



Krystian Birr, Jacek Oskarbski, Karol Żarski

## ANALIZY WYZNACZENIA DEDYKOWANYCH PASÓW AUTOBUSOWYCH W GDYNI

**Streszczenie:** Rosnący udział podróży transportem samochodowym i związany z tym wzrost natężenia ruchu drogowego negatywnie wpływa na jakość funkcjonowania transportu zbiorowego, a w szczególności transportu autobusowego, który z ruchem drogowym jest bezpośrednio związany. Zwiększające się zatłoczenie ulic powoduje zaburzenia funkcjonowania systemu transportu autobusowego, przede wszystkim w postaci opóźnień pojazdów lub też wydłużenia czasu przejazdu, po dostosowaniu rozkładu jazdy, a w konsekwencji rzadszymi kursami albo wzrostem kosztów jego funkcjonowania. W skali globalnej powoduje to spadek atrakcyjności transportu zbiorowego, a w efekcie dalszy wzrost udziału podróży samochodami. W związku z powyższym samorządy miast podejmują działania usprawniające funkcjonowanie transportu zbiorowego przez stosowanie różnego rodzaju udogodnień i priorytetów. Jednym z takich rozwiązań jest wyznaczenie dedykowanych pasów dla ruchu autobusowego. Również miasto Gdynia w ramach prowadzonych projektów badawczych, w tym Civitas Dyn@mo, po wielomiesięcznych analizach w roku 2015 wdrożyło takie rozwiązanie.

Celem artykułu jest przedstawienie metodyki analiz dotyczących wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych w obszarze Gdyni oraz uzyskanych wyników. W metodyce wykorzystane zostały narzędzia symulacyjne na poziomie mikro-, mezo- i makroskopowym w celu oszacowania efektywności poszczególnych rozwiązań. W rezultacie wskazano lokalizacje, w których wyznaczenie pasów autobusowych będzie najbardziej efektywne.

### Wprowadzenie

Zaletą transportu zbiorowego jest możliwość dostosowania go do zmieniających się potrzeb transportowych, które związane są ze zmianami preferencji pasażerów oraz powstawaniem nowych generatorów ruchu, jakimi są nowo budowane osiedla, centra handlowe i inne inwestycje. Dodatkowo jest to najbardziej ekonomiczny system transportu w obszarach o wysokiej gęstości celów podróży. Pojemność autobusu czy tramwaju jest wielokrotnie większa, niż samochodów osobowych, w związku z czym mieszczą 50–80 razy więcej osób,

a pojedynczy pojazd potrzebuje znacznie mniej powierzchni jezdni dla przewozu jednego pasażera<sup>1</sup>.

Na jakość funkcjonowania transportu zbiorowego oddziałuje wiele czynników. Są to przede wszystkim czynniki infrastrukturalne i organizacyjne. Wpływają one na cechy transportu zbiorowego, czyli punktualność, regularność kursowania, częstotliwość, dostępność, niezawodność i komfort podróżowania. Aby zwiększyć udział transportu zbiorowego, należy zwiększyć jego atrakcyjność, poprawiając wyżej wymienione cechy.

Głównym środkiem transportu zbiorowego w miastach, w których nie funkcjonuje miejski transport szynowy, jest autobus, a w nielicznych przypadkach również trolejbus. System autobusowy, podobnie jak trolejbusowy, jest w znacznym stopniu podatny na zakłócenia ruchu drogowego. Autobusy i trolejbusy poruszają się po odcinkach jezdni współdzielonych z pozostałymi użytkownikami ruchu. Ta zależność może przyczynić się do zaburzenia punktualności i regularności kursowania, a tym samym spowodować spadek komfortu podróżowania i zmniejszenie niezawodności komunikacji<sup>2</sup>.

Pozostawienie rozwoju transportu autobusowego bez integracji spowoduje stagnację jakości jego funkcjonowania, a z czasem znaczne pogorszenie, a co za tym idzie, spadek udziału autobusów w podróżach, dalszy wzrost zatłoczenia ulic i gorsze warunki ruchu. Konieczne jest zatem wprowadzanie nowych rozwiązań infrastrukturalnych i organizacyjnych, dzięki którym będzie można zapewnić priorytetowe warunki funkcjonowania transportu zbiorowego, oraz bardziej racjonalne wykorzystanie już istniejącej infrastruktury.

Udzielanie priorytetu autobusom umożliwia wiele środków, są to m.in. pasy autobusowe o organizacji ruchu dostosowanej do istniejących potrzeb czy udzielenie pierwszeństwa w sygnalizacji świetlnej dzięki odpowiedniej detekcji autobusu. Gdynia w ramach prowadzonego w roku 2015 projektu badawczego Civitas Dyn@mo, po wielomiesięcznych analizach, wdrożyła takie rozwiązanie.

## 1. Obszar badań

Gdynia jest młodym, dynamicznie rozwijającym się miastem portowym, stanowi ważny punkt na mapie kraju ze względu na integrację transportu morskiego, kolejowego i drogowego. Działalność na rzecz rozwoju miasta ma na celu nadanie mu charakteru centrum biznesowego, choć obecnie obserwuje się wzrost atrakcyjności miasta pod względem turystycznym i mieszkaniowym.

