ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: TRANSPORT z. 61 Nr kol. 1704

Aleksander SOBOTA

# ANALIZA PUNKTUALNOŚCI KOMUNIKACJI ZBIOROWEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ LINII AUTOBUSOWEJ

**Streszczenie.** Celem artykułu jest analiza punktualności komunikacji zbiorowej. Do jej przeprowadzenia wykonano badania oparto się na jednej z podstawowych metod pomiaru punktualności – metodzie badań dynamicznych. Badania były wykonywane na wybranej linii komunikacyjnej, obsługującej kilka miast w aglomeracji katowickiej.

# ANALYSIS OF PUBLIC TRANSPORT PUNCTUALITY FOR EXAMPLE OF SELECTED BUS LINE

**Summary.** The analysis of public transport punctuality is a subject of this article. To conduct the analysis some investigations have been executed. One of the basic punctuality methods of measurement – the dynamic one – has been used during the piece of research. The analysis has been performed on the basis of selected bus line, which serves several towns in Silesian area.

## 1. WPROWADZENIE

Większość użytkowników transportu publicznego traktuje punktualność jako podstawowe kryterium oceny jakości komunikacji zbiorowej. Pasażer planując podróż środkiem transportu publicznego zakłada punktualny odjazd. W związku z tym dostosowuje swoje plany do rozkładu jazdy. Niepunktualny odjazd wywołuje u pasażera frustrację, a punktualność jest przez niego oceniana w sposób subiektywny. Taka ocena rzutuje na organizatora przewozów, a co za tym idzie na jakość świadczonych przez niego usług.

Ze względu na zatłoczenie miast i dużą liczbę wypadków drogowych dąży się do zachęcenia społeczeństwa do korzystania ze środków komunikacji publicznej. Należy zatem podnieść jakość świadczonych usług, w związku z tym i poprawić punktualność; dlatego postanowiono poświęcić temu aspektowi więcej uwagi.

## 2. BADANIA

Badania zostały przeprowadzone na terenie aglomeracji katowickiej. Powierzchnia jaką zajmuje aglomeracja to 1460 km$^2$ [6], liczba zamieszkującej ludności wynosi 4662 tys. [6]. Komunikacja zbiorowa na tym obszarze odgrywa bardzo ważną rolę, ze względu na silny poziom zurbanizowania. Przejawem tego jest bardzo gęsta sieć miejska, o dobrze rozwiniętej sieci dróg publicznych (20,1 tys. km) [5]. Zatem jest to bardzo dobry region do wykonywania badań.

Pomiary przeprowadzano przy użyciu metody badań dynamicznych. Jest to jedna z podstawowych metod badania punktualności, w której obserwator mierząc zadane wskaźniki i parametry znajduje się wewnątrz pojazdu, i określa ich wartość dla wybranego środka komunikacji miejskiej.

Przed przystąpieniem do pomiarów zdefiniowano przedział pomiarowy. Na podstawie powszechnie stosowanych norm i literatury [2] wyznaczono cztery przedziały pomiarowe w ciągu doby:

a) 5.00 ÷ 9.00 b) 9.00 ÷ 13.00 c) 13.00 ÷ 17.00 d)17.00 ÷ 23.00

Przy tak zdefiniowanych przedziałach pomiarowych pierwszy i trzeci pozwalają określić poranny i popołudniowy szczyt komunikacyjny. Z kolei, drugi i czwarty to przedziały pozaszczytowe. Pomiary przeprowadzano w trzy dni: wtorki, środy i czwartki; mierzono czas przyjazdu i odjazdu autobusu z przystanku.

Do badania punktualności wybrano linię 840 kursującą na trasie Katowice – Gliwice; nie był to wybór przypadkowy. Ze względu na kilkuletnie obserwacje punktualności na tej linii stwierdzono, że będzie to bardzo dobry przedmiot badań. Jest to linia przyspieszona, która łączy dwa miasta o dużym znaczeniu dla tego regionu – Gliwice i Katowice. Poza tym, linia 840 obsługuje sześć miast (Katowice – Chorzów – Świętochłowice – Rudę Śląską – Zabrze – Gliwice)[4] o dużej liczbie mieszkańców. Linię tę obsługuje PKM Gliwice, na zlecenie KZK GOP. Przebieg trasy linii 840 przedstawiono na rys. 1:

Rys. 1. Trasa linii 840 w aglomeracji katowickiej
Fig. 1. The bus line route 840 in Silesian area

