

**mgr inż. Remigiusz Wiedemann**

Politechnika Poznańska, Zakład Systemów Transportowych,

ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań,

e-mail: remigiusz.j.wiedemann@doctorate.put.poznan.pl

## **Ocena zmian organizacji i systemu sterowania ruchem w wybranym fragmencie sieci transportowej**

### **Streszczenie:**

Artykuł dotyczy problematyki organizacji transportu w przestrzeni miejskiej. Zasadniczym celem podjętych prac jest zwiększenie efektywności transportowej wybranego fragmentu sieci transportowej, dzięki zastosowaniu nowych zasad organizacji i sterowania ruchem. W pracy przedstawiono koncepcję nowej organizacji ruchu, zakładającej przebudowę sieci drogowej, wraz z wprowadzeniem nowego systemu sygnalizacji świetlnej. Ocena opracowanego rozwiązania została przeprowadzona na podstawie eksperymentów symulacyjnych w skali mikroskopowej, z wykorzystaniem narzędzi Vissim oraz LISA+. Do realizacji tych prac wykorzystano wolumeny natężenia ruchu, zarówno pochodzące z istniejącego modelu podróży, jak również uzupełnione własnymi badaniami. Ostatecznie pozwoliło to na określenie kluczowych charakterystyk ruchowych wszystkich uczestników ruchu odbywającego się w analizowanym obszarze. W oparciu o przeprowadzoną ocenę ilościową zaproponowano docelowe rozwiązanie poprawiające kluczowe charakterystyki ruchu stanu istniejącego, tj. sprzed przebudowy. Reasumując, przeprowadzone badania diagnostyczne, prace projektowe i analityczne doprowadziły do realizacji założonego celu, tj. zwiększenia efektywności transportowej wybranego fragmentu sieci transportowej.

### **Słowa kluczowe:**

sygnalizacja świetlna, inżynieria ruchu, algorytmy sterowania adaptacyjnego

## **1. Wprowadzenie**

### **1.1. Problem zatłoczenia jako narastające zjawisko w transporcie**

Zjawisko kongestii ruchu jest problemem łączącym większość obszarów silnie zurbanizowanych. Szybkie tempo wzrostu motoryzacji powoduje, że dzisiejsze miasta stają się coraz bardziej przepełnione pojazdami. Szczególnie jest to zauważalne podczas szczytów komunikacyjnych, związanych z silną koncentracją podróży w relacjach dom–(praca/szkoła/uczelnia), (praca/szkoła/uczelnia)–dom. Jednym z Polskich miast silnie odczuwającym problemem intensyfikacji zjawiska zatłoczenia jest Poznań. Miejscem pełniącym istotną rolę w systemie transportowym mieszkańców stolicy Wielkopolski, a jednocześnie punktem występowania silnych efektów kongestii transportowej jest skrzyżowanie ulic Lechickiej i Naramowickiej, zlokalizowane w północnej części miasta. Skala zjawiska w tym obszarze jest bardzo duża, dlatego od lat prowadzona jest dyskusja a od stosunkowo niedawna prowadzone są prace projektowe związane z kompleksową reorganizacją sieci transportowej obszaru Naramowic.

Przedmiotowe skrzyżowanie stanowi część opracowanej przez autora koncepcji reorganizacji ruchu wzdłuż nowoprojektowanej ulicy Nowej Naramowickiej [0]. Przez wzgląd na ograniczenia objętościowe jakie nakłada forma artykułu, skoncentrowano się na przedstawieniu wybranego etapu prac związanych z projektowaniem, testowaniem oraz oceną rezultatów wynikających z powstawania programu akomodacyjnej sygnalizacji świetlnej w punkcie największej koncentracji natężeń, tj. miejsca przecięcia się nowej drogi z ulicą Lechicką, stanowiącą część drogi krajowej 92, oraz ulicą Nowa Karpią.

### **1.2. Organizacja ruchu w obszarze skrzyżowania**

Wybór odpowiedniej strategii zarządzania ruchem w obszarze przecięcia dróg jest problemem powszechnie znanym w inżynierii ruchu. W zasadzie wybór ogranicza się do rozwiązań opartych na [0, 0]:

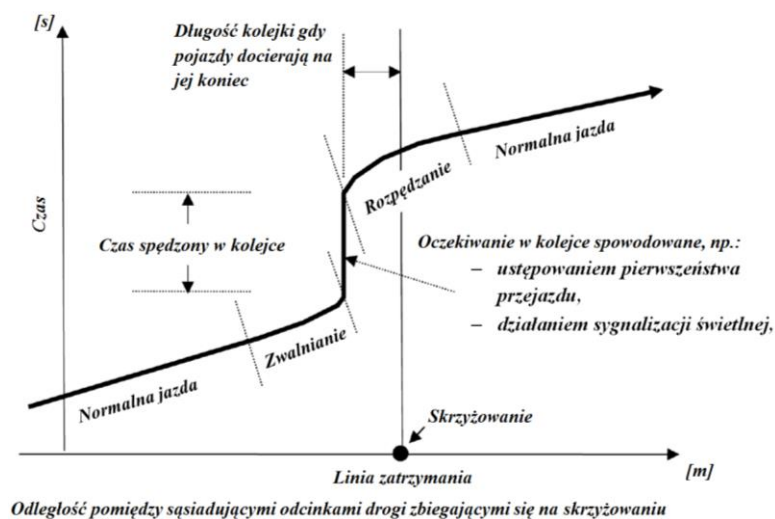
- skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu,
- rondzie,
- sygnalizacji świetlnej,
- węźle drogowym.