<sup>1</sup> S. Gaca, W. Suchorzewski, M. Tracz, *Inżynieria ruchu drogowego*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.

<sup>2</sup> M. Bauer, *Wpływ infrastruktury ulic na funkcjonowanie komunikacji autobusowej*, rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007, s. 9.



Gwałtowny rozwój miasta i jego rozbudowa wpływa na wzrost popytu na podróże. Największy udział mają podróże do i z centrum miasta. Liczba tych podróży stale wzrasta, ponieważ mieszkańcy przenoszą się do dzielnic peryferyjnych. Wielu mieszkańców nowych osiedli porusza się własnymi środkami transportu. Zaobserwowano kilka negatywnych aspektów, wynikających z rozbudowy miasta, bezpośrednio związanych z transportem:

- następuje wzrost zatłoczenia ulic i wyczerpywanie się przepustowości skrzyżowań,
- w sieci drogowej brakuje dróg dojazdowych do Śródmieścia, zaś rozbudowa ulic w wielu przypadkach jest niemożliwa lub niezasadna,
- duże natężenie ruchu wzdłuż głównych ciągów ulicznych powoduje wysoki poziom hałasu i zanieczyszczenia środowiska, co obniża jakość życia mieszkańców,
- pojawia się coraz większy problem ze znalezieniem miejsc parkingowych,
- obniżają się warunki ruchu drogowego, tworzą się zatory drogowe i wzrastają straty czasu w trakcie jazdy w godzinach szczytu,
- złe warunki ruchu przyczyniają się do spadku jakości funkcjonowania transportu zbiorowego.

Wzrost zatłoczenia dróg powoduje pogorszenie warunków ruchu, w związku z tym spada jakość transportu zbiorowego, a konsekwencją jest spadek liczby pasażerów, decydują się oni bowiem podróżować samochodem. Taka tendencja powoduje dalsze zwiększanie zatłoczenia dróg.

Poprawa funkcjonowania transportu zbiorowego w Gdyni może się odbyć jedynie przez odseparowanie ruchu autobusów i trolejbusów od pozostałych potoków ruchu. Jest to konieczne szczególnie w centrum miasta i na drogach dojazdowych do centrum, a możliwe jest dzięki wydzieleniu pasów autobusowych w kluczowych lokalizacjach w mieście.

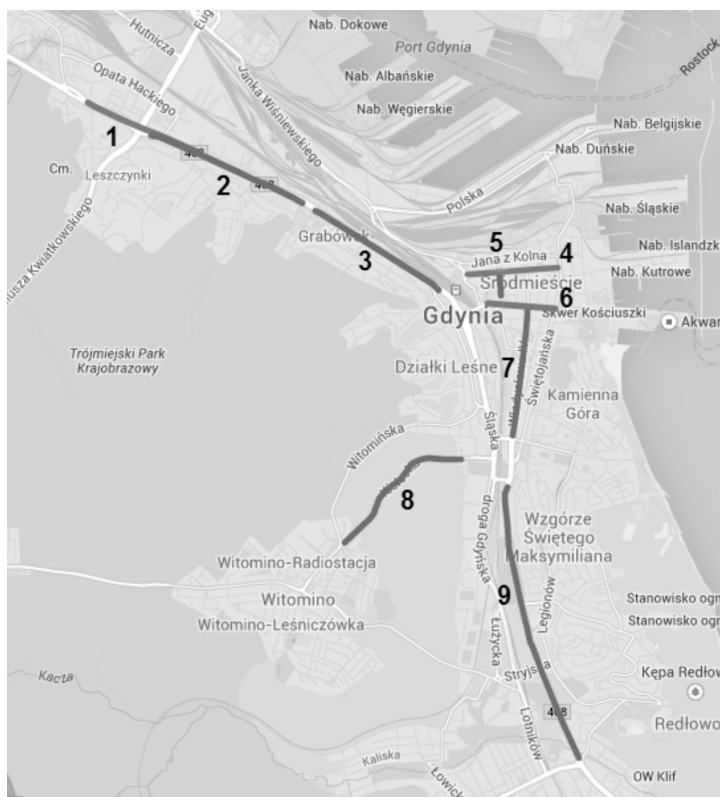
Nadanie priorytetu pojazdom transportu zbiorowego jest przewidziane również w planach rozwoju miasta. Polityka prowadzona przez miasto ma na celu zwiększenie udziału w podróżach wewnątrz miasta, a realizowana jest m.in. przez wprowadzanie systemów nadających autobusom i trolejbusom priorytety w sygnalizacji. System priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla pojazdów transportu zbiorowego został wdrożony w ramach Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem TRISTAR i będzie stanowił wsparcie dla powstających w mieście pasów autobusowych.

W sieci transportowej w obszarze Gdyni do analizy wytypowano dziewięć odcinków, które wykazywały potencjał (liczba kursów pojazdów transportu zbiorowego, istotność odcinka w całej sieci transportowej miasta, natężenie ruchu), aby wyznaczyć pasy autobusowe:

- Morska (ul. Kalksztajnow – ul. Działdowska), kierunek Chylonia,
- Morska (przystanek Morska-Estakada – ul. Grabowo), kierunek Śródmieście,
- Morska (przystanek Akademia Morska – ul. Warszawska), kierunek Śródmieście,



- Wójta Radtkego (Plac Konstytucji – ul. 3 Maja – Plac Kaszubski),
- 3 Maja (ul. Wójta Radtkego – ul. Zgoda), kierunek ul. 10 Lutego,
- 10 Lutego (odcinek: Skwer Kościuszki – ul. Dworcowa), oba kierunki,
- Władysława IV (ul. 10 Lutego – ul. Piłsudskiego), oba kierunki,
- al. Zwycięstwa (ul. Wielkopolska – Droga Gdyńska), oba kierunki,
- Kielecka (ul. Witomińska – Węzeł F. Cegielskiej), oba kierunki.



