

## **ANALIZA CZASU WYMIANY POTOKÓW PASAŻERSKICH NA PRZYSTANKACH AUTOBUSOWYCH W BYDGOSZCZY**

*W artykule przedstawiono wyniki obserwacji czasu wymiany potoków pasażerskich na przystankach autobusowych na terenie Bydgoszczy. Ponadto przeanalizowano czynniki, które mogą mieć bezpośredni i pośredni wpływ na długość trwania wymiany podróżnych wysiadających z pojazdu oraz podróżnych wsiadających do pojazdu.*

### **WSTĘP**

Transport miejski jest to regularny publiczny transport zbiorowy wykonywany w granicach administracyjnych miasta lub miasta i gminy, a także, w określonych przypadkach, miast i gmin sąsiadujących [1]. Konieczność istnienia i prawidłowego funkcjonowania transportu publicznego jest niejako priorytetem dla władz miasta oraz czynnikiem mogącym zwiększyć jego atrakcyjność na tle regionu. Zwiększająca się liczba samochodów osobowych powoduje obciążenie tras, występowanie kongestii, czyli zatorów drogowych, a co za tym idzie przyczynia się do wzrostu zanieczyszczenia powietrza, wydłużenia czasu podróży, czy wzrostu liczby wypadków. Biorąc pod uwagę te fakty należy dokonać wszelkich starań, aby transport publiczny funkcjonował prawidłowo, niezawodnie i ekonomicznie. Konieczne jest podwyższanie jakości transportu zbiorowego tak, by stał się on konkurencyjny dla transportu indywidualnego oraz by mieszkańcy miast chętnie korzystali z niego, rezygnując równocześnie z przemieszczania się swoimi prywatnymi samochodami [2].

Jednostką administracyjną zajmującą się transportem zbiorowym w Bydgoszczy jest Zarząd Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej. W strefie obsługi transportu zbiorowego w Bydgoszczy znajduje się około 115 km<sup>2</sup> obszaru miasta. Według danych na rok 2009, transport ten realizował ok. 36,9% wszystkich podróży mieszkańców miasta, a 55,5% podróży innych niż piesze [3]. Dane te wskazują na to, iż transport miejski stanowi znaczną część całego systemu transportowego w Bydgoszczy. Dlatego ważne jest, żeby funkcjonował tak, by jego ocena przez podróżnych utrzymywała się na wysokim poziomie. Istnieje wiele czynników wpływających na tę ocenę. Do jednego z najważniejszych można zaliczyć czas podróży środkiem transportu. Na czas ten wpływ ma wiele elementów, a jednym z nich jest czas postoju pojazdu na przystankach podczas wymiany pasażerów.

Zagadnienie czasu wymiany potoków pasażerskich na przystankach transportu miejskiego opisywano już w roku 1984. W opracowaniu [4] zamieszczono podrozdział dotyczący rozmieszczenia przystanków na sieci komunikacyjnej oraz związanych z tym rozplanowaniem czasów traconych podczas częstych postojów pojazdów na przystankach. Stwierdzono, iż czasy tracone podczas postoju zależą od liczby osób wsiadających i wysiadających do i z pojazdu. Zdaniem autora przeciętny czas, w jakim wsiada pasażer do pojazdu wynosi 1,2 sekundy, natomiast osobie wysiadającej zajmuje to około 1 sekundę. Ważne jest również, iż czas postoju na przystanku według danych z lat 80-tych wynosił przeciętnie 15 sekund, przy czym bardzo rzadko czas ten był krótszy niż 8 s [4].

Kluczową pozycję dotyczącą badanego zagadnienia stanowi publikacja [5], w której wyszczególniono wiele czynników mających wpływ na czas wymiany pasażerów na przystankach. Do najistotniejszych czynników zaliczono potok pasażerski, czyli liczbę osób wsiadających i wysiadających z danego pojazdu, a także czynniki związane z rodzajem pojazdu, głównie z jego pojemnością, ilością drzwi i ich szerokością oraz wysokością podłogi przy wejściu do danego środka transportu. Przedstawione zostały także inne elementy, które mogą wpływać na to, w jakim czasie nastąpi wymiana pasażerów, między innymi takie parametry jak infrastruktura przystanku, sposób usytuowania części postojowej, dostępność informacji o rozkładzie jazdy dla podróżnych, przepustowość przystanku oraz inne czynniki, które można określić jako losowe. W powyższym artykule opisano i przeanalizowano wyniki badań z pomiarów czasu wymiany pasażerów, które odbyły się w Katowicach, Krakowie oraz w Nowym Sączu w latach 2003 – 2006.