Zastosowanie dowolnego z nich nie jest uniwersalne i nie gwarantuje uzyskania pożądaných efektów w każdych warunkach. Proces decyzyjny przy wyborze rozwiązania ma zwykle charakter wielokryterialny, uwzględniający między innymi:

wymagany poziom bezpieczeństwa, względy finansowe, dostępność miejsca pod inwestycję, znaczenie dróg wpływających oraz przewidywane dla nich natężenie ruchu [0, 0].

Należy pamiętać, że każde skrzyżowanie bez względu na jego typ i sposób sterowania ruchem generuje straty czasu, co skutkuje zmniejszeniem efektywności podróży. Istotę procesu powstawania lokalnych strat czasu w przypadku pojedynczego skrzyżowania przedstawiono na rys. 1. Fakt ich występowania wynika zwykle z konieczności ustąpienia pierwszeństwa lub sygnału czerwonego. Ponadto, straty czasu wynikają z konieczności regulacji prędkości przez kierowców, stosownie do planowanych manewrów skrętu [0, 0].

Opóźnienia w ruchu wynikające z istnienia skrzyżowań są nieuniknione, jednak obecnie stosuje się wiele skutecznych technik mających na celu minimalizację tego efektu. Na poprawę warunków drogowych ma m.in. wpływ nadanie priorytetów komunikacji miejskiej, poprzez budowę wydzielonych tras niekolidujących z infrastrukturą drogową. Co więcej, budowa takich tras szybkiego ruchu tramwajowego/autobusowego wpływa znacznie na zmianę nawyków transportowych mieszkańców miast, którzy chętniej korzystają z usług transportu publicznego. Wprowadza się również rozwiązania stosunkowo prostsze i tańsze do implementacji, jak na przykład ograniczenie prędkości pojazdów w obszarach o dużej koncentracji ruchu (np. „strefa 30” w centrach). Ma to na celu zwiększenie jego gęstości – ograniczenia przestrzeni pomiędzy poruszającymi się pojazdami. Działa to również korzystnie na warunki bezpieczeństwa w sieci drogowej [0, 0, 0]. Rozwiązania bazujące na sygnalizacji świetlnej wspierane są obecnie przez algorytmy sterowania lokalnego oraz coraz częściej obszarowego [0, 0, 0], które pomagają dostosowywać program sygnalizacji do aktualnej sytuacji na drodze, tym samym skracając czas oczekiwania pojazdów w kolejkach.



**Rysunek 1. Proces powstawania kongestii przed skrzyżowaniem**  
*Źródło: Opracowanie własne na podstawie [0]*

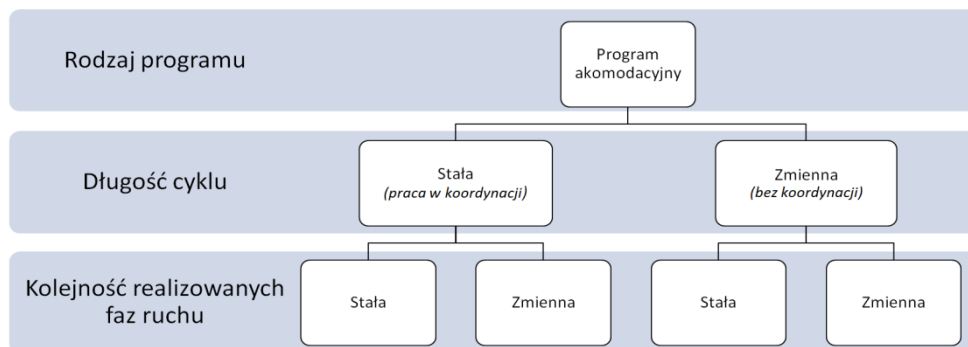
### 1.3. Sygnalizacja świetlna

Głównym zadaniem sygnalizacji świetlnej jest zapewnienie możliwie najwyższego poziomu bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu, to znaczy zarówno kierującym pojazdy, jak i pieszym, i rowerzystom. Sygnalizację stosuje się zwykle w miejscach o niskiej widoczności, spowodowanej np. wąskimi ulicami w gęstej zabudowie [0, 0, 0]. Ponadto, może służyć jako istotny element systemów obszarowego sterowania ruchem w ramach ITS (intelligent transport system). Sygnalizacja świetlna jest też skutecznym narzędziem zwiększania znaczenia komunikacji zbiorowej w mieście, poprzez nadawanie tego typu transportowi priorytetów w programie [0, 0, 0, 0, 0].

Biorąc pod uwagę technologię sygnalizacji oraz różne motywacje jej stosowania, pod względem wykonywanego programu wyodrębnić można zasadniczo dwa typy sygnalizacji [0,0]: stałoczasową i akomodacyjną.

Obecnie odchodzi się od stosowania pierwszego typu sygnalizacji, co w głównej mierze wynika z braku jej dostosowania do zmiennych warunków ruchu na skrzyżowaniu [0, 0, 0, 0, 0, 0]. Biorąc pod uwagę sygnalizację akomodacyjną - zależną od natężenia ruchu, można wprowadzić klasyfikację stosując kryteria: długości cyklu i kolejności faz ruchu, (por. rys. 2). Jeżeli sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu ma stanowić element ciągu koordynacyjnego należy zapewnić w ramach programu stałą długość cyklu. Jego długość powinna być jednakowa na wszystkich skrzyżowaniach objętych „zieloną falą”. Realizując program o zmiennej kolejności faz, w ramach algorytmu sterowania, należy zapewnić występowanie wiązki koordynacyjnej (wiązki sygnału zielonego na wykresie koordynacji) w określonym przedziale czasowym cyklu

sygnalizacji [0, 0]. W przypadku skrzyżowań izolowanych stałość cyklu nie ma aż tak dużego znaczenia i jego długość jest dobierana dynamicznie przez sterownik według zgłaszanego zapotrzebowania pochodzącego z identyfikacji natężenia ruchu pojazdów.



