

Analiza efektywności dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego

Mateusz Szarata¹, Piotr Olszewski²

¹ *Zakład Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Inżynierii Lądowej,
Politechnika Rzeszowska, e-mail: matsza@prz.edu.pl*

² *Zakład Inżynierii Komunikacyjnej, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Warszawska, e-mail: P.Olszewski@il.pw.edu.pl*

Streszczenie: W referacie przedstawiono analizę korzyści z zastosowania dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego oraz pasa autobusowego wydzielonego na stałe na przykładzie al. Okulickiego w Rzeszowie. Omówiony również został przebieg i wyniki pomiarów ruchu przeprowadzonych w Rzeszowie. Analizy efektywności zostały wykonane w oparciu o modele analityczne omówione w podręczniku HCM 2010 oraz modele mikrosymulacyjne wykonane w programie Vissim. Odniesiono się także do założeń funkcjonowania dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego.

Słowa kluczowe: dynamicznie wydzielany pas autobusowy, priorytety dla autobusów, modelowanie ruchu, transport publiczny

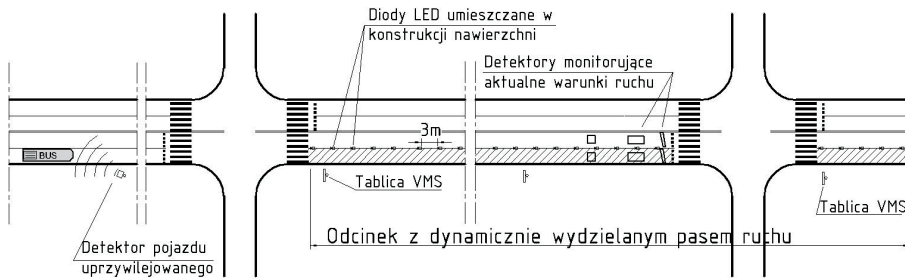
1. Wstęp

Polskie miasta stosują rozmaite rozwiązania mające na celu podniesienie atrakcyjności transportu zbiorowego i tym samym ograniczenie wzrostu ruchu pojazdów indywidualnych, szczególnie w centrach miast. Jednym z najefektywniejszych rozwiązań uprzywilejowania transportu publicznego są wydzielone pasy autobusowe, które pozwalają sprawne przemieszczać się autobusom wzdłuż najbardziej zatłoczonych ulic. Korzyści wynikające z wprowadzenia takiego rozwiązania to przede wszystkim zwiększenie prędkości komunikacyjnej, punktualności, atrakcyjności transportu autobusowego oraz dodatnie efekty społeczne. Zastosowanie wydzielonych pasów autobusowych w centrum miasta lub śródmieściu wymaga rozbudowy istniejącego przekroju drogowego lub wydzielenia z istniejącego przekroju pasa dla autobusów. Gęsta zabudowa miejska w wielu przypadkach uniemożliwia dobudowę dodatkowego pasa, a wydzielenie z istniejącego przekroju drogowego pasa autobusowego może nie wykazać wystarczających korzyści takiego rozwiązania. Bardzo często dzieje się tak na zatłoczonych ulicach prowadzących do centrów miast gdzie potoki pasażerskie mogą nie uzasadniać wydzielenia pasa dla autobusów. W efekcie autobusy na tych odcinkach odnotowują opóźnienia i są zmuszone do poruszania się z taką samą prędkością jak pozostali uczestnicy ruchu. Rozwiązaniem tego problemu mógłby okazać się pas autobusowy aktywowany na czas przejazdu autobusu w niekorzystnych warunkach drogowych. Dynamicznie wydzielany pas autobusowy (DPA) może przynieść korzyści wszystkim użytkownikom ruchu, straty czasu ponoszone przez kierowców samochodów prywatnych mogłyby być minimalizowane a korzyści dla transportu publicznego byłyby takie same jak w przypadku klasycznego rozwiązania. Dzięki swej elastyczności DPA mógłby być stosowany na większej liczbie odcinków, co przyczyniłoby się do wzrostu atrakcyjności linii autobusowych. Zagraniczne publikacje

[1][2][3] wskazują na duży potencjał tego rozwiązania, w Polsce temat ten nie był szczegółowo analizowany. Pierwsze próby sprawdzenia funkcjonowania DPA zostały podjęte w Melbourne w celu uprzywilejowania tramwajów poruszających się po wspólnym pasie z samochodami [4] oraz w Lizbonie dla uprzywilejowania autobusów [5]. W obu przypadkach stwierdzono korzyści wynikające z zastosowanego priorytetu (m.in. wzrost średniej prędkości komunikacyjnej o 10% w Melbourne i o 25% w Lizbonie).

