacja regularna	razem	347 777	83,4	15 343 039	71,1	
	przewozy z biletami jednorazowymi	151 597	36,4	10 741 105	49,8	
	przewozy z biletami miesięcznymi	razem	196 180	47	4 601 934	21,3
		pracowniczymi	27 279	6,5	815 164	3,8
szkolnymi		168 901	40,5	3 786 770	17,5	
Komunikacja regularna specjalna		52 420	12,6	1 572 069	7,3	
Przewozy pozostałe		16 577	4	4 654 139	21,6	

Źródło: opracowanie własne na podst. *Transport. Wyniki działalności w 2015*, GUS Warszawa, 2016



Ryc. 4.2. Długości linii oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej

Fig. 4.2. Length of lines and passenger transport using national regular bus transportation lines

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Transport. Wyniki działalności w 2015*, 2016; *Transport. Wyniki działalności w 2014*, 2015; *Transport. Wyniki działalności w 2013*, 2014; *Transport. Wyniki działalności w 2012*, 2013; *Transport. Wyniki działalności w 2011*, 2012; *Transport – wyniki działalności w 2010*, 2011; *Transport – wyniki działalności w 2009*, 2010; *Transport – wyniki działalności w 2008*, 2009

W 2015 roku przewozy pasażerów transportem autobusowym międzymiastowym wyniosły nieco ponad 416 tysięcy, z czego 83% dotyczyło

komunikacji regularnej (tab. 4.3). Aż 40% stanowiły przewozy z biletami miesięcznymi szkolnymi, a więc przede wszystkim dojazd do szkół. Niewielka średnia odległość tych przewozów (22 km) sugeruje, że odbywały się one w ramach komunikacji lokalnej – w nomenklaturze GUS – podmiejskiej. W latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w Polsce (o ponad 37% – por. ryc. 4.2). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 35%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 66%) i regionalnym (o 43%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała właśnie komunikacja dalekobieżna (tylko o 23%). Trasy o charakterze miejskim stanowią niewielki margines co oznacza, że niewielkie w istocie zmiany mogą dawać dużą dynamikę. Dokładna analiza pozwala także zauważyć, że zmiany często są powiązane z przejmowaniem (lub tracenia) w wyniku przetargu tras klasycznej komunikacji miejskiej (organizowanej przez gminy), np.: w Elblągu czy w Bydgoszczy. Kłopot w tym, że powinny być w takim razie wykazywane w statystyce długości tras komunikacji miejskiej, a nie komunikacji regularnej o charakterze komunikacji miejskiej.

Według danych zgromadzonych na potrzeby badania (dane z 16 urzędów marszałkowskich, tab. 4.4) w Polsce udzielono ponad 8000 zezwoleń na prowadzenie komunikacji międzypowiatowej – wojewódzkiej z których ponad 1/4 dotyczyła powiązań międzywojewódzkich, przekraczających granice województw. Przewozy realizowało ponad 1,5 tysiąca przewoźników, w większości mikro i małych przedsiębiorstw. 1/5 przewoźników realizuje zaledwie po niecałe 2 kursy wyłącznie w dni robocze. Mali przewoźnicy są niewątpliwie bardziej elastyczni, ale jednocześnie dźwigają wyższe koszty stałe i mają utrudnione możliwości reakcji w przypadku awarii lub zdarzeń losowych, co wpływa na pewność usługi. W dzień roboczy w Polsce międzypowiatowa komunikacja autobusowa realizuje około 58 tys. kursów (tab. 4.4). W dni wolne liczba ta zmniejsza się o około połowę – zmniejszenie to dotyczy przede wszystkim komunikacji regionalnej i lokalnej.

Tabela 4.4. Podstawowe charakterystyki regularnej komunikacji autobusowej w Polsce w 2015 r.

LP	Wskaźnik – informacja	Wartość
1	Liczba zezwoleń z bazy Urzędów Marszałkowskich 16 województw W tym wychodzące poza województwa	8145 2166
2	Liczba przewoźników W tym:	1539
	obsługujących 1 linię	840
	obsługujących 2 linię	302
	obsługujących 3–5 linii	203
	obsługujących 6–10 linii	62
	obsługujących >10 linii	132

LP	Wskaźnik – informacja	Wartość
3	Średnia liczba zezwoleń na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=1629) dla 20% największych przewoźników (n=1629) dla 20 największych przewoźników	5,3 1,00 112,55 133,30
4	Liczba obsługiwanych kursów w dni robocze (pn.-pt.) W tym wychodzące poza województwo	57 788,44 10 264,94
5	Liczba obsługiwanych kursów w dni wolne (sb.-nd.) W tym wychodzące poza województwo	29 669,10 6 420,50
6	Średnia liczba kursów w dzień roboczy na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=1629) dla 20% największych przewoźników (n=1629) dla 20 największych przewoźników	37,54 1,96 376,18 463,42
7	Średnia liczba kursów w dzień wolny na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=1629) dla 20% największych przewoźników (n=1629) dla 20 największych przewoźników	19,26 0 148,18 180,80
8	Średnia liczba kursów w tygodniu na przewoźnika	18,77

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zebranych od Urzędów Marszałkowskich

4.2. SIEĆ POŁĄCZEŃ DALEKOBIEŻNYCH

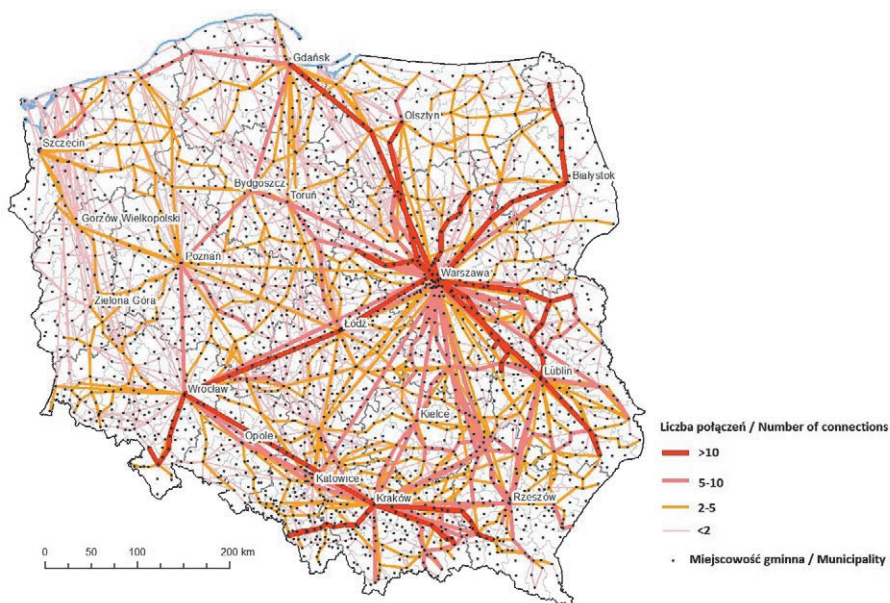
Nie ma jednolitej definicji przewozów dalekobieżnych. Niewątpliwie musi to być przewóz na większą odległość. Przykładowo Piskozub (1975) jako granicę przewozów dalekobieżnych przyjmował 150 km, z kolei Kozanecka (1980) – 70 km. Nieco inaczej strukturyzuje linie komunikacyjne Główny Urząd Statystyczny. Dzieli on linie regularnej komunikacji autobusowej na:

- linie miejskie, tj. linie w obrębie miast z ewentualnym przekroczeniem granic miasta do najbliższej strefy ciężenia o długości od 5 do 10 km;
- linie podmiejskie, tj. linie w granicach 50–60 km łączące osiedla wiejskie z ośrodkami gminnymi, powiatowymi i wojewódzkimi;
- linie regionalne, tj. linie w granicach powyżej 50–60 km do 160 km obejmujące obszar kilku stycznych województw, łączące ośrodki gminne i mniejsze miasta z ważniejszymi ośrodkami miejsko-przemysłowymi regionu;
- linie dalekobieżne, tj. linie powyżej 160 km obejmujące swym zasięgiem obszar dwóch lub więcej regionów, łączące miasta wojewódzkie oraz

ważniejsze ośrodki przemysłowe, kulturalne i turystyczno-uzdrowiskowe z dużymi aglomeracjami miejsko-przemysłowymi kraju;

- linie międzynarodowe, tj. linie wybiegające poza granice państwa (*Transport – wyniki działalności w 2015 r.*, 2016).

W typologii GUS można zauważyć zatem dwa rodzaje połączeń, które moglibyśmy nazwać dalekobieżnymi: linie dalekobieżne (właściwe) które wyróżniają się długością, ale także obsługą co najmniej dwóch regionów oraz linie regionalne o długości pomiędzy 50 a 160 km. Obecnie w praktyce funkcjonowania przewoźników granicą stała się odległość 50 km ze względu na przepisy dotyczące czasu pracy kierowców i sposobów ich dokumentowania (m.in. brak obowiązku posiadania tachografu przy trasach do 50 km). Warto także zwrócić uwagę, że termin „przewozy dalekobieżne” rzadko jest odnoszony do rodzaju przewozu (zwykłe, pośpieszne, ekspresowe), a w obecnym stanie prawnym nie ma żadnego związku pomiędzy tymi terminami. Z kolei w *Ustawie o publicznym transporcie zbiorowym* (2010) pojawiły się terminy odnoszące się nie do organizacyjno-technologicznej sfery działalności transportowej, lecz do organu wydającego zezwolenie (lub organizatora transportu). W tym kontekście należy zauważyć, że przewozy dalekobieżne obejmują część przewozów międzywojewódzkich oraz wojewódzkich.



Ryc. 4.3. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych dalekobieżnych (o długości > 100 km)

Fig. 4.3. National network of long-distance regular bus transportation lines (lines' length > 100 km)

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto wartość 100 km (por. definicja podróży długich; Rosik, Kowalczyk 2015), co w warunkach polskich ogranicza przewozy dalekobieżne przede wszystkim do przewozów międzywojewódzkich. Prezentowana mapa (ryc. 4.3) przedstawia uproszczony schemat połączeń dalekobieżnych oraz ich natężenie.

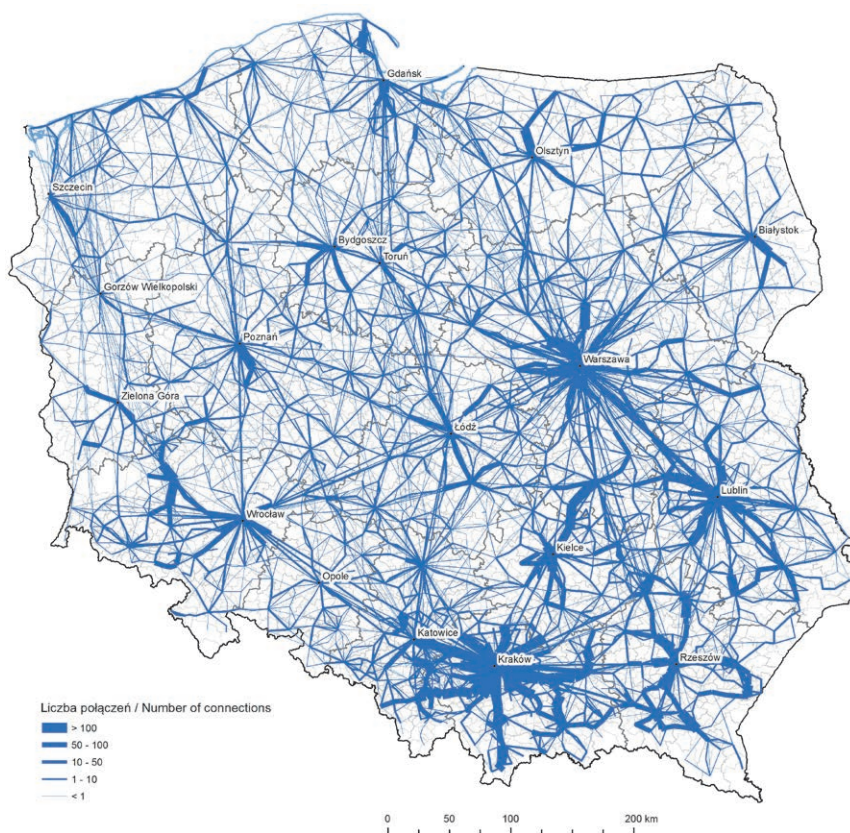
Pod względem liczby połączeń dalekobieżnych można wskazać w Polsce dwie główne struktury. Jedną tworzy Warszawa mająca bardzo silne powiązania z większością miast regionalnych a także dużych i średnich w Polsce północno-wschodniej, wschodniej i południowej. Relatywnie słabsze powiązania stolicy z Poznaniem częściowo tłumaczy konkurencja kolei. Generalnie słabe powiązania z miastami zachodniej Polski są także prawdopodobnie odzwierciedleniem większej odległości do nich. Drugi wyraźny układ stanowią miasta Polski południowej (Rzeszów–Kraków–Katowice–Wrocław) tworzące wyraźne poprzeczne i konkurencyjne w stosunku do Warszawy powiązanie. Połączenie to można rozciągnąć w kierunku północno-wschodnim (do Lublina) a także (choć znacznie mniej wyraźne) w kierunku północnym z Wrocławia przez Poznań i Bydgoszcz do Gdańska. Interesujące, że mapa wskazuje na dość duży stopień izolacji stolic województw zachodniej Polski – Zielonej Góry, Gorzowa Wielkopolskiego, a przede wszystkim Szczecina. Szczecin posiada słabe powiązania nie tylko z Poznaniem czy Gorzowem, ale nawet Koszalinem. Tylko częściowo można to wytłumaczyć dobrym rozwojem powiązań kolejowych i lotniczych. Podobnie odizolowany jest Białystok, któremu brakuje powiązań z miastami regionalnymi (nawet sąsiednimi jak Olsztyn, a zwłaszcza Lublin) – oprócz rzecz jasna silnych powiązań z Warszawą.

Wyraźnie widać dominującą rolę miast wojewódzkich. Największymi węzłami autobusowej komunikacji dalekobieżnej są: Warszawa, Kraków i Wrocław, a także Lublin. Relatywnie bardzo małymi węzłami są natomiast Poznań, Szczecin, Zielona Góra i Gorzów Wielkopolski. Większa (niż wynikająca z liczby ludności) rola Lublina, przy słabym znaczeniu Poznania, pozwala uchwycić kolejną ważną zależność. Jest nią dość wyraźna ujemna zależność z przewozami kolejowymi. Widać ją zresztą zarówno w makroskali (Polska południowo-wschodnia vs Polska zachodnia) jak i w pojedynczych przypadkach w mikroskali np.: trasa Poznań–Śrem, Kraków–Zakopane, Gdynia–Władysławowo.

4.3. SIEĆ POZOSTAŁYCH POŁĄCZEŃ MIĘDZYPOWIATOWYCH

Analizując szczegółową mapę wszystkich połączeń międzypowiatowych (ryc. 4.4) można zauważyć szereg interesujących zjawisk. Niewątpliwie można

powtórzyć tezę o ujemnej korelacji z dostępnością transportu kolejowego. Istnieje także, choć trudniej zauważalna zależność z gęstością zaludnienia. Oba te czynniki powodują, że transport autobusowy jest najsilniej rozwinięty w Polsce środkowej i południowo-wschodniej, a najsłabiej na peryferiach północno-wschodnich i północno-zachodnich. Bardzo ciekawe zróżnicowanie wielkości węzłów można zauważyć w przypadku ośrodków subregionalnych (ryc. 4.4, 4.5). Z jednej strony mamy relatywnie duże węzły jak przykładowo Koszalin (co akurat można wytłumaczyć jego rolą byłego miasta wojewódzkiego i nieformalnej stolicy regionu środkowo-pomorskiego), Piłę (co już trudniej wytłumaczyć, zwłaszcza wobec faktu bycia znaczącym węzłem kolejowym), Piotrków Trybunalski (o skali porównywalnej do Łodzi), Bielsko-Białą, Częstochowę i Zamość. Z drugiej strony niezwykle słaba jest rola węzłów takich jak na przykład Kalisz i Konin.

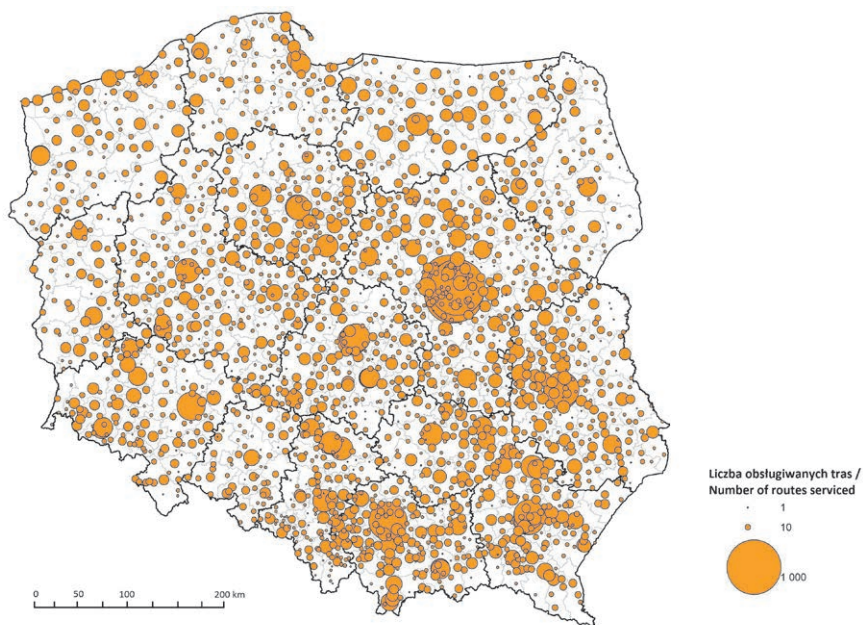


Ryc. 4.4. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych (w przewozach krajowych i wojewódzkich)

Fig. 4.4. National network of regular inter-county bus transportation lines (in national and voivodship transport)

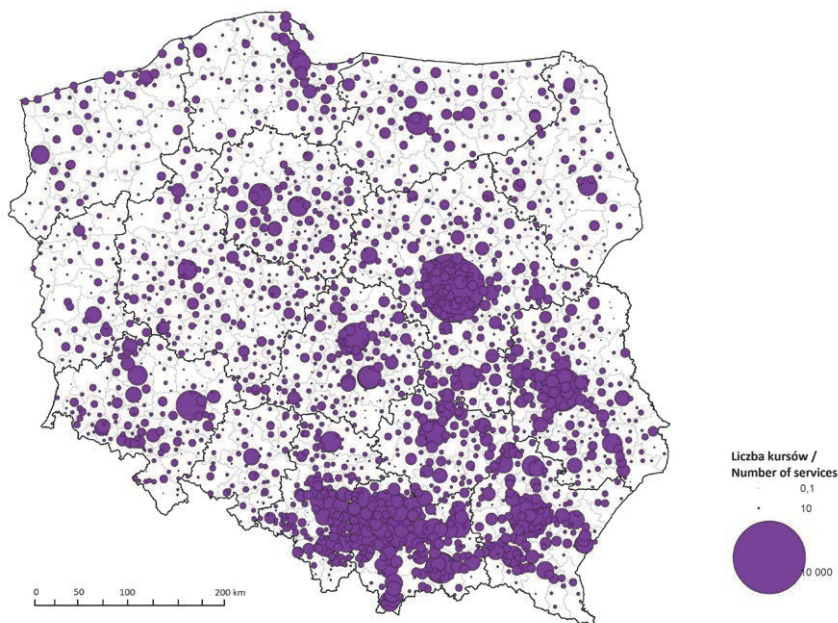
Bardzo wyraźnie wyodrębniają się węzły składające się z sąsiadujących ze sobą miast średnich. Najwyraźniejszym przykładem jest zespół miast Zagłębia Miedziowego: Legnica–Lubin–Polkowice (które są połączone *de facto* komunikacją miejską w rozumieniu nie statystycznym, ale *Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym*), ale można wskazać także przykład Tarnobrzegu i Sandomierza. Większe znaczenie miast średnich znajdujących się w sąsiedztwie innych tego typu miast wynika prawdopodobnie z faktu, że popyt na usługi transportowe wzrasta nieliniowo wraz ze wzrostem liczby mieszkańców w miejscowości (lub gęstości zaludnienia w obszarze). Można to zauważyć nawet na poziomie odizolowanych par mniejszych miast powiatowych, jak np.: Żary–Żagań, Człuchów–Chojnice lub Malbork–Sztum.

Pominiętym aspektem jest zdolność przewozowa środków transportu. Komunikację międzypowiatową obsługują zarówno pojazdy komunikacji miejskiej jak i drobne firmy przewozowe. Przykładowo linię Kraków–Olkusz obsługuje kilkunastu przewoźników, uzyskując natężenie ruchu rzędu 9 pojazdów na godzinę ale jest to zaledwie ok. 200 osób. Liczba ta jest porównywalna z linią miejską obsługiwaną autobusem standardowym 12 m z częstotliwością 2 kursy na godzinę.



Ryc. 4.5. Wielkość węzłów międzypowiatowego transportu autobusowego według liczby obsługiwanych tras

Fig. 4.5. Nodes' magnitude for inter-county bus transportation by number of routes serviced

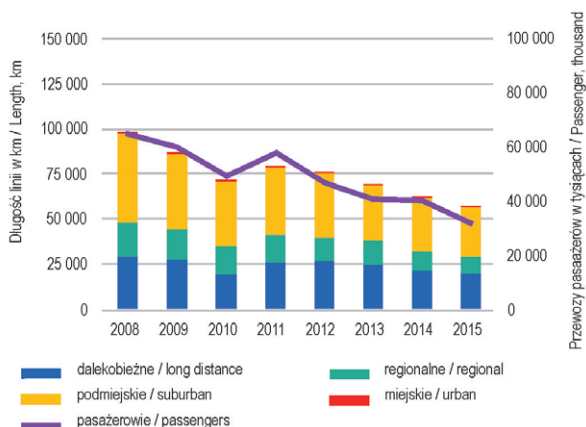


Ryc. 4.6. Wielkość węzłów międzypowiatowego transportu autobusowego według liczby kursów

Fig. 4.6. Nodes' magnitude for inter-county bus transportation by number of services

Bardziej szczegółową analizę można przeprowadzić na poziomie wojewódzkim, choć tu trzeba już uwzględnić niedoskonałości zebranych materiałów. Problem został szerzej opisany w podrozdziale 4.4. Przede wszystkim dane dotyczące linii pozyskane od marszałka województwa dotyczą nie wszystkich linii przebiegających przez dane województwo, ale tych, które otrzymały w nim zezwolenie. Zatem mapy przedstawiające sieć autobusową na poziomie poszczególnych województw należy rozpatrywać łącznie, aby uniknąć pomyłek.

W województwie dolnośląskim w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o ponad 50% – por. ryc. 4.7). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 42%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 79%) i regionalnym (o 50%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 31%).

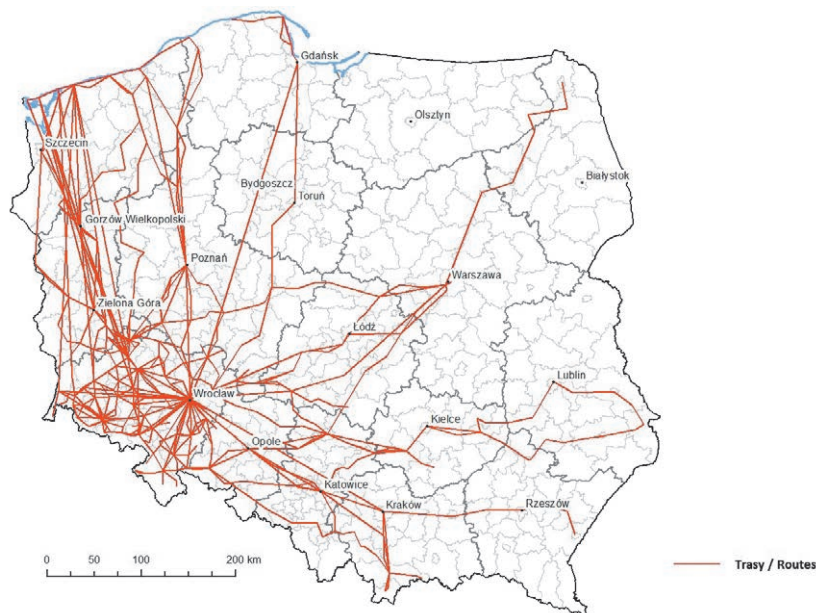


Ryc. 4.7. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie dolnośląskim

Fig. 4.7. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Dolnośląskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

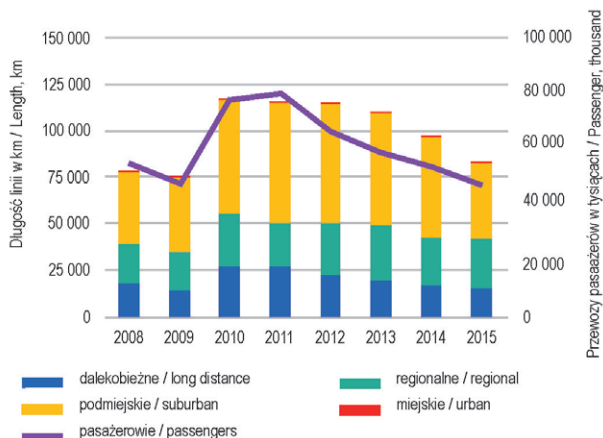
Sieć powiązań województwa dolnośląskiego (ryc. 4.8) ogniskuje się wokół Wrocławia i miast subregionalnych (Legnica wraz z miastami Zagłębia Miedziowego oraz Wałbrzych i Jelenia Góra). Węzeł wałbrzyski ma o tyle mniejsze znaczenie, że dysponuje mniejszą liczbą kursów. Mniejszymi węzłami są pozostałe miasta powiatowe. W komunikacji międzywojewódzkiej silniejsze powiązania występują z województwami wielkopolskim i lubuskim a także z miejscowościami nadmorskimi województwa zachodniopomorskiego. Sam Wrocław jest również dość silnie powiązany z Warszawą (słaba konkurencja kolei) oraz w kierunku wschodnim – z Katowicami, Krakowem i Rzeszowem. Tutaj z kolei widać wyraźnie, jak kolej przegrywa konkurencję międzygałęziową wskutek zbudowania autostrady przy jednoczesnym braku sprawnej i szybkiej infrastruktury szynowej.



Ryc. 4.8. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa dolnośląskiego

Fig. 4.8. National network of regular inter-county bus transportation originating from Dolnośląskie Voivodship

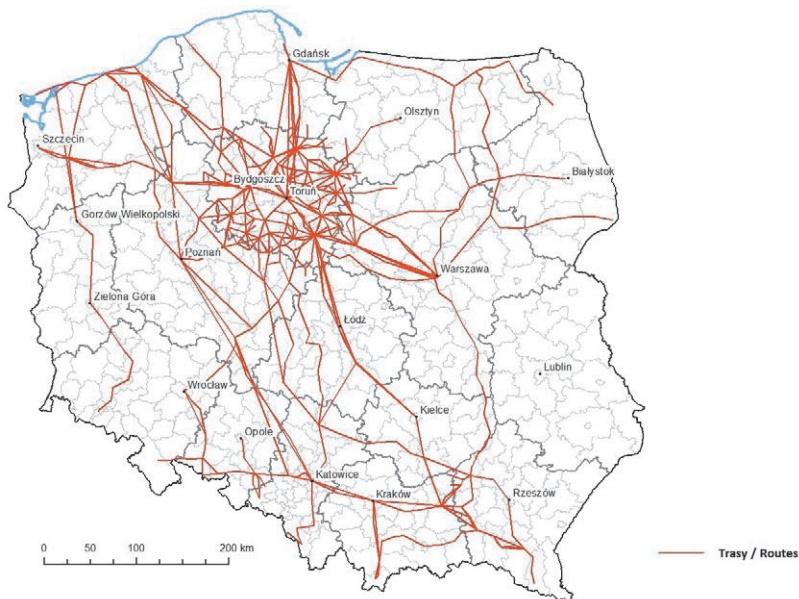
Dane GUS dla **województwa kujawsko-pomorskiego** (ryc. 4.9) mogą być obciążone błędem, gdyż wynika z nich ogromny, ponad 50%-owy wzrost długości tras i przewozów pomiędzy rokiem 2009 i 2010. Dlatego analizę ograniczono do lat 2010–2015, kiedy odnotowano spadek długości linii (o 29%) i spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o prawie 39%). Największy spadek długości tras (o 44%) zanotowała komunikacja dalekobieżna. Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja regionalna (tylko o 3,5%), co było ewenementem w skali całej Polski. Być może ta względnie dobra sytuacja miała związek z konsolidacją w 2012 roku PKS-ów w jedną dużą wojewódzką firmę – Kujawsko-Pomorski Transport Samochodowy S.A. (więcej pisała o tym Laskowska, 2014).



Ryc. 4.9. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie kujawsko-pomorskim

Fig. 4.9. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Kujawsko-Pomorskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

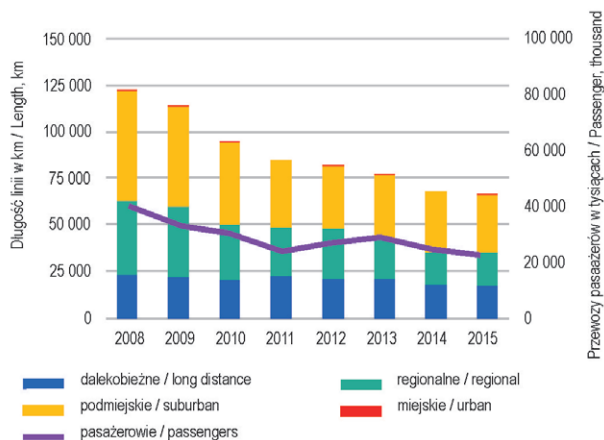


Ryc. 4.10. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa kujawsko-pomorskiego

Fig. 4.10. National network of regular inter-county bus transportation originating from Kujawsko-Pomorskie Voivodship

Sieć komunikacji autobusowej województwa kujawsko-pomorskiego (ryc. 4.10) jest dość równomiernie rozmieszczona. Największymi węzłami są oczywiście Bydgoszcz i Toruń, a nieco mniejszymi Włocławek i Inowrocław, w którym rozpoczyna się również relatywnie dużo kursów (por. ryc. 4.10). Pozostałe miasta powiatowe są już mniejszymi węzłami, co zaskakuje w przypadku prawie 100-tysięcznego Grudziądza, który jest względnie słabo powiązany miastem. Województwo kujawsko-pomorskie cechuje się dość silnymi powiązaniem z Warszawą, oraz z województwem pomorskim i łódzkim, a nieco słabszymi z województwem wielkopolskim i warmińsko-mazurskim. Przechodzą przez nie również liczne linie dalekobieżne łączące środkową i południową Polskę z Wybrzeżem.

W latach 2008–2015 województwo lubelskie zanotowało wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o ponad 42% – por. ryc. 4.11). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 45%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 55%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 25%).



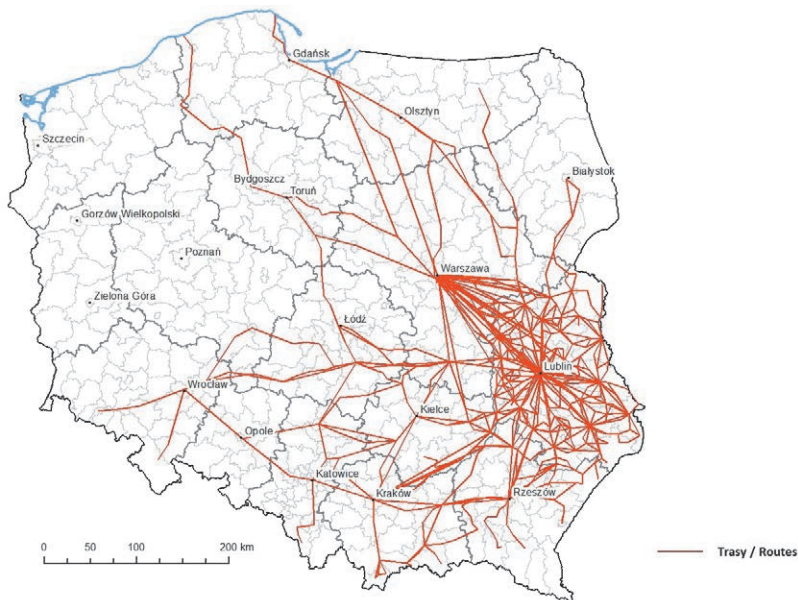
Ryc. 4.11. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie lubelskim

Fig. 4.11. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Lubelskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

Największym węzłem województwa lubelskiego (ryc. 4.12) jest Lublin, ponadto wyróżniają się również Zamość, Chełm oraz Puławy i Biłgoraj a także, co interesujące Międzyrzec Podlaski, który nie jest miastem powiatowym. Lublin jest bardzo silnie powiązany z wyżej wymienionymi miastami oraz najbliższymi miastami powiatowymi. Dużo słabsze są powiązania poprzeczne (omijające stolicę województwa, poza relacją Zamość–Biłgoraj–Frampol.

Charakterystyczną cechą są bardzo silne powiązania z województwem mazowieckim, przede wszystkim w relacjach do Warszawy, ale także lokalnie do Siedlec i Radomia. Dużo słabsze są powiązania w kierunku województw podkarpackiego i świętokrzyskiego.

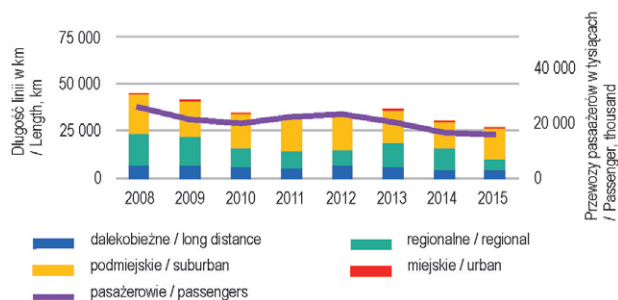


Ryc. 4.12. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa lubelskiego

Fig. 4.12. National network of regular inter-county bus transportation originating from Lubelskie Voivodship

W **województwie lubuskim** w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 37% – por. ryc. 4.13). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 42%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 94%) i regionalnym (o 63%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja podmiejska (tylko o 24%).

Województwo lubuskie jest dość silnie powiązane z sąsiednimi województwami (ryc. 4.14), zwłaszcza z województwem wielkopolskim. Południowa część województwa ma mocne związki z województwem dolnośląskim, a przede wszystkim miastami Zagłębia Miedziowego. Z kolei część północna ciąży ku Szczecinowi. Natomiast względnie słabe są powiązania z pozostałymi województwami. Największymi węzłami województwa lubuskiego są oczywiście Zielona Góra i, nieco mniejszy, Gorzów Wielkopolski.



Ryc. 4.13. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie lubuskim

Fig. 4.13. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Lubuskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

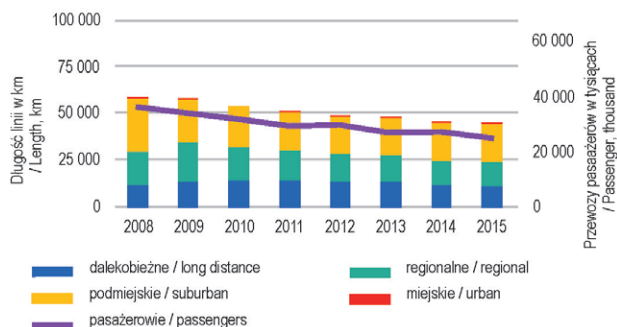


Ryc. 4.14. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa lubuskiego

Fig. 4.14. National network of regular inter-county bus transportation originating from Lubuskie Voivodship

W **województwie łódzkim** w latach 2008–2015 zanotowano mniejszy niż średnio w Polsce spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o ponad 30% – por. ryc. 4.15). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 23%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 32%) i regionalnym (o 31%).

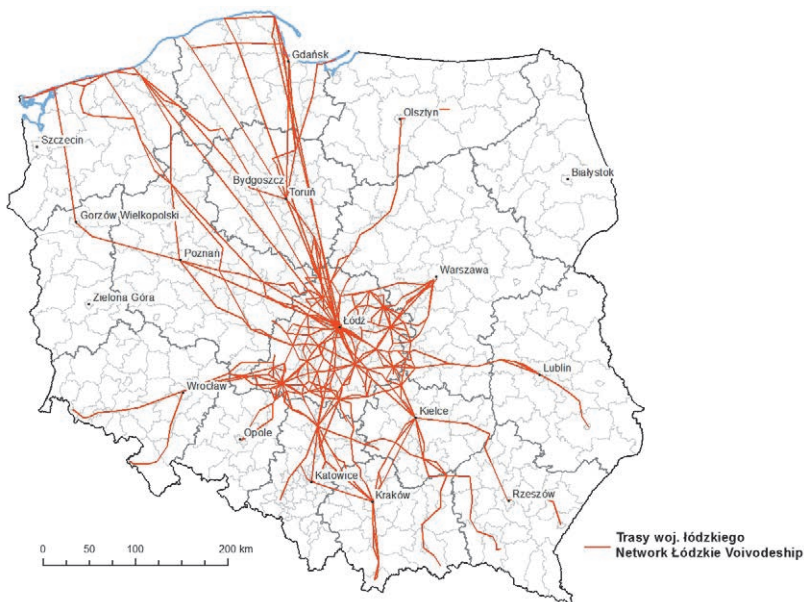
Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (zaledwie o 2%).



Ryc. 4.15. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie łódzkim

Fig. 4.16. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Łódzkie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

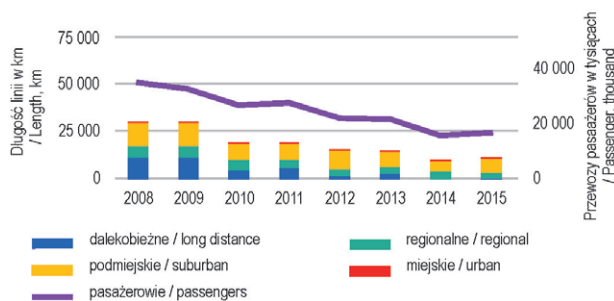


Ryc. 4.16. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa łódzkiego

Fig. 4.16. National network of regular inter-county bus transportation originating from Łódzkie Voivodship

Województwo łódzkie ma dość zrównoważoną sieć międzypowiatowego transportu autobusowego (ryc. 4.16). Dość silne są powiązania z przygranicznymi obszarami sąsiednich województw, zwłaszcza wielkopolskiego i, w północnej części, kujawsko-pomorskiego i mazowieckiego. Zdecydowanie największym węzłem regionu jest Łódź, ale dużym węzłem komunikacji autobusowej jest również Piotrków Trybunalski. Pozostałe miasta powiatowe są średnimi węzłami. Dostępność miast województwa łódzkiego jest uzależniona przede wszystkim od ich wielkości oraz położenia względem centrum regionu i głównych osi drogowych (Wiśniewski 2015).

W województwie małopolskim w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (50% – por. ryc. 4.17). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 62%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 80%) i dalekobieżnym (o 90%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja podmiejska (o 41%). Należy zaznaczyć, że zmiany tych wskaźników są z całą pewnością przeszacowane. Wynikają one bowiem z upadku prawie wszystkich PKS-ów w Małopolsce i przejściu pracy przewozowej często przez małe lub mikroprzedsiębiorstwa. Co więcej zaobserwowano podziały firm rozwijających się. Grupa kilkunastu linii podmiejskich jest obsługiwana przez przedsiębiorstwa (kilkuosobowe) ze wspólną nazwą i wspólnym adresem, a nazwiska właścicieli sugerują związki rodzinne. Statystycznie jest to jednak kilkanaście firm nieuwzględnianych w statystyce.



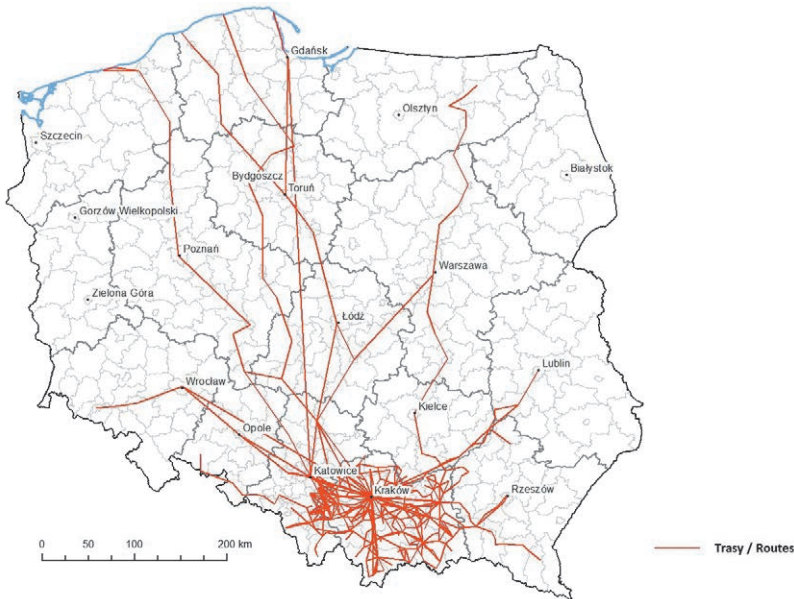
Ryc. 4.17. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie małopolskim

Fig. 4.17. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Małopolskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

Województwo małopolskie cechuje się dużym rozproszeniem rynku usług przewozowych w transporcie zbiorowym na liniach międzypowiatowych wymagających zezwolenia Marszałka Województwa Małopolskiego. Ogółem według bazy Urzędu Marszałkowskiego działa na tym rynku 340 podmiotów

dla których wydano 740 zezwoleń (tab. 4.5). Według zatwierdzonych w zezwoleniach rozkładów jazdy podmioty te realizują ponad 12 tys. kursów w dzień roboczy i 6 760 kursów w dni wolne od pracy. Zdecydowana większość przewoźników to małe podmioty obsługujące 1 linię, ale w stosunku do całej Polski przede wszystkim brakuje przewoźników dużych (pow. 10 linii) – w Małopolsce są to zaledwie 4 firmy (7-krotnie mniej). Województwo małopolskie łączy z sąsiednimi województwami gęsta sieć połączeń – 162 linie przekraczają granicę województwa (ponad 2 tys. kursów – 15% ogółu) – przede wszystkim są to połączenia między Krakowem i miastami powiatów subregionu zachodniego (oświęcimski, chrzanowski, olkuski) z pobliskimi miastami województwa śląskiego. W obrębie województwa małopolskiego zaobserwować można bardzo wyraźną koncentrację połączeń wychodzących z lub do miasta Krakowa, a także szerzej w obrębie KOM (krakowski obszar metropolitalny) na które przypada ponad połowę linii i kursów. Swoją pozycję zaznacza także powiat tatrzański oraz inne górskie obszary o wysokiej atrakcyjności turystycznej, które nie wyróżniają się liczbą kursów a tylko liczbą linii (relacji) często wykraczających poza granice województwa (ryc. 4.18).



Ryc. 4.18. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa małopolskiego

Fig. 4.18. National network of regular inter-county bus transportation originating from Małopolskie Voivodship

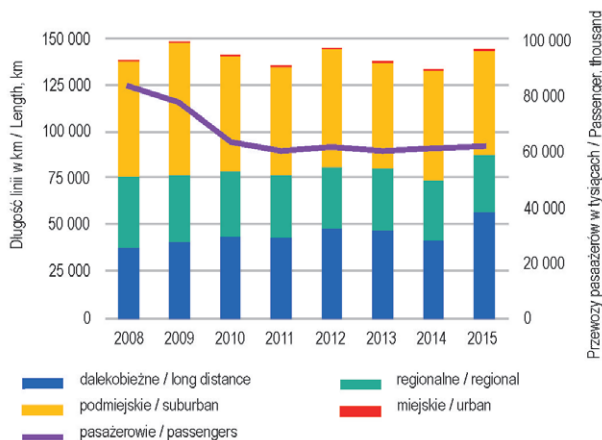
Tabela 4.5. Podstawowe charakterystyki regularnej komunikacji autobusowej w województwie małopolskim w 2015 r.

LP	Wskaźnik – informacja	Wartość	Wartość dla całej Polski (tab. 4.4) = 100%
1	Liczba zezwoleń z bazy Urzędu Marszałkowskiego W tym wychodzące poza województwo	740	9,1%
		162	7,5%
2	Liczba przewoźników W tym: obsługujących 1 linię obsługujących 2 linię obsługujących 3–5 linii obsługujących 6–10 linii obsługujących >10 linii	340	22,1%
		194	23,1%
		63	20,9%
		61	30,0%
		18	29,0%
		4	3,0%
3	Średnia liczba zezwoleń na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=148) dla 20% największych przewoźników (n=148) dla 20 największych przewoźników	2,18	41,2%
		1,00	100,0%
		3,70	2,8%
		9,15	8,1%
4	Liczba obsługiwanych kursów w dni robocze (pn.-pt.) W tym wychodzące poza województwo	12 212	21,1%
		2 053	20,0%
5	Liczba obsługiwanych kursów w dni wolne (sb.-nd.) W tym wychodzące poza województwo	6 760	22,8%
		1 100	17,1%
6	Średnia liczba kursów w dzień roboczy na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=148) dla 20% największych przewoźników (n=148) dla 20 największych przewoźników	35,91	95,7%
		8,23	419,9%
		68,30	14,7%
		179,70	47,8%
7	Średnia liczba kursów w dzień wolny na przewoźnika W tym: dla 20% najmniejszych przewoźników (n=148) dla 20% największych przewoźników (n=148) dla 20 największych przewoźników	6,04	31,4%
		2,40	(dla Polski = 0)
		40,26	22,3%
		113,83	76,8%
8	Średnia liczba kursów w tygodniu na przewoźnika	263,50	1403,8%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zebranych od Urzędów Marszałkowskich

W województwie mazowieckim w latach 2008–2015 zanotowano najmniejszy w Polsce (obok pomorskiego) spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 26% – por. ryc. 4.19). Wzrosła natomiast długość tras (o 4%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 79%) i daleko-bieżnym (o 49%). Spadły długości tras regionalnych i podmiejskich (o 19%

i 9%). Powyższe dane, zbierane metodą przedsiębiorstw, opisują w pierwszym rządzie stan przedsiębiorstw transportowych. Mazowsze jest specyficzne (a dokładniej Warszawa), gdyż jest siedzibą wielu ogólnopolskich firm transportowych, operujących przede wszystkim na rynku dalekobieżnym. Należy domniemywać, że wzrost tras i nikły spadek przewozów częściowo wynikają z przejmowania pasażerów ogólnopolskich (przypadek Polskiego Busa).



Ryc. 4.19. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie mazowieckim

Fig. 4.19. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Mazowieckie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

Sieć transportu autobusowego na Mazowszu koncentruje się wokół Warszawy, która jest absolutnie dominującym węzłem (ryc. 4.20). Najbardziej obciążone relacje łączą stolicę z miastami powiatowymi, zarówno pozbawionymi połączenia kolejowego (przykładowo Pułtuskim, Sokołowem Podlaskim czy Grójcem), jak i mającymi bezpośrednie połączenie kolejowe (na przykład Siedlce czy Sochaczew). Warszawa ma także bardzo silne powiązania ze stolicami i miastami subregionalnymi województw Polski wschodniej (najsilniejsze z Lublinem) a także północnej i południowej, a nieco słabsze z województwami zachodnimi, co wynika prawdopodobnie zarówno z większej odległości jak i mocniejszej roli regionalnej, zwłaszcza Poznań i Wrocławia. Ważnymi węzłami są również Radom (silnym powiązaniem z powiatami byłego województwa radomskiego towarzyszą także mocne relacje z województwami świętokrzyskim i lubelskim) i Siedlce, mające silne powiązania z sąsiednimi powiatami (w tym z województwa lubelskiego). Płock i Ostrołęka są relatywnie słabymi węzłami. Warto także zwrócić uwagę na zróżnicowania siły powiązań z sąsiednimi województwami. Najsilniejsze są one na kierunku południowym i południowo-wschodnim, co wynika nie

tylko z bezpośrednich silnych powiązań Warszawy z Lublinem i Kielcami, ale także wspomnianej silnej pozycji Radomia i Siedlec w układzie regionalnym. Dużo słabsze są powiązania w kierunkach północnym i północno-wschodnim a najslabsze z województwem łódzkim. Widać to zwłaszcza w relacjach Sochaczew–Łowicz (można to wytłumaczyć konkurencją kolei) oraz Grójca i Przysuchy z Opoczmem, Rawą Mazowiecką i Tomaszowem Mazowieckim.



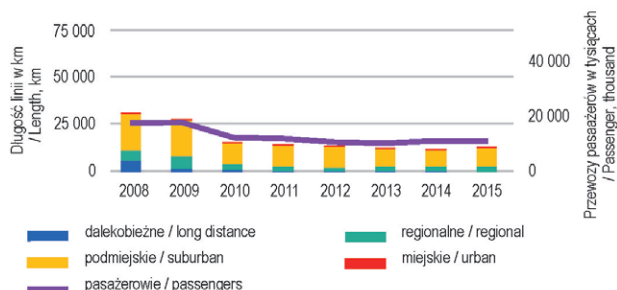
Ryc. 4.20. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa mazowieckiego

Fig. 4.20. National network of regular inter-county bus transportation originating from Mazowieckie Voivodship

W **województwie opolskim** w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 36% – por. ryc. 4.21). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 58%), w tym o charakterze podmiejskim (o 49%) i regionalnym (o 38%). Całkowity zanik tras dalekobieżnych nie oznacza oczywiście likwidacji tego typu połączeń w województwie opolskim, a jedynie likwidację wszystkich tras dalekobieżnych obsługiwanych przez przedsiębiorstwa mające siedzibę w tym województwie. Wynika to z metodyki zbierania danych GUS metodą przedsiębiorstw.

W układzie przestrzennym (ryc. 4.22) województwo opolskie dysponuje stosunkowo zrównoważoną siecią transportu autobusowego, aczkolwiek ze słabą siłą powiązań. Opole jest największym węzłem województwa, ale i tak mniejszym niż przykładowo Częstochowa czy Piotrków Trybunalski.

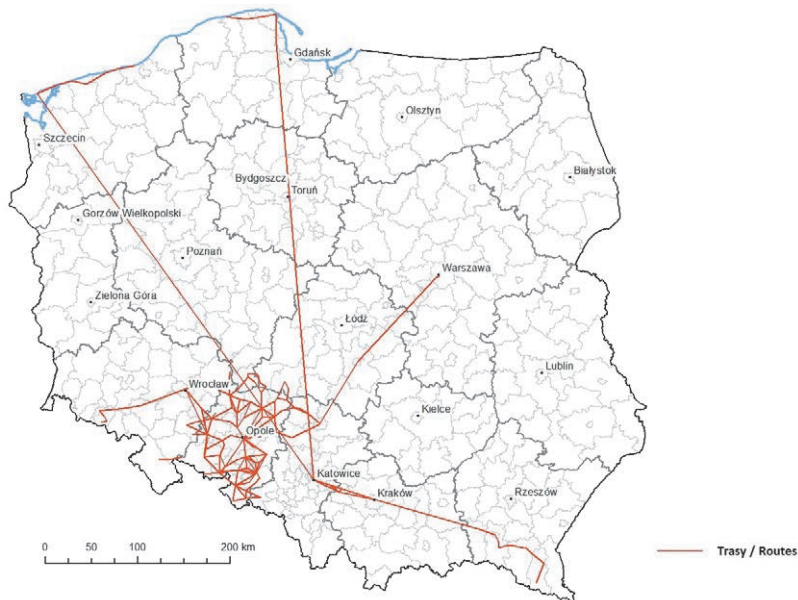
Interesujące, że (prawdopodobnie) z powodu oddalenia od autostrady Opole jest pomijane w większości połączeń Wrocław–Katowice/Kraków. Województwo ma dość słabe powiązania z sąsiadami, najsilniejsze są relacje Opole–Wrocław oraz wschodnich powiatów (Olesno, Kędzierzyn–Koźle) z województwem śląskim.



Ryc. 4.21. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie opolskim

Fig. 4.21. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Opolskie Voivodship

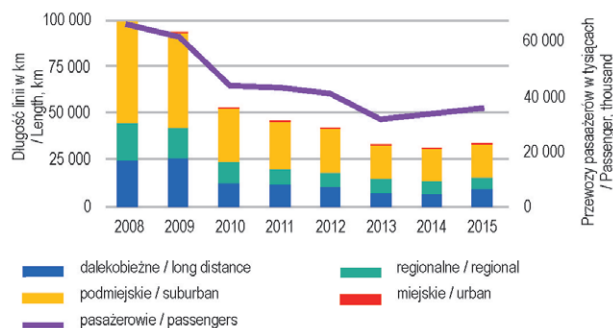
Źródło: jak w ryc. 4.2



Ryc. 4.22. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa opolskiego

Fig. 4.22. National network of regular inter-county bus transportation originating from Opolskie Voivodship

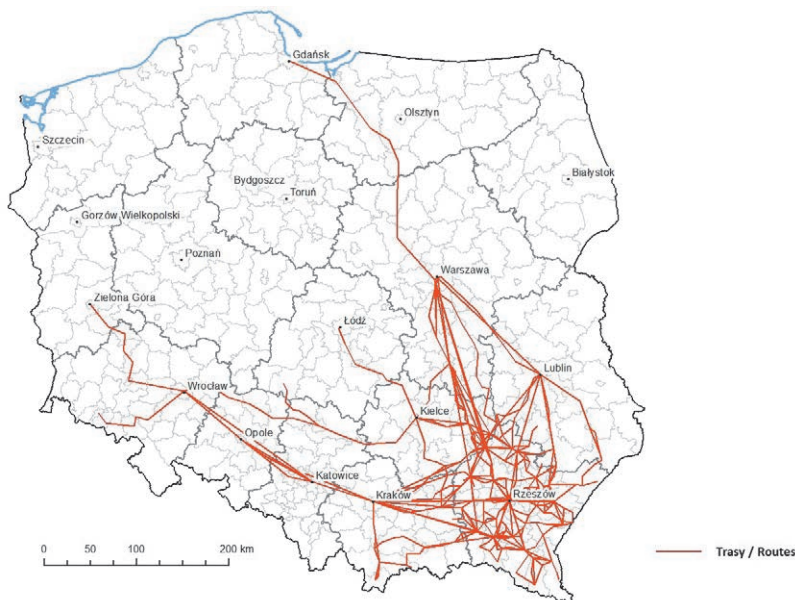
W województwie podkarpackim w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 46% – por. ryc. 4.23). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 66%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 70%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 61%).



Ryc. 4.23. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie podkarpackim

Fig. 4.23. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Podkarpackie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2



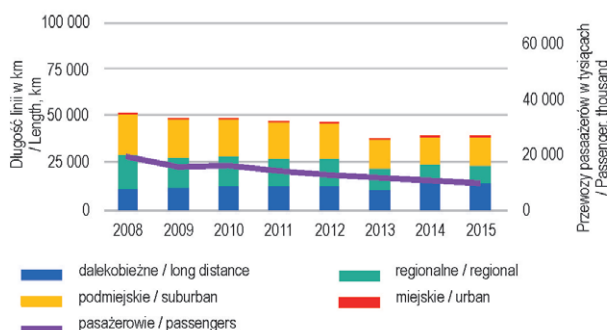
Ryc. 4.24. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa podkarpackiego

Fig. 4.24. National network of regular inter-county bus transportation originating from Podkarpackie Voivodship

Sieć autobusowa województwa podkarpackiego charakteryzuje się bardzo silnymi powiązaniem stolicy województwa z miastami subregionalnymi (Tarnobrzeg, Stalowa Wola, Przemyśl i Krosno) a także z Sanokiem (ryc. 4.24), które są jednocześnie silnymi węzłami komunikacji autobusowej. Bardzo silne są także powiązania pomiędzy miastami w Dołach Jasielsko-Sanockich i dalej na zachód do Gorlic i Nowego Sącza. Relatywnie słabo wyglądają relacje z Rzeszowa w kierunku zachodnim. W powiązaniach dalekobieżnych dominują kierunki do Warszawy oraz Krakowa. Należy także zauważyć, że obserwowane na mapie silniejsze powiązania Dynowa z Przemyślem niż z Rzeszowem wynikają z przyjętej metody, która nie uwzględnia połączeń wewnątrz powiatowych (Rzeszów–Dynów).

W **województwie podlaskim** w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 45% – por. ryc. 4.25). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 25%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 62%) i regionalnym (o 50%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 27%).

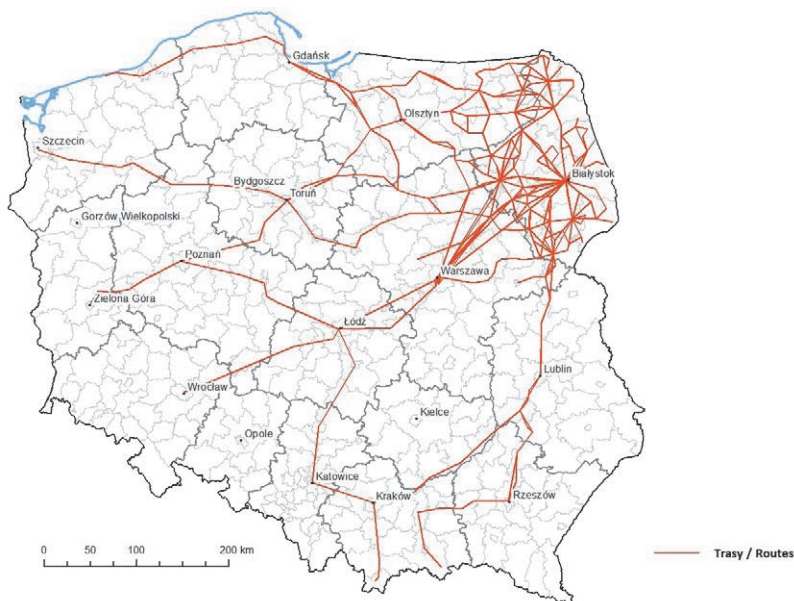
Województwo podlaskie ma bardzo ciekawą, dwudzielną strukturę sieci autobusowej (ryc. 4.26). Dzieli się ona na część środkowo-południową, dla której głównym węzłem jest Białystok, mający najsilniejsze powiązania z sąsiednimi powiatami (Sokółki, Mońki, Bielsk Podlaski) oraz północną, tworzącą się wzdłuż osi Suwałki–Augustów (Ełk)–Grajewo–Łomża–Warszawa. Podział ten podkreślają silniejsze powiązania Grajewa i Łomży z miastami sąsiednich województw (Ełkiem, Ostrołęką i Ostrowią Mazowiecką) niż z Białymstokiem. Dużo słabsze powiązania występują pomiędzy województwem podlaskim i lubelskim. Najważniejszym kierunkiem powiązań dalekobieżnych jest Warszawa.



Ryc. 4.25. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie podlaskim

Fig. 4.25. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Podlaskie Voivodship

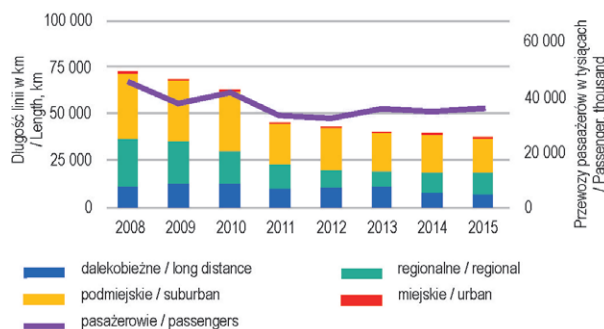
Źródło: jak w ryc. 4.2



Ryc. 4.26. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa podlaskiego

Fig. 4.26. National network of regular inter-county bus transportation originating from Podlaskie Voivodship

W województwie pomorskim w latach 2008–2015 zanotowano najmniej w Polsce spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 22% – por. ryc. 4.27). Towarzyszyły mu jednak spadki długości tras (o 49%), zwłaszcza o charakterze miejskim (o 79%) i regionalnym (o 53%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 38%).

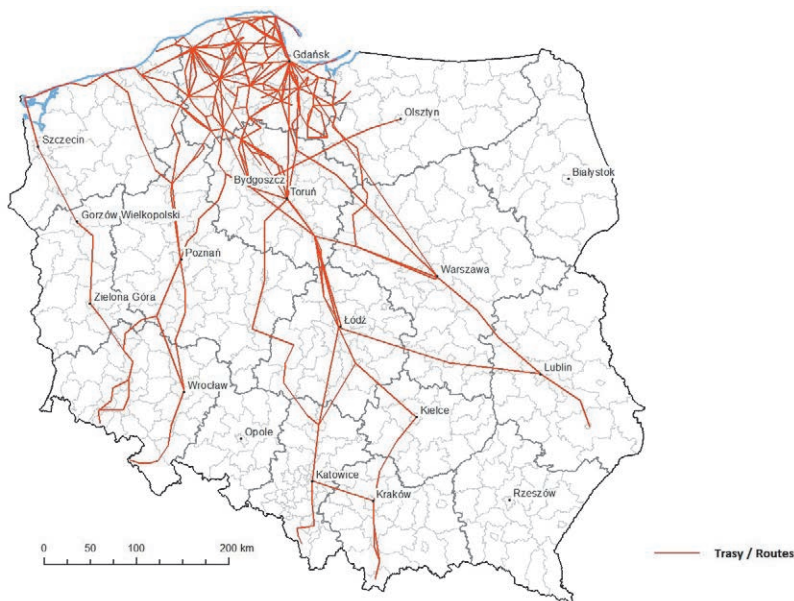


Ryc. 4.27. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie pomorskim

Fig. 4.27. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Pomorskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

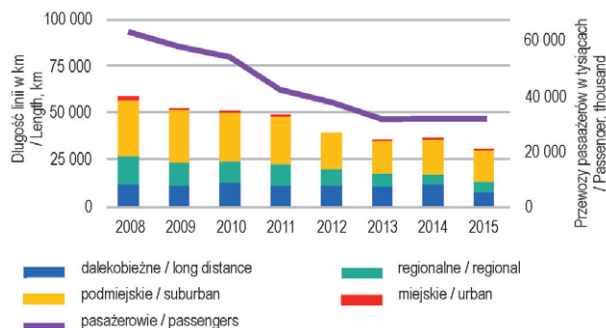
Sieć komunikacji autobusowej województwa pomorskiego zogniskowana jest wokół aglomeracji trójmiejskiej, ze szczególnym znaczeniem osi Elbląg/Tczew/Starogard Gdański–Gdańsk–Gdynia–Puck (ryc. 4.28). Słabsze powiązanie Wejherowa z Gdynią i Tczewa z Malborkiem częściowo można tłumaczyć rolą kolei (zwłaszcza SKM w relacji Gdańsk–Wejherowo). Pozostałe obszary województwa są dość słabo powiązane z centrum regionu. Można wyróżnić odizolowane układy subregionalne: słupski (silniej powiązany z Koszalinem niż z Trójmiastem, chojnicko-człuchowski (silniej powiązany z kujawsko-pomorskim) oraz oś Malbork–Sztum–Kwidzyn (silniejsze relacje z Grudziądzem i Kisielicami w sąsiednich województwach). Województwo pomorskie cechuje się dość silnymi powiązaniem w zakresie komunikacji dalekobieżnej zwłaszcza w województwach Polski środkowej i wschodniej. Bardzo rozwinęła się komunikacja autobusowa pomiędzy Gdańskiem a Warszawą.



Ryc. 4.28. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa pomorskiego

Fig. 4.28. National network of regular inter-county bus transportation originating from Pomorskie Voivodship

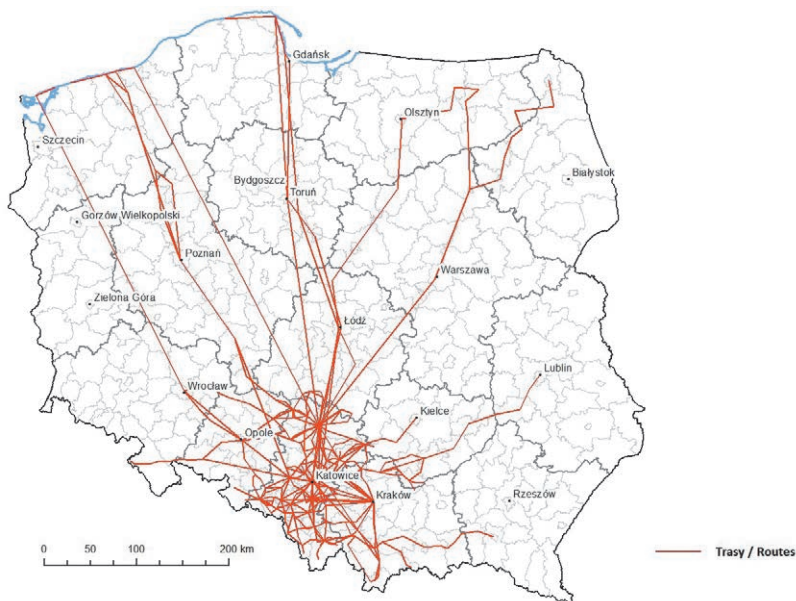
W **województwie śląskim** w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o blisko 50% – por. ryc. 4.29). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 50%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 75%) i podmiejskim (o 65%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 48%).



Ryc. 4.29. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie śląskim

Fig. 4.29. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Śląskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2



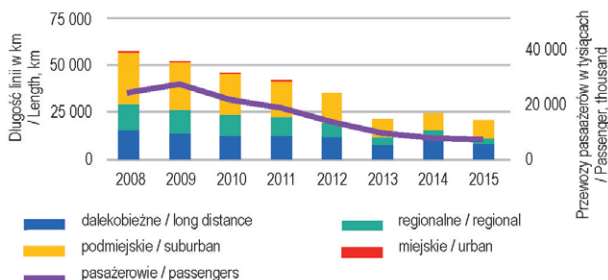
Ryc. 4.30. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa śląskiego

Fig. 4.30. National network of regular inter-county bus transportation originating from Śląskie Voivodship

Województwo śląskie pod względem funkcjonowania i dostępności transportu publicznego można podzielić na dwie części: środkową obejmującą konurbację katowicką i rybnicką wraz z ich najbliższym otoczeniem

obsługiwaną głównie przez różne formy komunikacji miejskiej (szerzej pisali o tym m.in.: Dziadek 1998b; Soczówka 2012; Rechłowicz, Soczówka 2012) oraz północną i południową posiadającą bardziej typowy układ komunikacyjny. Stąd najważniejszymi węzłami komunikacji autobusowej województwa śląskiego są, oprócz miast węzłowych konurbacji, Bielsko-Biała i Częstochowa. Warto zwrócić uwagę na ciągle istotną rolę Bielska-Białej w całym dawnym województwie bielskim, co skutkuje silnymi powiązaniem z województwem małopolskim. Dostyc ważną jest także relacja Katowice–Wrocław, natomiast względnie słabe są związki z województwami opolskim, łódzkim i świętokrzyskim (ryc. 4.30).

W **województwie świętokrzyskim** w latach 2008–2015 zanotowano wyraźny spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o prawie 70% – por. ryc. 31). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 63%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 75%) i podmiejskim (o 65%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (o 48%).

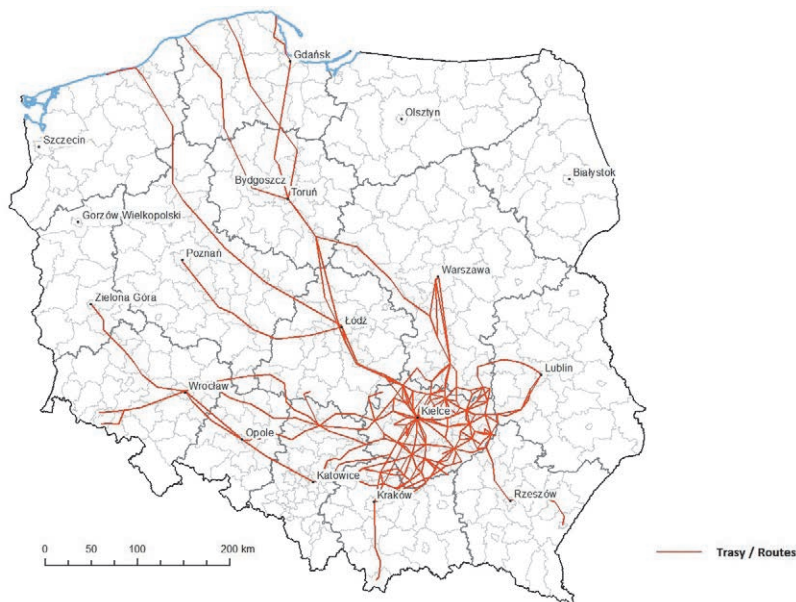


Ryc. 4.31. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie świętokrzyskim

Fig. 4.31. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Świętokrzyskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

Sieć komunikacji autobusowej w województwie świętokrzyskim koncentruje się wokół Kielc, które są największym węzłem, szczególnie mocno powiązanym z najbliższymi sąsiednimi powiatami oraz Ostrowcem Świętokrzyskim i Skarżyskiem Kamienną – i dalej w kierunku Radomia i Warszawy (ryc. 4.32). Oprócz wspomnianych Ostrowca i Skarżyska większymi węzłami są także Opatów i Busko Zdrój (będącym także węzłem komunikacji dalekobieżnej jako uzdrowisko). Silne związki (zwłaszcza na poziomie lokalnym) łączą województwo z województwem mazowieckim (relacja Skarżysko–Radom), podkarpackim (Sandomierz–Tarnobrzeg) oraz małopolskim (Kazimierza Wielka–Kraków). Relatywnie słabe są związki w województwami łódzkim i lubelskim.

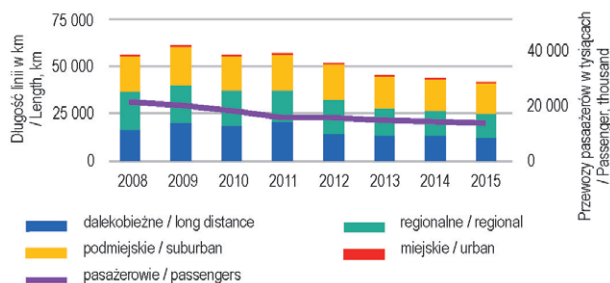


Ryc. 4.32. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa świętokrzyskiego

Fig. 4.32. National network of regular inter-county bus transportation originating from Świętokrzyskie Voivodship

W województwie warmińsko-mazurskim w latach 2008–2015 zanotowano spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 33% – por. ryc. 4.33). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 25%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 36%) i dalekobieżnym (o 26%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja podmiejska (tylko o 15%). 10–krotny wzrost w komunikacji miejskiej wynikał z przejęcia przez PKS części komunikacji miejskiej w Elblągu.

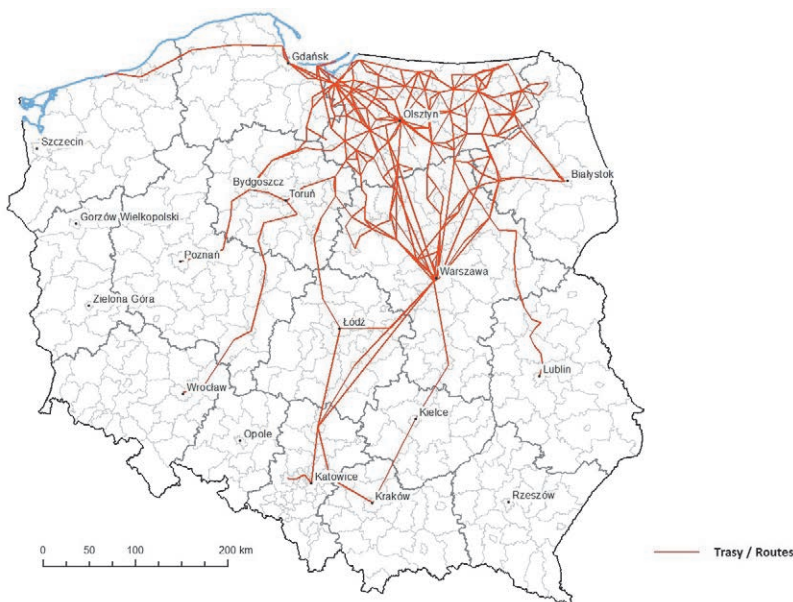
Największym węzłem komunikacji autobusowej województwa warmińsko-mazurskiego jest Olsztyn, znacznie mniejsze są subregionalne Elbląg i Ełk a także będące ośrodkami turystycznymi Mrągowo i Giżycko. Sieć jest dość równomiernie rozmieszczona ale charakteryzuje się niskimi natężeniami ruchu z wyjątkiem tras z Olsztyna przez Mrągowo do Kętrzyna i Giżycka, do Bartoszcza przez Lidzbark Warmiński oraz do Szczytna. Dwa wspomniane wcześniej miasta subregionalne (Elbląg i Ełk) są znacznie słabiej powiązane i co ciekawe, łączą je silniejsze relacje z sąsiednimi województwami (odpowiednio z Nowym Dworem Gdańskim i Gdańskiem w województwie pomorskim oraz ze Suwałkami i Grajewem w województwie podlaskim). Województwo łączy także silne związki z Mazowszem, a zwłaszcza z Warszawą (ryc. 4.34).



Ryc. 4.33. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie warmińsko-mazurskim

Fig. 4.33. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Warmińsko-Mazurskie Voivodship

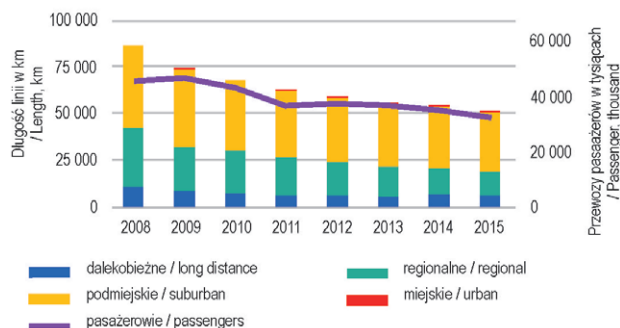
Źródło: jak w ryc. 4.2



Ryc. 4.34. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa warmińsko-mazurskiego

Fig. 4.34. National network of regular inter-county bus transportation originating from Warmińsko-Mazurskie Voivodship

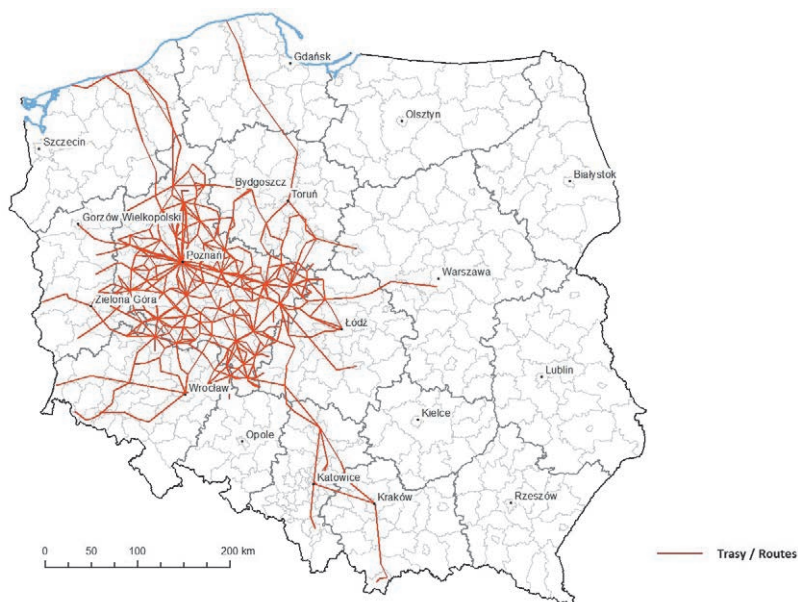
W województwie wielkopolskim w latach 2008–2015 zanotowano spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o 28% – por. ryc. 4.35). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 41%), zwłaszcza o charakterze regionalnym (o 60%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja podmiejska (tylko o 28%).



Ryc. 4.35. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie wielkopolskim

Fig. 4.35. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Wielkopolskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2



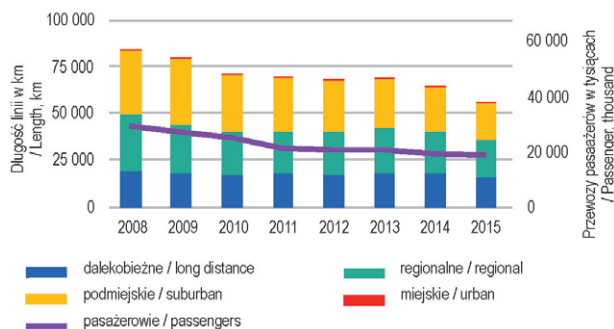
Ryc. 4.36. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa wielkopolskiego

Fig. 4.36. National network of regular inter-county bus transportation originating from Wielkopolskie Voivodship

Województwo wielkopolskie ma gęstą sieć połączeń, ale o względnie słabych natężeniach ruchu poza trasą z Poznania przez Kórnik do Śremu, co jest zapewne związane z faktem, że Śrem jest jedynym miastem powiatowym

położonym w pobliżu stolicy województwa nie posiadającym z nią połączenia kolejowego (ryc. 4.36). Wyraźnie dobrze rozwinięta infrastruktura i przewozy kolejowe wpływają na zmniejszone potrzeby przewozowe w zakresie transportu autobusowego w komunikacji regionalnej, zwłaszcza międzypowiatowej. W komunikacji dalekobieżnej województwo cechują dość silne powiązania z sąsiednimi województwami, a zwłaszcza lubuskim i zachodniopomorskim. Oprócz Poznania, większymi węzłami są Piła, Leszno a także Konin i Gniezno, aczkolwiek ich znaczenie jest mniejsze niż w innych województwach, mają one także bardzo słabe powiązania autobusowe pomiędzy sobą. Niektóre z nich mają za to silne powiązania z powiatami sąsiednich województw (m.in. Piła z Wałczem i Szczecinkiem, Leszno z Głogowem), co częściowo jest zapewne skutkiem problemów w obsłudze linii kolejowych na stykach województw.