Zagadnienie wymiany potoków pasażerskich na przystankach transportu zostało ponadto poruszone w artykule [6], gdzie zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych na przystankach komunikacji miejskiej w Sosnowcu. Podobnie, jak w poprzednim przypadku określono czynniki wpływające na długość czasu wymiany pasażerów i przedstawiono ich podział na kilka grup. Wyodrębniono przede wszystkim parametry związane z budową pojazdu, a także z organizacją procesu wsiadania i wysiadania, wyposażeniem przystanku, czy zatłoczeniem środka transportu. W artykule określone są także czynniki, które wpływają w sposób pośredni na ostateczny czas wymiany. Zaliczono do nich między innymi rozkład kursów w czasie, zgodność czasu przyjazdu z rozkładem jazdy, czy dostępność informacji pasażerskiej. Parametry te nie wpływają bezpośrednio na długość czasu wymiany, jednak w pewnym stopniu przyczyniają się do konkretnych zachowań podróżnych, co z kolei ma już istotne znaczenie dla badanego problemu.

W procesie analizy czasu wymiany pasażerów na przystankach transportu publicznego nie należy zapominać o użytkownikach tego rodzaju transportu oraz o ich subiektywnych odczuciach związanych z czasem traconym na przystankach. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na artykuł [7], w którym został poruszony problem subiektywnych odczuć podróżnych związanych z czasem traconym na oczekiwanie oraz proces wsiadania i wysiadania pasażerów ze środka transportu. Podczas badań przeprowadzonych w Warszawie stwierdzono, iż faktyczna długość tego procesu stanowi 33% całkowitego czasu podróży. Jednak w subiektywnym odczuciu pasażerów czas ten wydaje się być dłuższy i sięga nawet 52%. Wynika to z faktu przypisywania wagi traconemu czasowi przez pasażerów. W trakcie odbywania ważnej podróży czas postoju pojazdu na przystanku działa

niepokojąco na pasażera, a co za tym idzie jego subiektywne odczucie traconego czasu odbiega od rzeczywistości.

W niniejszym opracowaniu zwrócono szczególną uwagę na wartość czasu wymiany pasażerów w trakcie postoju autobusu na przystankach oraz przeanalizowano wpływ poszczególnych czynników na długość trwania tegoż postoju, w szczególności wpływ wielkości potoków pasażerskich, budowy pojazdu oraz punktualności jego przyjazdu na przystanek.

## 1. METODYKA BADAŃ

### 1.1. Metody przeprowadzenia badań

Do badania zagadnień związanych z wymianą potoków podróżnych na przystankach służą dwa sposoby pomiaru czasu wsiadania i wysiadania pasażerów do i z pojazdu – metoda bezpośredniego pomiaru wykonywana przez badaczy znajdujących się w pojeździe lub na przystankach oraz metoda pośrednia wykorzystująca elementy elektroniczne [8].

Pierwszy ze sposobów bezpośredniego badania to pomiary wykonywane z pojazdu. Metoda ta polega na mierzeniu czasu wymiany pasażerów za pomocą stopera oraz liczby tych pasażerów w danym środku przewozowym przez osoby badające. Podczas jazdy wybranym pojazdem mierzy się czas potrzebny na wsiadanie i wysiadanie pasażerów wtedy, gdy pojazd zatrzymuje się na kolejnych przystankach. Taki sposób wykonywania badań ogranicza się do przeprowadzania pomiarów dla jednej linii transportu publicznego oraz dla środka przewozowego jednego rodzaju. Metoda ta wiąże się także z poniesieniem kosztów związanych z zakupem biletów, upoważniających do realizacji podróży.

Drugim bezpośrednim sposobem przeprowadzania pomiarów jest wykonywanie ich na wybranych przystankach transportu zbiorowego zlokalizowanych w różnych obszarach miasta. Metoda ta polega na mierzeniu czasu wymiany oraz liczby pasażerów kolejnych środków przewozowych podjeżdżających na dany przystanek. Takie rozwiązanie pozwala wykonać badania na zróżnicowanym taborze transportu miejskiego oraz na wszystkich liniach obsługiwanych przez dany przystanek.

Do metod pośrednich zalicza się monitoring wizyjny oraz automatyczne zliczanie pasażerów przez czujniki znajdujące się w drzwiach pojazdów. Pierwszy z pomiarów wykonywany jest przy pomocy odtworzenia nagrań z kamer zamontowanych wewnątrz pojazdu lub kamer zainstalowanych w obszarach przystanków transportu zbiorowego. Niezbędny jest jednak udział człowieka w procesie pomiarowym, gdyż ręcznie liczy on liczbę pasażerów wsiadających i wysiadających z pojazdu na podstawie odczytu z kamery. Natomiast czas wymiany mierzony jest przy pomocy elektronicznego czasomierza kamery.