Rysunek 1. Lokalizacja analizowanych odcinków

Źródło: Opracowanie własne, podkład Google Maps.

## 2. Kryteria wyboru lokalizacji

Ocenę zasadności zastosowania wdrożenia priorytetu dla transportu zbiorowego oraz jego rodzaju można wykonać po uprzedniej analizie istniejącej sytuacji sieci autobusowej i cech ruchu pozostałych gałęzi transportu. Decyzje dotyczącą metody usprawnienia ruchu autobusów w danej lokalizacji należy dokonać indywidualnie dla każdego odcinka i punktu, gdzie występuje potrzeba usprawnienia przejazdu autobusom.



W celu wykazania zasadności wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych w pierwszym etapie sprawdzono stopień spełnienia następujących kryteriów<sup>3</sup>:

- 1) natężenie ruchu autobusów przekracza 20 pojazdów na godzinę:  $Q_{KZ} > 20$  A/h. Dopuszcza się jednak przypadki, gdy natężenie przekracza 10 autobusów na godzinę;
- 2) godzinowy potok pasażerów transportu zbiorowego powinien być większy niż godzinowy potok pasażerów transportu indywidualnego w przeliczeniu na jeden pas ruchu po odjęciu jednego z pasów dla autobusów:

$$Q_{KZ} \cdot n_{KZ} \geq \frac{Q_{SO} \cdot n_{SO}}{N-1} \quad (1)$$

gdzie:

- $Q_{KZ}$  – natężenie ruchu autobusów,
- $n_{KZ}$  – średnie napelnienie autobusu,
- $Q_{SO}$  – natężenie ruchu transportu zbiorowego,
- $n_{SO}$  – średnie napelnienie samochodu osobowego,
- $N$  – liczba pasów ruchu w jednym kierunku.

Spośród analizowanych odcinków wszystkie spełniają kryterium minimalnej liczby kursów (tab. 1), zaś odcinki ulic 10 Lutego w kierunku dworca głównego oraz 3 Maja w kierunku ul. Armii Krajowej nie spełniają kryterium nr 2 zgodnie ze wzorem 1.

Tabela 1. Rezultaty kryterium wyboru lokalizacji

| Nazwa ciągu    | Kierunek                 | Kryterium 1<br>(liczba autobusów)<br>(A/h) | Kryterium 2<br>(potok pasażerów) |
|----------------|--------------------------|--|----------------------------------|
| 10 Lutego      | dworzec główny           | 21   | falsz                            |
| 10 Lutego      | Skwer Kościuszki         | 47   | prawda                           |
| 3 Maja         | ul. Armii Krajowej       | 21   | falsz                            |
| Kielecka       | Witomino                 | 14   | prawda                           |
| Kielecka       | Wzgórze św. Maksymiliana | 12   | prawda                           |
| Morska 1       | Chylonia                 | 50   | prawda                           |
| Morska 2       | Śródmieście              | 47   | prawda                           |
| Morska 3       | Śródmieście              | 48   | prawda                           |
| Wójta Radtkego | Plac Kaszubski           | 58   | prawda                           |
| Władysława IV  | Wzgórze św. Maksymiliana | 51   | prawda                           |
| Władysława IV  | Śródmieście              | 48   | prawda                           |
| al. Zwycięstwa | Wzgórze św. Maksymiliana | 42   | prawda                           |
| al. Zwycięstwa | ul. Wielkopolska         | 41   | prawda                           |

Źródło: Opracowanie własne.

<sup>3</sup> M. Bauer, *Wydzielone pasy dla komunikacji zbiorowej w Krakowie*, materiały konferencyjne, XV Forum Mobilności, Kraków 2009, s. 5.



Aby wskazać odcinki, na których wyznaczenie pasa autobusowego będzie najbardziej efektywne względem całego systemu transportowego Gdyni, przeprowadzono badania z wykorzystaniem modelu makrosymulacyjnego podróży w Gdyni, wartością wynikową jest w nich zmiana wielkości globalnego czasu przejazdu (osobogodziny) w całej sieci transportowej. Szczegółowe założenia oraz metodę analizy opisano w kolejnym punkcie opracowania.

### 3. Metoda badań

#### 3.1. Badania terenowe

Zgodnie z założeniami celem badań jest identyfikacja parametrów ruchu drogowego na wybranych odcinkach sieci transportowej Gdyni, będąca podstawą do określenia zasadności wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych na tych odcinkach.

Badania obejmowały pomiary następujących parametrów: czas przejazdu pojazdów transportu indywidualnego, czas przejazdu pojazdów transportu zbiorowego, natężenie ruchu drogowego, napelnienie pojazdów transportu zbiorowego.