W **województwie zachodniopomorskim** w latach 2008–2015 zanotowano spadek przewozów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej (o ponad 36% – por. ryc. 4.37). Towarzyszyły mu spadki długości tras (o 34%), zwłaszcza o charakterze podmiejskim (o 41%). Najmniejsze spadki długości tras zanotowała komunikacja dalekobieżna (tylko o 19%).



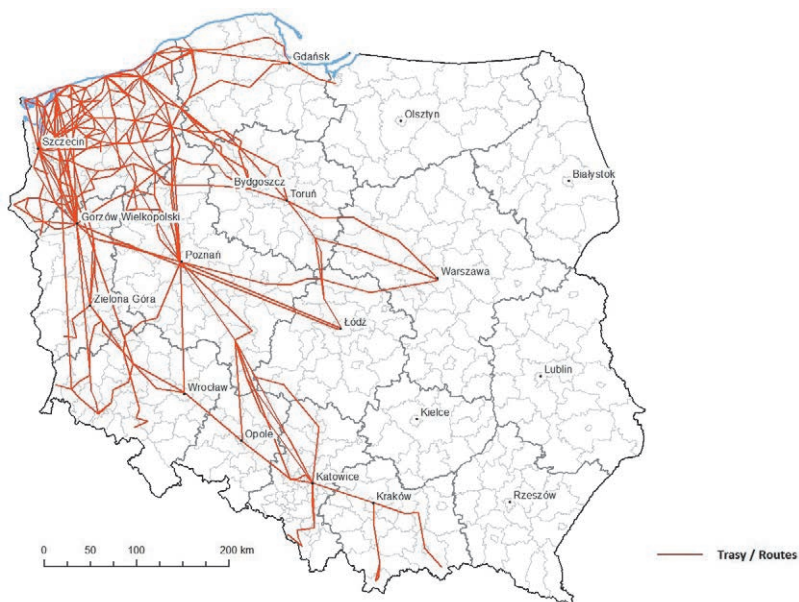
Ryc. 4.37. Długości tras oraz przewozy pasażerów w krajowej regularnej komunikacji autobusowej w województwie zachodniopomorskim

Fig. 4.37. Length of routes and transport of passengers in national regular bus transportation in Zachodniopomorskie Voivodship

Źródło: jak w ryc. 4.2

Sieć komunikacji autobusowej województwa zachodniopomorskiego jest dwudzielna i do dziś odzwierciedla podział na dawne województwa szczecińskie i koszalińskie, z największymi węzłami w Szczecinie i Koszalinie. Spośród pozostałych miast wyróżniają się także miasta nadmorskie o funkcji turystycznej (przede wszystkim Kołobrzeg), które są węzłami komunikacji dalekobieżnej, łączącej województwo głównie z Polską zachodnią.

Najbardziej obciążonymi ruchem trasami w województwie są relacje Szczecina z Świnoujściem, Gryficami przez Goleniów i Lipianami przez Pyrzyce oraz oś Trzebiatów–Kołobrzeg–Koszalin–Sławno. Nieco odizolowanym, względnie dużym węzłem, jest ponadto Szczecinek, który ma jednak silniejsze powiązania z województwami wielkopolskim i pomorskim (ryc. 4.38).



Ryc. 4.38. Sieć krajowych regularnych przewozów autobusowych międzypowiatowych realizowanych z województwa zachodniopomorskiego

Fig. 4.38. National network of regular inter-county bus transportation originating from Zachodniopomorskie Voivodship

4.4. OCENA KOMPLETNOŚCI BAZ DANYCH NA PRZYKŁADZIE SIECI POŁĄCZEŃ W WOJEWÓDZTWACH POMORSKIM I MAŁOPOLSKIM

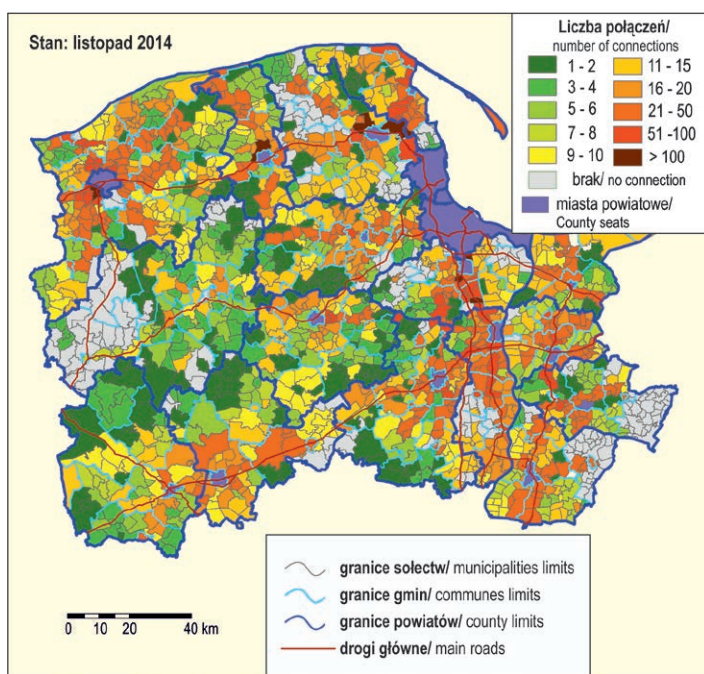
Przeprowadzone przez Guzika i Kołosa wraz z zespołem z Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ badania relacji przestrzennych, powiązań i dostępności w województwach małopolskim w 2010 roku (Guzik i in. 2010) oraz pomorskim, dla którego przeprowadzono dwa badania w roku 2011 i 2014 (Guzik 2012; Guzik, Kołoś 2015), a także w obszarze funkcjonalnym Olsztyna (Guzik i in. 2016) pozwalają na uzupełnienie niniejszego opracowania o dwa typy wniosków. Jako, że wspomniane badania opierały się na zebraniu i analizie danych rozkładowych wszystkich połączeń w ramach systemu transportu publicznego, zdezagregowanych do poziomu pojedynczych miejscowości (w województwie małopolskim – 1892 miejscowości,

pomorskim – 1753 miejscowości) to po pierwsze, jako uzupełnienie, badania te umożliwiają szerszą refleksję na temat dostępności w skali bardziej szczegółowej niż gmina. Po drugie, umożliwiają wskazanie niektórych uwarunkowań odnoszących się do sposobu zbierania danych i w efekcie zawartości bazy danych. Ta druga refleksja z jednej strony jest istotna dla interpretacji uzyskanych w projekcie MULTIMODACC wyników, a z drugiej może być wkładem do planowania kolejnych badań jako swoiste podsumowanie wieloletnich zmagania z tym co jest i co nie jest dostępne do analiz dostępności w systemie transportu publicznego.

Prowadzone badania prowadzą do kilku istotnych obserwacji dotyczących dostępności w transporcie publicznym na poziomie gmin i miejscowości. Po pierwsze w ostatnich latach obserwowana jest **silna polaryzacja dostępności** między obszarami metropolitalnymi i głównymi korytarzami transportowymi, gdzie obserwowana jest poprawa dostępności przejawiająca się m.in. wzrostem częstotliwości połączeń i wzrostem gęstości sieci połączeń a obszarami peryferyjnymi, gdzie następuje znacząca erozja dostępności. Na przykład w województwie pomorskim w okresie 2011–2014 według typologii dostępności liczba miejscowości wiejskich zaklasyfikowanych jako dostępność skrajnie słaba i bardzo słaba wzrosła z 585 miejscowości do 613, a jednocześnie liczba miejscowości o dostępności bardzo dobrej i wzorowej wzrosła z 222 do 242. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że z 1753 miejscowości województwa pomorskiego, aż 318 nie było obsługiwanych przez transport publiczny, co osłabiało ich dostępność – skorzystanie z transportu publicznego wiązało się z koniecznością dojazdu lub dojazdu transportem indywidualnym do innej miejscowości. Nawet w województwie małopolskim, gdzie sieć transportu publicznego jest bardzo dobrze rozwinięta, co ułatwia gęsta sieć osadnicza, wysoka gęstość zaludnienia i duże miejscowości – znaleziono kilkanaście miejscowości, do których nie docierał transport publiczny, a aż 406 z 1892 małopolskich miejscowości (21%) nie posiadało bezpośrednich połączeń do swojego miasta powiatowego (Guzik i in. 2010). Analogiczny wskaźnik dla woj. pomorskiego w 2014 roku to aż 562 (32%) miejscowości bez bezpośrednich połączeń do swojego miasta powiatowego, w tym 242 z transportem publicznym, ale umożliwiającym bezpośredni dojazd do innego miasta powiatowego lub miejscowości gminnej (ryc. 4.39).

Należy mieć na uwadze, że **dostępność w transporcie publicznym jest wysoko skorelowana z poziomem hierarchii osadniczej** – im niżej w hierarchii, a zarazem dalej od głównych biegunów wzrostu (np. obszary metropolitalne) tym gorsza dostępność. W niektórych peryferyjnych gminach powiatu człuchowskiego, bytowskiego, chojnickiego poza miejscowością gminną i miejscowościami położonymi wzdłuż drogi między nią a miastem powiatowym – pozostałe miejscowości nie były realnie włączone do systemu transportu publicznego! Nie oddaje tego liczba miejscowości bez

połączeń, gdyż w kolejnych 150 miejscowościach – wprawdzie dociera tam transport publiczny, ale nie pozwala on na odbywanie dalszych podróży, gdyż są to autobusy, służące de facto dowozowi uczniów na godzinę 8:00 do miejscowości gminnej (gimnazjum) i mające kurs powrotny około godz. 13:30–14:00. Najczęściej wyklucza to nawet podróż do miasta powiatowego, gdyż z miejscowości gminnej większość kursów do miasta powiatowego ma miejsce przed godziną 8:00 jeśli transport służy uczniom szkół średnich lub nawet wcześniej, jeśli są to obszary dojazdów do pracy. Następny kurs ma miejsce około godziny 11:00, co z kolei wyklucza możliwość powrotu z miasta powiatowego, aby zdążyć na autobus odwożący gimnazjalistów, a do tego taka podróż wiązałaby się z bardzo długim czasem oczekiwania na przesiadkę w miejscowości gminnej (Guzik, Kołoś 2015).



Ryc. 4.39. Liczba bezpośrednich połączeń komunikacją publiczną do miasta powiatowego w województwie pomorskim

Fig. 4.39. Number of direct public transport connections to county centers in Pomorskie Voivodship

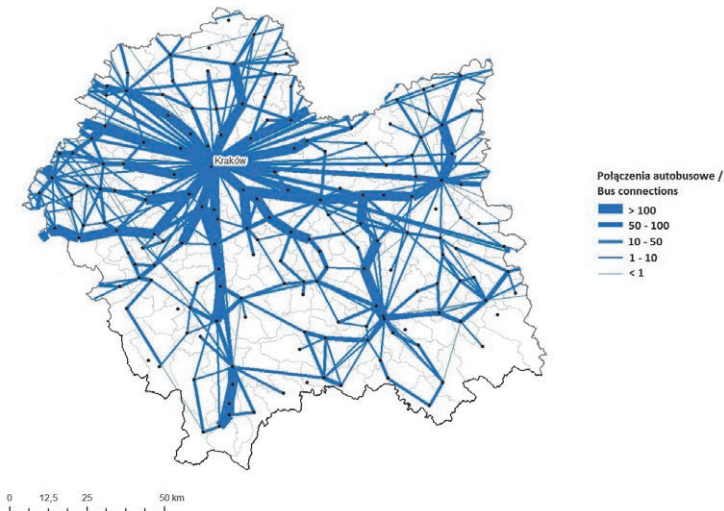
Źródło: Guzik i Kołoś (2015 s. 262)

Dodatkowym aspektem, na który warto zwrócić uwagę to zanik połączeń w soboty i niedziele. W województwie pomorskim liczba miejscowości nieobsługiwanych w dni świąteczne przez transport publiczny wzrosła tylko w okresie 2011–2014 z 624 do 796 miejscowości! Jednocześnie w Trójmiejskim Obszarze Metropolitalnym poziom obsługi w dni świąteczne uległ nieznacznej poprawie (Guzik, Kołoś 2015).

Modelując dostępność realizowaną za pomocą transportu publicznego należy mieć na uwadze, że dostępność miejscowości gminnej nie przekłada się na dostępność dla wszystkich mieszkańców gminy. Faktyczna dostępność będzie zawsze gorsza niż ta określona tylko dla miejscowości siedziby gminy. Na dodatek to o ile ona będzie gorsza zależy od położenia gminy względem ośrodków miejskich – i tak w gminach podmiejskich lub znajdujących się w obszarze metropolitalnym to pogorszenie będzie mniejsze, zaś w gminach peryferyjnie położonych – znaczne. Wniosek ten można wykorzystać przy dalszych badaniach i modelowaniu dostępności wprowadzając odpowiedni parametr algorytmu obliczania dostępności do ludności.

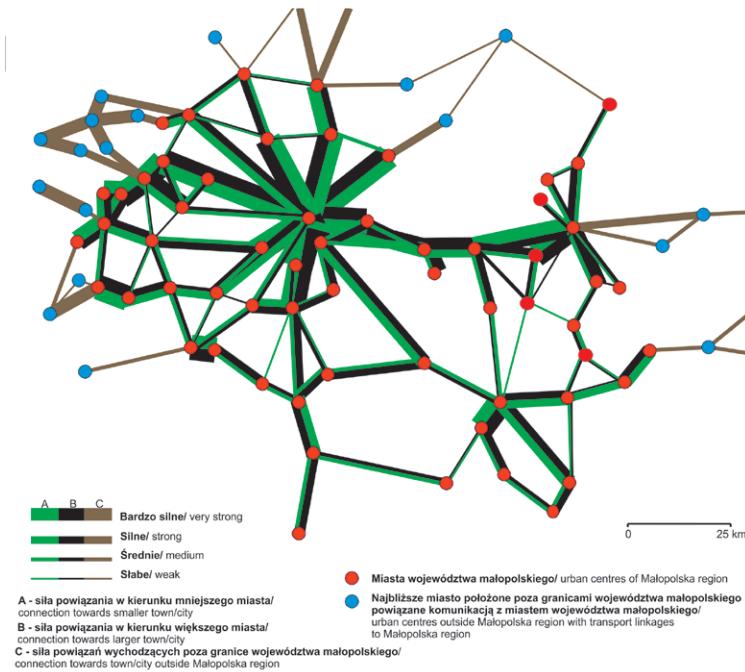
Możliwość porównania sieci połączeń z danych pozyskanych od Marszałków województw – wykorzystywaną w niniejszym projekcie (MULTIMODACC) z pełną bazą połączeń jaką uzyskano w badaniach pomorskich (Guzik, Kołoś 2015) i małopolskich (Guzik i in. 2010) pozwala na określenie największych różnic i braków. Należy je mieć na uwadze interpretując wyniki w innych rozdziałach pracy jak i planując podobne badania.

Przedstawione na kolejnych mapach sieci połączeń według danych uzyskanych od Marszałków na cele projektu MULTIMODACC i te oparte na wcześniejszych badaniach i wszystkich połączeniach (ryc. 4.40–4.43) pozwalają na wskazanie kilku istotnych uwarunkowań rozbieżności między porównywanymi sieciami połączeń.



Ryc. 4.40. Sieć połączeń autobusowych w woj. małopolskim według zezwoleń wydanych przez marszałków województw.

Fig. 4.40. Network of bus transportation services in Małopolskie Voivodship according to permissions issued by voivodship marshals



Ryc. 4.41. Sieć połączeń autobusowych w woj. małopolskim według zezwoleń wydawanych przez marszałków województw i starostów powiatów

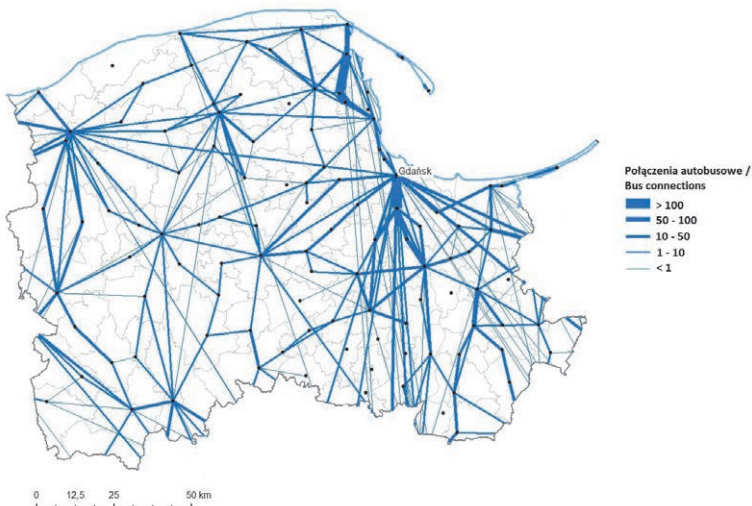
Fig. 4.41. Network of bus transportation services in Małopolskie Voivodship according to permissions issued by voivodship marshals and powiat starostes

Źródło: Guzik i in. (2010)

Po pierwsze **dane pochodzące od Marszałków nie obejmują linii międzygminnych, które domknięte są w obrębie powiatu**. Ilustruje to choćby bardzo słabo zaznaczające się według projektu MULTIMODACC połączenie Nowy Targ – Szczawnica, za to silnie widoczne na mapie z badań małopolskich (ryc. 4.40 i 4.41). Inne przykłady to połączenie Nowy Sącz-Piwniczna, Limanowa–Mszana Dolna, Jordanów–Sucha Beskidzka, Oświęcim-Zator, czy Wolbrom-Olkusz. Podobnymi przykładami z województwa pomorskiego mogą być połączenia Kwidzyn-Prabuty, Dzierżoń-Sztum, Człuchów-Czarne, Bytów-Miastko, Lębork-Łeba czy Brusy-Chojnice (ryc. 4.42 i 4.43). Na wszystkich wspomnianych relacjach liczba bezpośrednich połączeń autobusowych jest od kilku do ponad dwudziestokrotnie większa niż ta uwzględniona w bazie MULTIMODACC.

Drugą istotną rozbieżnością są **połączenia między miastami na prawach powiatu a miejscowościami otaczającego powiatu ziemskiego**. Na przykład dla połączeń Krakowa z gminami powiatów wielickiego i krakowskiego, mimo, że przekraczają granice powiatów, zezwolenie wydaje prezydent miasta

Krakowa a nie marszałek województwa, stąd faktyczna liczba połączeń otaczających duże miasta gmin może być o 50–100% wyższa niż ta uwzględniona w niniejszym badaniu. Uwzględnienie komunikacji miejskiej tylko częściowo rozwiązuje ten problem. Na przykład w Krakowie liczba połączeń typu bus z okolicznych gmin do tego miasta jest kilkukrotnie wyższa niż liczba połączeń podmiejskich oferowanych przez komunikację miejską. Jednakże, dzięki temu że przez otaczające duże miasta gminy przebiega wiele połączeń tranzytowych i dalekobieżnych to nieuwzględnienie wszystkich połączeń lokalnych nie znajduje aż tak dużego odzwierciedlenia w dostępności.

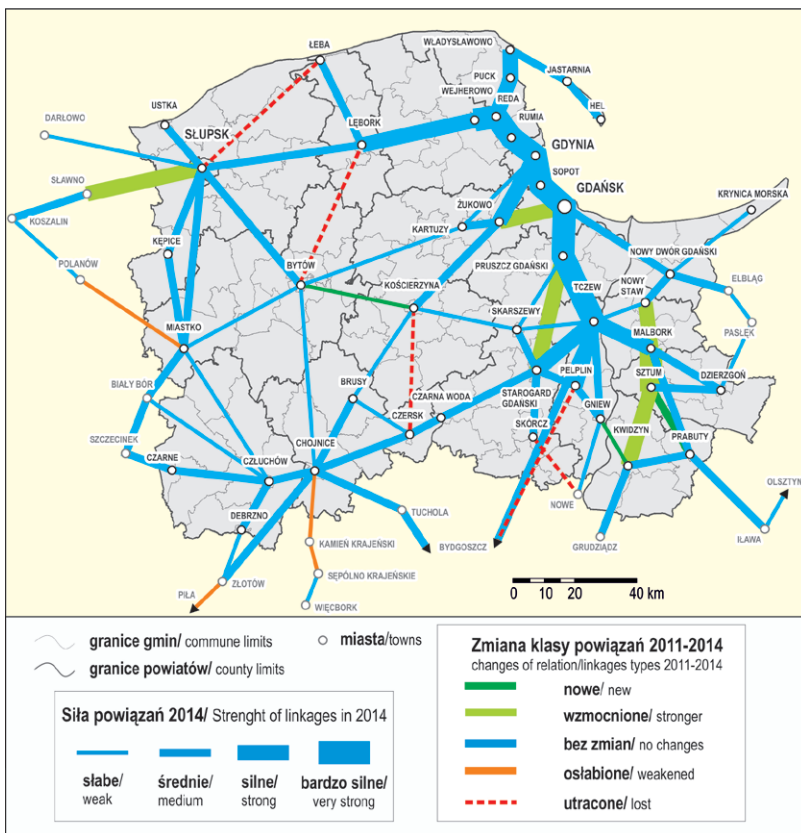


Ryc. 4.42. Sieć połączeń autobusowych w woj. pomorskim według zezwoleń wydawanych przez marszałków województw

Fig. 4.42. Network of bus transportation services in Pomorskie Voivodship according to permissions issued by voivodship marshals

Trzecim źródłem rozbieżności jest **problem aktualności danych znajdujących się w zasobach marszałków**. Po pierwsze zawierają one rozkłady firm, które zawiesiły swoją działalność, a po drugie część firm przedstawia do wniosku o zezwolenie rozkład jazdy, którego z góry nie zamierza realizować – zgłaszając np. częstotliwość co godzinę, a potem realizując tylko co drugi kurs – według rozkładu ogłaszanego w Internecie lub rozdawanego klientom. Dzięki temu przewoźnik w dowolnym momencie może zmienić rozkład jazdy – dodając kolejne kursy bez uzyskiwania kolejnego zezwolenia. Należy tutaj dodać, że nierealizowanie kursów zgodnie z zawartym w zezwoleniu rozkładzie nie wiąże się realnie z żadnymi konsekwencjami, natomiast realizacja kursów, na które nie ma pozwolenia może rodzić olbrzymie konsekwencje, zwłaszcza jeśli doszłoby do wypadku lub innego tego typu zdarzenia. Problem

ten, a także skandalicznie niskiej jakości informacje pasażerskie, można względnie prosto rozwiązać poprzez ustawowy obowiązek nakazujący organowi wydającemu zezwolenie na publikowanie rozkładu jazdy w Biuletynie Informacji Publicznej. Dzięki temu, poprzez pośrednictwo portali pasażerskich, które z pewnością wykorzystająby takie źródło informacji (np. e-Podróżnik, Jak Dojadę itp.) istniałby dostęp do pełnej informacji pasażerskiej. Obecnie – na podstawie badań w województwach pomorskim i małopolskim oceniamy, że wspomniane wyżej serwisy zawierają informację o około 40% połączeń w województwie małopolskim i około 70% połączeń w województwie pomorskim. Niższa wartość dla Małopolski ma związek z większym rozproszeniem organizacyjnym – znacznie większą liczbą przewoźników, od których trzeba pozyskać dane.



Ryc. 4.43. Sieć połączeń autobusowych w woj. pomorskim według zezwoleń wydawanych przez marszałków województw i starostów powiatów

Fig. 4.43. Network of bus transportation services in Pomorskie Voivodship according to permissions issued by voivodship marshals and poviat starostes

Źródło: Guzik i Kołoś (2015)

Kolejną uwagą, którą należy tutaj poczynić jest **duża dynamika zachodzących zmian w transporcie pasażerskim**. Dla przykładu z listy 100 największych przewoźników dalekobieżnych w transporcie autobusowym, uwzględnionych w bazie projektu MULTIMODACC w 2014 roku, już zaledwie dwa lata później – w trakcie badania cen biletów okazało się, że pięciu z nich nie działa (bankructwo lub zawieszenie działalności), a kolejnych 10 znacznie ograniczyło przewozy dalekobieżne. Mając na uwadze, że zezwolenia są wydawane na relatywnie długi okres to baza Marszałków, choćby z racji zachodzących przemian zawiera dane o połączeniach, które mogą w danym momencie nie funkcjonować.

Projekt MULTIMODACC, to największe tego typu badanie dostępności w transporcie publicznym w Polsce wykonane po 1989 roku – dzięki pozyskaniu danych od wszystkich Marszałków uniknięto jeszcze jednej trudności, z którą muszą zmierzyć się osoby wykonujące badania dla wybranych województw. Chodzi o połączenia między województwami – i tak na przykład dla połączeń między Bydgoszczą i Gdańskiem zezwolenie może wydać dowolny z obu Marszałków województw i w ten sposób załączony do zezwolenia rozkład będzie dostępny w zasobie tylko jednego z potencjalnie zainteresowanych urzędów marszałkowskich. Problem ten jest jeszcze lepiej widoczny dla połączeń przebiegających przez wiele województw – na przykład dla połączenia Zakopane-Kołobrzeg, które wiedzie przez 6 województw – informację o nim znajdziemy tylko w jednym urzędzie marszałkowskim. Z drugiej strony, zwłaszcza dla połączeń wykonywanych na zmianę przez dwóch przewoźników, zdarza się, że ten sam rozkład jazdy jest dołączony do dwóch zezwoleń wydanych przez dwóch różnych marszałków.

4.5. SIEĆ POŁĄCZEŃ PODMIEJSKICH DLA MIAST NA PRAWACH POWIATU

Ważnym zagadnieniem, dotąd pominiętym, jest kwestia komunikacji miejskiej. O ile sieć komunikacji miejskiej w granicach miasta (jednej gminy) wykracza poza zakres niniejszych badań, to nie można pominąć linii komunikacji miejskiej wychodzących z miast – najczęściej łączących je ze strefami podmiejskimi. Jak już wspomniano w podrozdziale 4.1 do 1989 roku komunikację miejską organizowali przewoźnicy – przedsiębiorstwa (zakłady) komunalne. W następnych latach najczęściej byli oni komunalizowani, a w XXI wieku wydzielono z nich funkcje organizacyjne, przejęte przez miejskie Zarządy Transportu. Szerzej o zagadnieniach związanych z przekształceniami w transporcie miejskim pisali Taylor i Ciechański (2008, 2009). O ile miasta będące właścicielami przedsiębiorstw komunikacyjnych rzadko rezygnowały z komunikacji miejskiej, to sieć połączeń podmiejskich podlegała znaczącym

Tabela 4.6. Charakterystyki komunikacji podmiejskiej w otoczeniu miast na prawach powiatu

		Liczba miast – powiatów grodzkich	Liczba linii komunikacji miejskiej wychodzących poza miasto		Udział linii wychodzących poza miasto w ogóle linii	Liczba gmin graniczących		Udział gmin graniczących obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba gmin nie graniczących obsługiwanych komunikacją miejską	Liczba gmin ogółem obsługiwanych komunikacją miejską	Przeciętna liczba gmin obsługiwanych komunikacją miejską na 1 miasto
			Suma	Średnia		Razem	Obsługiwanych komunikacją miejską				
razem		66	1118	16,9	44%	400	307	77%	126	433	6,6
w konurbacjach*		20	517	25,9	64%	134	114	85%	92	206	10,3
poza konurbacjami		46	601	13,1	35%	266	193	73%	34	227	4,9
w tym:	< 100 tys. mieszk.	19	164	8,6	46%	68	49	72%	8	57	3,0
	100 – 200 tys. mieszk.	14	116	8,3	30%	85	50	59%	6	56	4,0
	> 200 tys. mieszk.	13	321	24,7	33%	113	94	83%	20	114	8,8

Uwaga: * – dotyczy miast – powiatów grodzkich sąsiadujących z innymi powiatami grodzkimi, w konurbacjach trójmiejskiej, katowickiej i rybnickiej; linie komunikacyjne i gminy zostały policzone dla każdego miasta oddzielnie, czyli np.: Ruda Śląska jako gmina granicząca jest uwzględniona 5 razy, gdyż graniczy z 5 powiatami grodzkimi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych zarządów komunikacji miejskiej

zmianom. Mniej więcej do 2005 roku przeważały likwidacje lub ograniczenia linii i liczby połączeń. W ostatnich 10 latach wiele czynników (rozwój suburbanizacji, powstawanie zarządów transportu oraz powoływanie związków i porozumień międzygminnych a także polityka państwa) spowodowało odwrócenie trendu, zwłaszcza w największych miastach.

W badaniach MULTIMODACC szczegółowej analizie poddano połączenia wychodzące z miast – powiatów grodzkich. Ich podstawowe charakterystyki zestawiono w tabeli 4.6.

W Polsce w 2015 roku znajdowało się 66 miast na prawach powiatu, wszystkie, z wyjątkiem Tarnobrzegu, zawarły porozumienie międzygminne lub znajdowały się w składzie związków komunalnych organizujących komunikację miejską. Ogółem z tych miast wychodziło w 2016 roku 1118 linii podmiejskich. Należy zaznaczyć, że mówimy tu wyłącznie o liniach kursujących w ramach porozumień lub związków międzygminnych. W niektórych miastach zdarza się ponadto, że poza porozumieniami kursują linie miejskie (organizowane i finansowane całkowicie przez miasto – powiat grodzki) wyjeżdżające jednak poza granice miasta. Są to bardzo krótkie odcinki, wynikające albo z przyczyn technicznych (najbliższe miejsce w którym można zmienić kierunek jazdy znajduje się poza granicami administracyjnymi), albo obsługujące pojedyncze osiedla suburbanalne, formalnie leżące w sąsiedniej gminie. Jest tak w przypadku linii 121 i 136 w Olsztynie, które kursują do osiedli w Bartągu.

Miasta – powiaty grodzkie graniczyły z 400 gminami, a komunikacja miejska docierała do 307 gmin graniczących z miastami na prawach powiatu i 126 położonymi dalej, natomiast 93 graniczące gminy nie były obsługiwane przez komunikację miejską (tab. 4.6). Najwięcej linii miejskich komunikacji autobusowej przekraczało granice Katowic – 82, Krakowa – 65 oraz Warszawy – 45. Należy jedynie zaznaczyć, że w przypadku powiatów grodzkich sąsiadujących z innymi powiatami grodzkimi, (w konurbacjach trójmiejskiej, katowickiej i rybnickiej) linie komunikacyjne i gminy zostały policzone dla każdego miasta oddzielnie, stąd liczba 82 w przypadku Katowic oznacza wszystkie linie przekraczające granice – ale linie te ponownie uwzględniono, np. w liczbie 37 linii przekraczających granicę Chorzowa. Stąd w tabeli 4.7 wskaźniki policzono osobno dla konurbacji i miast poza nimi a także dla trzech przedziałów klasowych dotyczących liczby mieszkańców.

W grupie miast położonych w konurbacjach wszystkie analizowane wskaźniki mają wyraźnie wyższe wartości. Wynika to z faktu, że miasta te tworzą najczęściej ciągle obszary zurbanizowane, połączone dosyć rozbudowaną siecią komunikacji miejskiej. W przypadku aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk i Gdynia mają własne zarządy transportu miejskiego, co obniża poziom ich wzajemnej integracji w zakresie komunikacji autobusowej, ale

należy przypomnieć o ważnej roli Szybkiej Kolei Miejskiej. Również integracja komunikacji miejskiej w konurbacji katowickiej nie jest idealna, gdyż obok największego w Polsce związku komunalnego (KZK GOP) obejmującego większość miast konurbacji, funkcjonuje MZKP w Tarnowskich Górach (północne obrzeżenie konurbacji) oraz niezależne zarządy w Tychach i Jaworznie. Jeszcze bardziej skomplikowana jest sytuacja w konurbacji rybnickiej, gdzie istnieją trzy niezależne zarządy transportu miejskiego (Rechłowicz, Soczówka 2012), a Żory mają do tego własną wewnętrzną (bezpłatną) komunikację także niezintegrowaną z innymi miastami.

Grupa 46 miast położonych poza konurbacjami uruchamia 54% linii przekraczających granicę miasta (tab. 4.7). Średnio, każde z tych miast dysponuje 13 liniami podmiejskimi (stanowiącymi ok. 1/3 ogółu linii), obsługującymi przeciętnie 5 gmin, w tym także gminy nie graniczące bezpośrednio z miastem na prawach powiatu. Zauważalna jest jednak różnica pomiędzy miastami zależna od ich wielkości. Najbardziej zróżnicowana sytuacja jest w grupie miast najmniejszych (19 ośrodków < 100 tys. mieszkańców). Mają one średnio rozwiniętą sieć komunikacji miejskiej. 164 linie podmiejskie (46% wszystkich linii) obsługują 57 gmin (w tym 72% wszystkich gmin graniczących). Oznacza to, że przeciętnie w każdym z tych miast 8,6 linii podmiejskich obsługuje 3 gminy. W rzeczywistości w grupie tej znajdują się zarówno miasta nie posiadające w ogóle komunikacji podmiejskiej (organizowanej przez gminy – np.: Tarnobrzeg), jak i miasta posiadające rozległą sieć komunikacji podmiejskiej obsługującej nie tylko gminy sąsiadujące, ale nawet te bardziej odległe (np.: Siedlce, Nowy Sącz). Zaskakująco słabo była rozwinięta sieć połączeń podmiejskich w grupie 14 miast liczących pomiędzy 100 a 200 tys. mieszkańców. 116 linii (30% wszystkich) obsługiwało 56 gmin, ale tylko 59% gmin graniczących. Praktycznie każde z miast graniczyło z gminą (lub kilkoma) które nie były z nim powiązane komunikacją podmiejską.

Najlepiej rozwinięta była **sieć połączeń podmiejskich w 13 największych miastach Polski**. 321 linii (33% ogółu) łączyło je z 114 gminami (w tym 83% gmin graniczących). Przeciętnie każde miasto posiadało 25 linii podmiejskich obsługujących prawie 9 gmin, w tym co najmniej 1 nie graniczącą. Najbardziej rozbudowana była komunikacja wokół Warszawy, Krakowa i Poznania, co można wiązać z natężeniem procesów suburbanizacyjnych. W przypadku Warszawy trzeba jeszcze wziąć pod uwagę zintegrowany z komunikacją miejską transport kolejowy wraz z systemem, tzw. „L-ek”, linii kursujących wyłącznie w gminach podmiejskich ale zintegrowanych z systemem komunikacji miejskiej firmowanych przez ZTM Warszawa, mających charakter linii dowozowych do stacji kolejowych.

Tabela 4.7. Podmiejska komunikacja miejska w miastach – powiatach grodzkich

Nazwa miasta – powiatu grodzkiego	Ludność	Liczba linii ogółem (bez nocnych, bez weekendowych)	Liczba linii wychodzących poza miasto	Liczba graniczących gmin obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba graniczących gmin nie obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba gmin nie graniczących z powiatem grodzkim obsługiwanych przez komunikację miejską
Biała Podlaska	57 990	11	3	1	0	0
Białystok	294 155	41	15	6	0	1
Bielsko-Biała	174 370	45	7	4	2	0
Bydgoszcz	364 443	35	5	4	3	0
Bytom	174 724	50	40	8	0	12
Chełm	65 897	15	3	2	0	0
Chorzów	111 168	38	37	6	0	5
Częstochowa	234 472	40	13	6	3	0
Dąbrowa Górnicza	124 701	38	28	6	2	3
Elbląg	123 659	25	3	2	1	0
Gdańsk	460 509	72	21	5	1	0
Gdynia	248 726	79	18	7	0	0
Gliwice	186 210	46	31	7	1	7
Gorzów Wielkopolski	124 609	38	20	5	0	0
Grudziądz	97 971	21	12	2	0	1
Jastrzębie-Zdrój	91 723	31	12	4	2	3
Jaworzno	94 305	25	5	3	7	1
Jelenia Góra	82 846	26	17	5	1	0
Kalisz	104 676	23	10	5	1	1
Katowice	311 421	110	82	9	0	17
Kielce	200 938	66	25	7	0	0
Konin	77 847	22	13	6	1	0
Koszalin	109 343	15	3	2	3	0
Kraków	757 740	143	65	11	1	6
Krosno	47 307	17	18	5	1	0
Legnica	102 422	19	3	2	2	0

Nazwa miasta – powiatu grodzkiego	Ludność	Liczba linii ogółem (bez nocnych, bez weekendowych)	Liczba linii wychodzących poza miasto	Liczba graniczących gmin obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba graniczących gmin nie obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba gmin nie graniczących z powiatem grodzkim obsługiwanych przez komunikację miejską
Leszno	64 722	10	5	3	1	0
Lublin	349 483	52	22	7	0	1
Łomża	62 812	15	8	1	0	1
Łódź	730 633	78	26	8	2	1
Mysłowice	75 305	21	19	4	1	5
Nowy Sącz	84 129	35	21	5	0	0
Olstyn	174 641	34	5	2	4	0
Opole	121 576	17	6	4	4	0
Ostrołęka	53 287	19	10	3	0	0
Piekary Śląskie	57 502	25	23	7	0	7
Piotrków Trybunalski	76 404	10	2	2	4	0
Płock	123 627	39	12	6	0	3
Poznań	555 614	102	49	10	1	5
Przemyśl	64 276	29	9	4	4	0
Radom	219 703	25	9	6	2	0
Ruda Śląska	142 346	31	27	7	0	3
Rybnik	140 789	42	22	10	1	1
Rzeszów	179 199	50	15	7	7	0
Siedlce	76 393	37	23	1	0	4
Siemianowice Śląskie	69 539	29	27	6	0	8
Skierniewice	48 695	8	2	1	2	0
Słupsk	94 849	16	8	2	0	1
Sopot	38 217	15	8	2	0	0
Sosnowiec	213 513	52	48	6	0	5
Suwałki	69 404	22	5	3	0	0
Szczecin	410 245	57	18	3	4	0
Świętochłowice	52 372	16	16	3	0	3

Nazwa miasta – powiatu grodzkiego	Ludność	Liczba linii ogółem (bez nocnych, bez weekendowych)	Liczba linii wychodzących poza miasto	Liczba graniczących gmin obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba graniczących gmin nie obsługiwanych przez komunikację miejską	Liczba gmin nie graniczących z powiatem grodzkim obsługiwanych przez komunikację miejską
Świnoujście	41 509	7	1	1	1	0
Tarnobrzeg	48 558	9	0	0	4	0
Tarnów	112 952	28	11	3	3	1
Toruń	204 299	37	7	2	2	1
Tychy	129 112	42	19	7	0	6
Wałbrzych	121 146	12	7	4	4	0
Warszawa	1700 112	207	45	16	1	5
Włocławek	115 546	23	4	3	3	0
Wrocław	630 691	76	22	8	0	0
Zabrze	179 452	41	32	5	0	6
Zamość	65 612	25	4	2	0	1
Zielona Góra	119 023	25	10	1	1	1
Żory	62 052	7	2	2	5	0

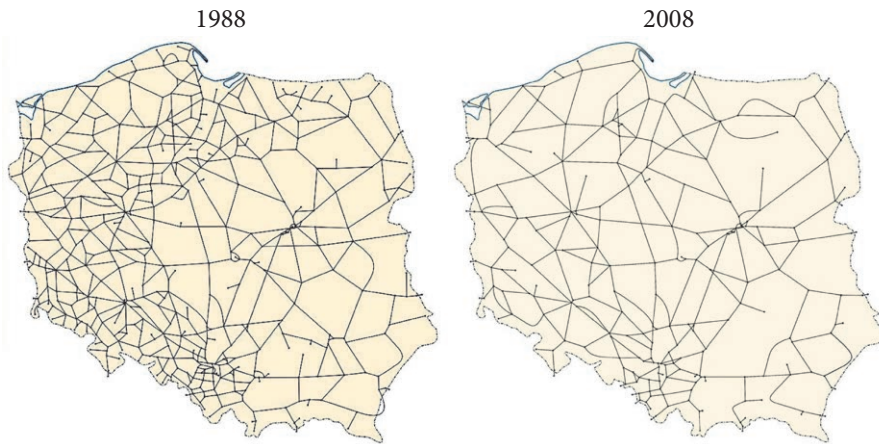
5. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW I SIECI POŁĄCZEŃ W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

5.1. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW

Przemiany, jakie nastąpiły w Polsce po roku 1989 dotknęły wszystkie działy gospodarki, w tym transport kolejowy. Dotychczasowa infrastruktura i system przewozów musiały stawić czoła nowej strukturze produkcji, liberalizacji cen, zmienionemu układowi wewnętrznych powiązań gospodarczych, zmodyfikowanym kierunkom w polskim handlu zagranicznym i tranzycie oraz innym czynnikom towarzyszącym procesowi transformacji. Odtąd zaczęła liczyć się efektywność pracy, jakość świadczonych usług i elastyczność funkcjonowania na rynku. Poszczególne gałęzie transportu nie wykazywały jednakowych zdolności adaptacyjnych. Sektor kolejowy, z racji swej specyfiki, szczególnie ciężko przechodził czas transformacji (Węclawowicz i in. 2006; Mindur 2007). Pod względem dynamiki i charakteru zachodzących zmian, okres ten można podzielić na dwie główne fazy: od 1989 do 2004 (moment wstąpienia Polski do Unii Europejskiej) oraz po 2004 roku (pojawienie się znacznych środków na inwestycje infrastrukturalne z funduszy UE).

Jedno przedsiębiorstwo państwowe PKP nie przystawało do nowych realiów gospodarczych. Firma działała nieefektywnie, występował przerost zatrudnienia, a oferta usług przewozowych nie odpowiadała oczekiwaniom wolnego rynku. Pozycja monopolisty oraz silna rola związków zawodowych nie sprzyjały reformom. Proces restrukturyzacji PKP rozpoczął się dopiero w 1997 roku (uchwalenie *Ustawy o transporcie kolejowym*). Cztery lata później, na mocy *Ustawy o komercjalizacji, restrukturyzacji i prywatyzacji przedsiębiorstwa państwowego PKP*, instytucja ta podzielona została na 24 spółki Grupy PKP, odpowiedzialne za odrębne dziedziny działalności. Kluczową kwestią było rozłączenie funkcji przewoźnika od funkcji administratora infrastruktury. Powołano wtedy m.in. spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe (PKP PLK), która stała się zarządcą większości linii normalnotorowych. Wszystkie podmioty prowadzące działalność przewozową zostały zobowiązane do wnoszenia opłat za dostęp do infrastruktury kolejowej, których wielkość została uzależniona od masy pociągu i kategorii linii. Odtąd opłaty za dostęp weszły na stałe do części kosztowej działalności przewozowej. Akcesja do Unii Europejskiej wymusiła na Polsce kolejne zmiany w prawodawstwie (*Ustawa o transporcie kolejowym z 2003 roku*), co dało podstawy do rozpoczęcia liberalizacji rynku kolejowego (Lijewski 2006; Taylor, Ciechański 2005, 2010).

Istnienie przewozów kolejowych jest nieodłącznie związane z dostępem do infrastruktury liniowej. Regres sieci jaki miał miejsce na przełomie XX i XXI w. w sposób niebagatelny wpłynął na zasięg obsługi obszaru Polski przez transport kolejowy. Największą skalę zjawisko to osiągnęło podczas okresu transformacji (Taylor 2007). W roku 1985 długość linii będących w eksploatacji, wraz z kolejami wąskotorowymi użytku publicznego, wynosiła aż 27,1 tys. km (*Rocznik Statystyczny 1992*). W 1989 roku zmniejszyła się do 26,6 tys. km (24,3 tys. km, bez linii wąskotorowych). Do końca lat 90. XX w. wielkość ta spadła poniżej 23 tys. km, a w pierwszej dekadzie XXI wieku ogólna długość eksploatowanej, państwowej sieci wynosiła mniej niż 20 tys. km (pomijając koleje przemysłowe) i w porównaniu ze stanem z lat 80. zmniejszyła się o ok. 8 tys. km, w tym ponad 2 tys. km stanowiły zamknięte linie wąskotorowe, które do końca lat 90. utraciły gospodarcze znaczenie.



Ryc. 5.1. Regres sieci kolejowych połączeń pasażerskich 1988–2008

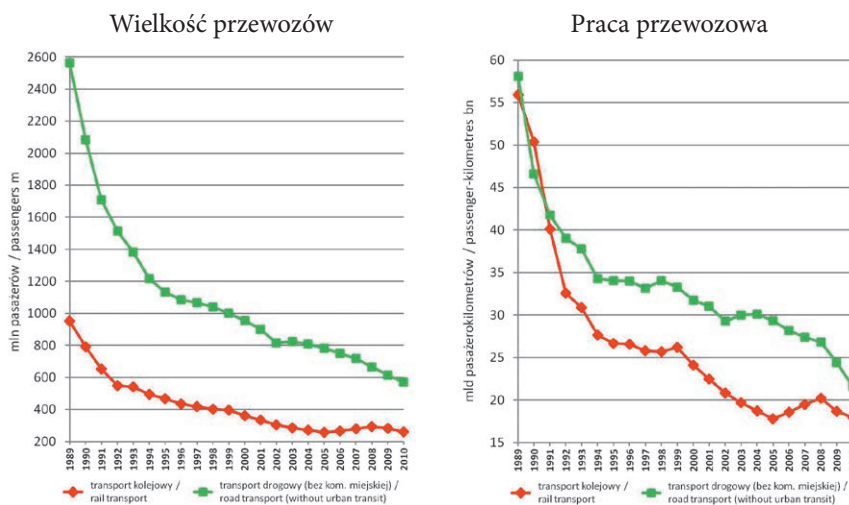
Fig. 5.1. Regression of rail passenger networks, 1988–2008

Źródło: Komusiński (2010)

Wraz z regresem infrastruktury następował regres sieci połączeń pasażerskich, co doskonale ilustrują mapy wykonane przez Komusińskiego (2010). Paradoksalnie, w wyniku regresu zniwelowane zostały niekorzystne różnice w gęstości sieci, jakie występowały pomiędzy regionami kraju. Tereny Śląska, Wielkopolski i Pomorza, gdzie miał miejsce największy ubytek, charakteryzowały się wcześniej znacznie wyższą gęstością, aniżeli obszary wschodniej Polski. Różnice te były świadectwem powstawania większości linii w czasach zaborów, w trzech różnych systemach polityczno-gospodarczych. W warunkach, jakie zaistniały po II wojnie światowej, szereg linii utraciło swoje pierwotne znaczenie, stając się odcinkami drugorzędnymi, bądź miejscowego znaczenia. Spadek wielkości przewozów na poszczególnych liniach był często

przyczyną zawieszania na nich ruchu, a w dalszej perspektywie – likwidacji linii (Taylor 2007). Po roku 1989, wraz z rozwojem motoryzacji indywidualnej, w przypadku wielu regionalnych i lokalnych odcinków wyraźnie zmniejszył się popyt na przewozy. Posiadanie połączenia kolejowego nie było już symbolem prestiżu dla miejscowości. W okresie transformacji pasażerskie połączenia utraciło wiele obecnych miast powiatowych, m.in. Gołdap, Łomża (byłe miasto wojewódzkie), Sokołów Podlaski, Lubartów, Międzychód, Śrem, a także uzdrowiska i miejscowości atrakcyjne turystycznie, np. Busko-Zdrój, Świeradów-Zdrój, Kartuzy, Białowieża czy Chełmno (Lijewski 2006; Komusiński 2010). Zaistniałe braki w ofercie przewozowej w szybkim tempie uzupełniane były przez komunikację samochodową (PKS, busy).

Wielkość przewozów oraz pracy przewozowej w pasażerskim transporcie kolejowym aż do 2005 roku cechowała się wyraźną tendencją spadkową. Największe spadki notowano w latach 1989–1992 (ryc. 5.2). Na taką sytuację złożył się przede wszystkim gwałtowny wzrost liczby samochodów osobowych (zwiększenie mobilności indywidualnej), rozwój konkurencyjnych wobec kolei prywatnych przewoźników samochodowych oraz zjawisko bezrobocia, które ograniczyło ilość pasażerów dojeżdżających codziennie do pracy pociągami i zmniejszyło udział przejazdów na wypoczynek, co było także przejawem zubożenia społeczeństwa (Bagińska 2007; Taylor 2007; Węclawowicz i in. 2006).



Ryc. 5.2. Zmiany wielkości pracy przewozowej oraz przewozów osób w kolejowym i samochodowym transporcie pasażerskim w Polsce, w latach 1989–2010

Fig. 5.2. Changes in transport traffic performance and carriage of people via Poland's rail and road passenger transport, in the years 1989–2010

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Rocznik Statystyczny 1992, 1995, 1998; Mały Rocznik Statystyczny 2000–2010; Transport – wyniki działalności w 2010 roku*

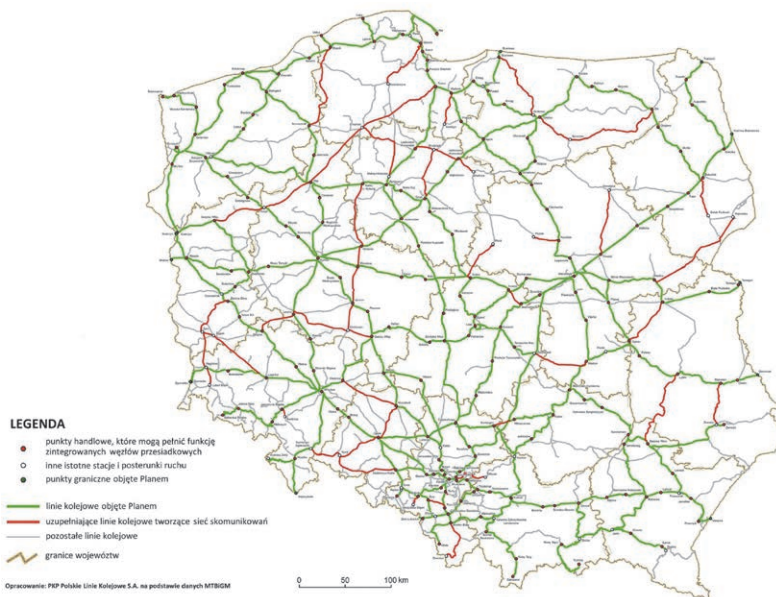
Sektor pasażerski mimo możliwości prawnych, jakie zaistniały po 2003 roku, nie uległ pełnej liberalizacji. Wynikało to poniekąd z mniejszego zainteresowania podmiotów prywatnych tą, przynoszącą niższe dochody branżą (w przeciwieństwie do sektora towarowego). Ponadto, kilka prób uruchomienia działalności przez zewnętrzne firmy spotkało się z protestami kolejowych środowisk związkowych. Wyodrębnione z PKP spółki przewozowe, które zdominowały rynek, nie stanowiły wobec siebie realnej konkurencji. Działały bowiem w odrębnych sektorach – w przewozach dalekobieżnych, regionalnych i aglomeracyjnych (Taylor, Ciechański 2011).

Specyficzny przypadek stanowiła spółka PKP Przewozy Regionalne, która obok obsługi lokalnych połączeń, zajmowała się realizacją przewozów międzywojewódzkich. Miały one wyrównywać straty ponoszone na nierentownych trasach. W praktyce, w wyniku wewnętrznych ustaleń w Grupie PKP, oferta tej spółki była redukowana, aby zlikwidować konkurencję z głównym przewoźnikiem dalekobieżnym – PKP Intercity. Za finansowanie przewozów międzywojewódzkich odpowiedzialność przejęło ministerstwo właściwe ds. transportu. Niezależnie od tego część oferty przewozowej spółki PKP Intercity przynosząca duże dochody ze sprzedaży miało w pełni komercyjny charakter i realizowane było bez dodatkowego wsparcia z budżetu centralnego. Od 2004 roku finansowanie i organizacja regionalnych połączeń kolejowych stało się natomiast zadaniem samorządów województw, które dokonywały również zakupów nowego taboru (głównie autobusów szynowych), użyczając go do użytkowania przez PKP Przewozy Regionalne (Ciechański 2007).

Przeprowadzone pod koniec 2008 roku tzw. usamorządowanie, w wyniku którego spółka Przewozy Regionalne wyłączona została z Grupy PKP i przekazana na własność samorządom, nie przyniosło oczekiwanych rezultatów. Niektóre samorzady, nie chcąc współfinansować deficytowych połączeń w innych województwach, decydowały się na powołanie własnych, regionalnych spółek przewozowych. Prekursorem było województwo mazowieckie, które już w 2004 roku (początkowo przy współudziale spółki PKP Przewozy Regionalne) utworzyło Koleje Mazowieckie (KM), stając się z czasem, dzięki gruntownej wymianie taboru, najnowocześniejszym przewoźnikiem regionalnym w kraju. W ślad za KM, w 2008 roku powstały Koleje Dolnośląskie, działające na niezelektryfikowanych odcinkach, w tym kilku reaktywowanych, np. Kłodzko-Wałbrzych. W 2010 utworzono Koleje Śląskie i Koleje Wielkopolskie (Taylor, Ciechański 2011), które w kolejnych latach rozpoczęły przewozy. W ślad za czterema województwami poszły kolejne. W 2014 roku działalność przewozową zainaugurowała Łódzka Kolej Aglomeracyjna, a rok później Koleje Małopolskie. Organizacja niezależnych spółek wojewódzkich w dalszym ciągu nie wprowadza faktycznej konkurencji, gdyż z monopolu krajowego zaczęły kształtować się małe monopole w skali regionalnej. Włączanie się niezależnych podmiotów jest ograniczone złożonością

procedur administracyjnych umożliwiających rozpoczęcie działalności oraz często brakiem odpowiedniego taboru po stronie przewoźnika.

Jedynym niezależnym operatorem pasażerskim, który zaczął działać w 2007 roku w województwie kujawsko-pomorskim, jest wyłoniona w procedurze przetargowej firma ArrivaPCC (po przejściu przez DB Schenker występuje pod nazwą ArrivaRP), realizująca przewozy na liniach nieelektryfikowanych, własnymi wagonami motorowymi oraz taborom użyczonym przez Samorząd Województwa (Beim, Gadziński 2010).



Ryc. 5.3. Planowana sieć pasażerskich kolejowych połączeń międzynarodowych i międzywojewódzkich objętych krajowym planem transportowym wraz z siecią uzupełniającą opartą o skomunikowania

Fig. 5.3. Planned international and inter-regional passenger railway networks covered by national transport plan in conjunction with supplementing network based on connections

Źródło: *Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego – międzywojewódzkie i międzynarodowe przewozy pasażerskie w transporcie kolejowym*

Plany transportowe, wprowadzone do polskiego systemu prawnego poprzez *Ustawę o publicznym transporcie zbiorowym* uchwaloną w 2010 roku, mają za zadanie kształtować w perspektywie wieloletniej (dłuższej niż jedna kadencja władz) system publicznego transportu zbiorowego w skali kraju, województw, powiatów i gmin. W odniesieniu do sektora kolejowego od końca października 2012 r. funkcjonuje krajowy plan transportowy pod nazwą *Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego – międzywojewódzkie i międzynarodowe przewozy pasażerskie w transporcie*

kolejowym. Mapę międzynarodowych i międzywojewódzkich połączeń kolejowych, stanowiącą część graficzną tego dokumentu, przedstawiono na rycinie 5.3. W planie uwzględniono także sieć uzupełniającą wynikającą ze skomunikowań połączeń regionalnych. Głównym celem planów transportowych jest integracja i usprawnienie komunikacji pasażerskiej w obrębie danej jednostki terytorialnej. Długofalowa strategia pozwoli na prowadzenie stabilnej polityki transportowej. Przez szereg lat brakowało tego typu rozwiązań regulacyjnych. W przewozach pasażerskich, będących pewnego rodzaju służbą publiczną, trudno jest mówić o otwartym rynku opartym na wolnej konkurencji (w przeciwieństwie do przewozów towarowych). Dotyczy to w szczególności tych połączeń regionalnych, które z komercyjnego punktu widzenia nie miałyby racji bytu (wymagają dotacji), a są ważne dla obsługi ludności (Grobelny 2012; Kowalski 2012).

5.2. SIEĆ POŁĄCZEŃ EKSPRESOWYCH

Na sieć kolejowych połączeń pasażerskich uwzględnioną w modelu MULTIMODACC składają się dwie podsieci: międzywojewódzka i regionalna. Pierwsza z nich wykazuje większą spójność przestrzenną, przy jednocześnie mniejszej dostępności na poziomie gminnym. Każda z podsieci wprowadzona do bazy danych zawiera unikalne trasy pociągów, rozumiane jako odrębne zbiory stacji zatrzymania między punktami A i B (miejsca i liczba zatrzymań na trasie może się różnić).

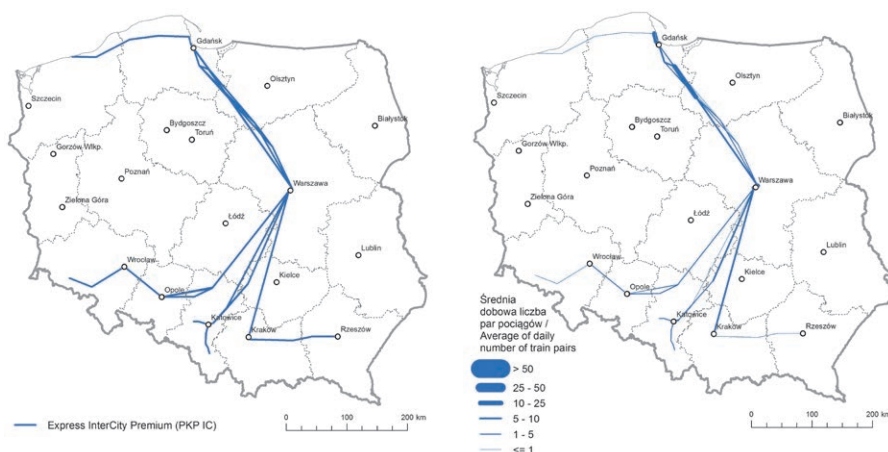
Liderem w przewozach międzywojewódzkich jest spółka PKP Intercity oferująca cztery kategorie pociągów o zróżnicowanym standardzie, które można podzielić na grupę połączeń ekspresowych i pośpiesznych.

Tabela 5.1. Charakterystyka ilościowa sieci połączeń międzywojewódzkich ekspresowych w 2015 r.

Przewoźnik	Kategoria pociągu	Liczba unikalnych tras	Średnia dobowa liczba par połączeń	
			w dni robocze	w weekendy
PKP Intercity	Express InterCity Premium (EIP)	27	23,31	17,65
	Express InterCity (EIC)	16	22,34	20,17
OGÓŁEM		43	45,65	37,82

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

Zasięg przestrzenny najszybszych połączeń ekspresowych w kategorii Express InterCity Premium (EIP) (z wykorzystaniem składów ED250 „Pendolino”) ogranicza się do południkowego korytarza transportowego Gdynia–Warszawa–Kraków/Katowice/Częstochowa/Opole/Wrocław, gdzie występuje największa częstotliwość kursowania, oraz do wybranych ośrodków niższego rzędu takich jak: Kołobrzeg, Koszalin, Słupsk, Tarnów, Rzeszów, Bielsko-Biała, Gliwice, Wałbrzych, Jelenia Góra, z jedną lub dwiema parami połączeń dziennie. Do pociągów EIP nie mają natomiast bezpośredniego dostępu mieszkańcy województw: lubuskiego, wielkopolskiego, kujawsko-pomorskiego, podlaskiego i lubelskiego (ryc. 5.4).

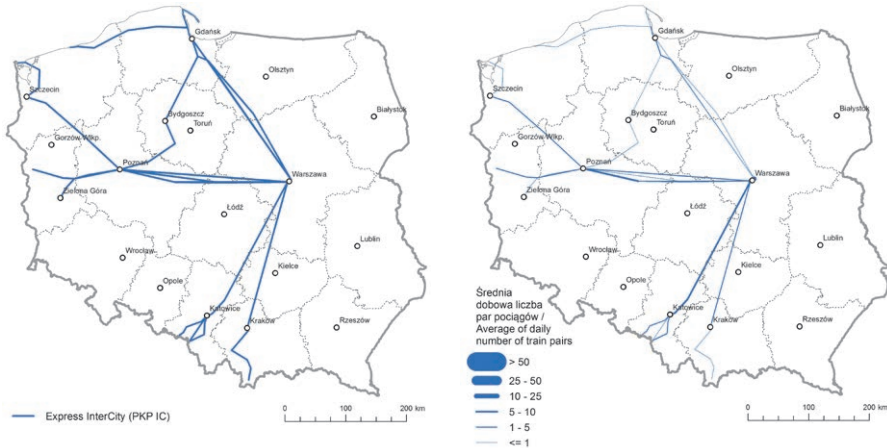


Ryc. 5.4. Pociągi Express InterCity Premium (EIP): sieci połączeń oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.4. Express InterCity Premium (EIP) trains: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

Sieć połączeń pociągami Express InterCity (EIC) posiada nieco szerszy zasięg, obejmując główne miasta w ramach centralnego heksagonu (z wyjątkiem Wrocławia), pomijając jednocześnie obszar Polski północno-wschodniej. Najważniejszym szlakiem jest w tej podsięci odcinek Warszawa–Poznań, który nie posiada żadnego połączenia EIP. Dostęp do tej kategorii posiadają także mniejsze miasta wojewódzkie w zachodniej części kraju (Szczecin, Zielona Góra, Bydgoszcz) oraz w sezonie turystycznym miejscowości wypoczynkowe (Świnoujście, Kołobrzeg, Zakopane). W sieci EIC uwzględnia się także połączenia międzynarodowe dostępne w komunikacji krajowej (pociągi w kierunku Berlina, Pragi, Wiednia, Bratysławy i Budapesztu), ze stacjami granicznymi Rzepin, Chałupki i Zebrzydowice (ryc. 5.5). Pociągi EIP oraz EIC dedykowane są w szczególności podróżnym biznesowym.



Ryc. 5.5. Pociągi Express InterCity (EIC): sieci połączeń oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.5. Express InterCity (EIC) trains: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

5.3. SIEĆ POŁĄCZEŃ WOJEWÓDZKICH POSPIESZNYCH

Połączenia międzywojewódzkie pośpieszne zdominowane są przez pociągi przewoźnika PKP Intercity. W rozkładzie jazdy 2015/2016 działalność w tym sektorze prowadziła również spółka Przewozy Regionalne (pociągi interREGIO, jedynie na odcinku Warszawa–Łódź) oraz Koleje Mazowieckie (pociągi „Słoneczny” z Warszawy do Gdyni i Ustki oraz „Dragon” z Warszawy do Krakowa, w sezonie letnim), jednakże ich udział w rynku był marginalny.

Do grupy połączeń pośpiesznych PKP Intercity należą kategorie pociągów InterCity (IC) oraz „Twoje Linie Kolejowe” (TLK). Charakteryzują się wyraźnie większą dostępnością na obszarze całego kraju. Są dedykowane grupie pasażerów niskobudżetowych. Pociągi IC obsługiwane są nowszym, bardziej komfortowym dla pasażera taborem zakupionym w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007–2013 (m.in. składy zespolone produkcji Pesa oraz Stadler). Pod względem kosztów podróży można traktować je wspólnie z TLK, gdyż posiadają jednakową taryfę biletową. Natomiast w aspekcie częstotliwości kursowania, w skali ogólnokrajowej, kategoria IC występuje dwukrotnie rzadziej niż TLK (tab. 5.2).

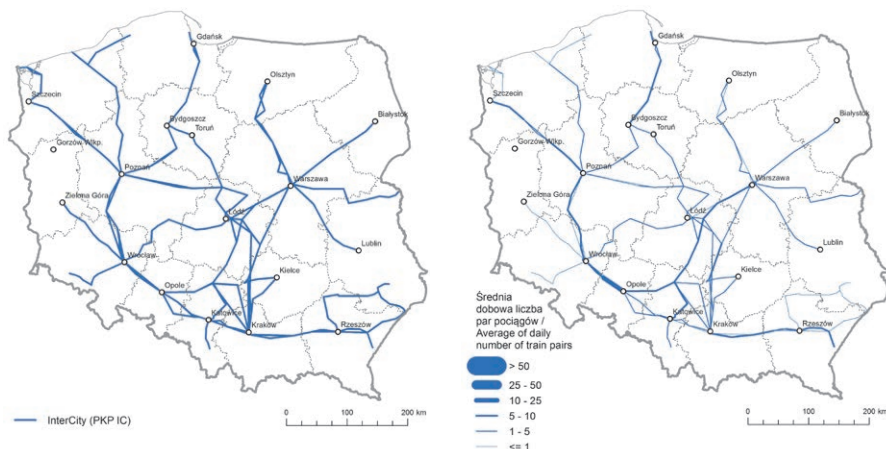
Sieć IC obejmuje 15 stolic województw (jedynie Gorzów Wielkopolski nie posiada tego typu połączenia), oraz wiele ośrodków subregionalnych (nie zawsze całoroczna dostępność), a wśród nich m.in.: Świnoujście,

Koszalin, Słupsk, Piła, Wałbrzych, Jelenia Góra, Kędzierzyn Koźle, Bielsko-Biała, Kalisz, Częstochowa, Tarnów, Przemyśl i Zamość. Największa częstotliwość zaznacza się wzdłuż ciągów transportowych Szczecin–Poznań–Wrocław–Opole–Częstochowa–Warszawa/Katowice–Kraków–Rzeszów oraz Bydgoszcz–Gdynia (ryc. 5.6).

Tabela 5.2. Charakterystyka ilościowa sieci połączeń międzywojewódzkich pociągów w 2015 r.

Przewoźnik	Kategoria pociągu	Liczba unikalnych tras	Średnia dobowo liczba par połączeń	
			w dni robocze	w weekendy
PKP Intercity	InterCity (IC)	40	36,89	34,65
	„Twoje Linie Kolejowe” (TLK)	83	69,18	62,32
Przewozy Regionalne	interREGIO	1	5,98	2,76
Koleje Mazowieckie	sezonowe pociągi „Słoneczny” i „Dragon”	4	0,41	1,54
OGÓŁEM		128	112,45	101,27

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

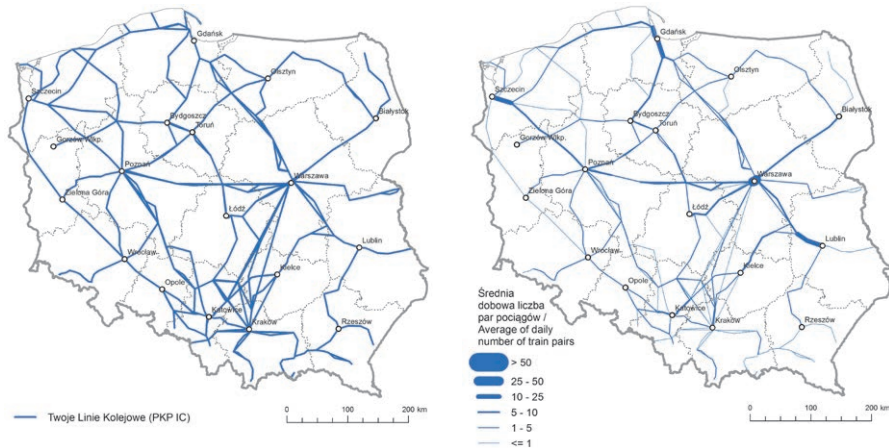


Ryc. 5.6. Pociągi InterCity (IC): sieci połączeń oraz natężenie ruchu w dni robocze
Fig. 5.6. InterCity (EIC) trains: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

Pociągi TLK docierają do wszystkich ośrodków regionalnych, uzupełniając jednocześnie połączenia międzywojewódzkie wzdłuż linii kolejowych nie

będących odcinkami magistralnymi. Największa częstotliwość występuje na trasach: Szczecin–Poznań–Warszawa–Białystok/Lublin/Kielce oraz Koszalin–Słupsk–Gdynia–Tczew–Bydgoszcz–Toruń–Kutno. W sezonie wakacyjnym uruchamiane są ponadto połączenia do miejscowości wypoczynkowych: Ustka, Łeba, Hel, Szklarska Poręba, Wisła, Krynica, Zagórz (ryc. 5.7).



Ryc. 5.7. Pociągi „Twoje Linie Kolejowe” (TLK): sieci połączeń oraz natężenie ruchu w dni robocze

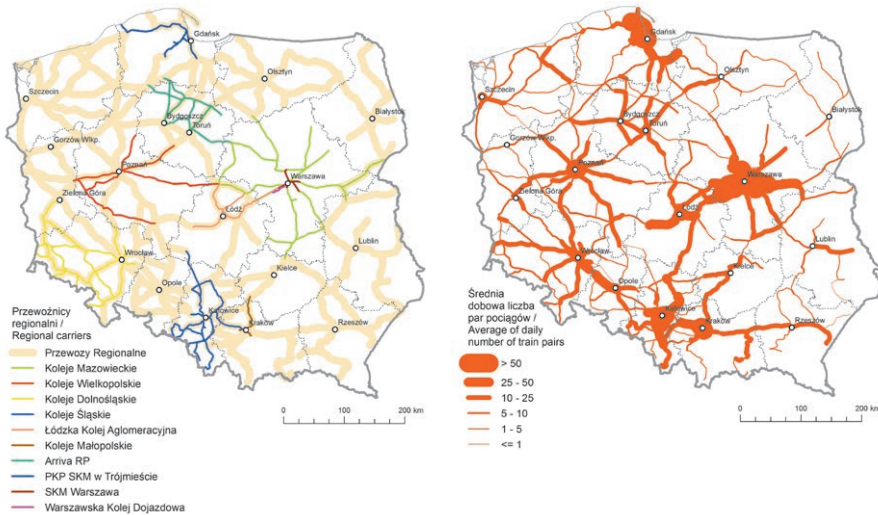
Fig. 5.7. „Twoje Linie Kolejowe” (TLK) trains: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

5.4. SIEĆ POŁĄCZEŃ REGIONALNYCH

Podsieć regionalna obejmuje swym zasięgiem znacznie większą liczbę gmin aniżeli podsieć międzywojewódzka. Zauważalne są jednak pewne nieciągłości sieci w rejonie granic niektórych województw, wynikające ze specyfiki finansowania przewozów. Każdy samorząd dotuje połączenia przede wszystkim na własnym terenie, unikając dofinansowywania odcinków wykraczających poza granice regionu. Przykładem tego są m.in. pogranicza województw: wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego (brak połączeń na odcinku Gołańcz–Bydgoszcz), mazowieckiego i podlaskiego (odcinek Małkinia–Łapy), mazowieckiego i łódzkiego (odcinek Przysucha–Tomaszów Maz.), świętokrzyskiego i podkarpackiego (odcinek Sandomierz–Tarnobrzeg), małopolskiego i śląskiego (odcinek Sucha Beskidzka–Żywiec) oraz dolnośląskiego i opolskiego (odcinek Kamieniec Ząbkowicki–Nysa). Największe częstotliwości pociągów regionalnych notowane są na obszarach aglomeracyjnych i szlakach prowadzących do ośrodków miejskich niższego

rzędu, stanowiących lokalne rynki pracy. Szczególnie dużo połączeń dostępne jest w aglomeracjach: warszawskiej, trójmiejskiej, poznańskiej, wrocławskiej, katowickiej, krakowskiej i łódzkiej (ryc. 5.8).

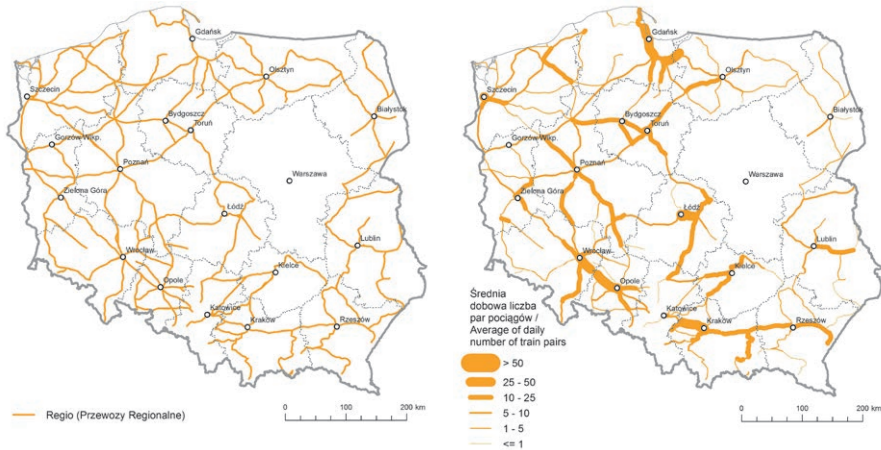


Ryc. 5.8. Pociągi regionalne ogółem: sieci połączeń wg przewoźników oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.8. Regional trains in total: networks of connections by rail carriers and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

W ramach podsieci regionalnej działa jedenastu przewoźników (ryc. 5.9; tab. 5.3). Wiodącą rolę odgrywa spółka Przewozy Regionalne, uruchamiająca pociągi REGIO. Posiada prawie 40%-owy udział w ramach podsieci, z największą częstotliwością kursowania w skali kraju (średnio ok. 840 par pociągów uruchamianych w dni robocze). Sieć połączeń REGIO dostępna jest we wszystkich województwach, ale ich poziom dostępności jest ograniczony w regionach, w których utworzone zostały własne spółki przewozowe, w szczególności w województwie mazowieckim. Wiodącą rolę Przewozy Regionalne odgrywają natomiast na terenie województw: zachodniopomorskiego, warmińsko-mazurskiego, podlaskiego, lubuskiego, opolskiego, lubelskiego, świętokrzyskiego, małopolskiego i podkarpackiego (ryc. 5.9).



Ryc. 5.9. Pociągi spółki Przewozy Regionalne: sieci połączeń oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.9. Trains of Przewozy Regionalne rail carrier: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

Koleje Mazowieckie posiadają drugi w kolejności udział w ramach podsięci (ok. 18%). Spółka obsługuje niemal wszystkie połączenia regionalne na terenie województwa mazowieckiego (w aglomeracji warszawskiej tylko część połączeń) oraz kilka tras wychodzących poza granice (do Działdowa, Czeremchy, Łukowa, Dęblińska, Skarżyska Kamienna, Łowicza i Kutna (ryc. 5.8)). Pociągi pozostałych spółek wojewódzkich, w rozkładzie jazdy 2015/2016, kursowały tylko na wybranych trasach, dzieląc pozostałe odcinki z Przewozami Regionalnymi. Były to: ArrivaRP (na terenie województwa kujawsko-pomorskiego), Koleje Dolnośląskie, Koleje Wielkopolskie, Koleje Śląskie, Łódzka Kolej Aglomeracyjna, Koleje Małopolskie.

Wraz z rozwojem spółek przewozowych, rozbudową parku taborowego, ma miejsce stopniowe przejmowanie sieci połączeń. W początkowej fazie pierwsi niezależni przewoźnicy obsługiwali wyłącznie trasy nieelektryfikowane, z racji dysponowania tylko taborem spalinowym (autobusy szynowe), z czasem wzbogacili się o jednostki elektryczne. W badanym rozkładzie jazdy wszystkie spółki regionalne posiadały już tabor elektryczny.

Obszary aglomeracyjne cechuje największe natężenie przewozów pasażerskich w ramach podsięci regionalnej oraz znaczne zróżnicowanie średniej liczby kursów pomiędzy dniami roboczymi i weekendami, związane z obsługą dojazdów do pracy. W dwóch aglomeracjach, oprócz wymienionych wcześniej spółek regionalnych, działają także przewoźnicy nastawieni na transport osób w obrębie miasta i terenów podmiejskich.

Tabela 5.3. Charakterystyka ilościowa sieci połączeń regionalnych w 2015 r.