**Rysunek 2. Klasyfikacja sygnalizacji akomodacyjnej**  
*Źródło: Opracowanie własne na podstawie [0, 0]*

#### 1.4. Obszar i zakres prac

W artykule skoncentrowano się na zaprojektowaniu, testowaniu oraz ocenie rezultatów wynikających z powstawania programu akomodacyjnej sygnalizacji świetlnej w wybranym fragmencie sieci transportowej miasta. Skrzyżowanie charakteryzuje się największą koncentracją natężeń, stanowiąc przecięcie dwóch głównych ciągów komunikacyjnych w analizowanym obszarze.

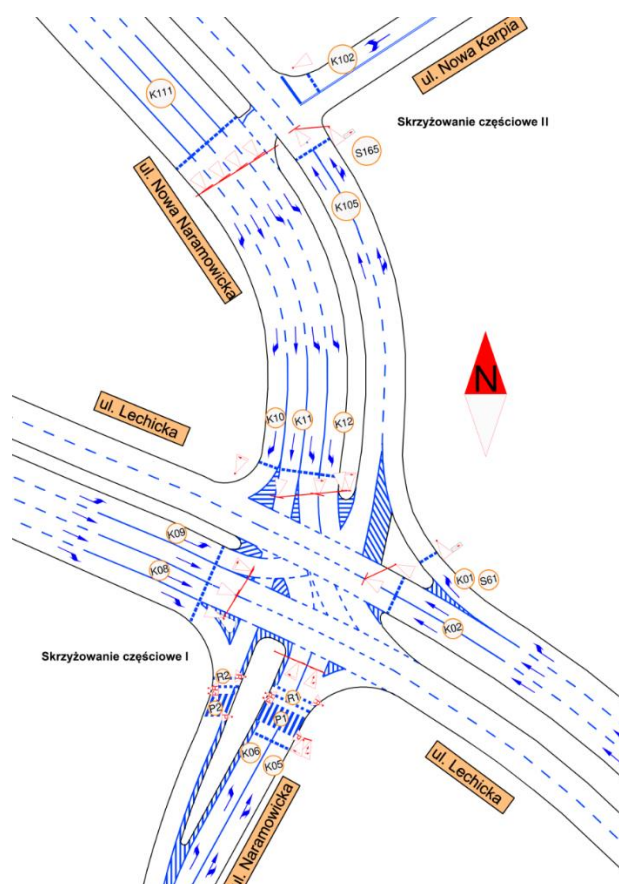
Jako obszar badań przedstawionych w artykule przyjęto skrzyżowanie stanowiące część opracowanej przez autora koncepcji reorganizacji ruchu wzdłuż nowoprojektowanej ulicy Nowe Naramowice w Poznaniu [0] z ulicą Lechicką, stanowiącą część drogi krajowej 92 oraz ulicą Nowa Karpia.

## 2. Koncepcja zmian organizacji i sterowania ruchem na skrzyżowaniu

### 2.1. Założenia dotyczące układu drogowego

Modernizacja, bądź całkowita przebudowa skrzyżowania ma zwykle za zadanie poprawić poziom bezpieczeństwa uczestników ruchu oraz/lub ograniczyć ich straty czasu będące wynikiem niedostosowania infrastruktury do panujących natężeń potoków pojazdów [0]. W rozpatrywanym przypadku nowe skrzyżowanie w założeniu ma rozwiązać problem dotychczasowego wąskiego gardła w tej części Poznania. Koniecznym zatem jest opracowanie rozwiązania o możliwie najwyższym poziomie przepustowości. Procesowi ustalania ostatecznej formy przedmiotowego skrzyżowania towarzyszyła analiza [0] istniejących już propozycji zakładających m.in. budowę:

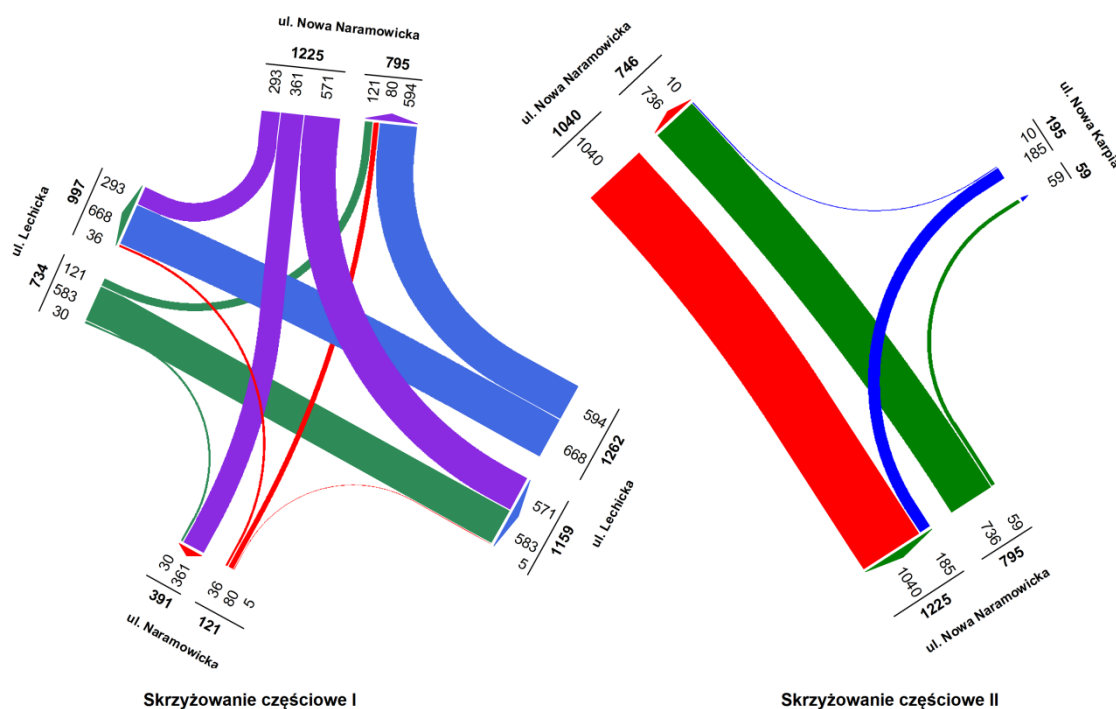
- a. kompleksowego węzła drogowego – wariant ten mógłby zapewnić najwyższy poziom efektywności ruchu pojazdów. Wiązałby się on jednak z koniecznością zabezpieczenia środków pieniężnych przekraczających na tamten czas (II połowa 2017r.) możliwości budżetowe<sup>1</sup>;
- b. dużego pięciowłotowego ronda – rozwiązanie uznano za wysoce nieefektywne. Powodów do wysnucia takiej opinii jest kilka, m.in.:
- zdegradowałoby to znaczenie drogi krajowej 92 jako drogi głównej i generowałoby znaczne straty czasu na relacjach obciążonych najwyższymi natężeniami ruchu;
  - brak znanych efektywnych technik sterowania sygnalizacją świetlną na rondach o takiej liczbie wlotów. Pozostałe skrzyżowania, wchodzące w skład koncepcji ul. Nowej Naramowickiej zakładają organizację ruchu w oparciu o skoordynowaną sygnalizację świetlną, dlatego należy w opinii autora kontynuować przyjętą konwencję w celu podtrzymania „efektu zielonej fali”.



**Rysunek 3. Plan skrzyżowania z oznaczeniem grup sygnalizacyjnych**  
*Źródło: Opracowanie własne*

<sup>1</sup> Obecnie po uzyskaniu dofinansowania ze środków Unii Europejskiej na rzecz rozpatrywanej inwestycji powrócono do idei węzła drogowego.

Ostatecznie na potrzeby koncepcji przyjęto kształt skrzyżowania przedstawiony na rys. 3. Stanowi ono jednopoziomowe skrzyżowanie pięciowlotowe; jego geometria została opracowana na bazie dwóch skrzyżowań częściowych: 1) Lechicka – Nowa Naramowicka, 2) Nowa Naramowicka – Nowa Karpia. Zapewniło to możliwość obsługi wszystkich wlotów w ramach jednego zwartego systemu sterowania. Liczbę pasów ruchu na poszczególnych wlotach dostosowano na podstawie analizy prognoz dotyczących natężenia ruchu w obszarze inwestycji na lata 2020 i 2025, wykonanych przez Biuro Inżynierii Transportu z Poznania. Wykorzystany kartogram natężenia ruchu został przedstawiony na rysunku 4. Powodem wykorzystania danych pochodzących z modeli prognostycznych była konieczność uwzględnienia prawdopodobnych scenariuszy rozkładu natężeń, wynikających ze zmiany atrakcyjności komunikacyjnej badanego obszaru w obrębie całego miasta.