Przeprowadzono je w dwóch punktach pomiarowych (na początku i końcu każdego odcinka) metodą obserwacji z zewnątrz w typowe dni tygodnia (wtorek, środa, czwartek) w godzinach: szczytu porannego (7.00–9.00), okresu międzyszczytowego (10.30–12.30), szczytu popołudniowego (15.00–17.00).

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych dokonano zestawienia i analizy wskaźników charakteryzujących warunki ruchu na każdym z odcinków. Do takich wskaźników zaliczono:

- średni i najkrótszy czas przejazdu odcinka przez pojazd transportu zbiorowego – wykazane różnice świadczą o zmienności warunków ruchu względem poszczególnych okresów doby. Najkrótszy czas określa, ile powinien zająć przejazd w przypadku minimalnego wpływu ograniczeń. Jest to czas, do którego należy dążyć, nadając priorytet pojazdom transportu zbiorowego;
- średnia prędkość przejazdu odcinka – pozwala wyznaczyć odcinki, na których prędkość jest najniższa, co jest sygnałem, że należy wykonać analizę przyczyn niskiej prędkości (np. duża liczba przystanków, zator drogowy (porównanie do prędkości indywidualnych pojazdów samochodowych itd.);
- natężenie ruchu drogowego, stopień wykorzystania przepustowości i średnia prędkość przejazdu pojazdów indywidualnego transportu samochodowego – pozwala określić warunki ruchu na analizowanym odcinku oraz zidentyfikować miejsca krytyczne, w których powstają zakłócenia w układzie ulicznym;
- napelnienie i liczba kursów pojazdów transportu zbiorowego – pozwala określić istotność tego odcinka w sieci transportu zbiorowego, a także obliczyć globalne straty czasu jego użytkowników;



- udział pasażerów transportu zbiorowego w przekroju drogowym (z uwzględnieniem liczby indywidualnych pojazdów samochodowych i ich średniego napelnienia) – pozwala określić względną istotność strat czasu pasażerów transportu zbiorowego względem innych uczestników ruchu, co należy wykorzystać do optymalizacji strat czasu z uwzględnieniem zasady zrównoważonego rozwoju.

### 3.2. Badania symulacyjne

Celem wskazania spośród analizowanych odcinków, na których wyznaczenie pasa autobusowego będzie najbardziej efektywne względem całego systemu transportowego Gdyni, przeprowadzono badania z wykorzystaniem wielo-  
poziomowego modelu podróży Gdyni składającego się z: makrosymulacji (z wykorzystaniem oprogramowania PTV VISUM), mezosymulacji (z wykorzystaniem oprogramowania SATURN), mikrosymulacji (z wykorzystaniem oprogramowania PTV VISSIM).

## 4. Wyniki analiz

### 4.1. Analizy na poziomie makroskopowym

Model podróży Gdyni wykorzystuje klasyczny czterostopniowy model transportowy, który jest najczęściej stosowany zarówno w Polsce, jak i na świecie. Model sieci drogowej jest jednym z podstawowych elementów modelu transportowego miasta. W ramach projektu Civitas Dyn@mo na bazie schematów istniejącej infrastruktury drogowej i transportu zbiorowego opracowano model sieci transportowej Gdyni dla roku 2014. Siecią objęto wszystkie systemy transportu zbiorowego funkcjonujące w modelowanym obszarze: kolejowy, autobusowy i tramwajowy.

Aby jak najdokładniej odwzorować obciążenia poszczególnych odcinków sieci, zakodowano wszystkie połączenia transportu zbiorowego z podziałem na kategorie zależne od systemu transportowego, taryfy lub organizatora: kolejowe dalekobieżne, kolejowe miejskie i regionalne, autobusowe i trolejbusowe miejskie. Układ połączeń oraz czasy przejazdu poszczególnych odcinków przez pojazdy transportu zbiorowego został skalibrowany w odniesieniu do rzeczywistego rozkładu jazdy obowiązującego w październiku 2014 r. oraz do wyników badań terenowych.

Otrzymane wyniki (tab. 2) wskazują, iż pod względem efektywności liczonej zmianą (skróceniem) globalnego czasu przejazdu w całym mieście, najbardziej efektywnymi odcinkami z dedykowanym pasem autobusowym są kolejno: ul. Kielecka, kierunek Witomino, ul. Morska (ul. Kalksztajnow – przystanek Morska