## 3. POMIARY I ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Zmierzony czas przyjazdu i odjazdu autobusu z przystanku pozwala obliczyć i przeanalizować wiele parametrów, które opisują punktualność. W artykule zaprezentowano następujące parametry i wskaźniki:

a) odchyłka
b) udział odchyłek tolerowanych
c) wskaźnik „uciążliwość niepunktualności"
d) wskaźnik „stopień punktualności"

### 3.1. Odchyłka

**Odchyłka „d"** jest dla każdego pojazdu i kursu różnicą między przewidywanym w rozkładzie jazdy czasem $t_r$ odjazdu (względnie przyjazdu), z określonego punktu na trasie, a rzeczywistym czasem odjazdu $t_e$ odjazdu (względnie przyjazdu) [2];

$$d = t_r - t_e, \tag{1}$$

gdzie:
$t_r$ – rozkładowy czas przyjazdu (względnie odjazdu), s
$t_e$ – rzeczywisty czas przyjazdu (względnie odjazdu), s

Przy tak zdefiniowanej odchyłce wartości dodatnie odpowiadać będą przyspieszeniom, a ujemne – opóźnieniom.

Średnie wartości odchyłki na trasie linii 840 dla kierunku Katowice – Gliwice i kierunku Gliwice – Katowice przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

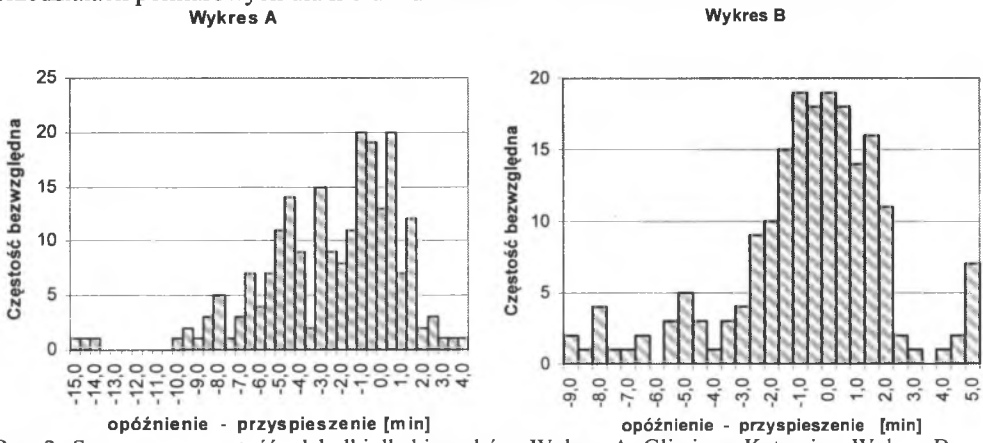
Średnie wartości odchyłki na trasie linii 840 dla kierunku Katowice – Gliwice i kierunku Gliwice – Katowice

| | Kierunek Katowice – Gliwice | | | | Kierunek Gliwice – Katowice | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Przedziały pomiarowe | | | | Przedziały pomiarowe | | | |
| | 5.00 – 9.00 | 9.00 – 13.00 | 13.00 – 17.00 | 17.00 – 23.00 | 5.00 – 9.00 | 9.00 – 13.00 | 13.00 – 17.00 | 17.00 – 23.00 |
| Średnia odchyłka dla przedziału pomiarowego [min] | -0'56" | -0'48" | -1'48" | +1'52" | -1'17" | -5'47" | -3'04" | +0'07" |
| Średnia odchyłka dla tego kierunku [min] | -0'51" | | | | -2'53" | | | |

Źródło: Opracowanie własne

W tablicy 1 dodatnia odchyłka oznacza przyspieszenia, a ujemna opóźnienia.

Pozytywnym zjawiskiem, które zaobserwowano jest bardzo rzadkie występowanie odchyłki przyspieszenia, czego nie lubią pasażerowie. Ma ona jedynie miejsce w godzinach wieczornych, kiedy natężenie ruchu jest mniejsze niż wcześniej. Generalnie znacznie większe odchyłki opóźnienia zaobserwowano dla kierunku Gliwice – Katowice niż dla drugiego kierunku. Na rys. 2 przedstawiono szczegółowe wartości odchyłki we wszystkich przedziałach pomiarowych dla kierunku Katowice – Gliwice i Gliwice – Katowice.




