

## ISTOTA PROCESU ZGŁOSZEŃ POTOKÓW PASAŻERSKICH NA PRZYSTANEK ORAZ METODY JEGO BADANIA

---

Rafał Szymocha

mgr inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: 605 992 024, e-mail: rafal.szymocha@gmail.com

---

**Streszczenie.** *Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie i scharakteryzowanie mechanizmów zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek, omówienie jego wpływu na funkcjonowanie komunikacji miejskiej oraz opis metod jego badania. W pierwszej części artykułu zdefiniowano istotę procesu zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek komunikacji miejskiej, tj. omówiono jego charakter, przebieg w czasie oraz stan dotychczasowych badań. W drugiej części artykułu skupiono się na opisanie oraz weryfikacji metod i technik pomiaru. Zaprezentowano i omówiono wybrane wyniki dotychczasowych badań własnych z zakresu podjętego tematu pracy badawczej. W dalszej części opracowania wskazano perspektywę dla dalszych badań z uwzględnieniem aspektów społecznych.*

**Słowa kluczowe:** *proces zgłoszeń potoków pasażerów na przystanek, stochastyczny model ruchu, funkcjonowanie komunikacji miejskiej*

### 1. Wprowadzenie

Właściwa obsługa aglomeracji miejskich przez komunikację miejską, w obliczu szybkiego rozwoju miasta i strefy podmiejskiej, ma kluczowe znaczenie dla sprawnego funkcjonowania całości systemu transportowego. Mieszkańcy wielkich aglomeracji zgłaszają codziennie coraz większe potrzeby i wymagania odnośnie całości systemu transportowego miast, co w wielu przypadkach, w obliczu niskiej konkurencyjności komunikacji miejskiej względem indywidualnej, prowadzi do dalszego pogłębiania i propagacji problemów komunikacyjnych. Tylko sprawna i atrakcyjna komunikacja miejska może skutecznie konkurować z komunikacją samochodową.

#### 1.1. Znaczenie badań w aspekcie funkcjonowania komunikacji miejskiej

Zidentyfikowanie mechanizmów występujących w systemach transportowych ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia poprawy ich sprawności i efektywności. Właściwe rozpoznanie i scharakteryzowanie procesów zachodzących w funkcjonowaniu komunikacji zbiorowej jest niezbędnym narzędziem w celu usprawnienia i podniesienia efektywności komunikacji miejskiej, a co za tym idzie zahamowania niekorzystnych

trendów odpływu pasażerów w kierunku komunikacji indywidualnej. Warto nadmienić, że ciągły rozwój przestrzenny, demograficzny i społeczny wielu aglomeracji warunkuje generację nowych czynników mających bezpośredni wpływ na funkcjonowanie ogółu systemu transportowego, w tym komunikacji miejskiej. Jedynie konsekwentne, systematyczne i długofalowe badania operacyjne zakrojone na szeroką skalę pozwalają na pełne rozpoznanie i opisanie procesów funkcjonowania komunikacji miejskiej.

Odpowiednio scharakteryzowane procesy funkcjonowania komunikacji miejskiej stanowią podstawę do tworzenia symulacyjnych modeli ruchu stanowiących narzędzie wspomagające kreowanie sieci i układów transportowych oraz racjonalną ocenę efektywności wdrożenia niektórych rozwiązań z zakresu inżynierii ruchu.

### *1.2. Stochastyczny model ruchu*

W funkcjonowaniu komunikacji miejskiej wyodrębnić można trzy podstawowe procesy stochastyczne o charakterze potoków [1]:

- 1) proces zgłoszeń pasażerów na przystanek,
- 2) proces przyjazdów autobusów na przystanek,
- 3) proces wymiany pasażerów na przystanek.

Zadaniem niezbędnym z uwagi na prawidłowe i efektywne funkcjonowanie komunikacji zbiorowej jest poznanie charakteru w/w procesów, zdefiniowanie ich parametrów oraz warunków w jakich przebiegają. Odpowiedni aparat badawczy oraz wielopłaszczyznowa analiza potoków pasażerskich, potoku autobusów oraz procesu wymiany w różnych warunkach funkcjonowania komunikacji miejskiej jest źródłem szeregu danych. Odpowiednio zweryfikowane i przeanalizowane opisują charakter i przebieg zarejestrowanych procesów umożliwiając równocześnie zdefiniowanie czynników oraz elementów determinujących i decydujących o sprawności i efektywności działania komunikacji miejskiej. Mając na uwadze przyczynowość i współzależność wyżej wymienionych procesów badane mechanizmy stanowią o funkcjonowaniu ogółu komunikacji miejskiej. Z uwagi na złożoność problematyki niniejsze opracowanie skupia się jedynie na przybliżeniu i scharakteryzowaniu procesu zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek jako elementarnego mechanizmu mającego bezpośredni wpływ na wielkość i charakter potoków pasażerskich oraz rozkład przestrzenny ruchu.