**Tabela 2. Wartości wynikowe makrosymulacji – stan bezinwestycyjny**

| Nazwa ciągu     | Kierunek                    | Szczyt<br>(okres<br>zbadanych<br>największych<br>strat czasu) | Przed    |                 |              |                 |                          |                    |             |    |                          |                  |                     |                   |
|-----------------|-----------------------------|---|----------|-----------------|--------------|-----------------|--------------------------|--------------------|-------------|----|--------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
|                 |                             |   | odcinek  |                 |              |                 |                          | przekrój           |             |    |                          |                  | sieć                |                   |
|                 |                             |   | psim     | pas-<br>godz.   | osobo-<br>km | osobo-<br>godz. | liczba<br>pasaze-<br>rów | natężenie<br>ruchu | modal split |    | praca<br>przewo-<br>zowa | globalny<br>czas | średnia<br>prędkość | udział<br>podróży |
|                 |                             |   | (pas.km) | (pas.<br>godz.) | (os.km)      | (os.godz.)      | (osob)                   | (osob)             | T2          | T1 | (pas.km)                 | (pas.<br>godz.)  | (km/h)              | (%)               |
| 10 Lutego       | dworzec główny              | popołudniowy  | 122,4    | 9,0             | 432,8        | 19,5            | 456                      | 1074               | 24          | 76 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| 10 Lutego       | Skwer Kościuszki            | popołudniowy  | 263,1    | 25,9            | 420,9        | 26,4            | 725                      | 1473               | 27          | 73 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| 3 Maja          | ul. Armii Krajowej          | popołudniowy  | 132,6    | 7,3             | 163,6        | 6,6             | 670                      | 878                | 36          | 64 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Kielecka        | Witomino                    | popołudniowy  | 847,1    | 52,9            | 909,5        | 54,9            | 618                      | 664                | 41          | 59 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Kielecka        | Wzgórze<br>św. Maksymiliana | popołudniowy  | 490,6    | 24,5            | 874,8        | 25,0            | 358                      | 638                | 29          | 71 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Morska 1        | Chylonia                    | popołudniowy  | 605,8    | 59,9            | 1006,9       | 58,1            | 1500                     | 2519               | 30          | 70 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Morska 2        | Śródmieście                 | poranny   | 2028,7   | 142,2           | 3463,3       | 181,8           | 1606                     | 2958               | 29          | 71 | 414 303                  | 13 717           | 30,2                | 31,52             |
| Morska 3        | Śródmieście                 | poranny   | 2568,5   | 83,8            | 2998,3       | 116,5           | 2349                     | 2525               | 41          | 59 | 414 303                  | 13 717           | 30,2                | 31,52             |
| Wójta Radtkiego | Plac Kaszubski              | popołudniowy  | 216,7    | 21,3            | 83,8         | 5,6             | 743                      | 239                | 70          | 30 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Władysława IV   | Wzgórze<br>św. Maksymiliana | popołudniowy  | 1240,2   | 71,1            | 1246,4       | 39,1            | 1517                     | 1566               | 42          | 58 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| Władysława IV   | Śródmieście                 | popołudniowy  | 1053,7   | 60,3            | 1348,7       | 41,9            | 1242                     | 1711               | 35          | 65 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| al. Zwycięstwa  | Wzgórze<br>św. Maksymiliana | popołudniowy  | 2322,5   | 90,9            | 3328,1       | 80,0            | 1498                     | 1575               | 41          | 59 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |
| al. Zwycięstwa  | ul. Wielkopolska            | popołudniowy  | 2406,3   | 94,2            | 3461,6       | 84,2            | 1489                     | 1562               | 41          | 59 | 485 164                  | 17 821           | 27,2                | 39,04             |

Źródło: Opracowanie własne.



**Tabela 3. Wartości wynikowe makrosymulacji – stan inwestycyjny**

| Nazwa ciągu     | Kierunek                 | Szczyt (okres zbadanych największych strat czasu) | odcinek       |                       |                  |                       | Prędkość                |                        |             |        | sieć                      |                           |                         |                       | Zmiana globalnego czasu przejazdu na sieci transportowej (pas. godz.) |
|-----------------|--------------------------|---|---------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------|--------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|---|
|                 |                          |   | psim (pas.km) | pas-godz. (pas.godz.) | osobo km (os.km) | osobogodz. (os.godz.) | liczba pasażerów (osób) | natężenie ruchu (osób) | modal split |        | praca przewoźowa (pas.km) | globalny czas (pas.godz.) | średnia prędkość (km/h) | udział podróży T2 (%) |   |
|                 |                          |   |               |                       |                  |                       |                         |                        | T2 (%)      | T1 (%) |                           |                           |                         |                       |   |
| 10 Lutego       | dworzec główny           | popołudniowy                                      | 129,6         | 7,2                   | 335,9            | 17,0                  | 471                     | 865                    | 35          | 65     | 485 228,6                 | 17 820,4                  | 27,23                   | 39,04                 | -1,0  |
| 10 Lutego       | Skwer Kościuszki         | popołudniowy                                      | 277,6         | 22,3                  | 322,8            | 25,3                  | 762                     | 1116                   | 41          | 59     | 485 273,2                 | 17839,4                   | 27,20                   | 39,05                 | 18,0  |
| 3 Maja          | ul. Armii Krajowej       | popołudniowy                                      | 134,7         | 3,6                   | 159,1            | 6,7                   | 680                     | 855                    | 44          | 56     | 485 185,6                 | 17 818,4                  | 27,23                   | 39,05                 | -3,0  |
| Kielecka        | Witomino                 | popołudniowy                                      | 1016,4        | 28,8                  | 904,4            | 54,3                  | 741                     | 660                    | 53          | 47     | 485 277,0                 | 17 789,3                  | 27,28                   | 39,05                 | -32,1   |
| Kielecka        | Wzgórze św. Maksymiliana | popołudniowy                                      | 847,1         | 52,9                  | 909,0            | 54,8                  | 618                     | 663                    | 48          | 52     | 485 173,7                 | 17 813,0                  | 27,24                   | 39,04                 | -8,4  |
| Morska 1        | Chylonia                 | popołudniowy                                      | 678,4         | 33,1                  | 998,9            | 61,6                  | 1680                    | 2504                   | 40          | 60     | 485 055,2                 | 17 790,6                  | 27,26                   | 39,05                 | -30,8   |
| Morska 2        | Śródmieście              | poranny   | 2170,5        | 113,7                 | 3460,1           | 180,9                 | 1713                    | 2955                   | 37          | 63     | 414 300,9                 | 13 685,1                  | 30,27                   | 31,52                 | -31,4   |
| Morska 3        | Śródmieście              | poranny   | 2657,4        | 93,6                  | 2997,5           | 116,5                 | 2435                    | 2525                   | 49          | 51     | 414 327,4                 | 13 708,2                  | 30,22                   | 34,69                 | -8,4  |
| Wójta Radtkiego | Plac Kaszubski           | popołudniowy                                      | 224,7         | 16,9                  | 83,8             | 5,6                   | 765                     | 239                    | 75          | 24     | 485 196,4                 | 17 818,4                  | 27,23                   | 39,05                 | -3,0  |
| Władysława IV   | Wzgórze św. Maksymiliana | popołudniowy                                      | 1328,1        | 51,8                  | 1181,0           | 38,8                  | 1608                    | 1494                   | 52          | 48     | 485 245,0                 | 17 805,5                  | 27,25                   | 39,04                 | -15,9   |
| Władysława IV   | Śródmieście              | popołudniowy                                      | 1168,7        | 44,6                  | 1290,6           | 41,8                  | 1354                    | 1683                   | 45          | 55     | 485 268,4                 | 17 807,8                  | 27,25                   | 39,04                 | -13,6   |
| al. Zwycięstwa  | Wzgórze św. Maksymiliana | popołudniowy                                      | 2395,7        | 77,6                  | 2087,6           | 58,3                  | 1536                    | 999                    | 61          | 39     | 485 615,3                 | 17 826,2                  | 27,24                   | 39,05                 | 4,8   |
| al. Zwycięstwa  | ul. Wielkopolska         | popołudniowy                                      | 2408,8        | 94,3                  | 2179,1           | 61,9                  | 1491                    | 986                    | 60          | 40     | 485 708,2                 | 17 846,9                  | 27,22                   | 39,04                 | 25,5  |