Rys. 2. Sumaryczna wartość odchyłki dla kierunków: Wykres A: Gliwice – Katowice; Wykres B: Katowice – Gliwice

Fig. 2. Total value of deviation in directions: Graph A: Gliwice – Katowie; Graph B: Katowice – Gliwice

Zdecydowanie niekorzystnym zjawiskiem, który zaobserwowano na wykresie A jest występowanie bardzo dużych odchyłek: -15,0 [min], -14,5 [min], -14,0 [min], 3,5 [min], 4,0 [min]. Takie zjawisko może znacznie sparaliżować system komunikacji zbiorowej na tej

linii. Na pewno nie podnosi atrakcyjności podróżowania komunikacją zbiorową, a co za tym idzie nie podnosi jakości. Trzeba jednak podkreślić, że tendencja, którą można zaobserwować na wykresie B jest prawidłowa, gdyż widoczne jest znaczne zagęszczenie występowania odchyłek „małych", czyli od -1,5 [min] do 0,5 [min], a mało jest odchyłek „dużych". Z kolei niepokoić może fakt, że zanotowano dużo odchyłek przyspieszenia np.: 1,5 [min] oraz 2,0 [min] czy też 5,0 [min], co również nie przyczynia się do podniesienia jakości oferowanych usług.

### 3.2. Udział odchyłek tolerowanych

W Komunikacyjnym Związku Komunalnym GOP obecnie zakłada się 2 min opóźnienia, niezależnie od pory roku. Niedozwolone są przyspieszenia. Przyjmuje się jednak jednominutową tolerancję błędu dla tego przedziału.

Udział odchyłek tolerowanych obliczamy z zależności [2]:

$$P = \frac{L_p}{L_o - L_u} \cdot 100 \ [\%], \tag{2}$$

gdzie:
$L_o$ – liczba kursów (odjazdów, przystanków lub przejazdów obserwowanych, czyli przewidzianych w rozkładzie jazdy),
$L_p$ – liczba kursów prawidłowych (czyli o odchyleniach mieszczących się w zadanej tolerancji),
$L_u$ – liczba kursów, w których stwierdzone nieprawidłowości były usprawiedliwione (tj. nie zostały zawinione przez przewoźnika).
Przy założeniu $L_u = 0$ (oznaczającym, że nie można usprawiedliwić kursów niepunktualnych), otrzymany wskaźnik nazywa się punktualnością statystyczną [1].

W tablicy 2 przedstawiono udział odchyłek tolerowanych.

Tablica 2

Udział odchyłek tolerowanych dla kierunku Katowice – Gliwice i kierunku Gliwice – Katowice

| | | | Kierunek Katowice – Gliwice | | | | Kierunek Gliwice – Katowice | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Przedziały pomiarowe | | | | Przedziały pomiarowe | | | |
| | | | 5.00 – 9.00 | 9.00 – 13.00 | 13.00 – 17.00 | 17.00 – 23.00 | 5.00 – 9.00 | 9.00 – 13.00 | 13.00 – 17.00 | 17.00 – 23.00 |
| Dla przedziału pomiarowego | Przedział tolerancji [min] | (∞; 1) | 10 | 0 | 3 | 7 | 4 | 6 | 11 | 19 |
| | | <1; -3> | 48 | 7 | 39 | 28 | 53 | 23 | 37 | 13 |
| | | (-3; -∞) | 14 | 29 | 30 | 0 | 7 | 3 | 16 | 0 |
| | Udział odchyłek tolerowanych [%] | | 66,6 | 19,4 | 54,1 | 51,4 | 59,3 | 71,8 | 57,8 | 40,6 |
| Dla tego kierunku | Przedział tolerancji [min] | (∞; 1) | 20 | | | | 40 | | | |
| | | <1; -3> | 122 | | | | 126 | | | |
| | | (-3; -∞) | 73 | | | | 26 | | | |
| | Udział odchyłek tolerowanych [%] | | 56,7 | | | | 65,6 | | | |

Źródło: Opracowanie własne

Procentowy udział odchyłek tolerowanych oscyluje wokół wartości 60%. W większości wartości odchyłek tolerowanych są małe, co świadczy o niewielkiej liczbie kursów, które mieszczą się w granicach tolerancji. Zastanawiające jest to, że na kierunku Gliwice – Katowice w przedziale pomiarowym 9.00 ÷ 13.00 zanotowano najmniej kursów mieszczących się w granicach tolerancji, bo tylko 19,4%, a w kierunku

przeciwnym, w tym samym przedziale pomiarowym, zanotowano ich najwięcej, bo aż 71,8%. Takie duże różnice wynikają przede wszystkim z chwilowych zmian w organizacji ruchu i są zjawiskiem nienaturalnym.