## **2. Istota procesu zgłoszeń potoków pasażerskich**

Proces zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek definiowany jest jako pewien moment czasu pojawienia się pasażerów z chęcią odbycia podróży. Mechanizm zgłoszeń pasażerów na przystanek jest niezwykle skomplikowanym i trudnym do opisania procesem stochastycznym. Badania [1][9] wykazują, że jest on niestacjonarnym procesem Poissona, w którym prawdopodobieństwo pojawienia się pasażerów na przystanku opisuje następujący wzór:

$$P_{m(t)} = \frac{(m)^m}{m!} e^{-m} \quad (1)$$

gdzie:

$P_{m(t)}$  – prawdopodobieństwo, że w przedziale czasu  $(0, t)$  wystąpi  $m$  zgłoszeń,

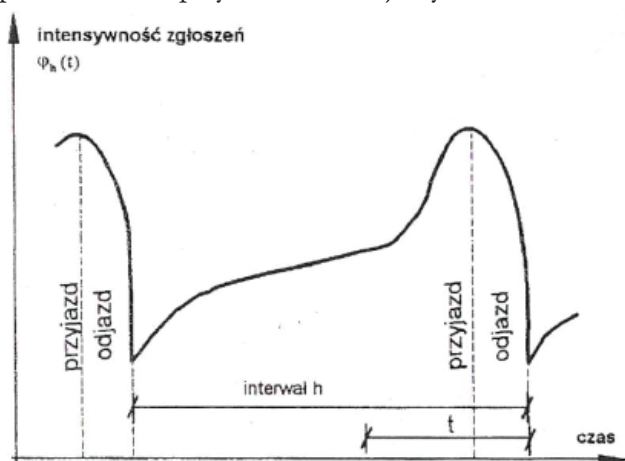
$m$  – średnia liczba zgłoszeń w zadanym przedziale czasu

Potok pasażerów zgłaszających się na przystanek jest potokiem jednorodnym, o relatywnie wysokiej intensywności. Proces zgłoszeń opisuje się poprzez podanie liczby pasażerów zgłaszających się na przystanek w przedziale czasu o dowolnej długości.

### 2.1. Charakterystyka i przebieg procesu zgłoszeń

Pełną charakterystyką potoku zgłoszeń pasażerów na przystanek jest intensywność tego procesu. Natomiast czynnikiem mającym bezpośredni wpływ na charakter i intensywność procesu zgłoszeń jest średni interwał potoku pojazdów komunikacji miejskiej. Możemy wyróżnić dwa przypadki interpretacji zgłoszeń w zależności od procesu zgłoszeń pojazdów komunikacji zbiorowej na przystanek. W pierwszym przypadku, gdy pojazdy komunikacji miejskiej kursują z dużą częstotliwością lub nie został wywieszony rozkład jazdy na przystanku, możemy stwierdzić, że proces zgłoszeń, a konkretnie jego intensywność, jest niezależna od procesu zgłoszeń pojazdów komunikacji miejskiej. W tym przypadku zgłoszenia pasażerów charakteryzują się pełną losowością w stosunku do rozkładowych czasów odjazdów autobusów lub tramwajów z przystanków, a intensywność zgłoszeń pasażerów nie zmienia się podczas trwania interwału między-pojazdowego.

W drugim przypadku mamy do czynienia z sytuacją odwrotną, gdzie intensywność zgłoszeń jest ściśle związana z procesem zgłoszeń pojazdów na przystanki (rys. 1). Jest ona największa na kilka minut przed planowanym odjazdem z przystanku lub w jego momencie, po czym gwałtownie spada. Przebieg mechanizmów zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek obrazuje wykres zamieszczony poniżej [1].



Rys. 1. Hipotetyczna krzywa przedstawiająca intensywności zgłoszeń pasażerów na przystanek w przypadku orientowania się na rozkład jazdy [1]

Dotychczasowe badania [1,2] oraz badania własne wykazały, że długość i pochylenie poszczególnych odcinków przedstawionych na rys. 1 zależą między innymi od następujących czynników:

- 1) zasięgu widoczności odjeżdżającego z przystanku pojazdu komunikacji miejskiej,
- 2) wielkości ewentualnej kolejki pasażerów,
- 3) wielkości interwału między kolejnymi zgłoszeniami pojazdów komunikacji miejskiej,
- 4) napełnienia pojazdów,
- 5) czasu postoju pojazdów komunikacji zbiorowej na przystanku,
- 6) bliskości sygnalizacji świetlnej.

Istotnymi czynnikami decydującymi o charakterze, obrazie oraz intensywności procesu zgłoszeń jest ilość oraz przebieg linii komunikacji miejskiej. W przypadku wystąpienia wiązek linii o dużej częstotliwości kursowania, dodatkowo których trasy powielają się na znacznej długości, trudno przyporządkować zgłoszenia pasażerów do konkretnej linii. Bardzo często z uwagi na obsługę tych samych obszarów zgłoszenia pasażerów charakteryzują się pełną losowością w stosunku do rozkładowych czasów odjazdów. W tym przypadku zbadanie mechanizmów determinujących proces jest bardzo utrudnione wymagając szczegółowej analizy.

Proces zgłoszeń zależy również od pory roku. Intensywność potoku zgłoszeń pasażerów maleje w miarę przechodzenia pory roku od zimowej do letniej, co łatwo tłumaczy się niższym stopniem korzystania z samochodów osobowych w okresie zimowym niż letnim oraz większym udziałem podróży pieszych w okresie letnim w odniesieniu do okresu zimowego. Dotychczasowe badania [1,2] wykazały, że intensywność potoku zgłoszeń pasażerów jest o około 10% wyższa w okresie zimowym niż letnim.

Do pozostałych czynników determinujących przebieg procesu zgłoszeń pasażerów zaliczyć można również:

- zagospodarowanie przestrzenne, tj. rodzaj i intensywność kubaturowego zagospodarowania determinującego potrzeby transportowe, mające bezpośredni wpływ na zakres obsługi i ofertę komunikacji miejskiej,
- położenie przystanku w stosunku do początku i końca linii obsługujących, innych dzielnic oraz kierunku jazdy,
- właściwości eksploatacyjnych linii komunikacji miejskiej obsługujących rozważany przystanek (czas przyjazdu, czas postoju oraz napełnienie pojazdów komunikacji miejskiej).