Sposób pośredni pomiaru wykonywany za pomocą czujników znajdujących się w pojeździe jest w pełni automatyczny, co oznacza, że całkowicie eliminuje czynnik ludzki (osoby badające). Metoda ta wykorzystuje systemy elektroniczne do pomiarów potoków pasażerskich instalowane w pojeździe. Systemy takie mogą rejestrować wiele danych, między innymi stopień napelnienia pojazdu, liczbę wsiadających oraz wysiadających pasażerów na poszczególnych przystankach. Pomiar może posłużyć do badań ciągłych ruchu pasażerskiego, wykonywanych na dużą skalę. Wymaga jednak znacznych nakładów finansowych związanych z zakupem odpowiednich urządzeń i oprogramowań [8].

Dokonując wyboru metody przeprowadzania badań brano pod uwagę zróżnicowanie wśród badanych linii transportu zbiorowego, a także usystematyzowane rozmieszczenie przestrzenne przystanków. Postępując zgodnie z przedstawionymi założeniami, do przeprowa-

dzenia pomiarów czasu wymiany pasażerów została wybrana metoda druga, polegająca na wykonywaniu badań bezpośrednich z wybranych przystanków transportu publicznego.

### 1.2. Założenia do badań

Przed przystąpieniem do wykonywania badań ustalono pewną metodologię ich przeprowadzania. Przystanki, na których wykonywane były pomiary zostały podzielone na kategorie. Przede wszystkim dotyczyło to umiejscowienia przystanków na wybranych obszarach miasta. Podział taki pozwolił na zróżnicowanie przestrzenne miejsc pomiarowych i przydzielenie ich do wybranej kategorii. Przystanki zostały podzielone na następujące obszary [9]:

- centrum – Rondo Jagiellonów, Nowy Rynek (Wały Jagiellońskie);
- galerie handlowe – Rondo Grunwaldzkie (CH Rondo), Fordońska – Fabryczna (Galeria Pomorska);
- zabudowa mieszkaniowa wysoka – Wojska Polskiego – Kładka, Twardzickiego – Powalisza;
- zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna – Nakielska – Widok, Kolbego – Kogucia;

Wykonywanie pomiarów na przystankach dodatkowo zostało podzielone na pomiary w tzw. godzinach szczytu przewozowego i poza godzinami szczytu. Pomiary wykonywane były zazwyczaj w godzinach szczytu popołudniowego, czyli między 14:00 a 16:00 oraz między szczytami porannym i popołudniowym, czyli w godzinach 10:00 – 14:00.

Podział taki pozwolił zróżnicować wyniki badań. Więcej pasażerów podróżuje zazwyczaj w godzinach szczytu, jest to związane z organizacją pracy i życia mieszkańców miast, czyli głównie z dojazdami i powrotami z miejsc pracy i nauki. W konsekwencji większe są napelnienia pojazdów, co może także mieć wpływ na czas wymiany pasażerów na przystanku. W godzinach szczytu transportowego większe jest także natężenie ruchu pojazdów, a środki przewozowe zgłaszają się na przystankach z większą częstotliwością. Poza godzinami szczytu natomiast, liczba pasażerów jest mniejsza, a środki transportu publicznego kursują z mniejszą częstotliwością. Napelnienie pojazdów jest mniejsze, co może przyczynić się do skrócenia czasu wsiadania i wysiadania pasażerów z danego pojazdu.

Wykonywanie pomiaru polegało na zmierzeniu czasu, jaki mija od chwili otwarcia drzwi autobusu, który przyjechał na przystanek do chwili zamknięcia jego drzwi. Taki sposób pozwolił na uniknięcie błędów, w wynikach pomiarów, związanych z zatrzymywaniem i ruszaniem pojazdu oraz ewentualną koniecznością włączenia się pojazdu do ruchu, bądź sytuacją, gdy podróżny kupuje bilet u kierowcy pojazdu. Dzięki temu ograniczono badania do pomiarów samego czasu wymiany pasażerów, czyli wsiadania i wysiadania podróżnych z pojazdu.

W trakcie realizacji badań obserwacyjnych oraz analizy otrzymanych wyników, oprócz wartości zmierzonego czasu wymiany pasażerów, wzięto również pod uwagę wpływ wybranych czynników na wartość tego czasu, takich jak [9]:

- numer linii autobusowej,
- rodzaj pojazdu (w podziale na autobusy: wysokopodłogowe, niskopodłogowe, jednoczłonowe i dwuczłonowe),
- zgodność przyjazdu z rozkładem jazdy w [min],
- czas postoju w [s],
- liczba osób wsiadających,
- liczba osób wysiadających,
- liczba otwieranych drzwi,
- szacunkowe napelnienie pojazdu czyli szacunkowy odsetek pasażerów zajmujących dostępne miejsca w pojeździe [%]
- godzina pomiaru (przy wyszczególnieniu godzin szczytu oraz godzin poza szczytem przewozowym).

## 2. WYNIKI BADAŃ

### 2.1. Minimalna liczebność próby

W wyniku przeprowadzonych badań terenowych uzyskano 222 pomiary wartości czasu wymiany pasażerów na przystankach autobusowych w poszczególnych punktach obserwacyjnych w Bydgoszczy wraz z towarzyszącymi im czynnikami. Otrzymane wyniki zestawiono w postaci tabel zbiorczych w arkuszu kalkulacyjnym Microsoft Excel 2007.