### 3.3. Wskaźnik uciążliwość niepunktualności

**Uciążliwość niepunktualności** wyraża nadmierny czas oczekiwania, czyli różnicę między czasem oczekiwania dla konkretnej odchyłki a czasem oczekiwania dla przypadku idealnej punktualności [2]. Wskaźnik ten określa więc stratę czasu, podawaną w minutach, spowodowaną wydłużeniem oczekiwania pasażerów, wynikającym z występowania odchyłek od rozkładu jazdy.

Nadmierny czas oczekiwania jest subiektywnie dobrze wyczuwaną przez pasażera miarą uciążliwości niepunktualności. Wartość uciążliwości niepunktualności ***U*** wyznacza się, w poszczególnych przypadkach odchyłki ***d*** (w minutach), następująco:

$$U = \begin{cases} -1{,}3 \cdot d - 1{,}6 & dla \quad d \le -2 \\ -0{,}5 \cdot d & dla \quad -2 \le d \le 0 \\ 0{,}162 \cdot h \cdot d & dla \quad 0 \le d \le 6 \\ 0{,}97 \cdot h & dla \quad d \ge 6 \end{cases} \tag{3}$$

gdzie:
*d* – odchyłka od rozkładu jazdy w minutach ( „+" oznacza przyspieszenia
„-" oznacza opóźnienia odjazdu)
*h* – średni interwał między pojazdami w minutach.

Rudnicki A. proponuje przyporządkować następujące zakresy wartości wskaźnika ***U*** oraz oceny funkcjonowania komunikacji zbiorowej, zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3 [2]:

Tablica 3

Skala ocen dla wskaźnika uciążliwości niepunktualności

| Zakres wskaźnika *U*[min] | Ocena |
|---|---|
| 0,0÷0,9 | bardzo dobra |
| 1,0÷1,9 | dobra |
| 2,0÷3,9 | dostateczna |
| 4,0 i więcej | niedostateczna |

Źródło: [2]

Im większa jest wartość tego miernika, tym gorsza jest punktualność.

Wskaźnik ***U*** może być wykorzystany do:
- oceny punktualności
- wartościowania strat czasu z powodu braku punktualności oraz dzięki temu – do oceny, w sposób w pełni wymierny, efektywności różnych środków poprawiających punktualność.

Wyniki obliczeń i ocena wskaźnika uciążliwość niepunktualności ***U*** zaprezentowano w tablicy 4.

Tablica 4

Wyniki obliczeń wskaźnika *U* oraz jego ocena w obu kierunkach

| Kierunek Katowice – Gliwice | | | | Kierunek Gliwice – Katowice | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Nazwa przystanku | U [min] | Ocena wskaźnika | Nr | Nazwa przystanku | U [min] | Ocena wskaźnika |
| 1 | Katowice Stawowa | 0,46 | b.dobra | 1 | Gliwice Plac Pistów | 2,61 | dost. |
| 2 | Osiedle Tysiąclecia ZOO (S) | 2,46 | dost. | 2 | Gliwice Dąbrowskiego | 4,10 | niedost. |
| 3 | Chorzów Rynek (S) | 2,33 | dost. | 3 | Gliwice Zajezdnia (S) | 3,21 | dost. |
| 4 | Chorzów Fabryka Wag (S) | 1,85 | dobra | 4 | Zabrze Słowackiego | 3,86 | dost. |
| 5 | Piaśniki Skrzyżowanie | 2,43 | dost. | 5 | Zabrze Goethego | 3,57 | dost. |
| 6 | Lipiny (S) | 2,37 | dost. | 6 | Zabrze Plac Krakowski | 3,58 | dost. |
| 7 | Chebzie Dworcowa | 6,70 | niedost. | 7 | Zaborze Skargi | 4,46 | niedost. |
| 8 | Ruda Południowa (S) | 7,44 | niedost. | 8 | Zaborze Wschód | 4,26 | niedost. |
| 9 | Poręba Bielszowicka | 7,70 | niedost. | 9 | Poręba Bielszowicka (S) | 4,09 | niedost. |
| 10 | Zaborze Wschód | 7,60 | niedost. | 10 | Ruda Południowa | 3,79 | dost. |
| 11 | Zaborze Skargi | 9,33 | niedost. | 11 | Chebzie Dworcowa (S) | 4,34 | niedost. |
| 12 | Zabrze Plac Krakowski | 4,67 | niedost. | 12 | Lipiny | 8,43 | niedost. |
| 13 | Zabrze Goethego | 4,28 | niedost. | 13 | Piaśniki Skrzyżowanie (S) | 4,66 | niedost. |
| 14 | Zabrze Słowackiego | 5,57 | niedost. | 14 | Chorzów Fabryka Wag | 6,05 | niedost. |
| 15 | Gliwice Zajezdnia | 6,24 | niedost. | 15 | Chorzów Estakada (S) | 3,84 | dost. |
| 16 | Gliwice Dąbrowskiego | 6,25 | niedost. | 16 | Osiedle Tysiąclecia ZOO | 4,94 | niedost. |
| | | | | 17 | Katowice Dąb Kościół | 3,62 | dost. |
| | | | | 18 | Katowice Korfantego | 10,52 | niedost. |