2. Zasada działania dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego

Dynamicznie wydzielany pas autobusowy działa w dwóch trybach: w trybie aktywnym lub w trybie uśpionym. Podczas trybu uśpionego DPA pozostaje wyłączony, a ruch wzdłuż odcinków ulic, na których został wyznaczony odbywa się pełnym przekrojem drogowym. Tryb aktywny uruchamia się w przypadku, gdy do wyznaczonego odcinka, na którym panują niekorzystne warunki ruchu, zbliża się autobus. Dynamiczne wydzielenie pasa z jezdni jest możliwe dzięki systemowi detekcji pojazdów oraz wykorzystaniu nowoczesnego oznakowania pionowego i poziomego, które informuje kierowców o wydzieleniu pasa z jezdni. Do oznakowania wydzielanego pasa wykorzystuje się znaki zmiennej treści w formie tablic VMS oraz aktywne punktowe oznakowanie poziome w formie świateł LED wbudowanych wzdłuż krawędzi pasa ruchu.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia oznakowania (opracowanie własne)

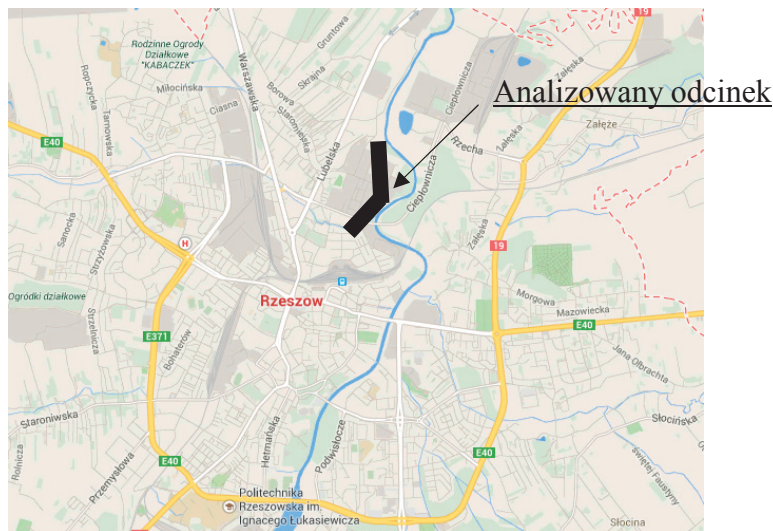
Najważniejszą rolę odgrywa system detekcji, którego zadaniem jest nie tylko sprawna identyfikacja pojazdu uprzywilejowanego, ale również analiza aktualnych warunków ruchu na rozpatrywanym odcinku. Bardzo ważna jest zasada, iż w momencie aktywacji, pojazdy znajdujące na wydzielanym pasie ruchu powinny kontynuować jazdę natomiast kierowcy dojeżdżający do tego odcinka powinni korzystać z pozostałych dostępnych pasów. W ten sposób wybrany pas zostaje oczyszczony. Istotne jest, to żeby strefa detekcji była zlokalizowana na tyle wcześnie, aby odcinek z wydzielonym pasem został oczyszczony na czas [6].

3. Analiza efektywności dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego

3.1. Opis analizowanego odcinka

Porównanie efektywności dynamicznie wydzielanego pasa z klasycznym rozwiązaniem przeprowadzono na przykładzie al. Okulickiego w Rzeszowie. Na odcinku o długości 1280 m znajduje się 6 skrzyżowań, w tym 2 z sygnalizacją świetlną, które zlokalizowane są na początku i na końcu odcinka. Aleja posiada przekrój dwujezdniowy, czteropasowy z szerokim pasem dzielącym jezdnie oraz chodniki i ścieżki rowerowe po obu stronach.