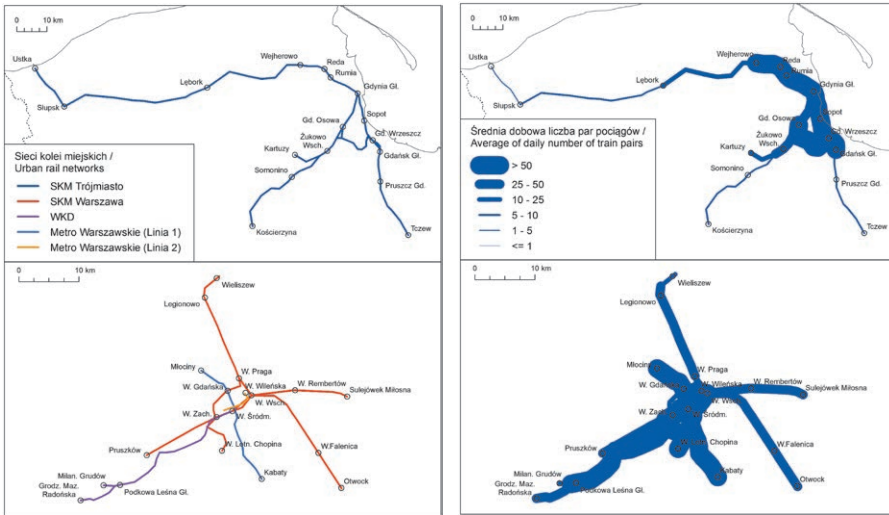
Przewoźnik	Kategoria pociągu	Liczba unikalnych tras	Średnia dobowa liczba par połączeń	
			w dni robocze	w weekendy
Przewozy Regionalne	REGIO	302	840,6455	654,9415
Arriva RP	osobowy	24	62,6045	49,215
Koleje Dolnośląskie		29	104,6165	89,644
Koleje Mazowieckie		89	402,386	296,191
Koleje Małopolskie		4	57,535	53,4065
Koleje Śląskie		39	174,755	130,325
Koleje Wielkopolskie		20	63,0125	46,038
Łódzka Kolej Aglomeracyjna		11	65,8255	48,9345
PKP SKM w Trójmieście		20	211,8495	164,0095
SKM Warszawa		10	110,244	98,584
Warszawska Kolej Dojazdowa		6	74	39
OGÓLEM			554	2167,47

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

W aglomeracji warszawskiej funkcjonują dwie spółki kolejowe: Szybka Kolej Miejska (podlega Zarządowi Transportu Miejskiego) oraz Warszawska Kolej Dojazdowa (współwłasność Samorządu Województwa Mazowieckiego i gmin położonych na trasie). Pociągi SKM Warszawa łączą Pruszków, Otwock, Sulejówkę i Legionowo z Warszawą oraz Lotniskiem Chopina. WKD operuje w rejonie gmin położonych w lewobrzeżnej części aglomeracji, łącząc Warszawę z Pruszkowem, Podkową Leśną, Milanówkiem i Grodziskiem Mazowieckim. W modelu MULTIMODACC uwzględniono dodatkowo linie Metra Warszawskiego (M1 i M2), łączące trzy oddzielone od siebie dworce kolejowe: Śródmieście, Gdański i Wileński, zapewniając możliwość dogodnej przesiadki (ryc. 5.10).

W aglomeracji trójmiejskiej, obok Przewozów Regionalnych, bardzo ważną rolę w komunikacji miejskiej i podmiejskiej odgrywają pociągi spółki PKP Szybka Kolej Miejska (współwłasność grupy PKP i samorządów lokalnych). Główne potoki ruchu odbywają się między Gdańskiem, Gdynią a Wejherowem oraz wzdłuż nowego odcinka Pomorskiej Kolei Metropolitalnej (PKP SKM wygrało tam przetarg na świadczenie usług przewozowych). Część kursów odbywa się na wydłużonych trasach: do Tczewa, Kościerzyny, Kartuz, Łęborka, Słupska i Ustki (ryc. 5.10). Poczynając od rozkładu jazdy 2015/2016

Przewozy Regionalne prowadzą wyłączną działalność jedynie na odcinku Reda–Władysławowo–Hel (wcześniej obsługiwały także odcinek w kierunku Kościerzyny).



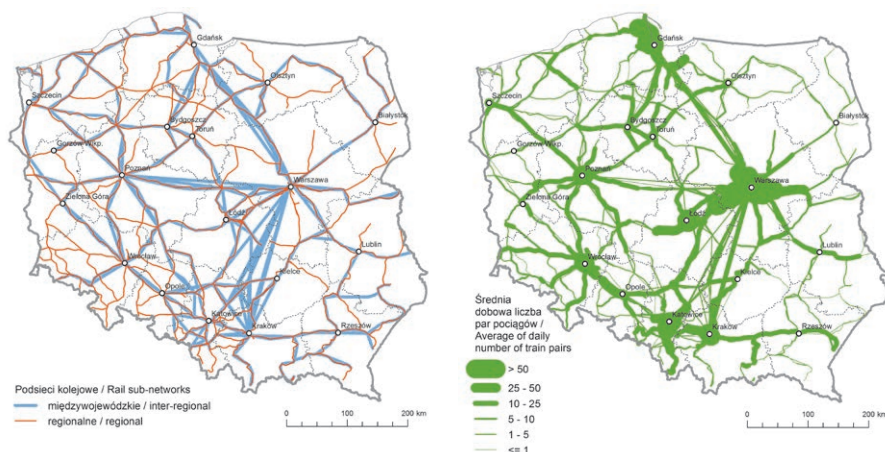
Ryc. 5.10. Pociągi w aglomeracjach trójmiejskiej i warszawskiej: sieci połączeń wg przewoźników oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.10. Trains in Tri-City and Warsaw agglomerations: networks of connections and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

5.5. SIECI POŁĄCZEŃ KOLEJOWYCH – UJĘCIE CAŁOŚCIOWE

Zestawiając wszystkie sieci połączeń kolejowych, w ich układzie przestrzennym wciąż można zauważyć koncentrację na obszarze byłego zaboru pruskiego. Występuje wyraźnie gorsza dostępność pociągów pasażerskich, w szczególności w aspekcie częstotliwości (ryc. 5.11), w podregionie Polski Wschodniej oraz częściach województwa mazowieckiego. Jest tam też uboższa sieć połączeń międzywojewódzkich. Jako główne krajowe węzły komunikacji kolejowej wyodrębniają się ośrodki należące do tzw. centralnego heksagonu: Warszawa, Trójmiasto, Poznań, Wrocław, Katowice i Kraków.



Ryc. 5.11. Wszystkie pociągi: sieci połączeń (oznaczono nieciągłości międzyregionalne) oraz natężenie ruchu w dni robocze

Fig. 5.11. All trains: networks of connections (inter-regional network discontinuities are marked) and average number of train pairs per working day

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016



Ryc. 5.12. Struktura podsieci połączeń kolejowych w 2015 r.

Fig. 5.12. Sub-network structure of rail connections, as of 2015

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

Do podsieci regionalnej należy ponad 90% ogółu połączeń realizowanych w ramach całej sieci. W dni robocze średnia dobowa liczba uruchamianych pociągów regionalnych wynosi 2167 par, przy jedynie 158 parach pociągów międzywojewódzkich (ryc. 5.12; tab. 5.4). W strukturze bazy danych modelu MULTIMODACC, unikalne trasy w ramach podsieci międzywojewódzkiej stanowią niecałe 23,6%.

Tabela 5.4. Ogólna charakterystyka ilościowa podsięci połączeń kolejowych w 2015 r.

Podsieć	Liczba unikalnych tras	Średnia dobowa liczba par połączeń	
		w dni robocze	w weekendy
międzywojewódzka	171	158,1	139,09
regionalna	554	2167,47	1670,29
OGÓŁEM	725	2325,58	1809,38

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów 2015/2016

6. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW I SIECI POŁĄCZEŃ W TRANSPORCIE LOTNICZYM

6.1. ORGANIZACJA PRZEWOZÓW

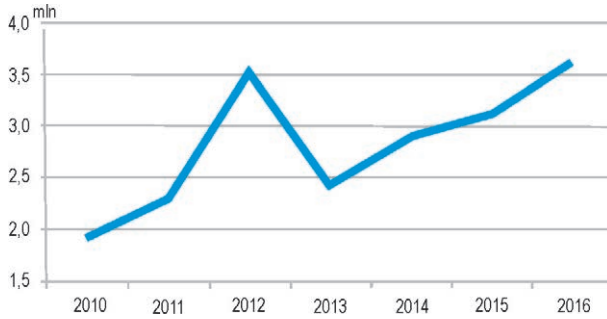
W marcu 2016 r., w okresie kiedy zostało wykonane badanie krajowych połączeń lotniczych. Tego typu połączenia były realizowane przez Polskie Linie Lotnicze LOT (większość połączeń) oraz irlandzkiego przewoźnika Ryanair, który obsługiwał dwie linie z Modlina (w kierunku Gdańska i Wrocławia). Dopiero w drugiej połowie 2016 r. Ryanair przeniósł swoje loty krajowe z Modlina na lotnisko Chopina w Warszawie jednocześnie zwiększając częstotliwość lotów (w 2017 r. przewoźnik dodał również połączenie do Szczecina).

Jeszcze w 2013 r. przewoźnikami oferującymi loty krajowe w Polsce były oprócz LOT-u, Eurolot, oferujący w latach 1997–2015 loty z pominięciem Warszawy (m.in. loty z Gdańska do Wrocławia, Krakowa i Lublina; już w 2012 r. LOT zdecydował, że będzie realizował połączenia krajowe z wykorzystaniem własnej floty, co w konsekwencji skutkowało zakończeniem w kolejnych latach funkcjonowania przewoźnika na polskim niebie), a także Sprint Air oferujący loty z Warszawy do Zielonej Góry. We wcześniejszym okresie funkcjonowała również spółka Jet Air, a następnie OLT Express Regional, przejmując od LOT sukcesywnie część połączeń krajowych. Spółka przestała istnieć w styczniu 2013 r., wcześniej, w 2012 r. zawieszając wykonywane loty i ogłaszając upadłość.

6.2. SIECI POŁĄCZEŃ

W 2016 r. łączny ruch pasażerów w ruchu krajowym w portach lotniczych wyniósł prawie 3,6 mln, przekraczając tym samym nieznacznie rekordową wartość ruchu krajowego z 2012 r. (ryc. 6.1).

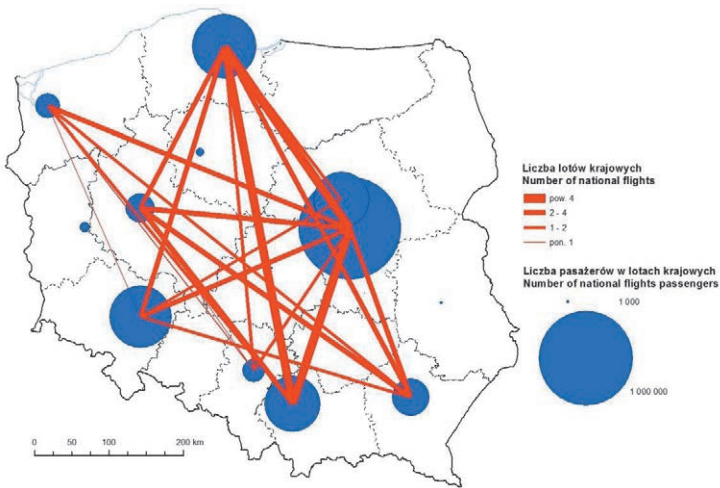
Głównymi obsługiwanymi kierunkami są relacje w trójkącie między Warszawą (na początku 2016 r., również portem w Modlinie), Trójmiastem i Krakowem. Mniejsze znaczenie mają pozostałe regionalne porty lotnicze, w tym w szczególności porty we Wrocławiu, Rzeszowie, Poznaniu, Szczecinie i Katowicach (Pyrzowice). Pozostałe lotniska mają znaczenie marginalne w sensie krajowego ruchu lotniczego (ryc. 6.2).



Ryc. 6.1. Liczba pasażerów w krajowym ruchu lotniczym

Fig. 6.1. Number of passengers in domestic air traffic

Źródło: Urząd Lotnictwa Cywilnego. Statystyki – ruch krajowy (www.ulc.gov.pl)



Ryc. 6.2. Częstotliwość lotów krajowych (03.2016) a liczba pasażerów w lotach krajowych według portów lotniczych (2015)

Fig. 6.2. Frequency of domestic flights (03.2016) and a number of passengers in domestic air traffic by airports (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie m.in. Transport – wyniki działalności w 2015 r., GUS, Warszawa

Podsumowując, krajowe połączenia lotnicze to jedynie ok. 3,6 mln pasażerów, co stanowi mniej niż 1% przewozów w transporcie autobusowym, a zatem udział transportu lotniczego w krajowych przewozach pasażerskich jest jak dotąd marginalny.

7. POZACZASOWE SKŁADOWE KOSZTU PODRÓŻY W POLSCE

7.1. TRANSPORT INDYWIDUALNY

7.1.1. KOSZTY STAŁE I ZMIENNE EKSPLOATACJI POJAZDÓW

Łączny koszt podróży samochodem osobowym składa się z następujących kategorii kosztów (por. Rosik i in. 2012; Rosik, Kowalczyk 2015):

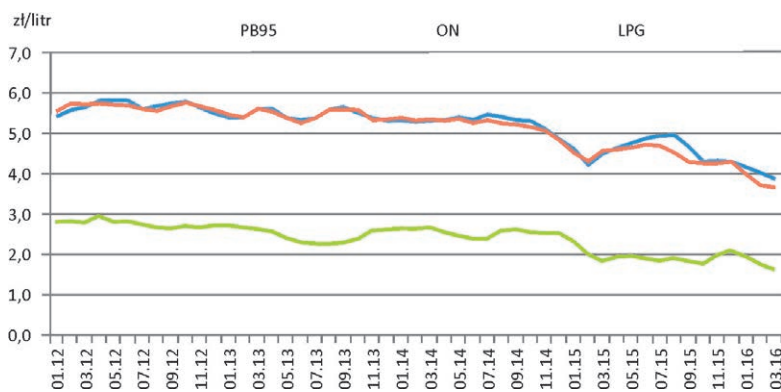
- koszty stałe eksploatacji pojazdów, w tym:
 - koszty związane z przebiegiem pojazdu – zakup samochodu, amortyzacja, koszty obsługi technicznej i napraw bieżących, koszty ogumienia,
 - koszty związane z czasem pracy – koszty osobowe obsługi pojazdu, koszty ubezpieczeń komunikacyjnych, opłaty i podatki,
- koszty zmienne eksploatacji pojazdów (koszty **zużycia paliwa**),
- koszty związane z opłatami za przejazd (w tym **opłaty autostradowe**),
- koszty parkingowe.

Dla podróżnego korzystającego z usług transportu publicznego (w tym kolejowego) koszt podróży ogranicza się do zakupu biletu, podczas gdy koszty stałe eksploatacji pojazdów (autobusów, pociągów itd.) ponosi przewoźnik. Dla właściciela samochodu osobowego, który zazwyczaj ponosi wszystkie koszty związane z eksploatacją pojazdu przy rocznym przebiegu 10 tys. km stałe koszty eksploatacyjne wynoszą od 6,5 tys. zł do ponad 10 tys. zł (Rosik i in. 2012) rocznie, co daje w przeliczeniu na 100 km – od 65 do nawet ponad 100 zł. Tym samym w kosztach ogółem udział kosztów stałych (z uwzględnieniem ceny zakupu pojazdu i jego amortyzacji) jest dla właściciela pojazdu znacznie wyższy niż innych zmiennych. Trudności w dokładnym szacowaniu tej kategorii kosztów, skutkują tym, że w niniejszym opracowaniu zrezygnowano z uwzględniania kosztów stałych i skoncentrowano się na badaniu kosztów zmiennych w postaci kosztów paliwa oraz opłat autostradowych.

Odmiennym zagadnieniem jest też **liczba osób w pojeździe**. W transporcie publicznym z jednego biletu korzysta zazwyczaj jedna osoba. W transporcie indywidualnym liczba osób w pojeździe nie musi ograniczać się jedynie do kierowcy. Według kompleksowych badań ruchu prowadzonych na poziomie aglomeracji, województw lub kraju (np. *Studium układu dróg szybkiego ruchu...* 2008) przeciętna liczba osób w pojeździe wynosi zazwyczaj od ok. 1,3 do 1,7 osoby. Tym samym wraz ze wzrostem napełnienia pojazdu jednostkowy koszt podróży ulega zmniejszeniu.

7.1.2. KOSZTY PALIWA

W Polsce ostateczną cenę litra paliwa kształtują ceny surowca (ropy naftowej), koszty jego przerobu oraz logistyki, koszty sprzedaży hurtowej, marże sieci stacji paliw oraz podatki (VAT i akcyza) (por. Rosik, Kowalczyk 2015). Cena paliwa zależy głównie od cen ropy naftowej oraz wartości złotego względem dolara. Ceny ropy zależą od kształtowania się popytu i podaży na ten surowiec w ujęciu globalnym. W ostatnim okresie ceny paliw w Polsce w pewnym stopniu „podążały” za globalną sytuacją na rynkach surowcowych związaną z utrzymywaniem się bardzo wysokich cen ropy naftowej od początku 2011 do połowy 2014 r. oraz gwałtownym załamaniem się cen ropy naftowej w połowie 2014 roku (ceny ropy spadły z ponad 110 \$ za baryłkę w połowie tego roku do poniżej 50 \$ na początku 2015 r.). Duża część spadku cen ropy naftowej została w Polsce złagodzona wahaniami wartości złotego. Polskie rafinerie kupują paliwo za dolary na podstawie kontraktów z głównym dostawcą surowca jakim jest Rosja. A wartość dolara wyrażona w polskiej walucie wzrosła z nieco ponad 3 zł w 2012 r. do prawie 4 zł w 2015 r. Pomimo deprecjacji złotego dalszy spadek cen ropy naftowej, do mniej niż 30 \$ za baryłkę na początku 2016 r. znalazł jednak, choć z pewnym opóźnieniem, swój wyraz w zmniejszających się cenach paliw detalicznych w Polsce. Według Polskiej Izby Paliw Płynnych 16 marca 2016 r. średnie detaliczne ceny paliw w Polsce wynosiły odpowiednio cena **Pb95 – 4,05 zł, oleju napędowego – 3,88 zł i gazu LPG – 1,65 zł**. Powyższe wartości zostały uwzględnione w kalkulacji kosztu podróży w motoryzacji indywidualnej w niniejszym opracowaniu (ryc. 7.1).



Ryc. 7.1. Zmiany średnich detalicznych cen litra paliwa (benzyny Pb95, oleju napędowego ON oraz gazu LPG) w okresie 01.01.2012–01.03.2016

Fig. 7.1. Changes in average retail prices of one liter of fuel: Pb95 gasoline, diesel oil (ON), and liquid petroleum gas (LPG) in the period 01.01.2012–01.03.2016.

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.autocentrum.pl/paliwa/ceny-paliw>

W Polsce występują relatywnie duże różnice w cenach paliw między województwami. Najniższe ceny pod koniec 2015 r. miały miejsce w świętokrzyskim, a najwyższe w zachodniopomorskim. Różnica między tymi dwoma województwami wyniosła dla Pb95 nawet ponad 5%.

Przyjęcie różnych cen paliw w zależności od obszaru kraju wiązałoby się ze skokowym wzrostem kosztu podróży przy przekraczaniu granicy dowolnego województwa. W modelu **MULTIMODACC** założono zatem stałą cenę paliwa dla obszaru całego kraju. Dla pewnego uproszczenia założono również, że różnice w prędkości pojazdu, a także inne warunki ruchu, takie jak forma terenu oraz stan nawierzchni drogi nie determinują wielkości spalania (por. Rosik, Kowalczyk 2015). Przy wykorzystaniu danych GUS dotyczących struktury parku samochodowego w Polsce w zależności od pojemności silnika oraz stosowanego paliwa, a także danych z serwisu autocentrum.pl dotyczących najczęściej kupowanych marek pojazdów według pojemności silnika oraz rodzaju paliwa obliczono dla Polski średnie spalanie pojazdów osobowych według rodzaju paliwa (por. Rosik i in. 2012; Rosik, Kowalczyk 2015). Biorąc pod uwagę średnie spalanie na 100 km według kategorii pojazdu, udziały pojazdów według rodzaju zasilania (na podstawie danych z 2014 r.) oraz średnie ceny paliw (według danych z marca 2016 r.) można obliczyć **średni koszt paliwa** w podróży samochodem osobowym, który wyniósł **27 zł i 98 groszy na 100 km**. Analiza historyczna średniego kosztu paliwa (por. Rosik, Kowalczyk 2015) wskazuje, że obliczony wskaźnik jest najniższy w okresie członkostwa Polski w Unii Europejskiej, a średnia cena poniżej 28 zł za 100 km ostatnim razem była dostępna dla polskiego kierowcy w 2003 r. Tym samym tak niskie ceny paliw uwzględnione w modelu w dużym stopniu rzutują na przewagę kosztową transportu indywidualnego nad publicznym, w którym ceny paliwa mają niższy wpływ na ostateczną cenę biletu, a co się z tym wiąże – również cenę podróży.

7.1.3. OPŁATY AUTOSTRADOWE

Opłatność za przejazd dla samochodów osobowych zgodnie z obowiązującym prawem będzie docelowo obowiązywać w Polsce na całej sieci autostrad. Przejazd pozostałymi odcinkami dróg, w tym drogami ekspresowymi pozostanie przez najbliższe lata bezpłatny.

W marcu 2016 r. opłaty na autostradach koncesjonowanych (odcinki A1, A2 i A4) wynikały z polityki koncesjonariuszy, natomiast opłaty na wybranych odcinkach autostrad A2 i A4 regulowało Ministerstwo Infrastruktury, które wskazało stawki opłaty za przejazd autostradami w odpowiednim rozporządzeniu w sprawie stawek opłat za przejazd autostradą (<https://www.gddkia.gov.pl>).

W marcu 2016 r. płatnymi odcinkami były w Polsce:

- autostrada A1 – pobierane opłaty na odcinku między węzłami Rusocin (Gdańsk) a węzłem Nowa Wieś (Toruń); ten odcinek autostrady jest drogą wybudowaną w systemie koncesyjnym,
- autostrada A2 – pobierane opłaty na odcinku koncesyjnym od Świecka do Konina (z wyjątkiem autostradowej obwodnicy Poznania) oraz na odcinku zarządzanym przez GDDKiA od Konina do Strykowa,
- autostrada A4 – opłata na odcinku koncesyjnym od Mysłowic do Balic (Kraków) oraz na odcinku Bielany Wrocławskie-Sońnica zarządzanym przez GDDKiA.

Na początku 2016 r. opłaty na odcinkach zarządzanych przez GDDKiA były znacznie niższe niż na odcinkach koncesjonowanych. Stawka opłaty regulowana Rozporządzeniem (<https://www.gddkia.gov.pl>) dla samochodów osobowych wynosi 10 gr za 1 km (10 zł za 100 km). Tymczasem na odcinkach koncesjonowanych opłaty wynosiły:

- na autostradzie A1 opłata za ok. 150 km odcinek między Rusocinem a Nową Wsią pod Toruniem wynosi 29,90 zł, co daje 19 zł i 93 grosze za 100 km,
- na autostradzie A2 opłata za ok. 250 km odcinek między Modłą pod Koninem a Świeckiem wynosi aż 72 zł co daje aż 28 zł i 80 groszy za 100 km,
- na najdroższym odcinku na autostradzie A4 za ok. 50 km odcinek między Balicami a Mysłowicami aż 20 zł, co daje aż 40 zł za 100 km więc czterokrotnie więcej niż na odcinkach zarządzanych przez GDDKiA .

7.2. TRANSPORT AUTOBUSOWY

Jednym z istotnych czynników wpływających na dostępność tak do transportu publicznego jak i za jego pomocą jest koszt podróży. Sam w sobie może być interpretowany jako dostępność ekonomiczna (zob. Guzik 2003) ma też niebagatelny wpływ przy wyborze określonego środka transportu dla odbycia podróży.

Określenie uogólnionego kosztu podróży dla transportu autobusowego jest współcześnie zadaniem niezwykle złożonym. Wynika to z braku jednolitych taryf przewozowych – i to nie tylko między przewoźnikami, których jest w Polsce ponad 8 tys., ale nawet także między różnymi trasami tego samego przewoźnika. Większość przewoźników ustala obecnie ceny biletów na konkretne trasy kierując się m.in. cenami innych przewoźników, w tym także kolejowych, a wtedy odległość jest tylko jednym z czynników kształtujących cenę biletu.

Podobnie jak w przypadku cen biletów kolejowych, także w transporcie autobusowym znaczenie ma typ połączeń – z innym poziomem kosztów dla połączeń pośpiesznych, które dominują w relacjach dalekobieżnych (> 100 km), innym w transporcie regionalnym a jeszcze inaczej będą się one przedstawiać dla połączeń autobusowych podmiejskich – realizowanych przez przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej, gdzie dominują taryfy płaskie – strefowe. W kolejnych podrozdziałach przedstawione zostaną koszty podróży dla wspomnianych trzech typów połączeń. Interesującym zagadnieniem są regionalne różnice w kosztach podróży i pytanie o ich skalę. Takie pytanie narzuca się choćby po pokazanej w rozdziale 4 nierównomierności rozwoju transportu autobusowego w Polsce, która może prowadzić do hipotezy, że w obszarach o silnie rozwiniętym transporcie autobusowym, dzięki wysokiej konkurencji, ceny powinny być niższe niż przeciętnie.

Badanie przeprowadzono w drugiej połowie 2016 roku dla wszystkich przewoźników obsługujących komunikację miejską w 66 miastach na prawie powiatu oraz dla wybranych relacji połączeń dalekobieżnych i regionalnych – to badanie przeprowadzono dla wybranych przewoźników. Dla połączeń dalekobieżnych wybierając przewoźników do badania cen, a dla nich trasy, kierowano się listą największych przewoźników według liczby obsługiwanych kierunków i liczby realizowanych kursów. Dla wybranych w ten sposób przewoźników zbadano po trzy trasy o różnej długości i łączące województwo przewoźnika z trzema innymi przewoźnikami (od tej zasady poczynione nieliczne wyjątki – dla czterech przewoźników zbadano ceny biletów tylko na jednej lub dwóch trasach wynikało to z faktu, że znaleźli się oni na liście znaczących przewoźników z uwagi na liczbę wykonywanych kursów, ale obsługują tylko dwie trasy lub obecnie (w czasie badania cen biletów) obsługiwali mniejszą liczbę tras niż w czasie badania dostępności w 2014 roku). Dla połączeń regionalnych i lokalnych postąpiono analogicznie, tyle że tutaj kierowano się także kluczem geograficznym – dobierano trzech lub pięciu największych przewoźników w danym województwie i dla każdego z wybranych przewoźników zbadano ceny na dwóch trasach wiodących do co najmniej dwóch różnych powiatów.

Na koniec warto podkreślić, że brak integracji taryfowej, nie tylko między różnymi przewoźnikami, ale także dla różnych tras tego samego przewoźnika sprawia, że dla złożonych podróży wieloodcinkowych – każda przesiadka oznacza konieczność zakupu nowego biletu w związku z tym występujący w większości taryf spadek tempa przyrostu ceny wraz z odległością nie zachodzi w takim samym tempie jak w podróżach bezpośrednich.

7.2.1. CENY BILETÓW W POŁĄCZENIACH DALEKOBIEŻNYCH

Podróże autobusowe w połączeniach dalekobieżnych są w przeliczeniu na kilometr tańsze niż odbywane najwyższej klasy połączeniami kolejowymi (np. EIP), ale nieznacznie droższe niż pociągami IC lub TLK. Średnia cena biletu za 1 km trasy wynosi dla 91 zbadanych połączeń – 0,24 zł. Korzystanie z autobusowych kursów dalekobieżnych dla realizacji krótkich podróży (< 100 km) – na przykład dla trasy 50 km jest średnio o 30% droższe niż za pomocą połączeń lokalnych. Wynika to z jednej strony z konstrukcji taryf, a z drugiej strony z faktu, że połączenia dalekobieżne są połączeniami pośpieszными i większość przewoźników stosuje podwyższoną taryfę.

Dla określenia zróżnicowań regionalnych każde z badanych połączeń przypisano do dwóch województw według początku i końca trasy. W ten sposób dla każdego województwa, poza opolskim, uzyskano od 4 (łódzkie) do 36 (mazowieckie) informacji o cenie biletu. Brak danych dla województwa opolskiego wynikał z braku znaczących przewoźników w transporcie autobusowym, którzy zaczynaliby lub kończyli swoje trasy w tym województwie. W okresie, dla którego zbierano dane o połączeniach i tworzono według rozkładów jazdy bazę połączeń (2014 rok) przewozy dalekobieżne prowadziły zarówno PKS w Brzegu jak i Arriva Oddz. w Kędzierzynie Koźlu. W okresie dla którego zbierano dane o cenach biletów (2016 rok) przedsiębiorstwa te zawiesiły swoje kursy dalekobieżne. Przez województwo opolskie przebiegają obecnie nieliczne dalekobieżne trasy tranzytowe, stąd można przyjąć, że koszty będą tutaj podobne jak w ościennych województwach śląskim i dolnośląskim. Różnice regionalne (tab. 7.2) okazują się być znaczne. Najniższe koszty charakteryzują województwa małopolskie (0,14 zł/km) oraz sąsiadujące z nim województwa podkarpackie i śląskie (0,16 zł/km). Po drugiej stronie skali znalazły się województwa: kujawsko-pomorskie, dolnośląskie i wielkopolskie, z których wychodzą połączenia dalekobieżne z ceną 0,20 zł/km czyli 20% wyższą niż w województwie małopolskim. Różnice te są jeszcze bardziej widoczne jeśli porównywać będziemy cenę za km podróży, ale na trasie 50 km (tab. 7.2). Tutaj także najtańsze bilety oferowali przewoźnicy z województwa małopolskiego (średnio 0,22 zł/km), niewiele ustępując przewoźnikom z województwa świętokrzyskiego (0,23 zł/km) i łódzkiego (0,24 zł/km). Najwyższe ceny odnotowano w województwie pomorskim (0,42 zł/km), lubuskim (0,38 zł/km) i dolnośląskim (0,36 zł/km). Oznacza to niemal dwukrotne różnice w poziomie kosztów podróży między województwami. Niższe ceny w województwach Polski południowo-wschodniej i centralnej są silnie skorelowane z ogólnie lepszym rozwojem transportu autobusowego (por. rozdz. 4.1) i stanem jego przekształceń. W Polsce zachodniej i północnej dominującymi przewoźnikami dalekobieżnymi wciąż są przedsiębiorstwa PKS lub firmy, które przejęły przedsiębiorstwa PKS, podczas gdy w Polsce

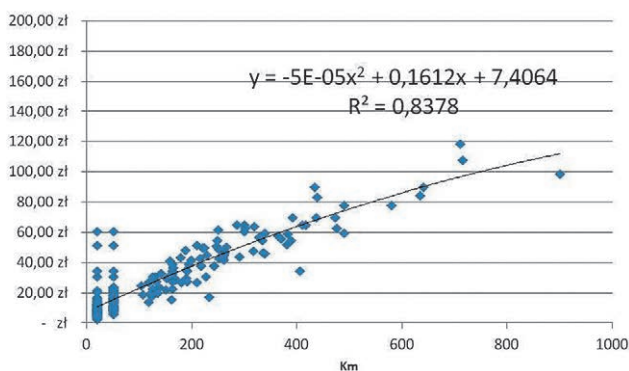
południowo-wschodniej są to na ogół zupełnie nowe firmy o innej strukturze kosztów, a na dodatek często silnie ze sobą konkurujące, co sprawia, że dzieje się to z korzyścią dla pasażera, przynajmniej w zakresie ceny za przejazd. Przykładem może być linia Kraków-Zakopane obsługiwana przez kilkunastu znaczących przewoźników autobusowych, co sprawia, że część z nich oferuje na tej trasie bilety, które dla całej trasy kosztują 0,10 zł/km, a dla wcześniej porównywanego referencyjnego odcinka 50 km tylko 0,12 zł/km.

Korzystając z wszystkich zebranych cen biletów – dla każdej trasy za 20 km, 50 km i całą trasę – można dopasowując funkcję wielomianową stworzyć uogólniony dla całej sieci wzór na koszt w dalekobieżnym transporcie autobusowym (ryc. 7.2).

Tabela 7.1. Koszty w transporcie autobusowym dalekobieżnym (> 100 km)

Parametry dla zbadanych 91 tras dalekobieżnych obsługiwanych przez 34 przewoźników	Wybrane charakterystyki		
	średnia	mediana	odchylenie standardowe
Długość w km	276	232	154
Cena biletu na całą trasę w zł <i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	46,5 0,18	43,7 0,17	21,5 0,04
Cena za pierwszy kilometr w zł	8,93	6,00	9,26
Cena za trasę 20 km w zł <i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	10,70 0,53	8,50 0,43	8,70 0,43
Cena za trasę 50 km w zł <i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	15,66 0,31	15,00 0,30	7,99 0,16

Źródło: opracowanie własne



Ryc. 7.2. Długość trasy a koszt biletu w autobusowym transporcie dalekobieżnym (> 100 km)

Fig. 7.2. Route length v. fare price in long -distance bus transportation (> 100 km)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7.2. Regionalne zróżnicowanie kosztów biletów w transporcie autobusowym dalekobieżnym (> 100 km)

Województwo	Średni koszt biletu w zł za 1 km trasy				Liczba zbadanych tras (n)
	ogółem	za pierwszy km trasy	odcinek 20 km	odcinek 50 km	
Dolnośląskie	0,20 zł	9,53 zł	0,59 zł	0,36 zł	13
Kujawsko-Pomorskie	0,20 zł	8,75 zł	0,58 zł	0,35 zł	8
Lubelskie	0,17 zł	10,12 zł	0,58 zł	0,30 zł	21
Lubuskie	0,19 zł	5,63 zł	0,32 zł	0,38 zł	4
Łódzkie	0,17 zł	5,43 zł	0,40 zł	0,24 zł	8
Małopolskie	0,14 zł	5,22 zł	0,31 zł	0,22 zł	15
Mazowieckie	0,18 zł	11,32 zł	0,66 zł	0,34 zł	36
Podkarpackie	0,16 zł	11,06 zł	0,61 zł	0,31 zł	10
Podlaskie	0,17 zł	9,26 zł	0,52 zł	0,29 zł	17
Pomorskie	0,18 zł	16,56 zł	0,88 zł	0,42 zł	9
Śląskie	0,16 zł	6,17 zł	0,44 zł	0,30 zł	9
Świętokrzyskie	0,19 zł	4,83 zł	0,32 zł	0,23 zł	6
Warmińsko-Mazurskie	0,19 zł	5,33 zł	0,40 zł	0,31 zł	6
Wielkopolskie	0,20 zł	7,14 zł	0,44 zł	0,32 zł	11
Zachodniopomorskie	0,19 zł	6,21 zł	0,45 zł	0,32 zł	9
RAZEM	0,18 zł	8,93 zł	0,53 zł	0,31 zł	182

Źródło: opracowanie własne

7.2.2. CENY BILETÓW W POŁĄCZENIACH ZWYKŁYCH MIĘDZYPOWIATOWYCH

Transport autobusowy międzypowiatowy i międzygminny realizowany kursami zwykłymi (niepośpiesznymi) jest dla krótkich podróży znacznie tańszy niż odbycie takiej podróży jako odcinka kursu dalekobieżnego. Średnia cena biletu za odcinek 50 km wynosi 0,24 zł/km (tab. 7.3), a dla połączeń dalekobieżnych jest to 0,31 zł/km (tab. 7.5). Jak wcześniej wspomniano występują tutaj bardzo duże różnice między poszczególnymi przewoźnikami, które dobrze ilustruje zróżnicowanie ceny biletu za najkrótszy możliwy odcinek – czyli ceny od jakiej zaczyna się taryfa danego przewoźnika, albo inaczej ujmując jaka jest cena przejechania pierwszego kilometra. Najmniej (1,5 zł) płać pasażerowie wybranych przewoźników typu bus w województwie świętokrzyskim; nieco więcej 2,2–2,5 zł za przejechanie pierwszego kilometra płać pasażerowie w woj. małopolskim, śląskim i podkarpackim. Najwyższy poziom cen odnotowano

w przypadku wybranych przewoźników z woj. lubuskiego, wielkopolskiego, podlaskiego i warmińsko-mazurskiego (4,2–4,5 zł), a u jednego przewoźnika z woj. zachodniopomorskiego analogiczny bilet kosztował nawet 5 zł. Ogólnie, regionalne zróżnicowanie cen jest bardzo podobne jak dla tras dalekobieżnych zresztą z tych samych powodów. Pokazane tu różnice są o tyle bardziej reprezentatywne dla uchwycenia zróżnicowań regionalnych, że nie są „zakłócające” niższym poziomem cen po jednej stronie trasy dalekobieżnej. Dzięki temu, województwo warmińsko-mazurskie dla połączeń dalekobieżnych nie odznaczało się najwyższymi cenami, gdyż część uwzględnionych w badaniu cen tras wiodło z woj. mazowieckiego i było obsługiwanych przez mazowieckich przewoźników odznaczających się przeciętnym poziomem cen biletów, natomiast dla połączeń lokalnych według taryf przewoźników z województwa warmińsko-mazurskiego stawia to województwo obok zachodniopomorskiego, lubuskiego i wielkopolskiego w gronie najdroższych regionów.

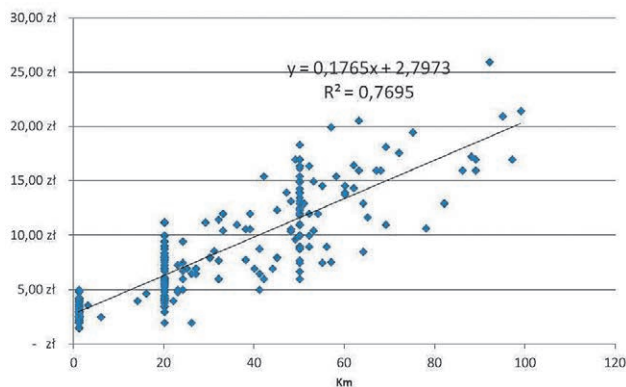
Analogicznie jak dla połączeń dalekobieżnych, można wykorzystując wszystkie zebrane ceny biletów – dla każdej trasy za 1 km, 20 km, 50 km i całą trasę – dopasowując funkcję liniową stworzyć uogólniony dla całej sieci wzór na koszt w lokalnym transporcie autobusowym (ryc. 7.3).

W celu uwzględnienia regionalnego zróżnicowania w kosztach biletów (zróżnicowania między województwami) oraz wynikającego z długości podróży dla celów modelu MULTIMODACC nieznacznie uproszczono powyższą analizę kosztów. Ostatecznie koszty biletów w połączeniach dalekobieżnych oraz zwykłych międzypowiatowych przyjęły w symulacjach dostępności wartości, które przedstawiono na rycinie 7.4.

Tabela 7.3. Koszty w transporcie autobusowym lokalnym i regionalnym (< 100 km)

Parametry dla zbadanych 94 tras międzypowiatowych obsługiwanych przez 43 przewoźników	Wybrane charakterystyki		
	średnia	mediana	odchylenie standardowe
Długość w km	48	48	28
Cena biletu na całą trasę w zł	11,05	10,60	5,08
<i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	<i>0,25</i>	<i>0,24</i>	<i>0,07</i>
Cena za pierwszy kilometr w zł	3,01	3,00	0,83
Cena za trasę 20 km w zł	6,34	6,00	2,31
<i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	<i>0,31</i>	<i>0,30</i>	<i>0,12</i>
Cena za trasę 50 km w zł	12,02	12,00	3,31
<i>Cena biletu za 1 km trasy w zł</i>	<i>0,24</i>	<i>0,24</i>	<i>0,07</i>

Źródło: opracowanie własne



Ryc. 7.3. Długość trasy a koszt biletu w autobusowym transporcie lokalnym i regionalnym (< 100 km)

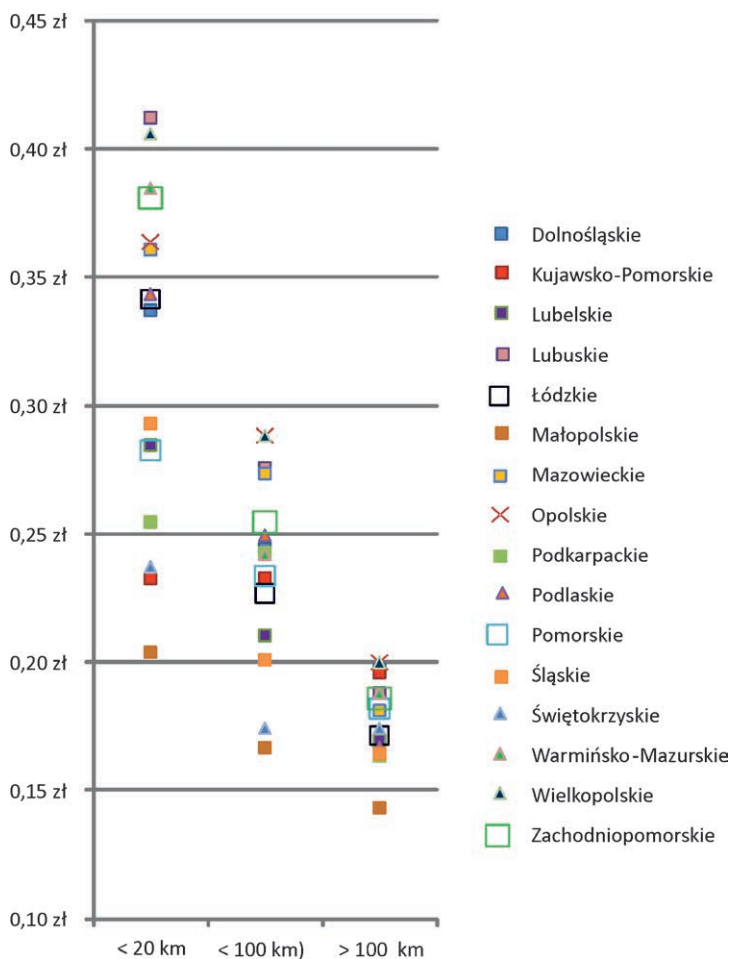
Fig. 7.3. Route length v. fare price in local and regional bus transportation (< 100 km)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7.4. Regionalne zróżnicowanie kosztów biletów w transporcie autobusowym lokalnym i regionalnym (< 100 km)

Województwo	Średni koszt biletu w zł za 1 km trasy				Liczba zbadanych tras (n)
	ogółem	za pierwszy km trasy	odcinek 20 km	odcinek 50 km	
Dolnośląskie	0,24 zł	2,50 zł	0,34 zł	0,20 zł	4
Kujawsko-Pomorskie	0,23 zł	2,66 zł	0,22 zł	0,18 zł	7
Lubelskie	0,21 zł	3,30 zł	0,29 zł	0,18 zł	4
Lubuskie	0,28 zł	3,20 zł	0,41 zł	0,27 zł	4
Łódzkie	0,23 zł	3,67 zł	0,34 zł	0,22 zł	6
Małopolskie	0,17 zł	2,50 zł	0,20 zł	0,18 zł	6
Mazowieckie	0,27 zł	3,16 zł	0,36 zł	0,28 zł	9
Opolskie	0,50 zł	3,26 zł	0,36 zł	0,30 zł	5
Podkarpackie	0,24 zł	2,95 zł	0,26 zł	0,20 zł	10
Podlaskie	0,25 zł	3,38 zł	0,34 zł	0,24 zł	4
Pomorskie	0,23 zł	2,87 zł	0,28 zł	0,22 zł	7
Śląskie	0,20 zł	2,63 zł	0,29 zł	0,21 zł	6
Świętokrzyskie	0,17 zł	1,83 zł	0,24 zł	0,22 zł	6
Warmińsko-Mazurskie	0,24 zł	3,98 zł	0,39 zł	0,28 zł	4
Wielkopolskie	0,29 zł	3,39 zł	0,41 zł	0,30 zł	8
Zachodniopomorskie	0,25 zł	3,50 zł	0,38 zł	0,28 zł	4
RAZEM	0,25 zł	3,01 zł	0,31 zł	0,24 zł	94

Źródło: opracowanie własne



Ryc. 7.4. Ostateczne koszty biletów (średnia cena za 1 km) w podziale międzyregionalnym oraz w zależności od długości podróży

Fig. 7.4. Ultimate cost of fares per 1 km broken down by regions and by travel length

7.2.3. CENY BILETÓW W POŁĄCZENIACH PODMIEJSKICH

W przedstawionym w niniejszej pracy badaniu dostępności uwzględniono także połączenia międzygminne realizowane przez miejskie przedsiębiorstwa komunikacyjne – wszystkich 66 miast na prawach powiatu. Dla tych połączeń przeprowadzono także badanie cen biletów. Specyfiką komunikacji miejskiej są płaskie taryfy zmieniające się najczęściej wraz ze strefami, które na ogół nawiązują do granic administracyjnych (np. strefa miejska i strefa podmiejska/aglomeracyjna), a nie wprost do pokonywanej odległości. W transporcie miejskim, w podróżach okazjonalnych liczy się przekroczenie drzwi pojazdu

i to czy trasa przejazdu przekracza granicę strefy/stref co determinuje koszt pojedynczego biletu.

O ile średnia cena biletu jednorazowego w obrębie strefy miejskiej wyniosła 2,93 zł, to średnia cena biletu na przejazd między miastem powiatowym a miejscowościami strefy podmiejskiej to 4,24 zł i taką wartość przyjęto jako uogólniony koszt dla połączeń podmiejskich realizowanych przez komunikację miejską. W nielicznych miastach (np. Wałbrzych, Bydgoszcz, Rzeszów, Gdynia) jest tylko jedna strefa obejmująca miasto i objęte systemem transportu miejskiego miejscowości ościennych gmin – wtedy cena biletu jednorazowego jest taka sama. W skrajnym przypadku – miasta Żory – tamtejsza komunikacja miejska łącząca to miasto z dwoma gminami jest dla pasażerów całkowicie darmowa.

Największa różnica w cenie biletów miejskich i podmiejskich występuje w miastach wokół których wyznaczono nie jedną, a kilka stref podmiejskich i tak na przykład w Białymstoku bilet w obrębie miasta kosztuje tylko 2,8 zł, ale bilet do miejscowości położonych w IV strefie to koszt 10 zł, co jest najwyższą odnotowaną w badaniu ceną za przejazd jednorazowy. Co ciekawe, w niektórych miastach podmiejskie strefy taryfowe nie otaczają koncentrycznie miasta powiatowego, a mogą mieć układ mozaikowy i zależą od umowy między miastem a otaczającymi gminami – na przykład w Gorzowie Wielkopolskim strefa miejska obejmuje miasto, gminę Deszczno i wybrane miejscowości innych gmin, a dla pozostałych ustalone są odrębne ceny dla każdej linii podmiejskiej – z ceną biletu jednorazowego od 3 zł w strefie miejskiej do 6,4 zł na wybranych liniach podmiejskich. Podobnie w Lesznie dla każdej linii podmiejskiej obowiązuje inna taryfa przewozowa. W niektórych miastach istnieją formy obniżenia kosztów przejazdu jednorazowego – na przykład poprzez zakup biletów czasowych lub/i poprzez zakup biletów elektronicznych.

Transport miejski często wykorzystywany jest do podróży regularnych związanych z dojazdami do pracy lub szkoły, a to wiąże się z możliwością obniżenia ceny przejazdu poprzez korzystanie z biletów okresowych (od miesięcznych do rocznych), które dodatkowo mogą różnić się poziomem ceny w zależności od tego co oferują (jedna linia czy cała sieć), od tego czy jest to bilet tylko ważny w dni robocze czy także w soboty i dni świąteczne, a nawet od jego formy – czy jest to bilet elektroniczny (zwykle tańszy) czy bilet w formie analogowej. Ceny biletów jednorazowych na linie miejskie i podmiejskie, a także ceny biletów okresowych (bilet miesięczny) dla wszystkich 66 miast przedstawiono w tabeli 7.5. Nie da się na jej podstawie wskazać, jak to miało miejsce w innych typach transportu autobusowego na jakiś wzorzec przestrzenny zróżnicowania cen. Średnio najniższe ceny za przejazd do najdalszej strefy podmiejskiej charakteryzują województwo pomorskie (3,03 zł),

a najwyższe województwo podlaskie (8,17 zł), ale ze względu na różną długość linii i sposób wyznaczania stref porównanie to jest bardzo ograniczone. Warto zauważyć, że w obszarach podmiejskich komunikacja miejska często konkuruje z transportem autobusowym lokalnym i regionalnym, co skutkuje pewną harmonizacją cen z minimalnie niższym ich poziomem dla przewoźników obsługujących linie lokalne i regionalne. Zwłaszcza przewoźnicy typu bus starają się konkurować nieco niższą ceną przejazdu jednorazowego, zaś przewoźnicy miejscy często wygrywają konkurencję oferując bilety okresowe i sieciowe umożliwiające dalsze poruszanie się po mieście innymi liniami miejskimi. W ten sposób busy są bardziej atrakcyjne dla osób podejmujących okazjonalne podróże, zaś komunikacja miejska dla osób regularnie dojeżdżających do miasta i korzystających z możliwości przesiadek. Powyższa sytuacja charakteryzuje zwłaszcza województwa Polski południowo-wschodniej i centralnej.

Tabela 7.5. Zróżnicowanie biletów w komunikacji miejskiej miast na prawach powiatu

Miasto na prawach powiatu	Cena biletu jednorazowego (zwykłego) (zł)		Cena biletu miesięcznego sieciowego (na wszystkie linie) (zł)	
	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)
Biała Podlaska	2,80	2,80	60,00	60,00
Białystok	2,80	10,00	80,00	210,00
Bielsko-Biała	3,00	3,00	100,00	100,00
Bydgoszcz	3,00	3,00	88,00	120,00
Bytom	3,20	4,80	126,00	150,00
Chełm	2,60	2,60	99,20	99,20
Chorzów	3,20	4,80	126,00	150,00
Częstochowa	3,00	4,20	90,00	110,00
Dąbrowa Górnicza	3,20	4,80	126,00	150,00
Elbląg	2,80	4,20	90,00	125,00
Gdańsk	3,20	3,20	90,00	96,00
Gdynia	3,20	3,20	72,00	96,00
Gliwice	3,20	4,80	126,00	150,00
Gorzów Wielkopolski	3,00	6,40	92,00	184,00
Grudziądz	2,60	3,80	74,00	92,00
Jastrzębie-Zdrój	1,00	4,20	98,00	150,00

Miasto na prawach powiatu	Cena biletu jednorazowego (zwykłego) (zł)		Cena biletu miesięcznego sieciowego (na wszystkie linie) (zł)	
	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)
Jaworzno	3,00	4,60	60,00	94,00
Jelenia Góra	3,00	4,80	100,00	160,00
Kalisz	2,70	4,20	112,00	165,00
Katowice	3,20	4,80	126,00	150,00
Kielce	2,50	5,00	89,25	178,00
Konin	2,80	2,80	78,00	78,00
Koszalin	2,90	4,00	86,00	100,00
Kraków	3,80	4,00	89,00	140,00
Krosno	2,40	2,80	72,00	100,00
Legnica	3,00	4,60	100,00	140,00
Leszno	2,70	6,00	81,00	148,00
Lublin	4,00	4,20	92,00	138,00
Łomża	2,60	9,00	96,00	205,00
Łódź	3,80	4,40	80,00	96,00
Mysłowice	3,20	4,80	126,00	150,00
Nowy Sącz	2,50	3,10	75,00	115,00
Olsztyn	2,90	2,90	88,00	88,00
Opole	2,60	3,50	88,00	120,00
Ostrołęka	2,80	4,00	109,00	120,00
Piekary Śląskie	3,20	4,80	126,00	150,00
Piotrków Trybunalski	2,20	2,60	74,00	86,00
Płock	2,80	4,00	72,00	130,00
Poznań	4,60	4,60	108,20	186,00
Przemysł	2,50	3,70	100,00	120,00
Radom	4,00	4,00	80,00	80,00
Ruda Śląska	3,20	4,80	126,00	150,00
Rybnik	3,80	4,80	90,00	108,00
Rzeszów	3,00	3,00	98,00	98,00
Siedlce	2,80	4,80	96,00	160,00
Siemianowice Śląskie	3,20	4,80	126,00	150,00
Skierzwice	2,40	3,00	46,00	46,00

Miasto na prawach powiatu	Cena biletu jednorazowego (zwykłego) (zł)		Cena biletu miesięcznego sieciowego (na wszystkie linie) (zł)	
	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)	Strefa miejska	Strefa podmiejska (1)
Ślępsk	2,50	2,50	74,00	74,00
Sopot	3,20	3,20	58,00	96,00
Sosnowiec	3,20	4,80	126,00	150,00
Suwałki	2,50	5,50	75,00	95,00
Szczecin	4,00	4,00	100,00	100,00
Świętochłowice	3,20	4,80	126,00	150,00
Świnoujście	2,60	6,00	110,00	150,00
Tarnobrzeg	2,40	brak linii podmiejskich	91,20	brak linii podmiejskich
Tarnów	2,40	3,40	110,00	110,00
Toruń	2,80	4,00	89,20	120,00
Tychy	3,00	4,40	93,00	120,00
Wałbrzych	2,80	2,80	90,00	90,00
Warszawa	4,40	7,00	110,00	210,00
Wrocław	2,60	3,50	75,00	180,00
Wrocław	3,00	4,00	98,00	95,00
Zabrze	3,20	4,80	126,00	150,00
Zamość	2,70	4,00	88,00	140,00
Zielona Góra	3,00	4,40	90,00	360,00
Żory	darmowa komunikacja			
RAZEM	2,98	4,30	94,71	129,78

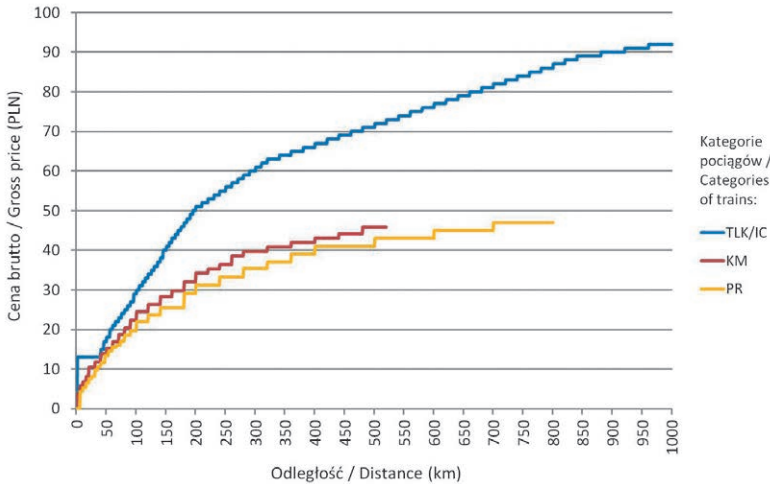
Uwagi: (1) W przypadku kilku stref podmiejskich zawsze podawano ceny dla najbardziej zewnętrznej strefy; (2) W Łomży w komunikacji podmiejskiej nie ma okresowych biletów sieciowych, bilety miesięczne na pojedyncze linie podmiejskie kosztują tam od 105 zł do 205 zł

7.3. TRANSPORT KOLEJOWY

Pomimo, iż liczba przewoźników kolejowych działających w Polsce jest wielokrotnie razy mniejsza niż w przypadku transportu autobusowego, a cenniki usług przewozowych są powszechnie udostępniane, określenie uogólnionego kosztu podróży pociągiem jest równie złożonym zadaniem.

Zróznicowanie taryfowe obowiązujące pod koniec istnienia jednego przedsiębiorstwa PKP, tj. przed 2000 r., zakładało podział wg trzech kategorii

pociągów: taryfa ekspresowa, pośpieszna i osobowa. Taryfa uwzględniała klasy wagonów oraz ulgi przejazdowe, a zależność ceny od odległości miała nieliniowy charakter, zbliżony do przebiegu funkcji logarytmicznej. Wraz z wyodrębnieniem z PKP kilku spółek przewozowych i późniejszym powołaniem nowych przewoźników regionalnych, każdy podmiot prowadził niezależną politykę taryfową, stopniowo odchodząc od klasycznego podejścia. Zaczęły pojawiać się oferty promocyjne, w których czynnik odległości nie odgrywał decydującej roli.



Ryc. 7.5. Zmienność cen biletów kolejowych wraz z odległością podróży wg taryfy normalnej wybranych przewoźników kolejowych

Fig. 7.5. Variability of rail fares with distance, based on regular tariff for the selected railway carriers

Źródło: Opracowanie własne na podstawie cenników usług przewozowych spółek: PKP Intercity, Przewozy Regionalne i Koleje Mazowieckie

W rozkładzie jazdy 2015/2016 spółka PKP Intercity taryfę kilometrową stosowała wyłącznie w przypadku pociągów IC i TLK (ryc. 7.5). Dla połączeń ekspresowych (EIP oraz EIC), obowiązywała taryfa odcinkowa ze zryczałtowanymi cenami biletów. Niezależnie od ulg ustawowych przewoźnik proponował ulgi handlowe z tytułu wcześniejszego zakupu biletu (oferta „Wcześniej – taniej”), w której cena mogła zostać obniżona od 10–30%. Inni przewoźnicy również oferowali stawki zryczałtowane, np. Przewozy Regionalne w ofercie „Połączenie w dobrej cenie”. Innym ciekawym rozwiązaniem są ulgi handlowe dla pracowników firm, które podpiszą specjalne porozumienie z przewoźnikiem (Koleje Mazowieckie, Koleje Dolnośląskie, Łódzka Kolej Aglomeracyjna, ArrivaRP). Ponadto spora część osób podróżujących koleją codziennie korzysta z biletów okresowych, co dodatkowo utrudnia szacowanie średnich kosztów podróży pociągiem.

Tabela 7.6. Zróżnicowanie cen biletów kolejowych wg przewoźników, z uwzględnieniem zasobu bazy danych MULTIMODACC

Przewoźnik/kategoria pociągu	Liczba unikalnych tras w bazie danych	Średnia długość trasy w bazie danych (km)	Cena wg taryfy normalnej (zł brutto)		Średnia cena 1 km, przy przejeździe średniej długości trasy	Uwagi
			koszt przejazdu średniej długości trasy	koszt przejazdu na dystansie 1 km (najniższa stawka)		
PKP Intercity / EIC	16	443	159	48	0,36	ceny zryczałtowane, ograniczona zmienność cen w relacji do odległości
PKP Intercity / EIP	27	483	199	48	0,41	
PKP Intercity / IC	40	514	72	13	0,14	najniższa stawka obowiązuje od 0 do 40 km
PKP Intercity / TLK	83	503	72	13	0,14	
Przewozy Regionalne / interREGIO	1	135	31,9	11	0,24	
Koleje Mazowieckie / pociągi międzywojewódzkie	4	264	42,3	18,7	0,16	uśrednienie taryf specjalnych KM „Słoneczny” i KM "Dragon", najniższa stawka obowiązuje od 0 do 45 km
ArrivaRP / osobowe	24	62	9,3	2,5	0,15	najniższa stawka obowiązuje od 0 do 10 km
Koleje Dolnośląskie / osobowe	29	90	18,6	4	0,21	najniższa stawka obowiązuje od 0 do 5 km
Koleje Mazowieckie / osobowe	89	80	18,7	3,7	0,23	
Koleje Małopolskie / osobowe	4	35	9,8	4	0,28	
Koleje Śląskie / osobowe	39	67	15,2	3,8	0,23	
Koleje Wielkopolskie / osobowe	20	108	22	4	0,20	

Przewoźnik/kategoria pociągu	Liczba unikalnych tras w bazie danych	Średnia długość trasy w bazie danych (km)	Cena wg taryfy normalnej (zł brutto)		Średnia cena 1 km, przy przejeździe średniej długości trasy	Uwagi
			koszt przejazdu średniej długości trasy	koszt przejazdu na dystansie 1 km (najniższa stawka)		
Łódzka Kolej Aglomeracyjna / osobowe	11	66	15,6	4	0,24	
Przewozy Regionalne / REGIO	302	93	19,8	4	0,21	
PKP SKM Trójmiasto / osobowe	20	44	8,7	3	0,20	najniższa stawka obowiązuje od 0 do 6 km
SKM Warszawa / osobowe	10	30	7	3,4	0,24	taryfa czasowa ZTM (bilet jednorazowy przesiadkowy I i II strefa, do 75 min / bilet 20 minutowy I i II strefa)
WKD / osobowe	6	18	4,8	3,6	0,26	taryfa czasowa WKD (bilet na II strefę czasową – do 38 min / bilet na I strefę czasową – do 19 min)
Metro Warszawskie / linia M1	1	22	4,4	3,4	0,20	taryfa czasowa ZTM (bilet jednorazowy przesiadkowy I strefa, do 75 min / bilet 20 minutowy I i II strefa)
Metro Warszawskie / linia M2	1	6	3,4	3,4	0,61	taryfa czasowa ZTM (bilet 20 minutowy I i II strefa)

Źródło: opracowanie własne na podstawie cenników usług przewozowych wymienionych spółek

Ze względu na złożoność zjawiska, uwzględnione w bazie MULTIMODACC ceny zakładają uproszczony liniowy model, w którym ceny rosną proporcjonalnie do odległości. O kącie nachylenia funkcji w stosunku do osi rosnących odległości decyduje średnia cena 1 km, przy przejeździe tras o średnich długościach, wg kategorii pociągów zawartych w bazie danych, oraz taryfy normalnej ujętej w cennikach poszczególnych przewoźników (tab. 7.6).

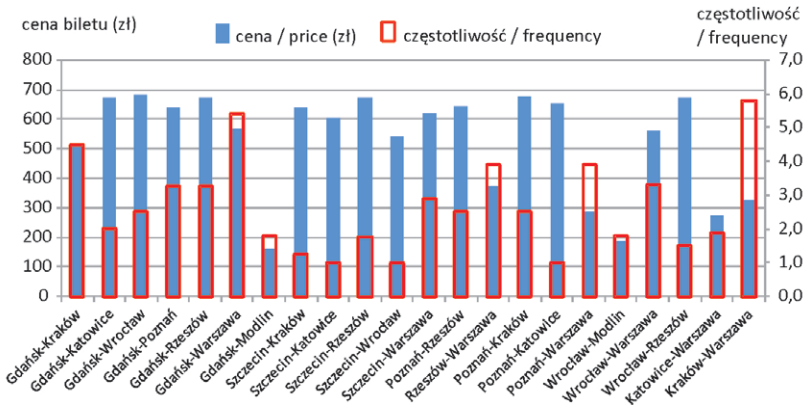
Wartości z kolumny zaznaczonej kolorem zielonym w tabeli 7.6 (średnia cena teoretyczna (odległość 1 km)) to wartości, którymi zasilony jest model i wszystkie symulacje dostępności wykonane w rozdziałach 11 i 12.

Podsumowując, pozaczasowe składniki kosztu w transporcie kolejowym obejmują koszty biletów kilkunastu przewoźników. Koszty te różnią się znacząco i w przeliczeniu na 1 km trasy wahają się od 14 groszy (TLK, IC) do 41 groszy (EIP). Jest to swego rodzaju różnica między transportem autobusowym a kolejowym, ponieważ w przypadku autobusów koszty biletów krótkodystansowych były w przeliczeniu na 1 km generalnie wyższe niż w relacjach długodystansowych, natomiast na kolei zależności są bardziej zróżnicowane w zależności od jakości podróży długodystansowych (IC a EIP).

7.4. TRANSPORT LOTNICZY

W transporcie lotniczym analizę przeprowadzono w piątek 18 marca 2016 r. Badanie polegało na podjęciu rezerwacji lotów za pośrednictwem strony internetowej <https://www.google.pl/flights/>. Wybrano wszystkie loty w komunikacji krajowej bezpośrednio lub z jedną przesiadką o ile podróż nie trwała dłużej niż trzy godziny. Tym samym założono pewną racjonalność podróżnych wybierających samolot jako środek transportu w podróżach krajowych. Zbadano możliwe odloty 1 osoby dorosłej w klasie ekonomicznej w poniedziałek 21 marca 2016 r. i powroty w dni robocze w tygodniu 21–25 marca. Średni koszt lotu dobowy wyceniono jako średniodobowy najtańszy lot, natomiast do analizy został uwzględniony średnioważony koszt z powrotem w przypadku czasu podróży również wybrano lot najkrótszy.

W transporcie lotniczym funkcjonowały 22 trasy dla których średni koszt (w obie strony) wyniósł nieco ponad 528 zł, przy średniej częstotliwości ok. 2,66 na dobę operacyjną. Zdecydowanie najtańszymi połączeniami były te realizowane z Modlina do Gdańska i Wrocławia (Ryanair), a w dalszej kolejności także połączenia LOT z Warszawy do Katowic i Rzeszowa. Średni czas lotu w Polsce to około 108 minut (razem z włączonymi do analizy czasami połączeń z przesiadką).



Ryc. 7.6. Koszt biletu oraz częstotliwość połączeń krajowych w Polsce

Fig. 7.6. Fare cost and frequency of domestic air services

Należy nadmienić w tym miejscu, że ceny biletów lotniczych są bardzo zmienne, głównie ze względu na rosnące znaczenie udziału tanich biletów, co jest niewątpliwie trudne do oszacowania i opisanie bez informacji bezpośrednio od przewoźnika, natomiast ma bardzo duże znaczenie dla dostępności kosztowej. W każdym samolocie lecącym z Gdańska do Krakowa jest kilku pasażerów lecących za kilkadziesiąt złotych (problem ten od niedawna dotyczy również pasażerów międzymiastowych połączeń kolejowych). Jest to jednak zagadnienie trudne i wymaga oddzielnego badania i opisu.

8. TRANSPORT MULTIMODALNY W POLSCE – PRZYKŁADY

8.1. MULTIMODALNOŚĆ NA OBSZARACH AGLOMERACYJNYCH

Przejawy funkcjonowania transportu multimodalnego w polskich warunkach najwyraźniej uwidaczniają się na obszarach aglomeracyjnych. W ramach badań dokonano wizji terenowej wybranych punktów przesiadkowych, oceniając je pod kątem uwarunkowań infrastrukturalnych służących podróżom o charakterze multimodalnym.

Wzorcowym przykładem węzła multimodalnego, łączącego aż 5 gałęzi transportu jest Ursus Niedźwiadek, zlokalizowany na granicy 1 strefy biletowej aglomeracji warszawskiej (ryc. 8.1). W jednym miejscu dostępny jest przystanek kolejowy obsługujący pociągi SKM i Kolei Mazowieckich, wielopoziomowy parking typu „Parkuj i jedź” przeznaczony na 348 samochodów, duży postój dla rowerów, stacja roweru miejskiego oraz przystanek miejskiej komunikacji autobusowej.



Ryc. 8.1. Przykład kompleksowego rozwiązania multimodalnego w rejonie przystanku kolejowego Warszawa Ursus Niedźwiadek. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.1. Case of comprehensive multimodal solution in the area of railway station Warszawa Ursus Niedźwiadek. Photo: Karol Kowalczyk

Agglomeracja warszawska wyróżnia się na tle kraju pod względem wdrożenia rozwiązań P+R. W granicach administracyjnych Warszawy znajduje się 13 tego typu parkingów, będących pod nadzorem Zarządu Transportu

Miejskiego. W strefie podmiejskiej zlokalizowane jest 8 jednopoziomowych, ogrodzonych parkingów, zarządzanych przez Koleje Mazowieckie oraz Warszawską Kolej Dojazdową, wyposażone dodatkowo w zadaszone postoje dla rowerów (ryc. 8.2).



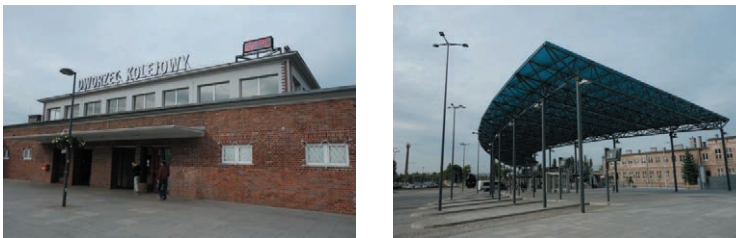
Ryc. 8.2. System P+R zorganizowany przez Koleje Mazowieckie (fotografie z okolic stacji Błonie). Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.2. Park-and-Ride system developed by the Koleje Mazowieckie (photo showing the vicinity of railway station Błonie). Photo: Karol Kowalczyk



Ryc. 8.3. Zintegrowany węzeł przesiadkowy Tarnowskie Góry. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.3. Integrated transport hub Tarnowskie Góry. Photo: Karol Kowalczyk



Ryc. 8.4. Zintegrowany węzeł przesiadkowy Tczew. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.4. Integrated transport hub Tczew. Photo: Karol Kowalczyk

W strefach podmiejskich pozostałych aglomeracji brakuje nowoczesnych zintegrowanych węzłów przesiadkowych, zapewniających sprawne przesiadki pomiędzy autobusem a pociągiem. Jednymi z nielicznych przykładów tego typu są węzły w Tczewie i Tarnowskich Górach, w przypadku których nacisk położony został na poprawę stanu infrastruktury transportu autobusowego (ryc. 8.3, 8.4). Problem słabej jakości infrastruktury kolejowej dotyczy

wyłącznie Tarnowskich Gór, w przeciwieństwie do Tczewa, który posiada zmodernizowany odcinek linii kolejowej w kierunku Trójmiasta.

W ostatnich latach pojawiło się też kilka nowych lub odnowionych węzłów przesiadkowych o nieco mniejszej skali. Jednym z nich jest sieć dworców autobusowych w północno-zachodniej części aglomeracji trójmiejskiej, obsługiwanych przez prywatną firmę przewoźową pod nazwą „Pomorska Komunikacja Samochodowa”. Dworce w Wejherowie, Pucku (ryc. 8.5) i Władysławowie usytuowane są bezpośrednio obok dworców kolejowych, zapewniając sprawne przesiadki.



Ryc. 8.5. Dworce Pomorskiej Komunikacji Samochodowej zintegrowane z dworcami kolejowymi: Wejherowo, Puck. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.5. Bus stations of the Pomorskie Motor Transport Company integrated with railway stations: Wejherowo, Puck. Photo: Karol Kowalczyk



Ryc. 8.6. Przykład rozwiązań multimodalnych wzdłuż linii kolejowej nr 356, odcinek Poznań Wschód – Wągrowiec (stacje Murowana Goślina i Wągrowiec). Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.6. Case illustrating multimodal solutions along the rail line no. 356, route Poznań Wschód-Wągrowiec (railway stations Murowana Goślina and Wągrowiec). Photo: Karol Kowalczyk



Ryc. 8.7. Węzły przesiadkowe starego typu: Goleniów, Wołomin, Strzelin, Gniezno. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.7. Transport hubs of old type: Goleniów, Wołomin, Strzelin, Gniezno. Photo: Karol Kowalczyk

Rewitalizacja linii kolejowej nr 356 na odcinku Poznań Wschód – Wągrowiec przyczyniła się do powstania lokalnych węzłów przesiadkowych przy stacjach Murowana Goślina i Wągrowiec (ryc. 8.6). Zainstalowano pojemne postoje dla rowerów. W Murowanej Goślinie dostępność stacji zapewnia regularnie kursująca gminna komunikacja autobusowa. W Wągrowcu natomiast zbudowano znacznych rozmiarów dworzec autobusowy, obsługujący zarówno połączenia wewnątrzgminne jak i międzygminne.

W wielu miastach szczebla powiatowego, zlokalizowanych satelitarnie względem rdzeni aglomeracji, w sąsiedztwie stacji kolejowych wciąż funkcjonują niezmodernizowane dworce autobusowe, które zmniejszają komfort odbywania przesiadek w codziennych podróżach do miasta rdzeniowego. Przykłady takich węzłów znajdują się m.in. w Goleniowie, Wołominie, Strzelinie i Gnieźnie (ryc. 8.7).

Powszechnym problemem, występującym w szczególności w strefach podmiejskich dużych aglomeracji, jest niedobór zorganizowanych miejsc parkingowych i tworzenie się „dzikich” postojów w sąsiedztwie przystanków i stacji kolejowych. Samochody parkowane są na terenach do tego nie przystosowanych (łąki, ładownie kolejowe, pobocza) i pozostają przez większość dnia bez nadzoru (ryc. 8.8).



Ryc. 8.8. Przykłady braku zorganizowanych rozwiązań P+R w sąsiedztwie stacji i przystanków kolejowych („dzikie” parkingi): Kołbiel, Wieliszew, Pęgów, Września. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.8. Cases illustrating the lack of integrated Park-and-Ride solutions in the vicinity of railway stations and stops („wild” or illegal parking lots): Kołbiel, Wieliszew, Pęgów, Września. Photo: Karol Kowalczyk



Ryc. 8.9. Przykład planowej integracji przewozów autobusowych i kolejowych – stacja Terespol Pomorski, jako punkt przesiadkowy w połączeniu Chełmno–Świecie–Bydgoszcz, realizowanym przez przewoźnika Arriva. Fot. Karol Kowalczyk

Fig. 8.9. Case of planned integration of bus and rail transportation – station Terespol Pomorski as a transfer point to destinations such as Chełmno–Świecie–Bydgoszcz, the route operated by Arriva carrier. Photo: Karol Kowalczyk

Jawna współpraca przewoźników kolejowych i autobusowych jest w polskich warunkach właściwie niezauważalna. Jednym z nielicznych przykładów organizacji skoordynowanych przewozów autobusowo-kolejowych jest inicjatywa spółki Arriva, która uruchomiła bezpośrednie połączenie Chełmna z Bydgoszczą. Na stacji Terespol Pomorski zapewnione są skomunikowania pociągów z autobusami, a na całej trasie obowiązuje wspólna taryfa biletowa (ryc. 8.9). Wprowadzenie takiego połączenia możliwe było przede wszystkim dzięki wspólnej grupie kapitałowej, do której należą działające na terenie Polski kolejowa i autobusowa gałąź Arrivy. Wspólne inicjatywy niezależnych podmiotów są znacznie trudniejszym przedsięwzięciem i jak dotąd nie spotykamy w Polsce.

8.2. INTEGRACJA PRZEWOZÓW AUTOBUSOWYCH I KOLEJOWYCH

W ramach projektu, równoległe do głównego toku prac, wykonane zostało dodatkowe badanie kontrolne mające na celu ocenę integracji rozkładów jazdy autobusów i pociągów w skali lokalnej tj. w strefach podmiejskich największych aglomeracji, gdzie występuje szczególnie duże natężenie codziennych wyjazdów do pracy poza teren własnej gminy (*Macierze dojazdów do pracy 2006, 2011*, GUS). Stacje kolejowe usytuowane w gminach otaczających rdzenie aglomeracji mogą stanowić dogodne punkty przesiadkowe w ramach łańcuchów multimodalnych, w których podróż pociągiem stanowi centralne ogniwo spajające pozostałe etapy podróży, zapewniając efektywne przemieszczanie w kierunku obszarów rdzeniowych. O racjonalności wykonywania przesiadek z autobusu na pociąg i odwrotnie decyduje w szczególności czas pozostający między przyjazdem, zmianą środka transportu a odjazdem. W badaniu dążono do zidentyfikowania miejsc, w których istnieją warunki do odbywania racjonalnych autobusowo-kolejowych podróży multimodalnych, poprzez występowanie komplementarnych ofert przewozowych, oraz miejsc, w których obie gałęzie działają w sposób nieskoordynowany.

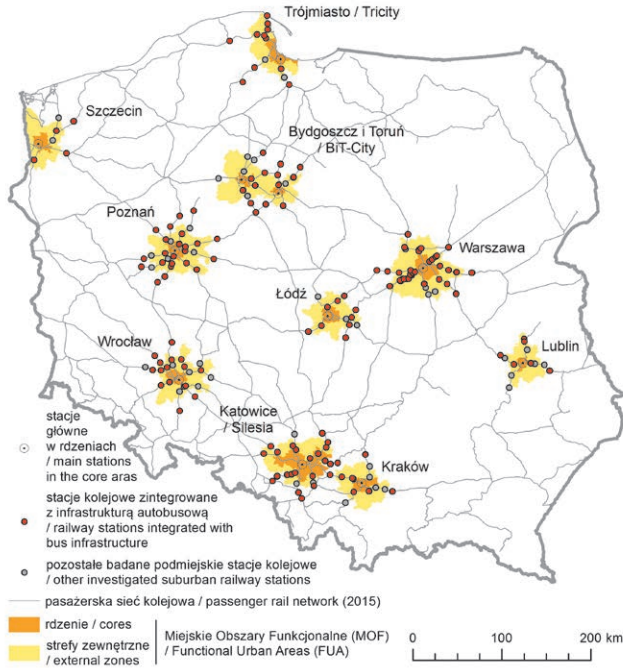
Uwzględniono dziesięć największych aglomeracji, pod względem liczby ludności zamieszkującej rdzeń oraz strefę zewnętrzną Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego (Śleszyński 2012). Jako minimalną wartość progową ustalono 500 000 mieszkańców (tab. 8.1). Analizie poddano stacje i przystanki kolejowe zlokalizowane wzdłuż linii eksploatowanych w ruchu pasażerskim, prowadzących ze stref podmiejskich do głównych stacji w rdzeniach. Wytypowano 190 potencjalnych punktów (węzłów) przesiadkowych, które zostały poddane wizji terenowej w latach 2014–2015 (ryc. 8.10). W jej ramach zgromadzono m.in. pełne dane o dostępności połączeń autobusowych w sąsiedztwie poszczególnych stacji, co nie byłoby możliwe do uzyskania w oparciu o zasób połączeń międzypowiatowych, stanowiący podstawę

modelu MULTIMODACC. Wybrane węzły to stacje i przystanki kolejowe zlokalizowane w strefie podmiejskiej (poza rdzeniem aglomeracji), w obrębie których potencjalnie może odbywać się zmiana środka transportu w ramach łańcuchów multimodalnych w podróżyach codziennych. O wyborze zadecydowała lokalizacja w rejonie większych skupisk zabudowy, w gminach generujących znaczne potoki wyjazdowe (wg danych GUS o dojazdach do pracy najemnej w 2011 r.).