Źródło: Opracowanie własne

Najczęściej występuje niedostateczna ocena wskaźnika. Zgodnie z jego definicją można stwierdzić, że czas oczekiwania pasażera, wynikający z występowania odchyłek, na pojazd komunikacji zbiorowej jest zbyt długi. Nieco rzadziej można zauważyć ocenę dostateczną, a najczęściej obserwuje się ją w początkowej fazie kursu. Ocena bardzo dobra wystąpiła tylko raz – na pierwszym przystanku. Potem tylko wartość wskaźnika rośnie, a jego ocena maleje.

### 3.4. Wskaźnik stopień punktualności

Odczuwanie punktualności w sposób intuicyjny oraz stosowane w praktyce wartości zakresu tolerancji wskazują, że granice pomiędzy odjazdem punktualnym a już uważanym za niepunktualny są zróżnicowane. Do mierzenia punktualności proponuje się zatem użycie zbioru rozmytego, opisywanego tzw. funkcją przynależności $Q$ [3]:

a) $Q = 1$ dla odjazdów (przyjazdów) z małą, nieistotną dla pasażera odchyłką od rozkładu jazdy

b) $Q = 0$ dla odjazdów (przyjazdów) z odchyłką dużą, tzn. już nieakceptowaną przez pasażera

c) w pozostałych przypadkach, gdy $Q \in (0,1)$ wartościom $Q$ bliższym 1 odpowiada wysoki stopień punktualności, bliższym 0 – niski stopień punktualności.

Wartość miernika dla pojedynczej obserwacji wynosi [2], [3]:

$$Q_i = \begin{cases} 0 & dla \;\; d_i < d_1, \;\; d_i > 2 \\ \dfrac{d_i - d_1}{d_2 - d_1} & dla \;\; d_1 \le d_i < d_2 \\ 2 - d_i & dla \;\; 1 < d_i \le 2 \\ 1 & dla \;\; d_2 \le d_i \le 1 \end{cases}, \tag{4}$$

gdzie:
$d_i$ – wartość odchyłki (czas rozkładowy – czas rzeczywisty)

$$d_1 = -\frac{2h + 150}{45} \qquad d_2 = -\frac{h + 75}{45}, \tag{5}$$

$h$ – wartość średnia interwału między kolejnymi pojazdami.

Proponowaną skalę ocen wskaźnika ***Q*** przedstawiono poniżej w tablicy 5 [2]:

Tablica 5

Skala ocen dla wskaźnika stopień punktualności

| Zakres wskaźnika *Q* | Ocena |
|---|---|
| 0,86÷1,00 | bardzo dobra |
| 0,71÷0,85 | dobra |
| 0,41÷0,70 | dostateczna |
| 0,40 i mniej | niedostateczna |

Źródło: [2]

Im większa wartość miernika ***Q***, tym lepsza punktualność.
Wyniki obliczeń i ocena wskaźnika ***Q*** zaprezentowano w tablicy 6.