Źródło: Opracowanie własne.

-Estakada) kierunku Chylonia, ul. Morska (przystanek Morska-Estakada – ul. Grabowo) kierunku Śródmieście, ul. Władysława IV, kierunek Wzgórze św. Maksymiliana, ul. Władysława IV, kierunek ul. 10 Lutego.

Ponadto symulacje wskazują wzrost globalnego czasu podróży w przypadku wyznaczenia pasów autobusowych na odcinkach: al. Zwycięstwa, kier. ul. Wielkopolska, al. Zwycięstwa, kierunek Wzgórze św. Maksymiliana, ul. 10 Lutego, kierunek Skwer Kościuszki.

W związku z powyższym odcinki te pominięto w dalszej części analizy.

Na podstawie otrzymanych wyników oraz wyników analizy spełnienia kryteriów opisanych w rozdziale drugim niniejszego opracowania, zgodnie z jego zakresem koncepcję utworzenia dedykowanych pasów autobusowych ograniczono do następujących odcinków: ul. Kielecka, kier. Witomino, ul. Morska (ul. Kalksztajnow – przystanek Morska-Estakada) kierunek Chylonia, ul. Władysława IV, kierunek Wzgórze św. Maksymiliana, ul. Władysława IV, kierunek ul. 10 Lutego.

Odcinek ul. Morskiej w kierunku Śródmieścia odrzucono z uwagi na konieczność przebudowy niektórych jego fragmentów.

#### 4.2. Symulacje na poziomie mezoskopowym

W modelach mezoskopowych stosuje się rozwiązania pośrednie pomiędzy modelami makroskopowymi i mikroskopowymi. Modele mezoskopowe opisują większość elementów na wysokim poziomie szczegółowości, charakteryzując jednocześnie ich wzajemne oddziaływanie i zachowania w znacznie mniej szczegółowy sposób niż w przypadku modeli mikroskopowych (np. decyzja o wyborze pasa ruchu przez pojazd nie wynika, tak jak w przypadku modeli mikroskopowych, z wzajemnych oddziaływań między pojazdami, a z gęstości ruchu na danym pasie).

W pracy, ze względu na ograniczoną ilość miejsca, zamieszczono jedynie przykładowe wyniki symulacji dla wybranego odcinka, tj. ul. Kieleckiej.

W tabeli 4 i 5 przedstawiono wyniki porównań pomiędzy wariantem 0 (W0), który zakłada brak realizacji pasa dla autobusu oraz wariantem 1 (W1), zakładającym powstanie pasa dla autobusu na ul. Kieleckiej w kierunku Witomina oraz porównanie miar sprawności oraz miar środowiskowych pomiędzy wariantami rozwiązań.