Na podstawie sporządzonych tabel wykonano podstawową analizę statystyczną otrzymanych wyników badań wielkości potoków pasażerskich na przystankach. W pierwszej kolejności ustalono minimalną liczebność próby, czyli minimalną liczbę pomiarów, która jest niezbędna do przeprowadzenia prawidłowej analizy statystycznej wyników. Do jej określenia zastosowano poniższy wzór 1 [10]:

$$n \geq \frac{u_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2}{d^2} \quad (1)$$

gdzie:

$n$  – liczebność próby,

$u_{\alpha}$  – statystyka odczytana z tablic rozkładu normalnego dla współczynnika ufności  $1 - \alpha$ ,

$\sigma$  – odchylenie standardowe,

$d$  – dopuszczalny błąd szacunku.

Z obliczeń wynika, iż przeprowadzona liczba pomiarów terenowych wykonanych dla przystanków autobusowych jest wystarczająca do wyznaczenia wartości średnich czasów traconych przez podróżnych z prawdopodobieństwem 95% i dopuszczalnym błędem szacunku równym 1 sekundzie bez uwzględnienia podziału na poszczególne kategorie przystanków autobusowych. W tabeli 1 przedstawiono wyniki obliczeń.

**Tab. 1. Minimalna liczebność próby**

Wartość średnia czasu wymiany $\mu_0$ [s]	Odchylenie standardowe $\sigma_0$	Minimalna liczebność próby $n$	Liczba wykonanych pomiarów na terenie Bydgoszczy $N$	Wniosek
16,5	6,49	162	222	$n < N$

Źródło: opracowanie własne

Wyznaczona wartość średnia czasu traconego przez podróżnych na przystankach w trakcie wymiany potoku pasażerów oraz obliczone na jej podstawie odchylenie standardowe pozwoliły na wyznaczenie teoretycznych przedziałów, w których powinny zawierać się wyniki pomiarów.

Istnieje pewne prawdopodobieństwo, że wynik z próby ( $x$ ) znajdzie się w danym przedziale. Dla poszczególnych przedziałów prawdopodobieństwa te wynoszą zgodnie z wzorem 2 odpowiednio [11]:

$$\begin{aligned} P(\mu - 1\sigma < x < \mu + 1\sigma) &= 0,6827 \\ P(\mu - 2\sigma < x < \mu + 2\sigma) &= 0,9545 \\ P(\mu - 3\sigma < x < \mu + 3\sigma) &= 0,9973 \end{aligned} \quad (2)$$

Prawdopodobieństwo 0,9973 dla ostatniego z przedziałów oznacza, że wystąpienie wyniku pomiaru znajdującego się poza przedziałem jest równe 0,27%. Przyjmuje się, iż wyniki takie powinny zostać odrzucone, gdyż mogą niekorzystanie wpłynąć na ogólną analizę wykonanych badań.

Biorąc pod uwagę wyznaczoną średnią czasu traconego przez pasażerów oraz odchylenie standardowe przedziały dla wyników przeprowadzonych badań na przystankach wyglądają następująco:

$$\begin{aligned} P(10,01 < x < 22,99) &= 0,6827 \\ P(3,52 < x < 29,48) &= 0,9545 \\ P(0,0 < x < 35,97) &= 0,9973 \end{aligned}$$

Na podstawie sformułowanych przedziałów odrzucono wyniki występujące poza granicami ostatniego z przedziałów. Pozostałe wyniki badań poddano ponownej analizie, dzięki czemu otrzymano nowe wartości średnie czasów traconych przez podróżnych oraz nowe odchylenia standardowe, które zamieszczono w tabeli 2.

**Tab. 2. Wartość średnia czasu wymiany pasażerów na przystankach oraz odchylenie standardowe**

Pierwotna wartość średnia czasu wymiany $\mu_0$ [s]	Nowa wartość średnia czasu wymiany $\mu_1$ [s]	Pierwotne odchylenie standardowe $\sigma_0$	Nowe odchylenie standardowe $\sigma_1$
16,5	16,2	6,49	5,58

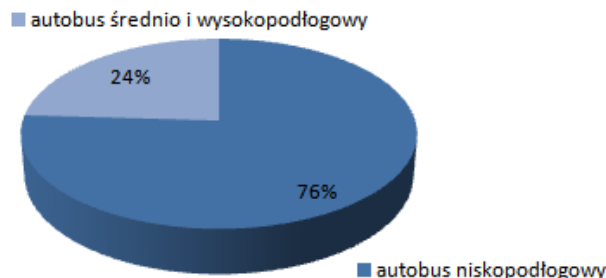
Źródło: opracowanie własne

### 2.2. Analiza wyników

Analiza wyników czasu wymiany potoków pasażerskich na przystankach autobusowych została sporządzona na podstawie 220 pomiarów czasowych w poszczególnych punktach obserwacyjnych na terenie Bydgoszczy. Badania przeprowadzono zarówno w godzinach szczytu przewozowego czyli przy największym natężeniu ruchu pojazdów oraz poza godzinami szczytu przewozowego w porównywalnej liczbie pomiarów. Wykresy uzyskane we wstępnej analizie stanowią ogólną charakterystykę wykonanych pomiarów, rodzajów środków przewozowych oraz zgodności przyjazdów transportu miejskiego z obowiązującym rozkładem jazdy.

