

Analiza zmienności napełnień samochodów osobowych na wlotach do dużego miasta na przykładzie zachodniej części Krakowa¹

MARIUSZ DUDEK

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

Streszczenie: W ostatnich latach postępuje intensywny rozwój obszarów podmiejskich wokół dużych miast. Powoduje to znaczący wzrost potoków ruchu do miasta. W obsłudze transportowej tych obszarów bardzo często obserwuje się duży udział zmotoryzowanego transportu indywidualnego. Jest to spowodowane dynamicznym rozwojem motoryzacji. Jednym z działań, jakie należy podjąć w ramach polityki transportowej na tych obszarach, winno być zwiększenie napełnienia samochodu osobowego. Z tego powodu należy lepiej poznać czynniki wpływające na intensywność wykorzystania transportu indywidualnego. Przeanalizowany będzie wpływ pory roku na napełnienie samochodu czy też wielkości natężenia ruchu na poszczególnych drogach. Na zakończenie podjęto próbę estymacji wielkości napełnienia samochodu osobowego.

Słowa kluczowe: transport indywidualny, transport podmiejski, zapełnienie samochodu

Wprowadzenie

W ostatnich kilkunastu latach w wielu polskich miastach obserwuje się intensywny rozwój obszarów podmiejskich. Jego konsekwencją jest dynamiczny wzrost ruchu na wielu wlotach do miast, które pozostają miejscem pracy, a także wielu innych aktywności mieszkańców suburbiów. Wzrost ten jest najbardziej widoczny na drogach niższych klas, które często nie są przystosowane do przenoszenia dużych natężeń ruchu samochodowego. Jest to tym istotniejsze, gdyż ze względu na zamożność nowych mieszkańców tych obszarów zakup samochodu nie stanowi większego problemu, a dodatkowo komunikacja zbiorowa obsługująca te obszary oraz infrastruktura jej towarzysząca są na niesatysfakcjonującym poziomie.

Przegląd literatury

Badania prowadzone w krajach Unii Europejskiej wskazują na duże znaczenie transportu indywidualnego zmotoryzowanego w transporcie osób [2]. Dzieje się tak mimo podejmowania szeregu działań mających zachęcić do wykorzystania transportu zbiorowego w podróżach, także poprzez uświadomienie szeregu uciążliwości środowiskowych związanych z masowym wykorzystaniem samochodu w podróżach. Ponadto wskutek coraz powszechniejszego dostępu do samochodów i możliwości indywidualizacji podróży w szeregu państw Europy Środkowej obserwuje się spadek średniego napełnienia samochodów, np. w Czechach stwierdzono jego spadek od wartości

1,9 osób/sam. w roku 2004 do wartości 1,41 osób/sam. w roku 2008 [4].

Pomiary wykonywane w roku 2013 w Krakowie [1] pokazały wyraźnie, że napełnienie samochodu osobowego dość istotnie różni się dla podróży wykonywanych wewnątrz miasta (gdzie wynosi 1,53 osób/sam.) oraz dla podróży ze strefy podmiejskiej (1,62 osób/sam.). Badania prowadzone w Kielcach [3], że napełnienie samochodu zależy istotnie od motywacji podróży:

- podróże ogółem – 1,25 osób/sam.,
- podróże związane z pracą – 1,10 osób/sam.,
- podróże związane z nauką – 1,48 osób/sam.,
- podróże związane z zakupami lub usługami – 1,29 osób/sam.,
- podróże związane z wypoczynkiem – 1,49 osób/sam.

