

Aleksander SOBOTA, Grzegorz KAROŃ

BADANIE PRZEPUSTOWOŚCI SKRZYŻOWANIA W WARUNACH TYMCZASOWEJ ORGANIZACJI RUCHU

Streszczenie. Artykuł zawiera prezentację wyników badań przepustowości skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, na którym wprowadzono tymczasową organizację ruchu. Sprawdzono także wpływ zmian w organizacji ruchu – wprowadzonych na czas robót – na przepustowość skrzyżowania.

THE ANALYSIS OF CAPACITY IN CASE OF TEMPORARY TRAFFIC ORGANIZATION

Summary. In the article have been presented the results of traffic capacity measure on signalized intersection. The influence of temporary traffic organization on capacity have been also examined.

1. WPROWADZENIE

Badania przepustowości skrzyżowań stanowią od wielu lat jedno z najważniejszych zadań inżynierii ruchu drogowego. Mają one długą historię, a za ich prekursora można uznać B. Greenshieldsa, który już w 1934 roku opublikował wyniki badań średnich odstępów czasu w punkcie wjazdowym skrzyżowania sterowanego [5]. W polskich wytycznych projektowania skrzyżowań drogowych [11, 12] podano, że przepustowość jest pojęciem umownym. Przyjmuje się, że rzeczywista przepustowość skrzyżowania odpowiada sumie natężeń na wlotach, w sytuacji gdy przy wzroście natężeń ruchu – z zachowaniem proporcji natężeń ruchu i struktury kierunkowej na poszczególnych wlotach – na jednym z wlotów (wlocie krytycznym¹) wyczerpała się przepustowość. Podobnie, według polskiej metody obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną [13], przepustowość rzeczywista skrzyżowania stanowi sumę natężeń ruchu w poszczególnych obliczeniowych grupach pasów ruchu na wszystkich wlotach, w stanie gdy w jednej z grup natężenie osiągnęło wartość przepustowości. Jest to również wartość wyznaczona na podstawie przepustowości krytycznej obliczeniowej grupy pasów, wybranej spośród grup pasów na wszystkich wlotach. Nazywana jest także przepustowością sprowadzoną skrzyżowania.

W przeprowadzonych badaniach przepustowość skrzyżowania wykorzystano jako podstawową miarę oceny jakości ruchu przy tymczasowej organizacji ruchu.

¹ Wlot krytyczny jest to wlot skrzyżowania, na którym panują najgorsze warunki ruchu (największe straty czasu pojazdów lub najmniejsza rezerwa przepustowości) [11, 12].

2. POLIGON BADAWCZY

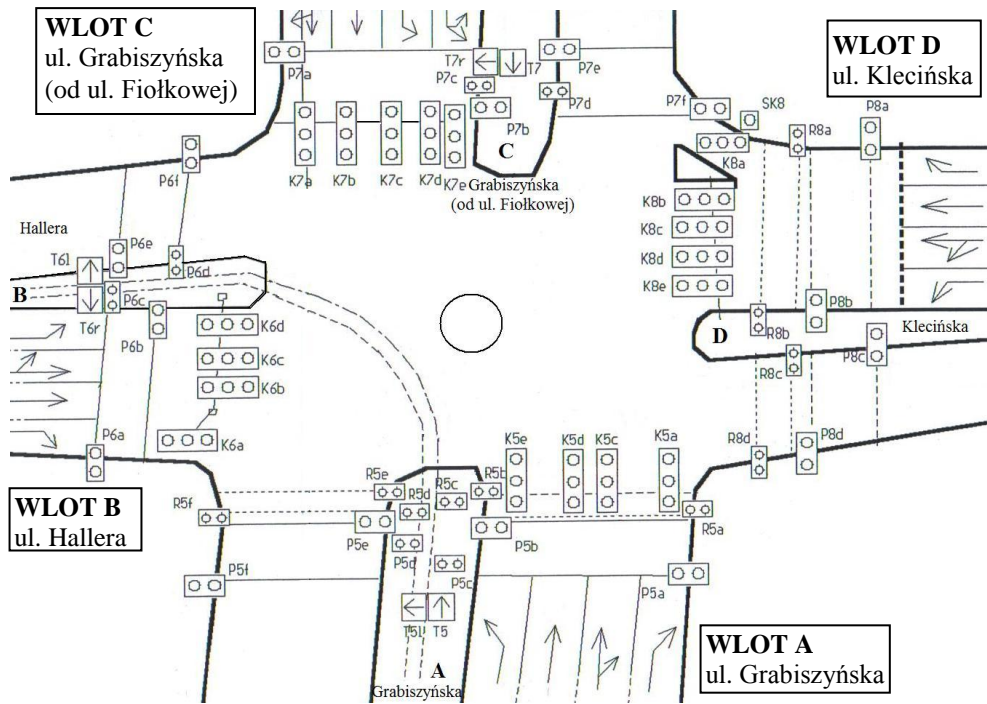
Badanym obiektem jest skrzyżowanie ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera, zlokalizowanych we Wrocławiu. Położenie skrzyżowania w skali miasta zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja badanego skrzyżowania na mapie Wrocławia [15]