Pasy ruchu są ogólnodostępne. Na odcinku znajduje się 5 przystanków autobusowych, dwa na kierunku ul. Krakowska – al. Wyzwolenia i trzy na kierunku al. Wyzwolenia – ul. Krakowska. Przez al. Okulickiego poprowadzono 5 linii autobusowych w tym linie nr 19 i nr 30 o wysokiej częstotliwości kursowania. W szczycie porannym w czasie godziny przez odcinek przejeżdża 14 autobusów a w szczycie popołudniowym 13 autobusów.



Rys. 2. Lokalizacja obiektu badań (Mapy Google)

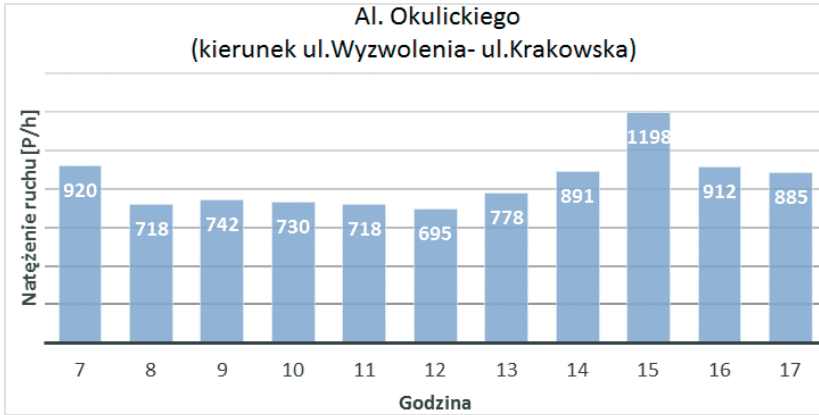
3.2. Opis przeprowadzonych badań

Badania ruchu zostały przeprowadzone w maju 2013 roku i obejmowały:

- pomiar natężenia ruchu
- pomiar długości kolejek
- pomiary czasu podróży w komunikacji autobusowej
- pomiary czasu podróży w komunikacji indywidualnej

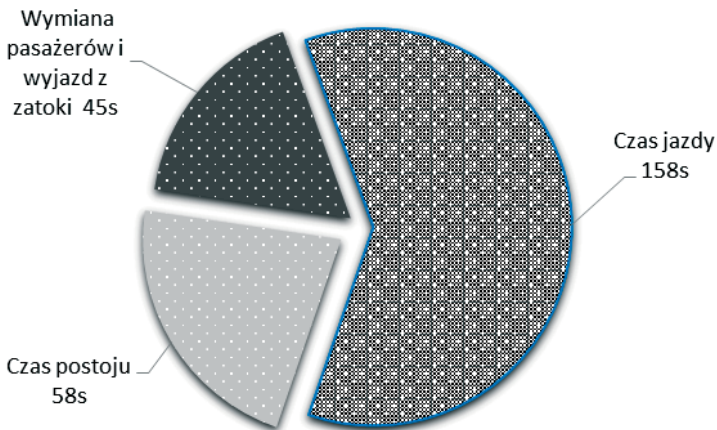
Pomiary natężenia ruchu przeprowadzono w godzinach 7:00 -17:00 na wszystkich skrzyżowaniach. W tym czasie zarejestrowano liczbę oraz strukturę rodzajową i kierunkową pojazdów. Wykonano również pomiar długości kolejek na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. Zasadniczą część badań stanowiły dwudniowe pomiary czasu przejazdu, przeprowadzone na wybranych liniach autobusowych przy użyciu odbiorników GPS zainstalowanych w pojazdach. Takie rozwiązanie umożliwiło zgromadzenie obszernej bazy danych związanej z charakterystyką ruchu pojazdów na analizowanym odcinku w zależności od pory dnia. Niestety automatyczny zapis uniemożliwia rejestrację rozpoczęcia i zakończenia wymiany pasażerów czy też wyznaczenia czasu potrzebnego na wyjazd z zatoki autobusowej. W sumie zgromadzono blisko 230 śladów przejazdów autobusów w obu kierunkach. W celu określenia czasów podróży pojazdów prywatnych wykonano serie przejazdów pojazdem testowym wyposażonym w wideorejestратор z odbiornikiem GPS.