#### Procentowy podział autobusów ze względu na wysokość nadwozia

Zestawienie rodzajów autobusów zbadanych losowo podczas pomiarów wykonywanych na terenie Bydgoszczy pokazuje, iż ponad 3/4 przewozów autobusowych stanowi tabor niskopodłogowy. Procentowy podział środków transportu autobusowego w zależności od wysokości nadwozia prezentuje rysunek 1.



**Rys.1. Procentowy podział autobusów ze względu na wysokość nadwozia**

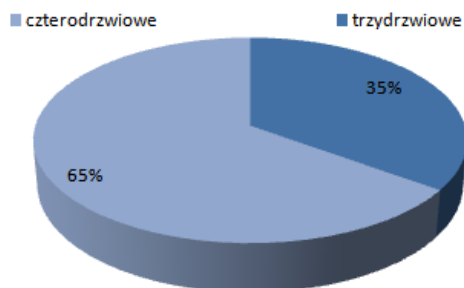
Pojazdy niskopodłogowe mają na celu ułatwienie podróżnym wejścia do pojazdu, co z praktycznego punktu widzenia powinno przyczynić się również do skrócenia czasu wymiany pasażerów w pojeździe. Dalsza analiza pozwoli na zbadanie zależności między tymi czynnikami.

#### Procentowy podział autobusów ze względu na liczbę drzwi

Wśród badanych autobusów zaobserwowano, iż 65% stanowią autobusy czterodrzwiowe, a 35% trzydrzwiowe. Podział ten pokazano na rysunku 2. Liczba drzwi w pojeździe, według założeń, może mieć znaczący wpływ na czas wymiany pasażerów. Przyjmuje się, iż im większa liczba drzwi w pojeździe, tym czas ten powinien być krótszy. Wszystko zależy jednak od zachowań podróżnych oraz kierowcy, gdyż w trakcie wykonywania badań zauważono, że pasażerowie nie zawsze korzystają ze wszystkich drzwi w celu wsiadania lub wysiadania z pojazdu, co powoduje nagromadzenie podróżnych przy jednej parze drzwi i ich oczekiwanie na dogodny moment do wejścia



lub wyjścia z autobusu. Ponadto zdarza się, że kierowca otwiera wyłącznie drugie i kolejne drzwi autobusu, pozostawiając pierwsze drzwi zamknięte.

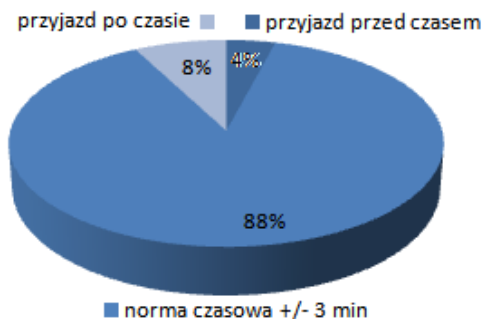


**Rys.2.** Procentowy podział autobusów ze względu na liczbę drzwi

### Procentowy podział kursów autobusów ze względu na punktualność

Rozkłady jazdy transportu zbiorowego informuje, iż pojazdy kursują z dokładnością +/- 3 minuty od czasu przyjazdu podanego na rozkładzie. Z obserwacji przeprowadzonych na przystankach wynika, iż w 88% przypadków można potwierdzić tę informację. Około 8% pojazdów przyjeżdża spóźnionych o więcej niż 3 minuty, natomiast aż 4% kursuje szybciej niż przewiduje dopuszczalna norma. Procentowy podział kursów autobusów ze względu na punktualność przedstawiono na rysunku 3.

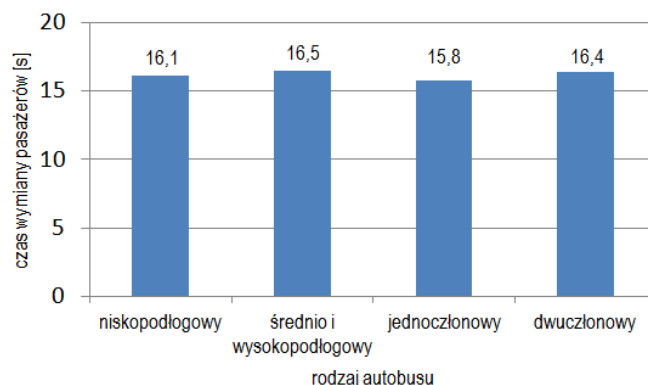
W tym miejscu należy przypomnieć, iż przedmiotem niniejszych badań nie była analiza punktualności kursowania środków transportu komunikacji miejskiej i jest to pogładowe badanie a powyższy wykres ma jedynie ułatwić analizę zależności pomiędzy czasem wymiany pasażerów a wybranymi czynnikami.