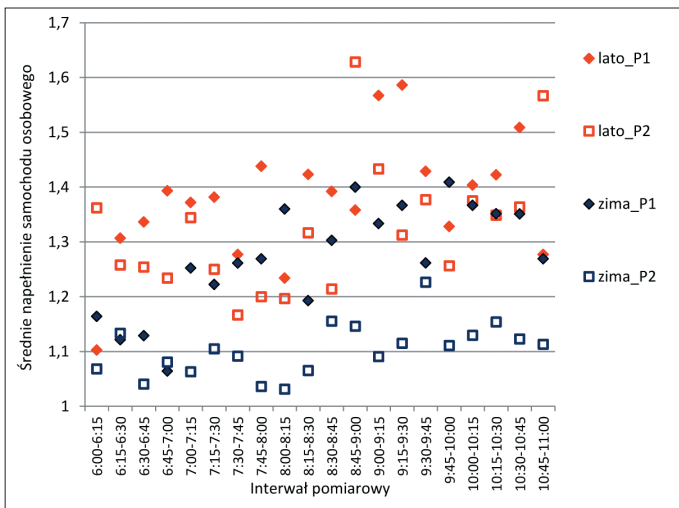
Wstępne wyniki pomiarów

Wykorzystane dla potrzeb niniejszej publikacji analizy zostały wykonane w ramach Programu Unii Europejskiej „SmartMove”, którego celem jest zwiększenie udziału transportu zbiorowego na obszarach wiejskich. Jest on realizowany w kilku miastach i obszarach w Austrii, Hiszpanii, Niemczech i Portugalii. W Polsce program ten wdrażany jest na obszarze podkrakowskiej gminy Liszki leżącej na zachód od miasta. W ramach jego ewaluacji wykonanych zostało szereg pomiarów, w tym dwie serie pomiarów napełnień pojazdów. Przeprowadzone zostały one w dwóch terminach: 19.06.2015 oraz 8.12.2015, każdy w godzinach 6:00– 11:00. Każde z badań było zrealizowane w dwóch punktach zlokalizowanych na zachodniej granicy Krakowa przy ulicy Księcia Józefa (oznaczonym w dalszych analizach jako P1) oraz ulicy Mirowskiej (oznaczonym jako P2). Cały okres pomiarowy został podzielony na interwały 15-minutowe, w których obserwatorzy rejestrowali liczbę osób w przejeżdżających samochodach. Następnie dla każdego interwału pomiarowego określano wartość średnią napełnienia pojazdów oraz odchylenie standardowe.

Porównując w ten sposób uzyskane wyniki wartości średnich napełnień pojazdów, niestety nie można doszukać się większych prawidłowości (rys. 1).

Bardzo istotną informację o rozrzucie wyników pomiarów pokazuje odchylenie standardowe. Jego duże wartości w niektórych przedziałach czasu bardzo często są efektem pojawiania się w potoku pojazdów samochodów przewożących większą liczbę osób (4–5), a niekiedy samochodów

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2016.



Rys. 1. Zmienność średniej wartości napętnienia samochodów osobowych obserwowana w okresie porannym

