

# PRZYDATNOŚĆ SYNTETYCZNEGO WSKAŹNIKA OCENY JAKOŚCI TRANSPORTU ZBIOROWEGO W MIEŚCIE ŚREDNIEJ WIELKOŚCI

ANDRZEJ RUDNICKI

prof. dr hab. inż., Politechnika Krakowska, Katedra Systemów Komunikacyjnych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. (12) 6282538, e-mail: ar@transys.wil.pk.edu.pl

**Streszczenie.** Referat przedstawia „przeciętny ekwiwalentny czas podróży pasażera” jako propozycję syntetycznego miernika oceny jakości funkcjonowania komunikacji miejskiej w zastosowaniu do miast średnich. Zarysowano znaczenie jakości usług w komunikacji zbiorowej w nawiązaniu do dokumentów i projektów Unii Europejskiej oraz europejskiej normy temu poświęconej. Zestawiono ogólne wymogi stawiane kompleksowej metodzie oceny transportu zbiorowego oraz wskaźnikom syntetycznym odnoszącym się tej oceny. Przedstawiono skrótowy przegląd prób takiego ujęcia w literaturze. Podano istotę wskaźnika, „przeciętny ekwiwalentny czas podróży pasażera”, uwzględniającego zarówno zależności o charakterze fizycznym, jak i parametryzację subiektywnych ocen ważnych dla pasażera ze względu na różnorodne warunki, w jakich realizowana jest podróż. Ogólna formuła obliczania wskaźnika ma strukturę addytywną, a poszczególne składniki – postać multiplikatywną i wyrażają ekwiwalenty czasu ze względu na: dojsięcie i oczekiwanie na przystanku, jazdę, przesiadki, system taryfowy, skargi pasażerów, zagrożenia bezpieczeństwa pasażerów. Ponadto wprowadzony jest współczynnik korygujący ze względu na dostępność i przyjazność systemu. Opisano sposób jego wyliczenia oraz podano wzory i tabele niezbędne do tego wyliczenia. Wskaźnik odnosi się do całości sieci komunikacji zbiorowej miasta. Podano powiązania wartości wskaźnika z werbalną oceną jakości, a także przykłady wyliczenia wskaźnika dla 4 polskich miast. Zestawiono uwzględniane czynniki wpływu (opisane 38 parametrami), podano zakres potencjalnych zastosowań wskaźnika oraz dokonane i planowane jego modyfikacje w stosunku do wersji pierwotnej.

**Słowa kluczowe:** miejski transport zbiorowy, ocena wielokryterialna, wskaźniki jakości, miasta średniej wielkości

## Znaczenie jakości usług w transporcie zbiorowym

Poprawa jakości transportu zbiorowego jest szczególnie istotna w sytuacji postępującej utraty pasażerów, przy równoczesnej świadomości jej niepodważalnych walorów społecznych, środowiskowych i ekonomicznych. Stawia to trudne wyzwania przed samorządami i przewoźnikami, którzy muszą sprostać rosnącym potrzebom swojej obecnej i potencjalnej klienteli. Zatem jednym z najważniejszych celów polityki transportowej i zarządzania transportem zbiorowym jest utrzymanie jakości jej usług na odpowiednio wysokim poziomie.

Dowodem doceniania roli transportu publicznego przez Unię Europejską są wydane poprzez jej różne organy dokumenty w tej sprawie, począwszy od Regulacji nr 221 z 1991 r. Rady Europy „O poprawie transportu i jakości życia w dużych miastach”, a skończywszy na nowej polityce transportowej Unii Europejskiej. Zielona Księga Unii

Europejskiej dotycząca transportu w miastach [3] akcentuje, że transport zbiorowy powinien spełniać oczekiwania obywateli, i stawia retoryczne pytanie: „W jaki sposób można podnieść jakość transportu zbiorowego w miastach europejskich?”. Dokument ten zauważa, że mniejsza gęstość zaludnienia miast małych, średnich oraz na obszarach peryferyjnych dużych miast utrudnia zapewnienie transportu zbiorowego świadczącego usługi odpowiedniej jakości, mogące przyciągnąć znaczącą liczbę użytkowników. Co prawda nowa polityka transportowa Unii Europejskiej [2] nie przywołuje wprost jakości usług, lecz kładzie nacisk na zwiększenie konkurencyjności transportu zbiorowego, co osiąga się przez poprawę jego jakości.

O tym, że poprawa jakości usług transportu zbiorowego jest bardzo ważna, świadczy inicjowanie i realizowanie wielu międzynarodowych programów badawczo-wdrożeniowych Komisji Europejskiej, związanych bezpośrednio lub pośrednio z tym problemem. Są to programy bądź projekty: QUATTRO, CAPTURE, ISOTOPE, BESTW, ELTIS, VOYGER, CIVITAS-CARAVEL.

Formalnym uporządkowaniem problematyki jakości miejskiego transportu zbiorowego jest norma PN-EN-13816 z 2002 r. [7] szerzej przedstawiona i skomentowana w [14]. Jej generalnym celem jest promocja podejścia jakościowego do działań transportu publicznego, a celami szczegółowymi – zwrócenie uwagi na potrzeby i oczekiwania pasażerów, uwzględnienie jakości usług w zarządzaniu, porównywanie jakości usług dostarczanych przez różnych przewoźników (ważne zarówno dla pasażerów jak i badaczy) oraz wdrażanie procedur poprawy jakości usług.

Norma zawiera pojęcia i definicje dotyczące publicznego transportu pasażerskiego oraz jakości jego usług. Ponadto opisuje metodologię określania jakości usług przewozowych, a także wymagania dotyczące jakości tych usług. Załączniki obejmują kryteria jakości oraz wskaźniki i pomiary zadowolenia klientów i poziomu wykonania usługi. Norma ekspozuje kwestię wielokryterialności oceny jakości, jednakże nie podejmuje zadania agregowania ocen cząstkowych w ocenę globalną. Norma może być stosowana do:

- kształtowania jakości usług, gdy:
  - pojedynczy przewoźnik ponosi całą odpowiedzialność za kryteria jakości,
  - dwóch lub więcej partnerów dzieli się odpowiedzialnością zgodnie z umową;
- formułowania przez zarządcę transportu publicznego wymagań jakościowych na usługi oferowane w przetargach.

<sup>1</sup> © Transport Miejski i Regionalny, 2012.

Budowany dla krajów Unii Europejskiej system mierników jakości transportu zbiorowego powinien odzwierciedlać [10]:

- cele polityczne decydentów;
- strukturę i odpowiedzialność władz komunikacyjnych i przewoźników;
- filozofię zarządzania, tzn. czy zarządzanie ma być orientowane na pracę przewoźową, na jakość lub zysk;
- zasięg rynku przewozów;
- warunki realizacji usługi, zapisane w umowie lub koncesji

oraz spełniać następujące wymogi:

- mieć możliwość adaptowania się do lokalnych okoliczności;
- być elastycznym w stopniu ułatwiającym wprowadzenie nowych rozwiązań i modyfikacji;
- zachęcać do transferu wiedzy i osiągania najlepszych rozwiązań z punktu widzenia praktyki;
- orientować się na klienta;
- unikać kryteriów, które – wynikając z kulturowych różnic – mogą okazać się w kontekście międzynarodowym nieodpowiednie, a nawet sprzeczne.

Ocena funkcjonowania systemu transportu zbiorowego może być dokonywana z punktu widzenia pasażera i władz miasta (ocena zewnętrzna) oraz przez samego przewoźnika (ocena wewnętrzna). Najistotniejsza ocena jest ta, którą wyraża bezpośredni użytkownik pasażer, jego postrzeganie jakości realizowanej oferty.

### Ogólne wymagania stawiane wskaźnikom syntetycznym

Ze względu na różnorodne aspekty oferty i funkcjonowania miejskiego transportu zbiorowego jej pełna ocena powinna być wielokryterialna. Zbiór kryteriów w układzie hierarchicznym przedstawiono m.in. w [12]. Część kryteriów ma charakter z natury rzeczy mierzalny (np. czas podróży), jednakże znaczna część poddaje się z trudem kwantyfikacji (np. komfort), a w pewnych przypadkach parametryzacja kryteriów w zasadzie nie jest możliwa (np. estetyka, w tym kolorystyka, pojazdu komunikacji miejskiej). Zbiór ocen, w tym wskaźników odnoszących się do poszczególnych kryteriów, daje co prawda dobry pogląd na komponenty jakości obsługi, ale poprzez swą wielowymiarowość utrudnia porównanie z innymi rozwiązaniami (miastami, wariantami obsługi). Zatem pożądanym byłoby dokonanie agregacji ocen z uwzględnieniem wag kryteriów, prowadzącej ocenę do jednej liczby – wartości wskaźnika syntetycznego.

W ocenach wartości produktu lub usługi operuje się często tzw. kosztem uogólnionym, tzn. uwzględniającym także cechy, które nie są wyrażane wprost monetarnie. Oznacza to wzięcie pod uwagę wszystkich w zasadzie czynników, które przedstawiają wartość dla użytkownika systemu (np. pasażera podczas podróży). Ze względu na procedurę tworzenia miary syntetycznej, będącej agregatem pewnego zbioru cech szczegółowych, problem jest bliski wielowymiarowej analizie porównawczej, przy czym w zagadnieniach o charakterze społeczno-ekonomicznym najczęściej stosowaną funkcją agregującą jest postać addytywna. Omalże powszechną zasa-

dą agregacji kosztów cząstkowych w koszt uogólniony jest formuła liniowa. Składniki sumy są iloczynami wartości czynnika i jego kosztu bądź monetarnego (np. cena biletu), bądź ekwiwalentnego (np. wartość czasu podróży, wartość komfortu). Zatem jakościowe aspekty uwzględniają wprost koszt czasu i pośrednio warunki, w jakich jest realizowana podróż. Zastępczą formą wyrażania monetarnie kosztu uogólnionego może być czas ekwiwalentny ze względu na związek, jaki istnieje pomiędzy tymi parametrami (społeczny koszt czasu). Wieloaspektowość funkcjonowania komunikacji zbiorowej wymaga kompleksowości jej oceny.

Wymagania stawiane kompleksowej metodzie oceny transportu zbiorowego można zarysować następująco [10], [13]:

- uwzględniać (poprzez zbiór kryteriów) możliwie szeroko potrzeby użytkownika i jego oczekiwania w stosunku do funkcjonowania systemu;
- bazować w dużym stopniu na informacji zebranej od klienta;
- dokonywać oceny w skali całego systemu, a nie bazować tylko na ocenie cech pojedynczej podróży;
- obejmować wiele cech w celu uzyskania wielowymiarowości ocen składających się łącznie na jakość obsługi;
- zapewniać możliwość agregacji ocen cząstkowych w ilościowo wyrażany miernik syntetyczny, oceniający sprawność systemu jako całości;
- umożliwiać zdiagnozowanie słabych i silnych stron systemu (przewoźnika), zwłaszcza struktury organizacyjnej;
- umożliwiać wskazanie kierunków pożądaných usprawnień, realizowanych w sposób ciągły, maksymalizując efektywność podejmowanych działań;
- zapewniać możliwość porównania systemów lub przewoźników między sobą;
- wykorzystywać informacje możliwie najłatwiej dostępne, lecz wystarczająco dokładnie opisujące stan systemu;
- eliminować błędy i niespójności;
- zapewnić możliwość aktualizacji danych z analizą zmienności, w tym sygnalizować trendy zmian;
- troszczyć się o oszczędność kosztów systemu oceniającego, np. ograniczając wielkość próby pomiarowej do niezbędnego minimum.

Nadal prowadzone są badania zmierzające do sformułowania syntetycznych wskaźników jakości. Np. w publikacji [15] zaproponowano wskaźnik agregujący 8 wskaźników cząstkowych z uwzględnieniem ich wag. Są to:

- udział podróży do pracy z wykorzystaniem transportu publicznego,
- długość sieci transportu publicznego przypadająca na 1 km<sup>2</sup>,
- liczba przystanków transportu publicznego przypadająca na 1 km<sup>2</sup>,
- liczba przystanków transportu publicznego przypadająca na 1000 mieszkańców,
- liczba przystanków przypadająca na 1 kilometr sieci transportu publicznego,
- cena biletu miesięcznego dla dystansu od 5 do 10 kilometrów,

- udział elastycznych linii w całej sieci linii transportu publicznego,
- udział powierzchni miasta przeznaczonej na cele transportowe.

Inna droga poszukiwania wskaźnika syntetycznego została przedstawiona w [6]. Szacowane są koszty jednostkowe usprawnień poprawiających jakość oraz ich ekwiwalenty czasowe, co prowadzi do stworzenia wskaźnika wyrażającego uogólnione koszty transportu publicznego, które mogłyby stanowić taką miarę syntetyczną. Komponenty jakości obejmują oceny: prędkości podróży, zatłoczenia pojazdu, warunków dojścia do przystanku, warunków oczekiwania na przystanku, informacji dla pasażerów przekazywanej w czasie rzeczywistym, sprawności wymiany pasażerów, częstotliwości kursowania, stopnia przesiadkowości oraz niezawodności obsługi.

### Istota i ogólna struktura wskaźnika

Próbą skwantyfikowania większości kryteriów i sprowadzenia ich oceny do tego samego wymiaru (umożliwiającego agregację do jednej liczby wyrażającej ocenę syntetyczną) jest według propozycji autora wskaźnik „*przeciętny ekwiwalentny czas podróży pasażera*” przedstawiony w monografii [11] oraz w instrukcji opracowanej dla Izby Gospodarczej Komunikacji Miejskiej [12], a w niniejszym artykule w kilku miejscach uzupełniony. Uwzględnia on zarówno zależności o charakterze fizycznym, jak i parametryzację subiektywnych ocen ważnych dla pasażera ze względu na warunki podróży. Wskaźnik odnosi się do całości sieci transportu zbiorowego miasta. W artykule poprzestano na podaniu tylko formuł do obliczania wskaźnika. Natomiast uzasadnienie przyjętych postaci funkcji i wartości parametrów wraz komentarzem zawarto w monografii [11].

*Przeciętny ekwiwalentny czas podróży pasażera ET* oblicza się z zależności:

$$ET = (ED + EO + EJ + EP + EB + ES + EW) \times K \text{ [min]} \quad (1)$$

ET jest korygowaną sumą ekwiwalentów czasu ze względu na:

- ED – dojście do przystanku,
- EO – oczekiwanie na przystanku,
- EJ – jazdę w pojeździe transportu zbiorowego,
- EP – przesiadki,
- EB – system taryfowy,
- ES – skargi pasażerów,
- EW – zagrożenia bezpieczeństwa pasażerów.

K jest współczynnikiem korygującym ze względu na dostępność i przyjazność systemu.

Wskaźnik ET wyraża łączne niedogodności pasażera wskutek uciążliwości podróży. Oznacza to, że wzrost wartości wskaźnika wskazuje na wzrost uciążliwości podróży, natomiast jego zmniejszenie sygnalizuje globalną poprawę atrakcyjności miejskiego transportu zbiorowego. Obok (p. 3) zestawiono formuły do wyznaczania poszczególnych składników ogólnego wzoru (1) na ET.

### Składniki ekwiwalentnego czasu podróży

ED – ekwiwalent ze względu na czas dojścia:

$$ED = \frac{12,1 \cdot F}{DT} + 13,6 \cdot A \quad (2)$$

gdzie:

- F – powierzchnia zainwestowania miasta, względnie
- DT – strefy obsługi [km<sup>2</sup>],
- A – długość tras komunikacji zbiorowej w strefie obsługi [km],
- średnia odległość międzyprzystankowa [km].

EO – ekwiwalent ze względu na czas oczekiwania:

$$EO = M \cdot KO \cdot \frac{\sum_{I=1}^L TO(I)N(I)}{\sum_{I=1}^L N(I)} \quad (3)$$

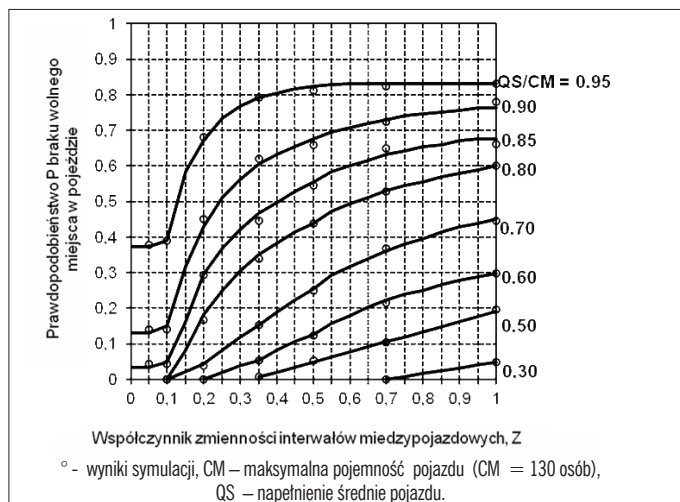
gdzie:

- M – współczynnik przesiadkowości (stosunek liczby przejazdów do liczby podróży wyznacza się na podstawie badań ankietowych),
- I – numer porządkowy linii,
- TO – średni czas oczekiwania (z uwzględnieniem współczynnika uciążliwości 2,0), który dla poszczególnych linii wyznacza się następująco:

$$TO = H \times (1 + Z^2 + 2 \cdot P) \quad (4)$$

- H – średni interwał międzypojazdowy na linii [min],
- Z – współczynnik zmienności interwałów (stosunek odchylenia standardowego do wartości średniej),
- P – prawdopodobieństwo braku wolnego miejsca w pojeździe; nomogramy do wyznaczenia P podano w [12], w zależności od typu taboru i napętnienia względnego maksymalnego QM;

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowo wykresy prawdopodobieństwa braku miejsca w pojeździe usuwane w wyniku obliczeń symulacyjnych dla przypadku pojemności maksymalnej 130 osób (np. autobus Jelcz M-121).



Rys. 1. Prawdopodobieństwo braku wolnego miejsca w pojeździe transportu zbiorowego, w funkcji współczynnika zmienności interwałów, dla różnych poziomów napętnienia pojazdu

$$QM = \frac{QS}{CM} \quad (5)$$

gdzie:

QS – napelnienie średnie pojazdu (liczba pasażerów),  
 CM – pojemność maksymalna określona przy wskaźniku wykorzystania powierzchni miejsc do stania 10 osób/m<sup>2</sup>.

Jeśli napelnienia nie są duże, to można przyjmować P = 0,

N(I) – średni potok pasażerów na linii (w godzinie lub dla okresu analizy),

L – liczba linii,

KO – współczynnik wpływu warunków oczekiwania wyznaczany z zależności:

$$KO = KO1 \times KO2 \times KO3 \times KO4 \quad (6)$$

KO1 – współczynnik ze względu na stopień wyposażenia przystanków w wiaty (tab. 1)

Tabela 1

Zestawienie wartości współczynnika KO1											
Procent przystanków wyposażonych w wiaty	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wartość KO1	1,22	1,14	1,07	1,00	0,93	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,68

KO2 – współczynnik ze względu na oświetlenie przystanku:

- brak KO2 = 1,3
- słabe KO2 = 1,1
- pełne KO2 = 0,9

KO3 – współczynnik ze względu na formę informacji na przystanku o rozkładzie jazdy:

- brak KO3 = 1,40
  - rozkład jazdy ogólny (podana tylko częstotliwość kursowania) KO3 = 1,20
  - rozkład jazdy szczegółowy KO3 = 1,00
  - rozkład jazdy przekazywany w czasie rzeczywistym KO4 = (1 - 0,3 × UCR)
- UCR – udział przystanków wyposażonych w urządzenia podające czas do przyjazdu najbliższego wozu linii

KO4 – współczynnik ze względu na obecność na przystanku informacji o sieci komunikacji zbiorowej (schematy sieci) oraz o taryfach:

- brak KO4 = 1,00
- istnieje KO4 = 1,20

Dla KO2, KO3, KO4 szacuje się wartości średnioważone dla całej sieci komunikacji zbiorowej, przy czym wagą jest stopień obciążenia przystanku pasażerami wsiadającymi.

EJ – ekwiwalent ze względu na czas jazdy:

$$EJ = \frac{60 \cdot D \cdot KJ}{V} \cdot \frac{\sum U(I) \cdot N(I)}{\sum N(I)} \quad (7)$$

gdzie:

U – współczynnik uciążliwości jazdy wyznaczony dla każdej linii według wzoru:

$$U = 0,8 + 3,6 \times Q^2 \quad (8)$$

gdzie:

Q – napelnienie względne nominalne:

$$Q = \frac{QS}{CN} \quad (9)$$

gdzie:

QS – napelnienie średnie pojazdu (liczba pasażerów),  
 CN – pojemność nominalna pojazdu (liczba miejsc określona przy założeniu wskaźnika wykorzystania powierzchni miejsc do stania 6,7 osób/m<sup>2</sup>),

N(I) – średni potok pasażerów na linii (w godzinie lub dla okresu analizy),

I – numer porządkowy linii,

L – liczba linii,

D – średnia odległość podróży transportem zbiorowym bez dojść pieszych (całkowita długość przejazdu w podróży) [km],

V – średnia prędkość komunikacyjna [km/h].

$$KJ = KJ1 \times KJ2 \quad (10)$$

KJ1 – współczynnik ze względu na średni wiek eksploatowanego taboru (tab. 2),

Tabela 2

Zestawienie wartości współczynnika KJ1											
Średni wiek taboru autobusowego w latach	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Średni wiek taboru tramwajowego w latach	3	5	7	9	11	13	15	17	19	20	21
Wartość KJ1	0,82	0,89	0,95	1,00	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,22	1,25

Dla trolejbusów wejściem do tabeli są pośrednie wartości wieku taboru podane w kolumnach (np. w drugiej kolumnie – 4 lata).

KJ2 – współczynnik ze względu na formę informacji w pojeździe, liczony z zależności:

$$KJ2 = KJ21 \times KJ22 \times KJ23 \times KJ24 \times KJ25 \quad (11)$$

przy czym wartości KJ21, KJ22, KJ23, KJ24 i KJ25 przyjmuje się według tabeli 3.



Tabela 3

Zestawienie wartości współczynników KJ21, KJ22 i KJ23					
	Plan liniowy dotyczący obsługiwanej linii KJ21	Plan całej sieci komunikacyjnej KJ22	Informacja o taryfach KJ23	Bieżąca informacja foniczna o kolejnych przystankach KJ24	Bieżąca informacja wizualna o kolejnych przystankach KJ25
Brak	1,30	1,00	1,40	1,00	1,00
występuje	1,00	0,95	1,00	0,90	0,95

EP – ekwiwalent ze względu na przesiadki:

$$EP = 7 \times (M - 1) \times KP \quad (12)$$

gdzie:

- M – współczynnik przesiadkowości (stosunek liczby przejazdów do liczby podróży),
- KP – współczynnik ze względu na stopień dogodności przesiadania się (wartość przeciętna dla sieci), liczony z zależności:

$$KP = KP1 \times KP2 \quad (13)$$

KP1, KP2 – współczynniki uwzględniające odpowiednio: stopień rozproszenia przystanków i stopień kolizyjności przy przesiadaniu się (tab. 4).

Tabela 4

Zestawienie wartości współczynników KP1 i KP2		
	Rozproszenie KP1	Kolizyjność KP2
– duże	1,30	1,20
– średnie	1,00	1,00
– małe	0,80	0,85

EB – ekwiwalent ze względu na system taryfowy:

$$EB = \frac{120 \cdot CB \cdot KB}{Y} \quad (14)$$

gdzie:

- CB – średnia cena biletu za przejazd (zł),
- Y – średnia godzinowa płaca (w złotych) statystycznego pasażera liczona według GUS dla 6 działów gospodarki,
- KB – współczynnik ze względu na dogodność nabycia biletu liczony jako:

$$KB = KB1 \times KB2 \times KB3 \times KB4 \quad (15)$$

Wartości współczynników KB1, KB2 i KB3 zestawione są w tabeli 5, a KB4 liczony jest według wzoru (16).

Tabela 5

Zestawienie wartości współczynników KB1, KB2 i KB3				
Dostępność biletu				
	w pojazdach: KB1	w innych punktach sprzedaży niż obiekty przewoźnika oraz kioski; KB2	w automatach KB3	za pomocą telefonu komórkowego KB4
Tak	0,95	0,85	0,90	0,95
Nie	1,05	1,00	1,00	1,00

$$KB4 = 1,1 - 0,004 \times PB \quad (16)$$

gdzie:

PB – procent pasażerów korzystających z biletów okresowych.

ES – ekwiwalent ze względu na skargi pasażerów:

$$ES = \frac{3 \cdot S}{X} \quad (17)$$

gdzie:

S – liczba skarg pasażerów w ciągu roku,  
X – liczba podróży (w mln) odbywanych komunikacją zbiorową w strefie obsługi w ciągu roku,

EW – ekwiwalent ze względu na zagrożenie bezpieczeństwa pasażerów:

$$EW = \frac{1}{X} (0,05 \cdot LC + 0,25 \cdot LW + LK + 1,5 LH + 2,5 LN + 5 \cdot LR + 78 \cdot LZ) \quad (18)$$

gdzie:

- X – liczba podróży (w mln) odbywanych komunikacją zbiorową w strefie obsługi w ciągu roku,
- LC – liczba kolizji,
- LW – liczba wypadków,
- LK – liczba kradzieży kieszonkowych dotyczących pasażerów,
- LH – liczba napadów chuligańskich na pasażerów,
- LN – liczba napadów rabunkowych na pasażerów,
- LR – liczba rannych pasażerów komunikacji zbiorowej (w wypadkach i napadach),
- LZ – liczba zabitych pasażerów komunikacji zbiorowej (w wypadkach i napadach).

Liczba powyższych zdarzeń odnosi się do jednego roku, pożądane, aby to była średnia z okresu trzech lat.

Współczynnik korygujący ze względu na dostępność i przyjazność systemu:

$$K = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \times K6 \times K7 \quad (19)$$

K1 – współczynnik ze względu na czasokres funkcjonowania (tab. 6).

Tabela 6

Zestawienie wartości współczynnika K1							
Czasokres funkcjonowania [w godzinach] (bez specjalnej obsługi nocnej)	14	15	16	17	18	19	20
Wartość K1	1,25	1,16	1,09	1,04	1,00	0,96	0,93

K2 – współczynnik ze względu na stopień obsługi w porze nocnej (tab. 7).

Tabela 7

Zestawienie wartości współczynnika K2							
Udział pracy przewozowej realizowanej w obsłudze nocnej, tj. w godz. 23.00 – 5.00 w całości pracy przewozowej (w procentach)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Wartość K2	1,07	1,03	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

K3 – współczynnik ze względu na udział ludności mieszkającej w promieniu 500 m dojazdu do najbliższego przystanku, tj. w dogodnej strefie obsługi (tab. 8),

Tabela 8

Zestawienie wartości współczynnika K3						
Udział ludności mieszkającej w promieniu 500 m dojazdu do przystanku (w procentach)	50	60	70	80	90	100
Wartość K3	1,23	1,15	1,09	1,04	1,00	0,97

K4 – współczynnik ze względu na udział pojazdów niskopodłogowych w ogólnym stanie liczbowym taboru (tab. 9).

Tabela 9

Zestawienie wartości współczynnika K4											
Udział pojazdów niskopodłogowych (w procentach)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wartość K4	1,04	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79

K5 – współczynnik ze względu na udział trakcji elektrycznej oraz autobusów ekologicznych:

$$K5 = 0,9 \times E + 1,1 \times (1 - E) \times (1 - 0,1 \times S) \quad (20)$$

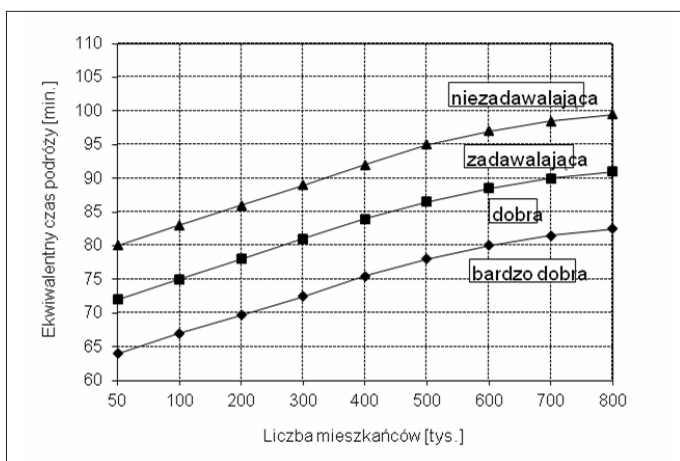
- E – udział (liczba niemianowana) trakcji elektrycznej w pracy przewozowej,
- S – udział (liczba niemianowana) autobusów, których silniki spełniają wymogi normy UERO3 lub EURO 4.

K6 – współczynnik ze względu na dostępność rozkładu jazdy w Internecie (brak: K6 = 1,00; dostępny K6 = 0,95).

K7 – współczynnik ze względu na dostępność w Internecie planera podróży (brak: K7 = 1,00; dostępny K8 = 0,90).

### Powiązanie wartości wskaźnika z oceną jakości funkcjonowania transportu zbiorowego

Przypisanie oceny w czterostopniowej skali dokonuje się przez przyporządkowanie wyliczonej ze wzoru (1) wartości wskaźnika do jednego z przedziałów ograniczonego wykresami jak na rysunku 2.



Rys. 2. Powiązanie wartości wskaźnika „przeciętny ekwiwalentny czas podróży” z oceną werbalną, w zależności od wielkości miasta

### Przykłady wyników obliczeń wskaźnika

W tabeli 10 zestawiono cząstkowe i sumaryczne ekwiwalentne czasy podróży wyliczone: dla Krakowa [8], dla Rzeszowa [5], dla Przemyśla [1] i dla Krosna [4]. Szczegółowy tok obliczeń dla Krakowa przytoczono w podręczniku instrukcji [12].

Tabela 10

Zestawienie dla Krakowa, Rzeszowa, Przemyśla i Krosna ekwiwalentów: cząstkowych i sumarycznej wartości wskaźnika „przeciętny ekwiwalentny czas podróży” (w minutach) oraz oceny jakości funkcjonowania komunikacji zbiorowej											
Miasto (rok bazy danych)	Liczba mieszkańców (tys.)	Dojście	Oczekiwanie	Jazda	Przesiadki	Taryfa	Skargi	Wypadki	Współczynnik korygujący	Ekwiwalentny czas podróży	Ocena
		ED	EO	EJ	EP	EB	ES	EW	K	ET	
Kraków (1996)	740	12,9	29,1	26,7	3,5	5,4	5,4	5,6	1,03	90,2	Dobra
Rzeszów (1997)	165	11,8	28,4	16,1	1,1	5,6	1,1	3,2	1,07	72,0	Dobra/zadawalająca
Przemyśl (1997)	69	10,5	41,2	10,4	1,4	7,2	4,4	0,8	1,04	78,9	Zadawalająca
Krosno (2009)	48	11,9	6,9	10,9	0,3	7,2	15,4	9,1	1,25	66,1	Dobra

Ze względu na niedostępność danych pominięty został czynnik bezpieczeństwa osobistego. Ze względu na brak kompleksowych badań ruchu w Przemyślu, Rzeszowie i Krośnie dane dotyczące długości podróży i wskaźnika przesiadkowości oraz liczby odbywanych podróży komunikacją zbiorową zostały zgrubnie oszacowane.

Gdyby usytuować uzyskane wyniki czasu ET na rysunku 2, to łatwo zauważyć, że dla Krakowa wartość ET znajduje się na pograniczu oceny dobrej i zadawalającej, a dla Przemyśla – jeszcze w polu oceny zadawalającej, lecz już w pobliżu oceny niezadawalającej. W Krakowie rzeczywisty średni czas podróży komunikacją zbiorową szacuje się na około 36 min, co oznacza, że wynikowy globalny współczynnik uciążliwości wynosi  $90,2/36 = 2,5$ .

Zwraca uwagę bardzo duży udział w wartości wskaźnika – szczególnie dla Przemyśla – ekwiwalentnego czasu oczekiwania. Poza ekwiwalentnym czasem jazdy i czasem dojazdu wpływ pozostałych składników jest niewielki.

### Zakres zastosowań wskaźnika

Wskaźnik syntetyczny, „przeciętny ekwiwalentny czas podróży” już obecnie można rekomendować:

- jako syntetyczny element umowy pomiędzy gminą a przedsiębiorstwem komunikacji miejskiej o świadczenie usług przewozowych;
- do oceny skuteczności działania zarządu transportu miejskiego lub innego organu odpowiedzialnego za transport zbiorowy;
- do analizy wpływu zmian parametrów obsługi;
- do diagnozowania długofalowych zmian w poziomie obsługi, w tym monitoringu postulatów poprawy jej jakości zapisanego w politykach transportowych miast;

- do porównań miast między sobą w zakresie poziomu obsługi;
- do oceny efektywności działań zmierzających do poprawy poziomu obsługi pasażera.

Wskaźnik ten ma zastosowanie do całości sieci komunikacyjnej miasta, ewentualnie obszaru obejmującego także strefę podmiejską.

## Podsumowanie

Reasumując, wskaźnik „przeciętny ekwiwalentny czas podróży pasażera” ujmuje wpływy wyrażane przez wiele parametrów. Uwzględnia on zarówno zależności o charakterze fizycznym, jak i parametryzację subiektywnych ocen ważnych dla pasażera ze względu na warunki podróży. Wskaźnik odnosi się do całości sieci transportu zbiorowego miasta.

Z zaprezentowanych analiz wynika, że proponowany wskaźnik wpisuje się w cele Normy Europejskiej, jeśli chodzi o metodyczne podejście (w tym wielokryterialność) oraz realizowane cele i przeznaczenie wskaźnika.

Jeśli dodatkowe koszty, jakie ponosi przedsiębiorstwo (lub zarząd transportu) na poprawę jakości obsługi, wyrazić w nakładach czasu społecznego, to łatwo jest je porównać z efektem tych działań wyrażonym w redukcji ekwiwalentnego czasu traconego przez pasażera.

Wadą tego wskaźnika jest konieczność zebrania zestawionej wyżej dużej liczby danych różnego rodzaju, co może być trudne do uzyskania. Stąd rozważana jest możliwość uproszczenia postaci wskaźnika poprzez pominięcie niektórych wpływów. Szczególnie trudności dotyczą zebrania danych o wypadkowości komunikacyjnej (statystyki prowadzone przez przedsiębiorstwa na ogół nie wyodrębniają pasażera komunikacji zbiorowej spośród ofiar wypadków), a także zagrożenia osobistego podróżnych kradzieżami i rozbojami.

Wartości współczynników przyjmowanych arbitralnie mogą być wynikiem negocjacji pomiędzy zamawiającym usługę przewozową a wykonującym tę usługę.

Nowe elementy nieuwzględniane w pierwotnej metodzie to:

- rozkład jazdy przekazywany w czasie rzeczywistym,
- bieżąca informacja foniczna i wizualna o kolejnych przystankach,
- dostępność biletu za pomocą telefonu komórkowego,
- dostępność w Internecie rozkładu jazdy oraz planera podróży.

Zamierzona weryfikacja i uaktualnienie metody będzie uwzględniać przede wszystkim inne podejście do oszacowania czasu oczekiwania. W miastach średnich występują na ogół niskie częstotliwości kursowania, dlatego zamiast czasu oczekiwania wyliczonego z rzeczywistego rozkładu interwałów międzypojazdowych właściwszym podejściem będzie wyliczenie połowy interwału rozkładowego (jako ekwiwalent

ograniczonej dostępności czasowej) i dodanie do tego wydłużenia czasu oczekiwania spowodowanego brakiem punktualności kursowania. Ponadto weryfikacji wymagać będzie waloryzacja kosztów związanych z wypadkami, kradzieżami i rozbojami w komunikacji zbiorowej oraz zmiana oszacowania wpływu skarg pasażerów w sytuacji ich łatwiejszego przekazywania drogą elektroniczną. Specjalnego potraktowania wymaga sposób uwzględnienia w ocenie istnienia – jako innowacyjnego segmentu usługi – komunikacji autobusowej na żądanie.

Wskaźnik można uznać jako przydatny do stosowania w miastach średniej wielkości, jednakże z innym sposobem wyliczania ekwiwalentu czasu oczekiwania.

## Literatura

1. Bednarczyk K., *Koncepcja systemu kontroli wskaźników jakości komunikacji zbiorowej w Przemysłu* (praca dyplomowa), Politechnika Krakowska, 1998.
2. *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*. Komisja Europejska: Biała Księga. Bruksela, 28.03.2011.
3. *W kierunku nowej kultury mobilności w mieście*, Komisja Wspólnot Europejskich: Zielona Księga. Bruksela, 25.09.2007.
4. Konopka W., Solan Ł., *Analiza parametrów jakości usług oraz koncepcje przekształceń komunikacji zbiorowej w Krośnie* (praca dyplomowa), Politechnika Krakowska, 2011
5. Kwoka J., *Koncepcja systemu kontroli wskaźników jakości komunikacji w Rzeszowie* (praca dyplomowa), Politechnika Krakowska, 1998.
6. Liman T., *Valuing Transit Service Quality. Improvements*, Journal of Public Transportation, Vol. 11, No. 2, 2008.
7. „Transport – Logistyka i usługi – Publiczny transport pasażerski – Definicje, cele i pomiary dotyczące jakości usług”, Norma PN-EN-13816:2002 (U).
8. Popiela J., *Syntetyczna ocena jakości funkcjonowania komunikacji zbiorowej w Krakowie*, Praca końcowa na Studium Podyplomowym „Zarządzanie rozwojem i eksploatacją w miejskiej komunikacji zbiorowej”. Politechnika Krakowska, 1997.
9. Prioni P., Hensler D.A., *Measuring Service Quality in the Provision of Schedule Bus Services*, Journal of Public Transport, 2000.
10. QUATTRO – Project of EC. D2: Definition and evaluation of quality in UTP; D3: Tendering, contracting in UPT service; D4: Link between customer satisfaction and quality indices. 1997.
11. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Seria: Monografie, Nr 5. Wydawnictwo SITK Kraków, 1999.
12. Rudnicki A. z zespołem, *Kryteria i mierniki oceny miejskiej komunikacji zbiorowej*, Wyd. Izby Gospodarczej Komunikacji Miejskiej, Warszawa 1999.
13. Sambor A., *Ocena sprawności systemów transportu miejskiego*, Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej, 1980.
14. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, 2007.
15. Yatskiv I., Pticina I., *The urban public transport system quality indicator for European cities*. Proceedings of the 10th International Conference „Reliability and Statistics in Transportation and Communication”. Transport and Telecommunication Institute, Riga. 20–23 October 2010.