Przedstawione w dalszej części artykułu wyniki dotyczą jednego kierunku ruchu (al. Wyzwolenia - ul. Krakowska).



Rys. 3. Histogram natężenia ruchu na kierunku ul. Wyzwolenia- ul. Krakowska

Zebrany materiał umożliwił analizę warunków ruchu oraz wyznaczenie godzin szczytu porannego i popołudniowego. Do przeprowadzenia kolejnych analiz wybrano godzinę w szczycie popołudniowym, w której panowały najbardziej niekorzystne warunki ruchu. Średni czas podróży autobusu wynosił 261 sekund, z czego 61% stanowił czas jazdy (rys. 4). Najwięcej utrudnień autobusy napotykały pomiędzy skrzyżowaniem al. Okulickiego z ul. Broniewskiego i z ul. Krakowską. Na tym odcinku średni czas postoju niezwiązany z wymianą pasażerów wyniósł 58 sekund.



Rys. 4. Średnie wartości składników czasu przejazdu autobusu w przyjętej godzinie szczytu

3.3. Założenia

Na podstawie przeprowadzonej analizy ruchu na kierunku al. Wyzwolenia - ul. Krakowska przyjęto długość pasa autobusowego, którego początek będzie miał miejsce za skrzyżowaniem z ul. Broniewskiego a koniec na wysokości ostatniego miejsca do nawracania, około 120 m przed skrzyżowaniem z ul. Krakowską (rys. 5). Pas celowo nie został doprowadzony do samego skrzyżowania ze względu na linie autobusowe, które skracają na skrzyżowaniu w lewo (w stronę centrum). W celu ułatwienia autobusom zmiany pasa ruchu i zajęcia dogodnej pozycji na skrzyżowaniu do skrętu w lewo przewidziano służę autobusową. Przeprowadzone pomiary ruchu nie obejmowały badań napełnienia pojazdów.



Rys. 5. Lokalizacja wydzielonego pasa autobusowego

Dlatego do dalszych analiz przyjęto napełnienie pojazdów osobowych wynoszące 1,2 os/poj oraz autobusów równe 50 os/poj. W celu określenia efektywności dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego przeanalizowano 3 warianty:

- **Wariant 0** jest wariantem bazowym odzwierciedlającym aktualną organizację ruchu
- **Wariant 1** zakłada wprowadzenie 'klasycznego' pasa autobusowego
- **Wariant 2** zakłada powstanie dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego

W ocenie efektywności **wariantu 2** decydującą rolę pełnić będzie czas pracy pasa w trybie aktywnym. Czas wydzielenia, potrzebny do przejazdu jednego autobusu w sytuacji, gdy system początkowo znajduje się w trybie uśpionym można wyznaczyć za pomocą równania:

$$T^W = t + t_{op} \text{ [s]} \quad (1)$$

gdzie: t - czas przejazdu wydzielonym pasem ruchu [s]

t_{op} - czas potrzebny do oczyszczenia wydzielanego pasa ruchu z pojazdów znajdujących się na tym pasie [s]

Średni czas oczyszczenia pasa związany jest z programem sygnalizacji świetlnej, długością kolejki oraz liczbą pojazdów, które mogą przejechać linię zatrzymania w czasie trwania efektywnego sygnału zielonego.

$$t_{op} = \frac{K \cdot T}{S \cdot G_e} \text{ [s]} \quad (2)$$

gdzie:

K - długość kolejki [P]

S - natężenie nasycenia [P/s]

T - długość cyklu [s]

G_e - efektywny sygnał zielony [s]

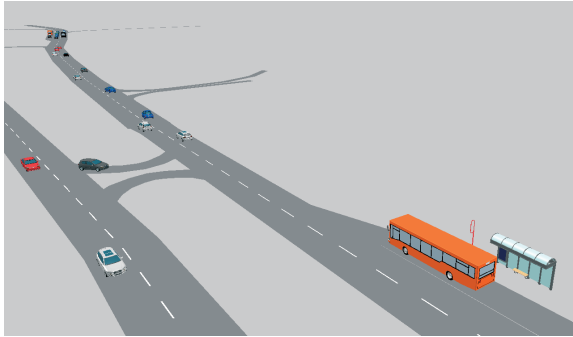
3.4. Budowa modeli ruchu

Analizę przedstawionych wariantów przeprowadzono przy użyciu modeli mikrosymulacyjnych ruchu oraz modeli analitycznych. Modele mikrosymulacyjne ruchu wykonano w programie firmy PTV Vissim [7], a walidację tych modeli wykonano przy użyciu podręcznika Highway Capacity Manual 2010 [8].