**Rys.3.** Procentowy podział kursów autobusów ze względu na punktualność

### Czas wymiany pasażerów w zależności od budowy pojazdu

Z rysunku 4 wynika, iż niezależnie od budowy pojazdu tj. wysokości jego podłogi czy konstrukcji nadwozia czasy wymiany pasażerów oscylują wokół 16 sekund. Średnie czasy różnią się jedynie dziesiątymi częściami sekundy, co w przypadku ręcznie wykonywanych pomiarów nie stanowi istotnej różnicy, gdyż zazwyczaj refleks osoby mierzącej obarcza się błędem 0,2 s [12]. Analiza wskazuje zatem, że rodzaj pojazdu nie ma znaczącego wpływu na czas tracony przez podróżnych.

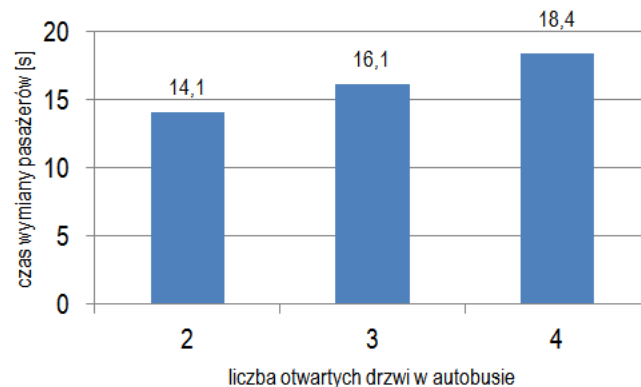


**Rys.4.** Czas wymiany pasażerów w zależności od budowy pojazdu

Powyższy wykres opracowano w oparciu o pomiar 167 niskopodłogowych, 53 średnio i wysokopodłogowych, 75 jednoczłonowych i 145 dwuczłonowych autobusów.

### Czas wymiany pasażerów w zależności od liczby otwartych drzwi w autobusie

Biorąc pod uwagę wpływ liczby otwieranych drzwi w autobusie w czasie postoju na przystanku na czas wymiany potoków pasażerskich z rysunku 5 wynika, iż relacja między badanymi czynnikami jest proporcjonalna, gdyż wraz ze wzrostem liczby otwartych drzwi w pojeździe wzrasta wartość traconego czasu. Należy jednak zwrócić uwagę, iż w przypadku autobusów z dwoma i czterema otwartymi drzwiami wykonano zbyt małą liczbę pomiarów, które mogłyby wskazać precyzyjny i wiarygodny wynik wartości tego czasu. Dla tych pierwszych wykonano 49 prób, dla drugich 51. Jedynym dokładnym wynikiem wartości czasu wymiany pasażerów wydaje się być czas 16,1 s., który potwierdzony jest 120 pomiarami terenowymi.

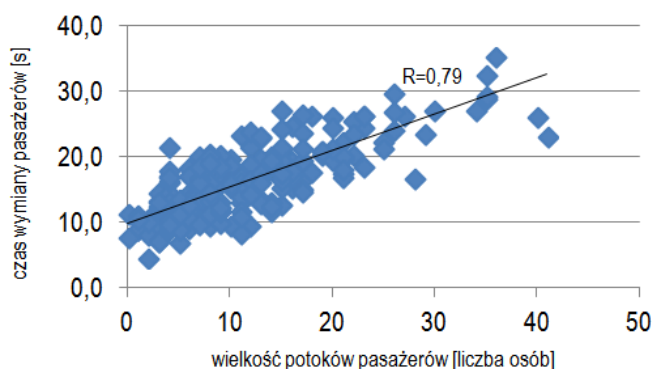


**Rys.5.** Czas wymiany pasażerów w zależności od liczby otwartych drzwi w autobusie

Ponadto wielkość słupków na wykresie może być niemiernodajna z powodu zakłóceń. Z reguły pojazdy posiadające większą liczbę drzwi kursują w godzinach szczytu przewozowego, kiedy liczba podróżnych wzrasta, natomiast poza szczytem do przewozu pojazdów często wysyłane są autobusy pojedyncze. Zatem mimo, iż zwiększa się liczba wejść do środka transportu czas tracony nie maleje ze względu na jednoczesne zwiększenie się potoku pasażerów. Czynnikiem losowym, który może zakłócać otrzymane wyniki jest również fakt, iż kierowcy nie zawsze otwierają przednie drzwi autobusu. W szczególności zauważono takie sytuacje w okresie jesiennym wykonywanych badań, gdy temperatury powietrza nie przekraczały 12°C. Osoby korzystające z komunikacji miejskiej są w tym przypadku zmuszone do gromadzenia się w pozostałych otwartych drzwiach pojazdu, a im więcej takich osób tym czas, który tracą na wejście lub wyjście z autobusu staje się dłuższy.