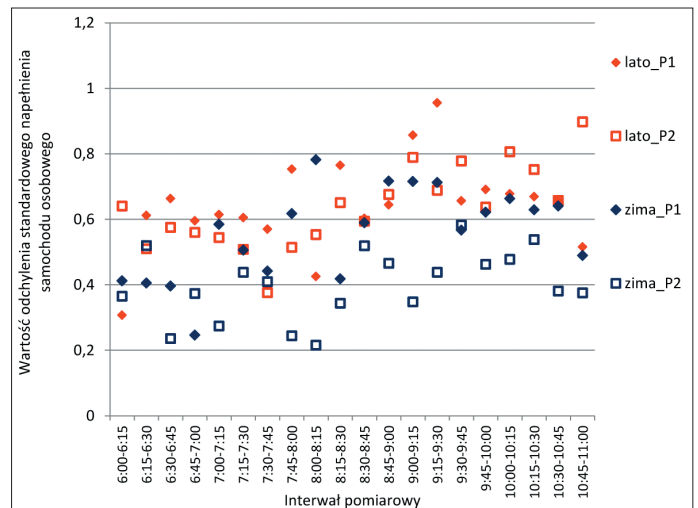
Źródło: opracowanie własne

typu van przewożących komplet pasażerów (7 osób). Analizując wartości odchylenia standardowego, można stwierdzić zdecydowanie większe jego wartości w okresie lata niż zimy: dla pomiaru czerwcowego przeciętna wartość odchylenia standardowego nie różniła się pomiędzy dwoma punktami pomiarowymi i wynosiła 0,64, natomiast dla pomiaru grudniowego zaobserwowano istotnie mniejsze jego wartości, które jednocześnie różniły się także dla poszczególnych punktów pomiarowych: przy ulicy Księcia Józefa (P1) wyniosło ono 0,56, natomiast przy ulicy Mirowskiej (P2) – tylko 0,40. Dokładny przebieg zróżnicowania pokazano na rysunku 2.

Analiza wpływu natężenia ruchu na napętnienie samochodu

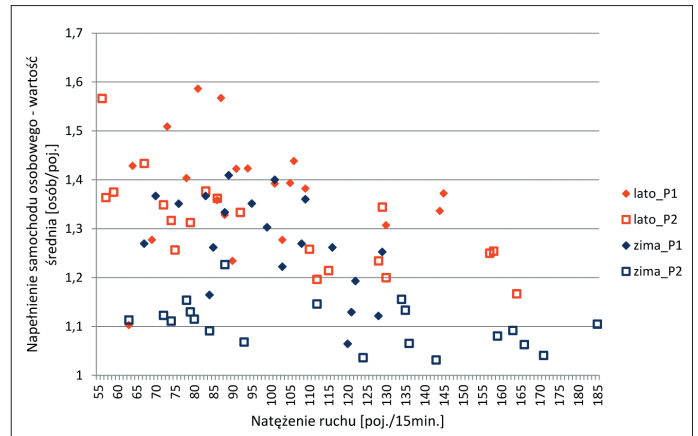
W kolejnym etapie przeanalizowano istnienie zależności pomiędzy napętnieniem samochodu osobowego a natężeniem ruchu. Można założyć, że duże natężenie ruchu samochodowego może być czynnikiem motywującym do większego wykorzystania samochodu w celu obniżenia kosztów dojazdu (pojazd poruszający się w korku zużywa więcej paliwa niż w ruchu płynnym). Tymczasem, jak pokazano na rysunku 3, okazuje się, że wnioskowanie takie jest błędne – im natężenie na drodze było większe tym napętnienie pojazdów było mniejsze.

Analizując wyniki dla poszczególnych punktów pomiarowych, można zauważyć mniejsze zróżnicowanie średniego napętnienia samochodu w porze letniej niż w porze zimowej. Dla pomiarów wykonanych w grudniu 2015 można wyraźnie stwierdzić, że przy podobnych natężeniach ruchu istotnie większe napętnienia można zaobserwować w samochodach poruszających się po drodze wojewódzkiej (ulica Księcia Józefa – P1) niż po powiatowej (ulica Mirowska – P2). Pomiarów wykonane w czerwcu 2016 nie wykazywały tak dużego zróżnicowania wartości średnich napętnień pojazdów korzystających z poszczególnych dróg. Dodatkowo można zaobserwować, że wpływ pory roku na napętnienie samochodu jest bardziej widoczny w przypadku drogi powiatowej (ulica Mirowska – P2) niż drogi wojewódzkiej (ulica Księcia Józefa – P1).



Rys. 2. Zmienność odchylenia standardowego pomierzonego napętnienia samochodów osobowych w okresie porannym

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Zależność średniego napętnienia samochodu osobowego od natężenia ruchu

Źródło: opracowanie własne

Podobne analizy można przeprowadzić dla odchylenia standardowego napętnienia samochodu. W przypadku tego parametru wpływ natężenia ruchu jest zdecydowanie mniejszy w porównaniu z wartością średnią, co pokazuje rysunek 4. Można zauważyć, że wraz ze wzrostem natężenia ruchu, wartość odchylenia standardowego maleje.