3.4.1. Model mikrosymulacyjny

W pierwszej kolejności wykonano model bazowy dla *Wariantu 0*. Budowa modelu ruchu wymagała wprowadzenia szczegółowych informacji dotyczących liczby pasów ruchu

i ich szerokości, spadków podłużnych, organizacji ruchu oraz opisanie geometrii skrzyżowań i punktów do nawracania. Dodatkowo na odcinku znalazły się trzy zatoki autobusowe, z których korzystały linie autobusowe zgodnie z rozkładem jazdy. Na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną wprowadzono rzeczywiste programy działania sygnalizacji. Wprowadzono również koordynację sygnalizacji świetlnych występujących na początku i końcu odcinka. W kolejnym kroku uwzględniono dane dotyczące natężenia ruchu, struktury rodzajowej i kierunkowej pojazdów oraz parametry ruchowe poszczególnych typów użytkowników.



Rys. 6. Model mikrosymulacyjny ruchu al. Okulickiego

Ostatnim etapem budowy modelu bazowego była kalibracja modelu. Podczas tego procesu kontrolowano między innymi liczbę pojazdów w punktach charakterystycznych sieci, natężenia ruchu relacji skrajnych oraz czasy przejazdu w poszczególnych fragmentach trasy [8][10]. W wyniku przeprowadzonych symulacji odczytano średnią prędkość pojazdów wynoszącą 37,5 km/h oraz średnią prędkość autobusów wynoszącą 17,5 km/h. Po zakończeniu tego etapu rozpoczęto budowę kolejnego modelu, w którym wprowadzono zostanie pas autobusowy wydzielony na stałe (Wariant 1). Średnia prędkość pojazdów indywidualnych spadła w tym wypadku do 30,5 km/h a autobusów wzrosła do 20,5 km/h. Dla tego wariantu odczytano czas przejazdu autobusu wzdłuż wydzielonego odcinka, który wynosił średnio 74,5 s. Do weryfikacji otrzymanych wyników wykorzystano metodę HCM 2010.

3.4.2. Model analityczny (HCM2010)

Budowa modelu analitycznego umożliwiła sprawdzenie prędkości podróży oraz średnich czasów podróży na analizowanym odcinku drogi. Do realizacji tego celu zdecydowano wykorzystać procedurę umożliwiającą wyznaczenie warunków ruchu na arteriach miejskich zamieszczoną w podręczniku Highway Capacity Manual 2010. Zastosowanie metody amerykańskiej wymaga wykonania obliczeń osobno dla pojazdów indywidualnych i osobno dla transportu zbiorowego. Prędkość podróży pojazdów wyznaczono z równania:

$$S_{T,seg} = \frac{3.6 \cdot L}{(t_R + d_t)} \quad (3)$$

gdzie:

L - długość odcinka między skrzyżowaniami [m]

t_R - czas podróży na odcinku pomiędzy skrzyżowaniami [s]

d_t - straty czasu na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną [s]

Wyznaczona dla wariantu 0 średnia prędkość podróży na całym odcinku wyniosła 37 km/h.

Czas podróży (t_R) wyznaczono za pomocą równania (4). Zależy on m.in. od liczby pasów, natężenia ruchu, liczby zjazdów i skrzyżowań, rodzaju skrzyżowania, które znajdują się na początku odcinka oraz liczby przejść dla pieszych.

$$t_R = \frac{6,0 - l_1}{0,0082 \cdot L} \cdot f_x + \frac{3,6 \cdot L}{S_f} \cdot f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad [s] \quad (4)$$

gdzie:

l_1 - strata czasu przy ruszaniu na początku odcinka [s]

f_x - współczynnik korygujący związany z rodzajem sterowania na skrzyżowaniu [-]