Rysunek 4. Kartogramy natężenia ruchu  
Źródło: Opracowanie własne

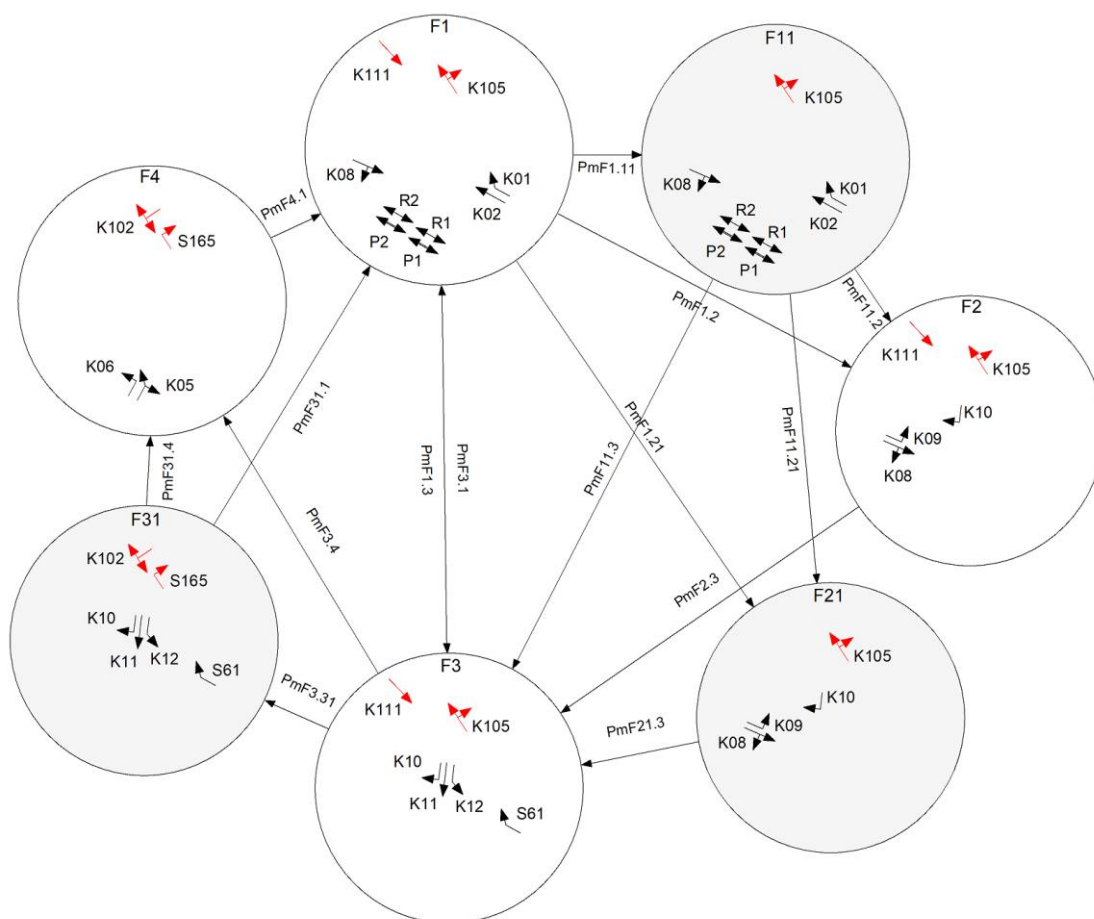
## 2.2. Założenia dotyczące systemu sterowania na skrzyżowaniu

W ramach projektowania sygnalizacji świetlnej uznano za konieczne uzyskanie możliwie najwyższego dla tego typu skrzyżowania poziomu przepustowości, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Z tego względu koniecznym było zapewnienie w ramach programu:

- koordynacji zarówno w ciągu ul. Lechickiej, jak i ul. Nowej Naramowickiej,
- reaktywności do sytuacji panującej na skrzyżowaniu, na wypadek wystąpienia lokalnych zmiennych warunków ruchowych.

Mając to na uwadze autor skonstruował algorytm akomodacyjnego sterowania fazowego z uwzględnieniem stałej długości cyklu, z możliwością pomijania faz, dla których system detekcji nie odnotuje zgłoszeń.

Podczas pracy sterownik operuje na zestawie 7 faz, których schemat wraz z możliwymi przejściami międzyfazowymi jest przedstawiony na rys. 5.



**Rysunek 5. Schemat układu faz oraz przejść między nimi**  
Źródło: Opracowanie własne

Pierwsza faza (F1) odpowiada za ruch pojazdów wzdłuż ul. Lechickiej. W fazie F2 następuje wyłączenie wschodniego wlotu w celu włączenia zielonego światła pojazdom skręcającym w lewo na wlocie zachodnim. Zarówno faza F1, jak i F2 zezwalają na dojazd pojazdów napływających z północy do strefy akumulacji na środku skrzyżowania. W przypadku wykrycia wypełnienia tej strefy aż do punktu granicznego, sterownik powinien natychmiastowo włączyć, w zależności od zapotrzebowania, fazy F11 lub F21, których zadaniem jest zapobiegnięcie zablokowania skrzyżowania częściowego z ul. Nowa Karpią. Zadaniem F3 jest zapewnienie przejazdu przez skrzyżowanie pojazdów napływającym z północy. Pod koniec jej działania w przypadku wykrycia wzmożonego zapotrzebowania na zielone



światło na wlocie ul. Nowa Karwia załączona może zostać faza F31, której zadaniem jest umożliwienie pojazdom z tego wlotu przejazdu przez oba skrzyżowania częściowe. Faza F4 pozwala na ruch pojazdów z południowego wlotu ul. Naramowickiej we wszystkich kierunkach. Ponadto, zezwala na wjazd do strefy akumulacji zlokalizowanej w centralnej części skrzyżowania pojazdom z wlotu ul. Nowa Karwia. Fazy F2, F21, F31 i F4 mogą zostać pominięte w przypadku braku wykrycia zgłoszeń z systemu detekcji. Za informację na temat ruchu odbywającego się na skrzyżowaniu odpowiada rozbudowany system detekcji, zbierający informację ze wszystkich wlotów oraz z tarczy skrzyżowania.

Za zapewnienie koordynacji głównych potoków ruchu odpowiada zaimplementowana funkcja kontroli przebiegu cyklu. Jej zadaniem jest załączanie faz i podtrzymywanie ich w określonych zakresach czasowych. Dzięki temu możliwe jest zdefiniowanie minimalnego okna koordynacyjnego w dynamicznie zmieniającym się programie sygnalizacji. Sprawdzane w trakcie wykonywania algorytmu warunki logiczne oparte są na kontroli tzw. punktów referencyjnych poszczególnych faz. Wartości tych punktów zależne są od przyjętych minimalnych i maksymalnych czasów trwania faz podczas realizacji programu:

- Prf1[X] – punkt referencyjny nr 1 fazy  $X = \{1, 2/21, 3, 31, 4\}$ . oznacza punkt (sekundę w cyklu) rozpoczęcia fazy w programie maksymalnym (takim w którym występują ciągle zgłoszenia wydłużające od wszystkich faz, nazywany często również bazowym programem sygnalizacji [0]);
- Prf2[X] – punkt referencyjny nr 2 fazy  $X = \{1, 2/21, 3, 31, 4\}$ , oznacza punkt (sekundę w cyklu) zrealizowania przez fazę czasu minimalnego  $T_{min}$  w programie maksymalnym;
- Prf3[X] – punkt referencyjny nr 3 fazy  $X = \{1, 2/21, 3, 31, 4\}$ . Oznacza punkt (sekundę cyklu), w którym zrealizowany zostanie czas maksymalny  $T_{max}$  danej fazy w programie maksymalnym.

Całość prac związanych z zaprojektowaniem kompletnego programu sygnalizacji została wykonana z wykorzystaniem narzędzia LISA+ [0].

### 3. Eksperymenty symulacyjne

Do oceny zaprojektowanego rozwiązania wykorzystano narzędzie modelowania mikrosymulacyjnego Vissim, w wersji 11 [0]. Model sieci drogowej został stworzony na podstawie opracowanego planu sytuacyjnego. Intencją autora było zbadanie modelu funkcjonalnego skrzyżowania w warunkach koordynacji, dlatego uwzględniono

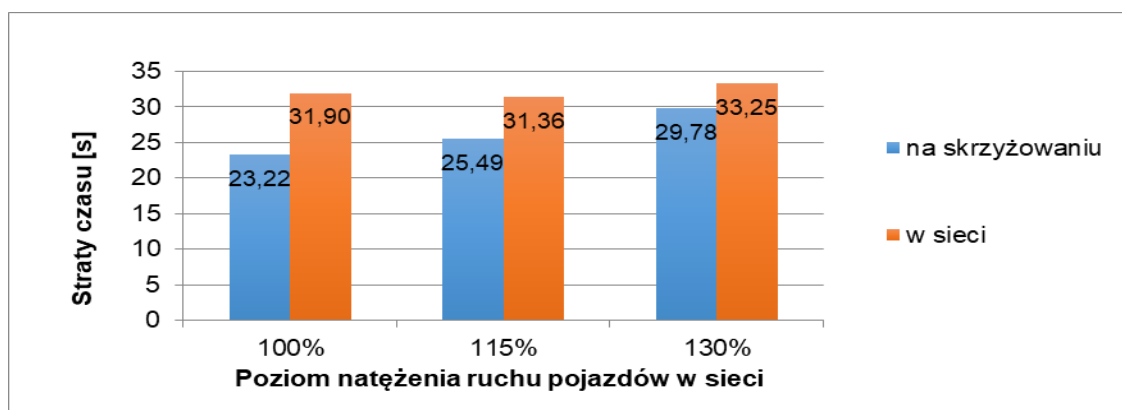
działanie 5 sąsiadujących sygnalizacji utworzonych w ramach koncepcji [0]. Podczas jego budowy szczególną uwagę zwrócono na działania mające na celu zapewnienie pojazdom swobodnego ruchu w przekroju drogi, tak aby zminimalizować ryzyko wykonywania przez nie nienaturalnych, bądź niezgodnych z przepisami manewrów, mogących wpłynąć na wynik symulacji lub spowodować jej przerwanie w wyniku wystąpienia błędów krytycznych. Efekt ten uzyskano stosując odpowiednio połączenia pomiędzy poszczególnymi obiektami składowymi modelu. Na relacjach skrętnych oraz łukach uwzględniono ograniczenia prędkości, a także zasady pierwszeństwa dla relacji kolizyjnych. Stosując wszystkie te zabiegi dążono do sytuacji w której ruch odbywający się w symulowanej sieci drogowej reprezentował poziom szczegółowości pozwalający na miarodajną ocenę rozwiązań. Ostatnimi zaimplementowanymi elementami były sterowniki sygnalizacji, wygenerowane automatycznie w środowisku projektowym narzędzia LISA+.

Po stwierdzeniu prawidłowego funkcjonowania modelu, systemu detekcji oraz programów sygnalizacji, przystąpiono do przeprowadzenia ostatecznych trzech eksperymentów symulacyjnych. W ramach tych testów jako dane wyjściowe wykorzystano kolejno 100%, 115% i 130% natężenia wynikającego z prognozy ruchu. Jako czas pojedynczego eksperymentu przyjęto okres trzech godzin, przy czym pierwsza stanowiła czas rozruchu i nie została poddana analizie.

Do oceny ilościowej rozwiązania wykorzystano takie mierniki jak: średnia długość kolejki oraz średnie straty czasu na skrzyżowaniu oraz w sieci. Zestawienie otrzymanych rezultatów przedstawiają odpowiednio rys. 6 oraz rys. 7. Wynika z nich, że w projektowanej sieci, przy zastosowaniu założeń omówionego programu sygnalizacji, nie zauważa się istotnych utrudnień w ruchu pojazdów. W ciągu ulic głównych, tj. ul. Nowej Naramowickiej oraz Lechickiej nie wykazano skłonności do tworzenia się zatorów, o czym świadczyć mogą średnie długości kolejek, które dopiero przy zastosowaniu 130% natężenia prognozowanego zaczynają osiągać wielkości na poziomie 20-30m.

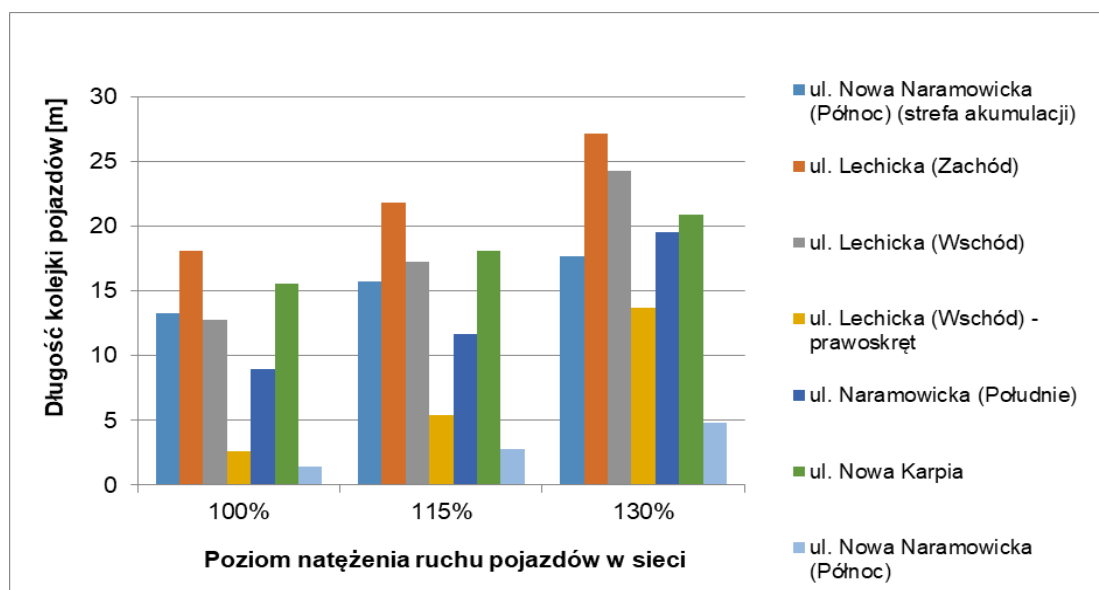
Analiza strat czasu wykazała, zarówno w obszarze przedmiotowego skrzyżowania, jak i w całej sieci, średnie straty czasu nieprzekraczające 35 sekund. Oznacza to, że rozwiązanie zapewnia warunki ruchu na II poziomie swobody ruchu. Dla porównania badania stanu faktycznego fragmentu sieci wykazały średnie straty czasu na poziomie 174 sekund dla całej sieci [0]. Oznacza to, że przy zastosowaniu

zaproponowanego rozwiązania można spodziewać się nawet pięciokrotnej poprawy tej charakterystyki.



**Rysunek 6. Straty czasu**  
Źródło: Opracowanie własne

Warto podkreślić, że odnotowane na wlotach objętych koordynacją kolejki stanowią przeważnie pojazdy napływające z wlotów podporządkowanych skrzyżowań sąsiadujących. Pojazdy poruszające się wzdłuż w kolumnie pojazdów na relacjach objętych najwyższym natężeniem pokonują sieć bez istotnych przestoju.



**Rysunek 7. Średnie długości kolejek na wlotach skrzyżowania**  
Źródło: Opracowanie własne

#### 4. Podsumowanie

Celem pracy było przedstawienie rozwiązania z zakresu inżynierii ruchu, którego funkcjonalność pozwoliłaby osiągnąć zadowalające efekty w postaci niskich wartości podstawowych charakterystyk, opisujących ruch pojazdów. Celem pośrednim było stworzenie programu sygnalizacji, którego funkcjonalność zapewni możliwość

dostosowywania struktury sygnałów do warunków panujących w danym momencie w sieci, a także sposobność implementacji do pracy w koordynacji.

W trakcie badań wykazano, że zaproponowany przez autora scenariusz gruntownej reorganizacji może rozwiązać problem wysokich strat czasu w badanej sieci drogowej. Na drodze eksperymentów symulacyjnych odnotowano pięciokrotny spadek wartości tego parametru względem stanu istniejącego.

Etap symulacji poszerzono o analizę efektywności działania zaprojektowanego sposobu organizacji i sterowania w warunkach zwiększonego natężenia ruchu pojazdów. Na podstawie kolejnych eksperymentów stwierdzono, że zaproponowany układ infrastrukturalny, wspierany przez autorski program sygnalizacji jest w stanie zapewnić swobodny ruch pojazdów przy wzroście natężeń o 30% względem stanu wyjściowego. Skala osiągniętych rezultatów wynika z kompleksowego podejścia do procesu zmiany organizacji ruchu i systemu sterowania. Odnotowana redukcja efektów kongestii transportowej nie byłaby możliwa do osiągnięcia bez przebudowy sieci drogowej, ponieważ rozwiązania oparte na sygnalizacji świetlnej nie są w stanie zapewnić wyższej przepustowości sieci transportowej niż ta wynikająca z jej cech geometrycznych. Przedstawione w artykule analizy oraz wnioski pozwalają na stwierdzenie, że cel pracy został osiągnięty. Udało się poprawić efektywność funkcjonowania transportu odbywającego się na wszystkich newralgicznych relacjach.

Artykuł stanowi praktyczny przykład postępowania w zakresie prac koncepcyjno-projektowych z zakresu inżynierii ruchu mających na celu ograniczenie skutków kongestii transportowej w obszarze skrzyżowań drogowych. Zaprezentowane w artykule rozwiązania oparte zostały na konstrukcji sterownika ruchu działającego w trybie lokalnym, którego sygnały zostały zsynchronizowane liniowo za pomocą offsetów.

W ramach kontynuacji rozważań, autor przewiduje możliwość prowadzenia prac nad uniwersalnym modułem optymalizacji sterowania pod kątem generowanych strat czasu. W pierwszej kolejności autor zamierza skupić się na izolowanych skrzyżowaniach o progresywnym stopniu skomplikowania organizacji ruchu, by następnie rozpocząć prace nad samodzielnym systemem sterowania obszarowego.

## **Bibliografia**

[1] Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1999.

- [2] De Keyser O., Hillewaere M., Audenaert P., Maenhout B.: *Optimising the public transport priority at road intersections*, IET Intelligent Transport Systems, 01.10.2018, Vol.12(8)
- [3] Dokumentacja techniczna programu LISA+ 5.2
- [4] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2014.
- [5] Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych w Warszawie: *Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych, cz. I, Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane*, Warszawa, 2001.
- [6] Kaczmarek M., Rychlewski J.: *Tram priority traffic control on complex intersections*, *IFAC Proceedings Volumes.*, Vol. 39, 2006
- [7] Kawalec P., Krukowicz T.: *Wybrane problemy projektowania adaptacyjnej sygnalizacji świetlnej*, Drogi: budownictwo infrastrukturalne, Nr 11, 2012.
- [8] Kawalec P., Sobieszuk-Durka S.: *Wspomagana komputerowo specyfikacja i weryfikacja algorytmów sterowania obszarowego*, Czasopismo Logistyka, Nr 4, Poznań, 2010.
- [9] Krawiec S., Celiński I.: *Sterowanie obszarowe – przykłady rozwiązań w aspekcie modelowania ruchu drogowego w miastach*, Czasopismo Logistyka, nr 4, Poznań, 2010
- [10] Krukowicz T.: *Wyznaczanie warunków czasowych funkcjonowania algorytmów sterowania adaptacyjnego*, Czasopismo Logistyka, Nr 4, Poznań, 2011.
- [11] Lay M. G.: *Measuring Traffic Congestion*. Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practise, Vol. 20, No. 2, 2011, s. 42-53.
- [12] Perzyński T., Lewiński A.: *Telematyka transportu w komunikacji miejskiej*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, z.113, 2016.
- [13] Rychlewski J., Plucińska E., Kosicki D.: *Analiza możliwości poprowadzenia trasy tramwajowej na Naramowice w planie i w profilu wraz z ukształtowaniem punktów przesiadkowych*, Poznań 2015; materiał dostępny na stronie: [www.poznan.pl/mim/info/news/koncepcja-trasy-na-naramowice-kolejny-etap-gotowy,85512.html](http://www.poznan.pl/mim/info/news/koncepcja-trasy-na-naramowice-kolejny-etap-gotowy,85512.html)
- [14] Wiedemann R.: *Modelowanie i symulacja ruchu na wybranym obszarze Poznania*, praca magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań, 2017.
- [15] [www.ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/road/getting\\_initial\\_safety\\_design\\_principles\\_right/junctions\\_en](http://www.ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/getting_initial_safety_design_principles_right/junctions_en) (dostęp: 10.12.2018).

[16] [www.edroga.pl/inzynieria-ruchu/obszarowy-system-sterowania-ruchem-i-nadawanie-priorytetu-dla-transportu-zbiorowego-w-krakowie-cz-i-27089069](http://www.edroga.pl/inzynieria-ruchu/obszarowy-system-sterowania-ruchem-i-nadawanie-priorytetu-dla-transportu-zbiorowego-w-krakowie-cz-i-27089069) (dostęp: 13.01.2019)

[17] [www.gdansk.pl/inwestycje-miejskie/tristar-inteligentny-system-sterowania-ruchem,a,17755](http://www.gdansk.pl/inwestycje-miejskie/tristar-inteligentny-system-sterowania-ruchem,a,17755) (dostęp: 05.12.2018)

[18] [www.ptvgroup.com](http://www.ptvgroup.com) (dostęp: 05.12.2018)

[19] [www.uml.lodz.pl/komunikacja-i-transport/pasazer/pierwszenstwo-dla-komunikacji-zbiorowej/](http://www.uml.lodz.pl/komunikacja-i-transport/pasazer/pierwszenstwo-dla-komunikacji-zbiorowej/) (dostęp: 05.12.2018)

[20] [www.zdm.poznan.pl/pl/sygnalizacja-swietlna](http://www.zdm.poznan.pl/pl/sygnalizacja-swietlna) (dostęp: 05.12.2018)

## **Evaluation of the improvement of organisation and traffic control system on selected part of the transport network**

### **Summary:**

The present article concerns the traffic organisation issues in urban spaces. The main aim of the study is to increase transport effectiveness of a selected part of the transport network by applying new organisation approach and traffic control system. This paper presents a concept of a new traffic organisation which includes a redevelopment of the road network along with implementation of a new traffic light system. Simulation experiments are carried out with an application of Visum, Vissim and Lisa+ simulation tools to evaluate the developed solution. The simulation model was built on the basis of traffic volume measurements of existing model of the route and author's work. All these steps enabled to determine the key traffic characteristics for all road users in analysed area. Based on the quantitative assessment carried out before, the final solution for present state was suggested. To sum up, all the diagnostic tests, analytical and design work carried out by the author allowed to achieve the intended results i.e. to increase transport effectiveness of the particular part of transport network.

### **Keywords:**

traffic light control, traffic engineering, algorithms of adaptive area control