Właściwe scharakteryzowanie i opisanie procesu zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanku pozwala między innymi na [1]:

- 1) rozpoznanie przyczyn powstawania zakłóceń – chwilowych wahań w natężeniu potoków pasażerskich,
- 2) wyjaśnienie przyczyn powstawania trudności w sprawnym działaniu komunikacji miejskiej,
- 3) umożliwiają określenie rozkładu czasu oczekiwania pasażerów,

- 4) określenie wpływu i znaczenia niektórych czynników na intensywność procesu.

Odpowiednio rozpoznany i zidentyfikowany mechanizm zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek stanowi niezbędne narzędzie wspomagające kreowanie racjonalnej polityki transportowej oraz optymalizację sieci transportowych. W szczególności może służyć do symulacji procesów ruchu w komunikacji miejskiej. Ma kluczowe znaczenie w modelowaniu nowych i usprawnieniu istniejących systemów transportowych. Pozwala również na racjonalizację obsługi komunikacji miejskiej co do ilości i przebiegu linii, częstotliwości kursowania, określania niezbędnego interwału między pojazdami komunikacji zbiorowej oraz lokalizacji przystanków.

## *2.2. Dotychczasowy stan badań z zakresu procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek*

Wiele prac [8] odnoszących się w swojej treści do procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek podaje, że proces ten z uwagi na jego złożoność i wpływ warunków lokalnych przystanku jest niemożliwy do zdefiniowania. Niektóre prace [9,10] natomiast sygnalizują jedynie, że proces zgłoszeń ma charakter losowy bez uzasadnienia doświadczalnego.

Przez wiele lat istota procesu zgłoszeń nie była w odpowiednim stopniu rozpoznana, a rozważania poparte badaniami miały charakter wycinkowy, nie odnosząc się do ogółu zagadnienia i nie uwzględniając również ewentualnych współzależności występującymi pomiędzy procesami. W [1] podjęto próbę rozpoznania, zdefiniowania i opisanie w sposób kompleksowy stochastycznego modelu ruchu komunikacji miejskiej, tj. procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek, procesu zgłoszeń pojazdów komunikacji miejskiej na przystanek oraz procesu wymiany pasażerów.

Weryfikacja i analiza materiału badawczego zebranego w czasie długookresowych obserwacji pozwoliła na dogłębne poznanie i opisanie procesów funkcjonowania komunikacji zbiorowej. Niestety z uwagi na ograniczenia techniczne lat 70-tych pomiar odnosił się jedynie do zbadania przystanków obsługiwanych przez jedną linię autobusową.

## **3. Metoda i techniki pomiaru procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek**

### *3.1. Główne cele i założenia metody pomiarowej*

Przebadanie potoków pasażerów oraz potoku autobusów zgłaszających się w wybranych punktach sieci transportowej (przystankach) w normalnych warunkach funkcjonowania komunikacji zbiorowej dostarczyć może szeregu danych wyjściowych do opisanie złożonych procesów oraz wskaźników umożliwiających jego właściwą interpretację. Właściwie zdefiniowany, scharakteryzowany i opisany

proces zgłoszeń pasażerów na przystanek może stanowić podstawę do sformułowania i sprecyzowania modelu jednego z elementarnych procesów składających się na funkcjonowanie komunikacji miejskiej.

Głównym celem badania procesu zgłoszeń jest uzyskanie miarodajnej próby pozwalającej na określenie charakteru potoku zgłoszeń pasażerów oraz wpływu na jego intensywność realizacji procesu przyjazdów pojazdów komunikacji zbiorowej. Z uwagi na współzależność obu tych procesów - zaprojektowany pomiar powinien równocześnie rejestrować przebieg każdego z nich. W pierwszej kolejności przeprowadzone badania powinny pozwolić na dokładne zbadanie istniejących zależności pomiędzy procesem zgłoszeń pasażerów, a procesem przyjazdu pojazdów komunikacji miejskiej na przystanek w różnych warunkach jej funkcjonowania. Dokładna analiza zebranego materiału badawczego może również odpowiedzieć na pytanie o przyczyny powstawania trudności w sprawnym funkcjonowaniu komunikacji miejskiej, określając w jaki sposób nieregularność ruchu wpływa na zmniejszenie popytu pasażerów na przyjazd pojazdów komunikacji miejskiej. Weryfikacja i analiza danych powinna stanowić podstawę do dalszych rozważań dotyczących właściwego funkcjonowania ogółu systemu transportowego.

Ważnym aspektem, którym należy się kierować przy wyborze odpowiedniego poligonu badawczego umożliwiającego właściwe prowadzenie badań jest odpowiedni dobór punktów pomiarowych w sieci transportowej danej aglomeracji. Wybór winien uwzględniać funkcję obszaru poddanego analizie oraz generowane przezeń potrzeby transportowe. Należy zaznaczyć w tym miejscu, że obszary z dobrze wykształconą funkcją mieszkaniową stanowią obecne główne generatory ruchu. Mieszkańcy tzw. «miejskich sypialni» zgłaszają codziennie coraz większe wymagania i potrzeby skierowane do ogółu systemu transportowego, który w wielu przypadkach nie jest w stanie ich spełnić. Właściwe rozpoznanie charakteru i opisanie procesu zgłoszeń w zakresie obszarów pełniących funkcję mieszkaniową ma szczególne znaczenie z punktu widzenia efektywnego funkcjonowania komunikacji zbiorowej obsługujących wspomniane rejony. Dane zebrane z w/w obszarów stanowią reprezentację potrzeb transportowych, które w pierwszej kolejności powinny zostać poddane analizie.