## Czas wymiany pasażerów w zależności od wielkości potoków pasażerskich

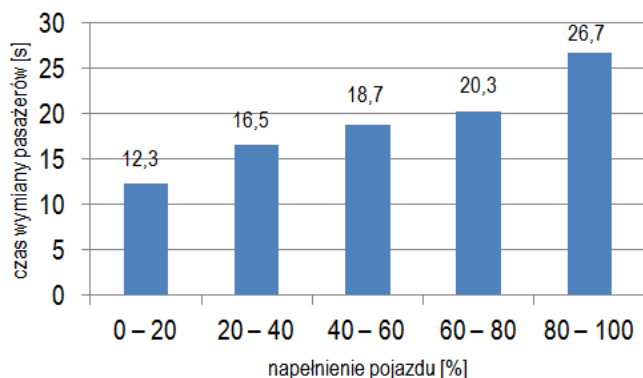
Relacje pomiędzy czasem wymiany potoków pasażerskich na przystankach a liczbą osób korzystających w danej chwili z pojazdu podczas wsiadania lub wysiadania przedstawiono na wykresie punktowym stanowiącym rysunek 6. Każda z 220 przeprowadzonych obserwacji została zaznaczona w postaci pojedynczego punktu na wykresie. Ponadto przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel 2007 zaznaczono linię trendu dla otrzymanych wyników oraz wartość współczynnika korelacji R, który świadczy o sile zależności pomiędzy dwiema cechami mierzalnymi. Przy założeniu, że rozkład jest normalny, współczynnik korelacji R wynosi 0,79, co oznacza, że można mówić o istnieniu dość silnej zależności pomiędzy czasem wymiany pasażerów a wielkością potoków pasażerskich na przystankach transportu autobusowego. Oznacza to, że wraz ze wzrostem liczby wsiadających i wysiadających podróżnych wzrasta również czas ich wymiany w pojeździe.



Rys.6. Czas wymiany pasażerów w zależności od wielkości potoków pasażerskich

## Czas wymiany pasażerów w zależności od napelnienia pojazdu

Z obserwacji sporządzonych w formie wykresu na rysunku 7 wynika, że czas wymiany pasażerów na przystankach autobusowych wzrasta wraz ze wzrostem stopnia napelnienia pojazdu, czyli liczby osób, które znajdują się w autobusie w chwili jego przyjazdu na przystanek.



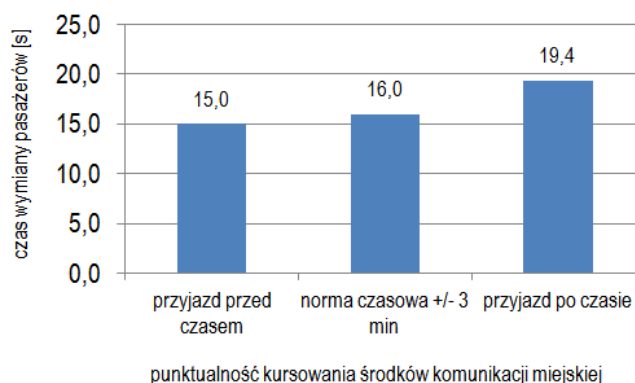
Rys.7. Czas wymiany pasażerów w zależności od napelnienia pojazdu w chwili przyjazdu na przystanek

W najniższym z przedziałów, tj. wtedy, kiedy miejsca w autobusie zajęte są w maksymalnie 20%, wymiana podróżnych zajmuje ok. 12 sekund. Natomiast w chwili maksymalnego zatłoczenia autobusu czas tracony na przystanku wynosi średnio 27 sekund. Wyniki świadczą o znaczącym wpływie liczby osób podróżujących autobusem na

czas tracony na przystankach w trakcie wysiadania i wsiadania pasażerów. W powyższej analizie stopień napelnienia autobusu był daną szacunkową, odnotowaną na podstawie obserwacji stopnia wykorzystania przestrzeni pasażerskiej w pojeździe przez badacza stojącego na przystanku autobusowym.