Fig. 1. Localization of measured intersection on the map of Wrocław [15]

Skrzyżowanie to stanowi ważny węzeł sieci drogowo-ulicznej Wrocławia, charakteryzujący się dużym natężeniem ruchu na wszystkich wlotach. Jest to skrzyżowanie czterowlotowe, skanalizowane z sygnalizacją świetlną. Krzyżujące się ulice pod względem podziału administracyjnego są drogami krajowymi. Jedynie południowo-wschodni wlot – ulica Grabiszyńska – to droga wojewódzka nr 347, stanowiąca połączenie Wrocławia z autostradą A4 i Kątami Wrocławskimi. Wlot północno-wschodni (ulica Klecińska) i południowo-zachodni (ulica Hallera) to droga krajowa nr 94, łącząca Zgorzelec na granicy polsko-niemieckiej z miejscowością Targowisko w województwie małopolskim. Ciąg ulicy Klecińskiej nazywany jest „miejską obwodnicą Wrocławia”. Natomiast wlot północno-zachodni – ulica Klecińska – znajduje się w ciągu drogi krajowej nr 5 łączącej Lubawkę na granicy polsko-czeskiej z miejscowością Świecie w województwie kujawsko-pomorskim [14]. Organizację ruchu na tym skrzyżowaniu zaprezentowano na rysunku 2.



Rys. 2. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera [7,15]
 Fig. 2. Traffic organization on Grabiszyńska, Klecińska, Hallera intersection [7,15]

Na wlotach ulic Grabiszyńskiej i Hallera znajduje się torowisko tramwajowe, po którym kursują tramwaje ze średnim odstępem wynoszącym 5 minut [16]. Jednakże w czasie realizacji badań torowisko było remontowane na południowo-wschodnim wlocie (ulicy Grabiszyńskiej) i tarczy skrzyżowania. W związku z tym wprowadzono tymczasową organizację ruchu, zgodnie z którą ruch kołowy regulowany był jak na skrzyżowaniu z wyspą centralną, a tramwaje poruszały się jedynie po ulicach Hallera i Grabiszyńskiej do centrum miasta. Fotografiją tymczasowo zbudowanej wyspy centralnej zaprezentowano na rysunku 3.