Długość i godziny obserwacji powinny uwzględniać zmienność natężeń potoków pasażerskich w czasie. Czas pomiaru powinien obejmować swym zasięgiem szczyt poranny i popołudniowy kiedy to obserwuje się zwiększenie ilości odbywanych podróży. Pomiar powinien zostać przeprowadzony w dniu pracy i nauki z wyłączeniem sobót i niedziel.

Kolejnym aspektem, który należy brać pod uwagę przy wyborze punktów pomiarowych jest ilość linii obsługujących wyróżniony przystanek oraz rodzaj komunikacji (komunikacja autobusowa, tramwajowa lub autobusowo-tramwajowa). Nadmienić należy, że dotychczasowe badania przeprowadzone jeszcze w latach 70-tych [1] odnosiły się do opisanie i scharakteryzowania procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek obsługiwany jedynie przez jedną linię autobusową. Powyższe związane było z ograniczonymi możliwościami obserwatorów dokonujących

równoczesnej rejestracji kolejnych zgłoszeń pasażerów oraz pojazdów komunikacji miejskiej na przystanek.

Właściwe rozpoznanie procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek wymaga konsekwentnego i długofalowego prowadzenia badań. Jedynie systematyczne i powtarzalne pomiary pozwalają na rejestrację i identyfikację wpływu wielu czynników determinujących charakter procesu zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek.

Powtarzalność pomiarów w wybranych punktach sieci transportowej w założonym czasookresie pozwala przede wszystkim na zdefiniowanie wielkości i stopnia wpływu czynników (np. pory roku) na obraz procesu zgłoszeń potoków pasażerskich. Odtworzone w pewnych odstępach czasu pomiary dają również możliwość rejestracji zmian wielkości, charakteru oraz preferencji potoków pasażerskich w czasie umożliwiając tym samym weryfikację słuszności założeń prowadzonej polityki transportowej.

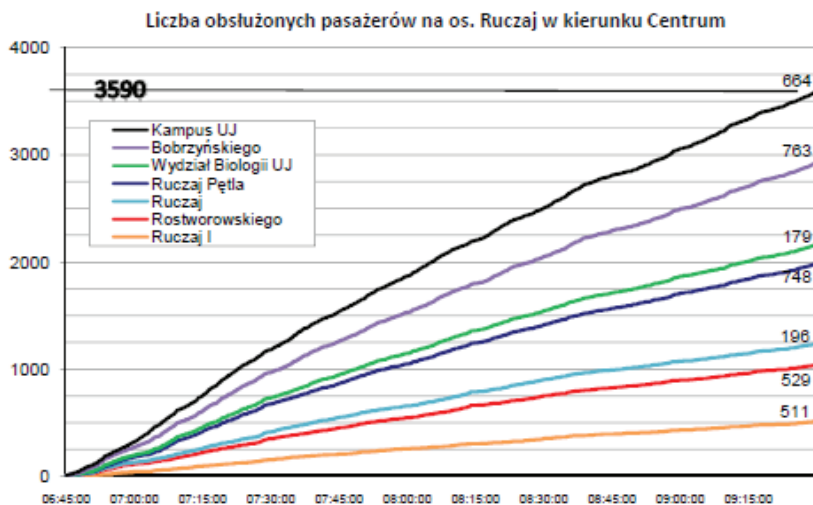
### *3.2. Metodyka badania procesu zgłoszeń*

Badanie procesów zgłoszeń w wybranym przekroju sieci transportowej polega na równoczesnej rejestracji kolejnych zgłoszeń potoków pasażerów oraz autobusów w odpowiednio zdefiniowanych interwałach czasu. Jednym ze sposobów równoległej rejestracji zgłoszeń pasażerów i autobusów jest bezpośrednia obserwacja. W tym przypadku pomiar polega na notowaniu na specjalnie przygotowanym formularzu liczby przybywających na przystanek pasażerów, w kolejnych następujących po sobie przedziałach czasu. Z uwagi na współzależność procesu zgłoszeń pasażerów względem zgłoszeń potoku autobusów w drodze prób ustalono, że najbardziej optymalnym przedziałem czasu, w którym należy odnotować kolejne zgłoszenia pasażerów i pojazdów komunikacji miejskiej jest interwał 10-sekundowy. Metoda ta obarczona jest błędem i nie nadaje się do prowadzenia obserwacji w przypadku dużej częstotliwości zgłoszeń pasażerów i pojazdów komunikacji miejskiej na przystanek. Rejestracja procesów zachodzących na przystanku jest szczególnie utrudniona w sytuacji obsługi przystanku przez kilka linii, przede wszystkim w przypadku małego interwału między kolejnymi pojazdami komunikacji miejskiej. Nadmienić należy, że właśnie przez omówione powyżej trudności wynikające z ograniczonej percepcji obserwatorów nie podjęto w latach 70-tych próby zidentyfikowania procesu zgłoszeń na przystankach obsługiwanych przez więcej niż jedną linię. Wykorzystanie w technice pomiarowej nowoczesnych środków rejestracji, np. w postaci kamer cyfrowych, pozwala w chwili obecnej rejestrować ogół procesów zachodzących w wybranym punkcie sieci transportowej eliminując znacznie ewentualny błąd ludzki. Problematycznym okazuje się nadal automatyczna weryfikacja istotności zebranego materiału badawczego wraz z późniejszą analizą i obróbką danych.