S_f - prędkość w ruchu swobodnym [km/h]

f_v - współczynnik korygujący związany z natężeniem ruchu, przekrojem i prędkością w ruchu swobodnym [-]

d_{ap} - straty czasu związane z występowaniem zjazdów, skrzyżowań podporządkowanych, punktów do nawracania [s]

d_{other} - straty czasu wywołane innymi przyczynami (np. parkingi przykrawężnikowe, przejścia dla pieszych)

Wyznaczony czas podróży dla samochodów osobowych wyniósł 74,87 s. Żeby otrzymać całkowity czas podróży na analizowanym odcinku należy do czasu podróży dodać straty czasu powstałe na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną. Przy użyciu równania (5) wyznaczono straty czasu na skrzyżowaniu, które w wariancie bazowym wyniosły 50 s.

$$d_t = \frac{d_{th} \cdot v_t \cdot N_t + d_{si} \cdot v_{si} \cdot (1 - P_L) + d_{sr} \cdot v_{sr} \cdot (1 - P_R)}{v_{th}} \quad [s] \quad (5)$$

gdzie:

d_i - całkowita strata czasu na pasie na wprost, w lewo, w prawo [s]

v_i - natężenie ruchu dla analizowanej relacji [P/h]

N_t - liczba pasów ruchu danej relacji [lp]

P_i - udział pojazdów skręcających w prawo/lewo ze wspólnego pasa do jazdy na wprost i do skrzyżowania.

Średnie prędkości komunikacyjne autobusów wyznaczono z równania(3), przy czym czas podróży wyznaczono za pomocą wzoru:

$$t_{Rt} = \frac{3,6 \cdot L}{S_R} + \sum_{i=1}^{N_{ts}} d_{ts,i} \quad [s] \quad (6)$$

gdzie:

S_{Rt} - prędkość jazdy autobusów [km/h]

$d_{ts,i}$ - opóźnienia związane z hamowaniem przed przystankiem, wymianą pasażerów i włączeniem się do ruchu

Opóźnienie autobusów na skrzyżowaniu również wymaga wykorzystania innej formuły:

$$d_t = 0,0372 \cdot t_i \cdot L \quad [s] \quad (7)$$

gdzie:

t_i - współczynnik straty czasu autobusu na skrzyżowaniu zależny od lokalizacji skrzyżowania, typu sygnalizacji świetlnej oraz priorytetów dla transportu publicznego. Prędkość komunikacyjna autobusów w Wariancie 0 wyniosła 19 km/h.

Wyznaczenia parametrów ruchowych w Wariancie 1, gdzie założono wprowadzenie pasa autobusowego na części odcinka wymagało podzielenia al. Okulickiego na dwa

pododcinki. Dla pierwszego wyznaczono jedynie średni czas podróży natomiast dla drugiego gdzie wprowadzono pas autobusowy wyznaczono średni czas podróży oraz straty czasu na skrzyżowaniu. Do określenia prędkości podróży wzięto sumę czasów podróży pododcinka pierwszego, podcinka drugiego oraz straty czasu na skrzyżowaniu. Szczegółowe zestawienie wyników z modeli zostało zamieszczone w tabeli 1.

3.5. Porównanie wariantów

Opracowane modele ruchu wykazują dużą zgodność z przeprowadzonymi pomiarami. W przypadku wariantu 0 największe różnicę w wynikach występują w porównaniu wyników pomiaru z modelem HCM. Średni czas podróży samochodem różni się o 3,5%, a średni czas podróży autobusem różni się o 7%. W Wariacie 1 różnica czasów podróży oraz średnich prędkości nie przekracza 1%. Żadna instrukcja oraz program mikrosymulacyjny nie daje możliwości przeanalizowania warunków ruchu na odcinku z DPA. Dlatego dla pojazdów indywidualnych przyjęto, że średni czas podróży zostanie wyznaczony za pomocą średniej ważonej czasów przejazdu w wariacie 0 i wariacie 1, przy założonym udziale czasu aktywnego pasa w godzinie.