Przeprowadzone analizy wykazały niewielkie pogorszenie warunków ruchu w obszarach, w których utrudnienia występują również w wariantcie bez wprowadzenia pasa autobusowego – w obrębie skrzyżowań al. Zwycięstwa – ul. Stryjska i ul. Stryjska – ul. Legionów (na skutek niewielkiej dywersyfikacji ruchu – więcej pojazdów przenosi się na ul. Małokacką z ul. Kieleckiej – ze względu na to nieznacznie pogarszają się warunki ruchu na drogach dojazdowych do ul. Małokackiej). Zauważono również przenoszenie się niewielkiej części pojazdów



na ul. Konwaliową w celu ominięcia kolejki pojazdów na ul. Kieleckiej (ok. 20 pojazdów w szczycie popołudniowym). Niemniej jednak zmiana rozkładu ruchu przyczynia się do wzrostu efektywności sterowania (zmniejsza się liczba zatrzymań oraz kolejki chwilowe na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną). W szczycie popołudniowym czas podróży wszystkich pojazdów w sieci wydłuża się o 10% (przy niezmienionej pracy przewozowej średnia prędkość wszystkich pojazdów w sieci spada również o 10%), pozostałe parametry nie wykazują znaczących zmian (oprócz wspomnianej powyżej redukcji liczby zatrzymań). Koszty ruchu mierzone czasem podróży pojazdów transportu indywidualnego, zużyciem paliwa, oraz pozostałymi kosztami wpływu na środowisko podlegają zwiększeniu od 2% (szczyt poranny) do 3,5% (szczyt popołudniowy). Nie odnotowano widocznego wpływu wyznaczenia pasa dla autobusów na warunki ruchu w sieci.

Tabela 4. Wartości wynikowe mezosymulacji – obszar całego miasta

| Warianty                     | Praca przewozowa PP (pkm/godz.) | Czas podróży TP (godz./godz.) | Zużycie paliwa ZP (l/godz.) | Prędkość śr. VP (km/h) | Koszty ruchu KR (tys. PLN/godz.) | Kolejki chwilowe (poj.) | Kolejki pozostające (poj.) |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| W0 poranny                   | 215 333,90                      | 4758,70                       | 18 404,40                   | 45,30                  | 407,92                           | 723,70                  | 187,40                     |
| W1 poranny                   | 215 379,40                      | 5037,40                       | 18 735,20                   | 42,80                  | 416,26                           | 721,80                  | 282,00                     |
| W0 popołudniowy              | 249 893,10                      | 6310,40                       | 22 664,80                   | 39,60                  | 498,31                           | 963,20                  | 837,50                     |
| W1 popołudniowy              | 249 631,20                      | 6936,20                       | 23 246,50                   | 36,00                  | 516,02                           | 956,10                  | 1473,30                    |
| zmiana W1/W0 poranny, %      | 0,02                            | 5,86                          | 1,80                        | -5,52                  | 2,04                             | -0,26                   | 50,48                      |
| zmiana W1/W0 popołudniowy, % | -0,10                           | 9,92                          | 2,57                        | -9,09                  | 3,55                             | -0,74                   | 75,92                      |

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 5. Wartości wynikowe mezosymulacji – obszar całego miasta

| Warianty                     | Liczba zatrzymań | Emisja CO (kg) | Emisja CO <sub>2</sub> (kg) | Emisja NO <sub>x</sub> (kg) | Emisja HC (kg) | Udział liczby pojazdów w kolejkach (%) |
|------------------------------|------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|--|
| W0 poranny                   | 153 789,80       | 1627,76        | 18 250,04                   | 451,27                      | 297,73         | 0,70                                   |
| W1 poranny                   | 150 331,40       | 1647,52        | 18 342,89                   | 449,06                      | 300,87         | 1,05                                   |
| W0 popołudniowy              | 212 679,10       | 2006,10        | 21 764,01                   | 529,78                      | 365,23         | 2,57                                   |
| W1 popołudniowy              | 182 261,00       | 2048,67        | 21 882,42                   | 522,51                      | 371,87         | 4,52                                   |
| zmiana W1/W0 poranny, %      | -2,25            | 1,21           | 0,51                        | -0,49                       | 1,05           | 50,48                                  |
| zmiana W1/W0 popołudniowy, % | -14,30           | 2,12           | 0,54                        | -1,37                       | 1,82           | 75,92                                  |

Źródło: Opracowanie własne.



### 4.3. Symulacje na poziomie mikroskopowym

Modele mikrosymulacyjne pozwalają na najdokładniejsze odwzorowanie sytuacji drogowej z uwzględnieniem wielu parametrów, takich jak: zachowanie kierowcy, wielkość danego pojazdu, parametry techniczne odcinka, organizacja ruchu, program sygnalizacji świetlnej itd. Dzięki tak dużej dokładności możliwe jest opracowanie szczegółowej organizacji ruchu w przypadku np. wydzielenia pasów autobusowych, a także przeanalizowanie jak wpłynie to na warunki ruchu drogowego oraz zachowania użytkowników.

W pracy zamieszczono jedynie przykładowe wyniki symulacji dla wybranego odcinka, tj. ul. Kieleckiej.

Do analizy przyjęto 2 podstawowe warianty:

- wariant W0, stan istniejący,
- wariant W1, zakładający wykonanie wydzielonego pasa autobusowego (w przypadku pasa autobusowego wzdłuż ul. Kieleckiej przeanalizowano również wariant 2 – wykonanie służby autobusowej na skrzyżowaniu ulic Chwarznieńskiej – Widnej – Niskiej).