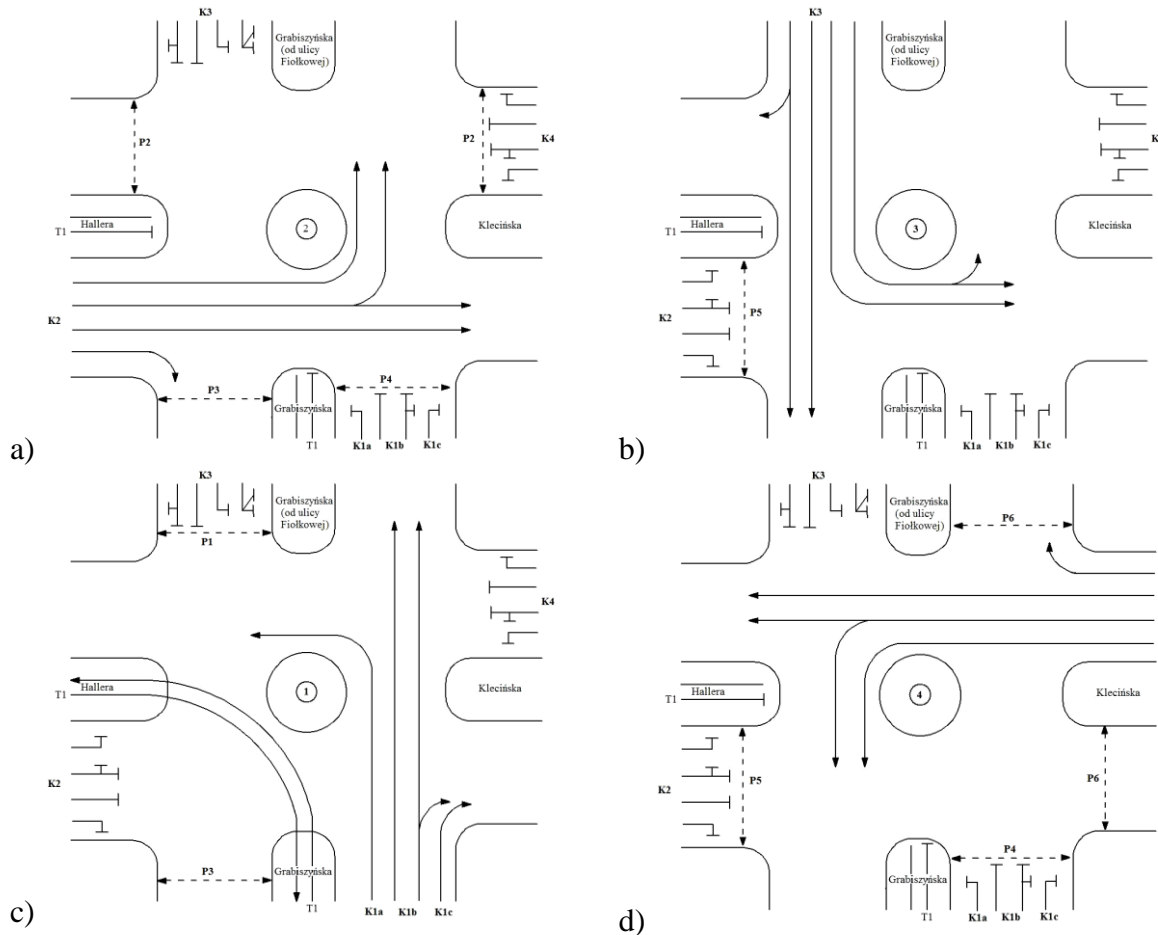
Rys. 3. Tymczasowa wyspa centralna na skrzyżowaniu ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera
 Fig. 3. Temporary organization – central island on Grabiszyńska, Klecińska, Hallera intersection

Na wszystkich wlotach skrzyżowania zlokalizowane są przejścia dla pieszych. W godzinach porannego i popołudniowego szczytu komunikacyjnego ruch pieszy jest duży. Pozostałe cechy tego skrzyżowania to:

- szerokość każdego z pasów – 3,5 m,
- promienie dla relacji skrętu w prawo – AP = 43 m, BP = 32 m, CP = 32 m, DP = 40 m,

- promień dla relacji skreću w lewo – AL = 18 m, BL = 18 m, CL = 18 m, DL = 20 m,
- sygnalizacja stałoczasowa,
- długość cyklu T = 120 s,
- długość poszczególnych sygnałów zielonych w: $G_{F1}=18$ s, $G_{F2}=24$ s, $G_{F3}=20$ s, $G_{F4}=40$ s.

Przed przebudową na skrzyżowaniu był realizowany program acykliczny, jednak na czas remontu torowiska wprowadzono sygnalizację stałoczasową z czterema fazami ruchu. Układ faz zaprezentowano na rysunku 4.



Rys. 4. Układ faz sygnalizacyjnych na skrzyżowaniu ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera [7 za 6]: a) faza I, b) faza II, c) faza III, d) faza IV

Fig. 4. Phase system on Grabiszyńska, Klecińska, Hallera intersection [7 as a 6]: a) phase I, b) phase II, c) phase III, d) phase IV

3. CHARAKTERYSTYKA POMIARÓW I WYNIKI BADAŃ

Badania natężenia ruchu² na skrzyżowaniu ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera przeprowadzono w dniu 05.10.2010 roku w godzinach 7⁰⁰ – 10⁰⁰. Pomiaru wykonano techniką rejestracji wideo z użyciem dwóch przenośnych kamer. W czasie pomiaru

² Natężenie ruchu jest to wielkość potoku lub pojedynczego strumienia ruchu obserwowanego w danym przekroju drogi lub skrzyżowaniu, który jest wyrażany liczbą pojazdów rzeczywistych lub umownych, przejeżdżających rozważany przekrój lub skrzyżowanie w jednostce czasu – najczęściej równej 1 godzinie [1, 2, 3, 4, 8, 10].

rejestrowano między innymi natężenie ruchu pojazdów i pieszych oraz kolejkę pozostającą pojazdów w celu identyfikacji stanu nasycenia ruchem. Na podstawie nagrania stworzono zsynchronizowane w czasie filmy, które następnie poddano procesowi zliczania pojazdów z uwzględnieniem struktury kierunkowej i rodzajowej, wyróżniając przy tym następujące grupy rodzajowe: motocykle, samochody osobowe, lekkie samochody ciężarowe i dostawcze, samochody ciężarowe, samochody ciężarowe z przyczepą, autobusy, autobusy przegubowe, rowery, tramwaje i inne (pojazdy, których nie zaliczono do wcześniej wymienionych grup rodzajowych). Warto dodać, że interwał, w którym zliczano pojazdy, był taki sam jak czas trwania cyklu sygnalizacyjnego. Lokalizację punktów pomiarowych zaprezentowano na rysunku 5, a widok z kamer wideo na rysunku 6.



Rys. 5. Lokalizacja kamer wideo w czasie realizacji pomiarów [17]

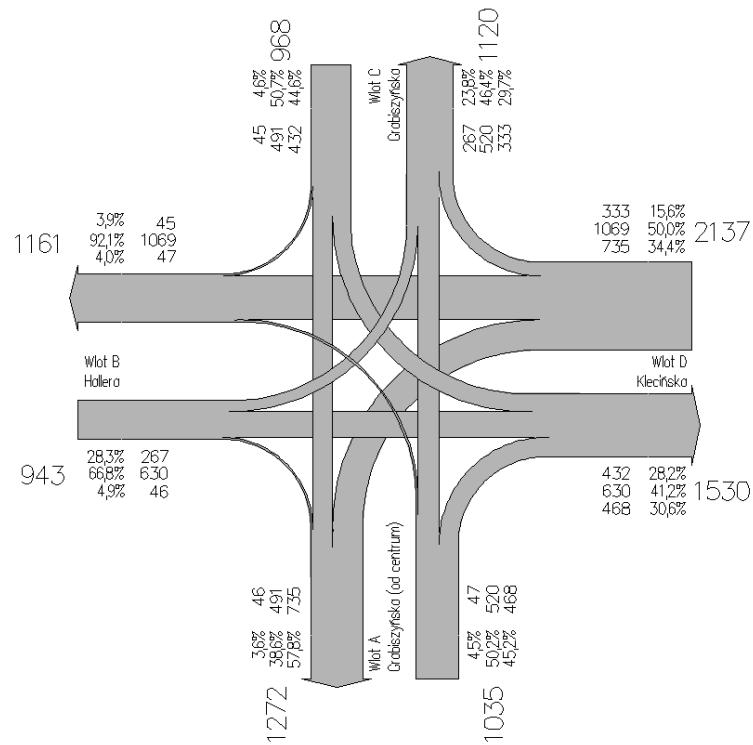
Fig. 5. Localization of video cameras during the measure [17]



Rys. 6. Widok z kamer rejestrujących pomiar: a) kamera A, b) kamera B

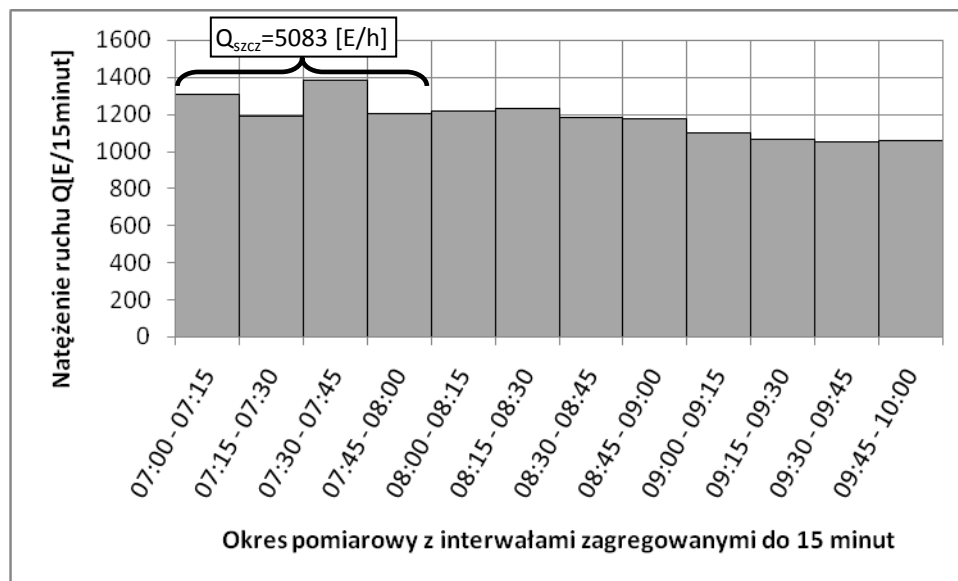
Fig. 6. View from video cameras during the measure: a) camera A, b) camera B

Następnie przeliczono pojazdy rzeczywiste na pojazdy umowne i wyznaczono natężenie szczytowe oraz godzinę szczytu: $7^{00} - 8^{00}$, co zaprezentowano na rysunku 8, natomiast rozkład struktury kierunkowej przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Struktura kierunkowa (kartogram ruchu)

Fig. 7. Directional structure



Rys. 8. Natężenie w godzinie szczytu

Fig. 8. Peak hour traffic volume

Na podstawie wyznaczonej godziny szczytu określono wszystkie potrzebne dane wymagane przez [13] do obliczenia teoretycznych wartości przepustowości skrzyżowania.

4. PRZEPUSTOWOŚĆ SKRZYŻOWANIA W WARUNKACH TYMCZASOWEJ ORGANIZACJI RUCHU

Metodykę obliczania przepustowości skrzyżowania z sygnalizacją świetlną według [13] zaprezentowano na rysunku 9.



Rys. 9. Metodyka obliczania przepustowości skrzyżowania z sygnalizacją świetlną [13]

Fig. 9. Methodology of capacity estimation for intersection with traffic lights [13]

W tabelicy 1 zaprezentowano wyniki przeprowadzonych obliczeń dla skrzyżowania ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera, rozpatrywanego jako skrzyżowanie z wyspą centralną. Ze względu na dużą liczbę wyników skoncentrowano się na prezentacji obliczonych przepustowości i miar warunków ruchu, uzyskanych w odniesieniu do całego skrzyżowania.

Tablica 1

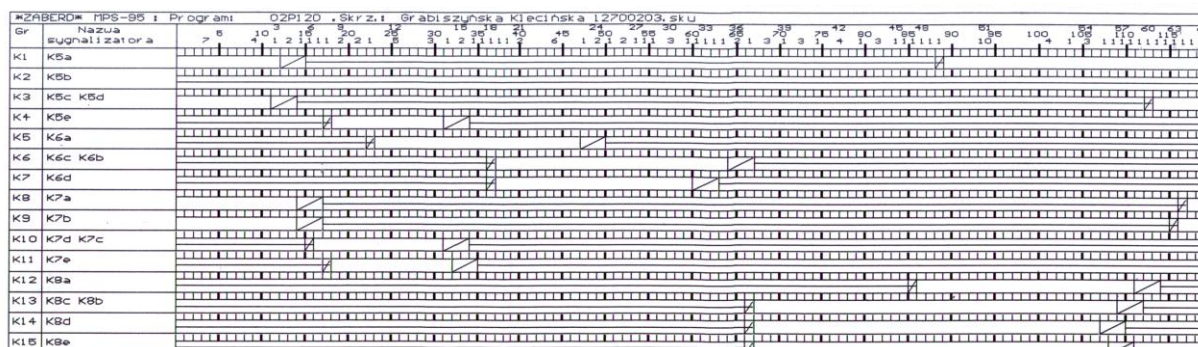
Wyniki obliczeń przepustowości i miar warunków ruchu dla skrzyżowania ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera w warunkach tymczasowej organizacji ruchu z wyspą centralną

Wielkość charakteryzująca skrzyżowanie	Wartość
natężenie ruchu na skrzyżowaniu Q_{sk} [P/h]	5083
długość cyklu sygnalizacyjnego T [s]	120
przepustowość skrzyżowania C_{sk} [P/h]	4809
Wielkość charakteryzująca skrzyżowanie	Wartość
rezerwa przepustowości skrzyżowania ΔC_{sk} [P/h]	-274
stopień obciążenia skrzyżowania X_{sk} [-]	1,057
przepustowość praktyczna skrzyżowania $C_{p,sk}$ [P/h]	4088
rezerwa przepustowości praktycznej skrzyżowania $\Delta C_{p,sk}$ [P/h]	-995
straty czasu na skrzyżowaniu d_{sk} [s/P]	59,2
poziom swobody ruchu na skrzyżowaniu PSR_{sk}	III
całkowite straty czasu pojazdów w analizowanym okresie ekwiwalentne, całkowite straty czasu pojazdów przeliczone na okres godziny D_{sk} [s/h]	300864
D^*_{sk} [h/h]	83,57
średnia liczba zatrzymań (wskaźnik zatrzymań) z_{sk} [z/P]	1,366
udział pojazdów zatrzymanych uz_{sk} [-]	0,854

Źródło: Opracowanie własne.

5. PRZEPUSTOWOŚĆ SKRZYŻOWANIA W WARUNKACH STAŁEJ ORGANIZACJI RUCHU

W celu oceny jakości wprowadzonej zmiany w organizacji ruchu obliczono przepustowość i określono warunki ruchu dla analizowanego, obiektu rozpatrywanego jako skrzyżowanie skanalizowane, ponieważ przed wprowadzoną tymczasową organizacją ruchu było to właśnie skrzyżowanie bez wyspy centralnej. W prowadzonych analizach rozważano dwa przypadki realizacji programu sygnalizacji dla tego skrzyżowania. Pierwszy przypadek dotyczył programu, który regulował ruch przed wprowadzonymi zmianami w organizacji ruchu (stała organizacja ruchu – rysunek 10), natomiast drugi uwzględniał program działający w warunkach tymczasowej organizacji ruchu ($T_{max}=120$ s). Ponieważ pierwszy program sygnalizacji pracuje w trybie acyklicznym, więc obliczenia prowadzono dla maksymalnej długości cyklu ($T_{max}=120$ s). Należy dodać, że programy te różnią się długością sygnałów zielonych i układem faz (mimo iż oba są czterofazowe). W tablicy 2 zaprezentowano wyniki obliczeń dla pierwszego opisywanego przypadku, a w tablicy 3 dla drugiego.



Rys. 10. Program sygnalizacji skrzyżowania ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera we Wrocławiu w warunkach stałej organizacji ruchu³ [7]

Fig. 10. Signalization program for intersection Grabiszyńska, Klecińska, Hallera in Wrocław in case of constant traffic organization³ [7]

Tablica 2

Wyniki obliczeń przepustowości i miar warunków ruchu dla skrzyżowania ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera w warunkach stałej organizacji ruchu bez wyspy centralnej

Wielkość charakteryzująca skrzyżowanie	Wartość
natężenie ruchu na skrzyżowaniu Q_{sk} [P/h]	5083
długość cyklu sygnalizacyjnego T [s]	120
przepustowość skrzyżowania C_{sk} [P/h]	4126
rezerwa przepustowości skrzyżowania ΔC_{sk} [P/h]	-957
stopień obciążenia skrzyżowania X_{sk} [-]	1,232
przepustowość praktyczna skrzyżowania $C_{p,sk}$ [P/h]	3507
rezerwa przepustowości praktycznej skrzyżowania $\Delta C_{p,sk}$ [P/h]	-1576
straty czasu na skrzyżowaniu d_{sk} [s/P]	177,9
poziom swobody ruchu na skrzyżowaniu PSR_{sk}	IV
całkowite straty czasu pojazdów w analizowanym okresie D_{sk} [s/h]	904445
ekwiwalentne, całkowite straty czasu pojazdów przeliczone na okres godziny D_{sk}^* [h/h]	251,23
średnia liczba zatrzymań (wskaźnik zatrzymań) z_{sk} [z/P]	1,855
udział pojazdów zatrzymanych uz_{sk} [-]	0,907

Źródło: Opracowanie własne.

³ Ze względu na duży rozmiar rysunku zaprezentowano jedynie program sygnalizacji dla ruchu kołowego.

Tablica 3

Wyniki obliczeń przepustowości i miar warunków ruchu dla skrzyżowania ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera w warunkach tymczasowej organizacji ruchu bez wyspy centralnej

Wielkość charakteryzująca skrzyżowanie	Wartość
natężenie ruchu na skrzyżowaniu Q_{sk} [P/h]	5083
długość cyklu sygnalizacyjnego T [s]	120
przepustowość skrzyżowania C_{sk} [P/h]	4125
rezerwa przepustowości skrzyżowania ΔC_{sk} [P/h]	-958
stopień obciążenia skrzyżowania X_{sk} [-]	1,232
przepustowość praktyczna skrzyżowania $C_{p,sk}$ [P/h]	3506
rezerwa przepustowości praktycznej skrzyżowania $\Delta C_{p,sk}$ [P/h]	-1577
straty czasu na skrzyżowaniu d_{sk} [s/P]	210,4
poziom swobody ruchu na skrzyżowaniu PSR_{sk}	IV
całkowite straty czasu pojazdów w analizowanym okresie D_{sk} [s/ta]	1069301
ekwiwalentne, całkowite straty czasu pojazdów przeliczone na okres godziny D^*_{sk} [h/h]	297,03
średnia liczba zatrzymań (wskaźnik zatrzymań) z_{sk} [z/P]	2,059
udział pojazdów zatrzymanych uz_{sk} [-]	0,919

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza uzyskanych wyników wykazuje, że badane skrzyżowanie funkcjonuje w warunkach przeciążenia ruchem – gdy natężenie jest większe od przepustowości ($X_{sk} > 1,0$) – niezależnie od rozpatrywanej organizacji ruchu (stała lub tymczasowa). Należy jednak zauważyć, że największą przepustowość dla tego skrzyżowania uzyskano po wybudowaniu wyspy centralnej (tymczasowa organizacja ruchu). Może to skłonić miejscowe organy zarządzające drogami do wprowadzenia takiej organizacji ruchu na stałe. Warto dodać, że w tym przypadku takie rozwiązanie pozwoliło na zwiększenie przepustowości o około 680 P/h (ok. 16,5 %).

Rozważając dwa rodzaje programu sygnalizacji (wykorzystywanego w warunkach stałej oraz tymczasowej organizacji ruchu), przy założeniu, że analizowane jest skrzyżowanie skanalizowane (bez wyspy centralnej) wykazano, że jego przepustowość jest taka sama przy niezmienniej strukturze rodzajowej i kierunkowej ruchu, a więc w tym przypadku nie zależy od programu sygnalizacji. Jednakże pozostałe miary warunków ruchu uzasadniają stwierdzenie, że program wykorzystywany w warunkach stałej organizacji ruchu jest lepiej dopasowany. Wskazują na to mniejsze wartości strat czasu na skrzyżowaniu (177,9 s/P – skrzyżowanie skanalizowane w warunkach stałej organizacji ruchu; 210,4 s/P – skrzyżowanie skanalizowane w warunkach tymczasowej organizacji ruchu). Należy jednak mieć na uwadze fakt, że miary te dotyczą skrajnie niekorzystnych warunków ruchu – gdy skrzyżowanie jest przeciążone we wszystkich analizowanych przypadkach.

6. WNIOSKI

W artykule przedstawiono analizę porównawczą warunków ruchu na skrzyżowaniu ulic Grabiszyńskiej, Klecińskiej i Hallera we Wrocławiu przed i po zmianie organizacji ruchu oraz geometrii skrzyżowania. Zmiany związane były z pracami remontowymi torowiska tramwajowego, przecinającego skrzyżowanie. W czasie robót wybudowano wyspę centralną, co wiązało się z koniecznością zmiany organizacji ruchu. Zmieniono program sygnalizacji

i zorganizowano ruch jak na skrzyżowaniu z wyspą centralną. Rozwiązanie to okazało się bardzo dobre, ponieważ warunki ruchu nie uległy pogorszeniu. Co więcej przeprowadzone obliczenia, realizowane na bazie metody [13], wykazują, że warunki te są lepsze niż w przypadku, gdy skrzyżowanie funkcjonowało w przy stałej organizacji ruchu. Wskazują na to między innymi wybrane miary jakościowe i ilościowe warunków ruchu, uzyskane w odniesieniu do całego skrzyżowania:

- większe o ok. 16,5% wartości przepustowości (C_{sk}) i przepustowości praktycznej skrzyżowania ($C_{p,sk}$),
- mniejsza ujemna rezerwa przepustowości (ΔC_{sk}) i przepustowości praktycznej skrzyżowania ($\Delta C_{p,sk}$),
- mniejsza i bliższa wartości 1,0 wielkość stopnia obciążenia skrzyżowania (X_{sk}),
- mniejsze (prawie trzykrotnie) globalne straty czasu na skrzyżowaniu (d_{sk}),
- poziom swobody ruchu (PSR) III, a nie IV,
- mniejsze wartości wskaźnika liczby zatrzymań (z_{sk}) i wskaźnika udziału pojazdów zatrzymanych (uz_{sk}).

Skrzyżowanie z wyspą centralną zamiast skrzyżowania skanalizowanego jest rozwiązaniem często stosowanym i zalecanym przez [11] w celu poprawy warunków ruchu. Jednakże w tym przypadku decyzja o wprowadzeniu takiego rozwiązania na stałe powinna być poparta szerszą analizą, uwzględniającą poza aspektami „ruchowymi” także analizę bezpieczeństwa ruchu drogowego czy analizę ekonomiczną.

Ocena warunków ruchu, którą zaprezentowano w niniejszym artykule, powinna być wykonywana każdorazowo, na przykład przez organizatora robót na etapie planowania – jeszcze przed wdrożeniem zmian w organizacji ruchu. Powinna wskazywać najlepsze rozwiązanie organizacyjne, a zapewniające jak najmniejsze pogorszenie warunków i płynności ruchu. Zjawisko to jest szczególnie dostrzegane przez mieszkańców, gdyż – jak wykazały badania postrzegania warunków ruchu przez kierowców aglomeracji górnośląskiej, zaprezentowane w [9] – zakłócenia spowodowane remontami są uważane za jedne z najważniejszych czynników wpływających na zaburzenia ruchu płynnego⁴.

Bibliografia

1. Buszma E.: Podstawy inżynierii ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 1971.
2. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKŁ, Warszawa 1999.
3. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKŁ, Warszawa 2008.
4. Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, Highway Capacity Committee, Washington, D.C. 2000.
5. Jabłoński A., Buda M.: Przepustowość punktów wjazdowych skrzyżowań sterowanych. Prace Naukowe s. Transport, z. 37, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997, strony 9-21.
6. Krasowska A.: Weryfikacja procedury rozkładu natężenia ruchu na pasy w obliczeniowych grupach pasów ruchu i ich wpływ na warunki ruchu dla skrzyżowań z wyspą centralną. Praca magisterska, Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Inżynierii Ruchu, Katowice 2011.

⁴ W odpowiedzi na pytanie *Biorąc pod uwagę Pana(i) doświadczenie w poruszaniu się samochodem po mieście, proszę powiedzieć, które z następujących zdarzeń Pana(i) zdaniem w największym stopniu utrudnia utrzymanie płynnego ruchu w mieście?* 26% respondentów wskazało odpowiedź *roboty drogowe* [9].

7. Materiały udostępnione przez Dział Zarządzania Ruchem Wydziału Inżynierii Miejskiej Urzędu Miasta we Wrocławiu.
8. Mensebach W.: Podstawy inżynierii ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 1978.
9. Sobota A., Karoń G.: Postrzeganie warunków ruchu miejskiego – płynność ruchu – wyniki badań ankietowych. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP oddział w Krakowie, Materiały Konferencyjne, nr 90, z. 148, konferencja „Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu”. Wydawnictwo PiT, Kraków 2009.
10. Suchorzewski W.: Wybrane zagadnienia inżynierii ruchu. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1971.
11. Tracz M., Chodur J., Gaca S.: Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część 1: Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych (GDDP), Warszawa 2001.
12. Tracz M., Chodur J., Gaca S.: Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część 2: Ronda. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych (GDDP), Warszawa 2001.
13. Tracz M. i in.: Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2004.
14. Wykaz dróg krajowych zgodny z Zarządzeniem Nr 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 12 grudnia 2006 r., http://www.gddkia.gov.pl/article/drogi_i_mosty/drogi_krajowe//index.php (odsłona z dnia 2010.10.20).
15. Witryna internetowa portalu Google Maps, <http://www.maps.google.pl> (odsłona z dnia 2010.10.20).
16. Witryna internetowa Urzędu Miasta we Wrocławiu. Rozkład jazdy komunikacji miejskiej, http://www.wroclaw.pl/rozklady_jazdy.dhtml (odsłona z dnia 2010.10.20).
17. Witryna internetowa portalu Zumi, <http://www.zumi.pl> (odsłona z dnia 2010.10.20).