Tabela 1. Zestawienie średnich czasów podróży i średnich prędkości otrzymanych w przeprowadzonej analizie

Parametr	Wariant 0			Wariant 1		Wariant 2
	Pomiar	HCM	Vissim	HCM	Vissim	
Średni czas podróży pojazdem indywidualnym na całym odcinku [s]	129,0	124,5	123,5	152	151,5	133,8
Średni czas podróży autobusem na całym odcinku [s]	261,0	242,5	258,0	244,2	244,8	244,8
Średnia prędkość podróży pojazdów indywidualnych [km/h]	35,7	36,9	37,5	30,3	30,5	34,6
Średnia prędkość podróży autobusów [km/h]	18,3	19,02	17,5	18,9	18,8	18,8

Wyznaczone parametry dla wariantu 2 przedstawiają sytuację, w której pas autobusowy będzie aktywny przez 22 min. Założono, że pas będzie się aktywować pięciokrotnie w ciągu godziny umożliwiając w tym czasie przejazd 10 autobusom.

3.6. Ocena efektywności

Jednym z decydujących parametrów pozwalającym ocenić korzyści z wprowadzenia pasów autobusowych są oszczędności czasu w przewozach pasażerskich, jakie uda się uzyskać po zastosowaniu nowego rozwiązania [11]. Ważne jest, aby te oszczędności były większe od ewentualnych strat czasu pojazdów indywidualnych, jakie mogą wynikać w związku z wydzieleniem z istniejącego przekroju drogowego pasa dla autobusów. Dlatego końcowy bilans został wyznaczony za pomocą następującego równania:

$$TP - TI > 0 \text{ [h]} \quad (8)$$

gdzie:

TP - oszczędność czasu w przewozach pasażerskich wyznaczona z wariantu 0 i wariantu 1

TI - straty czasu w transporcie indywidualnym wyznaczona z wariantu 0 i wariantu 1

$$TP^i = \frac{|\Delta t_{TP}| \cdot Q_{TP} \cdot N_{TP}}{3600} \text{ [h]} \quad (9)$$

gdzie :

Δt_{TP} - różnica średnich czasów przejazdu autobusów w wariancie 'i' i wariantcie 0 [s]

Q_{TP} - liczba autobusów w godzinie szczytu [P]

N_{TP} - średnie napęlenie autobusów [os/P]

$$TI^i = \frac{|\Delta t_{TI}| \cdot Q_{TI} \cdot N_{TI}}{3600} \text{ [h]} \quad (10)$$

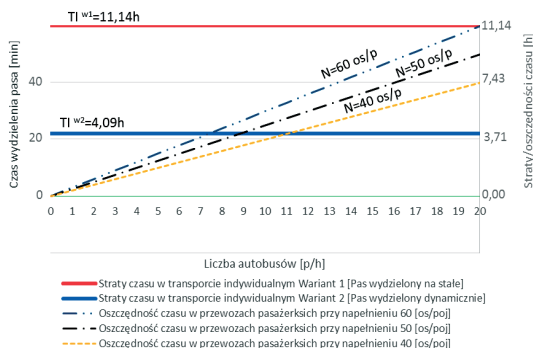
gdzie :

Δt_{TP} - różnica średnich czasów przejazdu pojazdem indywidualnym w wariancie 0 i wariantcie 'i' [s]

Q_{TP} - natężenie ruchu w godzinie szczytu [P]

N_{TP} - średnie napęlenie pojazdu osobowego [os/P]

W pracy przyjęto średnie napęlenie samochodów osobowych wynoszące 1,2 [os/P] oraz średnie napęlenie autobusów 60, 50 i 40 [os/P]. W wariantcie 1 straty poniesione przez kierowców wynoszą ponad 11h a oszczędności w przewozach pasażerskich wynoszą tylko 4,5 h przy napęleniu 50 os./poj. Dla 10 autobusów o średnim napęleniu 50 os/poj bilans końcowy będzie większy od zera, jeżeli czas wydzielania pasa autobusowego będzie krótszy od 25 min. W przypadku pasa autobusowego wydzielonego na stałe bilans dodatni przy takim samym napęleniu otrzymamy w sytuacji, gdy na odcinku pojawiłyby się 24 autobusy. Szczegółowe porównanie korzyści i strat w zależności od napęlenia i czasu wydzielania przedstawia rysunek 7.