Przeanalizowano następujące ciągi ulic w poszczególnych godzinach szczytu:

- ul. Morska:
  - odcinek 1 – szczyt popołudniowy,
  - odcinek 2 – szczyt poranny,
  - odcinek 3 – szczyt poranny,
- ul. 10 Lutego – szczyt popołudniowy,
- ul. Władysława IV – szczyt popołudniowy,
- ul. Kielecka – szczyt popołudniowy.

Tabela 6. Średnie czasy przejazdu i prędkości w ciągu ul. Kieleckiej

| Rodzaj transportu | W0                    |                            | W1                    |   |                            | W2                    |   |                            |
|-------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------------|-----------------------|---|----------------------------|
|                   | średni czas przejazdu | średnia prędkość przejazdu | średni czas przejazdu | różnica w czasie przejazdu w stosunku do W0 | średnia prędkość przejazdu | średni czas przejazdu | różnica w czasie przejazdu w stosunku do W1 | średnia prędkość przejazdu |
|                   | (s)                   | (km/h)                     | (s)                   | (s)   | (km/h)                     | (s)                   | (s)   | (km/h)                     |
| kierunek Witomino |                       |                            |                       |   |                            |                       |   |                            |
| TI                | 249,8                 | 18,7                       | 175,1                 | 74,8<br>(29,9%)                             | 26,7                       | 169,5                 | 5,6 (3,2%)                                  | 27,6                       |
| TZ                | 262,8                 | 17,8                       | 134,9                 | 127,8<br>(48,6%)                            | 34,7                       | 131,2                 | 3,8 (2,0%)                                  | 35,7                       |

Źródło: Opracowanie własne.



Jak pokazały wyniki symulacji, w wariancie 2 na analizowanym odcinku z pasem dla autobusów poprawiły się warunki ruchu dla pojazdów transportu zbiorowego również względem wariantu 1. Bardzo istotnym aspektem przeprowadzonych analiz jest fakt, że poprawione zostały również warunki ruchu pojazdów indywidualnych. Wynika to przede wszystkim z przeniesienia ruchu autobusowego na inne elementy infrastruktury drogowej, a w efekcie zwiększenie przepustowości pozostałych odcinków.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania i analizy wykazały potrzebę uprzywilejowania pojazdów transportu zbiorowego w najważniejszych obszarach sieci transportowej Gdyni. Pod koniec 2015 r., w ramach projektu TRISTAR, wdrażony został priorytet na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. Opracowana koncepcja wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych umożliwia dodatkowe uprzywilejowanie autobusów i trolejbusów. Opierając się na doświadczeniach wielu innych miast, można stwierdzić, że te wzajemnie uzupełniające się działania przyczynią się do istotnej poprawy funkcjonowania transportu zbiorowego w Gdyni, zwiększając jego niezawodność, ofertę, a przez to atrakcyjność.

Przedstawiona w opracowaniu metoda analiz poszczególnych koncepcji wyznaczenia pasów autobusowych umożliwiła poznanie wielopłaszczyznowych efektów dla każdej z nich, co stanowiło podstawę podjęcia decyzji odnośnie do zasadności zastosowania analizowanych rozwiązań oraz wybór ich wariantu. Wykorzystanie wielopoziomowego modelu ruchu umożliwiło dokładne sprawdzenia wpływu zaproponowanych zmian w organizacji ruchu (szczególnie sposobu wyznaczenia pasa w newralgicznych punktach) na warunki ruchu dla wszystkich użytkowników sieci transportowej. Po wykonanych w ten sposób badaniach i dodatkowych analizach uwzględniających między innymi bezpieczeństwo i możliwości techniczne, na wybranych odcinkach wyznaczono pasy autobusowe.

## Literatura

- Birr K., Oskarbski J., Gumińska L., Analiza zasadności wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych w Gdyni, Raport z zadania WP3/G.5 projektu Civitas Dyn@mo, Gdynia 2015
- Bauer M., *Wydzielone pasy dla komunikacji zbiorowej w Krakowie*, materiały konferencyjne, XV Forum Mobilności, Kraków 2009
- Bauer M., *Wpływ infrastruktury ulic na funkcjonowanie komunikacji autobusowej*, rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007
- Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008



Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Gdyni oraz miast i gmin objętych porozumieniami komunalnymi na lata 2014–2025, Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni, Gdynia 2014

### ANALYSIS OF THE DEDICATED BUS LANES SEPARATION IN GDYNIA

**Summary:** The growing share of travel by individual transport and the related increase in traffic, adversely affects the quality of public transport, especially that, which is directly related with road traffic – buses. Increasing congestion causes disturbances in functioning of the bus system, primarily as delays or after adjusting timetables, less frequent courses or increase in the operation cost. On a global scale, it reduce the appeal of public transport, and in consequence, a further increase in the share of car trips. Therefore, municipal governments take steps to improve the functioning of public transport by using various kinds of facilities and priorities. One such a solution is the separation of dedicated lanes for bus traffic. Also, the city of Gdynia within the framework of research projects, including Civitas Dyn@mo, in 2015, after months of analysis has implemented this kind of solution.

The aim of the article is to present the methodology of analyses concerning the separation of dedicated bus in the area of Gdynia with the results. The methodology used simulation tools at a microscopic level and the macroscopic to evaluate the effectiveness of individual solutions. The result indicated the locations where the designation of bus lanes will be most effective.