### 3.3. Przebieg, analiza oraz prezentacja wyników badania procesu zgłoszeń

W roku 2010 w ramach pracy magisterskiej pod tytułem „Badanie efektywności połączeń komunikacyjnych osiedla Ruczaj z Centrum Krakowa” [2] zostało przeprowadzone badanie przystankowe, którego głównym celem była ocena jakości funkcjonowania komunikacji miejskiej, określenie wielkości potoków pasażerskich zainteresowanych skorzystaniem z oferty komunikacji miejskiej oraz próba opisanie procesu zgłoszeń pasażerów na przystanki zlokalizowane w obrębie osiedla Ruczaj stanowiącego w krakowskiej aglomeracji jedną z tzw. „miejskich sypialni”. Właściwy pomiar obejmujący swym zasięgiem 7 stanowisk pomiarowych polegał na zliczaniu kolejnych zgłoszeń pasażerów i pojazdów komunikacji miejskiej w interwałach 10 sekundowych w okresie szczytu porannego na kolejnych przystankach.

Podczas trwania prawie trzygodzinnego pomiaru na siedmiu przystankach zanotowano 3590 zgłoszeń pasażerów (rys. 2). Analiza danych pod kątem poszukiwania najbardziej obciążonej godziny wykazała, że największą intensywnością zgłoszeń charakteryzowała się godzina 6:57 - 7:57, podczas której intensywność wyniosła 27 pasażerów/min. (1620 pas./godz.), a najniższą godzina 8:05 - 9:05 z intensywnością zgłoszeń na poziomie 18 pasażerów/min. (1080 pas./godz.).

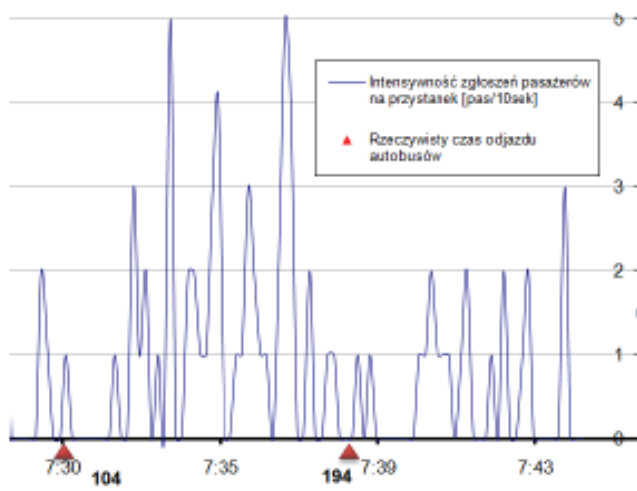


Rys. 2. Liczba obsłużonych pasażerów na os. Ruczaj w kierunku Centrum miasta {2}

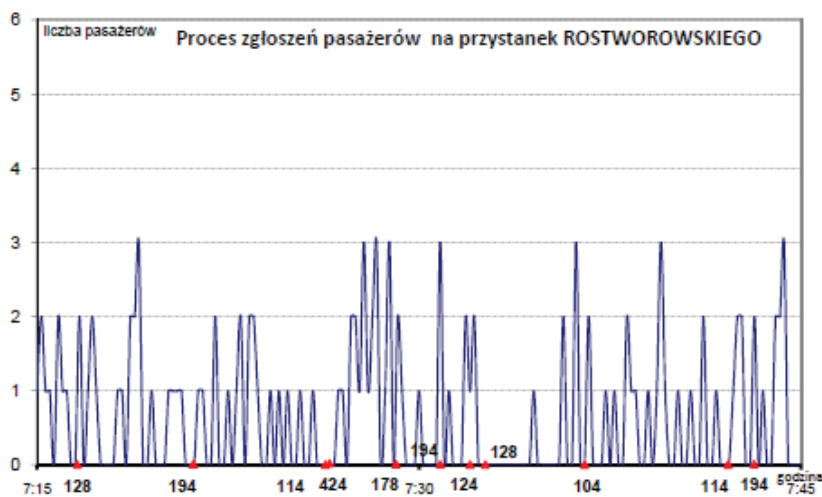
W zakresie obranego tematu pracy magisterskiej [2] podjęto próbę opisanie zależności zgłoszeń pasażerów na kilku sąsiadujących ze sobą przystankach. Zaobserwowano, że występują miejscowe zależności kiedy to na kolejnych przystankach można zanotować wzmożoną ilość zgłoszeń pasażerów. Przeprowadzono analizę, w której posłużono się zaawansowanymi narzędziami statystycznymi. Poszukiwano zależności, które pomogłyby w lepszym stopniu zrozumieć czym kierują się pasażerowie zgłaszający się na przystanki.



Przedstawione poniżej wykresy (rys. 3, rys. 4), stanowiące niewielki fragment dokonanej analizy, obrazują niezwykle skomplikowany proces zgłoszeń pasażerów na przystankach autobusowych położonych na os. Ruczaj.



Rys. 3. Intensywność procesu zgłoszeń pasażerów linii 194 na przystanku Bobrzyńskiego {2}



Rys. 4. Proces zgłoszeń pasażerów na przystanku Rostworowskiego - kierunek Centrum Krakowa {2}

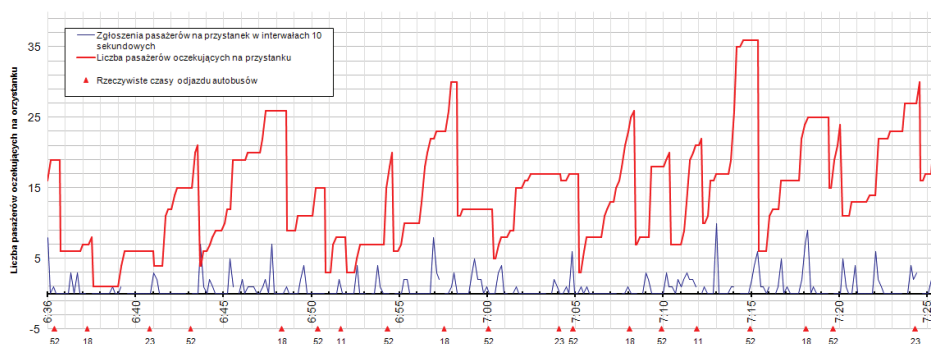
Wartości osi pionowej wskazują bieżącą liczbę pasażerów, którzy oczekują na przystanku. Jak można zaobserwować wartości funkcji narastają wraz z upływem czasu, osiągają lokalne maksimum w momencie poprzedzającym czas przyjazdu autobusu, po którym następuje nagły spadek, którego wartość odpowiada liczbie pasażerów wsiadających do pojazdu komunikacji miejskiej.

Analiza danych [2] wykazała, że dla linii autobusowych obsługujących osiedle Ruczaj proces zgłoszeń pasażerów na przystanki przejawiał cechy procesu wybitnie

stochastycznego i odbywał się niezależnie od długości interwału między-pojazdowego. Wywieszone rozkłady jazdy służyły jedynie jako informacja dla pasażerów już przybyłych na przystanek. Mieszkańcy nie planowali zgłoszeń na przystanek tak, aby zdążyć na konkretny autobus danej linii. Było to związane z faktem, że większość linii autobusowych po opuszczeniu osiedla Ruczaj pokrywała się na odcinku prawie 4 km dlatego można traktować je na tym odcinku jako jedną linię o bardzo wysokiej częstotliwości kursowania, co z kolei tłumaczyłoby całkowitą losowość procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek.

Z uwagi na bardzo zróżnicowaną intensywność zgłoszeń potoków pasażerów, dużą nieregularność zgłoszeń na przystanki pojazdów komunikacji miejskiej nie udało się odnaleźć odpowiedniego modelu, który w sposób zadowalający obrazowałby mechanizm zgłoszeń potoków pasażerskich.

W bieżącym roku zainicjowano kolejną próbę zbadania potoków pasażerskich osiedla Ruczaj tym razem w ramach pracy doktorskiej, której głównym celem jest zdefiniowanie stochastycznego modelu zgłoszeń pasażerów na przystanek komunikacji miejskiej. Po oddaniu w roku 2012 inwestycji szybkiego tramwaju do użytkowania obraz komunikacyjny osiedla uległ drastycznej poprawie. Zgodnie z założeniami prowadzonej polityki transportowej [5,7] obsługa komunikacyjna obszaru osiedla Ruczaj, jako znacznego generatora ruchu w szczycie porannym i popołudniowym, została oparta na ofercie tramwaju z uwzględnieniem jego priorytetów w ruchu. Już wyniki pierwszych pomiarów potwierdziły zależność zgłoszeń pasażerów na przystanek względem procesu zgłoszeń tramwajów, co zostało zaprezentowane na wykresie zamieszczonym na rys. 5.



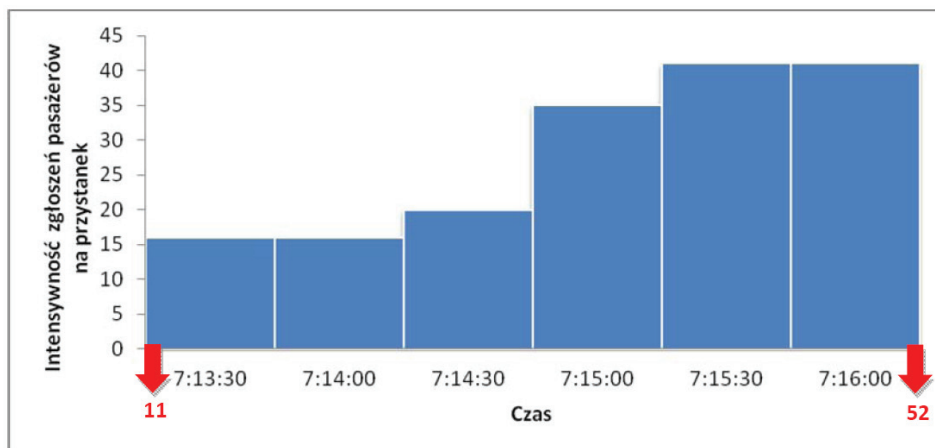
Rys. 5. Charakterystyka zgłoszeń potoku pasażerów z uwzględnieniem zgłoszeń tramwajów

Źródło: opracowanie własne

Obecnie funkcjonująca komunikacja tramwajowa obsługująca obszar osiedla charakteryzuje się dużą regularnością oraz punktualnością. Wnioskować można, że pasażerowie planujący podróż w warunkach sprawnie funkcjonującej komunikacji miejskiej przybywają na przystanek na kilka minut przed rozkładowym czasem odjazdu.

W czasie pierwszej serii pomiarów zaobserwowano wzmożoną ilość zgłoszeń pasażerów tuż przed pojawieniem się pojazdu komunikacji miejskiej, w szczególności

dla linii obsługujących obszar centrum miasta. Dla lepszego uchwycenia wpływu procesu przyjazdów pojazdów komunikacji miejskiej na intensywność potoku zgłoszeń na przystanek dla pierwszej serii pomiarów zebrano interwały w grupy o szerokości klasy 0,5 min., co przedstawia wykres zamieszczony na rys. 6.



Rys. 6. Intensywność zgłoszeń potoku pasażerskiego pomiędzy kolejnymi odjazdami pojazdu komunikacji miejskiej  
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6, który stanowi tylko niewielki wycinek przeprowadzonej analizy przedstawia stosunek zaobserwowanej intensywności pas./0,5 min. - w danym odcinku 30 sek. - a początkowe i końcowe wartości odpowiadają momentom odjazdu kolejnych pojazdów komunikacji miejskiej z przystanku. Na podstawie uzyskanych wykresów założyć można hipotetyczny kształt krzywej intensywności zgłoszeń pasażerów w obrębie interwału potoku tramwajów. Analiza dotychczas zebranego materiału badawczego potwierdza wpływ czasów odjazdów pojazdów komunikacji miejskiej na intensywność potoku zgłoszeń pasażerów na przystanek.

Biorąc pod uwagę złożoność zagadnienia oraz wąski zakres dotychczas prowadzonych badań, a co za tym idzie niepełne rozpoznanie istoty procesu zgłoszeń przy jednoczesnym uwzględnieniu predyspozycji potoków pasażerskich, wspomniany wcześniej temat pracy naukowej może okazać się bardzo perspektywiczny i rozwojowy w przyszłości.

#### 4. Perspektywa dalszych badań

W [1] wskazano propozycje oraz perspektywę rozwoju dalszych badań. W chwili obecnej dysponujemy aparaturą umożliwiającą automatyczne rejestrowanie wszystkich procesów zachodzących w wybranych punktach sieci transportowej dlatego w pierwszej kolejności należałoby dokonać pełniejszego zbadania przystanków obsługiwanych przez kilka linii. Uzasadnionym wydaje się zbadanie,

scharakteryzowanie i opisanie zmienności procesu zgłoszeń pasażerów na przystanek w zależności od ilości linii obsługujących wybranych punkt pomiarowy.

Perspektywa dalszych badań powinna również uwzględnić zmiany społeczne, demograficzne oraz przestrzenne, które dokonały się na przestrzeni ostatnich kilku dekad w całej aglomeracji krakowskiej. Materiał badawczy zebrany w latach 70-tych przedstawiający obraz ówczesnego systemu transportowego Krakowa [1] opartego głównie na komunikacji autobusowej może okazać się niewystarczający aby dobrze zrozumieć i scharakteryzować procesy zachodzące w obecnym systemie transportowym całej krakowskiej aglomeracji. Od tego czasu obserwowaliśmy bowiem znaczny rozwój miasta i całej strefy podmiejskiej [11,12] oraz rozwój sieci transportowej [4]. Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad powstawały nowe osiedla, a rosnąca liczba mieszkańców zgłasza coraz większe zapotrzebowanie i wymagania w stosunku do całości systemu transportowego. Przemiany systemowe ostatnich lat spowodowały zmiany gospodarczego wizerunku Krakowa. Miasto zdominowane do niedawna przez przemysł ciężki, wyrasta na atrakcyjne miejsce lokowania kapitału. Obecnym motorem rozwoju krakowskiej aglomeracji jest silne zaplecze naukowo-badawcze, wykwalifikowana kadra naukowa oraz dobrze rozwinięty sektor handlowo-usługowy. Podobnie jak wiele europejskich metropolii także Kraków, musi obecnie sprostać wyzwaniom, jakie niesie ze sobą proces urbanizacji. Potrzeba szybkiego usprawnienia komunikacji zbiorowej została bardzo mocno zaakcentowana w uchwalonej polityce transportowej miasta Krakowa przewidzianej na lata 2007-2015 [5,7].

W konsekwencji dokonanych zmian w pełni uzasadnionym wydaje się ponowne przeprowadzenie badań operacyjnych. W pierwszej kolejności badania powinny objąć swoim zasięgiem przystanki obsługiwane przez kilka linii. Zastosowanie nowoczesnych technik pomiarowych w połączeniu z konsekwentnymi, długofalowymi badaniami pozwoli na pełniejsze scharakteryzowanie procesu zgłoszeń i sformułowanie modelu uwzględniającego dokonane zmiany oraz inne czynniki, które w latach 70-tych mogły mieć charakter marginalny, np. wpływ sygnalizacji świetlnej, który w pracy [1] został tylko zasygnalizowany, nie podlegając dalszym badaniom.

W chwili obecnej w ramach podjętej pracy doktorskiej pod tytułem „Model procesu zgłoszeń potoków pasażerskich na przystanek” od listopada 2013 roku realizowane są pomiary procesów zgłoszeń w wybranych punktach sieci transportowej Krakowa. W zakresie wspomnianej pracy na podstawie zebranego materiału badawczego została podjęta próba scharakteryzowania i opisanie procesów zgłoszeń pasażerów na przystankach obsługiwanych przez linie tramwajowe w zależności od ich ilości.