## Czas wymiany pasażerów w zależności od punktualności kursowania autobusów

Z przeprowadzonych badań wynika, iż zgodność przyjazdów środków transportu publicznego z rozkładem jazdy może w pewien sposób oddziaływać na wartość czasu wymiany podróżnych. Pojazdy kursujące w granicach dopuszczalnej normy wynoszącej +/- 3 minuty tracą około 16 sekund na przystanku, czyli tyle ile wynosi średni czas wymiany pasażerów wyznaczony w przedmiotowym badaniu. Przyjazd autobusu z wyprzedzeniem ponad 3 minutowym, zaznaczony na wykresie w postaci pierwszej kolumny, powoduje nieznaczne zmniejszenie wartości czasu traconego na przystanku. Powodem skrócenia czasu wymiany pasażerów może być mniejsza liczba podróżnych oczekujących na pojazd niż liczba osób, które przyszłyby na przystanek punktualnie. Wysokość trzeciej kolumny świadczy o wzroście wartości czasu wymiany pasażerów wraz ze wzrostem opóźnienia kursu pojazdu. Przyczyna leży w nagromadzeniu się podróżnych na przystanku w czasie, w którym spóźnił się środek transportu. Na rysunku 8 zamieszczono omawiane wyniki.



Rys.8. Czas wymiany pasażerów w zależności od punktualności kursowania autobusów

## PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono analizę wyników zrealizowanych badań dotyczących czasu wymiany potoków pasażerskich na przystankach transportu autobusowego. Najważniejszym zadaniem było wyznaczenie czasu traconego przez podróżnych na przystanku komunikacji zbiorowej podczas wsiadania i wysiadania podróżnych do i z pojazdu. Ponadto przeanalizowano wpływ wybranych czynników na długość trwania wymiany podróżnych w pojeździe.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, iż wartość średnia czasu wymiany podróżujących autobusem wynosi około 16 sekund, co niemal pokrywa się z danymi z lat 80-tych, kiedy czas postoju pojazdu na przystanku wynosił 15 sekund. Na wartość tego czasu największy wpływ ma liczba osób korzystających ze środka transportu, dotyczy to zarówno liczby osób wsiadających, wysiadających oraz liczby podróżnych znajdujących się w autobusie.

Z pewnością pośrednio na wyniki przedmiotowego badania mogą oddziaływać również inne czynniki np. budowa autobusu czy punktualność jego kursowania. Powyższa analiza nie dowiodła jednakże, aby były one istotne dla rozpatrywanego problemu.

Przedstawione zagadnienie czasu wymiany pasażerów na przystankach autobusowych w Bydgoszczy może posłużyć jako element lub wstęp do wykonania szerszych prac badawczych, mających na

celu opracowanie modelu systemu autobusowego transportu miejskiego. Przedmiotowe badania należy traktować jako badania wstępne, gdyż przeprowadzona analiza dotyczy jedynie wybranych przystanków i linii autobusowych. W celu odzwierciedlenia rzeczywistych zależności pomiędzy wyznaczonym czasem a rozpatrywanymi czynnikami należy przeprowadzić przedmiotowe badania o szerszym zakresie i wykonać bardziej złożone analizy.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, Dz. U. z 2011 nr 5 poz. 13
2. *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*, pod red. Wyszomirskiego O., Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008
3. Sikora M., Borowski Z. *Ocena logistyki miejskiej w obszarze przewozów pasażerskich w Bydgoszczy*, „Logistyka” 2011, nr 2
4. Podoski J., *Transport w miastach*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985
5. Bauer M.: *Modelowanie czasu wymiany pasażerów na przystankach autobusowych*, Transport miejski i regionalny 4'2008
6. Molecki A.: *Wykorzystanie rozkładu logarytmicznonormalnego do modelowania czasu wymiany pasażerów*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2009, seria: Transport, nr 65, nr kol. 1807
7. Jesionkiewicz K.: *O przystankach i węzłach przesiadkowych*, Bezpieczne drogi nr 7-8, lipiec – sierpień 2008
8. Dydkowski G., *Metody pomiaru liczby pasażerów korzystających z pojazdów transportu miejskiego*, [http://dydkowski.webpark.pl/dyd\\_robo.pdf](http://dydkowski.webpark.pl/dyd_robo.pdf)
9. Karpicz M., Sołtysiak A., *Czas wymiany pasażerów na przystankach transportu autobusowego w Bydgoszczy*, Praca inżynierska

na kierunku Transport Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2011

10. Greń J., *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1984
11. Burdzy J., Janik E., *Elementy statystyki matematycznej*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 1998
12. Wronkowski A., *Szacowanie niepewności pomiarów*, Instytut Matematyki i Fizyki ATR, Bydgoszcz 2000

### Time to replacement passengers at bus stations in Bydgoszcz

*The article presents observation results of time to replacement passengers at bus stations in Bydgoszcz. In addition the factors, which may have an impact on the length of the duration of replacement passengers getting off vehicle and getting on vehicle were analyzed.*

Autorzy:

- mgr inż. **Agnieszka Sołtysiak** – Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej  
 dr hab. inż. **Klaudiusz Migawa**, prof. nadzw. UTP – Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej  
 dr inż. **Robert Sołtysiak** – Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej  
 mgr inż. **Paweł Maćkowiak** – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej