

mgr inż. Łukasz WOLNIEWICZ  
Szymon HAŁADYN<sup>1</sup>

## ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG NA PRZYKŁADZIE SIECI KOMUNIKACYJNEJ GMINY WROCLAW

**Słowa kluczowe:** rozkład jazdy, współczynnik wykorzystania czasu pracy załóg, publiczny transport zbiorowy, komunikacja miejska we Wrocławiu

### STRESZCZENIE

Artykuł dotyczy problematyki wyznaczenia racjonalnej wartości wskaźnika efektywności pracy załóg w komunikacji miejskiej (autobusowej i tramwajowej). Zinventaryzowano ograniczenia wartości owego współczynnika oraz zestawiono je z wartościami rzeczywistymi występującymi na sieci komunikacji zbiorowej Gminy Wrocław. Dostrzeżono różnice pomiędzy wartościami teoretycznymi i empirycznymi oraz dokonano analizy ich genezy. W pracy zamieszczono uwagi na temat sposobu zwiększenia wartości owego wskaźnika wykorzystania czasu pracy.

### 1. WSTĘP

Wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg (dalej również: wskaźnika efektywności) jest jedną z miar pozwalających na określenie racjonalności sporządzonego harmonogramu i stanowi istotną wskazówkę dla konstruktorów rozkładów jazdy. Osiągany poziom owego wskaźnika ma zasadniczy wpływ na rentowność przedsiębiorstwa i całej sieci komunikacji zbiorowej, bowiem wskazuje, jaka część pracy kierujących przeznaczona jest na jazdę, a co za tym idzie – pośrednio – także jaki jest poziom wykorzystania taboru. Utrzymanie sieci komunikacyjnej cechującej się zbyt niską wartością współczynnika efektywnego wykorzystania czasu pracy załóg jest nader kosztowne oraz nadwyręża budżet jednostek samorządu terytorialnego.

Organizator publicznego transportu zbiorowego (rozumiany w sposób określony w [1]), celem dostosowania oferty przewozowej do zapotrzebowania pasażerów, zmuszany jest wprowadzać częste zmiany w rozkładach jazdy, przeto wartość omawianego wskaźnika efektywności narażona jest na znaczne wahania i zmienia się dla poszczególnych typów i rodzajów dni wraz z każdą modyfikacją planu pracy sieci komunikacji zbiorowej.

---

<sup>1</sup> Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Urządzeń Hydraulicznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska

W dobie popularyzacji przeprowadzania przetargów na świadczenie usług z zakresu przewozów pasażerskich (w przypadku komunikacji miejskiej – zwłaszcza przewozów autobusowych) wiedza o możliwościach racjonalizacji wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg staje się narzędziem zwiększania konkurencyjności pomiędzy firmami transportowymi i pozwala na rozwój rynku przewoźników pasażerskich, zwłaszcza na obszarach miast i aglomeracji. Ponadto prowadzenie przez Organizację Narodów Zjednoczonych oraz Unię Europejską polityki zrównoważonego rozwoju, nastawionej na zmniejszanie negatywnych skutków działalności człowieka na środowisko naturalne oraz dążności do oszczędzania surowców i energii uzasadnia angażowanie możliwie najmniejszych zasobów do realizowania określonych zadań (w tym zadań przewozowych).

W procesie konstrukcji rozkładów jazdy nierzadko zdaje się na doświadczenie planistów, nie zaś na analizy i symulacje, stąd uzasadnioną wydaje się opinia, jakoby w transporcie zbiorowym istniał aktualny problem wyznaczenia racjonalnych wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy kierujących. Ten winien być wypadkową mierzalnych czynników i powinien przyczynić się do wzrostu rentowności całej sieci komunikacyjnej (czyli przede wszystkim ograniczenia liczby brygad) i rozszerzenia oferty publicznego transportu zbiorowego (bowiem przy zaangażowaniu mniejszej liczby pracowników możliwe staje się wykonanie większej pracy przewozowej liczonej wozokilometrami).

Wyznaczenie wpływu różnych czynników na wartość wskaźnika efektywności pozwala na dokonanie próby określenia not racjonalnych przedmiotowego współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg oraz zestawienie uzyskanych wyników z wartościami cechującymi sieć komunikacyjną (tramwajową i autobusową) Gminy Wrocław.

Należy mieć na względzie fakt, iż współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg nie należy rozpatrywać jako jedyne parametru opisującego racjonalność sporządzonych rozkładów jazdy, bowiem dążność do bezkrytycznego zwiększenia wartości w/w wskaźnika wpływać będzie negatywnie na noty w innych obszarach oceny, tj. skutkować może np. koniecznością zatrudnienia większej liczby kierujących (celem zapewnienia krótkich służb, niedeterminujących uwzględniania przerw określonych Ustawą o czasie pracy kierowców [2]), albo też eliminowaniem postojów pośrednich na trasach, co z kolei byłoby sprzeczne z postanowieniami postulatu dostępności do komunikacji zbiorowej.

## 2. WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

Współczynnik wykorzystania czasu pracy załóg, zwany także krócej wskaźnikiem efektywności, określa, jaka część pracy kierujących pojazdami jest przeznaczana na prowadzenie pojazdu. Współczynnik ów jest zatem miarą udziału czasu pracy efektywnej w całkowitym czasie pracy. Obliczyć go można dla obiegu (obrotu), służby, brygady, linii, grupy linii lub całej sieci przy wykorzystaniu wzoru (1) [3].

$$w_e = \frac{t_h}{t_e} = \frac{v_e}{v_h} [-] \quad (1)$$

gdzie:

$t_e$  – czas eksploatacyjny [h], do którego wlicza się czasy: przejazdów między przystankami, zatrzymań na przystankach pośrednich, postojów na dworcach i postojów (oraz przejazdów technicznych) na pętłach,

$t_h$  – czas handlowy [h], na który składają się: czas przejazdu między przystankami i czasy zatrzymań na przystankach pośrednich,

$v_e$  – prędkość eksploatacyjna  $\left[\frac{km}{h}\right]$ ,

$v_h$  – prędkość handlowa (zwana także prędkością komunikacyjną  $v_k$ )  $\left[\frac{km}{h}\right]$ .

## 2.1. CZYNNIKI DETERMINUJĄCE WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

Ze wzoru (1) wprost wynika, że wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg  $w_e$  w komunikacji zbiorowej musi zawierać się w zakresie  $0 \div 1$ , jednak osiągnięcie jedności jest w praktyce trudne, nierzadko zaś niemożliwe. Wpływ na to mają zaszeregowane do pięciu kategorii czynniki (symbolami \* oznaczono te, które w warunkach wrocławskich w największym stopniu determinują wartość w/w wskaźnika):

- w kategorii czynników związanych z założeniami planu pracy:
  - liczba brygad przewidziana do realizacji rozkładu\*,
  - stosowanie tzw. przebieganek,
  - zapewnienie przerw wynikających z Ustawy o czasie pracy kierowców\*,
  - zmiana kierowcy na trasie spowodowana urażeniem brygady kilkuosobowej,
- w kategorii czynników determinowanych przez zakłócenia:
  - awarie pojazdów,
  - krótkotrwałe objazdy, nieuwzględniane w rozkładzie jazdy,
  - niewłaściwa technika jazdy kierującego,
  - obsługa pasażerów przez kierującego (przykładowo sprzedaż biletów, odpowiadanie na pytania o trasę lub możliwości przesiadki),
  - opóźnienia wynikłe z sytuacji ruchowej, tj. przede wszystkim kongestii\*,
  - pomylenie trasy linii przez kierującego,
  - realizowanie kursów w brygadach przewidzianych do obsługi nowym taborem przez pojazdy starszego typu, o gorszych parametrach i charakterystykach (np. autobusami z manualną skrzynią biegów lub tramwajami o dłuższej drodze rozruchu i hamowania),
  - warunki atmosferyczne (oblodzenie, a w przypadku tramwajów dodatkowo liście na torach, lekkie opady deszczu),
- w kategorii czynników wynikających z potrzeb przewozowych i dostosowaniem doń rozkładu jazdy:

- cykliczność kursowania (celem zachowania taktu konieczne jest wydłużenie czasu postoju na pętlach)\*,
  - czas przejazdu pomiędzy przystankiem początkowym i końcowym (wynikający z prędkości technicznej i drogi)\*,
  - czas wymiany pasażerskiej\*,
  - dostosowanie czasów przejazdu do różnej pory dnia (do obsługi linii o stałym takcie kursowania może okazać się konieczne delegowanie w szczytach komunikacyjnych dodatkowej brygady)\*,
  - istnienie w pobliżu pętli generatorów ruchu impulsowego (np. znacznych zakładów pracy funkcjonujących w cyklu zmianowym) – długi czas pomiędzy opuszczeniem pojazdu przez podróżnych, a wejściem do pojazdu pasażerów, którzy skończyli pracę,
  - konieczność różnicowania pojemności taboru przeznaczanego do obsługi kursu,
- w kategorii czynników wynikających z obsługi technicznej:
- czas potrzebny do przygotowania pojazdu do realizowanego kursu (np. wymiana tablic relacyjnych, pobieżne sprawdzenie stanu pojazdu)\*,
  - czas wynikający z realizowania przejazdów technicznych (po pętlach, a także kursów dojazdowych i zjazdowych oraz przejazdów między pętlami przy zmianie obsługiwanej linii – w przypadku, gdy kursy nie są ogólnodostępne)\*,
  - czynności wykonywane przez ekipy szybkiego reagowania (np. doraźne sprzątanie na pętlach),
  - konieczność doładowania baterii (w przypadku pojazdów akumulatorowych, szczególnie autobusów),
  - konieczność zmiany kabiny przez kierującego przy zmianie czoła (w przypadku pojazdów dwustronnych/dwukierunkowych na krańcówkach)\*,
  - uzupełnienie karty pracy (drogowej)\*,
- w kategorii czynników, których przyczyn należy doszukiwać się w infrastrukturze:
- awarie infrastruktury,
  - ograniczenia przepustowości wynikające z niewydolności infrastruktury (zwłaszcza w komunikacji tramwajowej – układ torowy i rodzaj pętli, niezachowanie skrajni, występowanie odcinków jednotorowych na trasie przejazdu)\*,
  - postoje na trasie wynikające z konieczności ręcznego przestawiania położenia iglic rozjazdowych,
  - system sterowania ruchem nie nadający priorytetów pojazdom komunikacji zbiorowej.

Wpływ wyżej wymienionych czynników na wartość wskaźnika  $w_e$  określa się intuicyjnie, zdając się na doświadczenie konstruktorskie. w dalszej części niniejszego artykułu podejmuje się próbę wyznaczenia rzeczywistego oddziaływania najistotniejszych z powyższych determinant, wpływając na rozwój wiedzy

konstruktorskiej, a co za tym idzie - racjonalizację wartości wskaźnika  $w_e$  dla sieci komunikacji tramwajowej i autobusowej.

## 2.2. WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

Parametry wymienione w punkcie 2.1 niniejszego artykułu w różnym stopniu wpływają na wartość wskaźnika efektywności. o ile część z nich jest trudna do przewidzenia (awarie, opóźnienia, obsługa podróżnych, technika jazdy itp.), o tyle niektóre są wyznaczalne na podstawie obliczeń i wzorów matematyczno-fizycznych (ograniczenia determinowane Ustawą o czasie pracy kierowców [2], interwał kursowania, liczba brygad itp.).

Artykuł 31b. ust. 1 Ustawy o czasie pracy kierowców określa minimalny czas przerw kierowców wykonujących przewozy regularne, których trasa nie przekracza 50 km. Na podstawie analizy w/w przepisów uzyskano wartość maksymalną współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg w zależności od czasu prowadzenia pojazdu przez kierowcę. Wyniki zestawiono w poniższej Tabelicy 1. Mieć należy na względzie, iż przewozy takie nie podlegają postanowieniom Rozporządzenia WE nr 561/2006.

**Tab. 1.** Maksymalne wartości wskaźnika efektywności determinowane postanowieniami przepisów zawartych w [2]

**Tab. 1.** Maximum values of efficiency index is determined by the [2]

<b>Dzienny czas prowadzenia pojazdu</b>	<b>Maksymalna wartość <math>w_e</math> [-]</b>
poniżej 6 godzin	1
nad 6 poniżej 8 godzin	0,938
nad 8 poniżej 10 godzin	0,925

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]*

*Source: own elaboration based on [2]*

Dla dziennego czasu prowadzenia pojazdu nieprzekraczającego 6 godzin kierującemu nie przysługuje ustawowa przerwa. Gdy czas jazdy zawiera się w przedziale od 6 do 8 godzin, należy mu się przerwa 30 minut (może być ona podzielona na okresy krótsze, pod warunkiem że jedna z owych przerw trwać będzie przynajmniej 15 minut). Jeśli czas przeznaczony na kierowanie pojazdem mieści się w przedziale od 8 do 10 godzin, prowadzącemu przysługuje 45 minut przerwy. Podobnie jak w przypadku czasu jazdy od 6 do 8 godzin – przerwa ta może być podzielona według wcześniej przytoczonej zasady. Należy mieć na względzie fakt, iż w czasie trwania przerwy kierowca nie jest do dyspozycji pracodawcy, przeto nie może wykonywać obowiązków służbowych (tj. szczególnie uzupełnianie karty drogowej, zmiana tablic kierunkowych, zmiana kabiny w przypadku pojazdów dwustronnych/dwukierunkowych itp.).

Także interwał kursowania ma niebagatelny wpływ na ograniczenie maksymalnej wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg. Dążność do zachowania stałych końcówek minutowych (postulat zapewnienia cykliczności rozkładu jazdy) wymusza wydłużanie postojów na przystankach końcowych, a tym samym obniżenie wartości omawianego wskaźnika.

Stabelaryzowano wartość odsetka prędkości komunikacyjnej i eksploatacyjnej w zależności od interwału kursowania linii komunikacyjnej i czasu trwania kursu (należy mieć przy tym na względzie fakt, iż – w pewnym uproszczeniu – czas trwania kursu jest proporcjonalny do długości linii komunikacyjnej) przy założeniu możliwie najniższej liczby brygad. Wyniki przedstawiono w poniższych Tablicach 2 i 3. Teoretyczna wartość wskaźnika dla typowych częstości kursowania różni się diametralnie w zależności od czasu trwania przejazdu pomiędzy przystankiem początkowym i końcowym. Dla wysokiej częstości kursowania wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg co do zasady nie zależy od czasu trwania kursu (a co za tym idzie – także długości linii komunikacyjnej). Niemniej jednak, wraz ze zwiększeniem interwału, wartość przedmiotowego wskaźnika może przyjąć niskie wskazy. Na przykład dla interwału 60 - minutowego i czasu trwania kursu na poziomie 12 minut, omawiany wskaźnik osiąga notę 0,4. w przypadku konstruowania rozkładu jazdy pojedynczej linii nie jest możliwe zwiększenie owej wartości. Dopiero rozpatrywanie całej sieci komunikacyjnej umożliwia skorygowanie wskaźnika, będącego przedmiotem niniejszego artykułu poprzez np. wprowadzenie obsługi kilku linii komunikacyjnych przez jedną brygadę. Wprawny konstruktor rozkładów jazdy w komunikacji miejskiej winien unikać planowania sieci komunikacyjnej w sposób, który nie pozwoli efektywnie wykorzystywać pracy prowadzącego (poprzez zakładanie czasów postojów determinowanych cezurą interwałową wiele dłuższych od czasów przejazdów). Służą ku temu – obok stosowania wspomnianych wcześniej tzw. „przebieganek” – następujące narzędzia:

- wydłużanie lub skracanie trasy linii (manipulowanie czasem przejazdu między przystankiem początkowym a końcowym) przy zachowaniu określonego interwału,
- zachowanie zakładanej długości linii komunikacyjnej (zatem nieingerowanie w czas trwania przejazdu) przy zastosowaniu częstości kursowania umożliwiającej uzyskanie większych wartości wskaźnika  $w_e$ .

**Tab. 3.** Teoretyczne, maksymalne wartości wskaźnika efektywności w zależności od interwału i czasu przejazdu między przystankiem początkowym a końcowym (interwał 12-, 15-, 20-, 30-, 40-, 60-minutowy)

**Tab. 3.** Theoretical maximum values of efficiency index which depending on the interval and transit time between first and last stops (interval 12, 15, 20, 30, 40, 60 min.)

		Interwał [min]					
		12	15	20	30	40	60
Czas trwania kursu [min]	10	,833	,667	1,000	,667	,500	,333
	12	1,000	,800	,600	,800	,600	,400
	14	,778	,933	,700	,933	,700	,467
	16	,889	,711	,800	,533	,800	,533
	18	1,000	,800	,900	,600	,900	,600
	20	,833	,889	1,000	,667	1,000	,667
	22	,917	,978	,733	,733	,550	,733
	24	1,000	,800	,800	,800	,600	,800
	26	,867	,867	,867	,867	,650	,867
	28	,933	,933	,933	,933	,700	,933
	30	1,000	1,000	1,000	1,000	,750	1,000
	32	,889	,853	,800	,711	,800	,533
	34	,944	,907	,850	,756	,850	,567
	36	1,000	,960	,900	,800	,900	,600
	38	,905	,844	,950	,844	,950	,633
	40	,952	,889	1,000	,889	1,000	,667
	42	1,000	,933	,840	,933	,700	,700
	44	,917	,978	,880	,978	,733	,733
	46	,958	,876	,920	,767	,767	,767
	48	1,000	,914	,960	,800	,800	,800
50	,926	,952	1,000	,833	,833	,833	
52	,963	,990	,867	,867	,867	,867	
54	1,000	,900	,900	,900	,900	,900	
56	,933	,933	,933	,933	,933	,933	
58	,967	,967	,967	,967	,967	,967	
60	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Liczbę brygad przewidzianych do realizacji rozkładu jazdy wyznacza się ze wzoru:

$$\lambda \geq \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^n t_{k_i} + t_{s_i}}{\tau} \right\rceil [-] \quad (2)$$

gdzie:

$\lambda$  – liczba brygad [-],

$t_k$  – komunikacyjny czas przejazdu pomiędzy pętlami [min],

$t_s$  – czas wykonywania czynności służbowych przed kursem [min],

$i$  – liczba realizowanych kursów w obiegu [-],

$\tau$  – interwał [min].

Poprawnie skonstruowany rozkład jazdy przewiduje zaangażowanie możliwie najmniejszej liczby brygad do realizacji zadań przewozowych, zatem prawdą jest, że:

$$\left\lceil \frac{\sum_{i=1}^n t_{k_i} + t_{s_i}}{\tau} \right\rceil - \frac{\sum_{i=1}^n t_{k_i} + t_{s_i}}{\tau} \rightarrow \min \quad (3)$$

Przy zachowaniu warunków określonych wzorami (2) i (3) możliwe jest uzyskanie najwyższej możliwej wartości wskaźnika efektywności  $w_e$  determinowanej liczbą brygad. w przypadku, gdy wynikiem obliczeń wykonanych z wykorzystaniem wzoru (3) jest liczba większa lub równa jedności, istnieje możliwość podniesienia wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg poprzez zmniejszenie liczby brygad.

Wypadkowa, możliwa do osiągnięcia wartość współczynnika  $w_e$  jest iloczynem wyznaczonych w podany powyżej sposób wartości cząstkowych.

### 3. ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG W WARUNKACH WROCŁAWSKICH

W poprzednim rozdziale wyznaczono teoretyczne maksymalne wartości wskaźnika efektywności, uwzględniające najważniejsze wyznaczalne obostrzenia. w praktyce jednak uwzględnić należy także inne czynniki. Analiza podziału zadań przewozowych we wrocławskiej sieci komunikacyjnej (w przypadku komunikacji autobusowej i tramwajowej) wskazuje na to, jak w warunkach rzeczywistych kształtuje się wartość owego odsetka i jak zmienia się ona w zależności od założonych parametrów obsługi komunikacyjnej Gminy Wrocław.

#### 3.1. WPŁYW DŁUGOŚCI KURSU NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

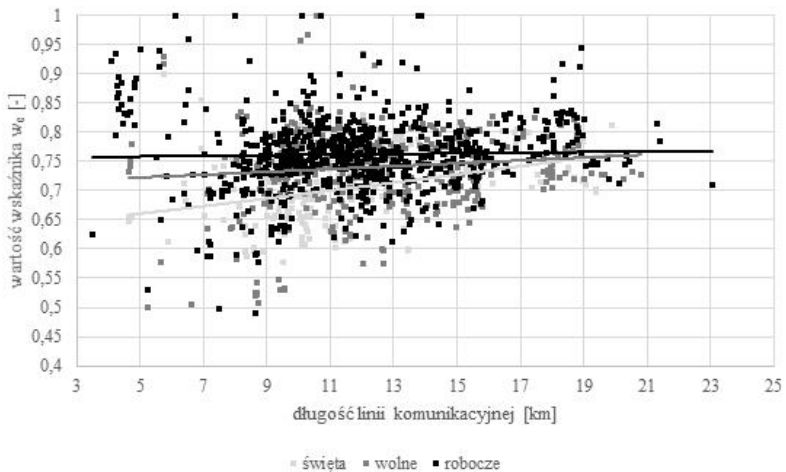
Wrocławska sieć komunikacyjna charakteryzuje się zróżnicowaniem długości linii komunikacyjnych. Występują kursy stosunkowo krótkie, np. na linii 140 relacji Kwiska – Ślázowa, ale i długie np. relacja podstawowa linii nr 20 (Leśnica – Oporów), tudzież wariant linii 119 relacji Sołtysowice – Błacharska przez Poczczę Polską.

Dla linii krótkich wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg w zależności od rodzaju dnia (dni robocze, wolne i świąteczne) jest zróżnicowany i waha



się średnio od 0,66 do 0,76. Wraz ze wzrostem długości trasy wartość wskaźnika dla wszystkich typów dni wyrównuje się na poziomie 0,77. Niezależnie od długości linii kierujący musi mieć zapewniony postój na pętli (konieczność wyrównania zakłóceń wywołanych kongestią, zmiana kabiny, zmiana tablic kierunkowych, wypełnienie karty pracy). Czas potrzebny na wykonanie wyżej wymienionych czynności służbowych jest stały niezależnie od długości kursu, przeto procentowy udział czasu wymaganego do wypełnienia owych obowiązków w czasie pracy zmniejsza się wraz ze wzrostem czasu przeznaczanego na kierowanie pojazdem. Obrazuje to poniższy wykres (Rysunek 1). Względem dnia wolnego i świątecznego inna (niska) dynamika wzrostu wartości wskaźnika efektywności w dniu roboczym wraz z wydłużaniem kursu świadczy o konieczności uwzględniania przez konstruktorów dodatkowych rezerw wyrównawczych w dni powszednie, przeto warianty o długiej trasie przebiegu, w okresach o większej intensywności ruchu ulicznego i przy występującym zjawisku kongestii bardziej narażone są na wpływ zakłóceń na realizowanie zaplanowanego rozkładu jazdy.

Krzywe regresji na Rysunkach 1, 2 i 3 zostały wyznaczone w oparciu o najwyższe wartości współczynnika korelacji  $R^2$ . Pozwalają one na dalsze analizy zmian współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg w zależności od typu dnia. Obrazują one tendencję zmian wartości wskaźnika efektywności w funkcji długości linii komunikacyjnej i czasu trwania kursu oraz – w części 3.2 niniejszej pracy – czasu pracy brygady.



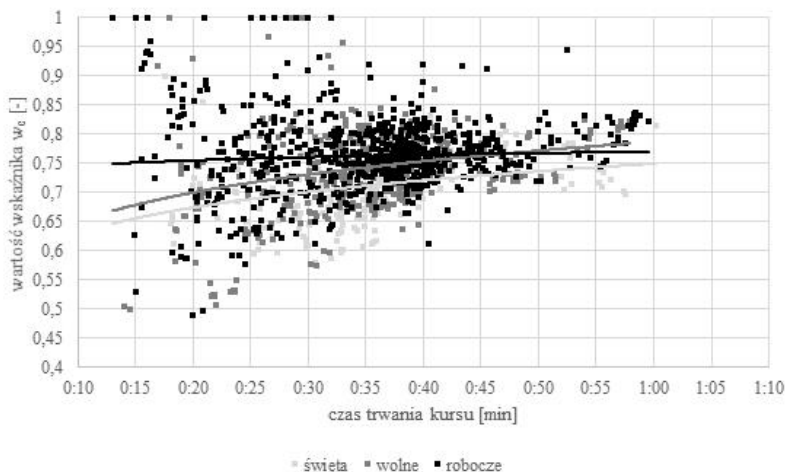
**Rys. 1.** Wartości wskaźnika efektywności w funkcji długości linii komunikacyjnej dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

**Fig. 1.** Values of efficiency index for line length of public transport system in Wrocław commune

*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

Do zbieżnych wniosków doprowadza także analiza wpływu średniego czasu trwania kursu na wartość wskaźnika efektywności, co zobrazowano graficznie na Rysunku 2.



**Rys. 2.** Wartości wskaźnika efektywności w funkcji długości trwania kursu dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

**Fig. 2.** Values of efficiency index for course length of public transport system in Wrocław commune

*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

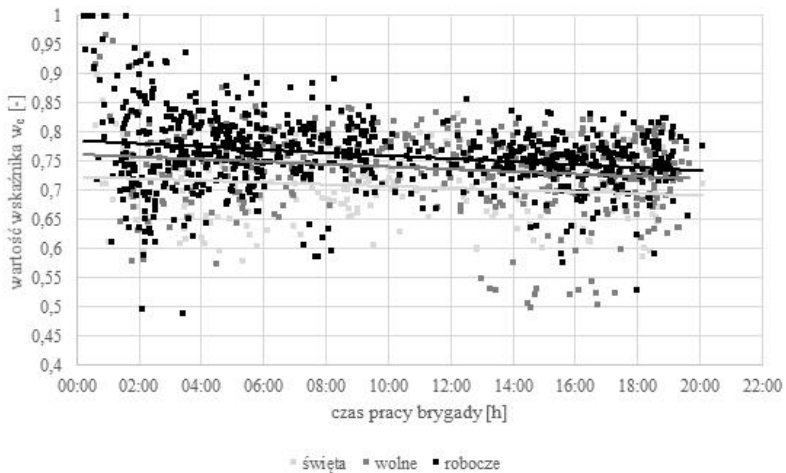
### 3.2. WPLYW CZASU PRACY BRYGADY NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

Wskaźnik efektywności czasu pracy brygady jest ściśle uzależniony od postanowień Ustawy o czasie pracy kierowców. Wraz ze wzrostem czasu trwania służby wartość wskaźnika  $w_e$  w warunkach wrocławskich nieznacznie maleje, a rozbieżność uzyskanych wartości zmniejsza się. Obrazuje to w sposób graficzny wykres (Rysunek 3). Dla części brygad krótkich osiąga się w warunkach wrocławskich jedność, bowiem w/w przepisy nie determinują konieczności uwzględnienia w czasie pracy przerwy, gdy okres prowadzenia pojazdu jest krótszy od 6 godzin. Dla brygad bardzo krótkich nie przewiduje się występowania zakłóceń prowadzących do nawarstwiania się opóźnień (opóźnienia wtórne), a co za tym idzie – konieczności ich niwelowania.

Niebagatelny wpływ na znaczną rozbieżność wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg dla brygad krótkich i bardzo krótkich ma charakter tychże brygad. Wprowadza się je w krótkich okresach zwiększonego popytu na usługi transportowe (np.

kursach dedykowanych oraz szczytach komunikacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem śródszczytu, a więc trwającego raptem kilkadziesiąt minut okresu w porannym szczycie komunikacyjnym i charakteryzującym się występowaniem największych potoków pasażerskich), mają zatem charakter doraźny, ten zaś determinuje brak możliwości znormalizowania wartości wskaźnika  $w_e$ .

Zauważyć należy nadto, iż – zwłaszcza w dni robocze – niewiele jest brygad o czasie pracy wynoszącym 10 ÷ 12 godzin. Przyczyny takiego stanu rzeczy należy doszukiwać się w ustawowym [2] ograniczeniu maksymalnej długości czasu kierowania pojazdem przez jednego kierowcę do 10 godzin. Wprowadzanie dwuosobowej brygady o sumarycznym czasie jazdy wynoszącym około 12 godzin jest z kolei nieuzasadnione ekonomicznie.



**Rys. 3.** Wartości wskaźnika efektywności w funkcji czasu pracy brygady dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

**Fig. 3.** Values of efficiency index for crew work time of public transport system in Wrocław commune

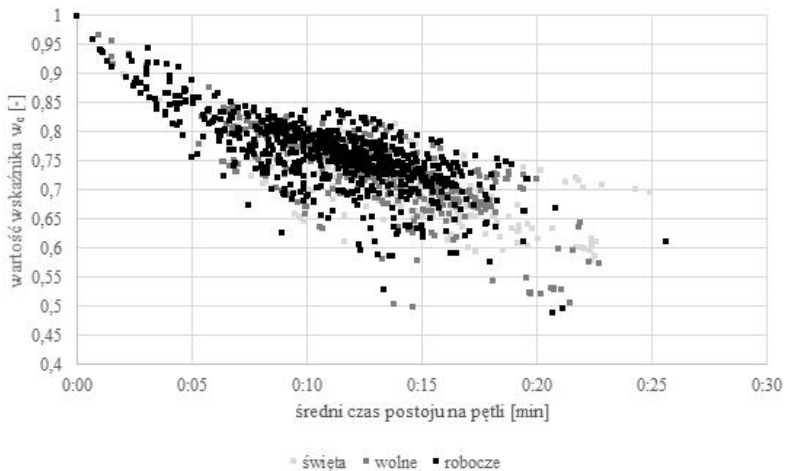
*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

### 3.3. WPLYW CZASU POSTOJU NA PĘTLI NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA EFEKTYWNOŚCI

Wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg jest wprost proporcjonalna do czasu komunikacyjnego i odwrotnie proporcjonalna do czasu eksploatacyjnego, na który składa się czas komunikacyjny i czas postoju. Wraz ze wzrostem długości czasu oczekiwania na odjazd z przystanku początkowego, wartość współczynnika maleje (gdyż

rośnie wartość mianownika we wzorze (1)). w przypadku dni wolnych, na liniach, na których interwał kursowania jest jednakowy w ciągu tygodnia, zachodzi konieczność wydłużenia postoju na pętli celem zachowania taktu – niweluje się w ten sposób skrócenie czasu przejazdu między przystankiem początkowym i końcowym.

Poniższy wykres (Rysunek 4) obrazuje wpływ czasu postoju na pętli na wartość współczynnika efektywności.



**Rys. 4.** Wartości wskaźnika efektywności w funkcji średniego czasu postoju na pętli dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

**Fig. 4.** Values of efficiency index for average time of layover in the terminus of public transport system in Wrocław commune

*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

Występują we Wrocławiu linie komunikacyjne o niskiej częstotliwości kursowania, nienarażone na wpływ zakłóceń ruchowych i obsługujące niewielkie potoki pasażerskie. w takich przypadkach – mając na uwadze koszty generowane przez pojazd będący w ruchu (m.in. zużycie paliwa, opon i płynów eksploatacyjnych) bardziej zasadnym ekonomicznie okazuje się niekiedy wydłużenie postoju – zamiast zwiększania częstotliwości.

#### 3.4. WPŁYW CZĘSTOŚCI KURSOWANIA LINII KOMUNIKACYJNYCH NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG

Częstość kursowania linii komunikacyjnych oznacza średnią wartość odstępów między kolejnymi kursami wyrażoną w minutach, a częstotliwość liczbę kursów na godzinę [3]. Zauważalnym jest, iż przeważnie – wraz ze zmniejszaniem częstotliwości kursowania –

trudniej osiąga się wysokie wartości wskaźnika efektywności (p. tabl. 2 i 3). Taka prawidłowość dotyczy także sieci komunikacji tramwajowej i autobusowej Wrocławia. Celem wykonania analizy wyróżniono pięć grup linii komunikacyjnych (skategoryzowanych w zależności od częstotliwości kursowania w dni robocze) i wyznaczono wartości średnie współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg dla rozkładu roboczego. Otrzymane wyniki zestawiono poniżej (Tablica 4) w formie tabelarycznej.

**Tab. 4.** Wartość wskaźnika efektywności dla różnych grup linii komunikacyjnych w dni robocze dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

**Tab. 4.** Values of efficiency index for different groups of public transport lines on working days for public transport system in Wrocław commune

Grupa linii	Częstotliwość kursowania		$w_e$
	w szczycie	w międzyszczytcie	
I	min. 4 kursy/godz.		0,765
II	min. 3 kursy/godz.	min. 2 kursy/godz.	0,748
III	min. 2 kursy/godz.		0,729
IV	min. 1 kurs/godz.		0,677

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

W poniższej tabelicy zostały skalkulowane średnie wartości współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg w zależności od typu dnia dla wrocławskiej sieci komunikacji publicznej. Niższe noty wskaźnika  $w_e$  uzyskane dla dni świątecznych są zdeterminowane stosunkowo niewielką częstością kursowania (tramwaje co 30 min, a linie autobusowe w takcie rozrzedzonym, część linii niekursująca). Konstruktorzy rozkładów jazdy w takich sytuacjach, dla zwiększenia wartości wskaźnika efektywności, stosują tzw. „przebieranki” pomiędzy liniami komunikacyjnymi. w przypadku, gdy autobusy i tramwaje odjeżdżają z przystanków częściej, możliwe jest osiągnięcie wyższej wartości wskaźnika, bowiem czasy postoju na pętli są krótsze. Udowodniono to w Tabelicy 5.

Tab. 5. Uśredniona wartość wskaźnika efektywności dla sieci komunikacyjnej Gminy Wrocław

Tab. 5. Average values of efficiency index for public transport system in Wrocław commune

Typ dnia	Wartość uśredniona wskaźnika $w_e$
Dzień roboczy	0,765
Dzień wolny	0,744
Dzień świąteczny	0,711

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [4] i [5]*

*Source: own elaboration based on [4] and [5]*

#### 4. ANALIZA PORÓWNAWCZA WARTOŚCI TEORETYCZNYCH WSPÓŁCZYNNIKA WYKORZYSTANIA CZASU PRACY ZAŁÓG I WARTOŚCI RZECZYWISTYCH

Wartości wyznaczone teoretycznie są zawyżone ze względu na brak możliwości uwzględnienia czynników niemierzalnych lub trudnomierzalnych i indywidualnych dla każdej sieci transportowej. Uzyskane wartości teoretyczne należy urzeczywistnić poprzez zastosowanie pewnego współczynnika korygującego, który będzie zabezpieczać wykonywalność rozkładu jazdy. Istnieje bowiem wiele czynników mających niebagatelny wpływ, niemniej jednak nie jest on określony prawidłami matematycznymi, fizycznymi i prawodawstwem lub dotychczas nie podejmowano się próby oszacowania jego wymiaru. Do owych czynników należą przede wszystkim: zakłócenia na sieci komunikacyjnej i obowiązki służbowe konieczne do wykonania na pętach (wymagające szczegółowych badań chronometrażowych tak popularnych na kolei). Czynniki te wpływają w różny sposób w zależności od sieci komunikacyjnej. Nie można zatem poprawnie skonstruować rozkładu jazdy wyłącznie w oparciu minima podane w części 2.2 niniejszego artykułu.

Doświadczenie wrocławskie wskazuje, że globalna, racjonalna wartość wskaźnika efektywności  $w_e$  dla komunikacji autobusowej i tramwajowej winna oscylować wokół noty 0,75 i zwiększać się wraz ze zwiększaniem częstotliwości kursowania.

Podjęta w części 2.2 niniejszej pracy próba oszacowania maksymalnych wartości teoretycznie możliwych do uzyskania, skorygowana o 5% (celem uwzględnienia konieczności wyrównania opóźnień i wykonywania przez kierujących pojazdem innych czynności służbowych) po zestawieniu z globalnym wskazem współczynnika  $w_e$  dla sieci wrocławskiej ujawnia, iż istnieje możliwość zwiększenia wartości ilorazu czasu komunikacyjnego i eksploatacyjnego (do poziomu 0,8), a co za tym idzie - przyczynienia się do rozwoju oferty przewozowej bez zwiększania liczby: wozogodzin, pracowników i pojazdów.

## 5. PODSUMOWANIE

Autorzy niniejszej publikacji pochylili się nad problematyką wpływu czynników determinujących wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg na konstruowanie rozkładu jazdy. Wykazali, iż największy wpływ na ograniczanie wartości w/w wskaźnika mają:

- ustalony takt kursowania na linii,
- postanowienia Ustawy o czasie pracy kierowców,
- długość linii komunikacyjnych i czas przejazdu między pętlami,
- obowiązki służbowe spoczywające na kierującym (oprócz jazdy),
- konieczne rezerwy czasowe służące zniwelowaniu negatywnych skutków zakłóceń ruchu (przede wszystkim kongestii).

Autorzy wskazali, iż najwyższe wartości wskaźnika uzyskuje się w dni robocze, gdy zaplanowana praca przewozowa – podobnie jak założona częstość realizowania kursów – jest największa. Wraz ze zmniejszeniem liczby wozokilometrów przewidzianych do realizacji w danym typie dnia, uzyskanie wartości racjonalnych staje się trudniejsze. Jest to spowodowane w dużej mierze zmniejszoną częstością kursowania, co utrudnia optymalny dobór liczby brygad i zmusza – celem zachowania taktu – do wydłużania postojów na pętlach. Konstruktorzy nieustannie podejmują działania mające na celu zwiększenie wartości owego współczynnika na przykład poprzez zaplanowanie obsługi kilku linii przez jeden pojazd.

Autorzy wskazali, iż zwiększanie długości linii komunikacyjnych – mimo że sprawia, iż linie są bardziej podatne na zakłócenia – zwiększa możliwość do uzyskania wartości wskaźnika efektywności, bowiem długość kursu nie wpływa na wymiar niezbędnego czasu do wypełnienia obowiązków służbowych podczas postoju na pętli.

Porównując maksymalne, możliwe do osiągnięcia wartości teoretyczne współczynnika wykorzystania czasu pracy załóg z jego wartościami uzyskiwanymi praktycznie na sieci komunikacji tramwajowej i autobusowej Wrocławia autorzy udowodnili, iż nie jest możliwe konstruowanie rozkładów jazdy wyłącznie w oparciu o ograniczenia wynikające z przepisów prawa i rachunków matematycznych. Wskazują, iż konieczne jest uwzględnianie rezerw czasowych, niwelujących ewentualne skutki zakłóceń, zwłaszcza wynikających ze zjawiska kongestii. Zaznaczają przy tym, że istnieje możliwość podwyższenia globalnej wartości współczynnika  $w_e$  dla komunikacji miejskiej Wrocławia.

## LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. 2011 nr 5 poz. 13), Warszawa 2010
- [2] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców (Dz.U. 2004 Nr 92 poz. 879), Warszawa 2004
- [3] Madej B., Pruciak K., Madej R., Publiczny transport miejski. Zasady tworzenia rozkładów jazdy, wyd. Akademia Transportu i Przedsiębiorczości sp. z o.o., Warszawa 2015
- [4] <https://www.wroclaw.pl/rozklady-jazdy>, dostęp 24.10.2017
- [5] Aplikacja iMPK (systemy operacyjne: Amdroid i iOS), dostęp 17.10.2017

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY INDEX ON THE EXAMPLE OF PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN WROCLAW COMMUNE**

**Keywords:** timetable, efficiency index, optimization, public transport, public transport system in Wroclaw

## ABSTRACT

In our project we solve the problem of determining the optimal value of the efficiency index. The limits of this coefficient value were checked and compared with actual values found on the public transport system in Wroclaw commune. Authors see the differences between theoretical and empirical values, they analyze their genesis and provide guidance for constructing the timetable