Tabela 8.1. Badane obszary aglomeracyjne

Aglomeracja	Liczba ludności w MOF (wg Narodowego Spisu Powszechnego 2011)			Liczba badanych stacji i przystanków	Stacja główna w rdzeniu
	Ogółem	Rdzeń	Strefa zewnętrzna		
warszawska	2 788 339	1 700 612	1 087 727	37	W. Centralna / W. Śródmieście / W. Gdańska / W. Wileńska
konurbacja katowicka	2 485 542	1 933 590	551 952	26	Katowice
krakowska	1 169 351	757 611	411 740	12	Kraków Gł.
trójmiejska	1 065 053	748 104	316 949	13	Gdańsk Gł.
łódzka	1 042 389	728 892	313 497	12	Łódź Kaliska
poznańska	907 507	554 696	352 811	29	Poznań Gł.
wrocławska	879 649	630 131	249 518	23	Wrocław Gł.
bydgosko-to- ruńska / BiT	784 318	568 880	215 438	20	Bydgoszcz Gł. / Toruń Gł.
szczecińska	556 908	410 131	146 777	6	Szczecin Gł.
lubelska	538 050	349 103	188 947	12	Lublin
Ogółem	12 217 106	8 381 750	3 835 356	190	–

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bank Danych Lokalnych GUS, Śleszyński (2012)

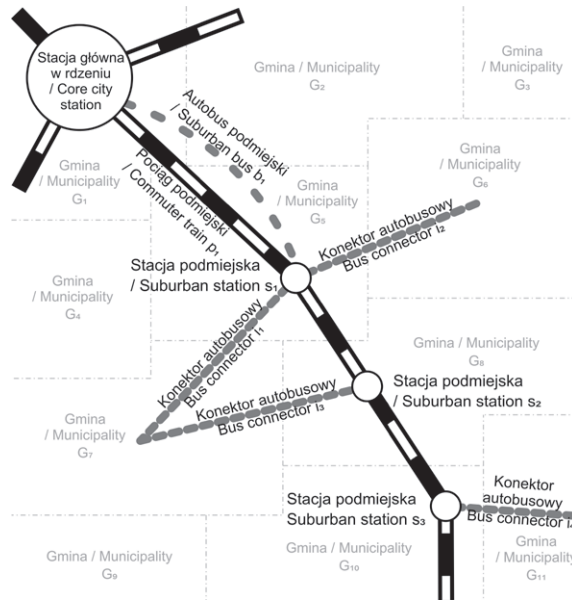


Ryc. 8.10. Zbiór 190 badanych stacji i przystanków kolejowych – potencjalnych punktów przesiadkowych w strefach podmiejskich dziesięciu aglomeracji

Fig. 8.10. Set of 190 analyzed railway stations and stops – potential transfer points within the suburban zones of ten agglomerations

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *OpenStreetMap*, Śleszyński (2012)

Racjonalność przesiadek o charakterze multimodalnym wymaga także, by dystans dzielący badane punkty od przystanków i dworców autobusowych był jak najmniejszy. Jako maksymalną akceptowalną w ramach przesiadki odległość pieszego przejścia między dwoma środkami transportu przyjęto 300 m (ok. 5 min). Określenie dystansu, który przeciętny pasażer byłby skłonny pokonać pieszo w trakcie podróży jest trudna do jednoznacznego zdefiniowania. W przypadku dostępności przystanków autobusowych z miejsc zamieszkania mówi się o optymalnym dystansie 300–600 m (Soczówka 2012). Specyfika podróży multimodalnych wymaga jednak większej integracji obu gałęzi. Analiza GIS wykazała, iż w 141 ze 190 przypadków spełniony jest warunek przestrzennej integracji infrastruktury i zbiór ten został wyodrębniony do dalszych badań.



Ryc. 8.11. Schemat ideowy racjonalnego układu przesiadkowego autobus-pociąg, z wykorzystaniem międzygminnych konektorów autobusowych; oznaczono także odcinek z konkurencją między pociągiem a autobusem podmiejskim

Fig. 8.11. Schematic diagram of the rational intermodal transfer point system among bus lines and railways, via use of inter-municipal bus connectors; also the section is marked, illustrating competition between a suburban train and bus

Pozostając na poziomie międzygminnych połączeń autobusowych w podróży multimodalnych, w sytuacji układu idealnego, najbardziej racjonalnymi kierunkami przewozu są odcinki prostopadłe lub zbliżone do prostopadłych względem linii kolejowych prowadzących do rdzenia aglomeracji. W takich sytuacjach występuje pełna komplementarność ofert przewozowych. Autobus służy dowozowi osób do stacji przesiadkowych, z gmin sąsiednich nieposiadających dostępu do kolei, zwiększając tym samym liczbę osób mogących skorzystać z pociągu na etapie przekraczania granic rdzenia. W realnych warunkach, obserwowanych w Polsce, występują też równoległe połączenia autobusowe – w kierunku rdzenia, łączące miejscowości w strefie podmiejskiej, posiadające jednocześnie stację kolejową. W tym układzie obie gałęzie transportu zaczynają ze sobą konkurować, wzajemnie odbierając pasażerów (ryc. 8.11). W kolejnym etapie prac badawczych, w odniesieniu do zbioru 141 punktów posiadających zintegrowaną infrastrukturę przesiadkową, wytypowano potencjalne międzygminne konektory autobusowe, jako preferowane prostopadłe kierunki dojazdu do stacji, poprowadzone z gmin bez dostępu do kolei, w przypadku których podróż w systemie jednomodalnym nie musi być najbardziej racjonalnym wyborem. Przeanalizowano w tym

celu lokalizacji stacji względem granic gmin oraz układu drogowego, wskazując łącznie 193 relacje międzygminne, które następnie zostały poddane weryfikacji w oparciu o zgromadzone w terenie rozkłady jazdy. W istocie nie wszystkie wyznaczone konektory posiadają realny odpowiednik w sieci połączeń autobusowych, tym samym nie wszędzie możliwa jest przesiadka z autobusu na pociąg i odwrotnie.

Dokonując pomiaru poziomu integracji autobusowych i kolejowych rozkładów jazdy w punktach przesiadkowych, z uwzględnieniem wyznaczonych przedtem potencjalnych konektorów międzygminnych, przyjęto następujące założenia:

- połączenia kolejowe w szczycie popołudniowym (15:00–18:00) – odjazdy pociągów ze stacji głównej w rdzeniu i przyjazdy do stacji w strefie podmiejskiej (wg *Elektronicznego rozkładu jazdy pociągów HAFAS*);
- środa, 14 października 2015, jako data odniesienia (dzień roboczy poza wakacjami i okresami świątecznymi);
- odjazdy międzygminnych autobusów z przystanków zlokalizowanych w odległości do 300 m od stacji kolejowej (wg rozkładów jazdy zebranych w ramach badań terenowych).

Wskaźnikiem integracji rozkładów jazdy (*Wirj*), dla pojedynczego konektora międzygminnego, jest średnia arytmetyczna czasów przesiadki, jako różnicy (w minutach) między odjazdem autobusu w kierunku sąsiedniej gminy, a planowanym przyjazdem pociągu z kierunku rdzenia. Obrazuje to następujący wzór (8.1):

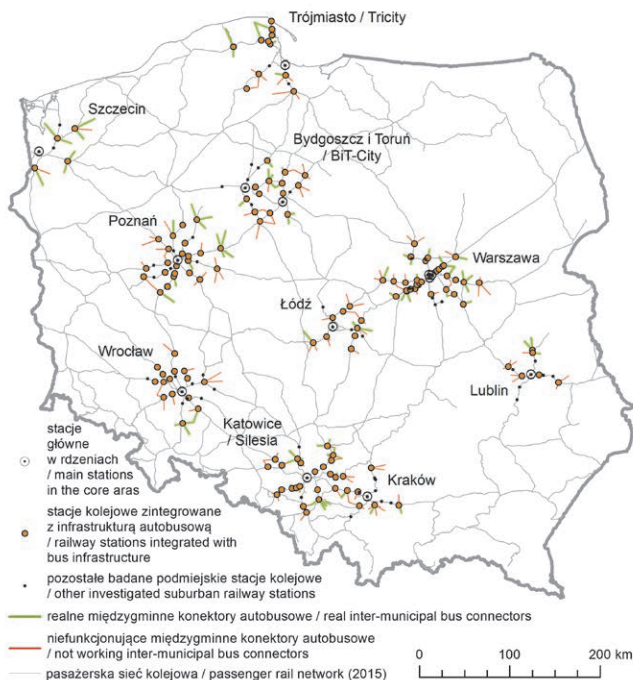
$$Wirj = \bar{x}_i = \frac{\sum_{jk=1}^n x_{jk}}{n}, \quad x_{jk} = b_j - t_k, \quad k = \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (8.1)$$

gdzie:

- \bar{x}_i – średnia arytmetyczna czasów przesiadki [min] dla pojedynczego międzygminnego konektora autobusowego i ;
- x_j – czas przesiadki [min] z pociągu k na autobus międzygminny j ;
- b_j – godzina odjazdu autobusu j poruszającego się po konektorze międzygminnym i ;
- t_k – godzina przyjazdu pociągu k z kierunku rdzenia;
- n – maksymalna liczba przesiadek z pociągów z kierunku rdzenia na autobusy międzygminnych, dostępnych dla konektora i .

W wyniku wykonanych analiz zidentyfikowano 79 realnie funkcjonujących autobusowych konektorów międzygminnych, co stanowi niecałe 41%

zbioru potencjalnie racjonalnych kierunków dojazdu (ryc. 8.12; tab. 8.2). Najwięcej połączeń prostopadłych do stacji kolejowych znalazło się w aglomeracji warszawskiej. Natomiast pod względem udziałów procentowych w czołówce są aglomeracje: szczecińska, warszawska i konurbacja katowicka. W zbiorze zbadanych stacji i przystanków kolejowych tylko 50 posiadało funkcjonujące dojazdowe połączenie autobusowe z co najmniej jedną gminą sąsiednią, co stanowi 26,3% stacji, od których poprowadzono potencjalne konektory. Wskazuje to na niski poziom wzajemnej dostępności obu gałęzi transportu w badanych aglomeracjach.



Ryc. 8.12. Rozmieszczenie i stan wykorzystania 193 międzygminnych konektorów autobusowych na tle badanego zbioru punktów przesiadkowych

Fig. 8.12. Distribution and state of utilization for 193 inter-municipal bus connectors against the background of analyzed set of transfer points

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *OpenStreetMap*

Tabela 8.2. Rozkład ilościowy autobusowych konektorów międzygminnych w badanych aglomeracjach

Aglomeracja	Autobusowe konektory międzygminne			Stacje i przystanki kolejowe				
	potencjalne [liczba]	realne		ogółem, zbadane w terenie [liczba]	z autobusowymi konektorami międzygminnymi			
		[liczba]	[%]		potencjalnymi		realnymi	
					[liczba]	[%]	[liczba]	[%]
warszawska	36	18	50	37	21	56,8	13	35,1
konurbacja katowicka	30	16	53,3	26	17	65,4	8	30,8
krakowska	16	3	18,8	12	7	58,3	3	25
trójmiejska	14	6	42,9	13	8	61,5	5	38,5
łódzka	15	3	20	12	8	66,7	2	16,7
poznańska	27	11	40,7	29	15	51,7	6	20,7
wrocławska	13	4	30,8	23	8	34,8	2	8,7
bydgosko-toruńska / BiT	22	8	36,4	20	11	55	5	25
szczecińska	9	7	77,8	6	4	66,7	4	66,7
lubelska	11	3	27,3	12	5	41,7	2	16,7
Ogółem	193	79	40,9	190	104	54,7	50	26,3

Źródło: opracowanie własne

Występowanie prostopadłych połączeń autobusowych to tylko jeden z czynników warunkujących efektywność punktu przesiadkowego. W przypadku każdego z 79 realnych konektorów wyliczono średni czas przesiadki z pociągu na autobus, mierzony w szczycie popołudniowym, a następnie utworzono **uogólniony wskaźnik integracji rozkładów jazdy (UWirj)** dla 50 stacji posiadających przynajmniej jeden funkcjonujący konektor. Uogólniony wskaźnik dla stacji stanowi średnią ważoną czasów przesiadki z konektorów, w której wagę stanowi iloraz liczby odjazdów autobusów i liczby przyjazdów pociągów, dostępnych w przyjętym przedziale godzin. Obliczanie wskaźnika odbywało się wg poniższego wzoru (8.2):

$$UWirj_s = \bar{x}_s = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad w_i = \frac{b_i}{t_s}, \quad i \cap s = \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (8.2)$$

gdzie:

- \bar{x}_s – średnia ważona czasów przesiadki [min] z pociągu na autobus dla stacji podmiejskiej „s”;

- w_i – waga międzygminnego konektora autobusowego i ;
- x_i – średnia arytmetyczna czasów przesiadki [min] dla pojedynczego międzygminnego konektora autobusowego i ;
- b_i – liczba autobusów kursujących wzdłuż międzygminnego konektora i , dostępnych w sąsiedztwie stacji podmiejskiej s po przyjazdach pociągów z kierunku rdzenia w szczycie popołudniowym;
- t_s – liczba pociągów przyjeżdżających z kierunku rdzenia do stacji podmiejskiej s umożliwiających przesiadkę na autobusy kursujące wzdłuż międzygminnego konektora i ;
- n – maksymalne liczby stacji s i autobusowych konektorów międzygminnych i , występujące w badanych zbiorach.

O atrakcyjności danego punktu przesiadkowego, a zarazem całej podróży multimodalnej, decyduje także oferowany przez transport kolejowy czas przejazdu do rdzenia, w porównaniu z czasami oferowanymi przez przewoźników autobusowych w konkurencyjnych połączeniach równoległych. Analizie konkurencyjności czasowej pociągów poddano 141 punktów charakteryzujących się integracją infrastrukturalną dwóch gałęzi transportu (maksymalna odległość dojścia pieszego – 300 m). Zbadano ile razy czas przejazdu najszybszym dostępnym pociągiem jest krótszy od czasu najszybszego dostępnego połączenia autobusowego. Ponieważ w miastach rdzeniowych nie zawsze główny dworzec kolejowy zlokalizowany jest w sąsiedztwie autobusowego, wykonana analiza zakłada uwzględnienie połączeń autobusowych, których trasy przebiegają najbliżej głównego dworca kolejowego. **Wskaźnik konkurencyjności czasowej pociągów ($Wkcp$)** obliczony został z wykorzystaniem wzoru (8.3):

$$Wkcp_s = \frac{bd_s}{td_s}, \quad s = \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (8.3)$$

gdzie:

- bd_s – czas przejazdu [min] najszybszego autobusu podmiejskiego łączącego okolice głównej stacji kolejowej w rdzeniu, ze stacją podmiejską s , dostępnego w godzinach szczytu popołudniowego;
- td_s – czas przejazdu [min] najszybszego pociągu łączącego główną stację kolejową w rdzeniu, ze stacją podmiejską s , dostępnego w godzinach szczytu popołudniowego.

Obliczone wartości wskaźników UW_{irj} oraz W_{kcp} pogrupowane zostały w osiem podtypów. W pierwszym przypadku są to podtypy: 1, 2, 3, 4, odpowiadające poziomowi integracji rozkładów jazdy – od braku integracji po optymalną. W drugim przypadku wyróżniono podtypy: A, B, C, D, opisujące

poziom konkurencyjności czasowej pociągów – od przewagi konkurencyjnej autobusu po pełną przewagę pociągu.

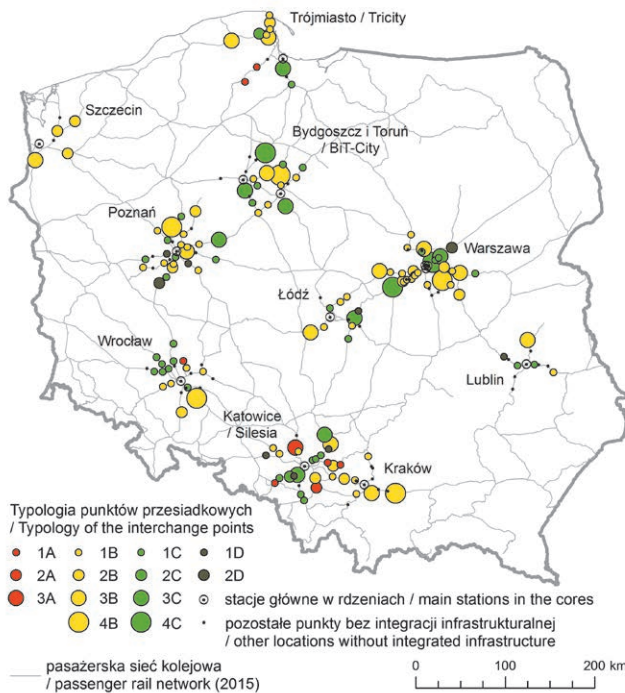
Tabela 8.3. Założenia typologii badanych punktów przesiadkowych

Synchronizacja rozkładów jazdy pociągów i autobusów międzygminnych (UW_{irj})	Konkurencyjność czasowa pociągów (Wk_{cp}) w podrózach z rdzenia do podmiejskich punktów przesiadkowych			
	A. Przewaga konkurencyjna autobusu ($Wk_{cp} < 1$)	Przewaga konkurencyjna pociągu		
		B. Słaba ($1 < Wk_{cp} < 2$)	C. Silna ($Wk_{cp} > 2$)	D. Brak połączeń autobusowych do rdzenia
1. Brak międzygminnych połączeń autobusowych (ewentualne połączenia wewnątrzgminne)	1A (przesiadka niemożliwa / podróż autobusem wskazana)	1B (przesiadka niemożliwa / podróż pociągiem do rozważenia)	1C (przesiadka niemożliwa / podróż pociągiem wskazana)	1D (przesiadka niemożliwa / podróż pociągiem konieczna)
2. Nieakceptowalna ($UW_{irj} > 30$ min)	2A (przesiadka niewskazana / podróż autobusem wskazana)	2B (przesiadka niewskazana / podróż pociągiem do rozważenia)	2C (przesiadka niewskazana / podróż pociągiem wskazana)	2D (przesiadka niewskazana / podróż pociągiem konieczna)
3. Akceptowalna (15 min $< UW_{irj} < 30$ min)	3A (przesiadka do rozważenia / podróż autobusem wskazana)	3B (przesiadka do rozważenia / podróż pociągiem do rozważenia)	3C (przesiadka do rozważenia / podróż pociągiem wskazana)	3D (brak reprezentacji)
4. Optymalna ($UW_{irj} < 15$ min)	4A (brak reprezentacji)	4B (przesiadka wskazana / podróż pociągiem do rozważenia)	4C (przesiadka wskazana / podróż pociągiem wskazana)	4D (brak reprezentacji)

Źródło: opracowanie własne

Obie grupy podtypów utworzyły dwuwskaznikową typologię w obrębie zbioru punktów z integracją infrastrukturalną (tab. 8.3). Tworzy ją 16 typów, jednakże w obrębie zbioru zidentyfikowane zostało 13 (brakuje typów: 4A, 3D i 4D). Typ 1A oznacza sytuację, w której obie gałęzie działają zupełnie niezależnie i nie jest możliwa przesiadka (nie istnieje konektor międzygminny), a jednocześnie konkurencyjny autobus podmiejski pokonuje

drogę do rdzenia szybciej aniżeli pociąg. Po przeciwnej stronie znajduje się typ 4C, który występuje w przypadku istnienia komplementarności połączeń autobusowych i kolejowych (czas przesiadki poniżej 15 min), a pociąg jest dwukrotnie szybszy od autobusu na odcinku równoległym. Przedział do 15 minut uznany został jako optymalny czas przesiadki w polskich warunkach, co jest uwarunkowane niestąłą punktualnością pociągów. Jako akceptowalny przyjęto czas 15–30 min. Jeżeli wartość UW_{irj} jest większa od 30 min, wówczas przesiadka staje się nieakceptowalna.



Ryc. 8.13. Zróżnicowanie przestrzenne typów punktów przesiadkowych w strefach podmiejskich największych polskich aglomeracji

Fig. 8.13. Spatial differentiation between types of transfer points in suburban zones of largest Polish agglomerations

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *OpenStreetMap*

Przestrzenne zróżnicowanie typów punktów przesiadkowych w największych polskich aglomeracjach wskazuje na przewagę obiektów należących do podtypu 1 (brak międzygminnych połączeń autobusowych) – 93 ze 141 badanych punktów spełniających kryterium integracji infrastrukturalnej (65,9%). W 9 z 10 aglomeracji znajdują się obiekty reprezentujące ten podtyp. Poza grupą jest aglomeracja szczecińska, w której wszystkie punkty zintegrowane infrastrukturalnie posiadają międzygminne połączenia

autobusowe. Największy udział podtypu 1 występuje w strefie podmiejskiej Wrocławia (ponad 86% punktów przesiadkowych badanych w tej aglomeracji). Międzygminne połączenia prostopadłe do stacji kolejowych występują tam bardzo rzadko. Wyjątek stanowią Strzelin oraz Oława. Podtyp 2 (czas przesiadki nieakceptowalny) pojawia się w przypadku 19 punktów przesiadkowych, zlokalizowanych w 7 aglomeracjach, z których największy udział (75%) cechuje punkty wokół Szczecina (do grupy nie należą żadne z badanych obiektów z aglomeracji bydgosko-toruńskiej, lubelskiej i łódzkiej).

Tabela 8.4. Udziały % poszczególnych typów punktów przesiadkowych w badanych aglomeracjach (sumy kolumn i wierszy zawierają wartości bezwzględne)

Typ		warszawska	katowicka	krakowska	trójmiejska	łódzka	poznańska	wrocławska	bydgosko-toruńska	szczecińska	lubelska	SUMA (w. bezwzgl.)
1	A	0	13	0	18,2	0	0	6,7	0	0	0	6
2	A	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	A	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	B	40	13	57,1	27,3	44,4	39,1	26,7	35,7	0	20	45
2	B	13,3	8,7	14,3	9,1	0	8,7	6,7	0	75	0	14
3	B	10	4,3	14,3	18,2	11,1	4,3	0	7,1	25	20	12
4	B	3,3	0	14,3	0	0	4,3	6,7	7,1	0	0	5
1	C	20	26,1	0	9,1	22,2	26,1	53,3	28,6	0	40	35
2	C	0	4,3	0	9,1	0	0	0	0	0	0	2
3	C	3,3	8,7	0	9,1	11,1	4,3	0	14,3	0	0	8
4	C	6,7	0	0	0	0	0	0	7,1	0	0	3
1	D	0	13	0	0	11,1	8,7	0	0	0	20	7
2	D	3,3	0	0	0	0	4,3	0	0	0	0	2
SUMA (wart. bezwzgl.)		30	23	7	11	9	23	15	14	4	5	141

Źródło: opracowanie własne

Racjonalne przesiadki w strefach podmiejskich pomiędzy autobusami międzygminnymi i pociągami (podtypy 3 i 4 – czas przesiadki akceptowalny i optymalny) mogą mieć miejsce jedynie w przypadku 29 ze 141 obiektów, co stanowi niecałe 21% całego zbioru charakteryzującego się integracją infrastrukturalną. Punkty z optymalnym czasem przesiadki (podtyp 4, poniżej

15 min) zaobserwowane zaledwie w 5 obszarach aglomeracyjnych: warszawskim, krakowskim, poznańskim, wrocławskim oraz bydgosko-toruńskim. Udział tego podtypu w każdej z wymienionych aglomeracji nie przekracza jednak poziomu 15%.

W aspekcie konkurencyjności czasowej pociągu, większość punktów przesiadkowych należy do podtypu B oraz C. Słaba konkurencyjność ma miejsce w przypadku 74 punktów (53,9%), silna natomiast dotyczy 48 (34%). Tym samym wybór pociągu w celu pokonania odcinka strefa podmiejska-rdzeń aglomeracji znacznie rzadziej można traktować jako rekomendowany.

W warszawskim obszarze aglomeracyjnym, gdzie pociągi podmiejskie są popularnym środkiem codziennej komunikacji, wszystkie punkty przesiadkowe cechują konkurencyjne czasowo, względem autobusowych, połączenia kolejowe, jednakże poziom integracji rozkładów jazdy w strefie podmiejskiej jest akceptowalny lub optymalny jedynie w 7 z 30 lokalizacji (Sochaczew, Żyrardów, Otwock, Mińsk Mazowiecki, Ząbki, Wołomin, Wieliszew).

Wszystkie 6 punktów przesiadkowych w aglomeracji krakowskiej należy do podtypu B (słaba przewaga konkurencyjna pociągu), a tylko 2 z nich (Wieliczka Rynek-Kopalnia oraz Bochnia) można uznać za racjonalne miejsca do zmiany środka transportu w podróży multimodalnej. Wskazuje to na ograniczenie roli pociągu do obsługi osób zamieszkujących bliską okolicę stacji (a co najwyżej teren jednej gminy).

W obszarach aglomeracyjnych Poznania i Wrocławia, których elementem wyróżniającym są dobrze rozwinięte sieci linii kolejowych, promieniście rozmieszczone wokół rdzeni, jednocześnie ma miejsce relatywnie słaba integracja rozkładów jazdy pociągów i autobusów międzygminnych. Większość gmin otaczających rdzeń posiada bezpośredni dostęp do kolei. Międzygminne konektory autobusowe pojawiają się głównie w bardziej oddalonych od rdzenia ośrodkach szczebla powiatowego (Strzelin, Oława, Gniezno), wyposażonych w dworce autobusowe w sąsiedztwie stacji kolejowej.

Najsłabiej rozwinięty pod względem sieci kolejowej oraz liczby ludności obszar aglomeracyjny Lublina jest niemal zupełnie pozbawiony punktów przesiadkowych mogących służyć podróżom multimodalnym z wykorzystaniem międzygminnych prostopadłych połączeń autobusowych. Większość stacji i przystanków kolejowych zlokalizowane jest w znacznej odległości od centrów miejscowości, a jedynym punktem wykazującym możliwość przesiadki o akceptowalnym czasie jest Lubartów.

Najwięcej przypadków, w których pociąg przegrywa z autobusem zidentyfikowano w konurbacji katowickiej, z uwagi na niezadowalający stan techniczny tamtejszej infrastruktury. Drugim przykładem jest rejon Kaszub (stacje Kościerzyna, Somonino i Żukowo Wsch.), posiadające wyraźnie

dogodniejsze czasowo połączenia autobusowe z Gdańskiem aniżeli dostępna oferta ze strony kolei, co jest dużym zaskoczeniem zważywszy na znaczne nakłady inwestycyjne poniesione w związku z uruchomieniem Pomorskiej Kolei Metropolitalnej (Gdańsk Wrzeszcz-Gdańsk Osowa/Rębiechowo).

Wykonane badanie kontrolne wykazało, że w strefach podmiejskich największych polskich aglomeracji występowanie łańcuchów multimodalnych jest rzadkością. Codzienne podróżowanie do pracy z wykorzystaniem autobusu (na odcinku dojazdowym do stacji) i pociągu (na odcinku przekraczającym granicę miasta rdzeniowego) jest najbardziej racjonalne w przypadku stacji przesiadkowych usytuowanych w oddalonych od rdzeni aglomeracji miastach powiatowych np. Mińsk Mazowiecki, Gniezno, Zawiercie. Pomimo relatywnie wysokiego stopnia integracji infrastrukturalnej zbadanych stacji kolejowych i przystanków autobusowych (141 ze 190 obiektów), kursowanie obu środków transportu znacznie częściej odbywa się w sposób nieskoordynowany, utrudniając lub wręcz uniemożliwiając przesiadkę. W przypadku wielu stacji usytuowanych w ośrodkach o mniejszej randze, uwidacznia się popularność wzorca codziennej mobilności ludności, w którym z transportu kolejowego korzystają mieszkańcy terenów zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie stacji, przemieszczający się na odcinku dom-stacja samochodem osobowym, rowerem lub pieszo.

Relatywna rzadkość występowania łańcuchów multimodalnych w aglomeracjach, a tym bardziej na obszarach peryferyjnych jest dodatkowym argumentem za założeniem o losowym powiązaniu ze sobą poszczególnych sieci i podsieci transportu zbiorowego w modelu **MULTIMODACC** w niniejszym opracowaniu. Szczegółowo założenia modelu zostały przedstawione w kolejnym rozdziale pracy.

9. ZAŁOŻENIA MODELU MULTIMODACC

9.1. DOSTĘPNOŚĆ POTENCJAŁOWA – WZÓR. ŹRÓDŁA I CELE PODRÓŻY

W celu większej przejrzystości prezentowanych założeń modelu MULTIMODACC poniżej powtórzono główną formułę dostępności potencjałowej, która stanowi punkt wyjścia do rozważań modelowych i aplikacji MULTIMODACC. Wykorzystywany wskaźnik przyjmuje postać:

$$A_{im} = M_i \exp(-\beta c_{iim}) + \sum_j M_j \exp(-\beta c_{ijm}) \quad (9.1)$$

gdzie:

- A_{im} – dostępność transportowa rejonu transportowego i przez gałąź transportu m ;
- M_i – masa (atrakcja) dostępna w rejonie transportowym i (źródła i cele podróży, por. podrozdział 9.1);
- $M_i \exp(-\beta c_{iim})$ – potencjał własny; por. podrozdz. 9.3;
- c_{ijm} – czas podróży w środku transportu w transporcie indywidualnym (por. podrozdz. 9.4) oraz publicznym (por. podrozdz. 9.5), opory na wejściu i na wyjściu (podrozdział 9.3); w ujęciu kosztowym – również podrozdz. 9.2;
- β – parametr określający długość podróży (por. podrozdz. 9.3).

Źródłem i celem podróży w modelu MULTIMODACC jest liczba mieszkańców gmin w Polsce. Na poziomie gminnym wyodrębniono w Polsce 2321 rejonów transportowych. Spośród zbioru 2478 gmin w Polsce wybrano miasta (lub wsie), w których znajduje się siedziba gminy. W ten sposób otrzymano 2321 miejscowości węzłowych (w zbiorze miejscowości węzłowych znajdują się zarówno miasta jak i wsie). W każdym z rejonów transportowych wyodrębniono w ten sposób miejscowość węzłową, przy czym jeżeli siedziba gminy wiejskiej i miejskiej znajdowała się w tym samym mieście wówczas obie jednostki agregowano tworząc jeden rejon transportowy z jedną miejscowością węzłową. Wybrane w ten sposób rejonu transportowe tylko w części odpowiadają układowi administracyjnemu na poziomie gminnym. Kryterium wyboru siedziby gminy jako miejscowości węzłowej (a nie np. centroidu gminy), wynika nie tylko z tego, że w siedzibie gminy znajduje się urząd gminy i siedziba władz administracyjnych, ale głównie z faktu, że miejscowość, w której

mieści się siedziba gminy jest zazwyczaj punktem ciężkości demograficznej rejonu komunikacyjnego oraz punktem w którym może znajdować się najważniejszy w gminie dworzec/przystanek autobusowy.

Poziom masy (liczba) został określony na podstawie procesu monitoringu dostępności realizowanego w IGiPZ PAN (projekt realizowany na zlecenie Ministerstwa Rozwoju pod nazwą: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*). Łączna liczba ludności w Polsce pod koniec 2015 r. została określona na ok. 1007,39 jednostek (liczba wynikła z systemu monitoringu, gdzie dla 2004 r., który jest początkową datą w systemie, przyrównano całkowitą ludność Polski do wartości 1000 jednostek), a ludność 2321 rejonów transportowych została określona według udziałów ludności względem łącznej ludności w Polsce.

Dostępność potencjałowa nie ma jednostek, ale zabieg określenia wielkości całej dostępnej „masy” w Polsce na ok. 1000 jednostek daje wyniki średnioważonego powierzchnią jednostki poziomu dostępności w liczbach od 0,2 (dostępność w podróżach krótkich w transporcie kolejowym) do około 100 (dla podróży długich w transporcie indywidualnym). Mapy diagnostyczne zostały przedstawione w rozdziałach 10–12 w ujęciu względem średniej krajowej.

9.2. SKŁADOWE I WARTOŚĆ CZASU I KOSZTU UOGÓLNIONEGO

Koszt uogólniony, na który składa się czas, koszt oraz wysiłek związany z podróżą został w modelu MULTIMODACC ograniczony do bezpośredniego kosztu związanego z podróżą (w tym wartości czasu). Składowe czasu i kosztu w modelu MULTIMODACC charakteryzuje tabela 9.1.

Wartość czasu. Obliczona na potrzeby niniejszego opracowania i modelu MULTIMODACC wartość czasu podróży można oszacować na 19,12 zł netto za godzinę podróży. Obliczone przez innych autorów (głównie na przełomie pierwszej i drugiej dekady XXI wieku) wartości czasu podróży samochodem lub koleją w Polsce wahały się dla podróży prywatnych od 14,5 zł/h do 36 zł/h, a dla podróży służbowych od 23,97 zł/h do 80 zł/h (por. dyskusja w podrozdziale 3.4). Można przyjąć zatem, że w podróżach służbowych wycena czasu podróży jest 2–4 krotnie wyższa niż w podróżach prywatnych. Przy odpowiednim zaokrągleniu oraz uwzględnieniu faktu, iż w podróżach służbowych należy przyjąć jako wycenę wartość roboczogodziny z uwzględnieniem kosztów pracodawcy, a także w celu podkreślenia wysokodochodowych podróży

służbowych można przyjąć na przełomie 2015 i 2016 r. wartość czasu podróży w środku transportu na:

- 20 zł/h – dla podróży prywatnych,
- 80 zł/h – dla podróży służbowych wysokodochodowych.

Tabela 9.1. Składowe czasu i kosztu w modelu **MULTIMODACC**

Miary oporu przestrzeni	Gałąź transportu			
	Samochód (motoryzacja indywidualna)	Transport publiczny		
		Dojście/odejście	W środku transportu	Przesiadka
Czas	<ul style="list-style-type: none"> – czas podróży (w samochodzie) 	<ul style="list-style-type: none"> – czas dojścia do stacji/przystanku początkowego (<i>access time</i>) – czas oczekiwania na środek transportu na stacji/przystanku – czas na wyjście ze środka transportu – czas przejścia ze stacji/przystanku końcowego do celu podróży (<i>egress time</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – czas podróży (w środku transportu) (<i>in vehicle time</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – czas przesiadki/przesiadek (<i>transfer time</i>)
Koszt	<ul style="list-style-type: none"> – koszty paliwa – koszty związane z opłatami za przejazd (opłaty autostradowe) – wartość czasu podróży w pojeździe 	<ul style="list-style-type: none"> – wartość czasu dojazdu od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego – wartość czasu dojazdu od stacji/przystanku końcowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> – koszty biletów – wartość czasu podróży (w środku transportu) 	<ul style="list-style-type: none"> – wartość czasu oczekiwania na przystanku/stacji/lotnisku

W modelu **MULTIMODACC** przyjęto też jednakową wycenę wartości czasu podróży niezależnie od gałęzi/środka transportu, a symulacje dla różnych wartości czasu przesiadki, a także czasu dojścia/odejścia określono poprzez manipulowanie długością doby operacyjnej. Dla większości

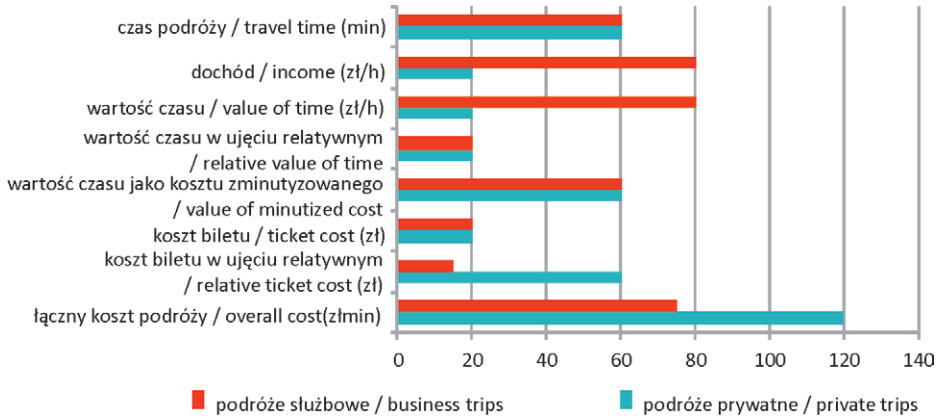
symulacji przyjęto, iż doba operacyjna ma 12 h. Jedną symulację przeprowadzono dla wydłużonej doby operacyjnej wynoszącej 24 h (por. ryc. 11.15). Dla tej jednej symulacji założono, że wartość czasu oczekiwania na przystanku/stacji/lotnisku jest dwukrotnie wyższa niż wartość czasu spędzonego w środku transportu. Wykorzystano prosty sposób dwukrotnego wydłużenia tzw. doby operacyjnej w celu dwukrotnego wydłużenia czasu oczekiwania w dowolnym punkcie przesiadkowym. Jednak dla wszystkich pozostałych symulacji przyjęto, że wartość czasu podróży, czasu przesiadki i czasu dojścia/odejścia są identyczne.

Do pozaczasowych składowych kosztu uogólnionego w modelu MULTIMODACC należą w transporcie indywidualnym – koszty paliwa spalane w czasie podróży oraz, w przypadku autostrad płatnych – opłaty autostradowe, a w transporcie publicznym – koszty biletów. Koszty paliwa zostały szczegółowo omówione w podrozdziale 7.1.2, opłaty autostradowe – w podrozdziale 7.1.3, a koszty biletów – w podrozdziałach 7.2–7.4.

Wartość kosztu uogólnionego. Na koszt uogólniony w modelu MULTIMODACC składa się wartość czasu podróży oraz pozaczasowe elementy koszty w postaci kosztów paliwa i opłat autostradowych (transport indywidualny) oraz kosztów biletów (transport publiczny). W celu umożliwienia analizy porównawczej wyników dostępności między różnymi gałęziami transportu oraz pomiędzy czasem i kosztem jako miarą oporu przestrzeni dokonano oryginalnego zabiegu nazwanego „**zminutykowaniem**” **kosztu**. „Zminutykowanie” kosztu polega na tym, że punktem wyjścia są wartości czasu, a dostępność jest podawana w **ujęciu relatywnym**. Łączny koszt polega na dodaniu wartości czasu w ujęciu relatywnym oraz pozaczasowych elementów kosztu (również obliczonych w ujęciu relatywnym).

Założmy, że podróż trwa 60 minut. Zakłada się, że dla podróżującego w celach prywatnych wycena czasu podróży wynosi 20 zł/h, a dla podróżującego w celach służbowych wysokodochodowych – odpowiednio cztery razy więcej, tj. 80 zł/h. Zabieg zrelatywizowania wartości czasu polega na tym, że zakłada się, że podróżny wysokodochodowy zarabia cztery razy więcej. Tym samym w ujęciu relatywnym wartość czasu dla obu typów podróży jest identyczna (20). W celu porównania czasu podróży (60 minut w godzinie) i wartości czasu podróży (20) mnożymy otrzymane wartości trzy razy ($20 \times 3 = 60$; 3,0 to będzie przelicznik α wykorzystywany również przy pozaczasowych składnikach kosztu) i dla podróży prywatnych i służbowych wysokodochodowych otrzymujemy wartość 60. Zarówno w podróżach prywatnych, jak i w podróżach służbowych wysokodochodowych otrzymana wartość czasu jako „kosztu zminutykowanego” wynosi 60. Do tego należy dodać wartość pozaczasowych elementów kosztu uogólnionego (koszty paliwa, opłaty autostradowe, koszty biletów). Założmy, że jedynym pozaczasowym kosztem

są koszty biletów (20 zł). Stosujemy przelicznik 3,0 i dla podróży prywatnych osiągamy wartość 60, natomiast dla podróży służbowych wysokodochodowych wartość ta w ujęciu relatywnym jest czterokrotnie niższa (ze względu na czterokrotnie wyższy dochód), a zatem wynosi 15.



Ryc. 9.1. „Zminutyzowanie” kosztu uogólnionego w ujęciu relatywnym dla podróży prywatnych i podróży służbowych wysokodochodowych

Fig. 9.1. Generalized cost minitizing in relative terms for private and high-income business trips

Podsumowując:

- łączny koszt w podróżach prywatnych to: 60 (wartość czasu jako kosztu zminutyzowanego) + 60 (koszty biletów w ujęciu relatywnym) = 120,
- łączny koszt w podróżach służbowych wysokodochodowych to: 60 (wartość czasu jako kosztu zminutyzowanego) + 15 (koszty biletów w ujęciu relatywnym) = 75 (por. wzór 9.2 oraz ryc. 9.1).

$$c_{ijm} = \alpha \left(vrel_m t_{ijm} + crel_m d_{ijm} \right) \quad (9.2)$$

gdzie:

- c_{ijm} – uogólniony koszt podróży między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m ;
- t_{ijm} , d_{ijm} to czas podróży i odległość podróży (między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m ;
- $vrel_m$ – wartość czasu podróży gałęzią transportu m , podana w ujęciu relatywnym (niezależnie od dochodu podróżnego przyjmuje wartość 20 zł/h);
- $crel_m$ – koszt kilometra podróży (w tym np. opłaty autostradowe, koszty paliwa lub koszt biletu) gałęzią transportu m w ujęciu relatywnym, tj.

przy uwzględnieniu różnic w dochodzie względem podróży prywatnych (dla podróży wysokodochodowych czterokrotnie niższy niż w ujęciu absolutnym ze względu na czterokrotnie wyższy dochód);

- α – stała wynosząca w badaniu 3,0 (jest to relacja między liczbą minut w godzinie a wyceną wartości godziny w złotych).

Powyższy zabieg ma jedną ogromną zaletę. Wartość wskaźnika dostępności zawsze będzie najwyższa dla czasu jako miary oporu przestrzeni, a następnie będzie maleć dla podróży wysokodochodowych, a najniższe wartości będzie przyjmować w podróżach prywatnych. Dodanie pozaczasowych elementów kosztu pogarsza poziom dostępności, ale dla podróży dysponujących wyższym dochodem ta obniżka jest mniej widoczna niż w podróżach prywatnych.

9.3. POTENCJAŁ WŁASNY, OPORY NA WEJŚCIU I WYJŚCIU ORAZ DŁUGOŚĆ PODRÓŻY

O ile model prędkości i obliczanie czasów podróży między rejonami transportowymi *i* oraz *j* wygląda inaczej w transporcie indywidualnym i publicznym, o tyle pewne założenia są wspólne dla obu rodzajów transportu. Po pierwsze, mimo różnic w obu modelach występuje tzw. potencjał własny oparty na odległości wewnętrznej rejonu transportowego równej połowie promienia. Po drugie, w obu modelach zakłada się tzw. opory na wejściu i wyjściu (handikapy), które mogą być rozumiane jako czas/koszt dojścia/odejścia. Po trzecie, w obu modelach symulacje dostępności są wykonywane dla krótkich i długich podróży dla jednakowych parametrów funkcji oporu przestrzeni.

Potencjał własny. Uwzględnienie potencjału własnego polega na tym, iż masa własna jednostki przestrzennej (np. ludność gminy w której rozpoczyna się podróż) jest również istotna dla dostępności osób zamieszkujących obszar danej jednostki przestrzennej (część podróży odbywa się przecież w ramach np. gminy). Jest to zatem pewna zmienna uwzględniająca istnienie celów podróży wewnątrz jednostki oraz możliwość wykonywania podróży wewnętrznych w jednostce. Postanowiono, wzorem większości badań wykorzystujących dostępność potencjałową, uwzględnić tzw. potencjał własny jednostki przestrzennej (gminy).

Potencjał własny mówi o wpływie masy własnej regionu na jego ogólną dostępność transportową. Powstaje w wyniku iloczynu masy własnej rejonu oraz funkcji oporu przestrzeni uwzględniającej jako element oporu przestrzeni średni czas podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego. W celu

obliczenia średniego czasu podróży potrzebna jest informacja o średniej odległości i prędkości podróży wewnętrznej.

Długość przeciętnej podróży wewnętrznej w rejonie komunikacyjnym określa się często w relacji do tzw. promienia rejonu transportowego, przy założeniu, że jego powierzchnię przyrównuje się do koła. Można założyć, że jest to przykładowo dokładnie połowa długości promienia. Taką odległość założyli w swoich analizach m.in. Rich (1978), Gutiérrez i in. (2011) i Rosik (2012). Odległość wewnętrznej podróży wynosząca połowę promienia rejonu transportowego ma swoje podstawy w naukach fizycznych (Rosik 2009). Z powyższych względów również w modelu MULTIMODACC przyrównano odległość wewnętrzną do połowy promienia. Ustalono, że czas podróży będzie wynikał ze wzoru:

$$t_{ii} = \frac{0,5 \sqrt{\frac{Pow}{\pi}}}{\bar{v}_i} \quad (9.3)$$

gdzie:

- t_{ii} – czas podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego (h),
- \bar{v}_i – średnia prędkość podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego (km/h),
- Pow – powierzchnia rejonu komunikacyjnego (km).

Ustalenie średniej prędkości podróży transportem publicznym wewnątrz rejonu transportowego nie jest zadaniem łatwym ponieważ rejonu różnią się między sobą pod kątem gęstości zaludnienia oraz koncentracji ludności. Różny jest również stan sieci transportu publicznego. Zdecydowano się zatem na znaczące uproszczenie i założono, że średnia prędkość wewnątrz rejonu komunikacyjnego wyniesie:

- **20 km/h** w transporcie indywidualnym (analogicznie jak w Stępnia, Rosik 2013a oraz Rosik i in. 2015),
- **10 km/h** w transporcie publicznym w miastach na prawach powiatu,
- **5 km/h** (co odpowiada prędkości pieszej) w pozostałych rejonach transportowych (gminy nie będące miastem na prawach powiatu).

W przypadku miast na prawach powiatu 10 km/h jest wielkością około dwukrotnie niższą niż średnia prędkość w transporcie miejskim (por. Birr i in. 2014). Taka różnica wynika z dwóch przyczyn. Po pierwsze, przyjęte konektory w miastach na prawach powiatu o prędkości 15 km/h są prowadzone w linii prostej (w odróżnieniu od rzeczywistego przebiegu linii transportu publicznego w miastach). Po drugie, konektor ma częstotliwość równą 99 (na dobę operacyjną) i uwzględnia czas dojścia i odejścia z przystanku transportu miejskiego oraz czas oczekiwania na środek transportu, a zatem

kilkuminutowy (około siedem i pół minuty) czas poza środkiem transportu. Prędkość podróży wewnątrz miasta na prawach powiatu powinna być zatem niższa niż przyjęta dla konektorów, a jednocześnie wyższa od prędkości pieszej, co prowadzi do przyjętej wielkości 10 km/h.

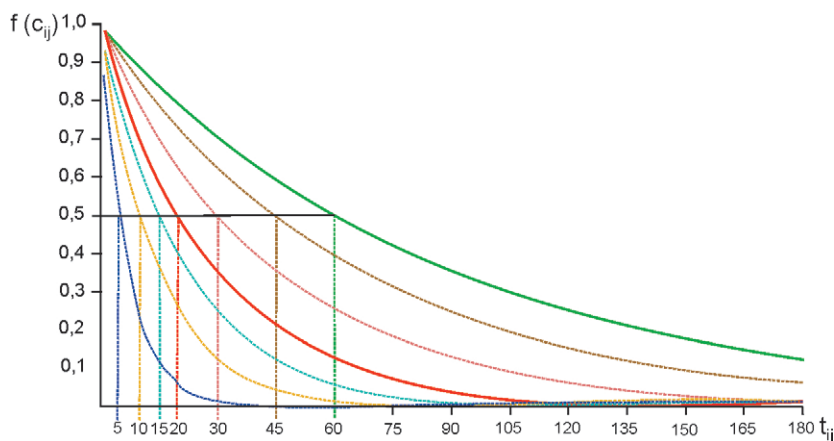
Opory na wejściu i wyjściu. Wzorem badań dostępności prowadzonych przez Spiekermanna (m.in. Spiekermann i in. 2015), a także badań prowadzonych w IGiPZ PAN (Rosik i in. 2012; Komornicki i in. 2013, Stępnia, Rosik 2013a; Rosik i in. 2015) uwzględniono tzw. opory na wejściu i wyjściu (handikapy), tj. dodatkowy czas dojazdu od źródła podróży do węzła początkowego oraz od węzła końcowego do celu podróży (*access/egress time*). Założono, że na poziomie gminnym wynosi on połowę przeciętnej odległości podróży wewnętrznej wykonywanej w gminie. Przeciętna odległość podróży wewnętrznej została obliczona w ramach kalkulacji potencjału własnego. Tym samym czas podróży między dowolną parą rejonów transportowych *i* oraz *j* dodatkowo został wydłużony o czas dojścia i odejścia równy połowie czasu podróży wewnątrz rejonu transportowego, odpowiednio rejonu *i* na wejściu ($0,5 \cdot t_{ij}$) oraz rejonu *j* na wyjściu ($0,5 \cdot t_{ji}$). Zabieg ten miał na celu urealnienie rzeczywistego czasu podróży, również w porównaniu do czasów podróży wewnętrznych (potencjał własny). Przyjęte założenia mają swoje uzasadnienie we wcześniej prowadzonych badaniach (por. Stępnia, Jacobs-Crisioni 2017).

Długość podróży. Przyjęta długość podróży determinuje spadek atrakcyjności celu podróży. W analizie wykorzystano funkcję wykładniczą $f(c_{ij}) = \exp(-\beta t_{ij})$, gdzie wskazano jako właściwy parametr $\beta = 0,0347$ dla podróży krótkich i $0,0116$ dla podróży długich (por. dyskusja w: Stępnia, Rosik 2013a oraz Rosik i in. 2015). Co prawda w dotychczasowych pracach w IGiPZ PAN często wykorzystywano dla określenia krótkich podróży parametr $\beta = 0,0231$ odpowiadający spadkowi atrakcyjności celu podróży do połowy po 30 minutach) (por. m.in. Rosik i in. 2015), to jednak przyjęcie w niniejszym opracowaniu długich podróży w skali kraju dla $\beta = 0,0116$ wymaga odpowiedniego zróżnicowania między krótkimi i długimi podróżami. Zatem w świetle przyjętych założeń w podróżach krótkich atrakcyjność celu podróży zmniejsza się do połowy dla czasu podróży wynoszącym dokładnie 20 minut, a dla około 40 minut atrakcyjność ta spada do ok. 25% (np. gdy celem podróży jest miasto 100 tys. mieszk. odległe o 20 minut podróży jego atrakcyjność spada do 50 tys. mieszk., a dla 40 minut podróży, już tylko 25 tys. mieszk.).

W przypadku podróży długich wykorzystano parametr $\beta = 0,0116$ ze względu na fakt, iż w świetle jednej z często wykorzystywanych definicji podróży długich są to takie podróże które są realizowane na odległość powyżej 100 km. W tym przypadku miasto 100 tys. odległe o godzinę jazdy ma atrakcyjność równą 50 tys. mieszk., po dwóch godzinach podróży – 25 tys. mieszk., a po 200 minutach podróży – 10 tys. mieszk. (por. tab. 9.2; ryc. 9.2).

Tabela 9.2. Spadek atrakcyjności celu podróży dla różnych wielkości parametru β

Długość podróży	Spadek atrakcyjności celu podróży do połowy (wartość t_{ij} w minutach)	β parametr	t_{ij} (w minutach) jeżeli $f(t_{ij})$ wynosi		
			0,75	0,25	0,1
Podróże krótkie	5	0,1386	2,1	10,0	16,6
	10	0,0693	4,2	20,0	33,2
	15	0,0462	6,2	30,0	49,8
	20	0,0347	8,3	40,0	66,4
	30	0,0231	12,5	60,0	99,7
	45	0,0154	18,7	90,0	149,5
Podróże długie	60	0,0116	24,9	120,0	199,3



Ryc. 9.2. Funkcje oporu przestrzeni dla różnych parametrów beta

Fig. 9.2. Distance decay function for different beta parameters

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiału niepublikowanego związanego z realizacją projektu: Spiekermann i in. (2015)

9.4. CZAS PODRÓŻY W TRANSPORCIE INDYWIDUALNYM

Dzięki znaczącemu uszczegółowieniu geograficznych baz danych sieci transportowych oraz „podwiązaniu” wszystkich miejscowości gminnych do sieci dróg krajowych i wojewódzkich poprzez dodanie najważniejszych odcinków dróg gminnych i powiatowych, nastąpiła możliwość obliczenia wartości wskaźnika dostępności w transporcie indywidualnym na poziomie gminnym. Wskaźnik bazuje na zróżnicowaniu i urealnieniu prędkości w transporcie indywidualnym. Wykorzystano model prędkości ruchu zbudowany w IGIPZ

PAN (Komornicki in. 2008; Rosik, Śleszyński 2009; Rosik i in. 2011, Rosik 2012). Model prędkości ruchu dla Polski został opracowany przy założeniu wpływu trzech zmiennych na prędkość pojazdów, tj.: liczby ludności w buforze 5 km w otoczeniu odcinka, obszaru zabudowanego oraz ukształtowania terenu. Źródłem powyższych zmiennych są wykorzystywane w IGiPZ PAN bazy danych. Skrócowa charakterystyka baz danych została przedstawiona w tabeli 9.3.

Sieć drogową podzielono na kilkanaście kategorii dróg. Kategorie dróg oraz ich oznaczenia w modelu zaprezentowano w tabeli 9.4.

Tabela 9.3. Źródła danych o parametrach w modelu prędkości ruchu

Nazwa parametru	Opis	Źródło danych	Sposób agregacji danych
Ludność	liczba ludności w buforze 5 kilometrów	rozmieszczenie ludności w rejonach spisowych w 2008 roku	średnia dla stumetrowych fragmentów tworzących dany odcinek
Obszar zabudowany	odsetek obszaru zabudowanego w buforze 100 metrów. Stumetrowy odcinek traktowano jako przebiegający przez teren zabudowany w przypadku gdy wynik obliczeń przekraczał 30%	warstwa „obszar zabudowany” ze zbiorów IGiPZ PAN	odsetek długości odcinka znajdującego się na terenie zabudowanym
Ukształtowanie terenu	wartość odchylenia standardowego różnic wysokości w heksagonie o boku 3 kilometrów	baza wysokościowa numerycznego modelu terenu według SRTM-3	średnia dla stumetrowych fragmentów tworzących dany odcinek

Źródło: Komornicki i in. (2008)

Funkcje, które opisują zależności między prędkością pojazdu a zmiennymi ją warunkującymi mają s-kształtny charakter (por. aneks). Redukcja prędkości ma charakter ciągły w zależności od liczby ludności w buforze odcinka, odsetka obszaru zabudowanego lub ukształtowania powierzchni terenu. Przy niskich wartościach zmiennych redukujących prędkość funkcja opada lekko skutkując niewielkimi spadkami prędkości. Przy większych wartościach zmiennych redukujących prędkość, redukcja prędkości jest już znacznie wyższa. Przy bardzo wysokich wartościach zmiennych warunkujących prędkość, prędkość jest coraz niższa choć jej spadek nie jest już tak duży (granicą funkcji jest prędkość minimalna, bliska

zerowej, dla zmiennych warunkujących prędkość dążących do nieskończoności). Szczegółowy opis modelu został zawarty w aneksie niniejszej monografii.

Tabela 9.4. Drogi według kategorii

Kategoria drogi przyjęta w modelu	Szerokość jezdni	Oznaczenie dróg w modelu
Autostrada		A
Ekspresowa dwujezdniowa		E2
Ekspresowa jednojezdniowa		E1
Krajowa dwujezdniowa		K2
Krajowa jednojezdniowa	szersza (>9,5 m) średnio szeroka (7,5–9,5 m) wąska (6,5–7,5 m) bardzo wąska (do 6,5 m)	K1sz K1sr K1w K1bw
Wojewódzka dwujezdniowa		W2
Wojewódzka jednojezdniowa	szersza (>9,5 m) średnio szeroka (7,5–9,5 m) wąska (6,5–7,5 m) bardzo wąska (do 6,5 m)	W1sz W1sr W1w W1bw
Powiatowa i gminna		PiG

Ogólny wpływ poszczególnych zmiennych w modelu na prędkość pojazdów na odcinku drogi wylicza się za pomocą tzw. „zasady **najslabszego ogniwa**”. Zasada ta polega na tym, że przy obliczaniu średniej prędkości na danym odcinku wybiera się minimalną prędkość, wynikającą z wpływu poszczególnych zmiennych warunkujących prędkość, tj. liczby ludności zamieszkałej w buforze 5 km od odcinka drogi, udziału obszaru zabudowanego oraz spadków terenu. Tym samym występujące ograniczenia nie sumują się, a prędkość średnia pojazdów na dowolnym odcinku drogi w Polsce wynika zatem ze wzoru (9.4; pełne formuły podane w aneksie):

$$v_i = \min \{ f_{Li}, f_{Zi}, f_{Ui} \} \quad (9.4)$$

gdzie:

- v_i – prędkość na odcinku drogi i ,
- f_{Li} – prędkość wynikająca z wpływu ludności zamieszkałej w buforze 5 km od odcinka drogi i ,
- f_{Zi} – prędkość wynikająca z wpływu obszaru zabudowanego na odcinku drogi i ,

– f_{U_i} – prędkość wynikająca z wpływu spadków terenu na odcinku drogi i

Prędkości dla odcinków sieci zostały obliczone dla całej sieci dróg krajowych i wojewódzkich oraz wybranych drogach powiatowych i gminnych dla stanu sieci drogowej na koniec 2015 r.

9.5. PODRÓŻ W TRANSPORCIE PUBLICZNYM

9.5.1. WSTĘP

Celem teoretycznym projektu jest wypracowanie miary dostępności w odniesieniu do transportu zbiorowego przy zachowaniu kompatybilności ze wskaźnikiem dostępności potencjałowej w transporcie indywidualnym, danego wzorem (oznaczenia jak we wzorze 2.1):

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{g(c_{ij})} \quad (9.5)$$

Rozpatrując budowę powyższego wzoru można dojść do wniosku, że ogólna forma sumy, która odzwierciedla fakt, że dostępność punktu w przestrzeni jest wartością wynikającą z wszystkich relacji z pozostałymi punktami-masami systemu, pozostaje ważna również w przypadku transportu zbiorowego. Dotyczy to również samej zasady *potencjału*, która określa oddziaływanie masy j na punkt i jako iloraz masy j i pewnej funkcji odległości. Również oddziaływanie funkcji oporu przestrzeni $g(c_{ij})$ powinno, co do zasady, być uwzględnione w modelu transportu zbiorowego. Zasadniczą różnicę między modelami można sprowadzić do sposobu obliczania czasu i kosztu podróży, który jest elementem mianownika powyższego wzoru.

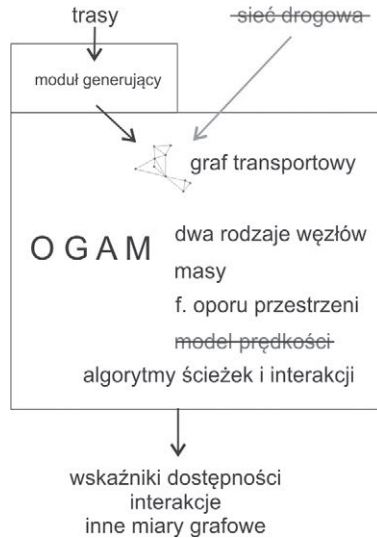
Przy konstruowaniu miary dostępności dla transportu zbiorowego musimy uwzględnić sytuację rynkową, w której występują dostawcy usług transportowych (przewoźnicy) i ich klienci. Inaczej niż w transporcie indywidualnym, pasażer nie decyduje już samodzielnie o drodze przemieszczania w systemie transportowym – czas, koszt i dogodność podróży jest wyznaczana przez przewoźnika. Podtrzymujemy założenie o racjonalności pasażera, z tym że jego racjonalne zachowania przejawiają się w inny sposób i mają mniejszy zakres niż w transporcie indywidualnym. Przede wszystkim, pasażer jest konsumentem produktu dostarczanego przez przewoźnika. Produktem tym jest **trasa**. Pasażer podejmuje decyzje dotyczące planowania podróży w oparciu o opublikowane informacje o trasach, czyli **rozkład jazdy** (a w modelu kosztowym również o opublikowany koszt podróży). Płyną stąd dwie konsekwencje:

1. decyzje pasażera polegają tylko na wyborze i zestawianiu tras,
2. rozkłady jazdy stanowią główne źródło informacji zasilające model.

Na przemieszczenia w transporcie zbiorowym mają w dużym stopniu wpływ te same czynniki, co w transporcie indywidualnym, np. limity prędkości lub ograniczenia w przepustowości w ruchu drogowym dotyczą w podobnym stopniu pojazdów komunikacji zbiorowej i indywidualnej. W modelu transportu indywidualnego czynniki te stanowią zmienne na podstawie których szacujemy prędkość i czas podróży. W modelu transportu zbiorowego ta część pracy może być pominięta, bowiem dysponujemy wiarygodnym źródłem informacji pochodzącym od przewoźnika. Możemy uznać, że wszystkie te czynniki zostały już uwzględnione przy opracowywaniu rozkładu jazdy, który musi przedstawiać realne czasy podróży, ponieważ stanowi część kontraktu między przewoźnikiem i pasażerem. Jego wiarygodność podlega weryfikacji w grze rynkowej i przewoźnik nie powinien pozwalać sobie na niedokładność w tym zakresie.

O ile dysponujemy dokładnym i danym „za darmo” czasem przejazdu, to musimy jeszcze uwzględnić drugą zasadniczą różnicę między transportem indywidualnym i zbiorowym. Jest nią fakt, że pasażer transportu indywidualnego może podjąć podróż w dowolnej chwili, a pasażer transportu zbiorowego – nie, ponieważ termin realizacji usługi transportowej jest wyznaczony przez rozkład jazdy. Nie można więc sprowadzić podróży do towaru leżącego na półce i czekającego na konsumenta – sprzedaż tego towaru następuje w ściśle określonych godzinach. Ukryty czas potrzebny na uzyskanie dostępu do usługi transportowej (nazywany w skrócie **czasem dostępu**) będzie wzięty pod uwagę jako równoprawny składnik całkowitego czasu lub kosztu podróży. Sposób obliczenia czasu dostępu dla pojedynczego pasażera przybywającego do punktu podjęcia podróży o konkretnej godzinie, w oparciu o szczegółowy rozkład jazdy, jest bardzo prosty. Jednak w generalnym przypadku, wartości obu zmiennych są nieznane i muszą być one potraktowane jak zmienne losowe, co prowadzi do podejścia stochastycznego.

Wszystkie przedstawione powyżej różnice między modelami i wynikające z nich komplikacje mają ograniczony zasięg oddziaływania. Wydaje się więc możliwe wykorzystanie dużej części koncepcji, algorytmów i struktur danych dotychczasowego modelu OGAM. Z tą myślą przystępujemy do rozszerzenia koncepcyjnego modelu i towarzyszącej mu przebudowy oprogramowania (ryc. 9.3), które w nowej wersji nosi nazwę OGAM.Multimodal.



Ryc. 9.3. Przebudowa oprogramowania OGAM do celów projektu MULTIMODACC
 Fig. 9.3. Conversion of OGAM software for the purposes of MULTIMODACC project

Najważniejszym problemem do rozwiązania jest przekształcenie siatki połączeń wyznaczanych przez trasy w graf transportowy (rozdz. 9.5.4).

9.5.2. ZAŁOŻENIA

Oprócz założenia o wiarygodności rozkładów jazdy, w modelu transportu zbiorowego czynimy kilka założeń wynikających z tego, że pasażerowie i przewoźnicy działają w warunkach wolnego rynku. Zakładamy więc, że:

1. przewoźnicy dostarczają usługi transportowe w wystarczającej podaży co do istniejącego popytu,
2. pasażerowie zestawiają swoje połączenia optymalnie,
3. przewoźnicy nie synchronizują połączeń

Założenie (1) wynika z przekonania o racjonalności działań ekonomicznych i ze specyfiki transportu zbiorowego. W odróżnieniu od transportu indywidualnego, popyt i podaż odnoszą się do usług transportowych, a nie – infrastruktury. Szybkość reakcji na zmieniający się popyt na usługę może być daleko większa niż szybkość reakcji na niezaspokojony popyt na infrastrukturę, choćby dlatego, że pierwsza reakcja odbywa się w warunkach rynkowych, druga zaś wynika z polityki państwa. Ważny jest również „efekt kwantowania” czyli fakt, że podaż usługi może być zwiększana stosunkowo małymi porcjami, a infrastruktura – dużymi nakładami rozciągniętymi

w długim okresie czasu; dodatkowo problem pogłębia duży odstęp czasowy od diagnozy zapotrzebowania do realizacji inwestycji. Dostawcy usług transportowych mają większe możliwości reagowania na zmieniający się popyt i możemy przyjąć za pewnik, że kierując się racjonalnością ekonomiczną, wykorzystują te możliwości.

Założenie (1) ma dalekosiężne skutki dla modelu. Po pierwsze uzasadnia stosowanie metody najkrótszych ścieżek, po drugie eliminuje z modelu sytuację, w której następuje kolejkowanie popytu i związane z nim (trudne do oszacowania) opóźnienie w wykonywaniu wybranego przez pasażera połączenia, po trzecie wpływa na metodę integracji krawędzi.

Założenie (2) o optymalnym zachowaniu pasażera dotyczy nie wyboru samych tras, ale sposobu w jaki pasażer zestawia (łączy) różne trasy, aby zrealizować pożądane połączenie w sytuacji, w której nie można uzyskać połączenia bezpośredniego. Wynika ono z powszechnej dostępności informacji na temat rozkładów jazdy i racjonalnego działania pasażera. Daje ono podstawy do posługiwania się jednoznacznym, deterministycznym kryterium wyboru optymalnej trasy. To założenie jest również zgodne z analogicznym założeniem w transporcie indywidualnym, w którym podróżny posługuje się optymalną ścieżką grafu.

Dwa pierwsze założenia wprowadzają do modelu stabilność: pasażer ma wystarczająco dużo informacji i czasu, aby wypracować optymalne połączenie, przewoźnik zaś ma wystarczającą wiedzę o zapotrzebowaniu na trasach, które już obsługuje i jest w stanie dostarczyć wymaganą przepustowość. System pozostaje w stanie równowagi popytu i podaży. Nie czynimy natomiast żadnego założenia odnośnie strategii przewoźników w zakresie konstruowania tras. Fakt, czy są one skonstruowane optymalnie, tj. zgodnie z popytem ze strony pasażerów i przy minimalizacji kosztów przewoźnika, nie ma znaczenia dla modelu.

Wyjaśnienie założenia (3) wymaga rozpatrzenia wyborów ekonomicznych i wariantów możliwych zachowań przewoźnika, co jest opisane w następnym podrozdziale.

9.5.2.1. SYNCHRONIZACJA

Na potrzeby tej pracy będziemy się posługiwać pojęciem synchronizacji jako sposobu optymalizacji rozkładu jazdy ze strony przewoźnika w celu poprawy efektywności (s. własna) lub osiągnięcia przewagi konkurencyjnej (s. konkurencyjna), przy ponoszeniu zerowych lub stosunkowo niewielkich nakładów.

Dla potrzeb badania dostępności, synchronizacja jest interesująca tylko jako zjawisko modyfikujące dobowy rozkład połączeń, a przez to – podważające założenie o równomiernym rozkładzie usług transportowych. Jego występowanie pociąga za sobą kumulowanie połączeń w pewnych porach doby operacyjnej. Widoczne efekty synchronizacji obserwujemy w punktach początkowych i przesiadkowych sieci transportowej i w ten właśnie sposób rozpoczniemy rozważania. Jednak zrozumienie konsekwencji i skuteczności synchronizacji jest możliwe tylko po rozpatrzeniu całych tras i większych fragmentów sieci transportowej.

Można wyróżnić dwa typy synchronizacji: równoległą i szeregową. Synchronizacja równoległa (ryc. 9.4) polega na uzgadnianiu między sobą czasów odjazdu tras wychodzących z pewnego węzła i prowadzących do tego samego celu podróży.

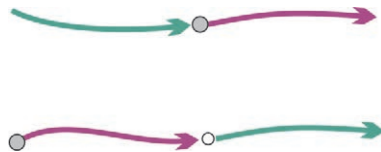


Ryc. 9.4. Synchronizacja równoległa

Fig. 9.4. Parallel synchronization

Może ona wystąpić w każdym węźle obsługiwanym przez kilka tras zarówno należących do jednego, jak i różnych przewoźników. Synchronizacja własnych połączeń będzie służyła lepszemu dostosowaniu czasów odjazdu do potrzeb pasażerów, a konkretnie do czasowego profilu popytu. W przypadku nierównomiernego rozłożenia popytu na osi czasu, przewoźnik zastosuje nierównomierny rozkład odjazdów. Synchronizacja względem konkurentów będzie służyła przechwyceniu jak największej liczby pasażerów przez podstawianie własnych pojazdów tuż przed odjazdem pojazdów konkurenta.

Synchronizacja szeregową polega na uzgadnianiu czasów odjazdu jednej trasy w stosunku do innej trasy (ryc. 9.5).



Ryc. 9.5. Synchronizacja szeregową

Fig. 9.5. Serial synchronization

Jej celem jest tworzenie dogodnych dla podróżnego łańcuchów połączeń, a więc – pozyskanie większej liczby pasażerów, a w wariacie konkurencyjnym

– monopolizowanie tych łańcuchów lub zastępowanie nimi połączeń bezpośrednich.

Obecność synchronizacji oznaczałaby podważenie rachunków czasu dostępu przedstawionych w podrozdziale 9.5.10. Jednak istnieje kilka przesłanek aby przypuszczać, że jej stosowanie jest trudne a jej zasięg – w praktyce – znikomy. Mimo, że przewoźnicy mogą synchronizować niektóre, najważniejsze połączenia, to nie mogą tego zrobić w całej siatce tras, ponieważ czasy przejazdu między węzłami przesiadkowymi są różne. Wyjątkiem są specyficzne, wyizolowane układy z jednym węzłem przesiadkowym, któremu podporządkowana jest cała siatka połączeń.

Rozpatrując przebieg pojedynczej trasy, synchronizacja w jednym węźle przesiadkowym musi pociągać za sobą desynchronizację w pozostałych węzłach, chyba że trasa ma przebieg identyczny jak trasy konkurencyjne. Synchronizacja może się powieść tylko na zestawach tras, które są obsługiwane z identyczną częstotliwością, lub w odniesieniu do pojedynczych połączeń konkurenta w rozkładzie dobowym, co ogranicza jej zastosowanie. Wreszcie synchronizacja konkurencyjna jest bronią obosieczną: można jej przeciwdziałać w ten sam sposób, a więc jej korzyści w dłuższej perspektywie spadają do zera.

9.5.3. PODSTAWOWE POJĘCIA

Na potrzeby niniejszej pracy w aplikacji **MULTIMODACC** będziemy definiować **trasę** jako zbiór regularnych połączeń jednego przewoźnika, o tym samym przebiegu, częstotliwości i czasie przejazdu.

Przebieg trasy może być przedstawiony w reprezentacji wierzchołkowej jako uporządkowany zbiór przystanków np. {d,e,f, k}, bądź w reprezentacji krawędziowej jako zbiór segmentów np. {d-e, e-f, f-k} (bez warunku uporządkowania).

Segment jest parą przystanków, między którymi istnieje w trasie bezpośrednie połączenie. Reprezentacja krawędziowa jest wtórna względem reprezentacji wierzchołkowej i może być z niej otrzymana bez dodatkowych informacji.

Częstotliwość jest liczbą wystąpień usługi transportowej realizowanej na trasie w ciągu doby operacyjnej lub innej umownej jednostki czasu. Wartością pochodną, zależną od długości doby operacyjnej d jest **okres** $\lambda=d/f$.

9.5.4. GENEROWANIE GRAFU TRANSPORTOWEGO

Graf transportowy to graf, który odzwierciedla wszystkie możliwe punkty podjęcia i zakończenia podróży i wszystkie możliwości połączeń między tymi punktami. Modelując transport indywidualny konstruujemy graf transportowy będący wiernym analogiem sieci infrastruktury drogowej. W przypadku transportu zbiorowego, fizyczna infrastruktura ma znaczenie drugorzędne: przemieszczenia odbywają się po trasach i one też wyznaczają punkty rozpoczęcia i zakończenia podróży. Infrastruktura na której te trasy są realizowane jest poza zasięgiem modelu. Materiałem wyjściowym nie jest więc zbiór krawędzi, lecz **zbiór tras** $R = \{r_1, r_2 \dots r_n\}$, z których każda zbudowana jest z segmentów przypominających krawędzie. Może on być przedstawiony w postaci tabelarycznej lub rysunkowej.

Reprezentacja rysunkowa nosi podobieństwo do grafu, który mógłby być nazwany grafem tras. Technicznie jest możliwe zbudowanie poprawnej struktury takiego grafu przez uznanie segmentów za krawędzie i przypisanie im właściwości „przynależność do trasy X”, a następnie modelowanie na nim zjawisk transportowych. Taki graf jednak nie powstanie, ponieważ nie byłby on poszukiwanym grafem transportowym. Aby uniknąć nieporozumień, odnosząc się do tras będziemy zachowywać termin *przystanek*, a nie *wierzchołek* oraz *segment*, a nie *krawędź*.

Zbiór segmentów trasy nie wyczerpuje wszystkich możliwości podróży oferowanych przez trasę. Segment przedstawia możliwość połączenia bezpośredniego, to znaczy pozbawionego przystanków pośrednich (np. b–c). W tym miejscu rozpatrujemy tylko to, co się dzieje na pojedynczej trasie, a nie zestawianie połączeń z kilku tras. Jednak z punktu widzenia pasażera, przystanek po drodze nie stanowi jakościowej różnicy, ponieważ nie wymaga przesiadki, a czas spędzony na nim jest już wliczony do czasu podróży. O ile więc przewoźnik nie stawia przeszkód, trasa może być również wykorzystana do uzyskania połączeń pośrednich, którym nie odpowiadają żadne segmenty.

Tabela 9.5. Zbiór tras w formie tabelarycznej

Trasa	Przebieg
A	b, c, d, e, f, g, h
B	a, c
C	d, e, f, k
D	e, f, m



Ryc. 9.6. Zbiór tras w formie rysunkowej
Fig. 9.6. Graphical presentation of route set

Tę możliwość będziemy nazywać założeniem o **swobodzie pasażera w wykorzystaniu trasy**. Założenie wydaje się spełnione w przeważającej większości przypadków. Jedyne ograniczenia tego rodzaju są stosowane w transporcie lotniczym, ale nie mają zastosowania w kraju.

Przy tym założeniu, całkowita liczba połączeń (bezpośrednich i pośrednich) generowanych przez trasę jest równa liczbie par przystanków należących do trasy. Dla trasy o n przystankach jest równa liczbie kombinacji 2-elementowych zbioru n -elementowego i wynosi:

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \quad (9.6)$$

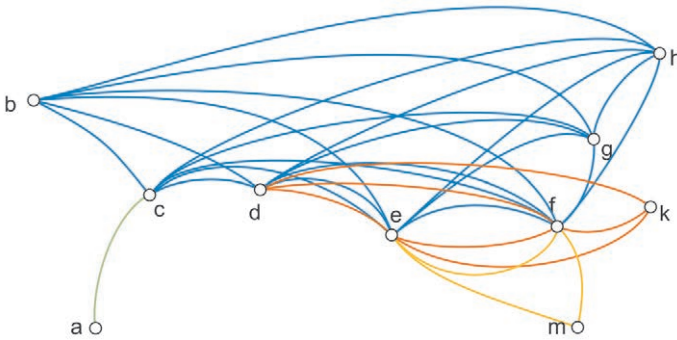
podczas gdy liczba połączeń bezpośrednich czyli segmentów wynosi tylko $n-1$. Wraz ze wzrostem liczby przystanków, przyrost liczby połączeń pośrednich ma charakter potęgowy, podczas gdy przyrost liczby połączeń bezpośrednich – liniowy. Im dłuższa (w sensie liczby przystanków) trasa, tym bardziej efektywna z punktu widzenia systemu transportowego.



Ryc. 9.7. Uzyskiwanie połączeń bezpośrednich i pośrednich
Fig. 9.7. A route generating direct and indirect connections

Powstałe przez wyliczenie par połączenia mogą być przedstawione graficznie (ryc. 9.8), co jest jednocześnie ilustracją pierwszego etapu budowy grafu transportowego. Krawędzie grafu zostaną utworzone z połączeń generowanych przez trasy, natomiast wierzchołki grafu – z przystanków wchodzących

w skład tras. Kompletny graf transportowy dla siatki tras z ryc. 9.6 jest przedstawiony na ryc. 9.8.



Ryc. 9.8. Graf transportowy przed integracją krawędzi
Fig. 9.8. Raw transportation graph before edge integration

Formalnie, graf transportowy $G(V, E)$, gdzie V jest zbiorem wierzchołków, a E jest zbiorem krawędzi, wygenerowany przez zbiór tras R , ma następującą definicję:

$$V = S(R) \quad (9.7)$$

$$E : \{e(v_a, v_b)\} \Leftrightarrow \forall (s_a, s_b) \in r \quad (9.8)$$

Zbiór wierzchołków jest tożsamy ze zbiorem przystanków S występujących na trasach (wystąpienie przystanku na kilku trasach nie powoduje powstania wielokrotnych wierzchołków ponieważ definicja zbioru wyklucza duplikaty). Każdej parze przystanków (a, b) trasy r odpowiada krawędź e .