## 5. Uwarunkowania społeczne w aspekcie procesu zgłoszeń

Proces zgłoszeń pasażerów z uwagi na złożoność czynników wpływających nań wymaga wielopłaszczyznowej analizy. Oprócz czynników, które można uchwycić w czasie badania przystankowego pozostaje również aspekt społeczny wybo-

rów oraz motywacje którymi kierują się pasażerowie przybywający na przystanek z chęcią odbycia podróży. W celu lepszego scharakteryzowania mechanizmu zgłoszeń pasażerów na przystanek badanie przystankowe polegające na rejestracji kolejnych zgłoszeń pasażerów powinno być rozszerzone o badanie ankietowe. Głównym zamierzeniem takiego badania przeprowadzonego wśród pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej w normalnych warunkach jej funkcjonowania jest poznanie:

- 1) rozkładu przestrzennego ruchu potoku pasażerskiego w okresie szczytu porannego i popołudniowego,
- 2) motywacji odbywanych podróży,
- 3) deklarowanych oraz alternatywnych wyborów linii,
- 4) preferencji odnośnie wybranych linii
- 5) oceny jakości obsługi komunikacji miejskiej obsługującej obszar osiedla.

Wymiar społeczny w aspekcie badania procesu zgłoszeń potoków pasażerskich może rzucić nowe światło na mechanizm modelu zgłoszeń. Elementami determinującymi obraz procesu zgłoszeń mogą okazać się motywacje oraz rozkład przestrzenny ruchu, szczególnie w zakresie dużych obszarów mieszkaniowych.

Warto nadmienić w tym miejscu, że w ramach wspomnianej wcześniej pracy magisterskiej [2] w celu lepszego poznania oczekiwań, potrzeb oraz problemów mieszkańców osiedla Ruczaj, dotyczących komunikacji miejskiej właściwe badanie przystankowe zostało uzupełnione i rozszerzone o badanie ankietowe, które dostarczyło cennego materiału badawczego charakteryzującego codzienne wybory oraz problemy komunikacyjne, z którymi borykają się na co dzień mieszkańcy wielkich zespołów mieszkaniowych. W celu podkreślenia znaczenia aspektu społecznego w ujęciu mechanizmów zgłoszeń pasażerów na przystanek, analiza zebranego materiału badawczego wykazała bardzo duże, prawie 57% zainteresowanie mieszkańców osiedla Ruczaj podróżami, których zwińczeniem było centrum miasta. 51% spośród nich stanowią podróże do pracy, a kolejne 35% to podróże na uczelnie. Największym zainteresowaniem cieszyły się zatem linie autobusowe obsługujące obszar centrum oraz ścisłego śródmieścia, gdzie zlokalizowane są liczne miejsca pracy oraz uczelnie wyższe i szkoły. W przeprowadzonej ankiecie mieszkańcy osiedla Ruczaj zgłosili również duże problemy komunikacyjne, których przyczyną najczęściej okazała się źle funkcjonująca komunikacja miejska zależna od warunków panujących w sieci drogowej. Wszystko to wpływało na obraz procesu zgłoszeń w zakresie analizowanych przystanków.

Warto nadmienić, że scharakteryzowanie procesu zgłoszeń w zależności od uwarunkowań społecznych stanowi również zakres objęty wspomnianą wcześniej pracą doktorską. Zakres badań prowadzonych w wybranych punktach sieci transportowej zakłada również przeprowadzenie szeregu badań ankietowych, które w połączeniu z danymi pochodzącymi z właściwej rejestracji potoków pasażerskich da pełny obraz mechanizmów determinujących proces zgłoszeń pasażerów na przystanek.

## 6. Podsumowanie

Jedynie podjęcie kompleksowych badań operacyjnych obejmujących swym zasięgiem charakterystyczne punkty sieci transportowej uzupełnione o badanie ankietowe może dostarczyć cennego materiału badawczego pozwalającego w pełni scharakteryzować i opisać proces zgłoszeń pasażerów na przystanek. Rozpoznanie w/w mechanizmu pozwoli z pewnością na optymalizację założeń prowadzonej polityki transportowej oraz racjonalizację obsługi komunikacji miejskiej. W pierwszej kolejności pomiary powinny objąć swym zasięgiem obszar tzw. „miejskich sypialni”.

## Bibliografia

- [1] Rudnicki A., Stochastyczny model ruchu miejskiej komunikacji autobusowej.
- [2] Szymocha R., Jędrzykiewicz K., Badanie efektywności połączeń komunikacyjnych osiedla Ruczaj z Centrum Krakowa. Praca dyplomowa wykonana na Politechnice Krakowskiej, Kraków 2010.
- [3] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., Inżynieria Ruchu Drogowego.
- [4] Raport o stanie miasta z lat 1992 – 2008 – biuletyn informacji publicznej Miasta Krakowa.
- [5] Rudnicki A. z zespołem, Zintegrowany plan rozwoju transportu publicznego dla Krakowa.
- [6] Rudnicki A., Jakość komunikacji miejskiej.
- [7] Uchwała Nr XVIII/225/07 Rady Miasta Krakowa w sprawie przyjęcia Polityki Transportowej dla Miasta Krakowa na lata 2007 – 2015.
- [8] Goddard L., Metody matematyczne w badaniach operacyjnych, Warszawa 1966.
- [9] Gniadenko B., Kowalenko I., Wstęp do teorii obsługi masowej, Warszawa 1971.
- [10] Bus transit, Highway Research Board, Spec. Report 1965.
- [11] Zborowski A., Prognozy demograficznej dla Krakowa na lata 2003 – 2023.
- [12] [www.bip.krakow.pl](http://www.bip.krakow.pl).