Tablica 6

Wyniki obliczeń wskaźnika *U* oraz jego ocena w obu kierunkach

| Kierunek Katowice – Gliwice | | | | Kierunek Gliwice – Katowice | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Nazwa przystanku | Q | Ocena wskaźnika | Nr | Nazwa przystanku | Q | Ocena wskaźnika |
| 1 | Katowice Stawowa | 1,00 | b. dobra | 1 | Gliwice Plac Pistów | 0,84 | dobra |
| 2 | Osiedle Tysiąclecia ZOO (S) | 0,84 | dobra | 2 | Gliwice Dąbrowskiego | 0,83 | dobra |
| 3 | Chorzów Rynek (S) | 0,93 | b. dobra | 3 | Gliwice Zajezdnia (S) | 0,84 | dobra |
| 4 | Chorzów Fabryka Wag (S) | 0,88 | b. dobra | 4 | Zabrze Słowackiego | 0,77 | dobra |
| 5 | Piaśniki Skrzyżowanie | 0,85 | b. dobra | 5 | Zabrze Goethego | 0,58 | dost. |
| 6 | Lipiny (S) | 0,79 | dobra | 6 | Zabrze Plac Krakowski | 0,53 | dost. |
| 7 | Chebzie Dworcowa | 0,66 | dost. | 7 | Zaborze Skargi | 0,55 | dost. |
| 8 | Ruda Południowa (S) | 0,56 | dost. | 8 | Zaborze Wschód | 0,51 | dost. |
| 9 | Poręba Bielszowicka | 0,53 | dost. | 9 | Poręba Bielszowicka (S) | 0,54 | dost. |
| 10 | Zaborze Wschód | 0,56 | dost. | 10 | Ruda Południowa | 0,58 | dost. |
| 11 | Zaborze Skargi | 0,41 | dost. | 11 | Chebzie Dworcowa (S) | 0,55 | dost. |
| 12 | Zabrze Plac Krakowski | 0,75 | dobra | 12 | Lipiny | 0,41 | dost. |
| 13 | Zabrze Goethego | 0,69 | dost. | 13 | Piaśniki Skrzyżowanie (S) | 0,52 | dost. |
| 14 | Zabrze Słowackiego | 0,54 | dost. | 14 | Chorzów Fabryka Wag | 0,57 | dost. |
| 15 | Gliwice Zajezdnia | 0,44 | dost. | 15 | Chorzów Estakada (S) | 0,58 | dost. |
| 16 | Gliwice Dąbrowskiego | 0,44 | dost. | 16 | Osiedle Tysiąclecia ZOO | 0,63 | dost. |
| | | | | 17 | Katowice Dąb Kościół | 0,61 | dost. |
| | | | | 18 | Katowice Korfantego | 0,29 | niedost. |

Źródło: Opracowanie własne

Ocena wskaźnika *Q* wypada lepiej aniżeli wcześniej opisywanego wskaźnika *U*. Dominuje tu ocena dostateczna. Nie jest to wynik satysfakcjonujący, ponieważ pasażer uważa, na podstawie empirycznych odczuć, że punktualność linii 840 jest dostateczna.

## 4. WNIOSKI

Przedstawione w artykule wyniki obliczeń wskaźnika punktualności dają szeroki horyzont do jego analizy.

Analiza linii 840, która była przedmiotem badań w metodzie dynamicznej, pokazuje wszelkie aspekty niedoskonałego ułożenia rozkładu jazdy dla tej linii czy też niedostosowania się przewoźnika do aktualnych warunków panujących na drogach.

Reasumując, na podstawie przeprowadzonej analizy punktualności można stwierdzić, że komunikacja zbiorowa nie jest jeszcze zbyt konkurencyjnym środkiem transportu w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym. Zbyt duże odchyłki od rozkładu jazdy, czas i komfort jazdy obniżają jego konkurencyjność w stosunku do transportu prywatnego. Jedynym aspektem, który może skłonić pasażera do skorzystania z komunikacji zbiorowej jest niska cena biletu.

Dane uzyskane z pomiarów w przyszłości pozwolą zbudować model informatyczny służący do oceny jakości komunikacji zbiorowej.

## Literatura

1. Rataj M.: Metody zwiększania dyscypliny wykonania rozkładów jazdy w komunikacji miejskiej. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa 1991.
2. Rudnicki A.: Jakość komunikacji miejskiej. Zeszyt Naukowo–Techniczny Oddziału SITK, Kraków 1999.
3. Starowicz W.: Kształtowanie jakości usług przewozowych w miejskim transporcie zbiorowym. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2001.
4. www.kzkgop.pl (Komunalny Związek Komunikacyjny GOP).
5. www.silesia-region.pl (Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego).
6. www.stat.gov.pl (Główny Urząd Statystyczny).

Recenzent: Dr hab. inż. Romuald Szopa
Prof. Politechniki Częstochowskiej