9.5.4.1. PIERWOTNE WŁAŚCIWOŚCI KRAWĘDZI

Tuż po generacji grafu, dodatkowym atrybutem każdej krawędzi jest przynależność do trasy generującej, co ilustrują różne kolory na ryc. 9.8. Dzięki temu możliwe jest przepisanie właściwości tras na krawędzie grafu transportowego. Częstotliwość f jest własnością intensywną, która nie zależy od długości segmentu lub liczby segmentów. Można więc zastosować proste przeniesienie: każda krawędź otrzymuje niezmienną wartość f pochodzącą od trasy. Czas podróży t jest własnością ekstensywną związaną z długością generującego segmentu. Jeśli taka szczegółowa informacja jest dostępna, to przepisanie może nastąpić bezpośrednio. Jeśli natomiast dostępny jest tylko czas podróży od początkowego do końcowego przystanku trasy, to następuje

obliczenie udziału w proporcji do długości każdego segmentu. Oba sposoby zasilania są możliwe w oprogramowaniu **OGAM.Multimodal**.

Informacja o przynależności do trasy jest zachowana na dalsze etapy przetwarzania i służy do celów diagnostycznych. Umożliwia ona sporządzenie szczegółowego wykazu tras wchodzących w skład najkrótszej ścieżki między dowolną parą wierzchołków.

9.5.5. WIELOKROTNE KRAWĘDZIE I PRZYPISANIE RUCHU

Surowy graf powstały w wyniku generowania przez trasy charakteryzuje się obecnością krawędzi wielokrotnych, to znaczy takich które łączą tę samą parę wierzchołków. W przykładowym grafie z ryciny 9.8 występują dwie takie sytuacje: pomiędzy wierzchołkami d-e oraz e-f (ryc. 9.9):



Ryc. 9.9. Krawędzie wielokrotne

Fig. 9.9. Multiple edges

W rzeczywistym modelu liczba wielokrotnych ścieżek jest bardzo duża, daleko większa niż w sieci drogowej. Występują one na wszystkich fragmentach sieci połączonych więcej niż jedną trasą i w niektórych relacjach obejmują kilkanaście lub kilkadziesiąt alternatywnych połączeń. Ich wpływ na możliwości przemieszczania się w sieci jest na tyle duży, że wymagają one systematycznego i przemyślanego podejścia.

Ponieważ obecność krawędzi w grafie transportowym jest równoznaczna z możliwością wykonania podróży, obecność kilku krawędzi oznacza konieczność wyboru. Można dopuścić do tego, że dokonuje go podróżny, a więc pozostawić go na etapie właściwego modelowania albo dokonać wyboru arbitralnie przed rozpoczęciem modelowania. Ten szczegółowy problem jest częścią szerszego zagadnienia obejmującego również wybór ścieżek, które będą uznane przez model za obowiązujące dla każdej badanej pary węzłów (problem *route choice*) oraz *rozkładu ruchu* (*traffic assignment*). Generalnie stosowane są dwa podejścia:

1. usuwanie wszystkich krawędzi wielokrotnych poza tą, która oferuje najkrótszy czas podróży,
2. pozostawienie wielu krawędzi.

Pierwsze podejście może znaleźć zastosowanie w sytuacji, gdy następnym krokiem jest algorytm najkrótszych ścieżek, ponieważ jego kryterium optymalizacyjnym jest również najmniejsza waga krawędzi. Drugie podejście musi mieć miejsce w modelu wielościeżkowym, połączonym z złożonym modelem przypisania ruchu, na przykład wtedy, gdy krawędzie są obciążane ruchem w stopniu zależnym od przepustowości i natężenia ruchu.

Przechodząc do rozważań nad transportem zbiorowym, musimy zrewidować myślenie o wyborze ścieżki i rozkładzie ruchu, a pierwszą przesłanką ku temu jest założenie o równowadze popytu i podaży usług transportowych. Wyrafinowane modele dyskretnego wyboru w transporcie indywidualnym mają uzasadnienie tylko przy założeniu o braku równowagi między popytem a podażą przepustowości infrastruktury transportowej. Jedynie stan niezaspokojonego popytu prowadzi do kongestii, która musi być uwzględniona jako zmienna wpływająca na czas podróży (gdyby nie to założenie, w sieci transportowej panowałaby wyłącznie ruch swobodny, który może być modelowany prostszymi metodami). Aby znaleźć uzasadnienie dla analogicznego podejścia w transporcie zbiorowym, musielibyśmy uznać, że kolejowanie popytu, będące odpowiednikiem kongestii, jest zjawiskiem powszechnym w skali kraju i powoduje znaczące opóźnienia lub przekierowanie dużej części pasażerów na alternatywne trasy. Tymczasem podaż miejsc w transporcie zbiorowym może być stosunkowo łatwo zwiększona i w praktyce zjawisko to nie występuje.

Drugi powód, dla którego pomijamy znaczną część metodologii modelowania transportu indywidualnego w zakresie rozkładu ruchu jest taki, że czas podróży (a konkretnie czas spędzony na przemieszczaniu się) w modelu MULTIMODACC nie jest w ogóle zmienną podlegającą modelowaniu. Wynika to z założenia o wiarygodności rozkładów jazdy. Uznajemy, że rozbieżności między faktycznym czasem podróży a czasem rozkładowym są incydentalne, a jeśli stają się problemem, to są na bieżąco usuwane przez przewoźnika. Przy sztywnych czasach podróży cały skomplikowany mechanizm sprzężenia zwrotnego między czasem a natężeniem ruchu i przepustowością traci zastosowanie.

Warto również zwrócić uwagę na główny cel modelu, którym jest obliczenie czasu podróży, a nie rozkładu ruchu, jak to się dzieje w inżynierii ruchu. Modele wielościeżkowe mogą dawać lepszy obraz rozkładu ruchu, lecz ich zastosowanie do poprawy oceny czasu podróży jest wątpliwe. Rozpatrzmy dwa bieguny możliwości rozkładu czasu podróży w zestawie alternatywnych ścieżek: 1) istnieje szereg ścieżek o podobnym czasie, 2) kolejne (po najkrótszej) ścieżki mają wyraźnie większy i szybko rosnący czas. W pierwszym przypadku nastąpi rzeczywiście istotny podział strumienia ruchu, natomiast średni czas podróży pozostanie prawie niezmienny. W drugim przypadku,

zgodnie z modelami dyskretnego wyboru, trzeba przyznać dłuższym ścieżkom znacznie mniejsze udziały w strumieniu ruchu, a zatem również – znacznie mniejsze wagi w uśrednionym czasie podróży. Na skrajnych biegunach i we wszystkich możliwościach pośrednich, obecność w modelu wielu ścieżek nie polepsza znacząco szacowania czasu podróży.

Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki, jak również ze względu na kompatybilność metodologii z wcześniejszymi modelami, w modelu MULTIMODACC stosujemy do przypisania ruchu metodę najkrótszych ścieżek. Nie oznacza to jednak automatycznie, że problem wielokrotnych krawędzi jest rozwiązywany metodą (1). Proponujemy inne rozwiązanie, którego uzasadnienie wymaga jednak innego spojrzenia na pasażera i jego wybory.

9.5.6. STOCHASTYCZNY PASAŻER

Kluczowym pojęciem jakie odgrywa rolę w rozważaniach nad wielokrotnymi krawędziami oraz wieloma ścieżkami jest *wybór*. Miejscem, w którym on następuje jest węzeł grafu transportowego, przedmiotem decyzji – jedna z kilku alternatywnych możliwości podróży, czyli krawędzi bądź ścieżek grafu. Matematycznym narzędziem opisującym wybór jest **funkcja celu**, a jej konstrukcja ujawni, że mechanizm wyboru jest różny w przypadku transportu indywidualnego i zbiorowego.

W pierwszym przypadku wybór zależy wyłącznie od użyteczności, czasu lub innej miary kosztu c , a więc cel optymalizacji, jaką wykonuje pasażer może być przedstawiony funkcją jednej zmiennej, której argumentem jest zbiór $\{c\}$:

$$f(\{c_1, c_2, \dots, c_n\}) \quad (9.9)$$

Funkcja dokonuje wyboru najkorzystniejszej wartości c ze zbioru. Sposób obliczenia c może być bardzo złożony lub prosty, istotna jest tylko forma w jakiej trafia ono do funkcji celu.

W drugim przypadku pasażer jest konsumentem usługi, która jest dostarczana w ściśle określonych terminach. Można ją przedstawić w postaci punktów na osi czasu (ryc. 9.10). Podjęcie podróży poza oznaczonymi punktami jest niemożliwe.



Ryc. 9.10. Wystąpienie usługi transportowej na osi czasu

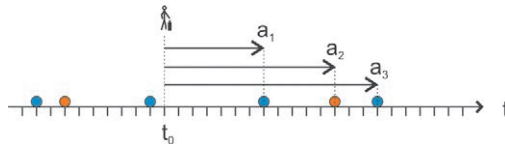
Fig. 9.10. Transportation service events along time-axis

Źródło: opracowanie własne

Po umieszczeniu zjawiska na osi czasu każdemu z elementów zbioru $\{c\}$ można przypisać odpowiadającą wartość t , budując pary $\{c, t\}$. Dla rozważań nie jest istotne w jaki sposób jest wyskalowana oś czasu ani jaki jest jej punkt początkowy, ponieważ to nie bezwzględna miara czasu warunkuje decyzję. Istotnym czynnikiem jest miara względna, czyli odstęp pomiędzy punktem realizacji usługi t , a punktem podejmowania decyzji t_0 . Jest to wspomniany wcześniej **czas dostępu** do usługi transportowej.

$$a = t - t_0 \quad (9.10)$$

Z powodu nieuchronnego upływu czasu w jednym kierunku, miara ta jest określona tylko dla $t \geq t_0$, w przeciwnym razie pozostaje niezdefiniowana. Sytuację na osi czasu przedstawia ryc. 9.11.



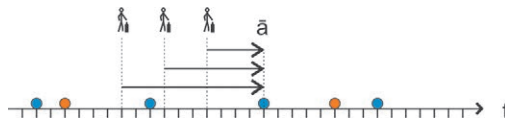
Ryc. 9.11. Opcje czasu dostępu do dyspozycji pasażera

Fig. 9.11. Wait options at passenger's disposal

Argumentem funkcji celu uwzględniającej czas dostępu w transporcie zbiorowym jest zbiór par $\{(c, a)\}$, a ona sama otrzymuje następującą postać:

$$f(\{(c_1, a_1), (c_2, a_2) \dots (c_n, a_n)\}) \quad (9.11)$$

Wprowadzenie do rozważań nowej zmiennej t_0 jest bardzo ważne, ponieważ zmusza do myślenia nad położeniem pasażera na osi czasu, a w konsekwencji – nad naturą samego pojęcia pasażera. Obliczenie czasu dostępu a dla konkretnej wartości t_0 jest trywialne, problem w tym, że wartości t_0 nie są znane. Musimy traktować t_0 jako zmienną losową, a skoro tak, to również czas dostępu a jest zmienną losową. Z tego powodu na kolejnym etapie obliczeń będziemy się posługiwać pojęciem wartości oczekiwanej \bar{a} .



Ryc. 9.12. Czas dostępu stochastycznego pasażera

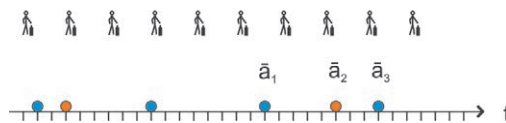
Fig. 9.12. Access time options for stochastic passenger

Kiedy porównamy funkcje decyzyjne modelowego pasażera transportu indywidualnego i zbiorowego, to możemy nazwać pierwszego

deterministycznym, a drugiego – **stochastycznym względem osi czasu** (to uszczegółowienie jest ważne, ponieważ pozostałe aspekty zachowania pasażera pozostają deterministyczne).

W przypadku pasażera deterministycznego wynik decyzji będzie identyczny niezależnie od tego w jakim punkcie została podjęta, w drugim – czas pojawienia się na osi czasu determinuje wybór. Może się wydawać, że na decyzję pasażera indywidualnego również ma wpływ chwila, w której jest ona podejmowana, na przykład w weekend kierowca w wybierze inną trasę niż w dniu powszednim. W rzeczywistości kierowca podejmuje decyzję wciąż tylko na podstawie uogólnionego kosztu, a zmienna czasu jest mu potrzebna wyłącznie do antycypacji tego kosztu. Na podobnej zasadzie do zmiennej kosztu jest włączanych wiele innych czynników nie mających nic wspólnego z porą dnia albo tygodnia.

Do szacowania wartości oczekiwanego czasu dostępu cenne byłyby jakiegokolwiek informacje na temat pojawiania się pasażerów na osi czasu. Niestety nie są one znane nie tylko w ujęciu szczegółowym, ale nawet w postaci zagregowanej np. funkcji dobowej gęstości. Nie ma również podstaw do przyjęcia jakiejś szczególnej krzywej teoretycznej opisującej ten rozkład (np. krzywej normalnej). W tej sytuacji musimy założyć, że gęstość ma rozkład jednostajny, to znaczy że pasażerowie pojawiają się z jednakowym prawdopodobieństwem względem czasu (ryc. 9.13).



Ryc. 9.13. Jednostajny rozkład gęstości pasażerów

Fig. 9.13. Uniform distribution of passenger's arrival

Z braku dodatkowych informacji przyjmujemy również, że pojawianie się pasażerów jest wynikiem **procesu stacjonarnego**, to znaczy:

- takiego, w którym wydarzenia z przeszłości nie mają wpływu na wydarzenia w przyszłości (dzięki czemu pojawienie się pasażera nie powoduje ani zwiększonego ani zmniejszonego napływu ewentualnych kolejnych pasażerów);
- takiego, który zachowuje stałe właściwości niezależnie od początkowego punktu obserwacji (co umożliwia operacje na częstotliwościach opisane w dalszej części pracy).

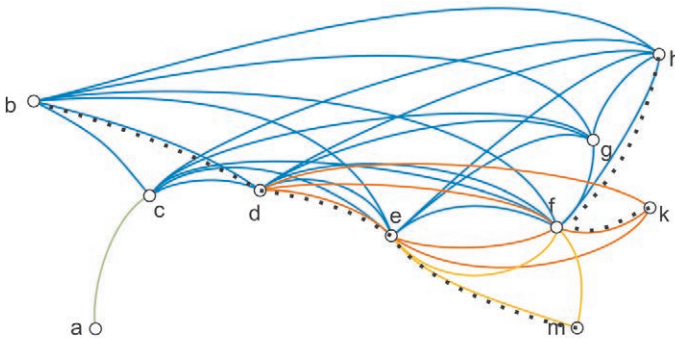
Pomijając zachowanie pasażera na osi czasu, jego stochastyczny charakter wynika również z symetrii podróży, jaka obowiązuje w modelu dostępności. Zdarzenie o nazwie „podróż” opisuje w równej mierze przemieszczenie

a A do B, jak i z B do A, a więc samo w sobie jest zjawiskiem stochastycznym. Gdyby przenieść tę właściwość na pasażera, to należałoby myśleć o ułamku pasażera podróżującym w jednym kierunku i ułamku – w drugim.

9.5.7. NAJKRÓTSZE ŚCIEŻKI

Pasażer transportu zbiorowego uzyskuje połączenie między dowolną parą wierzchołków grafu transportowego przez **zestawianie** tras, czyli taki dobór tras, który gwarantuje najkorzystniejsze połączenie. Jeśli odwzorowanie tras na graf transportowy jest poprawne, to problem przekształca się z wyboru tras na wybór krawędzi, a jako taki może być modelowany metodą najkrótszych ścieżek.

Stosowany zarówno w modelu OGAM, jak i OGAM.Multimodal algorytm odnajdowania najkrótszych ścieżek posługuje się wielkością zwaną **wagą**, która oznacza trudność w pokonywaniu krawędzi grafu. Własność ta musi być jednoznacznie przypisana każdej krawędzi. Algorytm znajduje **ścieżkę**, czyli uporządkowany zbiór krawędzi o minimalnej łącznej wadze (np. {b, d, e, m} lub {k, f, h} na rycinie 9.14).



Ryc. 9.14. Najkrótsze ścieżki w grafie transportowym

Fig. 9.14. Shortest paths in transportation graph

9.5.8. OBLICZANIE WAG

Mimo, że mechanizm działania algorytmu jest taki sam w programie OGAM i OGAM.Multimodal, obliczanie zasilających go wag odbywa się inaczej. W modelu transportu indywidualnego, waga jest tożsama z kosztem lub czasem przemieszczania krawędzią. W modelu transportu zbiorowego waga jest sumą czasu (lub kosztu) przemieszczania się krawędzią t i czasu (lub kosztu) dostępu do usługi transportowej a (*access time*):

$$w = t + a \quad (9.12)$$

Konstruując wspólną miarę w musimy zadbać o to, aby obie sumowane zmienne a i t oraz wagi w wzajemnie względem siebie tworzyły system algebraiczny zamknięty pod operacją sumowania, co w uproszczeniu sprowadza się do tego, aby były wyrażone w tych samych jednostkach. Gdyby ten warunek nie był spełniony, to algorytm znajdowałby ścieżkę nie odpowiadającą definicji.

Warto podkreślić to, że czas dostępu a jest własnością krawędzi, a nie – wężła grafu, wbrew potocznej intuicji, że oczekiwanie na transport odbywa się w punkcie poprzedzającym właściwą podróż. Wynika to z faktu, iż definicja najkrótszej ścieżki w grafie nie zawiera w sobie żadnego odwołania do węzłów grafu a więc realizujący ją algorytm nie może pobierać żadnych danych przypisanych do węzłów. Łatwiej również zaakceptować ten fakt zauważając, że każde przemieszczenie w modelu jest symetryczne – obejmuje zarówno podróż „tam”, jak i „z powrotem”, a więc nie sposób wskazać wężła, który byłby początkowy względem krawędzi.

W modelu MULTIMODACC obliczenia są przeprowadzone zarówno na czasie, jak i jednostkach quasi-monetarnych, lecz z uwagi na pogłębienie będziemy w dalszym ciągu wywodu używać termin „czas”.

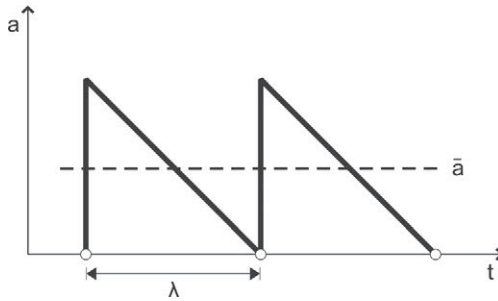
9.5.9. CZAS DOSTĘPU

Każde wystąpienie usługi transportowej na osi czasu, wprowadzone w rozdziale *Stochastyczny pasażer*, jest związane z wartością a , która wydaje się uniikalna. W rzeczywistości, jest to zjawisko cykliczne a punkty oznaczone tym samym kolorem oznaczają tę samą usługę. Pasażer na rycinie 9.11 może rozważać połączenie a_1 lub a_2 , ale na pewno nie będzie brał pod uwagę połączenia a_3 , ponieważ na pewno nie jest ono bardziej atrakcyjne niż a_1 . Stosowana w modelu definicja trasy (por. 9.5.3 *Podstawowe pojęcia modelu*), łącząca częstotliwość i czas przejazdu w jedną całość powoduje, że zmienna a jest właściwością całej grupy usług transportowych obejmujących jedną trasę. Mamy więc podstawę do prowadzenia obliczeń w oparciu wyłącznie o zmienną f – częstotliwość, tym bardziej, że jest już ona przepisana na każdą krawędź grafu. Jest to jednak zmienna trudna do przedstawienia na osi czasu, dlatego w dalszej części będziemy się posługiwać pojęciem okresu λ jako odwrotności f wyrażonej w tych samych jednostkach czasowych. Częstotliwość i okres wiąże równanie:

$$\lambda = \frac{D}{f} \quad (9.13)$$

w którym D jest czasową stałą odniesienia. Dla potrzeb wyprowadzenia ogólnych wzorów można pod D podstawić 1, natomiast dla ostatecznych obliczeń – konkretną wartość doby operacyjnej.

Tak sformułowana zmienna uwidoczniona na osi czasu pozwala sporządzić wykres zmiennej a – czasu, jaki musi poświęcić pasażer na oczekując na najbliższe połączenie:



Ryc. 9.15. Funkcja czasu dostępu

Fig. 9.15. Access time function

Funkcja o kształcie zębów piły przybiera maksymalne wartości tuż po odjeździe poprzedniego pojazdu a spada do zera tuż przed przybyciem kolejnego pojazdu. Dla stochastycznego, stacjonarnego pasażera wartość oczekiwana tej funkcji wynosi:

$$\bar{a} = \frac{\lambda}{2} \quad (9.14)$$

Czy wartość oczekiwana \bar{a} przedstawia w sposób realistyczny sytuację pasażera w każdym węźle sieci transportowej? Na pewno jest tak w przypadku węzła przesiadkowego, to znaczy w miejscu gdzie zmienia jedną trasę na drugą. Jest tam zdany na oczekiwanie na kolejne połączenie i mimo że posiada informację o zwłoce, nie jest w stanie jej skrócić. Kończąc podróż jedną trasą, pasażer trafia do węzła przesiadkowego w losowym punkcie na osi czasu. Można więc w pełni traktować zdarzenie „pojawienie się pasażera w węźle przesiadkowym” jako wynik stochastycznego procesu stacjonarnego. Pewne wątpliwości może budzić sytuacja w początkowym węźle podróży pasażera. Można postulować, aby zgodnie z założeniem o racjonalnym zachowaniu, mógł on skrócić czas dostępu do wartości bliskiej zera, dlatego że zna godzinę odjazdu. Aby uwzględnić to w modelu należałoby przypisać

pierwszej krawędzi trasy arbitralnie niską wartość a . Wprowadzenie takiej „poprawki” nie jest jednak możliwe ponieważ:

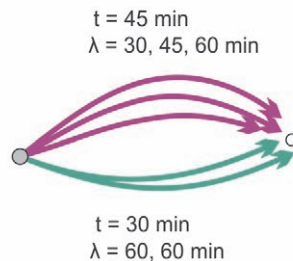
- algorytm najkrótszych ścieżek (a nawet sama definicja) zabrania traktować jakąkolwiek krawędź ścieżki w specjalny sposób,
- w przypadku podróży symetrycznej nie wiadomo, która krawędź jest pierwsza.

9.5.10. INTEGRACJA KRAWĘDZI

Obliczenie wartości oczekiwanej dla pojedynczej trasy jest wstępem do rozwiązania ogólnego problemu znalezienia przeciętnego czasu dostępu a i przeciętnego czasu podróży t krawędzią. Po obliczeniu tych wartości, wiązki wielokrotnych krawędzi zostają zamienione na pojedyncze krawędzie i graf transportowy nadaje się do procedury znajdowania najkrótszych ścieżek. Ten zabieg nazywamy **integracją krawędzi**.

Patrząc na rzecz szerzej, efektem integracji jest złączenie wielu pojedynczych możliwości transportowych istniejących pomiędzy dwoma węzłami w jeden byt, któremu przypisujemy zbiorcze właściwości. Od chwili integracji nie możemy powiedzieć którą dokładnie z tras wybrał pasażer, ale nie stoi to w sprzeczności ze stochastycznym charakterem pasażera.

Przykład na rycinie 9.16 przedstawia wyjściowy układ 5 krawędzi pochodzących z różnych tras, przy czym trasy te mogą pochodzić z różnych środków transportu, o ile tylko są obsługiwane z tych samych przystanków.



Ryc. 9.16. Układ 5 krawędzi pochodzących z różnych tras

Fig. 9.16. A set of 5 edges generated by different routes

Poszukujemy funkcji T , której argumentem jest zbiór czasów przejazdu t_1, t_2, \dots, t_n , a której wynikiem jest wartość przeciętna:

$$\bar{t} = T(\{t_1, t_2, \dots, t_n\}) \quad (9.15)$$

Nie może to być średnia arytmetyczna, ponieważ składowe t wchodzi do wyniku w nierównych proporcjach. Aby uwzględnić te proporcje, stosujemy średnią ważoną częstotliwością. Najpierw obliczana jest wartość **częstotliwości całkowitej** będąca sumą wszystkich częstotliwości występujących w wiązce krawędzi:

$$f_{\omega} = \sum_{i=1}^n f_i \quad (9.16)$$

Przeciętna jest dana wzorem:

$$\bar{t} = t_1 \frac{f_1}{f_{\omega}} + t_2 \frac{f_2}{f_{\omega}} + \dots + t_n \frac{f_n}{f_{\omega}} \quad (9.17)$$

w którym $f_1 \dots f_n$ oznacza kolejne częstotliwości składowe.

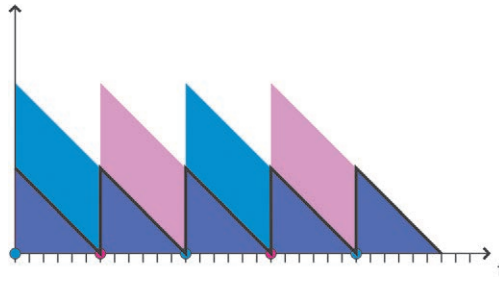
Analogicznie, poszukujemy funkcji L , której argumentem jest zbiór okresów składowych $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, a której wynikiem jest jedna wartość przeciętna :

$$\bar{\lambda} = L(\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}) \quad (9.18)$$

Wartość ta będzie następnie podstawiona do równania $\bar{a} = \lambda/2$, dając oczekiwany czas dostępu. Mimo prostej zależności łączącej f i λ , przeciętny okres nie może być obliczony jako odwrotność częstotliwości całkowitej. Na przeszkodzie stoi fakt, że podobnie jak w przypadku innych zjawisk falowych, między częstotliwościami składowymi występują intermodulacje, które powodują powstawanie dodatkowych częstotliwości. Funkcja L będzie przybliżana na dwóch etapach: w pierwszym kroku dla dwóch, w kolejnym – dla dowolnej liczby argumentów.

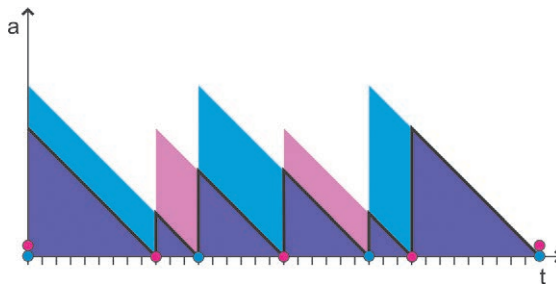
9.5.10.1. RACHUNEK CZASU DOSTĘPU

Rycina 9.17 obrazuje łączny okres (pogrubiona czarna linia) dla dwóch identycznych okresów składowych przedstawionych kolorem niebieskim i różowym.

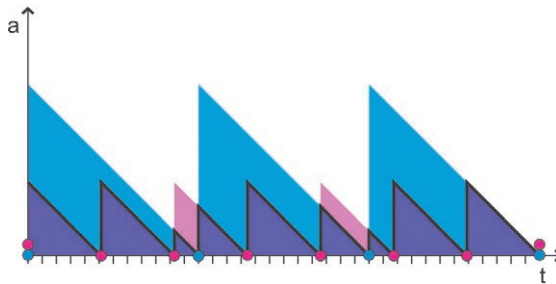


Ryc. 9.17. Łączny okres dla dwóch identycznych okresów składowych
 Fig. 9.17. Joint headway for two equal elementary headways

Poszukiwany okres łączny (w kolorze fioletowym) jest równy minimalnej wartości okresów składowych. Zilustrowany układ jest korzystny dla pasażera – oba połączenia są równo rozproszone na osi czasu. Jeśli $\lambda_1 = \lambda_2 = 60$ min., to oczekiwany okres wynosi 30 min, a oczekiwany czas dostępu 15 min. Kolejne dwa wykresy przedstawiają przebieg funkcji dla par $\lambda_1 = 60$ i $\lambda_2 = 45$ minut oraz $\lambda_1 = 60$ i $\lambda_2 = 25,7$ minut.



Ryc. 9.18. Przebieg funkcji dla par $\lambda_1 = 60$ i $\lambda_2 = 45$ minut
 Fig. 9.18. Joint headway for $\lambda_1 = 60$ and $\lambda_2 = 45$ min.

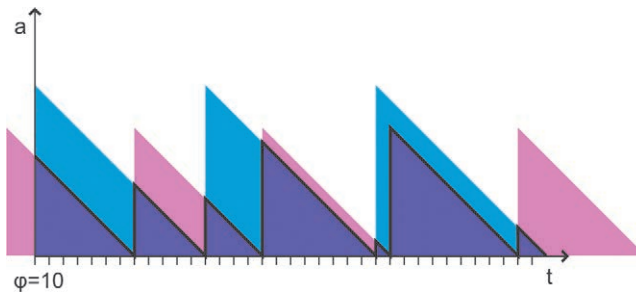


Ryc. 9.19. Przebieg funkcji dla par $\lambda_1 = 60$ i $\lambda_2 = 25,7$ minut
 Fig. 9.19. Joint headway for $\lambda_1 = 60$ and $\lambda_2 = 25.7$ min.

Jak widać, dla par różnych okresów, przebieg nie jest jednolity. Można zauważyć powtarzające się układy krótszych i dłuższych **okresów pochodnych** λ' (fioletowe trójkąty), które są rezultatem intermodulacji. Ich długość i udział w całości wyniku zależy od wzajemnej podzielności liczb λ_1 i λ_2 . Dwie identyczne częstotliwości wyjściowe, generują tylko dwie częstotliwości składowe, jednak w przypadku różnych częstotliwości wyjściowych liczb składowych może być znacznie większa i zależy od najmniejszego wspólnego dzielnika obu liczb (np. dla pary 60 i 59 min wynosi aż 118). Natomiast najmniejsza wspólna wielokrotność λ_1 i λ_2 wyznacza **moduł** obu okresów – przedział czasu, po którym nastąpi spotkanie obu okresów składowych i powtórzenie całego układu. Moduł jest więc najmniejszą jednostką, w której można analizować łączny przebieg w sposób algorytmiczny lub numeryczny.

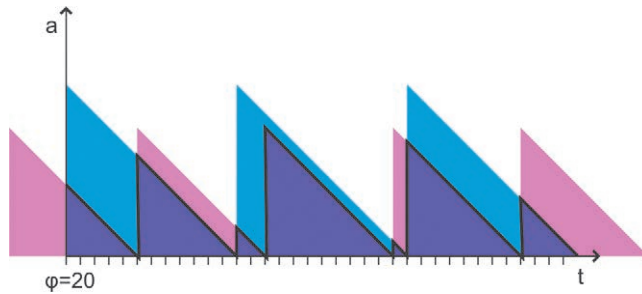
Wszystkie trzy powyższe wykresy ilustrują tylko jeden z możliwych wzajemnych układów λ_1 i λ_2 . Na przykład w pierwszym przypadku odjazdy mogłyby być ustalone jednocześnie, a wtedy oczekiwany okres wynosiłby również 60 min. Zgodnie z założeniem o braku synchronizacji, trzeba wziąć pod uwagę również te inne, mniej korzystne układy wzajemnego położenia przebiegów. Zmienną, która odpowiada za wzajemne położenie przebiegów na osi czasu jest **przesunięcie fazowe** ϕ , przedstawione na kolejnych dwóch rysunkach.

Obecność przesunięcia fazowego wpływa w istotny sposób na kształt wykresu i wartość przeciętnego okresu. Niestety nie mamy informacji na temat jego wartości dla poszczególnych wiązek krawędzi i musimy je uznać za zmienną losową. Wiemy tylko, że z definicji przyjmuje ono wartości z zakresu $(0, \min(\lambda_1, \lambda_2))$ i przyjmujemy założenie, że ma rozkład jednostajny.



Ryc. 9.20. Przesunięcie fazowe $\phi=10$

Fig. 9.20. Headway phase shift $\phi=10$

Ryc. 9.21. Przesunięcie fazowe $\phi=20$ Fig. 9.21. Headway phase shift $\phi=20$

Ostatecznym celem nie jest znalezienie serii częstotliwości składowych, lecz obliczenie przeciętnego okresu łącznego, niezależnego od przesunięcia fazowego. W perspektywie dążymy do wyeliminowania zmiennej ϕ i uzależnienia wyniku tylko od serii $\lambda_1 \dots \lambda_n$ dowolnej długości, jednak aby uzyskać materiał do analizy, został najpierw opracowany pomocniczy program komputerowy generujący w sposób algorytmiczny.

9.5.10.2. ALGORYTMICZNE OBLICZANIE ŁĄCZNEGO OKRESU

Algorytm „spacer po osi czasu” obliczający wartość dla zbioru okresów składowych i ustalonej wartości ϕ zlicza kolejne okresy pochodne i oblicza ich średnią. Ma on następujący schemat:

1. oblicz moduł łącznego przebiegu M .
2. rozpoczynając od punktu ϕ przemieszczaj się po osi t
3. obliczaj $x = \min(\lambda_1, \lambda_2)$
4. w każdym punkcie, w którym następuje zmiana x rejestruj kolejny okres pochodny $\lambda' = x$
5. zakończ gdy $t = M$

Po odnalezieniu wszystkich λ' , wartość oczekiwana jest obliczana według następującego wzoru:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{M} \sum_{\lambda' \in \Lambda'} (\lambda')^2 \quad (9.19)$$

Przykładowe wyniki algorytmu podaje poniższa tabela.

Tabela 9.6. Przykładowe wyniki algorytmu

λ_1	λ_2	ϕ	<i>okresy pochodne λ'</i>	λ_1
60	30	0	30,30	30
60	30	6	24,30,6	25,2
60	45	0	45,15,30,30,15,45	35
60	45	6	39,21,24,36,9,45,6	33,2

Przy analizie wyników dla różnych kombinacji λ_1 i λ_2 zaobserwowano następującą prawidłowość: krótkie serie składowych λ' generowane przez kombinacje o dużym wspólnym dzielniku dają zdecydowanie różne wartości dla różnych ϕ , natomiast długie serie λ' generowane przez kombinacje o małym wspólnym dzielniku dają zbliżone wartości. W skrajnym przypadku – liczb względnie pierwszych (liczby, których największy wspólny dzielnik wynosi 1) – wartości są identyczne i zupełnie niezależne od ϕ . Na przykład dla kombinacji 60 i 59 min, wynik wynosi zawsze 39,667 a dla kombinacji 60 i 61 min – 40,333.

9.5.10.3. WZÓR ZWARTY DLA DWÓCH ARGUMENTÓW

Wartość oczekiwana jest zależna nie od skali argumentów λ_1 i λ_2 , a jedynie od ich proporcji. Wykorzystujemy ten fakt do zastąpienia pary argumentów przez jeden argument r , który jest stosunkiem tych wartości, skonstruowanym jednak w taki sposób, aby przyjmował wartości z przedziału $(0,1)$:

$$r = \frac{\min(\lambda_1, \lambda_2)}{\max(\lambda_1, \lambda_2)} \quad (9.20)$$

Dalszy krok analizy polega na wygenerowaniu przy użyciu algorytmu pseudo-empirycznych danych i ręcznym dobraniu funkcji aproksymującej. Za argumenty mogą posłużyć albo (1) tylko te wartości, które odpowiadają kombinacjom liczba względnie pierwszych i dla których wynik jest precyzyjnie określony, albo (2) dowolne wartości w równych odstępach, uzyskane przy roboczym założeniu, że wartości dla niekorzystnych kombinacji można aproksymować przez średnią wartości sąsiednich, możliwych do obliczenia, np. dla kombinacji 60, 60 przyjmując $(39,667 + 40,333)/2 = 40$. Ze względu na łatwiejsze w interpretacji wyniki zastosowaną drugą metodę. Wyniki przedstawia tabela 9.7:

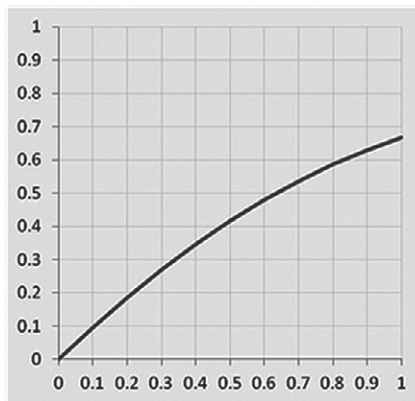
Tabela 9.7. Wyniki algorytmu „spacer po osi czasu”

r	y	Δy	$\Delta\Delta y$
0	0	-	-
0,1	0,0966667	0,096667	-
0,2	0,1866667	0,09	-0,00667
0,3	0,27	0,0833333	-0,00667
0,4	0,3466667	0,076667	-0,00667
0,5	0,4166667	0,07	-0,00667
0,6	0,48	0,0633333	-0,00667
0,7	0,5366667	0,056667	-0,00667
0,8	0,5866667	0,05	-0,00667
0,9	0,63	0,0433333	-0,00667
1	0,6666667	0,036667	-0,00667

Kolumna r zawiera wartości argumentu r , kolumna y – obliczone algorytmicznie wartości, a kolejne dwie kolumny – przyrosty y pierwszego i drugiego stopnia. Występowanie identycznych różnic 2 stopnia wskazuje, że zależność ma postać wielomianu 2 stopnia. I rzeczywiście, poszukiwana zależność przedstawia się wzorem:

$$\bar{\lambda} = r - \frac{r^2}{3} \quad (9.21)$$

Podany wzór obowiązuje tylko w przedziale r zawartym między 0 a 1, a przebieg funkcji ilustruje rycina 9.22



Ryc. 9.22. Przebieg funkcji

Fig. 9.22. Joint headway function

Jeśli r jest obliczone tak, że przyjmuje wartości >1 , to należy stosować wzór

$$\bar{\lambda} = 1 - \frac{1}{3r}.$$

9.5.10.4. WZÓR ZWARTY DLA n ARGUMENTÓW

Jeśli przez $L2(\lambda_1, \lambda_2)$ oznaczymy gotową funkcję dwuargumentową, zawierającą w sobie wstępne obliczenie r , to funkcję Ln dla n argumentów otrzymujemy przez zagnieżdżenie:

$$Ln(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n) = L2(\lambda_1, L2(\lambda_2, L2(\lambda_3, \dots, L2(\lambda_n)))) \quad (9.22)$$

Odpowiada to kolejnemu wywoływaniu funkcji $L2$ z użyciem wyniku otrzymanego wcześniej. Przy każdym kroku „zużywana” jest jedna wartość λ . Otrzymane w ten sposób wyniki różnią się od siebie nieznacznie w zależności od uporządkowania argumentów, dlatego w ostatecznej wersji oprogramowania OGAM.Multimodal zbiór okresów składowych jest sortowany.

W trakcie dalszych prac opracowano procedurę numerycznego obliczania wartości dla pełnego przedziału ϕ każdej z użytych zmiennych λ . Z powodu dużej czasochłonności obliczeń, metoda numeryczna znalazła zastosowanie tylko do weryfikacji wzoru zwartego. Po wygenerowaniu serii danych pseudo-empirycznych dla różnych układów zaobserwowano, że wartości funkcji w postaci zwartej nie odpowiadają dokładnie wartościom aproksymowanym numerycznie. Różnice układały się w ciąg sum odwrotności współczynników dwumianowych zależny od liczby n . Po wprowadzeniu poprawki uzyskano ostateczną postać funkcji, która została zastosowana w oprogramowaniu OGAM.Multimodal:

$$\bar{\lambda} = r - \frac{r^2}{4 - \sum_2^n \binom{n}{2}^{-1}} \quad (9.23)$$

Wzór ten jest zgodny z poprzednim dla $n=2$. Na podstawie zależności $\lambda=d/f$ oblicza się również pomocniczo wartość oczekiwanej częstotliwości \bar{f} , która pojawia się w wynikach programu OGAM.Multimodal.

9.5.11. INTERPRETACJA WYNIKÓW CZASU DOSTĘPU

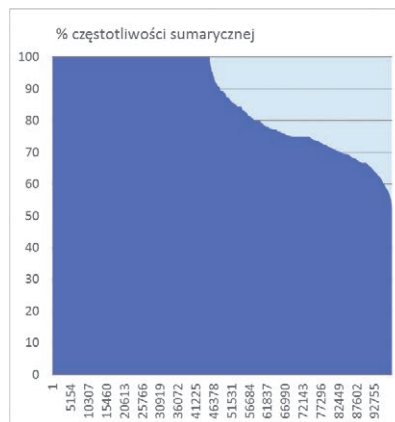
Uderzającą cechą tak wyprowadzonych wartości jest to, że łączenie okresów nie prowadzi do proporcjonalnego skrócenia okresu wynikowego (lub

zwiększenia wynikowej częstotliwości). Dodanie drugiej trasy obsługującej parę przystanków ma mniejszy pozytywny wpływ na czasu dostępu do usługi transportowej, niż można się spodziewać. Efekt jest szczególnie widoczny, gdy początkowo liczba tras była mała oraz gdy nowa trasa ma podobną częstotliwość, co dotychczasowa. Na przykład dodanie do istniejącej częstotliwości 1/60 min drugiego identycznego kursu powoduje, że łączna częstotliwość wyniesie 1/40 min, a nie – 1/30 min., co wynikałoby z prostego sumowania częstotliwości. Efekt dla pasażera to skrócenie oczekiwania z 30 min do 20 min. Jeśli dotychczasowe połączenie miało dużą częstotliwość, a nowe – małą, to poprawa będzie bardzo mała. Podobnie jest, gdy do relacji obsługiwanej wcześniej przez wiele tras zostanie dodane nowe połączenie o mniej więcej podobnej częstotliwości.

9.5.11.1. STATYSTYKI INTEGRACJI KRAWĘDZI

Graf transportowy wygenerowany z trzech podsieci: autobusowej, kolejowej i lotniczej (i konektorów) składa się z 108119 krawędzi, z czego 97889 krawędzi nie będących konektorami. W tym podzbiornie 43375 krawędzi było rezultatem integracji, co świadczy o dużym zakresie zjawiska.

Aby ocenić wpływ integracji na funkcjonowanie modelu trzeba porównać uzyskane częstotliwości łączne z f_{ω} , uzyskanym przez mechaniczne sumowanie częstotliwości. Przedstawia to ryc. 9.23, na której każdej krawędzi odpowiada słupek:



Ryc. 9.23. Rozkład „ubytku częstotliwości” na skutek integracji
Fig. 9.23. Cumulative plot of frequency loss due to edge integration

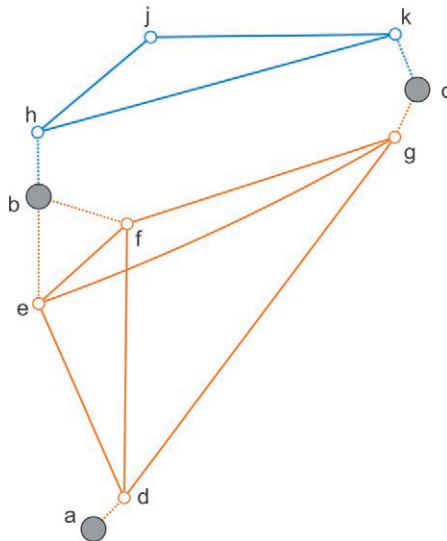
Okolo 1/2 krawędzi (widocznych po lewej stronie wykresu) nie uległo integracji, a więc ich częstotliwość łączna była taka sama jak częstotliwość

sumaryczna. Słupki po prawej stronie wykresu, posortowane według ubywających częstotliwości, obrazują krawędzie będące wynikiem integracji. W skrajnych przypadkach, częstotliwość łączna stanowi zaledwie 50–60% częstotliwości sumarycznej. Średni ubytek częstotliwości w tej grupie wynosi prawie 25%. Krawędzie ulegające integracji były wygenerowane przez przeciętnie 4,25 tras ale w systemie jest 10 krawędzi, z których każda została wygenerowana przez przeszło 100 tras.

9.5.12. MECHANIZM WĘZŁÓW BLIŹNIACZYCH

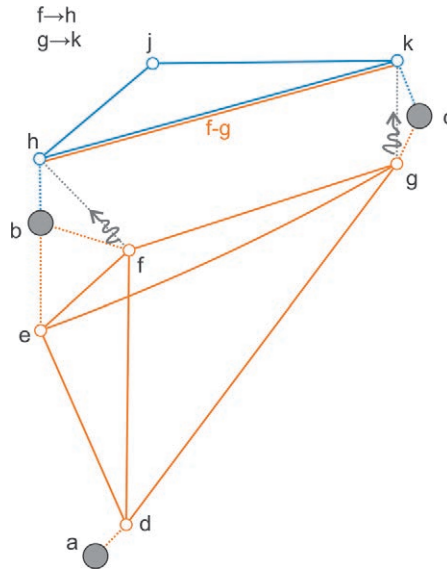
W zamyśle autorów mechanizm integracji krawędzi miał służyć również integracji multimodalnej, czyli takiej, która zachodzi między krawędziami wygenerowanymi przez różne środki transportu zbiorowego. W strukturze istniejących danych obejmujących przystanki obsługiwane przez jeden środek transportu, integracja unimodalna zachodzi w sposób naturalny. Jednak bardzo szczegółowe wyodrębnienie przystanków i podłączenie ośrodków miejskich za pomocą konektorów stało na przeszkodzie integracji multimodalnej, dlatego że prowadziło do powstawania wyłącznie krawędzi unimodalnych, co ilustruje 9.24.

Aby umożliwić powstawanie takich krawędzi, wprowadzono do modelu dodatkowy mechanizm. Polega on na scalaniu wybranych węzłów poprzez wskazanie par węzłów bliźniaczych. Wskazanie to następuje przez umieszczenie dodatkowej informacji w tabeli węzłów programu OGAM.Multimodal.



Ryc. 9.24. Krawędzie unimodalne pochodzące z dwóch tras

Fig. 9.24. Unimodal edges generated by two routes: no edge integration possible due to different stops



Ryc. 9.25. Dodatkowa krawędź h-k bliźniacza względem f-g (strzałki oznaczają odwzorowania węzłów bliźniaczych)

Fig. 9.25. Additional edge h-k resulting from twin-mapping (arrows): edge integration possible

Na przykład w układzie przedstawionym na ryc. 9.25, zdefiniowano dwa odwzorowania bliźniacze: $f \rightarrow h$ i $g \rightarrow k$, co oznacza, że węzły h i k przejmują wszystkie trasy, które mają w swoim przebiegu odpowiednio węzły f i g. Pociąga to za sobą wygenerowanie między węzłami h-k drugiej krawędzi pochodzącej z innego środka transportu. Na następującym później etapie integracji powstaje w tym miejscu krawędź multimodalna. Warunkiem sprawdzanym dodatkowo jest to, by dołączenie nie powodowało spadku czasu podróży oryginalną krawędzią.

10. REZULTATY MODELU MULTIMODACC – CZAS JAKO MIARA OPORU PRZESTRZENI

Rezultaty modelu MULTIMODACC, zarówno dla czasu jak i kosztu jako miary oporu przestrzeni, zaprezentowano w ujęciu wielowariantowym, rozpoczynając od dostępności w transporcie indywidualnym (wariant samochód), poprzez unimodalne analizy dla transportu autobusowego (wariant autobus) i kolejowego (wariant kolej), analizę w wariacie autobus+kolej (tylko dla czasu jako miary oporu przestrzeni) oraz w ujęciu multimodalnym (wariant autobus+kolej+samolot).

Badanie zostało przeprowadzone dla podróży długich, z wyjątkiem czasu jako miary oporu przestrzeni, gdzie dodatkowo uwzględniono dostępność w podróżach krótkich. W transporcie mulitmodalnym, gdzie jedną z możliwości jest transport lotniczy skoncentrowano się na podróżach długich.

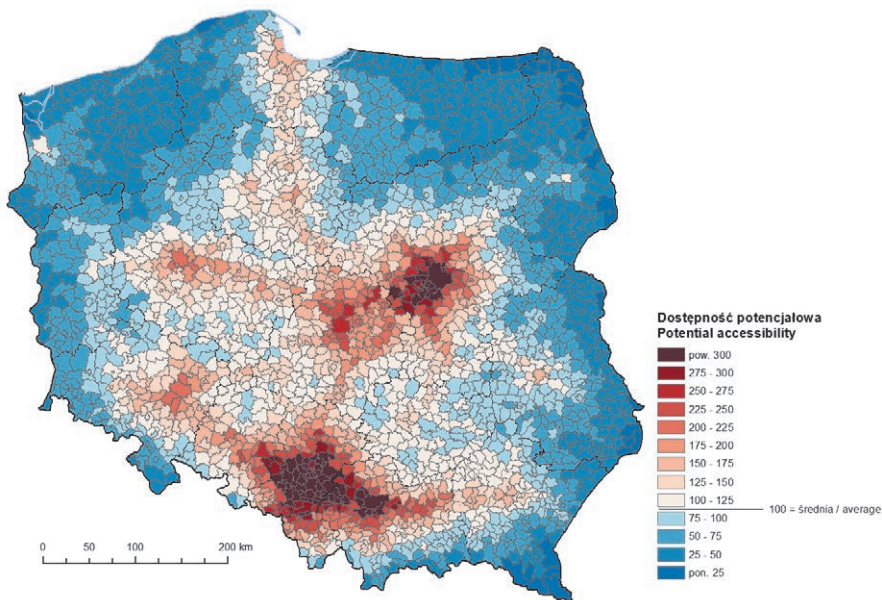
Tabela 10.1. Symulacje dostępności w podziale na gałąź transportu, miarę oporu przestrzeni, długość podróży oraz dochód podróźnego

		Miara oporu przestrzeni, długość podróży i dochód podróźnego			
		CZAS		KOSZT	
		podróże krótkie	podróże długie	podróże długie prywatne	podróże długie biznesowe
Gałąź transportu	indywidualny (wariant samochód)	v	v	v	v
	autobusowy (wariant autobus)	v	v	v	v
	kolejowy (wariant kolej)	v	v	v	v
	wariant autobus+kolej	v	v	–	–
	multimodalny (wariant autobus+kolej+samolot)	–	v	v	v

W prezentacji kartograficznej każdorazowo punktem odniesienia była średnia wartość dostępności dla Polski w danej symulacji ważona powierzchnią.

10.1. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE INDYWIDUALNYM

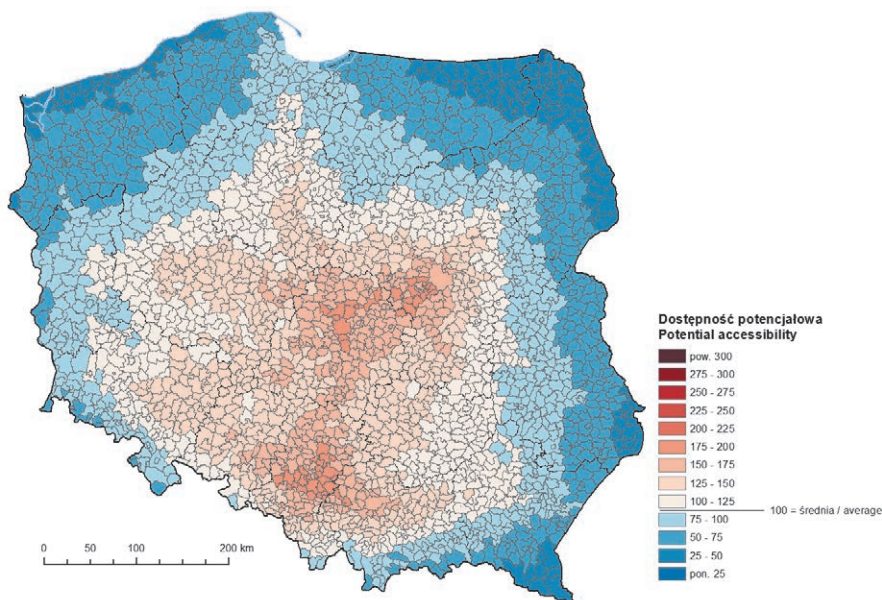
Dostępność transportem indywidualnym w **podróżach krótkich** ($\beta = 0,0347$) pod koniec 2015 r. przeciętnie w skali kraju wynosi 9,68 i ma zdecydowanie bipolarny charakter, z pierwszym najważniejszym biegunem konurbacji górnośląskiej i Krakowa oraz drugim relatywnie mniej rozległym biegunem Warszawy i południowo-zachodniej części aglomeracji warszawskiej. Wysoka dostępność cechuje również duże miasta, w tym centralnie położoną Łódź, dwa największe miasta Polski zachodniej, tj. Poznań i Wrocław, a także Opole i Tarnów położone wzdłuż autostrady A4. Nieco niższa dostępność cechuje tereny wzdłuż popularnej gierkówki (drogi łączącej Warszawę z Katowicami), autostrady A2 w kierunku Poznania oraz drogi ekspresowej S7 na odcinku między Warszawą a Krakowem (przede wszystkim na odcinku między stolicą a Radomiem). Relatywnie wysoką dostępnością charakteryzują się również obszary położone wzdłuż innych dróg szybkiego ruchu. Widoczny jest również „cień” autostrady A1 między Trójmiastem a Łodzią oraz A8, tj. Autostradowej Obwodnicy Wrocławia i S8 między Wrocławiem i Warszawą. W skali kraju najslabiej dostępnymi obszarami są Mazury, Suwalszczyzna, Bieszczady, pas gmin położonych wzdłuż granicy wschodniej, a także Pomorze Środkowe oraz zachodnia część województwa lubuskiego (ryc. 10.1).



Ryc. 10.1. Dostępność transportem indywidualnym (wariant samochód) – podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.1. Accessibility by individual road transport (car variant) – short trips ($\beta = 0,0347$)

W **podróżach długich** ($\beta = 0,0116$) przeciętna wartość dostępności dla kraju to nieco ponad 100, co oznacza ponad dziesięciokrotnie wyższą wartość niż w podróżach krótkich. Ta różnica w poziomie dostępności między podróżami krótkimi i długimi wynika ze specyfiki modelu i faktu, że w podróżach długich atrakcyjność celu podróży (jego masy) maleje znacznie wolniej wraz z wydłużającym się czasem podróży. Obszarem najlepszej dostępności w podróżach długich jest również obszar bipolarny, ale obraz dostępności jest bardziej spłaszczony (niż dla podróży krótkich) a bieguny są mniej ostre i bardziej rozległe przestrzennie. Są to biegun warszawsko-łódzki oraz górnośląsko-krakowski połączone korytarzem lepszej dostępności wzdłuż „gierkówki”. Wyższą dostępnością charakteryzują się również korytarze autostradowe i dróg ekspresowych, od układu bipolarnego w kierunku Poznania (wzdłuż autostrady A2), Wrocławia i Tarnowa (wzdłuż autostrady A4), Torunia (autostrada A1), między Warszawą i Radomiem (droga ekspresowa S7) oraz Łodzią i Wrocławiem (droga ekspresowa S8). Wyraźnie niższą dostępnością charakteryzują się województwa położone przy wschodniej granicy (podlaskie, lubelskie i podkarpackie), a przede wszystkim Mazury i Suwalszczyzna oraz północno-zachodnia część kraju, z wyjątkiem Trójmiasta i korytarza autostrady A1 (ryc. 10.2).



Ryc. 10.2. Dostępność transportem indywidualnym (wariant samochód) – podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.2. Accessibility by individual road transport (car variant) – long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

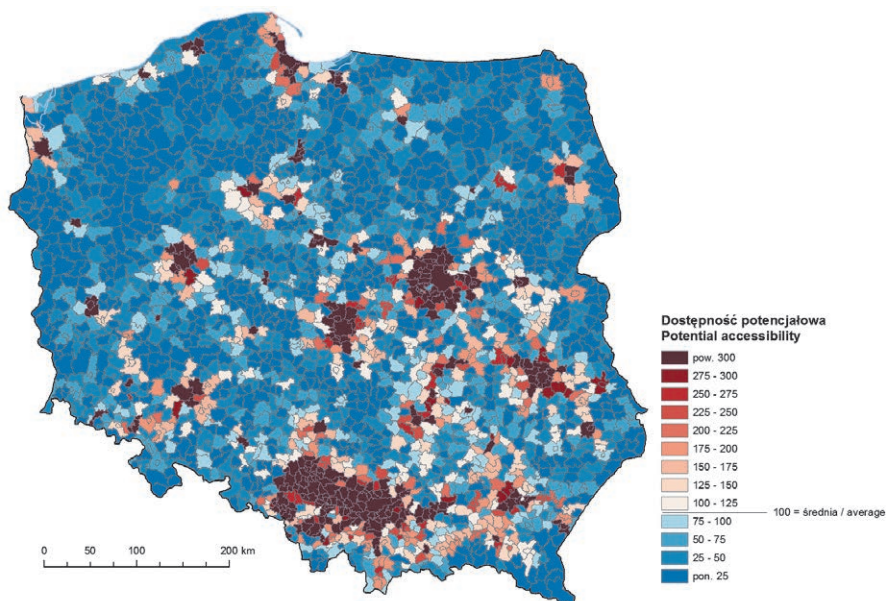
10.2. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE AUTOBUSOWYM

Zróznicowanie przestrzenne dostępności transportem autobusowym wyraźnie różni się od obrazu dostępności w transporcie indywidualnym. W podróżach krótkich ($\beta = 0,0347$) dostępność transportem autobusowym jest wyraźnie wyższa w aglomeracjach i stolicach województw, a w dalszej kolejności – również w ośrodkach subregionalnych, w tym przede wszystkim w dawnych (sprzed 1999) miastach wojewódzkich. Układ przestrzenny dostępności jest wyraźnie zróznicowany na pojedyncze miasta (względnie niewielka strefa podmiejska) o zdecydowanie wyższym poziomie wskaźnika otoczone rozległymi obszarami o kilku- lub nawet kilkunastokrotnie niższej dostępności. W ramach projektu zbadano również wpływ na zmiany dostępności sieci komunikacji podmiejskiej. Systemy autobusowej komunikacji podmiejskiej skutkują relatywną poprawą dostępności przede wszystkim w województwie śląskim oraz w Wielkopolsce (w dojazdach do takich miast jak Poznań, Kalisz lub Konin), a w mniejszym stopniu – stanowią istotną poprawę w dojazdach do Warszawy, Szczecina oraz Trójmiasta. Generalnie istnieje duże zróznicowanie stopnia oddziaływania systemów podmiejskiej komunikacji zarówno na szczeblu wojewódzkim jak i podregionalnym. Znaczenie systemów komunikacji podmiejskiej jest znacznie niższe w województwie warmińsko-mazurskim, lubuskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, a także w Kotlinie Kłodzkiej. Z kolei gęsta sieć autobusów podmiejskich skutkuje wzrostem w podróżach krótkich dostępności Kielc, Jeleniej Góry, Nowego Sącza, Krosna lub Płocka. W podróżach długich efekt poprawy procentowej dostępności dla autobusów podmiejskich niknie na obszarach o „wysokiej” bazie dostępności autobusowej, czyli w Polsce południowo-wschodniej. Z kolei w Polsce północno-zachodniej efekt komunikacji podmiejskiej w sensie poprawy dostępności jest wyższy ze względu na ogólnie niskie pokrycie obszaru siecią autobusową.

Generalnie, w podróżach krótkich zdecydowanym beneficjentem usług w transporcie autobusowym jest konurbacja górnośląska oraz Polska południowo-wschodnia rozumiana jako cztery województwa (małopolskie, podkarpackie, świętokrzyskie i lubelskie), przede wszystkim trasy dojazdowe do Krakowa, Lublina, Rzeszowa i Kielc obsługiwane przez bardzo dużą liczbą przewoźników, w zasadzie we wszystkich kierunkach. Zróznicowanie przestrzenne dostępności pokrywa się częściowo również z gęstością zaludnienia. Przede wszystkim taka sytuacja ma miejsce w Polsce południowo-wschodniej.

Widoczne stają się rozległe peryferie wewnętrzne, np. na styku województw łódzkiego i świętokrzyskiego, a także na rozległym obszarze między Wrocławiem, Łodzią i konurbacją górnośląską. Relatywnie gorzej dostępne jest również północne Mazowsze. Najgorzej dostępnymi obszarami kraju są obszary o niskiej gęstości zaludnienia w pasie od województwa lubuskiego

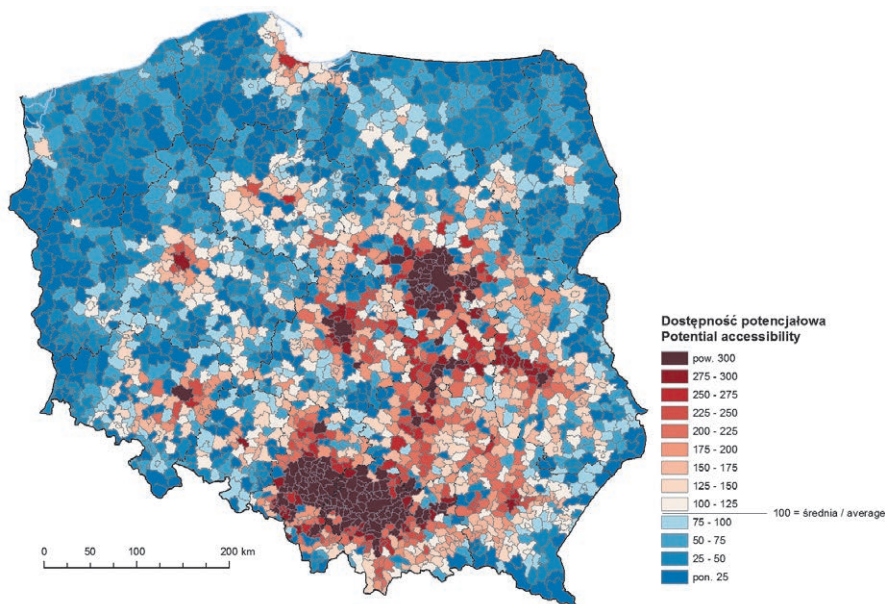
przez Pomorze Środkowe, północną Wielkopolskę do zachodniej części województwa pomorskiego, a także północne Mazowsze, Mazury, Podlasie (z wyjątkiem okolic Białegostoku) i Bieszczady (ryc. 10.3).



Ryc. 10.3. Dostępność transportem autobusowym (wariant autobus) – podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.3. Accessibility by bus transport (bus variant) – short trips ($\beta = 0,0347$)

W podróżach długich ($\beta = 0,0116$) w transporcie autobusowym zaznacza się jeszcze wyraźniej obraz wyższej dostępności Polski południowo-wschodniej i Polski centralnej, w tym południowego i centralnego Mazowsza (szczególnie wzdłuż głównych dróg na dojazdach do Warszawy). Widoczna jest również dobra dostępność w relacji Warszawa-Radom-Kielce-Kraków oraz w układzie równoleżnikowym – Łódź-Radom-Puławy-Lublin a także, ponownie, ośrodki lubelski i rzeszowski. Zasięg oddziaływania aglomeracji Polski zachodniej i północnej (trójmiejska, poznańska i wrocławska) jest wyraźnie niższy, co wynika z faktu, iż dłuższe dojazdy w tej części kraju są realizowane również z wykorzystaniem transportu kolejowego. Najniższa dostępność cechuje Polskę północno-zachodnią oraz Podlasie i Mazury. Relatywnie słabo dostępna jest również Wielkopolska. Widoczny jest pas peryferii wewnętrznych rozdzielających aglomeracje zachodniej Polski (Poznań i Wrocław) od układu wyższej dostępności Polski centralnej i południowo-wschodniej (ryc. 10.4).



Ryc. 10.4. Dostępność transportem autobusowym (wariant autobus) – podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.4. Accessibility by bus transport (bus variant) – long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

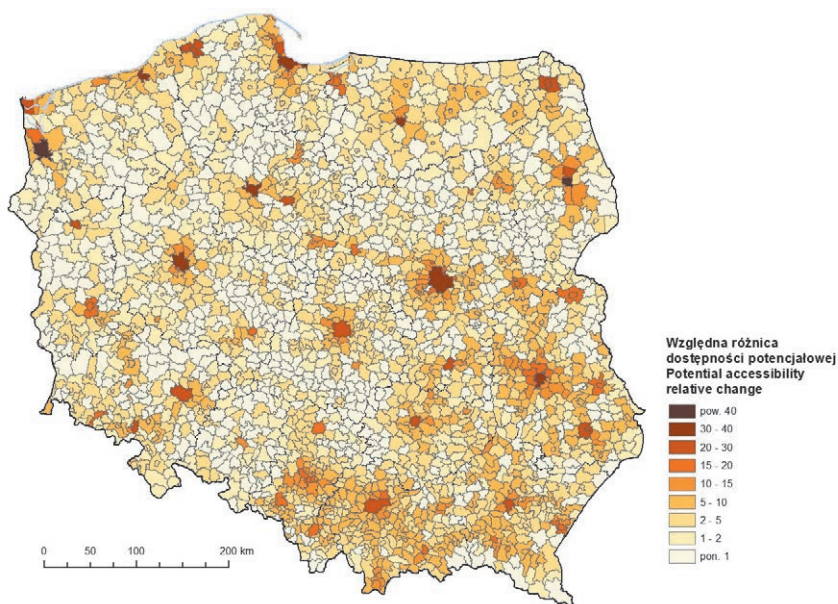
Niezależnie od analizowanej gałęzi transportu na zróżnicowanie przestrzenne poziomu dostępności ogromny wpływ ma tzw. efekt bazy, czyli znacznie niższy poziom na peryferiach kraju, a wyższy w jego centralnej i gęsto zaludnionej południowej części. Z tego względu interesujące są mapy prezentujące różnice w poziomie dostępności w ujęciu międzymodalnym, np. między transportem indywidualnym a autobusowym.

Porównując dostępność transportem indywidualnym i autobusowym należy mieć na uwadze wielokrotną (kilkunastokrotną, a nawet kilkudziesięciokrotną) różnicę w dostępności między tymi gałęziami transportu. Średnioważona powierzchnią rejonu transportowego dostępność w transporcie autobusowym jest w podróżach krótkich prawie 25-krotnie niższa niż dostępność w transporcie indywidualnym (por. tab. 10.2).

W podróżach krótkich zróżnicowanie przestrzenne różnic procentowych wskazuje na pewną mozaikowość i relatywnie wyższą wagę transportu autobusowego w obszarach aglomeracji oraz dla ośrodków subregionalnych (tam poziom dostępności autobusowej jest nawet wyższy niż 20% poziomu dostępności w transporcie indywidualnym, a ponad 40% w Białymstoku i Szczecinie), w Polsce południowo-wschodniej oraz w miejscach atrakcyjnych turystycznie jak Mazury, Podhale lub Pobrzeże Bałtyku. Zaznacza się

relatywnie dobry poziom dostępności autobusowej (w relacji do poziomu dostępności w transporcie indywidualnym) również na Podlasiu.

Z kolei z drugiej strony, transport autobusowy wypada bardzo słabo na tle samochodu osobowego na obszarach peryferii wewnętrznych, m.in. dla granic województwa łódzkiego, ale także między województwem pomorskim i kujawsko-pomorskim, między Gorzowem Wielkopolskim a Zieloną Górą, na północnym Mazowszu lub w województwie opolskim. Na obszarach tych dostępność transportem autobusowym jest nawet ponad stukrotnie niższa niż analogiczny wskaźnik dostępności transportem indywidualnym (ryc. 10.5).

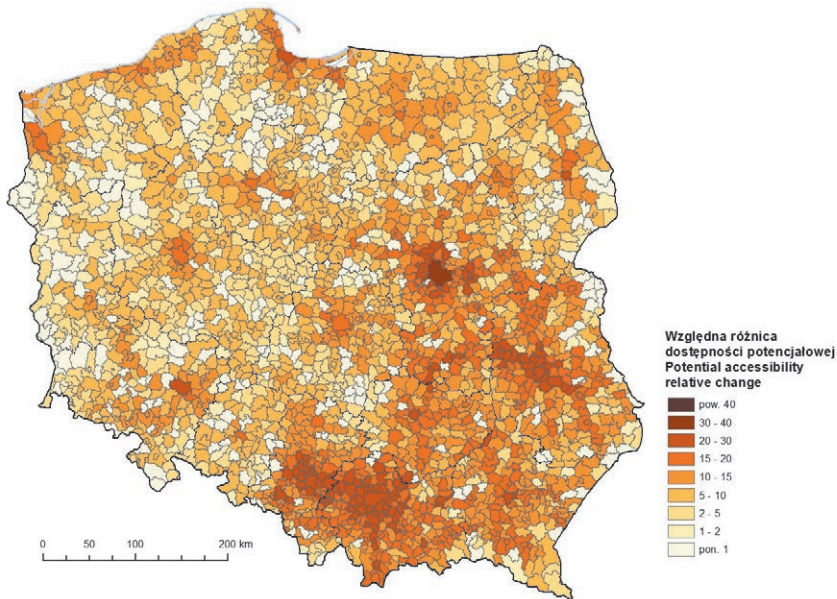


Ryc. 10.5. Różnice w dostępności. Autobus / Samochód. Wariant samochód = 100%. Podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.5. Variations in accessibility. Bus / Car. Car variant = 100%. Short trips ($\beta = 0,0347$)

W podróżach długich różnice w dostępności między transportem indywidualnym a autobusowym są już generalnie niższe, choć nadal na większości obszaru kraju przewyższają pięciokrotnie (średnioważona powierzchnią rejonu transportowego dostępność w transporcie autobusowym jest dla długich podróży prawie 12-krotnie niższa niż dostępność w transporcie indywidualnym – por. tab. 10.3). Mniej niż pięciokrotna przewaga w dostępności transportu indywidualnego nad publicznym dotyczy jedynie części aglomeracji warszawskiej i krakowskiej, a także okolic Lublina i Puław. Relatywnie dobra sytuacja w tym względzie jest również w części obszaru Polski południowo-wschodniej, konurbacji górnośląskiej oraz wybranych

miast i części ich aglomeracji (Poznań, Wrocław, Szczecin, Trójmiasto, Toruń, Bydgoszcz, Olsztyn, Białystok, Łódź i Opole). Zachowana jest mozaikowość zjawiska świadcząca o istnieniu wielu peryferii wewnętrznych na granicach województw oraz w ciągach korytarzowych obsługiwanych przez transport kolejowy (ryc. 10.6).



Ryc. 10.6. Różnice w dostępności. Autobus / Samochód. Wariant samochód = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.6. Variations in accessibility. Bus / Car. Car variant = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Podsumowując, w relacji do transportu indywidualnego „punkt ciężkości” dostępności w podróżach długich przesuwają się w kierunku Polski południowo-wschodniej. Bipolarny i heksagonalny układ wyższej dostępności widoczny w transporcie indywidualnym traci na znaczeniu na rzecz układu wyraźniej akcentującego rolę Lublina i Rzeszowa i wzajemnych powiązań ośrodków Polski centralnej i południowo-wschodniej kosztem aglomeracji Polski północnej i zachodniej (Poznań i Wrocław) oddzielonych od lepiej dostępnych terenów pasem gorszej dostępności w postaci peryferii wewnętrznych.

10.3. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

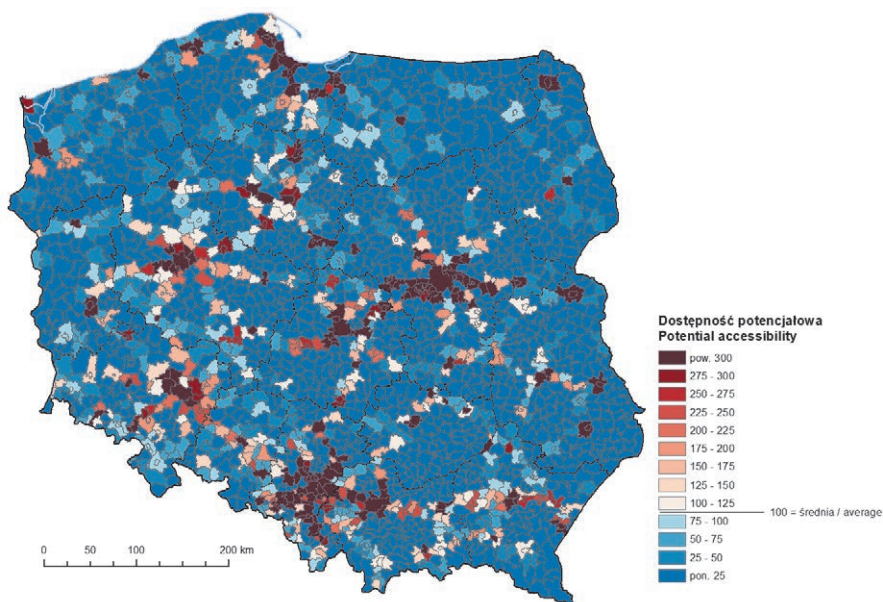
Na poziom dostępności w transporcie kolejowym duży wpływ ma przyjęta metodologia badawcza. Założono, że możliwość przejścia pieszego z ośrodka gminnego do stacji jest możliwa tylko w trzech przypadkach:

1. Ośrodek gminny znajduje się w buforze do 5 km do najbliższej stacji kolejowej.
2. W nielicznych przypadkach dla gmin położonych wzdłuż ważnych szlaków kolejowych odległość między stacją kolejową a węzłem gminnym mogła być nieznacznie wyższa niż 5 km.
3. Ośrodek gminny nie jest podłączony do sieci autobusowej a najbliższy węzeł w transporcie publicznym to stacja kolejowa a nie przystanek autobusowy (lub inna miejscowość gminna podłączona do sieci autobusowej jako przystanek autobusowy).

Dostępność gmin w transporcie kolejowym w podrózach krótkich jest zatem powiązana bezpośrednio z ich lokalizacją względem najbliższej czynnej stacji kolejowej, częstotliwością kursowania pociągów na tej stacji, a także prędkościami na najbliższych liniach kolejowych i bliskością dużych mas. Ze względu na duże różnice w częstotliwościach kursowania pociągów na relatywnie bliskich sobie liniach, a także na funkcjonowanie konektorów, przestrzenny obraz dostępności ma często charakter mozaikowy. Bardzo dobrze dostępne gminy sąsiadują z gminami gorzej dostępnymi. Niska gęstość sieci skutkuje brakiem wyraźnych zwartych obszarów lepszej dostępności (jak było w transporcie indywidualnym i częściowo w autobusowym). Przy wykorzystanej metodologii badawczej dostępność transportem kolejowym jest relatywnie niewysoka (średnia dla kraju to nieco powyżej 0,2 – por. tab. 10.2), prawie dwukrotnie niższa niż w transporcie autobusowym i bardzo wyraźnie skoncentrowana w aglomeracjach oraz miastach subregionalnych oraz wzdłuż międzyaglomeracyjnych linii kolejowych. Najwyższym poziomem dostępności charakteryzują się największe miasta. Układy koncentryczno-promieniste wzdłuż najważniejszych linii kolejowych widoczne są w zasadzie jedynie w aglomeracji warszawskiej oraz konurbacji górnośląskiej.

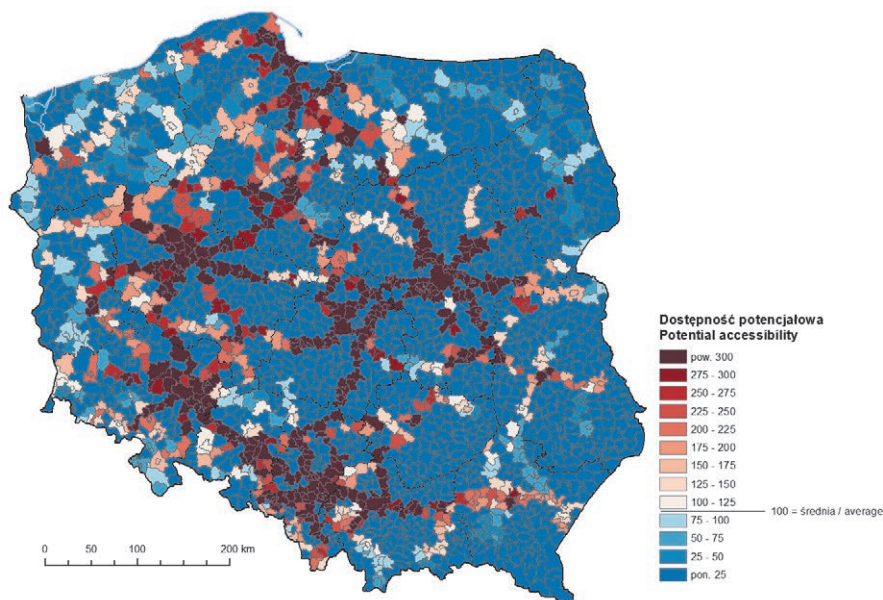
Gorsza dostępność kolejowa cechuje obszar byłego Królestwa Kongresowego charakteryzujący się niższą gęstością sieci kolejowej. Niektóre gminy położone wzdłuż linii kolejowych na tym obszarze są jednak relatywnie lepiej dostępne niż analogiczne ciągi gmin na obszarze byłego zaboru pruskiego oraz w północnej Polsce gdzie relatywnie gęstszej sieci towarzyszy mniejsza częstotliwość kursowania pociągów, a także efekt niskiej bazy (położenie peryferyjne względem centrum kraju) (ryc. 10.7).

W podróżyach długich średnia wartość dostępności jest (ponownie jak w podróżyach krótkich) ponad dwukrotnie niższa niż w transporcie autobusowym (por. tab. 10.3). Relacja ta nie dotyczy jednak całego kraju w równym stopniu. Są gminy w których dostępność kolejowa jest wyższa niż dostępność autobusowa (gmin tych jest 357). Zdecydowanie najwyższe wskaźniki dostępności kolejowej cechują gminy aglomeracji warszawskiej (w tym Warszawa – ponad 50). Efekt dla dostępności w podróżyach długich nie ogranicza się jedynie do aglomeracji, ale dla najszybszych linii kolejowych oraz tych położonych w ramach tzw. heksagonu jest widoczny dla całych odcinków międzyaglomeracyjnych, szczególnie między Warszawą a Trójmiastem oraz Warszawą i Katowicami. Zaznaczają się również wyraźnie układy koncentryczno-promieniste w Wielkopolsce (linie dojazdowe do Poznania) oraz na Dolnym Śląsku (linie do Wrocławia). Zauważalne jest położenie w ramach peryferii wewnętrznych podłączonych do sieci kolejowej o niskiej częstotliwości i parametrach eksploatacyjnych Kalisza i Płocka (znacznie niższe wartości dostępności niż np. dla gmin położonych wzdłuż dalej oddalonych od centralnej Polski linii kolejowych między Poznaniem i Wrocławiem lub Warszawą i Siedlcami (ryc. 10.8).