Rys. 7. Porównanie oszczędności czasu w zależności od liczby autobusów, napęlenia i czasu wydzielania pasa

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz można zauważyć, że wprowadzenie DPA umożliwi skrócenie średniego czasu przejazdu pojazdów indywidualnych o 13% w stosunku do rozwiązania wprowadzającego zwykły pas autobusowy oraz umożliwi wzrost średniego czasu przejazdu autobusów o 7% w porównaniu do wariantu zerowego. Uzyskane wyniki nie są tak korzystne jak w przypadku doświadczeń z Lizbony, należy jednak pamiętać, że na efektywność DPA ma wpływ wiele czynników. Do najważniejszych można zaliczyć natężenie ruchu, napęlenie pojazdów, częstotliwość kursowania autobusów, warunki ruchu panujące na skrzyżowaniach i sposób sterowania sygnalizacją świetlną. Przedstawiona analiza pokazuje również, że DPA może przynosić korzyści przy znacznie mniejszym natężeniu ruchu autobusów. W przypadku klasycznego pasa autobusowego zyski dla transportu zbiorowego zbilansowałyby straty ponoszone przez kierowców przy natężeniu 24

autobusów na godzinę, podczas gdy dynamiczny pas autobusowy wymaga tylko 9 autobusów na godzinę. Proponowane rozwiązanie wymaga jednak bardziej szczegółowych analiz przy użyciu modeli ruchu, które umożliwią pełną symulację funkcjonowania wydzielonego pasa autobusowego. Współczesne oprogramowanie do mikrosymulacji ruchu daje takie możliwości jednak wymaga opracowania dodatkowego modułu umożliwiającego symulację działania dynamicznie wydzielanego pasa ruchu.

Literatura

- 1 Zhu H.B., Numerical study of urban traffic flow with dedicated bus lane and intermittent bus lane, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(16), 3134-3139, 2010.
- 2 Viegas J., Lu B., The intermittent bus lane signals setting within an area. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(6), 453-469, 2004.
- 3 Yang H., Wang W., An innovative dynamic bus lane system and its simulation-based performance investigation. In: *Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE*, 105-110 IEEE, 2009.
- 4 Currie G., Lai H., Intermittent and Dynamic Transit Lanes Melbourne, Australia, Experience, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2072, 49-56, 2008.
- 5 Viegas J.M., Roque R., Lu B., Vieira J., The Intermittent Bus lane System: demonstration in Lisbon, in 86th *Transportation Research Board Annual Meeting*. Washington, DC., 2007.
- 6 Bichajło L., Szarata M., Modelowanie funkcjonowania dynamicznie wydzielanego pasa autobusowego, *X Konferencja Naukowo- Techniczna Logitrans 2013*. Szczyrk 16-19.04.2013.
- 7 Podręcznik użytkownika Vissim 5.2. PTV Vision 2009.
- 8 *Highway Capacity Manual 2010*, Transportation Research Board. National Academy of Sciences.
- 9 Milam R T., Corsim Paramics and Vissim: What the Manuals never Told You, *ITE Annual Meeting*. Philadelphia 2002
- 10 Park B. and Schneeberger J. D., Microscopic Simulation Model Calibration and Validation, *Transportation Research Record* 1856, Paper No. 03-2531
- 11 Sambor A., *Priorytety w ruchu dla pojazdów komunikacji miejskiej*, Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, Warszawa, 1999.

Analysis of the effectiveness of bus lane with intermittent priority

Mateusz Szarata¹, Piotr Olszewski²

¹*Department of Roads and Bridges, The Faculty of Civil and Environmental Engineering, Rzeszow University of Technology, e-mail: matsza@prz.edu.pl*

²*Department of Transportation Engineering, The Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology, e-mail: P.Olszewski@il.pw.edu.pl*

Abstract: The paper compares benefits of bus lanes with intermittent priority to standard bus lanes. The study was based on traffic models made by using HCM 2010 method and microsimulation models developed with PTV Vissim software. The paper also presents operating principles of bus lane with intermittent priority and the results of traffic surveys conducted in Rzeszow. The analysis shows that when compared to the standard bus lane, the use of bus lane with intermittent priority can bring benefits for streets with lower bus flows.

Keywords: bus lane with intermittent priority, bus lane, traffic model, public transport