W okresie letnim wartość odchylenia standardowego napętnienia przyjmuje większe wartości niż w przypadku zimy, co w większym stopniu uwidacznia się w przypadku drogi powiatowej (ulica Mirowska – P2) niż drogi wojewódzkiej (ulica Księcia Józefa – P1).

Analiza potoków osób w transporcie indywidualnym

Równoległe do pomiaru napętnienia pojazdów w obydwóch punktach prowadzone były pomiary natężenia ruchu z uwzględnieniem struktury rodzajowej. Na tej podstawie możliwym było obliczenie potoku osób zmierzających do Krakowa transportem indywidualnym. Porównując oszacowane na tej podstawie potoki ruchu, można zauważyć, że w okresie rannym (6:00–11:00) wielkość potoku w transporcie indywidualnym na obydwóch badanych wlotach do miasta w okresie letnim jest porównywalna (2120 w przekroju ulicy Księcia Józefa oraz 2165 w przekroju

ulicy Mirowskiej). W okresie zimowym natomiast zaobserwowano już bardziej istotne różnice: przez przekrój ulicy Księcia Józefa przejechało w kierunku do Krakowa 1997 osób (spadek w porównaniu z latem – o 5,8%), natomiast przez przekrój ulicy Mirowskiej – 2178 osób – wzrost w porównaniu do lata o 1%.

Analizując jego zmienność, można stwierdzić, że godzina szczytu porannego w ruchu w kierunku Krakowa w okresie letnim w przekroju ulicy Księcia Józefa jest obserwowana w okresie 6:15–7:15, natomiast w przekroju ulicy Mirowskiej (P2) o pół godziny później (7:00–8:00). W okresie zimowym zaobserwowano nieznaczne jej przesunięcia czasowe: w punkcie P1 jest ona w okresie 7:00–8:00 (w okresie letnim ruch w tym czasie jest o niecałe 7% mniejszy niż w godzinie szczytu), natomiast w punkcie P2 w okresie 6:45–7:45 (w okresie letnim ruch w godzinie szczytu jest tylko o 3% większy). Jest to dość istotne przesunięcie w porównaniu z ruchem obserwowanym na obszarze wewnętrznym Krakowa stwierdzonym na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu przeprowadzonych w roku 2013.

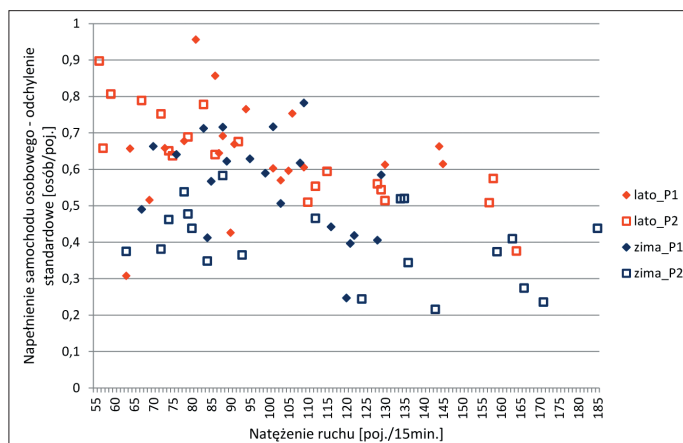
Porównując wielkość potoku ruchu w transporcie indywidualnym w poszczególnych okresach, można stwierdzić jego stopniowy spadek po godzinie 8:00 i jego stopniowo ustabilizowane wartości po godzinie 9:00, gdy wielkość potoku osiąga niekiedy tylko połowę wartości z okresu szczytowego (rys. 5).

Bardzo zastanawiające rezultaty uzyskano, porównując wpływ pory roku na wielkość potoku osób w transporcie indywidualnym. Z jednej strony można zakładać, że niekorzystne warunki atmosferyczne mogą być dodatkowym czynnikiem zachęcającym do korzystania z transportu indywidualnego oferującego większą ochronę przed nimi, zwłaszcza na obszarze podmiejskim (większe odległości dojazdu do przystanku w terenach podmiejskich, częsty brak wiat przystankowych, niższy ich standard). Z drugiej strony można również założyć, że część kierowców – zwłaszcza tych o mniejszym doświadczeniu – skłonna jest zrezygnować z użytkowania samochodu i przesiąść się na transport zbiorowy. Jak pokazano na podstawie zestawionych w tabeli nr 1 wynikach obliczeń potoków, trudno znaleźć jednoznaczne tendencje zmian w tym zakresie.

Próba estymacji napętnienia samochodów osobowych

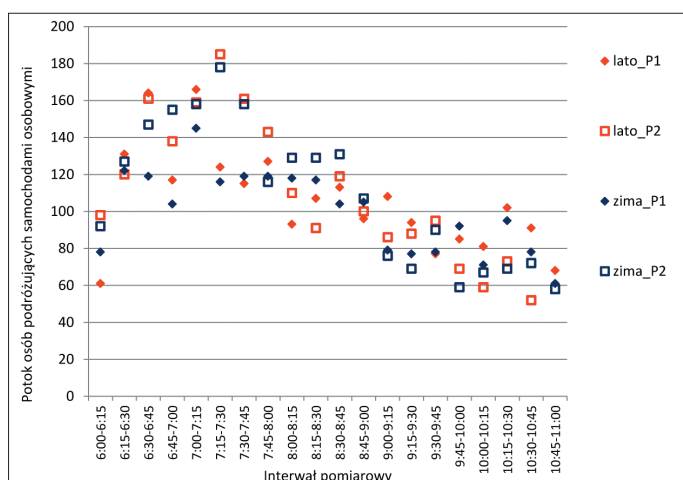
Na zakończenie analiz wyników pomiarów podjęto próbę estymacji wyników. Ze względu na opisane zróżnicowanie pomiędzy porami roku próba estymacji została opracowana osobno dla pory letniej (pomiar VI 2015) oraz zimy (pomiar XII 2015). Jak już we wstępie wspomniano, brak jest widocznego wpływu czasu na wielkość napętnień pojazdów i z tego powodu zdecydowano się estymować ich wielkość funkcją stałą równą wartości średniej. Dla pomiarów przeprowadzonych w czerwcu wartości średnie napętnienia były bardzo mało zróżnicowane i przyjmowały następujące wartości:

- przekrój w ulicy Księcia Józefa – 1,38 osób/poj.
- przekrój w ulicy Mirowskiej – 1,32 osoby/poj.
- obydwa przekroje – 1,35 osoby/poj.



Rys. 4. Zależność odchylenia standardowego napętnienia samochodu osobowego od natężenia ruchu

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Zmienność potoku osób podróżujących samochodami osobowymi w godzinach porannych

Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Analiza wpływu pory roku na wielkość potoku osób w transporcie indywidualnym						
Interwał	ul. Księcia Józefa (punkt P1)			ul. Mirowska (punkt P2)		
	lato	zima	różnica (zima – lato)	lato	zima	różnica (zima – lato)
6:00-6:15	61	78	17	98	92	-6
6:15-6:30	131	122	-9	120	127	7
6:30-6:45	164	119	-45	161	147	-14
6:45-7:00	117	104	-13	138	155	17
7:00-7:15	166	145	-21	159	158	-1
7:15-7:30	124	116	-8	185	178	-7
7:30-7:45	115	119	4	161	158	-3
7:45-8:00	127	119	-8	143	116	-27
8:00-8:15	93	118	25	110	129	19
8:15-8:30	107	117	10	91	129	38
8:30-8:45	113	104	-9	119	131	12
8:45-9:00	96	105	9	100	107	7
9:00-9:15	108	79	-29	86	76	-10
9:15-9:30	94	77	-17	88	69	-19
9:30-9:45	77	78	1	95	90	-5
9:45-10:00	85	92	7	69	59	-10
10:00-10:15	81	71	-10	59	67	8
10:15-10:30	102	95	-7	73	69	-4
10:30-10:45	91	78	-13	52	72	20
10:45-11:00	68	61	-7	58	58	0

Źródło: opracowanie własne

Podobne parametry określone zostały dla wyników pomiarów przeprowadzonych w grudniu:

- przekrój w ulicy Księcia Józefa – 1,27 osoby/poj.
- przekrój w ulicy Mirowskiej – 1,10 osoby/poj.
- obydwa przekroje – 1,19 osoby/poj.

W kolejnym etapie spróbowano podzielić okres, w jakim wykonywane były pomiary, na dwie części: wcześniejszą, w której obserwowano mniejsze wartości napełnień pojazdów, oraz późniejszą, gdy wartości tego parametru przyjmują większe wartości. Na tej podstawie otrzymano następujące wyniki:

- pomiary wykonane w czerwcu 2015:
 - przekrój w ulicy Księcia Józefa – 1,32 osoby/poj. w okresie 6:00–8:15 oraz 1,43 osoby/poj. w okresie 8:15–11:00 (wsp. korel. 0,510);
 - przekrój w ulicy Mirowskiej – 1,25 osoby/poj. w okresie 6:00–8:45 oraz 1,41 osoby/poj. w okresie 8:45–11:00 (wsp. korel. 0,655);
- pomiary wykonane w grudniu 2015:
 - przekrój w ulicy Księcia Józefa – 1,20 osoby/poj. w okresie 6:00–8:30 oraz 1,34 osoby/poj. w okresie 8:30–11:00 (wsp. korel. 0,714);
 - przekrój w ulicy Mirowskiej – 1,07 osoby/poj. w okresie 6:00–8:30 oraz 1,14 osoby/poj. w okresie 8:30–11:00 (wsp. korel. 0,698).

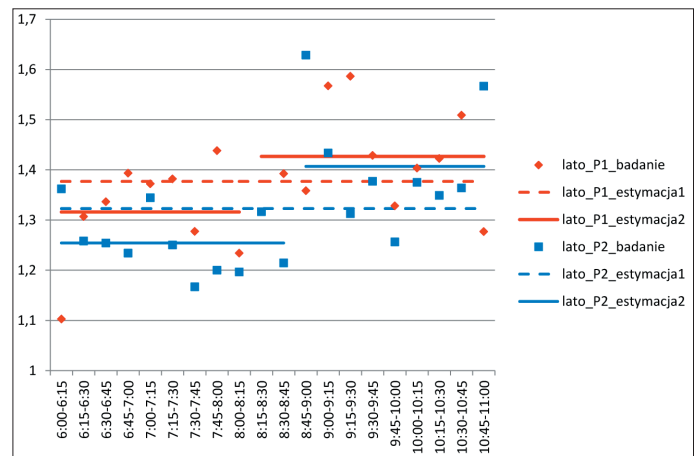
Dokładny przebieg opracowanych zależności na tle wyników pomiarów pokazano na dwóch wykresach: dla okresu letniego na rysunku 6, a dla okresu zimowego na rysunku 7.

Analizując powyższe wykresy, można zaobserwować zróżnicowanie okresu zmiany estymowanego napełnienia pojazdu w tych samych przekrojach: ulica Księcia Józefa w porze letniej o godzinie 8:15, a w okresie zimy 8:30, natomiast w przypadku ulicy Mirowskiej – w porze lata 8:45, a w porze zimy 8:30. Ponadto można stwierdzić mniejsze zróżnicowanie opracowanych modeli dla okresu lata (w porze wczesnorannej różnica pomiędzy obydwojma przekrojami wynosi 0,06, a w późniejszych okresach 0,02) niż dla okresu zimy (odpowiednio 0,13 i 0,20). Także i w tym przypadku trudno określić jakąkolwiek prawidłowość zmian.

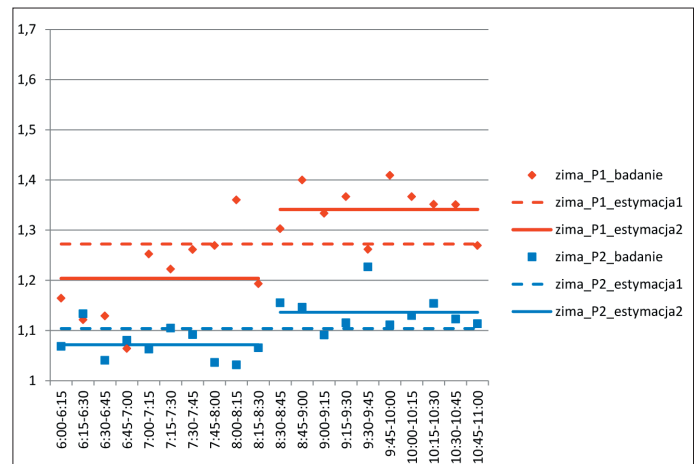
Analizując wpływ pory roku, można stwierdzić mniejsze jej znaczenie w przypadku ulicy Księcia Józefa: dla godzin wczesnorannych różnica pomiędzy modelami wynosi 0,11, a dla godzin późniejszych 0,09. W przypadku ulicy Mirowskiej (droga powiatowa) ten wpływ jest zdecydowanie większy i bardziej zróżnicowany: w godzinach porannych różnica wynosi 0,18, a dla godzin późniejszych aż 0,27. W przypadku zastosowania do estymacji funkcji liniowej ciągłej wpływ pory roku wynosi: dla ulicy Księcia Józefa 0,10, a dla ulicy Mirowskiej 0,22.

Podsumowanie

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury można stwierdzić, że wraz z rozwojem motoryzacji indywidualnej obserwuje się stopniowe zmniejszanie się napełnień samochodów. Często nie wpływa to na zmniejszenie potoku osób



Rys. 6. Estymacja napełnienia samochodów osobowych w godzinach porannych w porze letniej
Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Estymacja napełnienia samochodów osobowych w godzinach porannych w porze zimowej
Źródło: opracowanie własne

korzystających z transportu indywidualnego, ale na zwiększenie potoku pojazdów, a co za tym idzie prowadzi do dalszego pogorszenia warunków ruchu w całym mieście.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że omówione w niniejszej publikacji pomiary napełnień samochodów osobowych powinny zostać wykonane także na innych wlotach do Krakowa, a także w innych miastach. Umożliwi to uzyskanie modeli bardziej obiektywnych lub ewentualną analizę wpływu uwarunkowań lokalnych, takich jak charakter zainwestowania obszarów podmiejskich, jakość ich obsługi transportem zbiorowym czy stopień rozbudowy sieci drogowej. Rozszerzenie badań na inne miasta umożliwi z kolei analizę potencjalnego wpływu specyfiki poszczególnych ośrodków wielkomiejskich.

Literatura

1. *Badania zachowań komunikacyjnych mieszkańców Krakowskiego Obszaru Metropolitalnego*; kierownik projektu: A. Szarata; konsorcjum wykonawców – lider: Politechnika Krakowska, Kraków 2014.
2. *Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration*; European Environment Agency, Luxembourg 2015.
3. *Kompleksowe Badanie Ruchu Kielce 2015*; Rubika Consulting, Gdańsk 2015.
4. *Occupancy rates of passenger vehicles*. European Environment Agency, Luxembourg 2009.