Ryc. 10.7. Dostępność transportem kolejowym. Podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.7. Accessibility by railway transport. Short trips ($\beta = 0,0347$)



Ryc. 10.8. Dostępność transportem kolejowym. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)
Fig. 10.8. Accessibility by railway transport. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

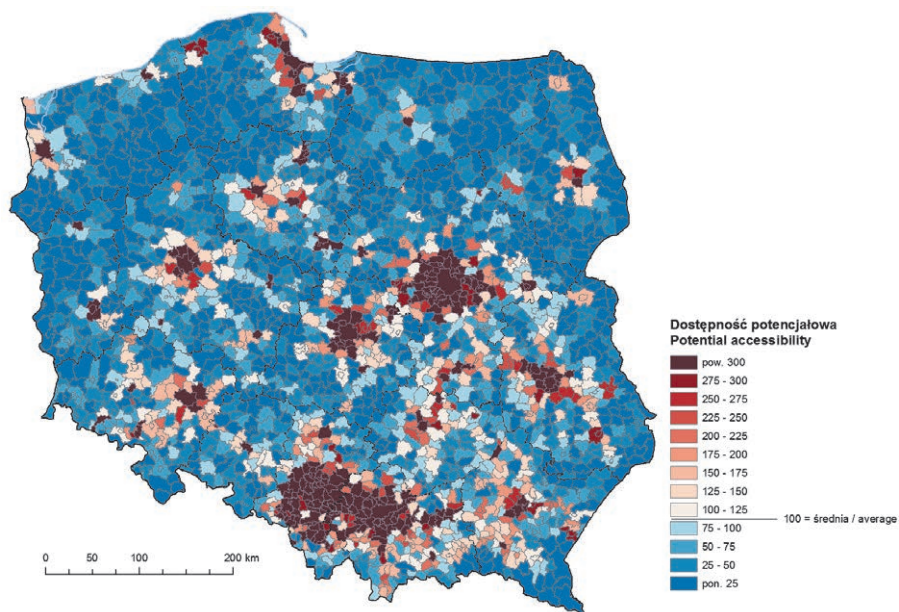
10.4. DOSTĘPNOŚĆ W WARIANCIE AUTOBUS+KOLEJ

W podróżach krótkich efekt dodania kolei dla wzrostu dostępności wynosi w skali całego kraju ok. 13% (w porównaniu do dostępności autobusowej). Poprawa rzędu 20% jest natomiast charakterystyczna dla gmin wiejskich położonych wzdłuż linii kolejowych koncentrycznie rozchodzących się z Poznania, Trójmiasta i Warszawy. Największa poprawa jest obserwowana na styku województw mazowieckiego i łódzkiego, wzdłuż linii kolejowej nr 1, linii Warszawskiej Kolei Dojazdowej oraz na wschód od Mińska Mazowieckiego wzdłuż linii kolejowej nr 2. W niektórych gminach wiejskich (Cegłów, Mrozy, Michałowice, Teresin) jest to poprawa dostępności rzędu ponad 1500%.

W mniejszym stopniu efekt poprawy dostępności jest widoczny wzdłuż linii kolejowych prowadzących z Wrocławia oraz konurbacji górnośląskiej, a marginalna jest poprawa dostępności dla Krakowa i Rzeszowa (z pewnym wyjątkiem linii magistralnej nr 91 łączącej te miasta, choć i tu w niewielkim stopniu ponieważ efekty działań modernizacyjnych prowadzonych w latach 2011–2015 są widoczne dopiero po tym okresie). Pewne efekty daje również włączenie do analizy dostępności linii kolejowych na niskozaludnionych obszarach peryferyjnych (np. Mazury, Pomorze Środkowe) co wynika przede

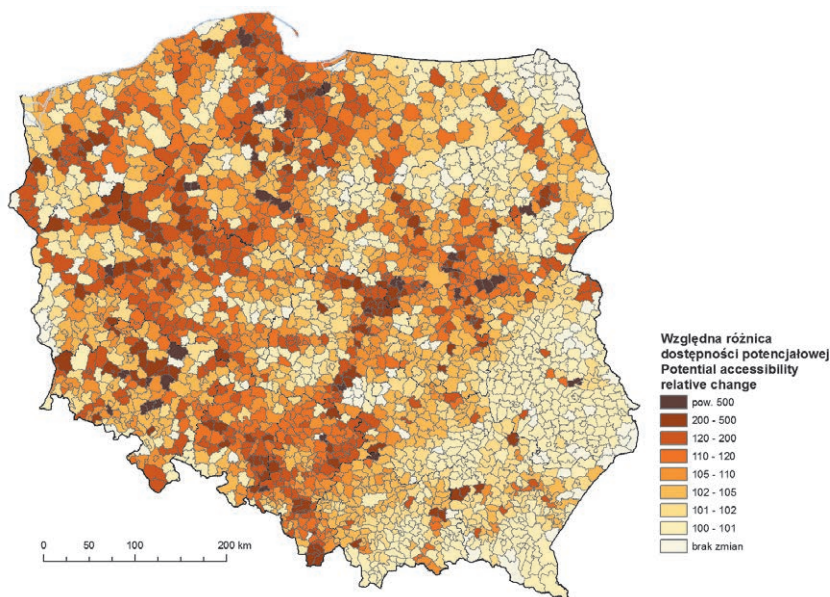
wszystkim z efektu niskiej bazy (relatywnie słaba dostępność autobusowa w tych miejscach). Brak jest natomiast poprawy dostępności w Makroregionie Polski Wschodniej (z wyjątkiem m.in. gmin wzdłuż linii kolejowej nr 6 między Warszawą i Białymstokiem) i na północnym Mazowszu (z wyjątkiem gmin wzdłuż linii kolejowej nr 9 łączącej Warszawę z Gdynią) (ryc. 10.9).

W podróżach długich efekt dodania kolei dla wzrostu dostępności jest znacznie wyższy niż w podróżach krótkich i w skali całego kraju wynosi ok. 34%. Tak wysoka zmiana w wyniku dodania kolei (w porównaniu do zmiany w krótkich podróżach) może świadczyć o tym, że pasażerski transport kolejowy w Polsce jest przede wszystkim konkurencyjny do autobusowego w podróżach o charakterze międzyaglomeracyjnym. Znaczne wzrosty dostępności są widoczne przede wszystkim na obszarze dawnego zaboru pruskiego (z wyjątkiem części Dolnego Śląska), a także wzdłuż linii kolejowych wychodzących z Warszawy (z wyjątkiem kierunku południowego). Ponownie sprawdza się hipoteza o marginalnym znaczeniu transportu kolejowego dla dostępności Polski południowo-wschodniej. Niewielki efekt kolei w tej części kraju w dużej mierze wynika również z efektu wysokiej bazy dostępności w transporcie autobusowym (ryc. 10.11).



Ryc. 10.9. Dostępność autobusowo-kolejowa (wariant autobus+kolej) – podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.9. Accessibility by rail-bus transport (bus+rail variant) – short trips ($\beta = 0,0347$)

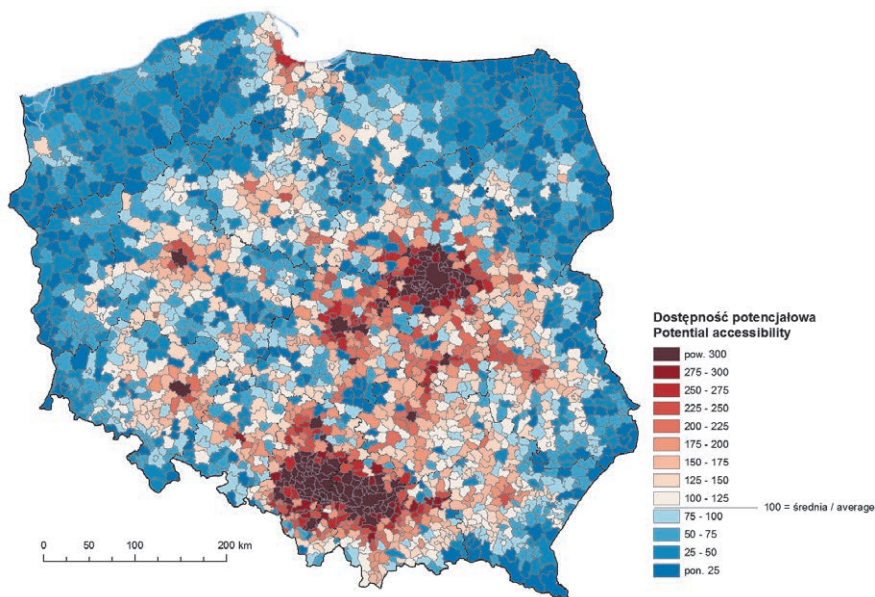


Ryc. 10.10. Różnice w dostępności. Autobus+kolej / Autobus. Wariant autobus = 100%. Podróże krótkie ($\beta = 0,0347$)

Fig. 10.10. Variations in accessibility. Bus+rail / Bus. Bus variant = 100%. Short trips ($\beta = 0,0347$)

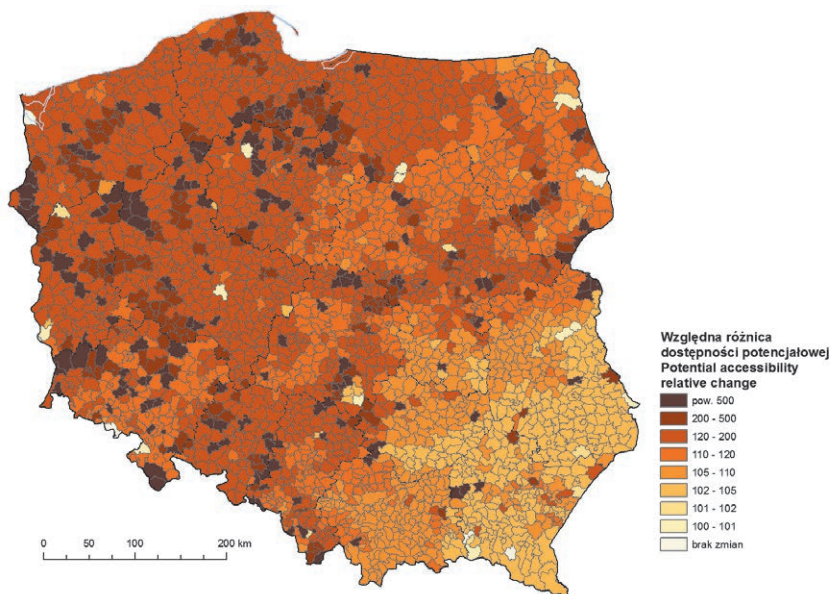
Interesujące są studia przypadku gmin będących tzw. outliersami – gmina o bardzo niewielkiej poprawie dostępności otoczona jest innymi gminami, gdzie poprawa dostępności jest po dodaniu kolei wysoka, a z drugiej strony gminy o bardzo dużej poprawie dostępności otoczone są takimi, w których tej poprawy nie widać.

W pierwszym przypadku warto wymienić gminę Żerków (województwo wielkopolskie, powiat jarociński) oraz gminę Lubiewo (województwo kujawsko-pomorskie, powiat tucholski), czyli białe plamy na rycinie 10.12. Przez gminę Żerków do końca 2012 roku kursowały pociągi osobowe na relacji Jarocin-Gniezno (miejscowość Chrzan, gdzie znajduje się stacja kolejowa o nazwie Żerków). Jednocześnie według bazy Marszałka województwa wielkopolskiego kursuje z Żerkowa do Jarocina tylko jeden autobus w ciągu doby. Stąd bardzo długie oczekiwanie na autobus, by dostać się do najbliższej czynnej stacji kolejowej w Jarocinie i bardzo niewielki wpływ kolei na poprawę dostępności, nawet w długich podróżach. Podobnie w gminie Lubiewo, gdzie brak jest czynnej linii kolejowej (połączenia pasażerskie zawieszono w 2005 r.) a transport publiczny, według bazy Marszałka, realizowany jest raz na dobę połączeniem autobusowym do Tucholi i Świecia.



Ryc. 10.11. Dostępność autobusowo-kolejowa (wariant autobus+kolej) – podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.11. Bus-rail accessibility (bus+rail variant) – long-distance trips ($\beta = 0,0116$)



Ryc. 10.12. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot / Autobus+kolej. Wariant autobus+kolej = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

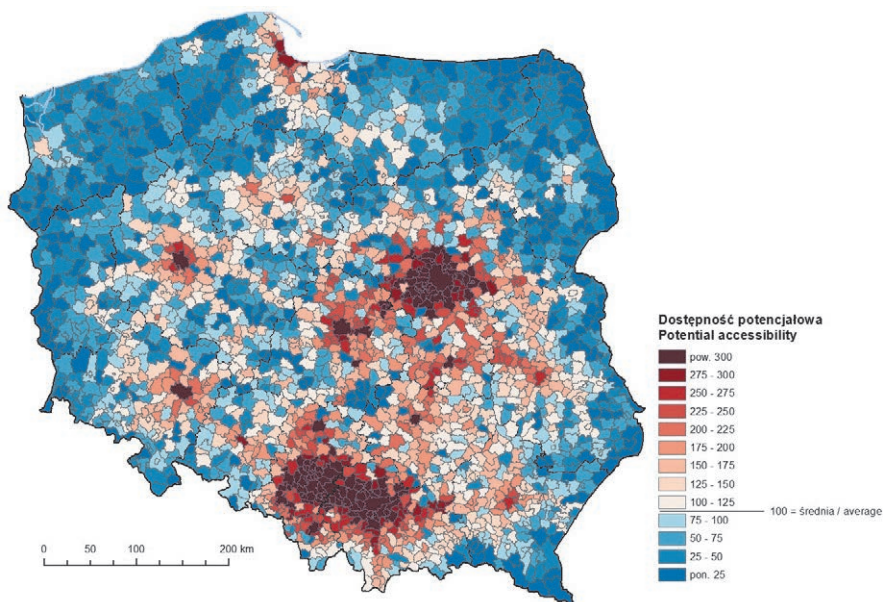
Fig. 10.12. Variations in accessibility. Bus+rail+air / Bus+rail. Bus+rail variant = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

W drugim przypadku warto podać przykład dwóch gmin w województwie lubelskim w powiecie chełmskim Rejowiec Fabryczny oraz Dorohusk. Obie gminy, w odróżnieniu od gmin sąsiednich, nie są podłączone do systemu transportu autobusowego (brak połączeń autobusowych w bazie Marszałka. Jednocześnie położone są wzdłuż linii kolejowej nr 7. Z tego względu efekt poprawy dostępności po dodaniu transportu kolejowego jest tak wyraźny w ujęciu procentowym (ryc. 10.12).

10.5. DOSTĘPNOŚĆ MULTIMODALNA (AUTOBUS+KOLEJ+SAMOŁOT)

Ostatnią gałęzią transportu publicznego, która uzupełnia obraz dostępności multimodalnej są istniejące połączenia w krajowych przewozach w transporcie lotniczym.

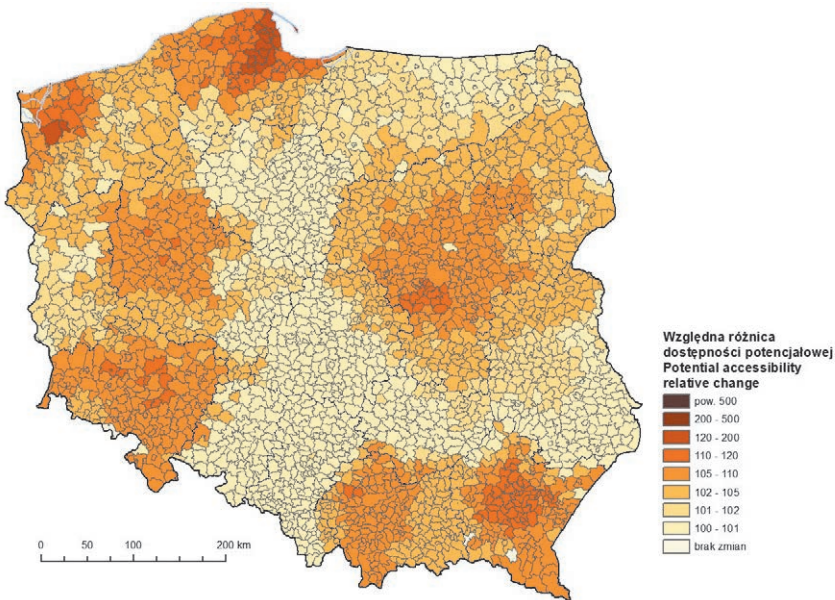
Zróznicowanie przestrzenne uzyskane w ramach symulacji autobus+kolej+samolot pokazuje że dostępność transportem multimodalnym cechuje układ bipolarny z wyraźnym biegunem górnośląsko-krakowskim oraz warszawskim. Tylko dwa z tych dwóch biegunów strefy wyższej dostępności nie ograniczają się jedynie do obszarów stricte podmiejskich, ale swoim zasięgiem obejmują również dalsze tereny, oddalone o kilkadziesiąt kilometrów od aglomeracji/konurbacji. Strefa wyższej dostępności w biegunie łódzkim wydaje się być oddzielona od bieguna warszawskiego i porównywalna pod względem dostępności do biegunów wrocławskiego, poznańskiego oraz Trójmiasta. Można zatem powiedzieć, że dostępność transportem multimodalnym ma charakter układów koncentryczno-promienistych w wierzchołkach heksagonu (Warszawa, Kraków, Katowice, Wrocław, Poznań i Gdańsk), z dołączeniem dwóch istotnych układów koncentryczno-promienistych pozaheksagonalnych w postaci połączeń do i z Lublina i Rzeszowa. Aglomeracja bydgosko-toruńska jest gorzej dostępna niż takie ośrodki jak Radom, Kielce lub Częstochowa. Układy peryferyjne (zarówno w sensie peryferii zewnętrznych jak i wewnętrznych) są bardzo zbliżone do tych uzyskanych w ramach dostępności autobusowej lub w wariancie autobus+kolej (ryc. 10.13).



Ryc. 10.13. **Multimodalna dostępność transportem publicznym** gmin w Polsce. Dostępność autobusowo-kolejowo-lotnicza (wariant multimodal) – podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.13. **Multimodal accessibility by public transport** in Poland. Bus-rail-air accessibility (multimodal variant) – long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Dołożenie transportu lotniczego skutkuje w ujęciu relatywnym wzrostem dostępności w skali kraju o prawie 4%. W największym stopniu zyskują Kaszuby (niektóre gminy nawet prawie 40%), a w dalszej kolejności również okolice portów lotniczych położonych peryferyjnie w skali kraju i realizujących konkurencyjne czasowo połączenia wewnątrz krajowe (Szczecin-Goleniów oraz Rzeszów-Jasionka). Mniejszy wpływ na dostępność multimodalną mają połączenia lotnicze w układach aglomeracyjnych Wrocławia, Krakowa, Poznania i Warszawy, a zasięg poprawy dostępności jest wyraźnie ograniczony przestrzennie (np. brak wpływu połączeń lotniczych realizowanych z Balic na dostępność regionu Górnego Śląska). Generalnie wpływ transportu lotniczego na dostępność ma bardzo regionalny charakter. Na rozległych obszarach Polski centralnej i południowej (województwa kujawsko-pomorskie, łódzkie, opolskie i śląskie) krajowy transport lotniczy nie ma generalnie wpływu na dostępność transportem publicznym lub wpływ ten jest marginalny (ryc. 10.14). Z kolei w województwie lubelskim jedyną gałęzią, która ma znaczenie dla poziomu dostępności, jest transport autobusowy (bardzo wysoka dostępność autobusowa przy słabej siatce połączeń kolejowych i braku krajowych połączeń lotniczych realizowanych z lotniska w Świdniku).

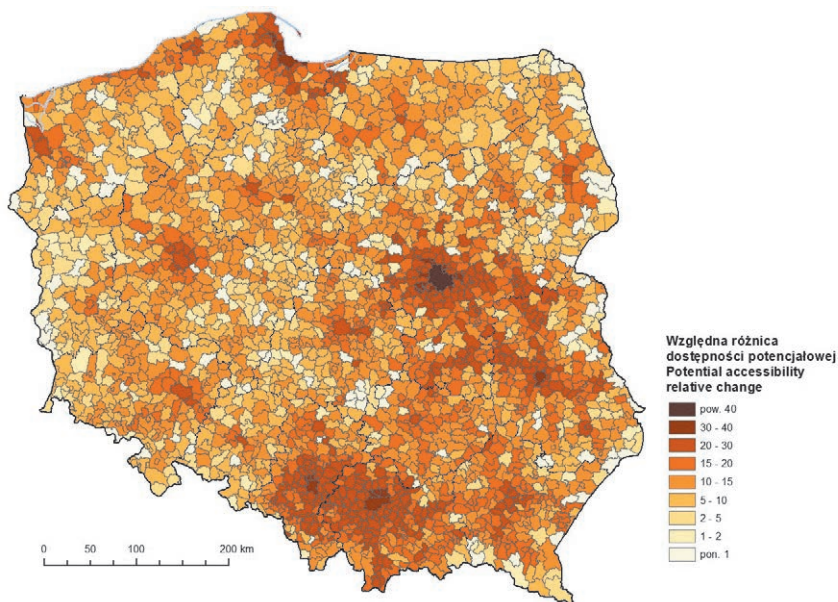


Ryc. 10.14. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot / Autobus+kolej. Wariant autobus+kolej = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.14. Variations in accessibility. Bus+rail+air / Bus+rail. Bus+rail variant = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Relacja między transportem indywidualnym a transportem multimodalnym potwierdza (podobnie jak przy porównaniu transportu indywidualnego z autobusowym) wielokrotnie lepszą dostępność samochodem niż transportem publicznym. Średnia dostępność transportem publicznym w ujęciu multimodalnym w Polsce wynosi mniej niż 12% dostępności transportem indywidualnym. Tylko w Warszawie i w Ząbkach dostępność multimodalna przekracza 40% dostępności transportem indywidualnym. Generalnie, najmniejsza przewaga transportu indywidualnego nad publicznym cechuje trzy aglomeracje: warszawską, krakowską i trójmiejską oraz konurbację górnośląską. W mniejszym stopniu również relatywnie dobra dostępność w transporcie publicznym w relacji do transportu indywidualnego cechuje Wrocław, Poznań, Szczecin, Rzeszów i Lublin z Puławami. Wśród obszarów przygranicznych relatywnie dobra dostępność transportem publicznym cechuje atrakcyjne turystycznie Pobrzeże Bałtyku oraz zachodnią część Karpat.

Z kolei bardzo wysoka wielokrotna przewaga dostępności transportem indywidualnym nad publicznym ma charakter mozaikowo-wyspowy na obszarach pozaaglomeracyjnych w części centralnej kraju (jeszcze bardziej widoczny peryferyjny obszar styku województw łódzkiego i świętokrzyskiego) oraz wzdłuż granicy wschodniej i zachodniej (ryc. 10.15).



Ryc. 10.15. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot / Samochód. Wariant samochód = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 10.15. Variations in accessibility. Bus+rail+air / Car. Car variant = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

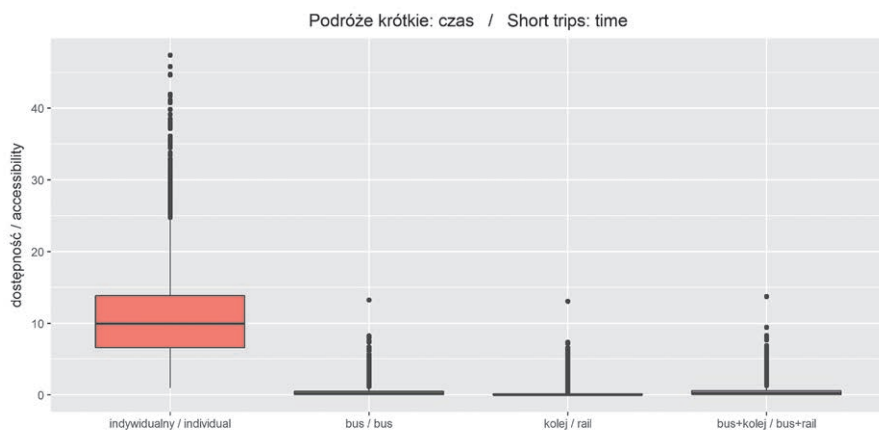
10.6. ZRÓŻNICOWANIE DOSTĘPNOŚCI - WSKAŹNIK DYSPERSJI PAD

Jednym z celów pracy było porównanie wyników poziomu dostępności w transporcie indywidualnym i publicznym przy założeniu różnych długości podróży. Punkt ciężkości w prezentowanych, w poprzednich podrozdziałach, mapach został położony na zróżnicowanie przestrzenne wyników. Warto jednak w paru słowach odnieść się również do samego średniego w całym kraju poziomu dostępności i jego zróżnicowania w sensie dyspersji. Zaprezentowano wyniki dla podróży krótkich (ryc. 10.16, 10.17; tab. 10.2) i długich (ryc. 10.18, 10.19; tab. 10.3).

W celu ukazania zróżnicowania poziomu dostępności wykorzystano **wskaźnik dyspersji dostępności PAD** (*Potential Accessibility Dispersion*), który powstaje poprzez relację odchylenia standardowego wskaźnika dostępności przez średnią ważoną liczbą ludności (lub powierzchnią) wartość wskaźnika na poziomie gminnym. Im wyższa wartość wskaźnika tym większe zróżnicowanie dostępności, a im wskaźnik niższy tym zróżnicowanie jest mniejsze. W niniejszym opracowaniu wartości wskaźnika podano w ujęciu statycznym (dla jednego momentu w czasie). W ujęciu dynamicznym

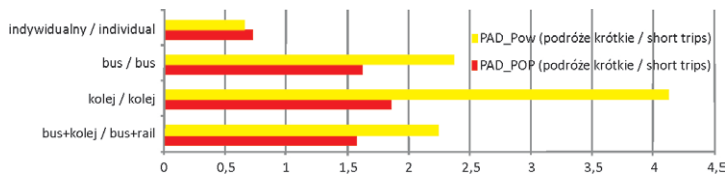
zmniejszenie polaryzacji przestrzennej następuje w wyniku spadku wartości wskaźnika w czasie, a wzrost polaryzacji – w wyniku wzrostu wskaźnika.

Podróże krótkie charakteryzuje duże zróżnicowanie wyników, przy czym w transporcie indywidualnym (wskaźnik dyspersji równy 0,66–0,72 (por. ryc. 10.17); różnice wynikają ze sposobu ważenia) jest ono zdecydowanie mniejsze niż w transporcie publicznym. Z oczywistych względów wynika to z faktu możliwości wykonania podróży *door-to-door* z dowolnego miejsca w kraju, podczas gdy w transporcie publicznym uwzględniany czas oczekiwania na środek transportu i czas przesiadki, a przede wszystkim częstotliwość kursowania skutkują bardzo dużymi różnicami między najlepiej dostępnymi miastami, a obszarami wiejskimi i peryferyjnymi. O wiele wyższe zróżnicowanie dostępności jest w transporcie kolejowym (1,85–4,11) niż w autobusowym (1,62–2,36), przy czym szczególnie duża różnica między gałęziami jest widoczna przy ważeniu powierzchnią. Wynika to z tego, iż przystanki autobusowe są częstsze i gęstsze niż sieć stacji kolejowych, a także ze względu na historyczne duże zróżnicowanie sieci kolejowej i podział na gęstą sieć na zachodzie kraju i relatywnie niższą na wschodzie. Zróżnicowanie przestrzenne w wariantach bus+kolej w zasadzie niewiele różni się od wyników dla transportu autobusowego, co świadczy o tym, że kolej nie jest do końca komplementarna przestrzennie względem transportu autobusowego. Generalnie kolej podwyższa poziom dostępności (tab. 10.2), ale nie zmniejsza zróżnicowania regionalnego.



Ryc. 10.16. Poziom dostępności w podróżach krótkich według gałęzi transportu (czas jako miara oporu przestrzeni; 2321 rejonów transportowych)

Fig. 10.16. Accessibility level. Short trips. Modal structure. Time as a distance decay measure. 2321 transport nodes



Ryc. 10.17. Porównanie poziomu Wskaźnika Dyspersji Dostępności ważonej powierzchnią (PAD_Pow) i liczbą ludności (PAD_POP) w podróżach krótkich według wariantów analizy (czas jako miara oporu przestrzeni)

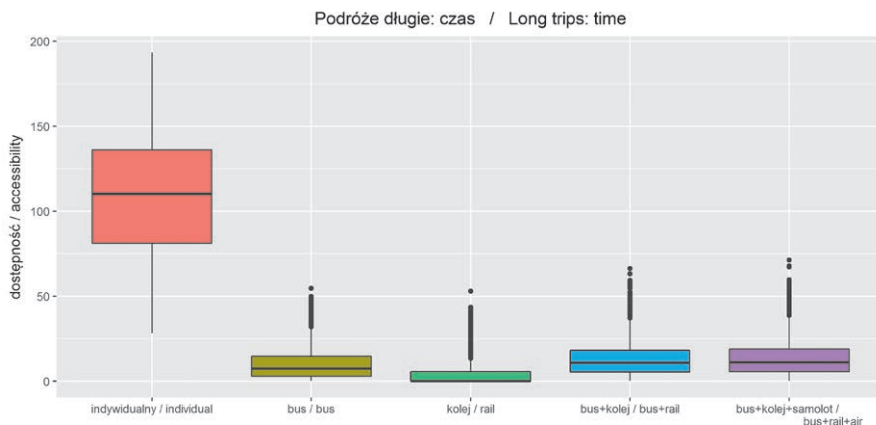
Fig. 10.17. Comparison of Potential Accessibility Dispersion index weighted by population (PAD_Pow) and area (PAD_POP). Short trips. Time as a distance decay measure

Średni poziom dostępności w transporcie publicznym jest znacznie wyższy w przypadku gdy operuje się średnią ważoną liczbą ludności. Jest to zrozumiałe, gdyż w miejscach charakteryzujących się dużą gęstością zaludnienia (miasta), również dostępność transportem publicznym nie odbiega znacząco od tej obliczonej dla transportu indywidualnego. Większa część obszaru kraju to jednak tereny wiejskie, gdzie różnica w dostępności między transportem publicznym, a indywidualnym jest bardzo duża (dlatego wskaźnik ważony powierzchnią w transporcie publicznym przyjmuje tak niskie wartości) (tab. 10.2).

Tabela 10.2. Średni poziom dostępności na 1 m² powierzchni (WtgAvg_Pow) i na 1 mieszkańca (WtgAvg_POP) według gałęzi transportu w podróżach krótkich (czas jako miara oporu przestrzeni)

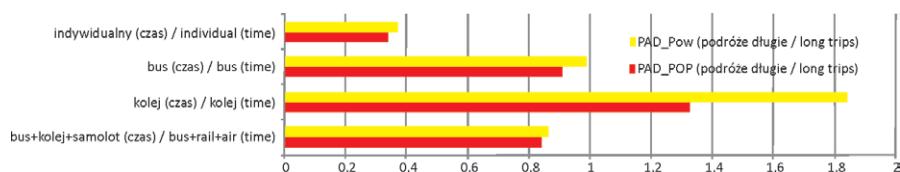
	Transport			
	indywidualny	bus	kolej	bus+kolej
WtgAvg_Pow	9,67518	0,3872	0,20328	0,43683
WtgAvg_POP	16,20983	2,28585	1,97148	2,46451

W **podróżach długich** zróżnicowanie dostępności jest odpowiednio niższe niż w podróżach krótkich ze względu na fakt, iż atrakcyjność celu podróży nie zmniejsza się już w tak gwałtowny sposób, jak przy podróżach krótkich. Maleją również różnice między wartościami wskaźników ważonych liczbą ludności i powierzchnią (z wyjątkiem nadal widocznej różnicy w transporcie kolejowym). Poza wskaźnikami obliczonymi dla kolei, dla pozostałych gałęzi wskaźnik PAD jest niższy od jedności (ryc. 10.19).



Ryc. 10.18. Poziom dostępności w podróżach długich według wariantów analizy (czas jako miara oporu przestrzeni; 2321 rejonów transportowych)

Fig. 10.18. Accessibility level. Long trips. Modal structure. Time as a distance decay measure. 2321 transport nodes



Ryc. 10.19. Porównanie poziomu Wskaźnika Dyspersji Dostępności ważonej powierzchnią (PAD_Pow) i liczbą ludności (PAD_POP) w podróżach długich według wariantów analizy (czas jako miara oporu przestrzeni)

Fig. 10.19. Comparison of Potential Accessibility Dispersion index weighted by population (PAD_Pow) and area (PAD_POP). Long trips. Time as a distance decay measure

Tabela 10.3 Średni poziom dostępności na 1m² powierzchni (WtgAvg_Pow) i na 1 mieszkańca (WtgAvg_POP) według gałęzi transportu w podróżach długich (czas jako miara oporu przestrzeni)

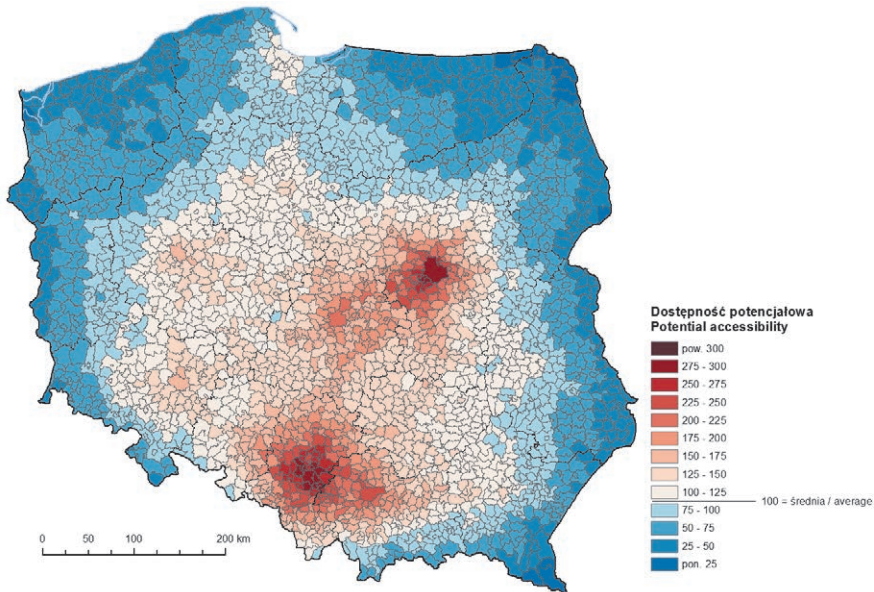
	Transport				
	indywidualny	bus	kolej	bus+kolej	bus+kolej+samolot
WtgAvg_Pow	100,1006	8,37654	3,27962	11,21501	11,65696
WtgAvg_POP	121,0538	18,39899	12,28148	23,25695	24,30353

11. REZULTATY MODELU MULTIMODACC – KOSZT JAKO MIARA OPORU PRZESTRZENI

11.1. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE INDYWIDUALNYM

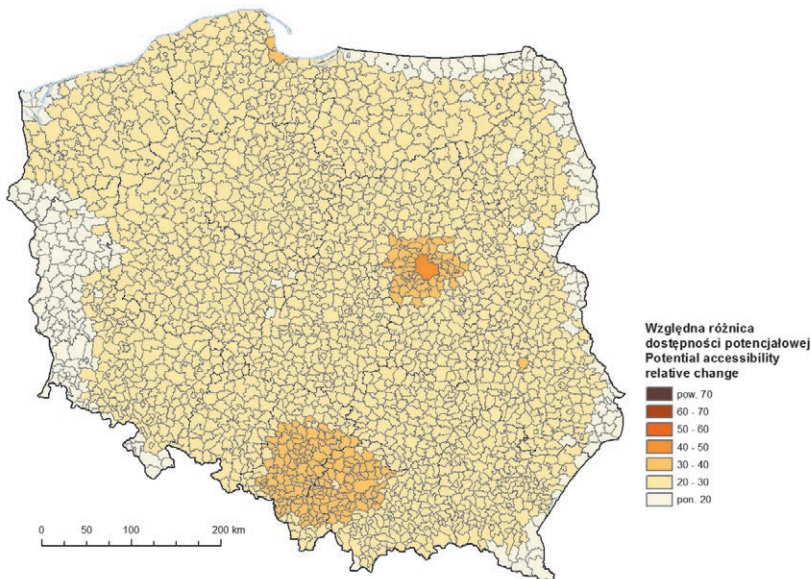
Przy uwzględnieniu wartości czasu oraz pozaczasowych elementów kosztu uogólnionego w postaci kosztu paliwa i opłat autostradowych dostępność drogowa dla podróży prywatnych spada (w relacji do dostępności mierzonej czasem jako miarą oporu przestrzeni) ponad czterokrotnie. Przeciętna dostępność kosztowa w podróżach prywatnych wynosi niecałe 25 przy ponad 100 dla analogicznego wskaźnika mierzonego czasem. Zmienia się również zróżnicowanie przestrzenne. Znacznie bardziej akcentuje się wyższa dostępność dwóch biegunów, w tym przede wszystkim Warszawy i Górnego Śląska. Relatywnie lepsza dostępność dużych miast i aglomeracji w ujęciu kosztowym wynika przede wszystkim z niskich prędkości w miastach co w konsekwencji daje wysoki udział czynnika czasowego w koszcie podróży, a niski kosztów paliwa i brak opłat autostradowych, podczas gdy na obszarach peryferyjnych udział pozaczasowych kosztów jest znacznie wyższy. Na relatywnie gorszą (w relacji do Warszawy i konurbacji górnośląskiej) dostępność Łodzi i Krakowa mają wpływ opłaty autostradowe, odpowiednio na autostradzie A2 (na zachód od Strykowa) oraz A4 (między Mysłowicami a Balicami) (ryc. 11.1).

Mapa ukazująca różnice w poziomie dostępności drogowej między czasem i kosztem uogólnionym potwierdza wcześniej opisane obserwacje. Wpływ opłat autostradowych jest widoczny również na obszarach peryferyjnych, położonych z daleka od dużych miast. Szczególnie niska dostępność kosztowa w relacji do tej mierzonej czasem zaznacza się w województwie lubuskim jako konsekwencja wysokich opłat autostradowych na zachodnim fragmencie autostrady A2. Wachlarz niskiej dostępności widoczny jest w paśmie gmin wzdłuż granicy polsko-niemieckiej, również w województwach zachodniopomorskim i dolnośląskim. W gminach takich jak Słubice, Bogatynia, Rzepin, Łęknica, Gubin i Cybinka dostępność kosztowa w podróżach prywatnych jest niższa nawet niż 14% dostępności liczonej bez uwzględnienia kosztów, podczas gdy w Warszawie przekracza 40% dostępności czasowej (ryc. 11.2). Należy dodać, że tak wysoka pozycja dużych miast mogła by być niższa gdyby założyć odpowiednio wyższe spalanie przy niższych prędkościach (w stosowanym modelu koszty spalania nie są zróżnicowane w zależności od uzyskiwanych prędkości). Tym samym przy uwzględnieniu dodatkowej zmiennej w postaci relacji między kosztami paliwa a przeciętną prędkością obraz dostępności kosztowej byłby bardziej spłaszczony.



Ryc. 11.1. Dostępność transportem indywidualnym (wariant samochód koszt w podróży prywatnych). Podróże długie ($\beta = 0,0116$) (100 = średnia samochód koszt)

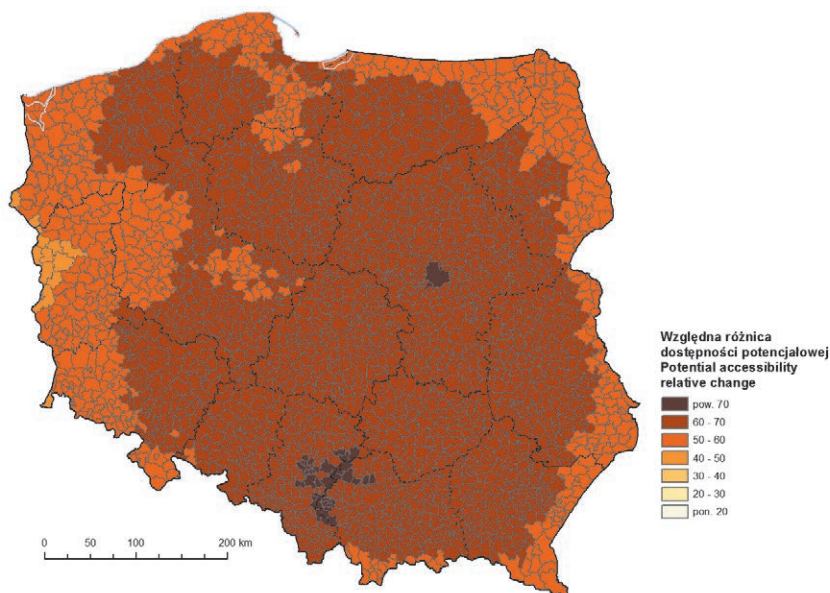
Fig. 11.1. Accessibility by individual transport (car variant, cost of private trips). Long-distance trips ($\beta = 0,0116$) (100 = average car cost)



Ryc. 11.2. Różnice w dostępności. Samochód (koszt w podróży prywatnych) / Samochód (czas). Wariant samochód (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.2. Variations in accessibility. Car (cost of private trips) / Car (time). Car variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

W podróżach biznesowych, dla których zakłada się, że pozaczasowe elementy kosztu uogólnionego mają mniejszą rolę, różnice między dostępnością mierzoną czasem a kosztem są znacznie niższe. W gminach w województwie lubuskim przy granicy z Niemcami poziom dostępności wyniósł poniżej 50% dostępności „czasowej”, a w Warszawie oraz gminach pogranicza województw śląskiego i małopolskiego – powyżej 70%. Widoczne są obszary oddziaływania opłat autostradowych, wzdłuż autostrad A1 (północny odcinek między Gdańskiem a Toruniem) i A2 (szczególnie między Poznaniem a Koninem, gdzie na odcinku koncesjonowanym opłata w przeliczeniu na 1 km jest kilkukrotnie wyższa niż na zarządzanym przez GDDKiA odcinku między Koninem a Strykowem) (ryc. 11.3).



Ryc. 11.3. Różnice w dostępności. Samochód (koszt w podróżach biznesowych wysokodochodowych) / Samochód (czas). Wariant samochód (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

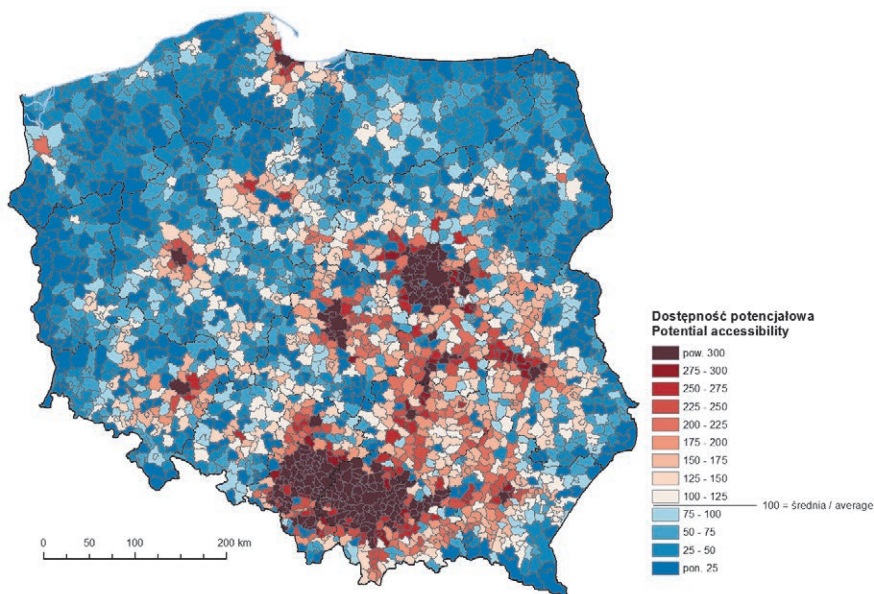
Fig. 11.3. Variations in accessibility. Car (cost of high income business trips) / Car (time). Car variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

11.2. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE AUTOBUSOWYM

Przeciętna dostępność kosztowa (koszt jako miara oporu przestrzeni) w transporcie autobusowym w podróżach długich ($\beta = 0,0116$) wynosi dla podróży prywatnych jedynie nieco ponad 50% dostępności czasowej (czas jako miara oporu przestrzeni), a w podróżach biznesowych wysokodochodowych

– ok. 82% dostępności czasowej w transporcie autobusowym. Są to więc wartości odpowiednio wyższe niż w przypadku transportu indywidualnego, co oznacza, że koszt paliwa i opłaty autostradowe znacznie bardziej pogarszają dostępność w transporcie indywidualnym niż koszty biletów w transporcie autobusowym.

Zróżnicowanie przestrzenne dostępności kosztowej w podróżach prywatnych długich w transporcie autobusowym nie różni się znacząco od zróżnicowania przestrzennego dla symulacji, gdzie miarą oporu przestrzeni był czas. Również i tym razem zaznacza się wyższa dostępność Polski południowo-wschodniej i Polski centralnej, w tym południowego i centralnego Mazowsza, a także relacje Warszawa-Radom-Kielce-Kraków, Łódź-Radom-Puławy-Lublin oraz ośrodki lubelski i rzeszowski. Najniższa dostępność cechuje ponownie Polskę północno-zachodnią oraz Podlasie i Mazury (ryc. 11.4).

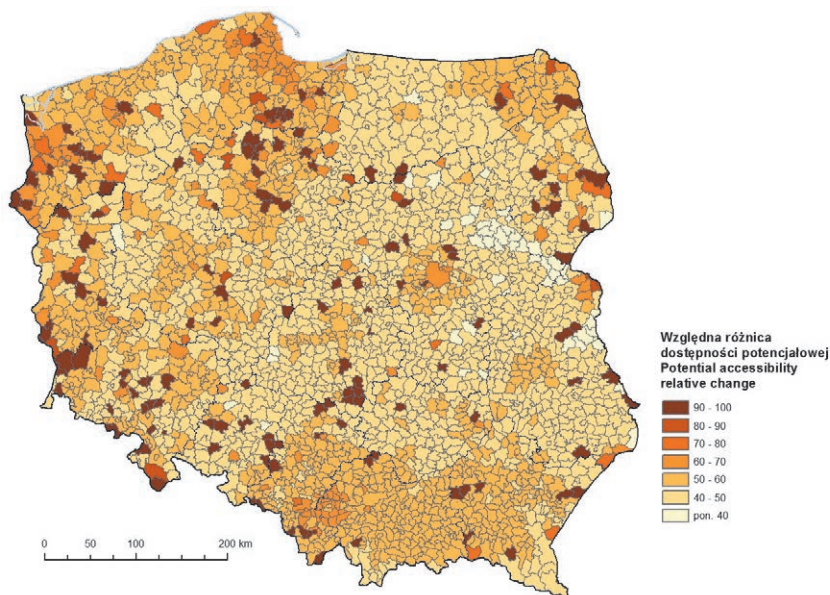


Ryc. 11.4. Dostępność transportem autobusowym. Koszt w podróżach prywatnych jako miara oporu przestrzeni (wariant autobus koszt w podróżach prywatnych). Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.4. Accessibility by bus transport. Cost of private trips as a distance decay element (bus variant, cost of private trips). Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Prawie identyczny obraz przestrzenny zróżnicowań dostępności świadczy o relatywnie niedużym zróżnicowaniu pozaczasowych składników kosztu (kosztów biletów). Szczegółowa analiza różnic między poziomem dostępności potencjalowej mierzonym czasem a kosztem pokazuje jednak pewne odchylenia terytorialne, tzn. mniejsze lub większe spadki dostępności kosztowej względem

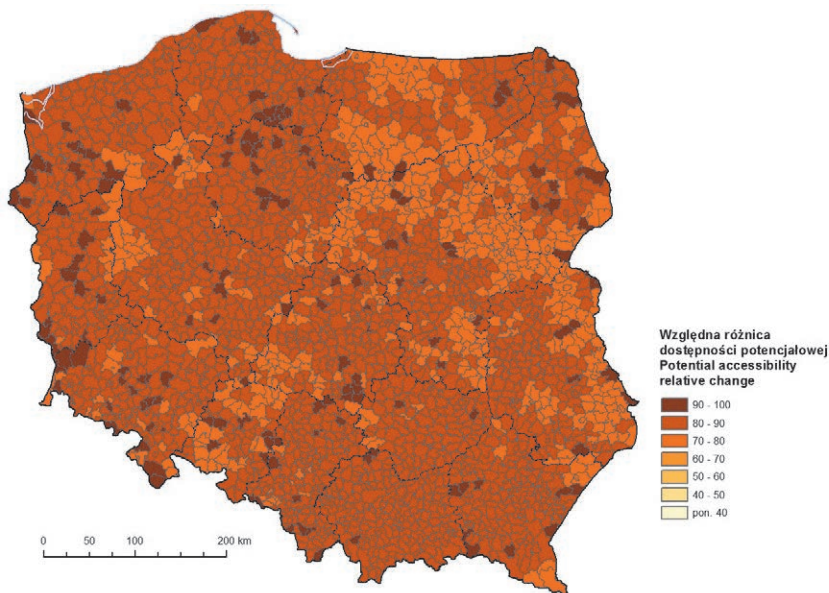
czasowej. Na rycinie 11.5, która przedstawia różnice w obu podejściach jasnym kolorem ukazane są obszary o bardzo niskiej dostępności kosztowej w relacji do dostępności czasowej, czyli regiony, gdzie koszt biletów w szczególności sposób pogarsza sytuację w zakresie dostępności transportem publicznym. Są to obszary peryferyjne, przede wszystkim wschodnie Mazowsze oraz powiat włodawski w województwie lubelskim. Ich relatywnie niska dostępność kosztowa może być konsekwencją z jednej strony relatywnie dużego oddalenia od dużych miast i aglomeracji (gdzie połączenia są realizowane z wykorzystaniem relatywnie tanich połączeń transportem miejskim i połączeń podmiejskich) oraz niewielkiej liczby połączeń powyżej 100 km, dla których koszt pokonywania 1 km jest w transporcie autobusowym odpowiednio niższy niż dla siatki połączeń lokalnych i wewnątrzregionalnych. Charakterystyczne są wyższe wartości dostępności kosztowej w Małopolsce (efekt niskich cen biletów autobusowych w porównaniu do innych regionów kraju) oraz w Polsce zachodniej (prawdopodobnie efekt relatywnie dużego udziału połączeń długodystansowych). Obraz zróżnicowania przestrzennego „psują” niejako gminy o bardzo niskiej dostępności transportem autobusowym lub wręcz te, do których nie dojeżdża, w świetle zgromadzonych danych, żaden autobus (obszary zaznaczone kolorem ciemnobrązowym). Dla tych gmin różnica między dostępnością mierzoną czasem i kosztem jest nieznaczna ze względu na bardzo duży udział czasu oczekiwania w poziomie dostępności (ryc. 11.5).



Ryc. 11.5. Różnice w dostępności. Autobus (koszt w podróżach prywatnych) / Autobus (czas). Wariant autobus (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.5. Variations in accessibility. Bus (cost of private trips) / Bus (time). Bus variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

W podróżach biznesowych, dla których pozaczasowe składniki kosztu mają mniejsze znaczenie niż w podróżach prywatnych, również wyraźnie zaznacza się relatywnie gorsza dostępność kosztowa (w relacji do czasowej) na obszarach peryferii wewnętrznych, z dala od miast i aglomeracji (m.in. na obrzeżach województwa wielkopolskiego i łódzkiego). Poza tym obraz przestrzenny różnic jest podobny jak dla podróży prywatnych, choć na oczywiście wyższym ogólnym poziomie (ryc. 11.6).

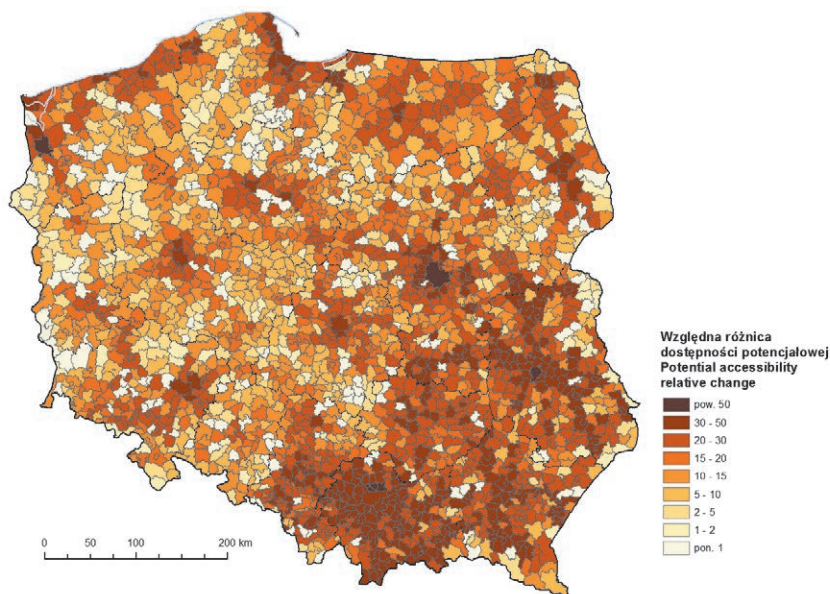


Ryc. 11.6. Różnice w dostępności. Autobus (koszt w podróżach biznesowych wysokodochodowych) / Autobus (czas). Wariant autobus (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.6. Variations in accessibility. Bus (cost of high income business trips) / Bus (time). Bus variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Różnice w dostępności kosztowej między transportem indywidualnym a autobusowym są mniejsze niż analogiczne wskaźniki dotyczące czasu jako miary oporu przestrzeni. Fakt ten to potwierdzenie tezy, że pozaczasowe składniki kosztu uogólnionego w transporcie indywidualnym mają większe znaczenie niż w transporcie autobusowym. W trzech podkrakowskich gminach oraz w Warszawie, Lublinie i Szczecinie poziom dostępności kosztowej w transporcie autobusowym przekracza 50% poziomu dostępności w transporcie indywidualnym. Relatywna dobra sytuacja w tym względzie jest również w części obszaru Polski południowo-wschodniej, konurbacji górnośląskiej oraz wybranych miast i części ich aglomeracji (Poznań, Wrocław, Trójmiasto, Toruń, Bydgoszcz, Olsztyn, Białystok i Łódź). Zaznacza się

wyraźnie również Pobrzeże Bałtyku, co wynika z faktu funkcjonowania dużej liczby relatywnie tanich połączeń autobusowych dalekobieżnych łączących tę część kraju z głównymi aglomeracjami. Przy dostępności kosztowej również zachowana jest mozaikowość zjawiska świadcząca o istnieniu wielu peryferii wewnętrznych na granicach województw i w ciągach korytarzowych obsługiwanych przez transport kolejowy. W relacji do transportu indywidualnego „punkt ciężkości” dostępności kosztowej w podróżach długich przesuwają się w kierunku Polski południowo-wschodniej, gdzie różnice między transportem indywidualnym a autobusowym są znacznie niższe niż na innych obszarach kraju (ryc. 11.7).



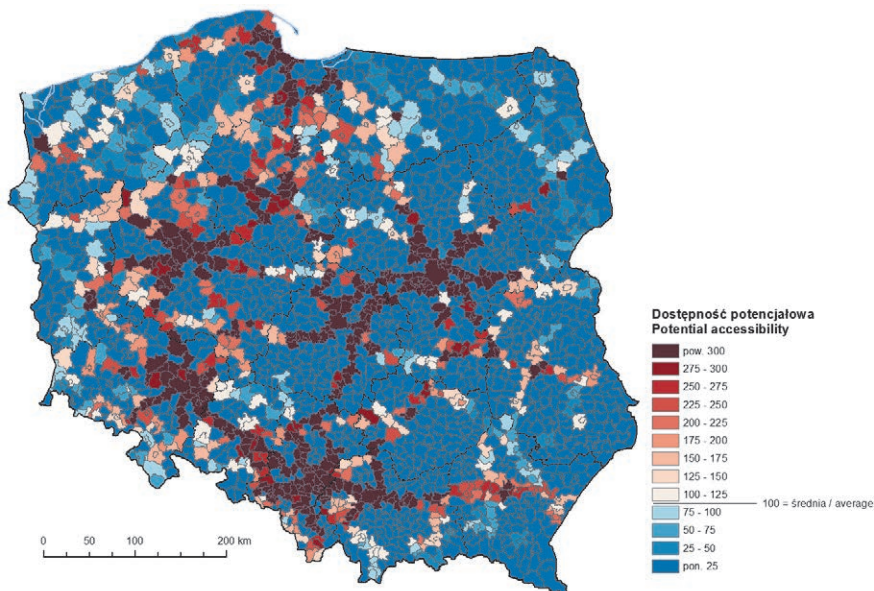
Ryc. 11.7. Różnice w dostępności. Autobus (koszt w podróżach prywatnych) / Samochód (koszt w podróżach prywatnych). Wariant samochód (koszt w podróżach prywatnych) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.7. Variations in accessibility. Bus (cost of private trips) / Car (cost of private trips). Car variant (cost of private trips) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

11.3. DOSTĘPNOŚĆ W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

Przeciętny poziom dostępności kosztowej w transporcie kolejowym w podróżach prywatnych wynosi około 49% poziomu dostępności kolejowej, gdzie czas jest jedyną miarą oporu przestrzeni. Relacja między wskaźnikiem czasowym a kosztowym jest zatem w transporcie kolejowym niemalże identyczna jak w transporcie autobusowym, co oznacza, że generalnie wpływ

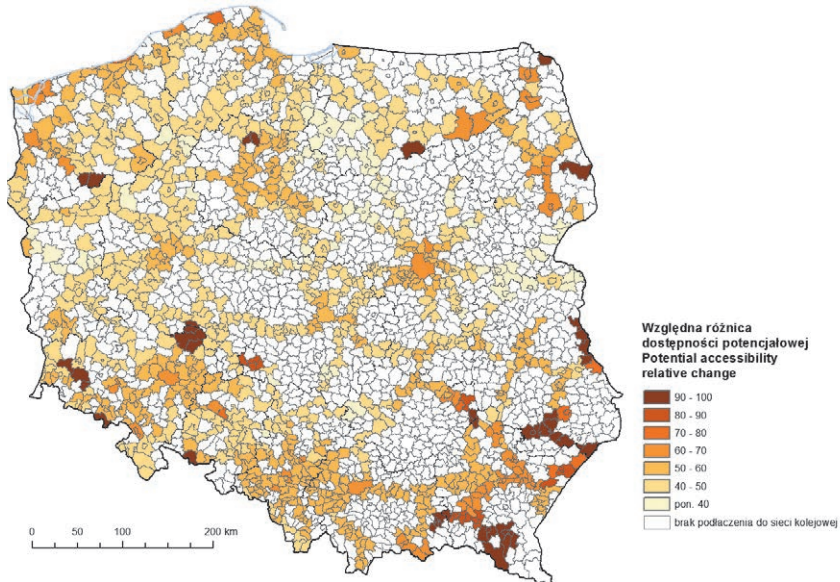
kosztów biletów na percepcję dostępności w podróżach prywatnych jest mniej więcej podobny w obu gałęziach transportu. Największe zróżnicowanie wyników między dostępnością kosztową a dostępnością liczoną dla czasu jako miary oporu przestrzeni widoczne są wzdłuż tras obsługiwanych przez pociągi EIP (Pendolino), szczególnie na trasie między Warszawą a Trójmiastem, gdzie pociągi te zatrzymują się w Ciechanowie, Iławie, Malborku i Tczewie (ryc. 11.8).



Ryc. 11.8. Dostępność transportem kolejowym. Koszt w podróżach prywatnych jako miara oporu przestrzeni (wariant kolej koszt w podróżach prywatnych). Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

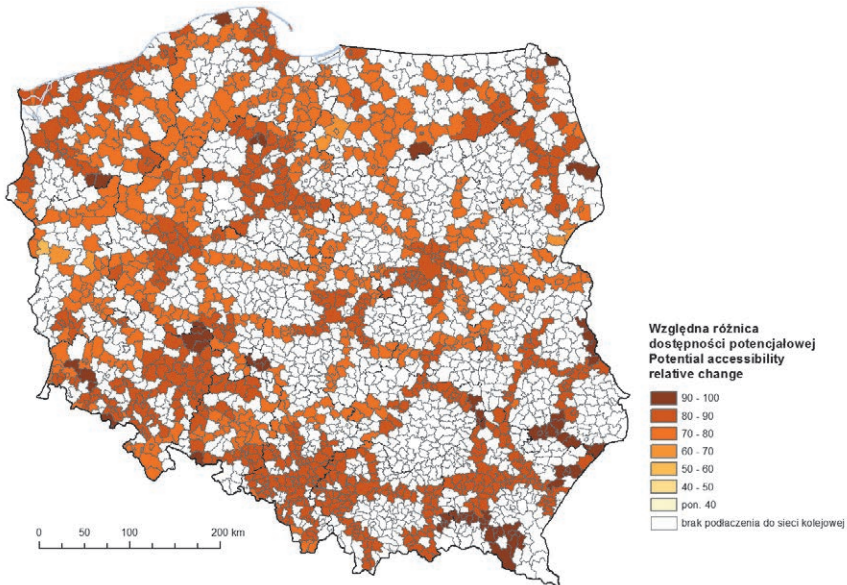
Fig. 11.8. Accessibility by rail transport. Cost of private trips as a distance decay element (rail variant, cost of private trips). Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Relatywnie nieduże różnice w poziomie dostępności między kosztem a czasem jako miarą oporu przestrzeni są obserwowane wzdłuż linii kolejowych położonych na peryferiach kraju (np. w województwie podkarpackim i lubelskim). Podobnie jak w przypadku transportu autobusowego, gdzie również lokalnie na obszarach peryferyjnych różnica między poziomem dostępności mierzonej kosztem i czasem była często niewielka, tak i na kolei efekt ten może wynikać z bardzo małej częstotliwości kursowania pociągów dla gmin położonych wzdłuż tych linii kolejowych, co w konsekwencji prowadzi do niewielkiej różnicy między dostępnością mierzoną czasem i kosztem. Dodatkowo, tym razem w odróżnieniu od transportu autobusowego, różnice w koszcie podróży 1 km pociągiem regionalnym i międzywojewódzkim nie są istotne i często zależą od konkretnego przewoźnika. Duże znaczenie dla



Ryc. 11.9. Różnice w dostępności. Kolej (koszt w podróżach prywatnych) / Kolej (czas). Wariant kolej (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.9. Variations in accessibility. Rail (cost of private trips) / Rail (time). Rail variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)



Ryc. 11.10. Różnice w dostępności. Kolej (koszt w podróżach biznesowych wysoko dochodowych) / Kolej (czas). Wariant kolej (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.10. Variations in accessibility. Rail (cost of high income business trips) / Rail (time). Rail variant (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

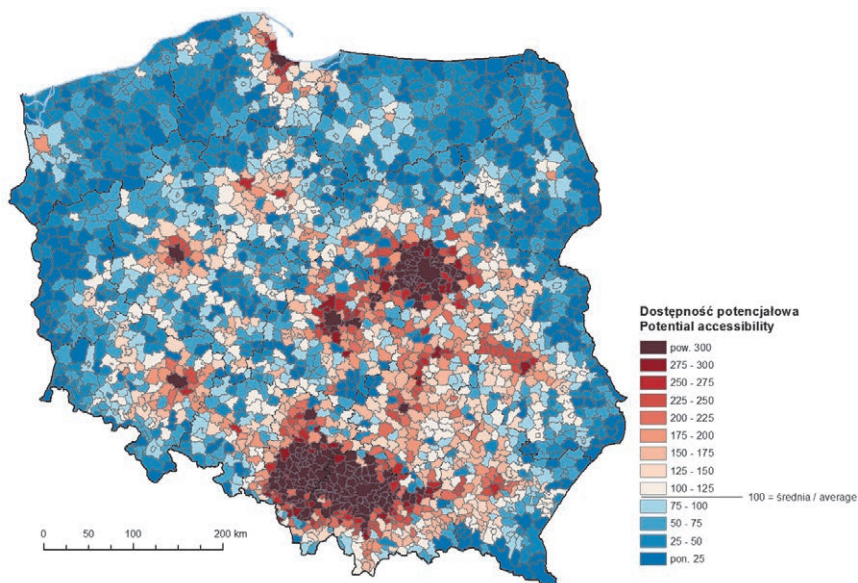
oceny różnic w poziomie dostępności mierzonej czasem i kosztem mogą mieć również lokalne uwarunkowania, jak np. odległość między węzłem masowym a najbliższą stacją kolejową itd. (ryc. 11.9).

W podróżach biznesowych, podobnie jak w przypadku innych gałęzi transportu, różnice w poziomie dostępności między czasem a kosztem, są w świetle przyjętej metodyki odpowiednio mniejsze, ale rozkład przestrzenny różnic jest w zasadzie analogiczny jak przy podróżach prywatnych (ryc. 11.10).

11.4. DOSTĘPNOŚĆ MULTIMODALNA (AUTOBUS+KOLEJ+SAMOŁOT)

Przeciętna dostępność kosztowa (koszt jako miara oporu przestrzeni) w transporcie multimodalnym oraz w wariancie autobus+kolej jest w zasadzie niemalże identyczna. Z tego względu zrezygnowano w niniejszym rozdziale z szerszego omówienia wariantu autobus+kolej w ujęciu kosztowym. Przyczyną niemalże równego poziomu dostępności między wariantem z i bez samolotu jest fakt, iż połączenia lotnicze w Polsce nie są alternatywą w sensie kosztowym dla połączeń kolejowych lub autobusowych, nawet dla wysoko-dochodowych biznesmenów. Istniejąca różnica w czasie podróży jest dużo mniejsza niż różnica w koszcie biletów, nawet dla tych linii, które są obsługiwane przez tanich przewoźników.

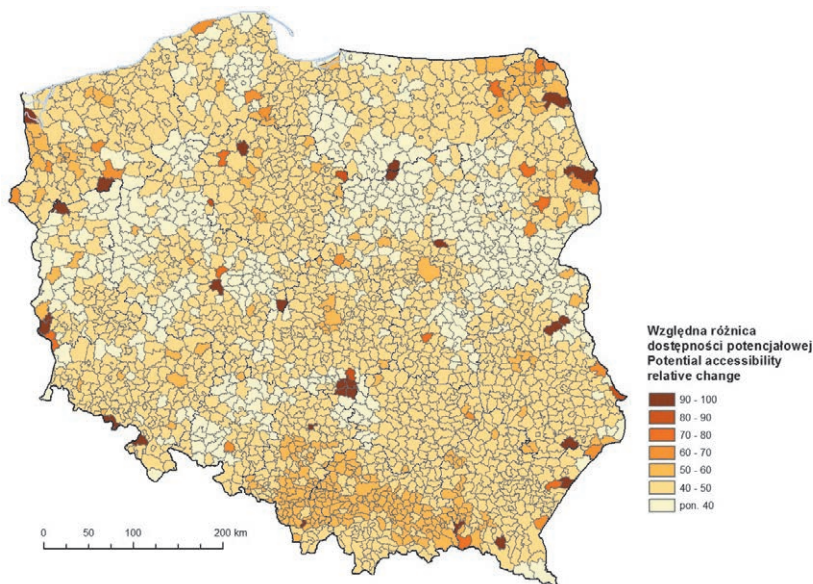
Generalnie, w transporcie multimodalnym średnia dostępność kosztowa wynosi dla podróży prywatnych jedynie nieco ponad 44% dostępności czasowej. Jest to wskaźnik jeszcze niższy niż dla dostępności autobusowej i kolejowej, co wynika przede wszystkim z braku konkurencyjności kosztowej transportu lotniczego (który miał duże znaczenie dla wzrostu poziomu dostępności, gdy czas jest jedyną miarą oporu przestrzeni). Zróżnicowanie przestrzenne dostępności kosztowej w podróżach prywatnych długich w transporcie multimodalnym w zasadzie nie różni się znacząco od zróżnicowania przestrzennego dla symulacji, gdzie miarą oporu przestrzeni był czas. Zaznacza się wyższa dostępność Polski południowo-wschodniej i Polski centralnej, a najniższa dostępność cechuje ponownie Polskę północno-zachodnią oraz Podlasie i Mazury (ryc. 11.11).



Ryc. 11.11. Dostępność transportem multimodalnym. Koszt w podróżach prywatnych jako miara oporu przestrzeni (wariant autobus+kolej+samolot koszt w podróżach prywatnych). Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.11. Accessibility by multimodal transport. Cost of private trips as a distance decay element (variant – bus+rail+air, cost of private trips). Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Różnice w poziomie dostępności multimodalnej między czasem a kosztem jako miarą oporu przestrzeni są w transporcie multimodalnym widoczne przede wszystkim na obszarach peryferii wewnętrznych, już nie tylko na obszarze byłego Królestwa Kongresowego (jak to było gdy brany pod uwagę był jedynie transport autobusowy), ale również m.in. w Wielkopolsce lub na Pomorzu. Kluczowy jest tutaj obszar Kaszub, który bardzo mocno zyskiwał w sensie czasowym na transporcie lotniczym. Gdy dostępność jest liczona z uwzględnieniem cen biletów lotniczych okazuje się, że w regionie tym znacząco poziom dostępności względem średniej krajowej maleje (mimo relatywnej bliskości aglomeracji i możliwości korzystania z taniego transportu podmiejskiego). Dodatkowo na relatywne pogorszenie dostępności Kaszub ma wpływ funkcjonowanie szybkich ale relatywnie droższych połączeń kolejowych EIP w kierunku Warszawy. Innym przykładem obszaru dla którego różnice w poziomie dostępności multimodalne między czasem a kosztem jako miarą oporu przestrzeni są duże gminy położone wzdłuż linii kolejowej między Szczecinem a Poznaniem, szczególnie w centralnej części odcinka. Dla tych gmin, szybkie, ale relatywnie drogie, połączenia kolejowe o funkcji międzyaglomeracyjnej i położenie z dala od tanich połączeń wewnątrzaglomeracyjnych i podmiejskich skutkują dużą różnicą między dostępnością w sensie czasowym i kosztowym (ryc. 11.12).



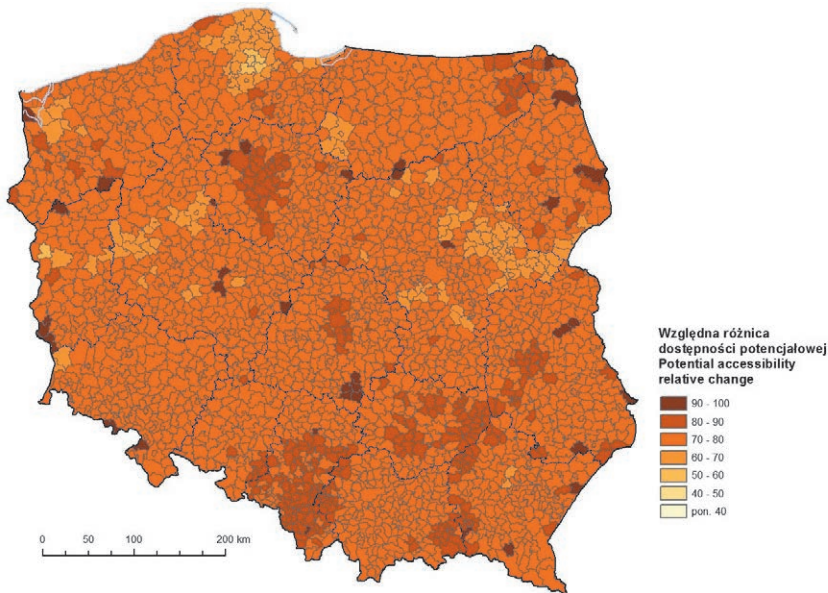
Ryc. 11.12. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach prywatnych) / Autobus+kolej+samolot (czas). Wariant autobus+kolej+samolot (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.12. Variations in accessibility. Bus+rail+air (cost of private trips) / Bus+rail+air (time). Variant – Bus+rail+air (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

W podróżach biznesowych jeszcze wyraźniej zaznacza się efekt dużego spadku poziomu dostępności między czasem a kosztem jako miarą oporu przestrzeni na Kaszubach (efekt braku wystarczającej konkurencyjności kosztowej połączeń lotniczych i Pendolino) lub na wschodnim Mazowszu (prawdopodobny efekt braku dalekobieżnych połączeń autobusowych). Z drugiej strony bardzo niewielkie różnice w poziomie dostępności między czasem a kosztem obserwowane są na obszarze aglomeracji (np. w Łodzi, na Górnym Śląsku lub aglomeracji bydgosko-toruńskiej) co wynika z relatywnie tanich połączeń w transporcie miejskim i podmiejskim, a także we wschodniej Polsce (w tym na obszarach peryferii wewnątrzwojewódzkich, np. między Podkarpaciami a Małopolską oraz w województwie świętokrzyskim) co jest zjawiskiem dużo trudniejszym w interpretacji i wymaga dalszych badań, choć w przypadku np. województwa świętokrzyskiego może wynikać m.in. z jednych z najniższych w kraju kosztów biletów autobusowych (ryc. 11.13).

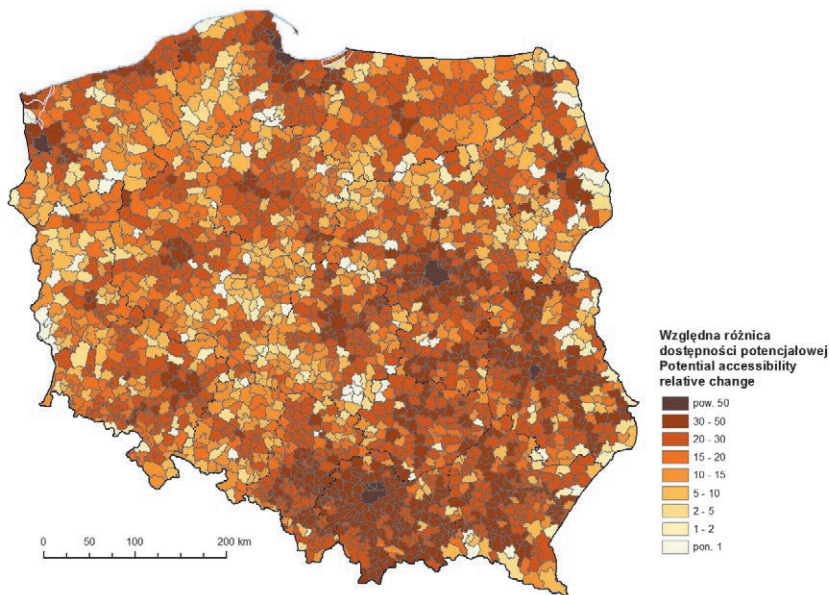
W podróżach długich różnice w dostępności kosztowej między transportem indywidualnym a multimodalnym są mniejsze niż analogiczne wskaźniki dotyczące czasu jako miary oporu przestrzeni. Potwierdza to, że pozaczasowe składniki kosztu uogólnionego w transporcie indywidualnym mają większe znaczenie niż w transporcie multimodalnym. W Gdańsku, Szczecinie,

Warszawie i Białymstoku poziom dostępności kosztowej w transporcie multimodalnym przekracza 54% poziomu dostępności w transporcie indywidualnym. Zaznacza się również Kraków i Lublin. Nie najgorzej jest również w części obszaru Polski południowo-wschodniej, konurbacji górnośląskiej oraz wybranych miast i części ich aglomeracji (Poznań, Wrocław, Toruń, Bydgoszcz, Olsztyn i Łódź). W Polsce południowo-wschodniej, wzdłuż linii kolejowych oraz na Pobrzeżu Bałtyku różnice między transportem indywidualnym a multimodalnym są znacznie niższe niż na innych obszarach kraju (ryc. 11.14).



Ryc. 11.13. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach biznesowych wysokodochodowych) / Autobus+kolej+samolot (czas). Wariant Autobus+kolej+samolot (czas) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

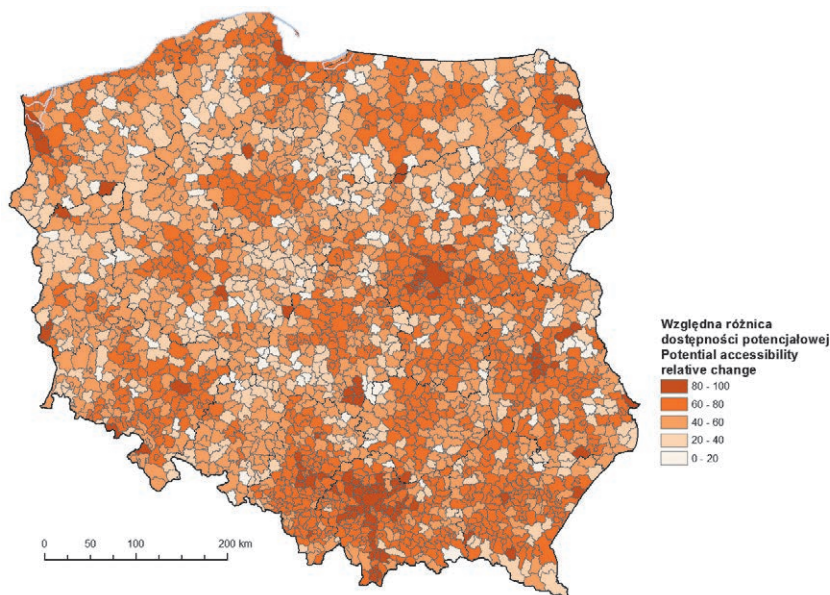
Fig. 11.13. Variations in accessibility. Bus+rail+air (cost of high income business trips) / Bus+rail+air (time). Variant – Bus+rail+air (time) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)



Ryc. 11.14. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach prywatnych) / Samochód (koszt w podróżach prywatnych). Wariant samochód (koszt w podróżach prywatnych) = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.14. Variations in accessibility. Bus+rail+air (cost of private trips) / Car (cost of private trips). Car variant (cost of private trips) = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

W literaturze przedmiotu wartość czasu oczekiwania na środek transportu jest często wyżej wyceniana niż wartość czasu spędzonego w środku transportu. Z tego względu podjęto się dodatkowej symulacji ukazującej wpływ dwukrotnego wydłużenia tzw. doby operacyjnej (z 12 godzin do 24 godzin), przy pozostałych czynnikach niezmiennych, co w konsekwencji daje dwukrotnie wyższy czas oczekiwania na środek transportu w dowolnym miejscu przesiadkowym. Symulacja została przeprowadzona dla podróży długich w transporcie multimodalnym, zarówno dla podróży prywatnych jak i biznesowych. Ze względu na fakt, iż skala obniżenia poziomu dostępności w obu przypadkach jest bardzo zbliżona zaprezentowano wyniki jedynie dla podróży biznesowych (ryc. 11.15).



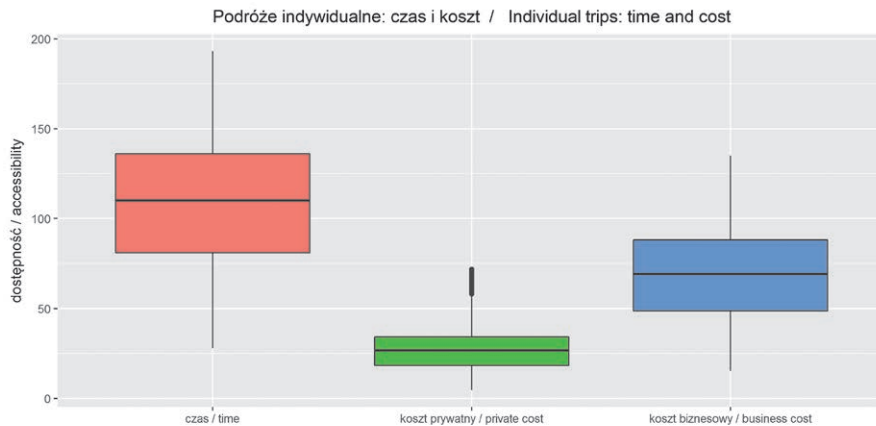
Ryc. 11.15. Różnice procentowe w dostępności. Efekt dwukrotnego wydłużenia czasu oczekiwania na środek transportu. Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach biznesowych) 24h / Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach biznesowych) 12h. Wariant autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach biznesowych) 12h = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 11.15. Percentage variations in accessibility. Effect of twofold increase of waiting time for a transport mode. Bus+rail+air (cost of high income business trips) 24h / Bus+rail+air (cost of high income business trips) 12h. Variant – Bus+rail+air (cost of high income business trips) 12h = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Spadek poziomu dostępności określony kolorem jasnym na ryc. 11.15 dotyczy przede wszystkim obszarów peryferii wewnętrznych na granicach województw. Z kolei niewielkie różnice w dostępności (kolor ciemny) paradoksalnie są obserwowalne zarówno w bardzo dostępnych miastach i aglomeracjach, jak i w tych gminach gdzie już przed symulacją okres oczekiwania na środek transportu był bardzo długi, lub też mieszkańcy potrzebowali kilku godzin by dotrzeć do najbliższej stacji/przystanku. W obu skrajnych przypadkach wydłużenie doby operacyjnej nie skutkuje dużymi zmianami, bo albo poziom dostępności i tak jest wysoki, a częstotliwość kursowania na tyle duża, że np. wydłużenie czasu oczekiwania z 4 do 8 minut nie zmienia w dużym stopniu wyników, albo, w drugim skrajnym przypadku – poziom dostępności jest tak niski, że wydłużenie doby operacyjnej i czasu oczekiwania na środek transportu np. z 5 do 10 godzin, do którego jeszcze trzeba dojść kilkadziesiąt lub nawet kilkaset minut również nie ma większego wpływu na i tak niski poziom dostępności (ryc. 11.15).

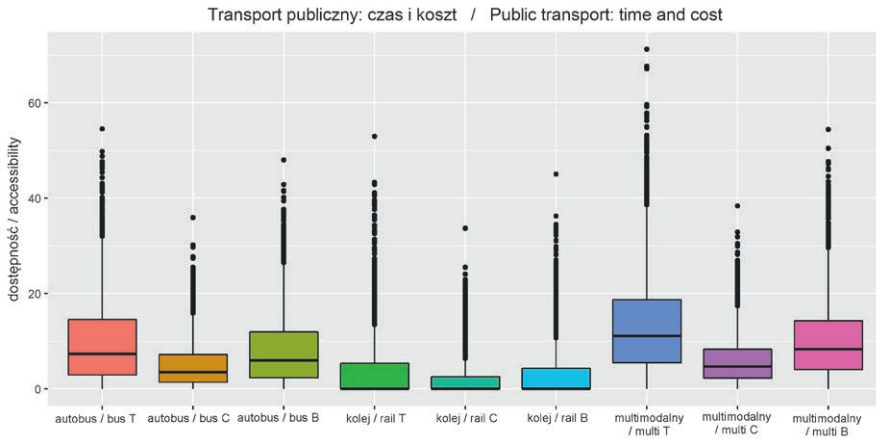
11.5. ZRÓŻNICOWANIE DOSTĘPNOŚCI - WSKAŹNIK DYSPERSJI PAD

W wyniku wykorzystania oryginalnego zabiegu tzw. „zminutyżowania kosztu” zaistniała możliwość wykonania analizy porównawczej poziomu i zróżnicowania dostępności między wariantami w podróżach długich dla różnej miary oporu przestrzeni, tj. dla czasu, kosztu w podróżach prywatnych oraz kosztu w podróżach biznesowych, zarówno w transporcie indywidualnym (ryc. 11.16 i 11.18), jak i publicznym (ryc. 11.17 i 11.18).



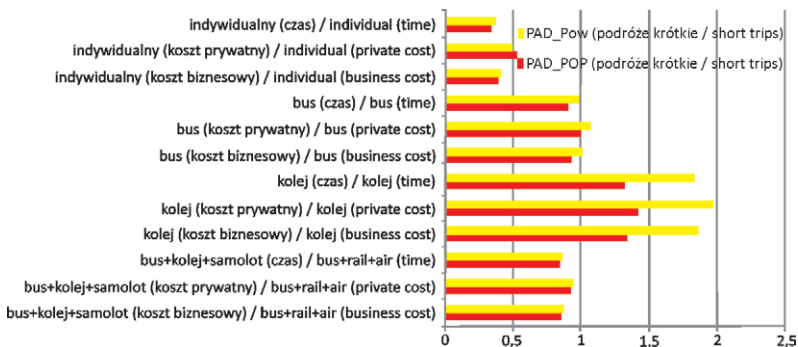
Ryc. 11.16. Poziom dostępności w podróżach długich w transporcie indywidualnym według miary oporu przestrzeni. Czas, koszt w podróżach prywatnych i koszt w podróżach służbowych); 2321 rejonów transportowych

Fig. 11.16. Accessibility level. Long trips. Individual transport. Time, private cost and business cost as a distance decay measure. 2321 transport nodes



Ryc. 11.17. Poziom dostępności w podróżach długich w transporcie publicznym według gałęzi transportu i miary oporu przestrzeni. Czas (T), koszt w podróżach prywatnych (C) i koszt w podróżach służbowych(B); 2321 rejonów transportowych
 Fig. 11.17. Accessibility level. Long trips. Public transport. Modal structure. Time (T), private cost (C) and business cost (B) as a distance decay measure. 2321 transport nodes

Różnica we wskaźnikach dyspersji między wariantami dla różnych miar oporu przestrzeni (czas, koszt w podróżach prywatnych i koszt w podróżach biznesowych) nie jest wysoka. W ujęciu procentowym różnica między czasem i kosztem jest widoczna bardziej w transporcie indywidualnym (relatywnie wysokie zróżnicowanie poziomu dostępności między czasem a kosztem prywatnym dla motoryzacji indywidualnej). W transporcie publicznym w zasadzie wybór miary oporu przestrzeni nie gra większej roli dla zróżnicowania poziomu dostępności (ryc. 11.18).



Ryc. 11.18. Porównanie poziomu Wskaźnika Dyspersji Dostępności ważonej powierzchnią (PAD_Pow) i liczbą ludności (PAD_POP) w podróżach krótkich
 Fig. 11.18. Comparison of Potential Accessibility Dispersion index weighted by population (PAD_Pow) and area (PAD_POP). Short trips

12. SYMULACJE ZMIAN DOSTĘPNOŚCI MULTIMODALNEJ – PRZYKŁAD KOLEI DUŻEJ PRĘDKOŚCI „Y”

12.1. OGÓLNE ZAŁOŻENIA SYMULACJI

Do symulacji zmian dostępności multimodalnej wybrano największy projekt w transporcie publicznym planowany do realizacji w Polsce, czyli linię Kolei Dużej Prędkości, tzw. „Y” łączący Warszawę z Łodzią, Wrocławiem i Poznaniem. Założono, mimo zawieszenia prac nad projektem w 2011 r., że docelowo będą funkcjonowały dwie trasy, każda z czterema przystankami na których będzie możliwość przesiadki:

1. Warszawa Zachodnia–Łódź Kaliska–Nowe Skalmierzyce–Wrocław Główny
2. Warszawa Zachodnia–Łódź Kaliska–Nowe Skalmierzyce–Poznań Główny

Wybór stacji został dokonany na podstawie jednego z najbardziej prawdopodobnych wariantów trasy z rozgałęzieniem i stacją w tunelu pod dworcem w Nowych Skalmierzycach oraz stacją w Łodzi Kaliskiej (w aktualnej wersji podkładu sieciowego wykorzystywanego w projekcie MULTIMODACC brakuje otwartego w grudniu 2016 r. dworca kolejowego Łódź Fabryczna a planowany tunel Kolei Dużej Prędkości miałby w Łodzi połączyć oba dworce). Zrezygnowano natomiast z trasy między Poznaniem a Wrocławiem.

Na każdej z tras w wariantcie podstawowym założono, że będzie kursowało 10 pociągów dużej prędkości w każdym kierunku w ciągu doby (jest to liczba porównywalna z aktualną częstotliwością kursowania pociągów Express InterCity Premium na trasach między Warszawą i Trójmiastem oraz Warszawą i Krakowem). Wykonano również symulację zmian dostępności w wyniku poprawy częstotliwości kursowania pociągów na obu trasach do 15 w ciągu doby oraz pogorszenia do 5 w ciągu doby. Dla poprawy do 15 składów wykonano również odpowiednie mapy zmian dostępności.

Założono, zgodnie z istniejącymi planami następujące czasy podróży między poszczególnymi stacjami: Warszawa Zachodnia–Poznań Główny – czas 1h35 minut; Warszawa Zachodnia–Wrocław Główny – czas 1h40 minut. Czasy cząstkowe między Warszawą, Łodzią, Nowymi Skalmierzycami, a Poznaniem i Wrocławiem zostały obliczone (podobnie jak w przypadku innych tras w modelu) na podstawie udziałów odległości fizycznych między stacjami w łącznej odległości dla całej trasy między początkiem (Warszawa Zachodnia) i końcem (dla pierwszej trasy – Wrocław Główny, dla drugiej – Poznań Główny).

Symulacje dostępności przeprowadzono dla podróży długich. Założono, że rola Kolei Dużej Prędkości w podróżach krótkich jest marginalna i z tego względu nie wykonywano oddzielnej symulacji dla tego typu podróży.

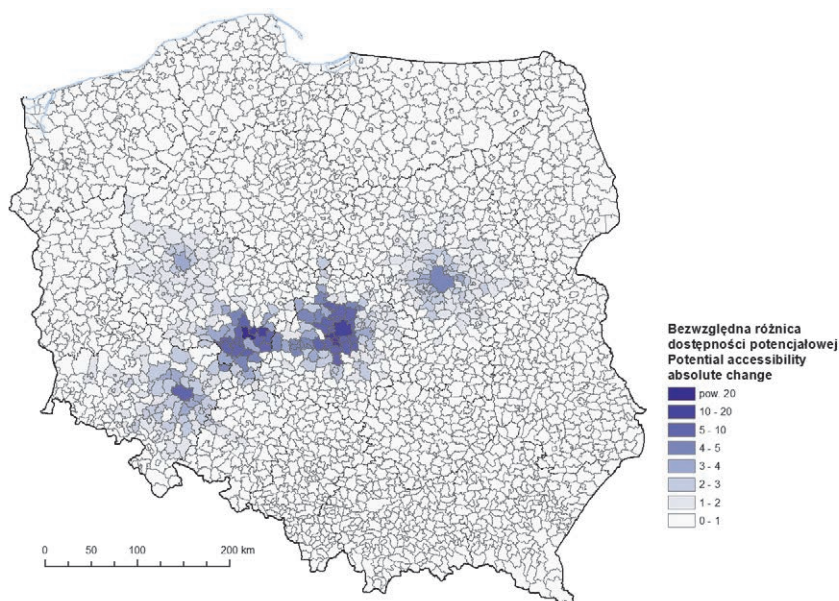
W ramach symulacji dla kosztu jako miary oporu przestrzeni przeprowadzono cztery symulacje dla linii „Y”. Założono, że koszt biletu na trasie Warszawa-Poznań i Warszawa-Wrocław jest wprost proporcjonalny do czasu trwania podróży i wynosi dla trasy Warszawa-Poznań 190,00 zł (wariant prawdopodobny) oraz 142,5 zł (wariant obniżony) oraz dla trasy Warszawa-Wrocław 200,00 (wariant prawdopodobny) zł oraz 150,00 zł (wariant obniżony). Dla każdego z wariantów (wariant prawdopodobny oraz obniżony) przeprowadzono dwie symulacje w zależności od dochodu podróżnego, dla osób podróżujących prywatnie (20 zł/h) oraz w podróżach służbowych wyso-kodochodowych (80 zł/h) (por. tab. 12.1).

Tabela 12.1. Stałe i zmienne w symulacjach efektu Kolei Dużej Prędkości dla czasu oraz kosztu podróży jako miar oporu przestrzeni

Miara oporu przestrzeni	Parametry			
			Trasa	
			Warszawa Zachodnia-Poznań Główny	Warszawa Zachodnia-Wrocław Główny
Czas podróży	stałe	Czas w środku transportu (min)	95	100
	zmiennie	Częstotliwość (liczba pociągów na dobę w każdym kierunku)	10	10
			15	15
			5	5
Koszt podróży	stałe	Długość doby operacyjnej (h)	12	12
		Częstotliwość (liczba pociągów na dobę w każdym kierunku)	10	10
	zmiennie	Koszt biletu (zł)	190,00	200,00
			142,50	150,00
		Dochód podróżnego (zł/h)	20,00	20,00
			80,00	80,00

12.2. SYMULACJE DLA ZMIAN CZĘSTOTLIWOŚCI KURSOWANIA POCIĄGÓW

Przy założeniu 10 składów pociągów na dobę w każdym kierunku dla każdej z dwóch wydzielonych tras projekt Kolei Dużej Prędkości skutkuje wzrostem dostępności w skali kraju o ok. 4,3% (z 11,66 do 12,16). W ujęciu bezwzględnym najwyższe wzrosty dostępności są obserwowane dla stacji oraz sąsiadujących miast położonych w centralnej Polsce. Zdecydowanie największym beneficjentem są Nowe Skalmierzyce, zyskują również mocno takie miasta jak Kalisz, Ostrów Wielkopolski lub Łódź). Co interesujące, dla samej Warszawy, Wrocławia i Poznania efekty w ujęciu bezwzględnym są ponad dwu- lub trzykrotnie niższe niż dla Ziemi Kaliskiej i Łódzkiej. Efekt poprawy dostępności jest mocno ograniczony do obszarów wokół uwzględnionych w symulacji pięciu stacji KDP (ryc. 12.1).

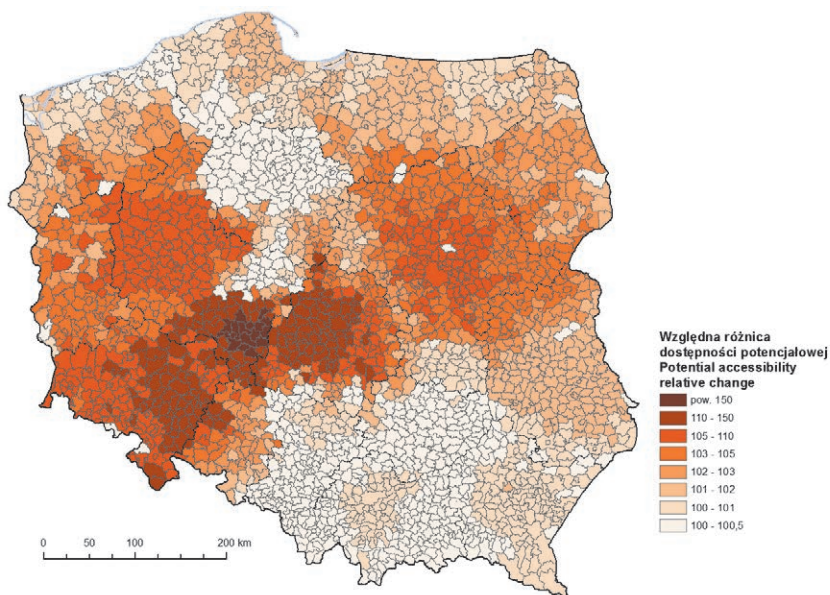


Ryc. 12.1. Różnice bezwzględne w dostępności. Efekt Kolei Dużej Prędkości „Y” dla 10 pociągów w ciągu doby dla każdej trasy. Autobus+kolej+samolot+KDP / Autobus+kolej+samolot

Fig. 12.1. Absolute variations in accessibility. Effect of high-speed rail „Y” supposing 10 trains per day for each route. Bus+rail+air+HSR / Bus+rail + air

W ujęciu procentowym efekt poprawy dostępności przypomina kształtem dwa wachlarze połączone w województwie łódzkim. Zasięg poprawy dostępności bardzo podobny jest do innych tego typu analiz prowadzonych dla odcinka autostrady A2 między Łodzią i Warszawą (por. Stępniaik, Rosik

2013a). Największym beneficjentem jest dla KDP ponownie Ziemia Kaliska (a przede wszystkim gmina Nowe Skalmierzyce, której dostępność dzięki inwestycji „Y” nagle rośnie tak znacząco, że poziom dostępności multimodalnej gminy przerasta dostępność Poznania), ale rozległe obszary o poprawie dostępności powyżej 10% można zaobserwować również w województwie łódzkim oraz we wschodniej części województwa dolnośląskiego. W mniejszym stopniu zyskuje pozostała część Wielkopolski oraz Mazowsze. Zasięg oddziaływania KDP jest jednak znacznie większy i dotyczy również Podlasia i województwa lubuskiego. Pomiedzy dwoma wachlarzami poprawy dostępności znajdują się obszary dla których KDP ma marginalne znaczenie. Jest to przede wszystkim Polska południowo-wschodnia oraz województwo śląskie, a także część województwa pomorskiego, kujawsko-pomorskie oraz, co interesujące, wschodnia część Wielkopolski, m.in. miasto Konin, gdzie już w tej chwili relatywnie szybkie połączenie kolejowe z Warszawą i Poznaniem skutkuje brakiem poprawy dostępności w tej relacji w wyniku ewentualnego otwarcia nowej linii kolei dużej prędkości (ryc. 12.2).

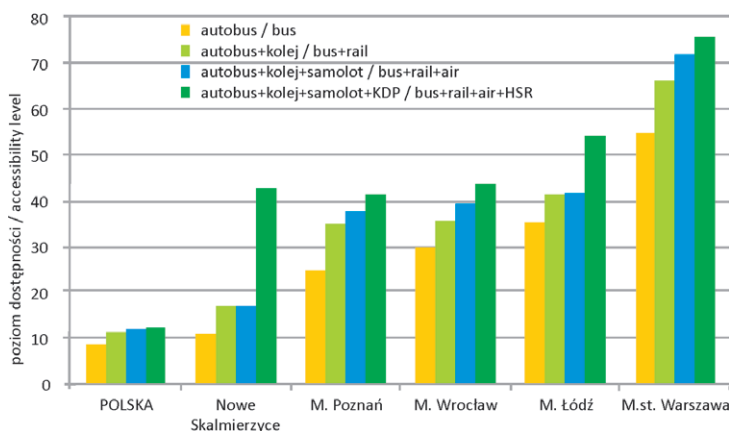


Ryc. 12.2. Różnice procentowe w dostępności. Efekt Kolei Dużej Prędkości „Y” dla 10 pociągów w ciągu doby dla każdej trasy. Autobus+kolej+samolot+KDP / Autobus+kolej+samolot

Fig. 12.2. Percentage variations in accessibility. Effect of high-speed rail „Y” supposing 10 trains per day for each route. Bus+rail+air+HSR / Bus+rail+air

Dodatkową symulację przeprowadzono dla zmian częstotliwości kursowania pociągów na trasach linii „Y” w dwóch wariantach, tj. zmniejszenia częstotliwości do 5 pociągów na dobę oraz podwyższenia częstotliwości

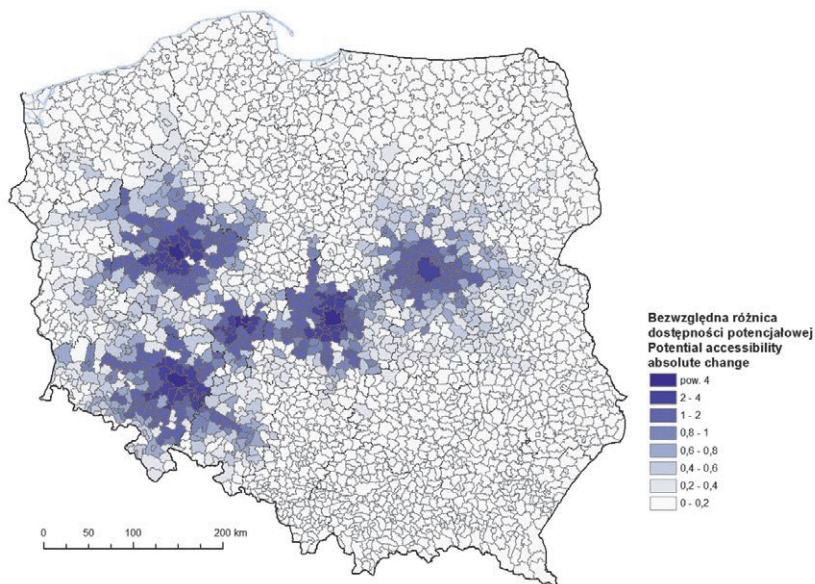
do 15 pociągów na dobę. W następstwie podwyższenia liczby składów z 10 do 15 pociągów w ciągu doby na linii „Y” średnia dostępność multimodalna w Polsce wzrasta o 2,52% (z 12,16 do 12,46). Wzrost ten jest jednak zdecydowanie nierównomierny, co przede wszystkim widać w ujęciu bezwzględnym. Najwyższa poprawa dostępności jest ponownie widoczna w Nowych Skalmierzycach, Łodzi, Poznaniu, Wrocławiu i Kaliszu. Dwukrotnie niższa poprawa dostępności obserwowalna jest w Warszawie, aglomeracji warszawskiej oraz wzdłuż linii kolejowych rozchodzących się koncentrycznie z wyżej wymienionych miast wojewódzkich. Daleki zasięg oddziaływania inwestycji dotyczy przede wszystkim Dolnego Śląska, Opola oraz północnej Wielkopolski (ryc. 12.4).



Ryc. 12.3. Różnice w poziomie dostępności między poszczególnymi wariantami analizy dla wybranych gmin

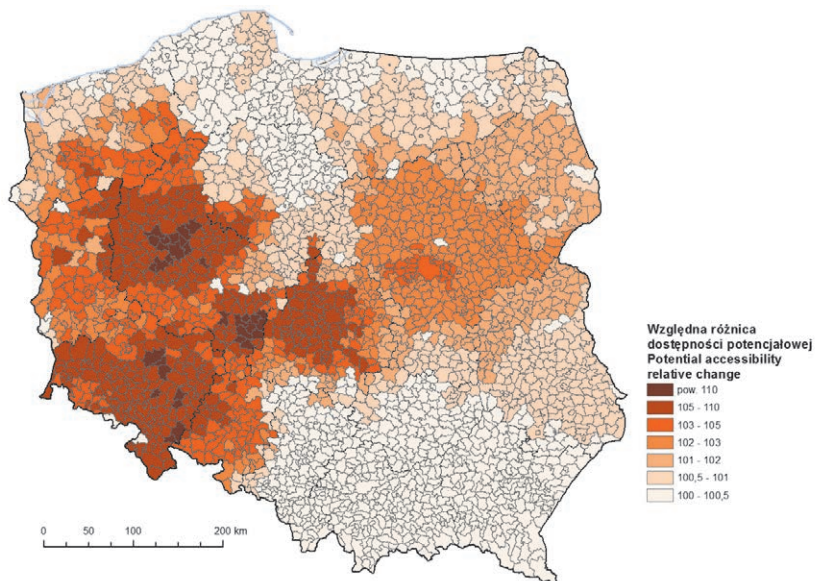
Fig. 12.3. Variations in the level of accessibility between particular variants of analysis concerning selected municipalities

W ujęciu procentowym można uchwycić większe „wachlarze” poprawy dostępności sięgające peryferii zewnętrznych kraju, przede wszystkim w kierunku zachodniej granicy. Efekt oddziaływania zwiększenia częstotliwości pociągów na linii „Y” jest widoczny również, choć w mniejszym stopniu na Podlasiu i na północy województwa lubelskiego, gdzie mieszkańcy korzystają z przesiadki w Warszawie, w celu dotarcia Koleją Dużej Prędkości do Poznania, Łodzi lub Wrocławia. Co interesujące – Poznań i Wrocław w ujęciu procentowym zyskują znacznie bardziej niż Warszawa. Uwidaczniają się również ponownie obszary położone wzdłuż linii kolejowej nr 3 na odcinku w zachodniej Wielkopolsce, gdzie mieszkańcy ze względu na dogodny i istniejący niezależnie od „Y” połączenie kolejowe z Poznaniem i Warszawą nie mają większej potrzeby korzystania z inwestycji. Zapewne sytuacja inaczej wyglądałaby gdyby dodać np. nowe połączenia autobusowe między Koninem



Ryc. 12.4. Różnice bezwzględne w dostępności. Efekt wzrostu częstotliwości kursowania pociągów KDP z 10 na 15 w ciągu doby

Fig. 12.4. Absolute variations in accessibility. Effect of increase in frequency of HSR services from 10 to 15 per day

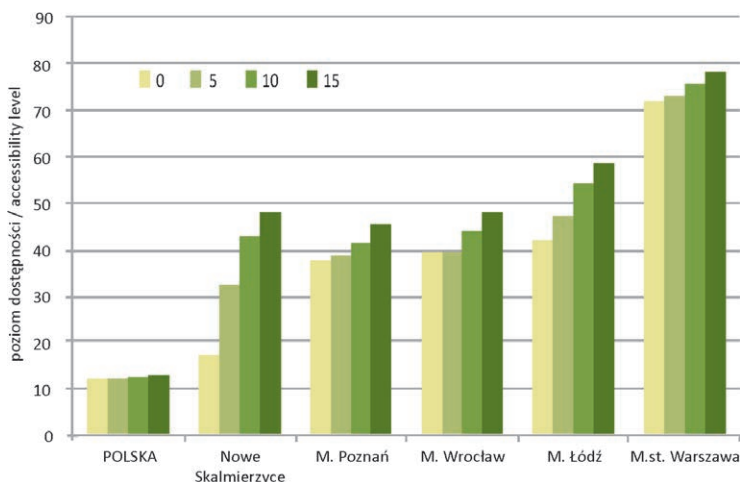


Ryc. 12.5. Różnice procentowe w dostępności. Efekt wzrostu częstotliwości kursowania pociągów KDP z 10 na 15 w ciągu doby (wariant 10 pociągów KDP = 100%)

Fig. 12.5. Percentage variations in accessibility. Effect of increase in frequency of HSR services from 10 to 15 per day (variant – 10 HSR trains = 100%)

a Nowymi Skalmierzycami, względnie zrezygnować z szybkich połączeń dotychczasową trasą między Poznaniem a Warszawą. Należy jednak nadmienić, że wszystkie symulacje w tym rozdziale wykonywane są przy założeniu *ceteris paribus* i jedyną analizowaną zmianą jest inwestycja Kolei Dużej Prędkości (ryc. 12.5).

Z kolei obniżenie częstotliwości pociągów do 5 na dobę znacząco obniża dostępność Nowych Skalmierzyc, ale również i Łodzi. W przypadku innych miast straty nie są już tak spektakularne, np. dla Poznania większa różnica procentowa w dostępności jest między wzrostem z 10 na 15 niż między 5 a 10. Natomiast wprowadzenie 5 składów na dobę w zasadzie mijają się z celem i zmiany dostępności zarówno w skali kraju jak i poszczególnych miast (z wyjątkiem Nowych Skalmierzyc i Łodzi) są prawie niewidoczne (ryc. 12.6).



Ryc. 12.6. Różnice w poziomie dostępności. Efekt zmian częstotliwości kursowania pociągów KDP (0, 5, 10, 15 w ciągu doby) dla wybranych gmin

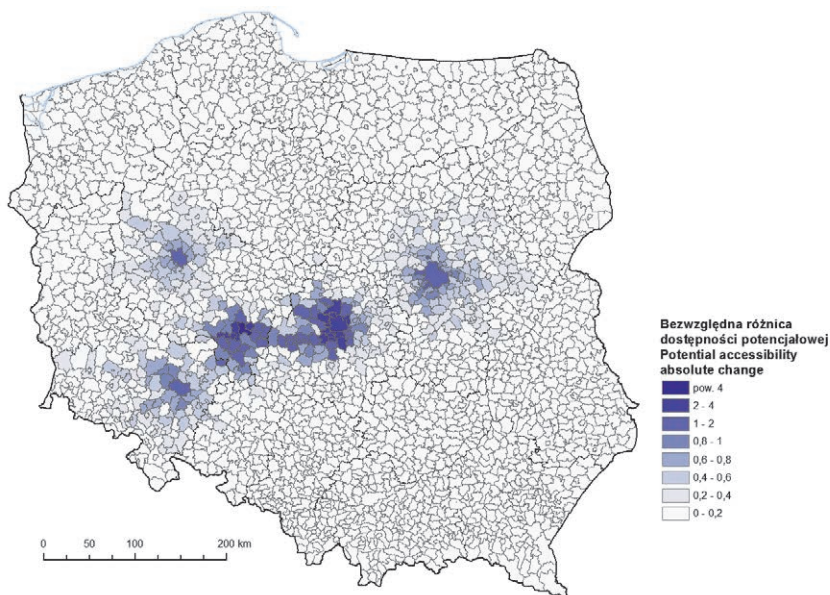
Fig. 12.6. Absolute variations in accessibility. Effect of variations in frequency of HSR services (0, 5, 10, 15 per day) concerning selected municipalities

12.3. SYMULACJE DLA ZMIAN KOSZTÓW BILETÓW I DOCHODU PODRÓŻNEGO

Podstawowym wnioskiem z przeprowadzonych symulacji poprawy dostępności kosztowej w wyniku oddania do użytku dwóch tras Kolei Dużej Prędkości jest to, że dla podróży prywatnych poprawa dostępności jest marginalna. Ze względu na relatywnie wysoki planowany koszt biletów linia dużej prędkości znacząco poprawia dostępność jedynie dla podróżnych

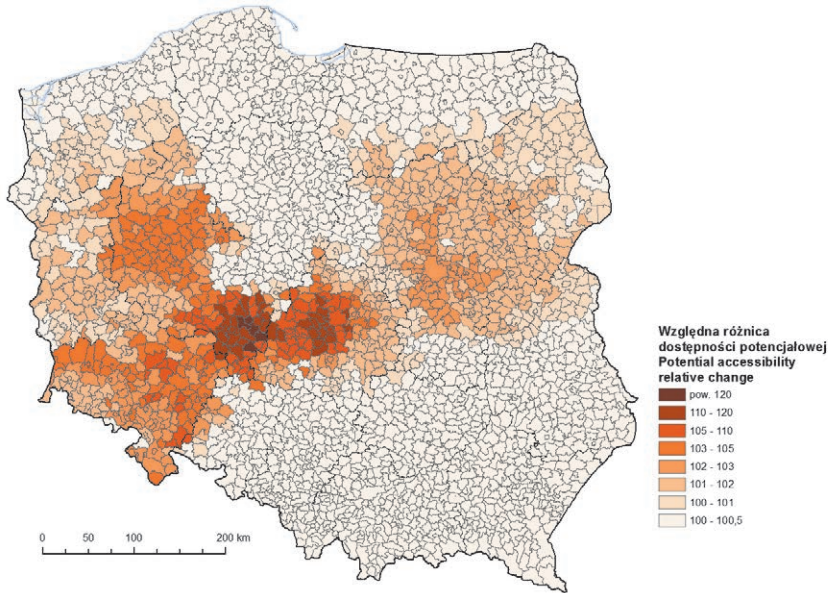
biznesowych wysokodochodowych. Z tego względu wszystkie prezentowane symulacje w niniejszym podrozdziale dotyczą właśnie tej grupy podróżnych.

Poprawa dostępności w ujęciu bezwzględny powyżej 3 jednostek ogranicza się jedynie do gminy Nowe Skalmierzyce, Kalisza, gminy Ksawerów oraz Łodzi. W przypadku Poznania, Wrocławia i Warszawy zmiany są już mniejsze i ograniczone przestrzennie w obrębie aglomeracji (ryc. 12.7).



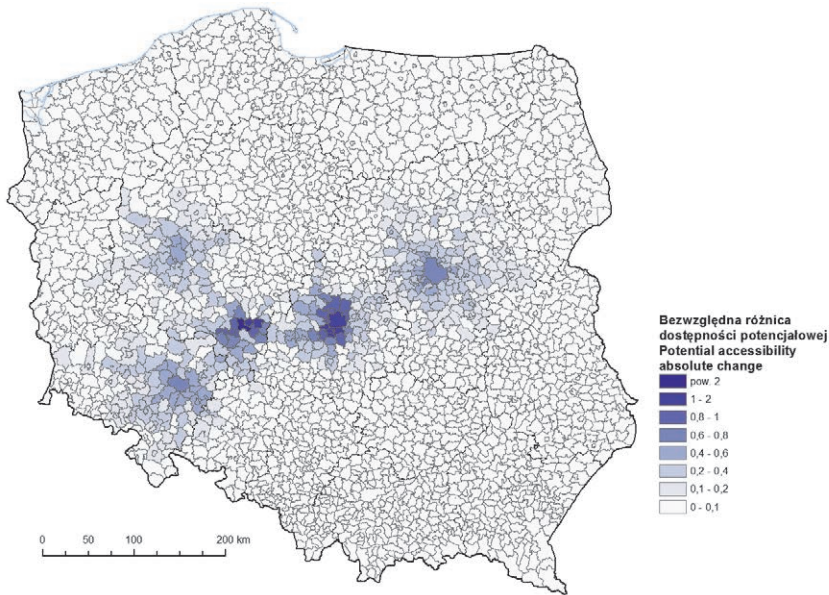
Ryc. 12.7. Różnice bezwzględne w dostępności. Efekt Kolei Dużej Prędkości „Y” dla 10 pociągów w ciągu doby dla każdej trasy. Autobus+kolej+samolot+KDP (koszt w podróżach prywatnych) / Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach prywatnych)
Fig. 12.7. Absolute variations in accessibility. Effect of high-speed rail “Y” supposing 10 trains per day for each route. Bus+rail+air+HSR (cost of private trips) / Bus+rail+air (cost of private trips)

Zasięg przestrzenny efektów poprawy dostępności kosztowej w ujęciu relatywnym jest bardzo podobny do analogicznych map prezentowanych dla dostępności czasowej, z tą różnicą, że zasięg ten nie jest tak rozległy przestrzennie. Zarówno dla dostępności czasowej jak i kosztowej widoczne są dwa wachlarze, ale gdy miarą oporu przestrzeni jest koszt, wachlarze te nie sięgają aż do granic Polski (poza wyjątkowym przypadkiem zachodniej części Dolnego Śląska). Największym beneficjentem jest Ziemia Kaliska, a przede wszystkim Nowe Skalmierzyce (ponad 61% wzrost dostępności). Dla Łodzi, Poznania i Wrocławia zmiany te są już znacznie niższe, a dla Warszawy wynoszą jedynie nieco ponad 2,5% (ryc. 12.8).



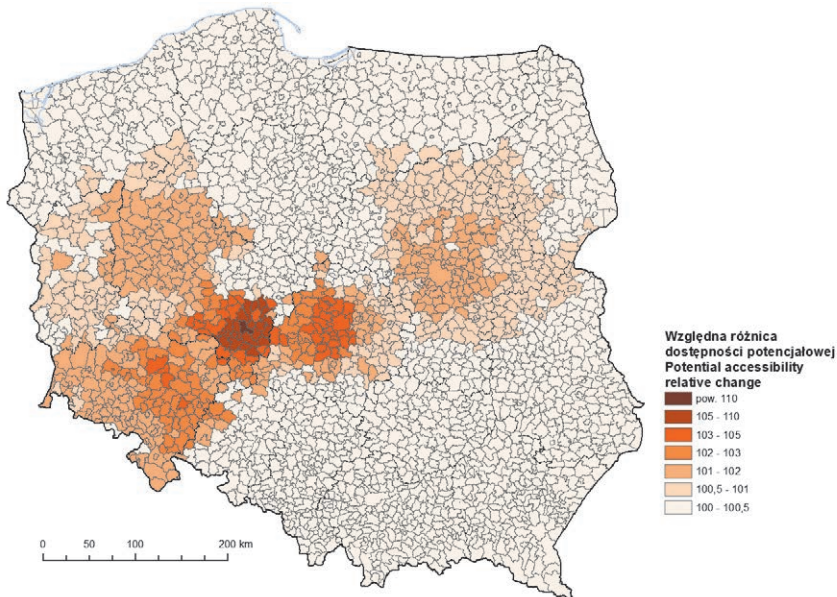
Ryc. 12.8. Różnice procentowe w dostępności. Efekt Kolei Dużej Prędkości „Y” dla 10 pociągów w ciągu doby dla każdej trasy. Autobus+kolej+samolot+KDP (koszt w podróżach prywatnych) / Autobus+kolej+samolot (koszt w podróżach prywatnych)
 Fig. 12.8. Percentage variations in accessibility. Effect of high-speed rail “Y” supposing 10 trains per day for each route. Bus+rail+air+HSR (cost of private trips) / Bus+rail+air (cost of private trips)

Obniżenie cen biletów dla każdej z dwóch symulowanych tras o jedną czwartą daje istotne skutki w zakresie poprawy dostępności w której miarą oporu przestrzeni jest koszt uogólniony. Poprawa dostępności ma jednak zdecydowanie punktowy charakter i jest ograniczona do obszarów położonych wokół pięciu wyróżnionych stacji. Największym beneficjentem obniżki cen biletów są Nowe Skalmierzyce, a w dalszej kolejności Kalisz oraz Łódź (ryc. 12.9).



Ryc. 12.9. Różnice bezwzględne w dostępności. Efekt spadku cen biletów pociągów KDP o $\frac{1}{4}$ ceny wyjściowej w podróżach biznesowych

Fig. 12.9. Absolute variations in accessibility. Effect of decrease in fare prices for HSR services by $\frac{1}{4}$ in relation to the initial price in high income business trips



Ryc. 12.10. Różnice procentowe w dostępności. Efekt spadku cen biletów pociągów KDP o $\frac{1}{4}$ ceny wyjściowej w podróżach biznesowych

Fig. 12.10. Percentage variations in accessibility. Effect of decrease in HSR fare prices by $\frac{1}{4}$ in relation to the initial price in high income business trips

W ujęciu procentowym zasięg oddziaływania obniżenia cen biletów obejmuje całą Ziemię Kaliską (poprawa rzędu ok. 10%). Zmiany są widoczne również (podobnie jak przy poprzedniej symulacji dotyczącej ogólnego wpływu KDP na zmiany dostępności) przede wszystkim na Dolnym Śląsku (tu działa efekt niskiej bazy dostępności), w aglomeracji łódzkiej, centralnej Wielkopolsce oraz aglomeracji warszawskiej.

Podsumowując, największym beneficjentem dwóch tras wchodzących w skład linii kolei dużej prędkości „Y” są Nowe Skalmierzyce i szerzej – Ziemia Kaliska. W dalszej kolejności korzystają obszary położone wokół stacji kolejowych w Łodzi, Poznaniu, Wrocławiu i Warszawie. Polska zachodnia korzysta w większym stopniu niż wschodnia, a najmniejsza poprawa dostępności dotyczy terenów położonych poza dwoma wachlarzami poprawy dostępności, tj. Polski południowo-wschodniej oraz województw kujawsko-pomorskiego i pomorskiego. Ze względu na relatywnie wysoki planowany koszt biletów poprawa dostępności, gdy miarą oporu przestrzeni jest koszt, jest zdecydowanie niższa niż w przypadku, gdy miarą tą jest czas (i występuje jedynie dla podróży biznesowych wysokodochodowych, w podróży prywatnych przewaga kosztowa KDP w zasadzie nie istnieje). Zróżnicowanie przestrzenne zmian dla dostępności czasowej i kosztowej jest jednak bardzo podobne, tj. ograniczone przy prezentacji zmian bezwzględnych do terenów wokół stacji kolejowych i rozszerzone o obszary peryferyjne w sensie krajowym – przy zmianach procentowych.

13. PODSUMOWANIE – WNIOSKI

Niniejsza monografia stanowi główny produkt projektu MULTIMODACC. Zespół projektowy zrealizował wszystkie zakładane **cele badawcze**, dzięki czemu zaistniała możliwość, po raz pierwszy w polskiej literaturze przedmiotu, przedstawienia wyników dostępności w podziale na **gałęzie transportu** (dostępność w transporcie indywidualnym, autobusowa, kolejowa, lotnicza, multimodalna), w zależności od kształtowania się **funkcji oporu przestrzeni** i spadku atrakcyjności celu podróży (dostępność w podróżach krótkich i długich), w zależności od **miary oporu przestrzeni** (czas lub koszt uogólniony jako miara oporu przestrzeni) oraz **dochodu podróżnego** (dostępność w podróżach prywatnych i biznesowych wysokodochodowych). Wykorzystany w niniejszej pracy oryginalny zabieg w postaci „zminutyżowania” kosztu podróży umożliwił porównanie poziomów dostępności nie tylko między gałęziami transportu, ale również między dostępnością obliczoną z wykorzystaniem czasu i kosztu jako miary oporu przestrzeni, w tym między użytkownikami dysponującymi różnym poziomem dochodu. Zgromadzony w toku prac projektowych materiał statystyczny pozwala również na wykonanie dodatkowych symulacji m.in. rozróżniając dostępność w dniach roboczych oraz podczas weekendów.

Kluczową wartością dodaną jest **program komputerowy OGAM. Multimodal** umożliwiający wykonywanie symulacji poziomu i zmian dostępności z uwzględnieniem czasu i kosztu podróży w środku transportu, czasu i kosztu oczekiwania na środek transportu, możliwości przesiadek między środkami transportu, a także, co istotne, częstotliwości kursowania środków transportu na dowolnej z kilku tysięcy wyróżnionych tras. Po raz pierwszy w Polsce, a być może również tego typu rozwiązanie jest innowacyjne w literaturze światowej, zaistniała możliwość analizy zmian dostępności potencjalowej w ujęciu wielokryterialnym, gdzie zmiennymi mającymi wpływ na dostępność są m.in. koszty biletów, paliwa, częstotliwość kursowania pociągów, wartość czasu oczekiwania, długość podróży lub założenie podróży jedną, dwoma lub trzema środkami transportu.

Poszczególne rozdziały monografii przynoszą interesujące wnioski zarówno w kontekście poznawczym, aplikacyjnym, jak i metodycznym. We **wstępie** pracy przedstawiono najważniejsze pojęcia związane z multimodalnością. Wskazano na różnice definicyjne między multi- i intermodalnością. W monografii **multimodalność** rozumiana jest dość szeroko jako możliwość korzystania w podróży z alternatywnych środków transportu. Przedstawiono również definicję transportu publicznego ze szczególnym uwzględnieniem

terminów kluczowych dla pracy i ich definicji ustawowych. Projekt, którego głównym wynikiem jest niniejsza monografia jest pierwszą w Polsce próbą ukazania wpływu na dostępność multimodalną wszystkich tras kolejowych oraz krajowych połączeń lotniczych, a także, w transporcie autobusowym, linii komunikacyjnych przekraczających granice powiatu uzyskanych od 16 marszałków poszczególnych województw. **Zakres czasowy** projektu objął głównie lata 2015–2016, choć niektóre dane dotyczące tras w transporcie autobusowym były zbierane już w 2014 r. Dla tego okresu zgromadzono informacje o wszystkich trasach autobusowych, kolejowych oraz lotniczych w kontekście czasu podróży, kosztu podróży (ceny biletów) oraz częstotliwości kursowania w dni robocze oraz weekendy. Dodatkowo zebrano również informacje o kosztach paliwa, opłatach autostradowych oraz czasach podróży w transporcie indywidualnym. W projekcie stworzono **pełne macierze czasów i kosztów** podróży w ujęciu uni- i multimodalnym na poziomie gminnym w Polsce (macierz 2321 rejonów transportowych). Według wiedzy autorów jest to pierwsza tego typu próba w Polsce na tak szczegółowym poziomie agregacji danych. Do wprowadzania danych służyła opisana we wstępie pracy dedykowana projektowi **aplikacja „Trasowanie”** służąca wprowadzeniu informacji o nazwie przewoźnika, liczbie połączeń, czasu jazdy oraz liczbie przystanków. W ten sposób dodatkowym efektem projektu jest po raz pierwszy w Polsce zgromadzenie bogatej informacji o wielu aspektach funkcjonowania transportu publicznego w Polsce, która to baza może w przyszłości zostać wykorzystana do wielu innych analiz, nie tylko z zakresu dostępności przestrzennej. We wstępie pracy przedstawiono również krótko informacje dotyczące technicznych aspektów podłączania i łączenia rejonów transportowych, przystanków oraz stacji za pomocą **konektorów**.

W **rozdziale drugim** przedstawiono kwestie związane z definicją dostępności, wymiarami, atrybutami, komponentami i uwarunkowaniami dostępności, a także zbiorem metod badawczych, ze szczególnym uwzględnieniem dostępności potencjałowej i spersonalizowanej. W niniejszej monografii wykorzystywano **model potencjału** z elementami dostępności spersonalizowanej poprzez wyróżnienie paru typów podróźnych w zależności od wyceny przez nich wartości czasu podróży. Z punktu widzenia celów projektu MULTIMODACC uznano, że kluczowe są **trzy wymiary dostępności**, które różnicują wyniki poszczególnych symulacji dostępności i są niejako „walcami gry w dostępność”. Tym samym model ma charakter **jednorękiego bandyty o trzech walcach**. Są to: **gałąź transportu** (indywidualny, autobusowy, kolejowy, lotniczy i multimodalny), **miara oporu przestrzeni** (czas i koszt uogólniony) oraz **forma oporu przestrzeni** (podróże krótkie i długie). W modelu komponent czasowy jest uwzględniony poprzez częstotliwość kursowania środków transportu. Brak rozkładów jazdy skutkuje jednak równocześnie brakiem rozróżnienia pory dnia, tygodnia lub roku i założeniem,

że częstotliwość kursowania jest jednakowa dla całej tzw. doby operacyjnej. Wzięto pod uwagę zróżnicowanie jakości sieci transportu publicznego ze szczególnym uwzględnieniem częstotliwości kursowania, możliwości wykonywania podróży bez przesiadki, wysokości ceny (koszty biletów, wartość czasu podróży itd.), a także bliskości/dostępności źródła i celu podróży do najbliższej stacji/przystanku i jej/jego charakteru/węzłowości. W zakresie kosztu uogólnionego podróży, poza kosztami biletów została uwzględniona również wartość czasu podróży, a także koszty paliwa oraz opłaty autostradowe. Motywacja podróży i dochód podróżnych został uwzględniony jako czynnik mający wpływ na wycenę czasu podróży (podział na podróże prywatne i służbowe wysokodochodowe). Resumując, model bazuje na modelu potencjału z pewnymi elementami personalizacji wyrażonej zarówno **komponentem czasowym** (moment podróży w ramach tzw. doby operacyjnej), jak i **komponentem indywidualnym** (wartość czasu podróży i długość podróży). W dalszej kolejności w rozdziale drugim wskazano na trzy możliwe podejścia do dostępności multimodalnej: **integracja wskaźników unimodalnych** (wykorzystywana we wcześniejszych pracach zespołu autorskiego, m.in. nad wskaźnikiem WMDT), **wskaźnik multimodalny** (z którego zrezygnowano, ze względu na fakt iż zarówno oparty na najszybszej ścieżce, jak i kompozytowy wskaźnik multimodalny nie uwzględniają różnic w częstotliwości połączeń pomiędzy gałęziami transportu) oraz wykorzystany w projekcie MULTIMODACC **wskaźnik intermodalny** polegający na obliczaniu najkrótszych ścieżek podróży dla intermodalnego kosztu uogólnionego przy uwzględnieniu czasu, kosztu i niewygody związanych z przesiadkami. Na zakończenie rozdziału drugiego dokonano przeglądu badań poświęconych dostępności multimodalnej w podziale na literaturę krajową i zagraniczną.

Rozdział trzeci został poświęcony aspektom **kosztu uogólnionego i wartości czasu**. Na wstępie przedstawiono miary oporu przestrzeni i ich składowe w podziale na motoryzację indywidualną i transport publiczny (czas, koszt i wysiłek dojścia/odejścia, w środku transportu oraz przesiadki). W dalszej kolejności scharakteryzowano kluczowe czynniki decydujące o wycenie wartości czasu podróży, takie jak gałąź transportu i motywacja podróży, czasy dojścia/odejścia oraz przesiadki oraz dochód podróżnego. Rozdział kończy się przeglądem literatury oraz wnioskami dotyczącymi wyceny czasu podróży w Polsce. Wskazano, że wartość czasu podróży samochodem i pociągiem jest do siebie zbliżona i znacznie niższa od wyceny wartości czasu podróży samolotem. W podróżach prywatnych wycena jest ponad dwukrotnie niższa niż w podróżach służbowych. Wnioski wynikające z literatury przedmiotu nie są do końca tożsame z przyjętymi w modelu założeniami, niemniej rozdział trzeci ma na celu porównanie różnych podejść badawczych w kontekście wyceny czasu podróży w transporcie publicznym.

W **rozdziale czwartym** przeprowadzono analizę organizacji przewozów i sieci połączeń autobusowych w Polsce. W 2015 roku przewozy pasażerów publicznym transportem autobusowym międzymiastowym (w komunikacji regularnej) prowadziło ponad 1,5 tys. przewoźników, obsługujących ponad 8 tys. linii (zezwoleń), a **wielkość przewozów** wyniosła nieco ponad 416 milionów pasażerów, co jednocześnie oznaczało spadek przewozów: w latach 2008–2015 o ponad 37%, skorelowany z porównywalnym spadkiem długości tras komunikacji regularnej zwłaszcza o charakterze miejskim i regionalnym i aż pięciokrotny w porównaniu do roku 1989. Istotnymi czynnikami wpływającymi na spadek przewozów pasażerskich był wzrost motoryzacji indywidualnej połączony z rozwojem systemu drogowego, zmiany demograficzne a także niespójne oraz nadmiernie zmieniające się reguły i zasady organizacji publicznego transportu zbiorowego w Polsce. Wskazano, że **organizacja przewozów i sieć połączeń autobusowych** w Polsce podlegają od 1989 roku głębokim przemianom. Z jednej strony zwiększa się liczba przewoźników, a z drugiej maleje liczba i długość obsługiwanych tras. Przy braku integracji transportu oznacza to ogólne pogorszenie dostępności za pomocą transportu autobusowego, przy czym proces ten zachodzi różnie w zależności od regionu Polski, a także cechuje się odmiennym przebiegiem w obszarach metropolitalnych i peryferyjnych. Te różnice przekładają się na narastanie **polaryzacji** z poprawiającą się dostępnością i coraz lepszą siecią połączeń autobusowych w strefach metropolitalnych i jej erozją w obszarach peryferyjnych, gdzie następuje spadek liczby połączeń a także ich częstotliwości. Podobne zróżnicowanie dostrzegalne jest także w układach lokalnych, gdzie dostępność małych miejscowości jest zazwyczaj gorsza niż dużych, pełniących np. funkcje administracyjne. Oznacza to, że dostępność miejscowości gminnej najczęściej nie przekłada się na dostępność dla wszystkich mieszkańców gminy. Dobrą dostępnością transportu publicznego cechują się gminy położone w sąsiedztwie 65 największych miast (powiatów grodzkich), które organizują komunikację miejską także na ich terytorium, uruchamiając w tym celu linie podmiejskie. W ujęciu regionalnym – poprawa przejawiająca się gęstsza siecią połączeń i większą częstotliwością kursów obserwowana jest wokół Warszawy, która jest największym węzłem komunikacji publicznej w Polsce oraz w województwach polski południowo-wschodniej (województwa małopolskie, podkarpackie, świętokrzyskie i lubelskie), co ma związek z wysoką gęstością zaludnienia, tradycjami dojazdów do pracy i wysoką przedsiębiorczością w branży transportowej. Największa **erozja połączeń autobusowych** cechuje te regiony, gdzie jest niska gęstość zaludnienia, rzadka sieć osadnicza i w efekcie słaby rozproszony popyt jak na przykład w województwach zachodniopomorskim, lubuskim, warmińsko-mazurskim.

W **rozdziale piątym** przedstawiono genezę obecnego stanu organizacji przewozów kolejowych w Polsce, nawiązując do problemu regresu sieci kolejowej oraz procesu restrukturyzacji przedsiębiorstwa państwowego PKP i wydzieleniu się odrębnych spółek przewozowych. Scharakteryzowano zasięgi przestrzenne sieci połączeń dostępnych w rozkładzie jazdy 2015/2016, z podziałem na przewoźników i kategorie pociągów, w podsięciach: międzywojewódzkiej ekspresowej, międzywojewódzkiej pośpiesznej oraz regionalnej. Podsięci międzywojewódzkie wykazują większą spójność przestrzenną, przy jednocześnie mniejszej dostępności na poziomie gminnym. Liderem w przewozach międzywojewódzkich jest spółka PKP Intercity oferująca cztery kategorie pociągów o zróżnicowanym standardzie. Zasięg przestrzenny najszybszych połączeń w kategorii EIP („Pendolino”) i EIC obejmuje główne miasta w ramach centralnego heksagonu oraz kilka ośrodków niższego rzędu (m.in. Szczecin, Kołobrzeg, Bydgoszcz, Jelenia Góra, Bielsko-Biała, Rzeszów), z pominięciem Polski północno-wschodniej. Kategorie IC oraz TLK należą do segmentu ekonomicznego i charakteryzują się większą dostępnością na obszarze całego kraju. Podsieć regionalna obejmuje swym zasięgiem znacznie większą liczbę gmin aniżeli międzywojewódzka. Zauważalne są jednak nieciągłości sieci w rejonie granic niektórych województw, co wynika z modelu finansowania przewozów przez poszczególne samorządy wojewódzkie. Do podsięci regionalnej należy ponad 90% ogółu połączeń, obsługiwane przez jedenastu przewoźników. Wiodącą rolę odgrywa spółka Przewozy Regionalne z prawie 40% udziałem w ramach samej podsięci. Na drugim miejscu są Koleje Mazowieckie z udziałem ok. 18%. Obszary aglomeracyjne cechuje największe natężenie przewozów pasażerskich oraz znaczne zróżnicowanie średniej liczby kursów pomiędzy dniami roboczymi i weekendami, co dotyczy w szczególności podsięci regionalnej obsługującej m.in. dojazdy do pracy.

Rozdział szósty jest relatywnie najkrótszym rozdziałem całej pracy ze względu na fakt, że krajowe połączenia lotnicze to jedynie ok. 3,6 mln pasażerów 2016 r. (mniej niż 1% przewozów w transporcie autobusowym), a zatem udział transportu lotniczego w krajowych przewozach pasażerskich jest jak dotąd marginalny. Opisano sytuację zarówno w zakresie organizacji przewozów transportem lotniczym jak i scharakteryzowano siatkę funkcjonujących w marcu 2016 r. połączeń lotniczych.

Rozdział siódmy stanowi empiryczną weryfikację pozaczasowych składowych kosztu w transporcie indywidualnym i publicznym w Polsce, przede wszystkim w kontekście cen biletów, ale również **kosztu paliwa i opłat autostradowych**. Rozdział rozpoczyna się od części poświęconej transportowi indywidualnemu. Wskazano na podział na koszty stałe i zmienne koncentrując się na tych drugich, tj. kosztach paliwa oraz opłatach autostradowych na odcinkach płatnych w Polsce. W dalszej kolejności opisano dosyć szczegółowo sytuację w zakresie kosztów biletów w transporcie autobusowym, w tym

ceny biletów w połączeniach dalekobieżnych (dla 91 tras), połączeniach zwykłych międzypowiatowych (dla 94 tras) oraz połączeniach podmiejskich (dla 66 miast na prawach powiatu). Czynnikiem utrudniającym stworzenie uogólnionego **kosztu podróży dla transportu autobusowego** były liczba przewoźników (ponad 8 tys.) oraz stosowanie przez nich różnych taryf, niekiedy nieodległościowych. Dodatkowym problemem jest brak integracji taryfowej nie tylko pomiędzy przewoźnikami, ale często nawet pomiędzy trasami jednego przewoźnika. **Średnia cena biletu** (w komunikacji dalekobieżnej, na 1 km trasy) wynosiła 0,24 zł. Cena biletu (na 1 km) w autobusowych kursach dalekobieżnych maleje wraz z odległością i przykładowo za odcinek 50 km wynosi już 0,31 zł/km. Podróże autobusowe w połączeniach dalekobieżnych były (w przeliczeniu na kilometr) tańsze niż odbywane najwyższej klasy połączeniami kolejowymi (np. EIP), ale nieznacznie droższe niż pociągami IC lub TLK. W komunikacji lokalnej (za odcinek 50 km) średnia cena biletu wynosiła 0,24 zł/km, występowały jednak duże różnice między poszczególnymi przewoźnikami oraz regionami. Generalnie odnotowano niemal dwukrotne różnice w poziomie kosztów podróży między województwami. Niższe ceny w województwach Polski południowo-wschodniej i centralnej są silnie skorelowane z ogólnie lepszym rozwojem transportu autobusowego. W **transportie kolejowym** podstawowe taryfy biletowe przewoźników kolejowych mają charakter nieliniowy – wraz z odległością cena 1 km maleje. Model taryfy kilometrowej w praktyce jest jednak coraz rzadziej stosowany. Niektórzy przewoźnicy oferują taryfę relacyjną ze zryczałtowanymi stawkami nie zawsze proporcjonalnymi do odległości. Ponadto liczne oferty promocyjne oraz ulgi handlowe ustalane, a także występowanie biletów okresowych, utrudnia szacowanie kosztów uogólnionych podróży koleją. Ze względu na złożoność zjawiska, uwzględnione w bazie MULTIMODACC założono uproszczony liniowy model, w którym ceny rosną proporcjonalnie do odległości, a o kącie nachylenia funkcji liniowej decyduje średnia teoretyczna cena przejazdu na dystansie 1 km, wyliczona w oparciu o dostępne cenniki poszczególnych przewoźników. Generalnie, **pozaczasowe składniki kosztu w transportie kolejowym** obejmują koszty biletów kilkunastu przewoźników. Koszty te różnią się znacząco i w przeliczeniu na 1 km trasy wahają się od 14 groszy (TLK, IC) do 41 groszy (EIP). Jest to swego rodzaju różnica między transportem autobusowym a kolejowym, ponieważ w przypadku autobusów koszty biletów krótkodystansowych były w przeliczeniu na 1 km generalnie wyższe niż w relacjach długodystansowych, natomiast na kolei zależności są bardziej zróżnicowane w zależności od jakości podróży długodystansowych (IC a EIP). W **transportie lotniczym** funkcjonują 22 trasy dla których średni koszt (w obie strony) wyniósł nieco ponad 528 zł, przy średniej częstotliwości ok. 2,66 na dobę operacyjną. Zdecydowanie najtańszymi połączeniami były te

realizowane z Modlina do Gdańska i Wrocławia (Ryanair), a w dalszej kolejności także połączenia LOT z Warszawy do Katowic i Rzeszowa.

W **rozdziale ósmym** przedstawiono wybrane przykłady multimodalności na obszarach aglomeracji ze szczególnym uwzględnieniem synchronizacji przewozów autobusowych i kolejowych. Stwierdzono, że pasażerski transport multimodalny w Polsce wciąż znajduje się we wstępnej fazie rozwoju. Przejawy funkcjonowania rozwiązań multimodalnych najwyraźniej uwidaczniają się na obszarach aglomeracyjnych. Jednak wciąż brakuje tam rozbudowanej sieci węzłów przesiadkowych, wyposażonych w system P+R i zapewniających zsynchronizowane połączenia kolejowe i autobusowe. Liderem w zakresie wdrażania rozwiązań multimodalnych jest aglomeracja warszawska, ale większa część infrastruktury tego typu zlokalizowana jest wewnątrz Warszawy. Jednopoziomowe parkingi w strefie podmiejskiej są niewystarczające, przez co tworzy się zjawisko „dzikich” parkingów. W pozostałych aglomeracjach podróże multimodalne są znacznie bardziej utrudnione. Występuje duże rozproszenie nowoczesnych rozwiązań, przy jednocześnie powszechnym istnieniu przestarzałej infrastruktury. W strefach podmiejskich największych aglomeracji występowanie warunków do zaistnienia łańcuchów multimodalnych nie jest powszechne. Codzienne podróżowanie do pracy z wykorzystaniem autobusu (na odcinku dojazdowym do stacji) i pociągu (na odcinku przekraczającym granicę miasta rdzeniowego) jest najbardziej racjonalne w przypadku stacji przesiadkowych usytuowanych w oddalonych od rdzeni aglomeracji miastach powiatowych np. Mińsk Mazowiecki, Gniezno, Zawiercie. Pomimo relatywnie wysokiego stopnia integracji infrastrukturalnej zbadanych stacji kolejowych i przystanków autobusowych (141 ze 190 obiektów), kursowanie obu środków transportu znacznie częściej odbywa się w sposób nieskoordynowany, utrudniając lub wręcz uniemożliwiając przesiadkę. W przypadku wielu stacji usytuowanych w ośrodkach o mniejszej randze, uwidacznia się popularność wzorca codziennej mobilności ludności, w którym z transportu kolejowego korzystają mieszkańcy terenów zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie stacji, przemieszczający się na odcinku dom-stacja samochodem osobowym, rowerem lub pieszo.

Rozdział dziewiąty jest kluczowym rozdziałem z punktu widzenia założeń modelu MULTIMODACC. Źródłami i celami podróży w modelu jest liczba ludności zamieszkująca 2321 rejonów komunikacyjnych na poziomie gminnym w Polsce. **Koszt uogólniony**, na który składa się czas, koszt oraz wysiłek związany z podróżą został w modelu MULTIMODACC znacznie ograniczony do bezpośredniego kosztu związanego z podróżą (w tym wartości czasu). Obliczona na potrzeby niniejszego opracowania i modelu MULTIMODACC wartość czasu podróży można oszacować na 19,12 zł netto za godzinę podróży. Przyjęto na podstawie literatury przedmiotu oraz własnych obliczeń **wartość czasu podróży** w środku transportu na 20 zł/h dla

podróży prywatnych oraz 80 zł/h – dla podróży służbowych wysokodochodowych. Określono specjalną procedurę nazwaną „**zminutykowaniem kosztu**” oraz umożliwiono analizę porównawczą między czasem i kosztem jako miarą oporu przestrzeni w wyniku ujęcia kosztów w postaci relatywnej, co zostało szczegółowo opisane. Ponadto dla jednej z symulacji (por. rozdział 11) założono, że czas oczekiwania był dwukrotnie wyżej wyceniany (przy innych symulacjach założono, że wartość czasu przesiadki jest równa wartości czasu w pojeździe). Do pozaczasowych składowych kosztu uogólnionego w modelu MULTIMODACC należą w transporcie indywidualnym – koszty paliwa spalane w czasie podróży oraz, w przypadku autostrad płatnych – opłaty autostradowe, a w transporcie publicznym – koszty biletów. **Średni koszt paliwa** w podróży samochodem osobowym, wyniósł 27 zł i 98 groszy na 100 km. Uwzględniono również wszystkie opłaty na autostradach w przeliczeniu na 1 km trasy. W rozdziale przedstawiono szczegółowo metodykę obliczeń związanych z potencjałem własnym i oporami na wejściu i wyjściu, różnicując prędkości podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego między transportem indywidualnym (20 km/h), transportem publicznym w miastach na prawach powiatu (10 km/h) oraz poza miastami na prawach powiatu (podróże piesze o prędkości 5 km/h). Zgodnie z jednym z celów badania przyjęto zróżnicowanie funkcji oporu przestrzeni różnicując długość podróży na podróże krótkie ($\beta = 0,0347$) i długie ($\beta = 0,0116$) (odpowiednio spadek atrakcyjności celu podróży do połowy przy 20 i 60 minutach od jej rozpoczęcia). **Czasy podróży w transporcie indywidualnym** obliczono z wykorzystaniem modelu prędkości rozwijanym w IGiPZ PAN, gdzie czasy podróży dla każdego odcinka sieci i kilkunastu wyróżnionych kategorii dróg zależą od trzech zmiennych warunkujących prędkość pojazdów, tj.: liczby ludności w buforze 5 km w otoczeniu odcinka, obszaru zabudowanego oraz ukształtowania terenu, w różnym stopniu w zależności od kategorii drogi i prędkości wyjściowych. **Czasy podróży w transporcie publicznym** zostały przedstawione w podrozdziale 8.5, w którym szczegółowo omówiono metodykę autorskiego oprogramowania wykorzystywanego w monografii i projekcie MULTIMODACC.

Rozdział dziesiąty jest pierwszym rozdziałem wynikowym, w którym przedstawiono rezultaty modelu dla **czasu** jako miary oporu przestrzeni. **Dostępność w transporcie indywidualnym** w podróżach krótkich ma zdecydowanie bipolarny charakter, z pierwszym najważniejszym biegunem konurbacji górnośląskiej i Krakowa oraz drugim relatywnie mniej rozległym biegunem Warszawy i południowo-zachodniej części aglomeracji warszawskiej. W podróżach długich dostępność jest ponad dziesięciokrotnie wyższa niż w podróżach krótkich (przeciętna dla kraju to nieco ponad 100), a obszar najlepszej dostępności jest bardziej spłaszczony a bieguny są mniej ostre i bardziej rozległe przestrzennie. **Dostępność w transporcie autobusowym** w podróżach krótkich jest wyraźnie wyższa w aglomeracjach, stolicach

województw oraz w ośrodkach subregionalnych. Układ przestrzenny dostępności jest wyraźnie zróżnicowany na pojedyncze miasta (względnie niewielka strefa podmiejska) o zdecydowanie wyższym poziomie wskaźnika otoczone rozległymi obszarami o kilku- lub nawet kilkunastokrotnie niższej dostępności. W podróży długich zaznacza się jeszcze wyraźniej obraz wyższej dostępności Polski południowo-wschodniej i Polski centralnej, w tym południowego i centralnego Mazowsza. Widoczna jest również dobra dostępność w relacji Warszawa-Radom-Kielce-Kraków oraz w układzie równoleżnikowym – Łódź-Radom-Puławy-Lublin a także ośrodki lubelski i rzeszowski. Zasięg oddziaływania aglomeracji Polski zachodniej i północnej (trójmiejska, poznańska i wrocławska) jest wyraźnie niższy. Najniższa dostępność cechuje Polskę północno-zachodnią oraz Podlasie i Mazury. Widoczny jest pas peryferii wewnętrznych rozdzielających aglomeracje zachodniej Polski (Poznań i Wrocław) od układu wyższej dostępności Polski centralnej i południowo-wschodniej. Średnioważona powierzchnią rejonu transportowego dostępność w transporcie autobusowym jest w podróży krótkich prawie 25-krotnie niższa, a w podróży długich – 12-krotnie niższa niż dostępność w transporcie indywidualnym. W podróży długich mniej niż pięciokrotna przewaga w dostępności transportu indywidualnego nad publicznym dotyczy jedynie części aglomeracji warszawskiej i krakowskiej, a także okolic Lublina i Puław. Relatywnie dobra sytuacja w tym względzie jest również w części obszaru Polski południowo-wschodniej, konurbacji górnośląskiej oraz wybranych miast i części ich aglomeracji. Generalnie, w relacji do transportu indywidualnego „punkt ciężkości” dostępności w podróży długich przesunęła się w kierunku Polski południowo-wschodniej. **Dostępność w transporcie kolejowym** w podróży krótkich jest powiązana bezpośrednio z ich lokalizacją względem najbliższej czynnej stacji kolejowej, częstotliwością kursowania pociągów na tej stacji, a także prędkościami na najbliższych liniach kolejowych i bliskością dużych mas. Bardzo dobrze dostępne gminy sąsiadują z gminami gorzej dostępnymi. Gorsza dostępność kolejowa cechuje obszar byłego Królestwa Kongresowego charakteryzujący się niższą gęstością sieci kolejowej. W podróży krótkich jak i długich średnia dostępność dla kraju to nieco powyżej 0,2, dużo niższa niż w transporcie autobusowym i bardzo wyraźnie skoncentrowana w aglomeracjach oraz miastach subregionalnych oraz wzdłuż międzyaglomeracyjnych linii kolejowych. **Dostępność w wariacie autobus+kolej** daje w podróży krótkich efekt dla wzrostu dostępności w porównaniu do dostępności w transporcie autobusowym w skali całego kraju ok. 13% (w porównaniu do dostępności autobusowej). Poprawa rzędu 20% jest natomiast charakterystyczna dla gmin wiejskich położonych wzdłuż linii kolejowych koncentrycznie rozchodzących się z Poznania, Trójmiasta i Warszawy. W podróży długich efekt dodania kolei dla wzrostu dostępności jest znacznie wyższy niż w podróży krótkich

i w skali całego kraju wynosi ok. 34%, co może świadczyć o tym, że pasażerski transport kolejowy w Polsce jest przede wszystkim konkurencyjny do autobusowego w podróżach o charakterze międzyaglomeracyjnym. Potwierdzono hipotezę o marginalnym znaczeniu transportu kolejowego dla dostępności Polski południowo-wschodniej. **Dostępność multimodalną** cechuje układ bipolarny z wyraźnym biegunem górnośląsko-krakowskim oraz warszawskim, ale ma ona również charakter układów koncentryczno-promienistych w wierzchołkach heksagonu (Warszawa, Kraków, Katowice, Wrocław, Poznań i Gdańsk), z dołączeniem dwóch istotnych układów koncentryczno-promienistych pozaheksagonalnych w postaci połączeń do i z Lublina oraz Rzeszowa. Dołożenie transportu lotniczego w podróżach długich skutkuje w ujęciu relatywnym wzrostem dostępności w skali kraju o prawie 4%. W największym stopniu zyskują Kaszuby (niektóre gminy nawet prawie 40%), a w dalszej kolejności również okolice portów lotniczych położonych peryferyjnie w skali kraju i realizujących konkurencyjne czasowo połączenia wewnątrzkrajowe (Szczecin-Goleniów oraz Rzeszów-Jasionka). Średnia dostępność transportem publicznym w ujęciu multimodalnym w Polsce wynosi mniej niż 12% dostępności transportem indywidualnym. Tylko w Warszawie i w Żąbkach dostępność multimodalna przekracza 40% dostępności transportem indywidualnym. Bardzo wysoka wielokrotna przewaga dostępności transportem indywidualnym nad publicznym ma charakter mozaikowo-wyspowy na obszarach pozaaglomeracyjnych w części centralnej kraju oraz wzdłuż granicy wschodniej i zachodniej.

W **rozdziale jedenastym**, który jest drugim rozdziałem wynikowym przedstawiono rezultaty modelu dla **kosztu** jako miary oporu przestrzeni. Symulacje przeprowadzono jedynie dla podróży długich. W **transporcie indywidualnym**, przy uwzględnieniu wartości czasu oraz pozaczasowych elementów kosztu uogólnionego w postaci kosztu paliwa i opłat autostradowych, dostępność drogowa dla podróży prywatnych spada (w relacji do dostępności mierzonej czasem jako miarą oporu przestrzeni) ponad czterokrotnie. Zmienia się również zróżnicowanie przestrzenne. Relatywnie lepsza dostępność dużych miast i aglomeracji w ujęciu kosztowym wynika przede wszystkim z niskich prędkości w miastach co w konsekwencji daje wysoki udział czynnika czasowego w koszcie podróży. Wpływ opłat autostradowych jest widoczny przede wszystkim na obszarach peryferyjnych, położonych z daleka od dużych miast (np. w województwie lubuskim). W podróżach biznesowych, dla których zakłada się, że pozaczasowe elementy kosztu uogólnionego mają mniejszą rolę, różnice między dostępnością mierzoną czasem a kosztem są znacznie niższe. W gminach w województwie lubuskim przy granicy z Niemcami poziom dostępności wyniósł poniżej 50% dostępności „czasowej”, a w Warszawie oraz gminach pogranicza województw śląskiego i małopolskiego – powyżej 70%. **Dostępność w transporcie autobusowym**

wynosi dla podróży prywatnych jedynie nieco ponad 50% dostępności czasowej, a w podróżach biznesowych wysokodochodowych – ok. 82%. Zróżnicowanie przestrzenne dostępności kosztowej w podróżach prywatnych długich w transporcie autobusowym w zasadzie nie różni się znacząco od zróżnicowania przestrzennego dla symulacji, gdzie miarą oporu przestrzeni był czas, co świadczy o relatywnie niedużym zróżnicowaniu pozaczasowych składników kosztu (kosztów biletów). Podobnie, jak w przypadku symulacji dla czasu jako miary oporu przestrzeni, w relacji do transportu indywidualnego „punkt ciężkości” dostępności kosztowej w podróżach długich przesuwają się w kierunku Polski południowo-wschodniej, gdzie różnice między transportem indywidualnym a autobusowym są znacznie niższe niż na innych obszarach kraju. **Dostępność w transporcie kolejowym** w podróżach prywatnych wynosi około 49% poziomu dostępności kolejowej, gdzie czas jest jedyną miarą oporu przestrzeni. Największe zróżnicowanie wyników między dostępnością kosztową a dostępnością liczoną dla czasu jako miary oporu przestrzeni widoczne są wzdłuż tras obsługiwanych przez pociągi EIP (Pendolino), szczególnie na trasie między Warszawą a Trójmiastem. **Dostępność multimodalna** pokazuje marginalny dla wyników dostępności wpływ relatywnie drogiego i wykonywanego tylko w wybranych, raczej długich relacjach, transportu lotniczego. W transporcie multimodalnym średnia dostępność kosztowa wynosi dla podróży prywatnych jedynie nieco ponad 44% dostępności czasowej (wynik niższy niż dla dostępności autobusowej i kolejowej jest konsekwencją braku konkurencyjności kosztowej transportu lotniczego). Zaznacza się efekt dużego spadku poziomu dostępności między czasem a kosztem jako miarą oporu przestrzeni na Kaszubach (efekt braku wystarczającej konkurencyjności kosztowej połączeń lotniczych i EIP). Różnice w dostępności kosztowej między transportem indywidualnym a multimodalnym są mniejsze niż analogiczne wskaźniki dotyczące czasu jako miary oporu przestrzeni. Potwierdza to, że pozaczasowe składniki kosztu uogólnionego w transporcie indywidualnym mają większe znaczenie niż w transporcie multimodalnym. W Gdańsku, Szczecinie, Warszawie i Białymstoku poziom dostępności kosztowej w transporcie multimodalnym przekracza 54% poziomu dostępności w transporcie indywidualnym. W Polsce południowo-wschodniej, wzdłuż linii kolejowych oraz na Pobrzeżu Bałtyku różnice między transportem indywidualnym a autobusowym są znacznie niższe niż na innych obszarach kraju. Dla symulacji wyceny czasu oczekiwania na środek transportu dwukrotnie wyższej niż czasu spędzonego w środku transportu niewielki spadek poziomu dostępności jest widoczny w skrajnych przypadkach, tj. w dużych miastach, tam gdzie czas oczekiwania jest relatywnie niewielki, lub w tych gminach gdzie już przed symulacją okres oczekiwania na środek transportu był bardzo długi.

W **rozdziale dwunastym** przeprowadzono symulacje zmian dostępności multimodalnej na przykładzie Kolei Dużej Prędkości (linia „Y”). Przy założeniu 10 składów pociągów na dobę w każdym kierunku dla każdej z dwóch wydzielonych tras projekt Kolei Dużej Prędkości skutkuje wzrostem dostępności w skali kraju o ok. 4,3%. Największym beneficjentem jest Ziemia Kaliska, ale rozległe obszary o poprawie dostępności powyżej 10% można zaobserwować również w województwie łódzkim oraz we wschodniej części województwa dolnośląskiego. W mniejszym stopniu zyskuje pozostała część Wielkopolski oraz Mazowsze. W następstwie podwyższenia liczby składów z 10 do 15 pociągów w ciągu doby na linii „Y” średnia dostępność multimodalna w Polsce wzrasta o 2,52%. Ze względu na relatywnie wysoki planowany koszt biletów linia dużej prędkości znacząco poprawia dostępność jedynie dla podróżnych biznesowych wysokodochodowych. Obniżenie planowanych cen biletów o jedną czwartą daje istotne skutki w zakresie poprawy dostępności, w której miarą oporu przestrzeni jest koszt uogólniony. Zasięg oddziaływania obniżenia cen biletów obejmuje całą Ziemię Kaliską (poprawa rzędu ok. 10%). Zmiany są widoczne również przede wszystkim na Dolnym Śląsku (tu działa efekt niskiej bazy dostępności), w aglomeracji łódzkiej, centralnej Wielkopolsce oraz aglomeracji warszawskiej.

Najważniejsze wnioski badawcze wynikające z realizacji projektu MULTIMODACC można streścić następująco:

1. Zdecydowanie uwidacznia się w transporcie publicznym, w tym w ujęciu multimodalnym, podział regionalny Polski na jej część południowo-wschodnią zdominowaną przez transport autobusowy i resztę kraju o zróżnicowanym wpływie poszczególnych gałęzi, co w konsekwencji prowadzi do wniosku, że w relacji do transportu indywidualnego następuje przesunięcie się środka ciężkości dostępności krajowej w kierunku południowo-wschodnim;
2. W odróżnieniu od transportu indywidualnego, w transporcie publicznym funkcjonują w długich podróżach peryferie wewnętrzne, tj. obszary o wyraźnie niższym poziomie dostępności zlokalizowane w relatywnej bliskości tych lepiej dostępnych;
3. Zaznacza się duża rola regionalnych systemów transportu publicznego (zarówno autobusowego jak i kolejowego);
4. Istotne jest znaczenie kolei w układach koncentrycznych wzdłuż głównych linii kolejowych prowadzących do aglomeracji;
5. Rola lotniczych połączeń krajowych jest ograniczona do wybranych peryferyjnych portów lotniczych i ich zaplecza i tylko dla czasu jako miary oporu przestrzeni;

6. Dla ogólnego poziomu dostępności, gdzie miarą oporu przestrzeni jest koszt uogólniony, pozaczasowe składniki tego kosztu (koszty paliwa, opłaty autostradowe) w transporcie indywidualnym mają większe znaczenie niż w transporcie multimodalnym (koszty biletów);
7. Na wyniki dostępności, zarówno poziom dostępności jak i jej zróżnicowanie przestrzenne, kluczowy wpływ ma przyjęta metodyka badawcza, parametry i założenia modelu oraz przyjęty w badaniu tzw. wymiar dostępności;
8. Symulacje dostępności dla Kolei Dużych Prędkości w Polsce wskazują, że program MULTIMODACC jest doskonałym narzędziem umożliwiającym szybką i skuteczną analizę zmian dostępności w wyniku poprawy częstotliwości kursowania pociągów, zmianie lokalizacji lub dodania nowych stacji kolejowych, a także zmian cen biletów. Możliwości w tym względzie zarówno dla kolei, jak i dla innych gałęzi transportu, np. w odniesieniu do lokalizacji Centralnego Portu Lotniczego i symulowania wpływu siatki krajowych połączeń lotniczych dla różnych cen biletów i częstotliwości lotów, są w zasadzie nieograniczone.

Obraz przestrzenny dostępności multimodalnej w transporcie publicznym jest wyraźnie bardziej spolaryzowany, niż w przypadku dostępności indywidualnej. Co więcej polaryzacja ta ma miejsce nie tylko na poziomie krajowym, ale także wojewódzkim (zwłaszcza w podróżach krótkich). Jest to potwierdzeniem wyników uzyskiwanych na poziomie europejskim (w kilku krajach członkowskich, w tym w Polsce; por. Spiekermann i in. (2015)). Polaryzację dostępności multimodalnej można także uznać za jedną z przyczyn postępującej mozaikowatości struktur przestrzennych w Polsce. Na terenach pozametropolitalnych niska dostępność transportem publicznym ogranicza możliwości korzystania z podstawowych usług, co sprzyja depopulacji, a w konsekwencji brakom lepiej wykształconej siły roboczej oraz rozwoju gospodarczego. Układ dostępności w transporcie publicznym pokazuje także strefy, w których możliwe jest utrzymanie potencjału demograficznego w oparciu o zwiększenie skali dojazdów do pracy.

O ile dostępność w transporcie indywidualnym jest *de facto* odzwierciedleniem stanu infrastruktury oraz procesów demograficznych, to dostępność multimodalna w transporcie pasażerskim publicznym zależy pośrednio (poprzez element organizacji przewozów) także od szerzej rozumianej sytuacji społeczno-gospodarczej (rozkłady jazdy są odpowiedzią na popyt generowany, np. przez dojazdy do pracy lub ruch turystyczny) oraz od czynników instytucjonalnych (np. polityka spółek kolejowych i linii lotniczych). Dlatego też opracowany wskaźnik może mieć zastosowanie także w analizach wykraczających poza badania transportowe.

W odniesieniu do dalszych badań związanych z tematem niniejszego opracowania wydaje się celowym podjęcie w przyszłości następujących tematów badawczych:

- Uwzględnienie pracy przewozowej i napełnienia środków transportu w celu zróżnicowania efektów dostępności między pracą eksploatacyjną a pracą przewozową;
- Uwzględnienie rzeczywistych zachowań komunikacyjnych ludności, zarówno tych codziennych (podróże krótkie), jak i tych sporadycznych (głównie podróże długie) na podstawie dzienników podróży gromadzonych w wybranych miastach i aglomeracjach w ramach Kompleksowych Badań Ruchu i budowanych na ich podstawie syntetycznych modeli popytu na podróże, co pomogłoby stworzyć wskaźnik dostępności dla faktycznej mobilności a nie teoretycznej, np. wskaźnik będący średnim kosztem dziennej mobilności (na wzór wzmiankowanej przyzmy czasoprzestrzennej);
- Uzupełnienie baz danych o połączenia w ramach powiatów, o szczegółowe dane dotyczące sieci w transporcie miejskim w miastach na prawach powiatu;
- Szerzej zakrojone (a nie tylko ograniczone jak w niniejszym opracowaniu do linii KDP „Y”) symulacje zmian dostępności w wyniku zmiany częstotliwości połączeń, budowy nowych centrów przesiadkowych itd.;
- Ujęcie dynamiczne multimodalności w tym analiza dynamiczna relacji między różnicami w dostępności w transporcie indywidualnym a publicznym w kontekście przesunięcia modalnego;
- Analiza relacji między obsługą terenów peryferyjnych lub obszarów aglomeracyjnych w transporcie publicznym, a zachowaniami komunikacyjnymi oraz rynkiem nieruchomości;
- Ograniczenie problemu niskiej bazy dostępności regionów peryferyjnych poprzez uwzględnienie celów podróży poza granicami Polski.

LITERATURA

- Andersen J.L.E., 2005, *Light rail project in Copenhagen – the Ring 2½ corridor*, Master Thesis at Centre for Traffic and Transport (CTT).
- Arentze T.A., Molin E.J.E., 2013, *Travelers' preferences in multimodal networks: design and results of a comprehensive series of choice experiments*, *Transp. Res. A: Policy Pract.*, 58, s. 15–28.
- Axhausen K.W., Fröhlich P., Tschoop M., 2010, *Changes in Swiss accessibility since 1850*, *Research in Transportation Economics*.
- BAK Basel Economics, 2004, *Die internationale Verkehrsanbindung der Schweiz in Gefahr? Volkswirtschaftliche Beurteilung der Erreichbarkeit des Wirtschaftssandortes Schweiz und seiner Regionen*, Basel, BAK Basel Economics.
- BAK Basel Economics, 2005, *Globale und kontinentale Erreichbarkeit. Ergebnisse der Modellerweiterung*, Basel, BAK Basel Economics.
- BAK Basel Economics, 2007, *Die Erreichbarkeit als Standortfaktor. Fakten und Analysen zur Erreichbarkeit der Nordschweiz*. Basel, BAK Basel Economics.
- Bąk M., Borkowski P., Pawłowska B., 2012a, *Types of solutions improving passenger transport interconnectivity*, *Transport Problems*, 7, 1 s. 27–36.
- Bąk M., Borkowski P., Pawłowska B., 2012b, *Passenger Transport Interconnectivity as a Stimulator of Sustainable Transport Development in the European Union*, [w:] P. Golińska, M. Hajdul (red.), *Sustainable Transport, EcoProduction. Environmental Issues in Logistics and Manufacturing*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bąk M., Ważna A., 2014, *Oszczędność czasu w transporcie pasażerskim w teorii i praktyce*, *Logistyka*, 2.
- Bagińska J., 2007, *Kilka uwag na temat linii pasażerskich w Polsce w latach 1989–2006*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, XIV, Warszawa – Rzeszów, s. 157–163.
- Bank Danych Lokalnych GUS.
- Baradaran S., Ramjerdi F., 2001, *Performance of Accessibility Measures in Europe*, *Journal of Transportation and Statistics*, 4, 2/3, s. 31–48.
- Bartosiewicz B., Pielesiak I., 2012, *Powiązania transportowe w Łódzkim Obszarze Metropolitalnym*, [w:] B. Bartosiewicz, T. Marszał, I. Pielesiak (red.), *Spójność terytorialna Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego*, *Studia KPZK PAN* 147, Warszawa, s. 105–137.

- Bartosiewicz B., Pielesiak I., Marszał T. (red.), 2012, *Spójność terytorialna Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego*, Studia KPZK PAN, CXLVII, Warszawa 2012.
- BBR, 2005, Raumordnungsbericht 2005, Berichte 21, Bonn, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Beim M., Gadziński J., 2010, *Regionalne przewozy kolejowe w województwie kujawsko-pomorskim w świetle oczekiwań mieszkańców i pasażerów*, Przegląd Komunikacyjny, 11–12/2010, SITK RP, Warszawa, s. 12–17.
- Beim M., Mazur B., Soczówka A., Zajdler R., 2015, *Transport intermodalny w województwie wielkopolskim w latach 2004–2014. Przemiany, stan obecny i perspektywy rozwoju*, Wielkopolskie Regionalne Obserwatorium terytorialne, Poznań, s. 212.
- Bell M. G., 1995, *Stochastic user equilibrium assignment in networks with queues*, Transportation Research, Part B: Methodological, 29 (2), s. 125–137.
- Bell M. G., Trozzi V., Hosseinloo S. H., Gentile G., Fonzone A., 2012, *Time-dependent hyperstar algorithm for robust vehicle navigation*, Transportation Research, Part A: Policy and Practice, 46 (5), s. 790–800.
- Bickel P., Friedrich R., Burgess A., Fagiani P., Hunt A., De Jong G., Laird J., Lieb Ch., Lindberg G., Mackie P., Navrud S., Odgaard T., Ricci A., Shires J., Tavasszy L., 2006, *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)*, Deliverable 5: Proposal for Harmonised Guidelines, February.
- Birr K., Jamroz K., Kustra W., 2014, *Travel time of public transport vehicles estimation*, Transportation Research Procedia, 3.
- Bjarnason H., 2005, *Accessibility analysis for Reykjavik, Iceland*, Lund, Lund University.
- Bocheński T., 2012, *Sieć połączeń komunikacji zbiorowej między wybranymi miastami w Polsce*, [w:] R. Wiśniewski, P. Rosik (red. nauk.), *Dostępność i mobilność w przestrzeni*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Borkowski P., 2012, *Podróże długodystansowe – obecne i przyszłe zachowania komunikacyjne społeczeństw*, [w:] *Integracja transportu pasażerskiego w Unii Europejskiej*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego Ekonomia Transportu i Logistyka, 45, s. 9–32.
- Boruta T., Ivan I., 2010, *Public transport in rural areas of the Czech Republic – case study of the Jeseník region*, Moravian Geographical Report, 18 (2), 9–22.
- Bruinsma F.R., Rietveld P., 1998, *The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches*, Environment and Planning, 30, 3, s. 499–521.

- Brzeziński A., 2011, *Zrównoważony rozwój systemów transportowych miast i aglomeracji w kontekście rosnącej mobilności*, Transport Miejski i Regionalny, 1, s. 9–12.
- Bul R., 2014, *Migracje wahadłowe ludności w aglomeracji poznańskiej*, Biblioteka Aglomeracji Poznańskiej, 24, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Bul R., Kaczmarek T., 2014, *Spoleczne uwarunkowania rozwoju kolei metropolitalnej w aglomeracji poznańskiej*, Biblioteka Aglomeracji Poznańskiej, 25, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Burns L.D., 1979, *Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility*, Lexington Books, Lexington/Toronto.
- Carruthers R., Dick M., Saurkar A., 2005, *Affordability of Public Transport in Developing Countries*, The World Bank Group, Washington D.C., (http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/Transport/C21-TP-3_affordability_final.pdf).
- Cascetta E., Carteni A., 2014, *The hedonic value of railways terminals, A quantitative analysis of the impact of stations quality on travellers behaviour*, Transportation Research, Part A Policy and Practice, 61, s. 41–52.
- Cascetta E., Nuzzolo A., Russo F., Vitetta A., 1996, *A modified logit route choice model overcoming path overlapping problems. Specification and some calibration results for interurban networks*, s. 697–711.
- Cattan N., Grasland C., 1997/1998, *Les différentiels d'accessibilité des villes moyennes en France; Volume 1 : L'accessibilité routière; Volume 2. Une approche multimodale, route et fer*, Convention n°97, MT 06, Paris, METI.
- Chatelus G., Ulied A., 1995, *Union Territorial Strategies linked to the Transeuropean Transportation Networks*. Final Report to DG VII, Paris/Barcelona, INRETS-DEST/MCRIT.
- Chodkowska-Miszczuk J., 2006, *Zmiany na rynku przewozów samochodowym transportem zbiorowym w wybranych miastach Polski*, Przegląd Geograficzny, 78, 2, s. 261–284.
- Chojnicki Z., 1966, *Zastosowanie modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych*, Studia, 14, KPZK PAN, Warszawa.
- Ciechański A., 2007, *Rynek pasażerskich przewozów kolejowych w Polsce*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, t. XIV, Warszawa – Rzeszów, s. 165–176.
- Commission for Rural Communities, 2009, *Thinking about rural transport. Sustainable rural accessibility – is it really possible?* CRC Web 29.
- Cooper S., Wright P., Ball R., 2009, *Measuring the accessibility of opportunities and services in dense urban environments: experiences from London*; Proceedings of the European Transport conference, Association for European Transport (AET)

- Czyż T., 2002, *Application of the potential model to the analysis of regional differences in Poland*, *Geographia Polonica*, 75, 1, s. 13–24.
- De Jong G., Daly A., Pieters M., Van der Hoorn T., 2007, *The logsum as an evaluation measure: review of the literature and new results*, *Transportation Research, Part A, Policy and Practice*, 41 (9), s. 874–889.
- Dej M., A. Kołoś, 2009, *Przemiany komunikacji podmiejskiej w Krakowie w ciągu ostatnich 20 lat*, [w:] I. Jażdżewska (red.), *Strefa podmiejska i małe miasta w okresie transformacji*, XXII Konwersatorium Wiedzy o Mieście, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 11–22.
- DfT – Department for Transport, 2009a, *2008 Core National Local Authority Accessibility Indicators*. Final Report. London: DfT.
- DfT – Department for Transport, 2009b, *Core Accessibility Indicators Guidance*. London: DfT.
- DHC, 2006, *Calculation of Scottish public transport accessibility indicators*. Report on Index Calculation.
- Dial R. B., 1979, *A model and algorithm for multicriteria route-mode choice*, *Transportation Research, Part B: Methodological*, 13 (4), 311–316.
- Drabicki A., Kucharski R., 2015, *Analiza i porównanie metod wyboru trasy przejazdu pasażera transportem publicznym*, *Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego*, X Poznańska Konferencja Naukowo-Techniczna.
- Dudzińska-Kryszak A., 1982, *Dostępność komunikacyjna na tle nowego podziału administracyjnego Polski*, *Prace Naukowo-Badawcze*, 7, Ośrodek Badawczy Ekonomiki Transportu, Warszawa.
- Dydkowski G., 2003, *Wybrane regulacje prawne dotyczące transportu zbiorowego osób*, [w:] G. Dydkowski, R. Tomanek (red.), *Liberalizacja transportu w warunkach transformacji gospodarczej*, *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach*, Katowice, s. 29–46.
- Dyr T., 2009 *Czynniki rozwoju rynku regionalnych przewozów pasażerskich w Polsce*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, 321.
- Dziadek S., 1998a, *Dostępność komunikacyjna ośrodków turystycznych Beskidu Śląskiego i Pogórza Śląskiego*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 4, s. 79–94.
- Dziadek S., 1998b, *Transport a organizacja przestrzeni województwa śląskiego*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, V, Komisja Geogr. Komunik. PTG, Wydz. Ekonom. Filii UMCS w Rzeszowie, Warszawa–Rzeszów.
- Elektroniczny rozkład jazdy pociągów HAFAS*

- Enabling Cost-Effective Multimodal Trip Planners through Open Transit Data*, 2011, Final Report, National Center for Transit Research, University of South Florida.
- ESPON 1.2.1, 2005, *Transport Services and Networks: Territorial Trends and Basic Supply of Infrastructure for Territorial Cohesion*, Final Report of ESPON 1.2.1, Tours, University of Tours.
- ESPON FOCl, 2010, *Future Orientations for Cities. Applied Research Project 2013/1/1*, Draft Final Report, Luxembourg, Brussels, ESPON CU & ULB.
- ESPON, 2004. *Transport services and networks: Territorial trends and basic supply of infrastructure for territorial cohesion*, ESPON Project 1.2.1.
- EUPOLIS, 2007, *Torino a confronto. Benchmarking della competitività e della coesione urbana in Europa*, Rapporto 2006. Torino.
- Frejinger E., Bierlaire M., 2007, *Capturing correlation with subnetworks in route choice models*, Transportation Research, Part B, Methodological, 41 (3), s. 363–378.
- Friedrich M., Hofsäß I., Webeck S., 2001, *Timetable-based transit assignment using branch and bound techniques*, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, (1752), s. 100–107.
- Frost M.E., Spence N.A., 1995, *The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential*, Environment and Planning A, 27, s. 1833–1848.
- Fröhlich, P., Tschopp, M., Axhausen, K.W., 2006, *Entwicklung der Erreichbarkeit der Schweizer Gemeinden: 1950–2000*, Raumforschung und Raumordnung, 64 (6), s. 385–399.
- Gadziński J., 2010, *Ocena dostępności komunikacyjnej przestrzeni miejskiej na przykładzie Poznania*, Biuletyn Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 13. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 114 ss.
- Gadziński J., 2012a, *Dostępność transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej*, [w:] Rosik P., Wiśniewski R. (red.), *Dostępność i mobilność w przestrzeni*, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 185–195.
- Gadziński J., 2012b, *Lokalizacja przystanków a konkurencyjność transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej*, [w:] Szymczak M. (red.), *Transport publiczny w aglomeracji poznańskiej – propozycje usprawnień*, Biblioteka Aglomeracyjna, 9, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 69–90.
- Gadziński J., 2013, *Funkcjonowanie lokalnego system transportowego na tle współczesnych procesów urbanizacyjnych. Przykład aglomeracji poznańskiej*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

- Gadziński J., 2015, *The first rapid tram line in Poland: How has it affected travel behaviours, housing choices and satisfaction, and apartment prices?*, Journal of Transport Geography, (in press; doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.11.001).
- Gadziński J., Beim M., 2010, *Public transport accessibility in Poznań*, REAL CORP reviewed paper, http://www.corp.at/archive/CORP2010_70.pdf.
- Gallo G., Longo G., Pallottino S., Nguyen S., 1993, *Directed hypergraphs and applications*, Discrete applied mathematics, 42 (2–3), s. 177–201.
- Gawryszewski A., Pietkiewicz S., 1966, *Zmiany dostępności czasowej obszaru Polski z Warszawy w okresie 1952–1962*, Przegląd Geograficzny, 38, 2.
- Gągorowska M., Kojalowicz P.J., Kucharski R., 2016, *Macierz kosztów uwzględniająca czasy podróży różnymi środkami transportu*, Transport Miejski i Regionalny, 7, s. 33–36.
- Gentile G., Noekel K., 2016, *Modelling public transport passenger flows in the era of intelligent transport systems*, Springer Tracts on Transportation and Traffic.
- Geurs K.T., Ritsema van Eck J.R., 2001, *Accessibility measures: review and applications*, RIVM report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Geurs K.T., van Wee B., 2004, *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions*, Journal of Transport Geography, 12, s. 127–140.
- Goliszek S., Połom M., 2016, *The use of gnerla transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning rush hour on the example of Szczecin*, Europa XXI, s. 51–60.
- Gomide A., Leite S., Rebelo J., *Public transport and urban poverty: a synthetic index of adequate service*, World Bank (http://siteresources.worldbank.org/INTTES/Resources/pt&urban_poverty.pdf).
- Gořlewski B., 2011, *Czynnik czasu jako ekonomiczna determinant w procesie podejmowania decyzji dotyczącej wyboru środka transportu – koleje dużej prędkości w Polsce, badanie przygotowane w ramach działalności statutowej Kolegium Zarządzania i Finansów*, SGH, Warszawa.
- Górný J., 2013, *Kolejowe regionalne przewozy pasażerskie w Polsce w świetle polityki transportowej Unii Europejskiej*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Grobelny M., 2012, *Co zmienią plany transportowe?*, Rynek Kolejowy, 4, Zespół Doradców Gospodarczych TOR, Warszawa, s. 52–53.
- Gould P., 1969, *Spatial Diffusion*, Resource Paper, 17, Washington, DC: Association of American Geographers.

- Grasland C., 2000, *Linéale accessibilité routière des villes de plus de 20 000 habitants.*, [w:] M.F. Mattei, D. Pumain (red.), *Données urbaines*, 3, Paris, Anthropos, CNRS-INSEE, s. 309–326.
- GutiérrezJ., 2001, *Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid–Barcelona–French border*, *Journal of Transport Geography*, 9, s. 229–242.
- Guzik R., 2003, *Przestrzenna dostępność szkolnictwa ponadpodstawowego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Guzik R. (red.), 2012, *Czynniki i ograniczenia rozwoju miast województwa pomorskiego w świetle relacji przestrzennych i dostępności komunikacyjnej*, Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk.
- Guzik, R., Kołoś, A., 2003, *Evolution of accessibility in Carpathian spa resorts between 1938 and 2000*, [w:] W. Kurek (red.), *Issues of Tourism and Health Resort Management*, Prague: Prace Geograficzne, Instytut Geografii UJ, 111, s. 356–368.
- Guzik R., Kołoś A., 2015, *Dostępność komunikacyjna*, [w:] R. Guzik, A. Kołoś (red.), *Relacje funkcjonalno-przestrzenne między ośrodkami miejskimi i ich otoczeniem w województwie pomorskim*, Pomorskie Studia Regionalne, Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk, s. 217–268.
- Guzik R., Kołoś A., Gwosdz K., Biernacki W., Działek J., Kocaj A., Panecka-Niepsuj M., Wiedermann K., 2016, *Dostępność, relacje i powiązania przestrzenne w miejskim obszarze funkcjonalnym Olsztyna*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Guzik R., Zborowski A., Kołoś A., Micek G., Gwosdz K., Trzepacz P., Chaberko T., Kretowicz P., Ciechowski M., Dej M., Grad N., 2010, *Dostępność komunikacyjna oraz delimitacja obszarów funkcjonalnych*, [w:] B. Domański, A. Noworól (red.), *Małopolskie miasta – funkcje, potencjał i trendy rozwojowe*, Małopolskie Obserwatorium Polityki Rozwoju, Kraków, s. 88–134.
- Györffy I., 2006, *Regional disparities of the transport infrastructure in northern Hungary*. Downloaded from <http://www3.ekf.tuke.sk/konfera2008/zbornik/files/prispevky/gyorffy.pdf>, s. 223–230.
- Hägerstrand T., 1970, *What about people in regional science?*, *People of the Regional Science Association* 24, s. 7–21.
- Halse A.H., Flügel S., Killi M., 2010, TØI report 1053H/2010. Summary: *Value of time, safety and environment in the transport sector – supplementary study of the values of time*, Oslo.
- Handy S.L., Niemeier D.A., 1997, *Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives*, *Environment and Planning, A* 29, s. 1175–1194.
- Hansen W.G., 1959, *How accessibility shapes land-use*, *Journal of the American Institute of Planners*, 25, s. 73–76.

- Harris C.D., 1954, *The market as a factor in the localization of industry in the United States*, Annals of the Association of American Geographers, 44, s. 315–348.
- Higgs G., White S.D., 2000, *Alternatives to census-based indicators of social disadvantage in rural communities*, Progress in Planning 53(1), s. 1–81.
- Hoszman A., 2013, *Postrzeganie wartości czasu w transporcie – perspektywa przedsiębiorstwa i konsumenta*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 754, Problemy Transportu i Logistyki 21, s. 71–82.
- Ingram D.R., 1971, *The concept of accessibility: a search for an operational form*, Regional Studies 5, s. 101–107.
- Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych dla dróg wojewódzkich*, 2008, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa.
- Janecki R., 2004, *Dostępność komunikacyjna lotnisk regionalnych w Polsce. Stan istniejący i perspektywy do 2015–2021 r.* Transport Miejski i Regionalny, 4, s. 2–9.
- Jeż-Pawlak A., 2002, *Dostępność komunikacyjna wybranych ośrodków górskich w województwie śląskim*, [w:] S. Dziadek (red.), *Komunikacja i jej funkcje w województwie śląskim*, Studia Ekonomiczne, 25, AE.
- Jiang M., Morikawa T., 2004, *Theoretical analysis on the variation of value of travel time savings*, Transportation Research, Part A, Policy and Practice, 38, 8, s. 551–571.
- Karlqvist A., 1975, *Some theoretical aspects of accessibility-based location models*, [w:] A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars, DC Health (red.), *Dynamic Allocation of Urban Space*, Lexington, Mass.
- Keeble D., Owens P.L., Thompson C., 1982, *Regional accessibility and economic potential in the European Community*, Regional Studies, 16, s. 419–432.
- Keizer B., Kouwenhoven M., Hofker F., 2015, *New Insights in Resistance to Intechange*, Transp. Res. Procedia, 8, s. 72–79.
- Kelly M., Flowerdew R., Francis B., Harman, J., 2003, *Measuring accessibility for remote rural populations*, Socio-Economic Applications of Geographic Information Science, Innovations in GIS, 9, s. 197–209.
- Kim H.M., Kwan M.P., 2003, *Space-time accessibility measures: A geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration*, Journal of Geographical Systems, 5, 1, s. 71–91.
- Kitchin R., Thrift N., 2009, *International Encyclopedia of Human Geography*, Elsevier, 250 ss.
- Klatka J., 2015a, *Nowe rodzaje przewozów: powiatowo-gminny i metropolitalny*, Komunikacja publiczna, 3(60), s. 20–23.

- Klatka J., 2015b, *Organizowanie publicznego transportu zbiorowego na szczeblu metropolitalnym oraz na styku dwóch powiatów*, Komunikacja publiczna, 1(58), s. 27–32.
- Komornicki T., 2003, *Przestrzenne zróżnicowanie międzynarodowych powiązań społeczno-gospodarczych w Polsce*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 190, 255 ss.
- Komornicki T., Bański J., Śleszyński P., Rosik P., Świątek D., Czapiewski K., Bednarek-Szczepańska M., Stępnia M., Mazur M., Wiśniewski R., Solon B., 2010b, *Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów*, Ewaluacje, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa, 131 ss.
- Komornicki T., Rosik P., Stępnia M., Śleszyński P., 2014a, *Zweryfikowana metodologia szacowania WMDT*. Raport przygotowany w ramach projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*, Warszawa, IGiPZ PAN, 51 ss.
- Komornicki T., Rosik P., Stępnia M., 2014b, *Oszacowanie wartości WMDT i wskaźników gałęziowych na potrzeby dokumentów programowych i strategicznych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*. Raport przygotowany w ramach projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*, Warszawa, IGiPZ PAN, 71 ss.
- Komornicki T., Rosik P., Stępnia M., 2015a, *Oszacowanie wartości wskaźnika dostępności czasowej na potrzeby dokumentów strategicznych, których postępy są monitorowane w ramach bazy STRATEG (izochrona drogowa 60 i 90 minut)*. Raport przygotowany w ramach projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*, Warszawa, IGiPZ PAN, 26 ss.
- Komornicki T., Rosik P., Stępnia M., 2015b, *Oszacowanie wartości WMDT i wskaźników gałęziowych 2007–2013 na potrzeby ewaluacji ex post NSRO 2007–2013*. Raport przygotowany w ramach IV etapu projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*, Warszawa, IGiPZ PAN, 70 ss.
- Komornicki T., Rosik P., Śleszyński P., Solon J., Wiśniewski R., Stępnia M., Czapiewski K., Goliszek S., 2013, *Impact of the construction of motorways and expressways on socio-economic and territorial development of Poland*. Poland: Ministry of Regional Development, Warsaw (*Wpływ budowy autostrad i dróg ekspresowych na rozwój społeczno-gospodarczy i terytorialny Polski*, badanie ewaluacyjne zrealizowane przez IGiPZ PAN na zlecenie MRR, Warszawa 2013 (http://www.ewaluacja.gov.pl/Wyniki/Documents/Raport_koncowy_z_badania_autostrady_i_drogi_ekspresowe.pdf).

- Komornicki T., Śleszyński P. (red.), 2009, *Studia nad lokalizacją regionalnych portów lotniczych na Mazowszu*, Prace Geograficzne, 220, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Komornicki T., Śleszyński P., Pomianowski W., Rosik P., Siłka P., Stępnia M., 2008a, *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie*; Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polska Akademia Nauk na zlecenie MRR, Warszawa; (http://www.pois.gov.pl/AnalizyRaportyPodsumowania/Documents/2009.01.22_wskaznik_dostepnosci_POIiS_opis.pdf);
- Komornicki T., Śleszyński P., Pomianowski W., Rosik P., Siłka P., Stępnia M., 2010a, *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie*; (aktualizacja), Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polska Akademia Nauk na zlecenie MRR, Warszawa; (http://www.ewaluacja.gov.pl/Dokumenty_ewaluacyjne/Strony/Ekspertyzy.aspx)
- Komornicki T., Śleszyński P., Rosik P., Pomianowski W., 2010b, *Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej*, Biuletyn KPZK PAN, Warszawa, z. 241, 165 ss.
- Komornicki T., Śleszyński P., Siłka P., Stępnia M., 2008b, *Wariantowa analiza dostępności w transporcie lądowym*, [w:] *Ekspertyzy do Koncepcji...*, op. cit., s. 133–334.
- Komornicki T., Śleszyński P., Węclawowicz G., 2006, *O potrzebie nowej wizji rozwoju infrastruktury transportowej Polski*, Przegląd Komunikacyjny, 6, s. 13–20.
- Komusiński S., 2010, *Przekształcenia przestrzenne sieci pasażerskiego transportu kolejowego w Polsce w latach 1988–2008*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, t. XVII, Warszawa–Rzeszów, s. 25–28; 47–82.
- Kowalczyk K., 2013, *Efekty inwestycji w infrastrukturę kolejową na liniach regionalnych*, [w:] R. Wiśniewski, P. Rosik, *Polityka przestrzenna a transportowa – ewaluacja inwestycji infrastrukturalnych*, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 9–32.
- Kowalski B., 2012, *Kolej w planach transportowych*, Rynek Kolejowy, 5, Zespół Doradców Gospodarczych TOR, Warszawa, s. 56–58.
- Kozanecka M., 1980, *Tendencje rozwojowe komunikacji autobusowej w Polsce*, Studium geograficzno-ekonomiczne, Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków, 240.
- Koźlak A., 2012, *Znaczenie usprawnienia pasażerskich powiązań międzygałęziowych dla poprawy dostępności transportowej*, [w:] *Integracja transportu pasażerskiego w Unii Europejskiej*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego Ekonomika Transportu i Logistyka, 45, s. 57–73.
- Kraft S., 2008, *Time accessibility – příklad deformace prostoru generované dopravou*, Miscellanea Geographica 14, s. 77–84.

- Kucharski R., Kulpa T., Szarata A., 2016, *Model wyboru środka transportu w dojazdach do i z pracy w Warszawie*, Transport Miejski i Regionalny, 8, s. 20–25.
- Květoň V., 2006, *Hodnocení dopravních možností obyvatel: analýza okresů Česka a mikroregionální pohled*, Diplomová práce, Praha, Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK.
- Laskowska J., 2014, *Proces konsolidacji przedsiębiorstwa na przykładzie Kujawsko-Pomorskiego Transportu Samochodowego S.A.*, Studia z zakresu prawa, administracji i zarządzania UKW, 5, s. 133–141.
- Last J., Manz W., 2003, *Unselected mode alternatives: What drives modal choice in long-distance passenger transport?*, Conference Paper, 10th International Conference on Travel Behaviour Research.
- Lijewski T., 1986, *Geografia transport Polski*, PWE, Warszawa.
- Lijewski T., 1994, *Infrastruktura komunikacyjna Polski wobec zmian politycznych i gospodarczych w Europie Środkowo-Wschodniej*, Zeszyty IGiPZ PAN, Warszawa, 44 ss.
- Lijewski T., 2006, *Światłość i upadek Polskich Kolei Państwowych*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, t. XII, Warszawa-Rzeszów, s. 109–111.
- Linneker B., Spence N.A., 1992, *Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain*, Environment and Planning, 24, s. 1137–1154.
- Lovett, A., Haynes, R., Sünnerberg, G., Gale, S., 2000, *The accessibility of primary health care services in East Anglia*. Paper presented at the 9th International Symposium on Medical Geography, Montreal, Canada.
- Lovett, A., Sünnerberg, G., Haynes, R., 2001, *Accessibility to GP surgeries in South Norfolk: A GS-based assessment of the changing situation 1997–2000*, [w:] D.B. Kidner, G. Higgs (red.), *GIS research in the UK. Proceedings of the GIS Research UK 9th Annual Conference GISRUk*, University of Glamorgan.
- Lozano A., Storchi G., 2002, *Shortest viable hyperpath in multimodal networks*, Transportation Research, Part B, Methodological 36 (10), s. 853–874.
- Lutter H., Pütz T., Spangenberg M., 1992, *Accessibility and Peripherality of Community Regions: The Role of Road, Long-Distance Railways and Airport Networks*. Report to the European Commission, DG XVI, Bonn, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Lutter, H., Pütz, T., Spangenberg, M., 1993, *Lage und Erreichbarkeit der Regionen in der EG und der Einfluß der Fernverkehrssysteme*, Forschungen zur Raumentwicklung 23, Bonn, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Macierze dojazdów do pracy 2006, 2011, GUS.
- Mały Rocznik Statystyczny (wydania 2000–2010).

- Martin D., Wrigley H., Barnett S., Roderick P., 2001, *Increasing the sophistication of access measurement in a rural healthcare study*, [w:] D.B. Kidner, G. Higgs (red.), *GIS research in the UK. Proceedings of the GIS Research UK 9th Annual Conference GISRUUK*, University of Glamorgan.
- Miller H.J., 1999, *Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures*, *Geographical Analysis*, 31, 2, s. 187–212.
- Mindur M., 2007, *Procesy transformacji systemowej w polskim transporcie*, *LogForum*, 3, 3, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań (czasopismo elektroniczne: www.logforum.net).
- Murphy E., Killen J.E., 2007, *Transportation accessibility issues and the location of a national facility: the case of a new paediatric hospital to serve the Republic of Ireland*, *Irish Geography* 40(1), s. 1–16.
- Naess P., Gunnar Roe P.G., Larsen S., 1995, *Travelling Distances, Modal Split and Transportation Energy in Thirty Residential Areas in Oslo*, *Journal of Environmental Planning & Management*, 38, s. 349–370.
- Naess P., Mogridge M.J.H., Sandberg S.L., 2001, *Wider Roads, More Cars*, *Natural Resources Forum* 25, s. 147–155.
- National Assembly for Wales, 2000, *Welsh index of multiple deprivations*, Cardiff, National Assembly of Wales.
- Neutens T., Schwanen T., Witlox F., de Maeyer P., 2008, *My space or your space? Towards a measure of joint accessibility*, *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, s. 331–342.
- Niedzielski M.A., Śleszyński P., 2008, *Analyzing accessibility by transport mode in Warsaw, Poland*, *Geographica Polonica*, 81 (2), s. 61–78.
- Nowoczesne metody pomiaru oddziaływania inwestycji infrastrukturalnych i taborowych*, 2009, Ewaluacja dla Ministerstwa Rozwoju Regionalnego, Raport końcowy, Akademia Leona Koźmińskiego.
- OpenStreetMap*
- Owen A., Murphy B., Levinson D., 2016, *Access Across America: Transit 2015 Methodology*, Final Report, Accessibility Observatory Center for Transportation Studies, University of Minnesota.
- ÖROK, 2007, *Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich 2005*, Modellrechnungen für den ÖPNRV und den MIV.
- Pawłowska B., Bąk M., Borkowski P., 2014, *Scenariusze rozwoju długodystansowego transportu pasażerskiego w Unii Europejskiej w perspektywie do 2030 r.*, *Logistyka*, 4, s. 3127–3143.
- Pieręgud J. (red.), 2015, *System transportowy Polski. 10 lat w Unii Europejskiej*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.

- Piskozub A., 1975, *Ekonomika transportu. Podstawy metodologiczne*, WKiŁ, Warszawa, 242.
- Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w zakresie sieci komunikacyjnej w międzywojewódzkich i międzynarodowych przewozach pasażerskich w transporcie kolejowym*, załącznik nr 1 do rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 9 października 2012 r. (poz. 1151).
- Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego – międzywojewódzkie i międzynarodowe przewozy pasażerskie w transporcie kolejowym*, 22.05.2012, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa.
- Podkowicz Cz., 1987, *Dostępność komunikacyjna gmin w makroregionie północnowschodnim*, Nauka i Praktyka, 1–2, s. 221–241.
- Podróże służbowe w Polsce 2012*, 2012, Optymalizacja kosztów noclegu i transportu, Raport Business Travel Cards.
- Pomianowski W., 2012, *OGAM – Open Graph Accessibility Model*, <<http://www.igipz.pan.pl/accessibility/pl/ogam>>
- Potrykowski M., 1980, *Modele grawitacji i potencjału w badaniach przestrzeni transportowej*, Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, 4, s. 121–139.
- Powęska H., 1990, *Dostępność przestrzenna usług medycznych a zachowania medyczne ludności*, Biuletyn informacyjny, IGI PZ PAN, 61, Warszawa.
- Pšenka T., Horňák M., 2009, *Priestorové rozdiely v konkurencieschopnosti vlakovej a autobusovej diaľkovej osobnej dopravy na Slovensku*, [w:] M. Kvizd, Z. Tome (red.), *Konkurencieschopnosť a konkurencja v železničnej doprave – ekonomické, právne a regionálne faktory konkurencieschopnosti železnice*. Recenzovaný zborník k semináru Telč, Brno, Masarykova univerzita Brno, Fakulta ekonomicko-správná, s. 62–71.
- Ptaszycka D., 1971, *Dostępność komunikacyjna terenów turystyki pobytowej województwa krakowskiego*. Folia Geographica. Series Geographica-Oeconomica, 4, s. 63–91.
- Ratajczak W., 1999, *Modelowanie sieci transportowych*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Rechłowicz M., Soczówka A., 2012, *Publiczny transport zbiorowy w przestrzeni konurbacji rybnickiej*, Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 78, Sosnowiec, 194 ss.
- Rich D.C., 1978, *Potential Models in Human Geography*, Concepts and Techniques in Modern Geography 26, University of East Anglia, Norwich.
- Rocznik Statystyczny* (wydania 1992, 1995, 1998).

- Rosik P., 2009, *Potencjał własny oraz szacowanie parametrów modelu dostępności wewnętrznej na przykładzie Warszawy*, Czasopismo Geograficzne, 80, z.1/2, s. 78–95.
- Rosik P., 2012, *Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, Warszawa, 233, 307 ss.
- Rosik P., 2014, *Zrównoważony transport lądowy a przesunięcie modalne w latach 2000–2010 – ujęcie przestrzenne*, Logistyka 2, s. 274–284.
- Rosik P., 2016, *Model uwarunkowań dostępności (NeST box) – integracja metod badawczych, atrybutów, komponentów i wymiarów dostępności*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 19 (2).
- Rosik P., Komornicki T., 2015, *Opracowanie instrukcji monitorowania zmian dostępności transportowej na potrzeby ewaluacji i sprawozdawczości z realizacji dokumentów programowych dot. polityki spójności perspektywy 2014–2020 oraz dokumentów strategicznych (krajowych i regionalnych)*, Raport przygotowany w ramach projektu: *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020*, Warszawa, IGiPZ PAN, 42 ss.
- Rosik P., Komornicki T., Kowalczyk K., Szejgiec B., 2014a, *Inwestycje i działania konieczne do podjęcia przez Polskę w celu wdrożenia korytarza sieci bazowej TEN-T Bałtyk-Adriatyk na terytorium Polski – w ujęciu krajowym i wojewódzkim, w średnim oraz długim horyzoncie czasowym (do i po 2020 r.)*, Raport końcowy, Warszawa: Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 171 ss.
- Rosik P., Komornicki T., Kowalczyk K., Szejgiec B., 2014b, *Inwestycje i działania konieczne do podjęcia przez Polskę w celu wdrożenia korytarza sieci bazowej TEN-T Morze Północne-Bałtyk na terytorium Polski – w ujęciu krajowym i wojewódzkim, w średnim oraz długim horyzoncie czasowym (do i po 2020 r.)*, Raport końcowy, Warszawa: Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 116 ss.
- Rosik P., Kowalczyk K., 2015, *Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000–2010*, Prace Geograficzne, 248, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Rosik P., Kowalczyk K., Stępiak M., Goliszek S., Komornicki T., 2014, *Bazy danych potoków ruchu – monitoring przestrzenny w latach 2000–2010 (projekt TRRAPs XXI)*, [w:] *Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów Komunikacji RP, Materiały Konferencyjne 1 103, Kraków, s. 303–316.
- Rosik P., Pomianowski W., Stępiak M., Komornicki T., Śleszyński P., 2011, *Narzędzie ewaluacyjno-badawcze dostępności transportowej gmin w podukładach wojewódzkich*, Raport końcowy, IGiPZ PAN (materiał niedrukowany wykonany w ramach IV konkursu dotacji MRR).

- Rosik P., Stępnia M., Komornicki T., Pomianowski W., 2012, *Monitoring spójności terytorialnej gmin w skali krajowej i międzynarodowej w latach 1995–2030 (w tym monitoring zmian dostępności w latach 2004–2006 i 2007–2013 oraz według zapisów KPZK 2030)*, Raport końcowy, IGIPZ PAN (materiał niedrukowany wykonany w ramach V konkursu dotacji MRR), 71 ss.
- Rosik P., Stępnia M., Komornicki T., 2015, *The decade of the big push to roads in Poland: impact on improvement in accessibility and territorial cohesion from a policy perspective*, *Transport Policy*, 37, s. 134–46.
- Rosik P., Szuster S., 2008, *Rozbudowa infrastruktury transportowej a gospodarka regionów*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Rosik P., Śleszyński P., 2009, *Wpływ zaludnienia w otoczeniu drogi, ukształtowania powierzchni terenu oraz natężenia ruchu na średnią prędkość jazdy samochodem osobowym*, *Transport Miejski i Regionalny* 10, s. 26–31.
- Rudnicki A., 1999, *Jakość komunikacji zbiorowej*, Zeszyty SITK Kraków, 1 (71).
- Rydzewski T., 1999, *Dostępność kolejowa miast województwa szczecińskiego w 1994 roku*, *Zeszyty Naukowe. Marine Sciences*, 5, Uniwersytet Szczeciński, s. 207–234.
- Rydzewski T., 2000, *Dostępność autobusowa miast województwa szczecińskiego w 1998 roku*, *Zeszyty Naukowe. Marine Sciences*, 6, Uniwersytet Szczeciński, s. 109–134.
- Schakenbos R., La Paix L., Nijenstein S., Geurs K.T., 2016, *Valuation of a transfer in a multimodal public transport trip*, *Transport Policy*, 46, s. 72–81.
- Schürmann C., Talaat A., 2000, *Towards a European Peripherality Index*, Final Report, Report for General Directorate XVI Regional Policy of the European Commission. Dortmund: Institute of Spatial Planning.
- Schürmann C., Spiekermann K., 2010, *Erreichbarkeit ausgewählter zentralörtlicher Einrichtungen in Bayern*, Dortmund, S&W.
- Schürmann C., Spiekermann K., 2011, *Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten. Ex post Analysen im stadtreionalen Kontext*. BBSR-Online Publikation 2/2011. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).
- Seweryn R., 1999, *Ocena dostępności komunikacyjnej Polski dla turystów zagranicznych*, *Problemy Turystyki*, 22, 2.
- Sierpiński G., 2012, *Zachowania komunikacyjne osób podróżujących a wybór środka transportu w mieście*, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, z. 84, s. 93–106.
- Silva C., Pinho P., 2010, *The Structural Accessibility Layer (SAL): revealing how urban structure constrains travel choice*, *Environment and Planning A* 42(11), s. 2735–2752.

- Sobczyk W., 1985, *Dostępność komunikacyjna w układach osadniczych miast*, Komitet Badań Rejonów Uprzemysławianych PAN, PWN, Warszawa.
- Soczówka A., 2012, *Zróznicowanie struktury przestrzennej komunikacji miejskiej w konurbacji katowickiej*, Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 76, Sosnowiec, 206, 243 ss.
- Spiekermann K., 2009, *Update of Air and Multimodal Potential Accessibility Indicators Dortmund*, Spiekermann & Wegener, Urban and Regional Research.
- Spiekermann K., Aalbu H., 2004, *Nordic Peripherality in Europe*, Nordregio Report, 2005, 4. Stockholm, Nordregio.
- Spiekermann K., Neubauer J., 2002, *European Accessibility and Peripherality: Concepts, Models and Indicators*, Nordregio Working Paper, Stockholm.
- Spiekermann K., Wegener M., Schürmann C., 2007, *Update of Selected Potential Accessibility Indicators*, ESPON, European Union. http://www.mdrl.ro/espon_cd2/Project_Reports/Scientific_briefing_and_networking/MapUpdate_final_report.pdf
- Spiekermann K., Wegener M., Květoň V., Marada M., Schürmann C., Biosca O., Uljed Segui A., Antikainen H., Kotavaara O., Rusanen J., Bielańska D., Fiorello D., Komornicki T., Rosik P., Stępnia M., 2015, *TRACC Transport Accessibility at Regional/Local Scale and Patterns in Europe*, Final Report, ESPON Applied Research.
- Spieß H., Florian M., 1989, *Optimal strategies: a new assignment model for transit networks*, Transportation Research, Part B, Methodological, 23 (2), s. 83–102.
- Stewart J.Q., 1947, *Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population*, Geography Review, 37, s. 461–485.
- Stępnia M., Goliszek S., 2017, *Spatio-temporal variation of accessibility by public transport – the equity perspective*, [w:] I. Ivan, A. Singleton, J. Horák, T. Inspektor (red.), *The rise of big spatial data*, Cham, Springer International Publishing, s. 241–261.
- Stępnia M., Jacobs-Crisioni 2017, *Reducing the uncertainty induced by spatial aggregation in accessibility and spatial interaction applications*, Journal of Transport Geography, 61, s. 17–29.
- Stępnia M., Rosik P., 2013a, *Accessibility improvement, territorial cohesion and spillovers: a multidimensional evaluation of two motorway sections in Poland*, Journal of Transport Geography, 31, s. 154–63.
- Stępnia M., Rosik P., 2013b, *Accessibility of services of general interest at regional scale*, EUROPA XXI, 23, s. 131–147.
- Stępnia M., Rosik P., 2016, *From improvement in accessibility to the impact on territorial cohesion: the spatial approach*, Journal of Transport and Land Use, 9, 3, s. 1–13.

- Stępnia M., Rosik P., Komornicki T., 2013, *Accessibility patterns: Poland case study*, EUROPA XXI, 24, s. 77–93.
- Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)*, 2013, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Zał. 1, Słownik Pojęć Transportowych SRT, Warszawa.
- Stryjek B., Warakomska K., 1980, *Zasięg oddziaływania wybranych ośrodków przemysłowych w Polsce w świetle izochrony jednogodzinnej*, Przegląd Geograficzny, 2, s. 321–337.
- Studium układu dróg szybkiego ruchu w Polsce. Układ kierunkowy horyzont 2025 rok wraz z analizą podziału funkcjonalnego całej sieci drogowej Polski*, 2008, Politechnika Warszawska na zlecenie GDDKiA.
- Szymaniak P., 2013, *Transport: Koniec wolnego rynku w przewozach*, Gazeta Prawna, 27.12.2013, <http://serwisy.gazetaprawna.pl/transport/artykuly/767379,transport-koniec-wolnego-ryнку-w-przewozach.html>, dostęp: 8.01.2017.
- Śleszyński P., 2012, *Delimitacja miejskich obszarów funkcjonalnych stolic województw*, Ekspertyza wykonana dla Ministerstwa Rozwoju Regionalnego, wersja poprawiona uwzględniająca konsultacje z GUS i samorządami (biurami urbanistycznymi), Warszawa.
- Tarski I., 1976, *Czynnik czasu w procesie transportowym*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Tavasszy L.A., Burgess A., Renes G., 2004, *Final Publishable Report, IASON Deliverable D10, TNO Inro, Delft, Netherlands*.
- Taylor Z., 1999, *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, Prace Geograficzne, 171, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Taylor Z., 2003, *Accessibility to facilities versus daily mobility of rural dwellers: The case of Poland*, [w:] G. Higgs (red.), *Rural Services and Social Exclusion*, European Research in Regional Science, 12. London, Pion, s. 95–125.
- Taylor Z., 2007, *Rozwój i regres sieci kolejowej w Polsce*, Monografie IGiPZ PAN, 7, Warszawa, 322 ss.
- Taylor Z., Ciechański A., 2005, *Deregulacja w polskim transporcie kolejowym*, Przegląd Geograficzny, 77, 2, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 139–169.
- Taylor Z., Ciechański A., 2007, *Przekształcenia własnościowe przedsiębiorstw PKS w nowej sytuacji gospodarczej*, Przegląd Geograficzny, 79, 1, s. 5–44.
- Taylor Z., Ciechański A., 2008, *Przekształcenia własnościowe przedsiębiorstw transportu miejskiego w Polsce – część I*, Przegląd Geograficzny, 80, 4, s. 495–513.
- Taylor Z., Ciechański A., 2009, *Przekształcenia własnościowe przedsiębiorstw transportu miejskiego w Polsce – część II*, Przegląd Geograficzny, 81, 2, s. 205–236.

- Taylor Z., Ciechański A., 2010, *Niedawne przekształcenia organizacyjno-własnościowe przedsiębiorstw transportu kolejowego w Polsce – część I*, Przegląd Geograficzny, 82, 4, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 549–571.
- Taylor Z., Ciechański A., 2011, *Niedawne przekształcenia organizacyjno-własnościowe przedsiębiorstw transportu kolejowego w Polsce – część II*, Przegląd Geograficzny, 83, 2, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 205–231.
- Taylor Z., Ciechański A., 2013a, *Organizacyjno-własnościowe przekształcenia narodowych przewoźników drogowych w Polsce, Czechach i na Słowacji – część I*, Przegląd Geograficzny, 2013, 85, 2, s. 151–172.
- Taylor Z., Ciechański A., 2013b, *Organizacyjno-własnościowe przekształcenia narodowych przewoźników drogowych w Polsce, Czechach i na Słowacji – część II*, Przegląd Geograficzny, 2013, 85, 4, s. 515–547.
- Toledo T., Cats O., Burghout W., Koutsopoulos H. N., 2010, *Mesoscopic simulation for transit operations*, Transportation Research, Part C: Emerging Technologies, 18 (6), s. 896–908.
- Transport – wyniki działalności w 2004 r.*, 2005, GUS Warszawa, 146 ss.
- Transport – wyniki działalności w 2008 r.*, 2009, GUS Warszawa, 242 ss.
- Transport – wyniki działalności w 2009 r.*, 2010, GUS Warszawa, 252 ss.
- Transport – wyniki działalności w 2010 r.*, 2011, GUS Warszawa, 268 ss.
- Transport. Wyniki działalności w 2011 r.*, 2012, GUS Warszawa, 275 ss.
- Transport. Wyniki działalności w 2012 r.*, 2013, GUS Warszawa, 278 ss.
- Transport. Wyniki działalności w 2013 r.*, 2014, GUS Warszawa, 281 ss.
- Transport. Wyniki działalności w 2014 r.*, 2015, GUS Warszawa, 280 ss.
- Transport. Wyniki działalności w 2015 r.*, 2015, GUS, Warszawa, 296 ss.
- Truder Tørset, 2005, *Kollektivmodellering – Can existing transport models be developed so they become more suited for analyses of public transport?* Doctoral thesis at NTNU, 224, Trondheim, Norge, ISBN 82–471–7349–2.
- Vickerman R.W., 1974, *Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility*, Environment and Planning A 6, s. 675–691.
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym*, Dziennik Ustaw z 2015, poz. 1440.
- Ustawa z dnia 23 grudnia 1988 r. o działalności gospodarczej*, Dziennik Ustaw z 1988, 41, poz. 324.
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o warunkach wykonywania krajowego drogowego przewozu osób*, Dziennik Ustaw z 1997, 141, poz. 942.

- Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym, Dziennik Ustaw z 2001, 125, poz. 1371.
- Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym, Dziennik Ustaw z 2016 r. poz. 446.
- Warakomska K., 1993, *Izochrony zmodyfikowane jako kartograficzna metoda przedstawiania dostępności ludności do miasta wojewódzkiego (na przykładzie województwa lubelskiego)*, Polski Przegląd Kartograficzny, 25, 2, s. 66–72.
- Wardman M., 2001, *Public transport values of time*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 564.
- Wegener M., Bökemann D., 1998, *The SASI Model, Model Structure*, SASI Deliverable D8, Dortmund, August.
- Wen C.-H., Koppelman F. S., 2001, *The generalized nested logit model*, Transportation Research, Part B: Methodological, 35 (7), s. 627–641.
- Wendt J., 2000, *Dostępność komunikacyjna ośrodków władzy wojewódzkiej*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 6, s. 183–202.
- Węclawowicz G., Bański J., Degórski M., Komornicki T., Korcelli P., Śleszyński P., 2006, *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku*, Monografie IGiPZ PAN, Warszawa, s. 75–78, 85–87.
- White S., 2001, *Using GIS to explore variations in primary healthcare provision in rural areas*, [w:] D.B. Kidner, G. Higgs (red.), *GIS research in the UK*. Proceedings of the GIS Research UK 9th Annual Conference GISRUK, University of Glamorgan.
- Wilson A.G., 1971, *A family of spatial interaction models, and associated developments*, Environment and Planning 3, 1, s. 1–32.
- Wiśniewski S., 2015, *Zróżnicowanie dostępności transportowej miast w województwie łódzkim*, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź, 224 ss.
- Wolański M., Paprocki W., Mazur B., Soczówka A., Jakubowski B., 2014, *Publiczny transport zbiorowy poza miejskimi obszarami funkcjonalnymi. Diagnoza, analiza zróżnicowania, oddziaływanie społeczne, rekomendacje*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 257 ss.
- Ziembowa Cz., 1969, *Wpływ odległości i czasu na komunikację pasażerską między miastami wojewódzkimi w Polsce*, Przegląd Komunikacyjny, 1, s. 3–36.
- Zintegrowany system biletowy w dalekobieżnym transporcie pasażerskim*, 2012, ekspertyza wykonana przez TRT Transport i Territorio i MKMetric na zamówienie Dyrekcji Generalnej ds. Polityk Wewnętrznych Unii, Departament Polityczny B: Polityka Strukturalna i Polityka Spójności, Transport i Turystyka, IP/B/TRAN/IC/2010–0134 (http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/474566/IPOL-TRAN_ET%282012%29474566%28SUM01%29_PL.pdf)

Żurkowski A., 2009, *Modelowanie przewozów międzyaglomeracyjnych*, Problemy Kolejnictwa, 148, Warszawa, s. 5–47.

<http://www.autocentrum.pl/paliwa/ceny-paliw>.

http://arriva.pl/upload/image/PCV_4mm_100x70cm_PREV.jpg <http://a1.com.pl/oplaty/>

<https://www.autostrada-a2.pl/payments>

<https://www.gddkia.gov.pl/pl/14/oplaty-za-autostrady>

<https://www.gddkia.gov.pl/pl/14/oplaty-za-autostrady>

<https://www.google.pl/flights/>

https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/o/oplaty-za-autostrady_10707/rozporzadzenie_25_kwietnia_2012.pdf

http://www.siskom.waw.pl/komunikacja/kolej/KDP/kdp_informacje_sw_umowa_realizacja.pdf

ANEKS STATYSTYCZNY

OPIS WPŁYWU ZMIENNYCH WARUNKUJĄCYCH PRĘDKOŚĆ W TRANSPORCIE INDYWIDUALNYM

Dla **liczby ludności** w buforze odcinka, dla różnych kategorii drogi przyjęto pewne poziomy minimalnych prędkości. Zastosowano następujący wzór:

$$v_{Li} = v_{kmin} + \frac{v_{kmax} - v_{kmin}}{1 + e^{-\frac{(L - \bar{L})}{L_{sc}}}}$$

gdzie:

v_{Li} – prędkość wynikająca z wpływu ludności zamieszkałej w buforze 5 km na odcinku drogi i ,

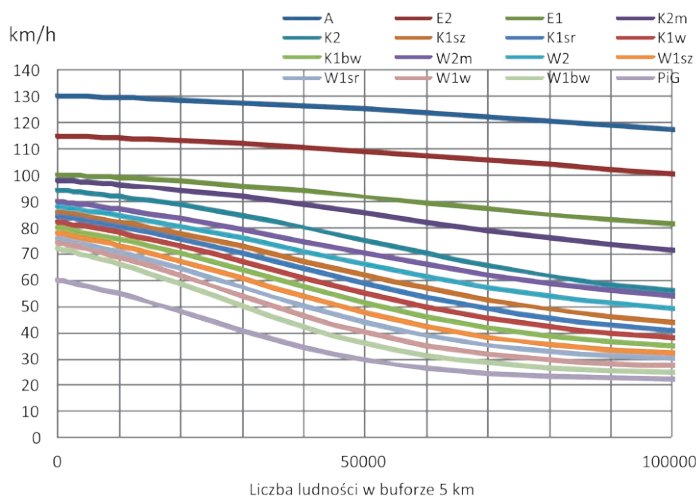
v_{kmax} – górny limit prędkości (dla $-\infty$),

v_{kmin} – dolny limit prędkości (dla $+\infty$),

L_{sc} – parametr kształtu funkcji logitowej: nachylenie krzywej,

L (\bar{L} (średnia)) – parametr kształtu funkcji logitowej: punkt średni na osi Y (zbliżony do średniej L),

L – liczba ludności w buforze 5 km wokół odcinka.



Ryc. I. Wpływ liczby ludności w buforze 5 km na redukcję prędkości pojazdów osobowych

Kolejną zmienną warunkującą redukcję prędkości jest przejazd przez **obszar zabudowany**. Założono, że jako obszar zabudowany będzie traktowany obszar, dla

którego ponad 30% terenu zajmują zabudowania. Stwierdzono, że 30%-owy odsetek terenu zabudowanego daje duże prawdopodobieństwo wystąpienia znaku drogowego redukującego prędkość pojazdów na danym odcinku drogi. Obliczono odsetek obszaru zabudowanego w buforze 100-metrowym wokół każdego krótkiego (100 m) fragmentu sieci drogowej. Następnie obliczono dla dłuższych odcinków „wchodzących” do modelu udział fragmentów stumetrowych charakteryzujących się ponad 30%-owym udziałem obszaru zabudowanego w buforze 100-metrowym. Prędkość wynikająca z wpływu obszaru zabudowanego na odcinku drogi oblicza się za pomocą wzoru:

$$v_{Zi} = v_{kz} \frac{s_{zi}}{s_i} + v_{kn} \frac{s_{ni}}{s_i}$$

gdzie:

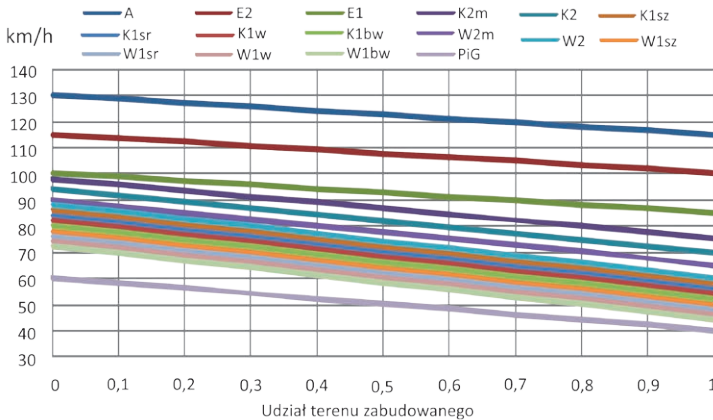
v_{Zi} – prędkość wynikająca z wpływu obszaru zabudowanego na odcinku drogi i ,

v_{kz} – prędkość na obszarze zabudowanym dla kategorii drogi k ,

v_{kn} – prędkość na obszarze niezabudowanym dla kategorii drogi k ,

s_{zi} – udział obszaru zabudowanego w łącznej długości odcinka i ,

s_{ni} – udział obszaru niezabudowanego w łącznej długości odcinka i .



Ryc. II. Wpływ obszaru zabudowanego na redukcję prędkości pojazdów osobowych

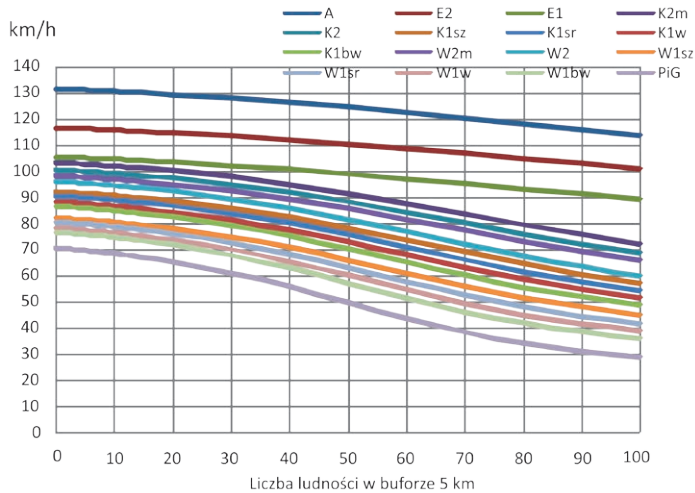
Trzecim parametrem wchodzącym w skład modelu jest **ukształtowanie terenu** określone przez wartości odchylenia standardowego różnic wysokości w heksagonie o boku 3 km. Prędkość wynikająca z wpływu spadków terenu na odcinku drogi jest zgodna ze wzorem:

$$v_{Ui} = v_{kmin} + \frac{v_{kmax} - v_{kmin}}{1 + e^{\frac{(U-\bar{U})U_{sc}}{U}}}$$

gdzie:

v_{Ui} – prędkość wynikająca z wpływu spadków terenu na odcinku drogi i ,

- v_{kmax} – górny limit prędkości (dla $-\infty$),
 v_{kmin} – dolny limit prędkości (dla $+\infty$),
 U_{sc} – parametr kształtu funkcji logitowej: nachylenie krzywej,
 $U_{(średnia)}$ – parametr kształtu funkcji logitowej: punkt średni na osi Y (zbliżony do średniej U),
 U – odchylenie standardowe różnic wysokości w heksagonie o boku 3 km.



Ryc. III. Wpływ spadków terenu na redukcję prędkości samochodów osobowych

Występujące ograniczenia nie sumują się, a prędkość średnia pojazdów na dowolnym odcinku drogi w Polsce wynika zatem ze wzoru:

$$v_i = \min \{ f_{Li}, f_{Zi}, f_{Ui} \}$$

gdzie:

- v_i – prędkość na odcinku drogi i ,
 f_{Li} – prędkość wynikająca z wpływu ludności zamieszkałej w buforze 5 km od odcinka drogi i ,
 f_{Zi} – prędkość wynikająca z wpływu obszaru zabudowanego na odcinku drogi i ,
 f_{Ui} – prędkość wynikająca z wpływu spadków terenu na odcinku drogi i .

MULTIMODAL PUBLIC TRANSPORT ACCESSIBILITY OF POLISH GMINAS/MUNICIPALITIES (MULTIMODACC)

SUMMARY

The current monograph is the central outcome of the project entitled “**Multimodal public transport accessibility of Polish gminas/municipalities**” (MULTIMODACC). The project team has managed to realize all the **research objectives** that were initially adopted, thanks to which, an opportunity arose for the first time to present in the Polish literature on the subject the findings on accessibility considering particular **transport modes** (individual, bus, rail, air, multimodal), determined, firstly, by the **function of distance decay** and decrease in destination's attractiveness (accessibility in short and long-distance trips), secondly, by **distance decay elements** (time or generalized cost perceived as distance decay elements), as well as, finally, by **traveller's income** (accessibility in private and high income business trips). The original mechanism/formula has been devised in the current study in the form of “cost minutizing” which made it possible to compare levels of accessibility not only between modes of transport but also between accessibility levels calculated by use of time and cost as the elements of distance decay, including differentiations between users with different level of income.

The key added value is a **computer programme (application) MULTIMODACC** that allows to conduct simulations for the level and changes of accessibility, including the travel time and cost by a given mode, waiting travel time and cost of any mode utilized, the possibilities for transfer between modes, and, what is also important, the transport modes' frequencies on any of a few thousand routes that were pointed out. For the first time in Polish literature on the subject, and maybe also one could dare to claim that in the world literature, we have such an innovative tool allowing us to analyse changes in potential accessibility from a multicriteria viewpoint, where variables having impact on accessibility are, *inter alia*, costs of fares, fuel, frequency of rail services, value of waiting time, travel length or assuming travel by one, two or even three transportation modes.

The need for up-to-date diagnosis necessitated the adoption of transportation network and organization of transportation services as relevant and new as possible. For the aforementioned reasons the study takes into account:

- state of road infrastructure as of the end of 2015,
- state of the rail infrastructure utilized for passenger traffic (including working railway stations) as of the end of 2015,
- bus timetables covering intercounty transit services collected in the years 2014–2015 (licenses obtained from all the 16 Marshal's Offices);
- rail timetables of 2015/2016 (in force since 13 December 2015),
- air timetables effective from March 2016,
- fuel cost and motorway tolls as of March 2016,

- bus, rail and air fares as of March 2016.

The study of multimodal accessibility covered the whole Poland (matrix of travel time and cost is restricted to Poland's borders; no international transit and linkages are taken account of). Gmina/municipality constituted the basic research unit, with aggregation of transportation zones to 2321 units for the purposes of accessibility analysis, based on the criterion of seat of gmina authorities.

The present study can be broken down into three parts. The first part (made up of introduction and chapters two and three) covers theoretical introduction to the issues dealt with in the study. Part two (chapter 4–8) presents the situation existing in Poland with regard to organization of passenger transit, travel cost and development of multimodality within agglomerations. Part three (9–12) consists of presuppositions and outcomes of **MULTIMODACC** model, including summarization and conclusions.

Part one (chapters 1–3). The introduction includes objectives of the study, definition of multimodality/intermodality and public transport, time and spatial scope, data sources (together with an application specially dedicated to convenient data entry, and structure of study). Chapters two and three constitute theoretical part, based on a review of the literature on the subject dealing with dimensions, attributes and conditions of multimodal accessibility, research methods and generalized cost as well as value of time. **In chapter two**, a review of literature on the subject is carried out in the matter of accessibility definition, its dimensions, attributes and components. Also the preliminary outline of the model of accessibility conditions (NeST bos) is illustrated. A review of research methods is presented with a special reference to **potential** and person-based accessibility as well as to indicators of multimodal and intermodal accessibility, including topical papers dealing with accessibility in public transport from Polish and world literature. **In chapter three**, the subject-matter deals with generalized cost (distance decay elements and their components), with a special reference to values of access and egress time, of travel and transfer, as well as of traveller income in the light of value of travel time in Poland.

Part two (chapters 4–8). Chapters four, five and six are devoted to transport organization and network structure in Polish public transport, namely, these chapters focus, respectively, on: bus (**chap. 4**), rail (**chap. 5**), and air transport (**chap. 6**). **Chapter seven** is dedicated to non time-related elements of generalized cost, including primarily fuel costs and motorway tolls (in individual transport) and fare prices (in public transport with reference to particular modes grouped according to separate carriers). This chapter aims to take a closer look at the cost-related subject-matter in the context of non time-related elements of generalized cost and their role in Poland when comparing individual and public transport. **Chapter eight** describes in greater detail the theme of multimodal transport in a selection of agglomerations, in particular in the context of synchronization of timetables between bus and rail carriers.

Part three (chapters 9–13). In chapter nine, assumptions for accessibility model are provided concerning travel origins and destinations, as well as components of travel time and cost (including time value). In addition, the assumptions relating to self-potential and time length were presented. The velocity model used in the study is briefly dealt with. The detailed description is devoted to methodology of calculating accessibility for individual transport, including methodology and structure of application **MULTIMODACC** (subchapter 9.5). **Chapters ten and**

eleven present results of accessibility in one-modal models (for individual, bus and rail transport), in bus+rail variant and in multimodal model (bus+rail+air) accordingly with the assumption of time (chapter ten) and cost (chapter eleven) as a distance decay element. **In chapter twelve**, the results were shown of simulation for changes in accessibility due to completion of selected infrastructural investment projects in public transport (for a 'Y' high speed rail network). **Chapter thirteen** entails the summarization and most important conclusions.

The most important research conclusion may be briefly summed-up as follows:

1. As regards public transport, including multimodal system, Poland's regional division is becoming increasingly evident into south-east part dominated by bus transport and the rest of the country with differing impact of particular transport modes, which as a result leads to conclusion that in relation to individual transport a shift in the center of gravity of national accessibility takes place towards the south-east direction;
2. As compared to individual transport, in public transport in terms of long-distance trips, inner peripheries can be distinguished, i.e. areas characterized by distinctly lower level of accessibility, despite the fact of being located in a relative vicinity to the areas with far better accessibility;
3. The role of regional networks of public transport is becoming growingly prominent (both for bus and rail transport);
4. The rail transport is playing important part in concentric systems along the main rail routes leading to agglomerations;
5. The role of domestic air services is restricted to a few selected peripheral airports and their hinterlands and only for a time as a distance decay element;
6. As regards the general level of accessibility, where a generalized cost is a distance decay element, non time-related components of this cost (fuel cost, motorway tolls) are of greater importance in individual transport than in multimodal public transport (fare prices);
7. Accessibility results (i.e. the level of accessibility and its spatial differentiation) are affected primarily by such elements as an adopted research methodology, parameters and model assumptions, together with the so-called accessibility dimension as assumed in the study;
8. Simulations for high speed rail accessibility in Poland indicate that MULTIMODACC programme is an excellent instrument that allows for quick and efficient analysis of changes in accessibility due to elements such as: improvement in frequency of rail services, changes in location of railway stations or development of new ones, and, lastly, changes in fare prices; the possibilities in this regard are endless – both for rail and other modes of transport, e.g. with reference to location of Poland's Central Airport, or simulating the impact of domestic network of air connections on fare prices and frequency of air flights.

Summing up, a spatial picture of multimodal accessibility in public transport tends to be clearly more polarized than in the case of individual accessibility. More importantly, this polarization takes place not only on a national scale but also on a voivodship scale (especially as regards short trips). Polarization of multimodal accessibility can be perceived as the main cause of progressing heterogeneity or

mosaic-like nature of spatial structures in Poland. In the extrametropolitan areas, low public transport accessibility restricts the availability of basic public services and resources, which contributes to depopulation, and ultimately results in the lack of better qualified labour force thus hampering economic development. The accessibility pattern in public transport reveals also zones where it is possible to maintain the level of demographic potential based on the increased scale of commuting to work.

While the accessibility in individual transport is *de facto* reflection of the existing infrastructure and demographic processes, the multimodal accessibility in public passenger transportation is also indirectly related to (via an element of carriages organization) broadly conceived socio-economic situation (public transport timetables are created to meet the demand generated, for example, by commuting to work-places or by tourist movement) and due to institutional factors (policies run by railways and airline companies). That is the reason why the elaborated indicator may be applicable also to analyses extending beyond the field of transportation research.

Translated by: Tomasz Paczuski

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego wydaje następujące publikacje seryjne:

Geographia Polonica,
Przegląd Geograficzny,
Europa XXI,
Prace Geograficzne,
Studia Obszarów Wiejskich,
Atlas Warszawy

oraz *Dokumentacja Geograficzna, Geopolitical Studies, Bibliografia Geografii Polskiej, Atlas Rzeczypospolitej Polskiej (1993–1997) i Centralny Katalog Zbiorów Kartograficznych w Polsce (1961–2000).*

MONOGRAFIE

1. Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski.*
2. Starkel L., 2001, *Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś.*
3. Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie.*
4. Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka.*
5. Gawryszewski A., 2005, *Ludność Polski w XX wieku.*
6. Węclawowicz G., Bański J., Degórski M., Komornicki T., Korcelli P., Śleszyński P., 2006, *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku.*
7. Taylor Z., 2007, *Rozwój i regres sieci kolejowej w Polsce.*
8. Matuszkiewicz J.M. (red.), 2007, *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski.*
9. Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007, *Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych.*
10. Gawryszewski A., 2009, *Ludność Warszawy w XX wieku.*
11. Grzeszczak J., 2010, *Gentryfikacja osadnictwa. Charakterystyka, rozwój koncepcji badawczej i przegląd wyjaśnień.*
12. Eberhardt P., 2011, *Political migrations on Polish territories (1939–1950).*
13. Błażejczyk K., 2011, Kunert A., *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce.*
14. Korcelli P., Grochowski M., Kozubek E., Korcelli-Olejniczak E., Werner P., 2012, *Development of Urban-Rural Regions: from European to Local Perspective.*
15. Taylor Z., Ciechański A., 2013, *Bezpośrednie inwestycje zagraniczne w polskim transporcie.*

Niniejsza monografia stanowi główny produkt projektu **MULTIMODACC**. Po raz pierwszy w polskiej literaturze przedmiotu przedstawiono na mapach wyniki dostępności potencjałowej dla wszystkich gmin w Polsce w podziale na:

- **gałęzie transportu** (dostępność w transporcie indywidualnym, autobusowa, kolejowa, lotnicza, multimodalna),
- **funkcję oporu przestrzeni** i spadek atrakcyjności celu podróży (dostępność w podróżach krótkich i długich),
- **miarę oporu przestrzeni** (czas lub koszt uogólniony jako miara oporu przestrzeni),
- **dochód podróżnego** (dostępność w podróżach prywatnych i biznesowych).

Wartością dodaną projektu **MULTIMODACC** (oprogramowanie OGAM.Multimodal) jest umożliwienie wykonywania symulacji poziomu i zmian dostępności z uwzględnieniem:

- czasu i kosztu **podróży** w środku transportu,
- czasu i kosztu **oczekiwania** na środek transportu,
- możliwości **przesiadek** między środkami transportu,
- **częstotliwości** kursowania autobusów, pociągów, samolotów na dowolnej z kilku tysięcy wyróżnionych tras.

W transporcie publicznym, w tym w ujęciu multimodalnym, uwidacznia się podział regionalny Polski na jej relatywnie dobrze dostępną część południowo-wschodnią zdominowaną przez transport autobusowy oraz resztę kraju o zróżnicowanym wpływie poszczególnych gałęzi. Zaznaczają się peryferie wewnętrzne, tj. obszary o wyraźnie niższym poziomie dostępności zlokalizowane w relatywnej bliskości tych lepiej dostępnych. Obraz przestrzenny dostępności multimodalnej jest wyraźnie bardziej spolaryzowany, niż w przypadku dostępności transportem indywidualnym.



Fundusze Europejskie
Pomoc Techniczna



MINISTERSTWO
ROZWOJU

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Egzemplarz bezpłatny

PL ISSN 0373-6547
ISBN 978-83-61590-62-0