Koncepcja programowo-przestrzenna usprawnienia ruchu tramwajowego na al. Niepodległości na odcinku od skrzyżowania z ul. Batorego do skrzyżowania z ul. Rakowiecką w Warszawie

Zamawiający:

Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.

Wykonawca:

Transport Consulting Sp. c.

Warszawa, 2011

Koncepcję opracowała
firma Transport Consulting Sp. c.

zespół projektowy:
Adam Muth
Krzysztof Szamotulski
Artur Zając

Spis treści

1. Wstęp 6
1.1. cel i metodyka opracowania 6
1.1. granice opracowania 8
2. Podstawa opracowania 9
3. Opis stanu istniejącego 10
3.1. układ drogowy i torowy 10
3.2. natężenia ruchu kołowego 11
3.3. komunikacja zbiorowa 18
3.4. sterowanie ruchem 19
4. Propozycje zmian 34
4.1. zmiany w sterowaniu ruchem 34
4.2. bilans zysków i strat w systemie transportowym po zmianach 45
4.3. zmiany lokalizacji platform przystanków tramwajowych 50
4.4. kolizje z infrastrukturą podziemną 50
4.5. zmiany poprawiające bezpieczeństwo ruchu drogowego (BRD) 51
4.1. zgodność koncepcji z polityką transportową miasta 53
5. Podsumowanie 54

Załączniki

- uzgodnienie Inżyniera Ruchu m.st. Warszawy,
- plany sytuacyjne wykonane w skali 1:500 zawierające szkice nowej organizacji ruchu,
- raporty wygenerowane w programie Synchro dla ruchu samochodowego (tylko na płycie CD),
- symulacje mikroskopowe (tylko na płycie CD).

Spis rysunków

rys. 1. zakres opracowania 8
rys. 2. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (szczyt poranny) 12
rys. 3. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (szczyt popołudniowy) 13
rys. 4. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (międzyszczyt) 14
rys. 5. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (szczyt poranny) 15
rys. 6. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (szczyt popołudniowy) 16
rys. 7. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (międzyszczyt) 17
rys. 8. istniejąca struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego 20
rys. 9. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie istniejącym 22
rys. 10. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie istniejącym 22
rys. 11. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie istniejącym 23
rys. 12. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie istniejącym 24
rys. 13. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie istniejącym 24
rys. 14. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie istniejącym 25
rys. 15. krótki pas wydzielony do skrętu w lewo na północnym wlocie al. Niepodległości na skrzyżowanie z ul. Rakowiecką 26
rys. 16. istniejąca struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka 27
rys. 17. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka rano w stanie istniejącym 28
rys. 18. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka po południu w stanie istniejącym 28
rys. 19. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka w międzyszczycie w stanie istniejącym 29
rys. 20. odcinki pomiarowe czasu przejazdu tramwajów 30

rys. 21. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla szczytu porannego 31
rys. 22. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla szczytu popołudniowego 32
rys. 23. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla międzyszczytu 33
rys. 24. projektowana struktura programu sygnalizacji na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego 35
rys. 25. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie projektowanym 36
rys. 26. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie projektowanym 36
rys. 27. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie projektowanym 37
rys. 28. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie projektowanym przy utrzymaniu wszystkich relacji 38
rys. 29. projektowana struktura programu sygnalizacji na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka 39
rys. 30. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka rano w stanie projektowanym 40
rys. 31. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka po południu w stanie projektowanym 40
rys. 32. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka w międzyszczycie w stanie projektowanym 41
rys. 33. wykresy koordynacji w stanie projektowanym w szczycie porannym 42
rys. 34. wykresy koordynacji w stanie projektowanym w szczycie popołudniowym 43
rys. 35. wykresy koordynacji w międzyszczycie w stanie projektowanym 44
rys. 36. propozycje zmian geometrycznych podyktowane poprawą BRD 52

Spis tabel

tabl. 1. straty czasu w komunikacji indywidualnej w szczycie porannym 46
tabl. 2. straty czasu w komunikacji indywidualnej w szczycie popołudniowym 47
tabl. 3. straty czasu w komunikacji indywidualnej w międzyszczycie 48
tabl. 4. straty czasu w komunikacji zbiorowej 49
tabl. 5. całkowity bilans pracy przewozowej 49
tabl. 6. liczba pojazdów w strefie dylematu 51

1. Wstęp

1.1. cel i metodyka opracowania

Na zlecenie spółki Tramwaje Warszawskie firma Transport Consulting Sp. c. wykonała opracowanie p.t. *Koncepcja programowo-przestrzenna usprawnienia ruchu tramwajowego na al. Niepodległości na odcinku od skrzyżowania z ul. Batorego do skrzyżowania z ul. Rakowiecką w Warszawie*. Jego celem jest pogłębienie wybranych aspektów *Studium wykonalności dla modernizacji trasy tramwajowej w al. Jana Pawła II na odcinku od pętli Piaski do pętli Kielecka* opracowanego w 2006 roku przez firmę Faber Maunsell.

W niniejszym opracowaniu skupiono się głównie na problematyce uprzywilejowania komunikacji tramwajowej w sygnalizacji świetlnej, co wynika z realizowanej przez miasto polityki transportowej. Jest to zagadnienie stosunkowo nowe w Warszawie, a przez to wymagające dodatkowego rozpoznania. Niniejsza koncepcja ma służyć sformułowaniu wytycznych do przyszłych projektów budowlanych i ruchowych, które umożliwią uzyskanie jak najlepszych efektów w sterowaniu ruchem tramwajowym przy jednoczesnym uwzględnieniu wymagań pozostałych uczestników ruchu – kierowców pojazdów indywidualnych oraz rowerzystów i pieszych.

Szczegółowe cele opracowania to:

- sformułowanie i opisanie rozwiązań, które powinny być zastosowane w organizacji ruchu i sterowaniu w celu podniesienia prędkości komunikacyjnej tramwajów (ograniczając straty czasu powodowane przez sygnalizację świetlną); należy oszacować bilans zysków w komunikacji publicznej i strat w komunikacji indywidualnej oraz zbadać zgodność z Polityką Transportową m.st. Warszawy i Strategią Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy,
- przeanalizowanie zmian lokalizacji platform przystankowych oraz dróg dojścia do nich w celu ułatwienia przesiadek oraz dostępu do infrastruktury przystankowej,
- ocena zakresu przebudowy układu drogowego w tym przeanalizowanie kolizji z infrastrukturą podziemną.

W opracowaniu wykorzystano dane ruchowe oraz archiwalne programy sygnalizacji świetlnej i projekty organizacji ruchu udostępnione przez Zarząd Dróg Miejskich. Były one częściowo weryfikowane w terenie i uzupełnione dodatkowymi pomiarami ruchu tramwajów. Dane dotyczące potoków pasażerskich oraz funkcjonowania komunikacji publicznej pochodzą z Zarządu Transportu Miejskiego oraz Tramwajów Warszawskich. Zamawiający udostępnił również mapy archiwalne, będące podstawą do opracowania szkiców nowej organizacji ruchu.

Analizy przepustowości poszczególnych skrzyżowań, szacunkowe nowe programy sygnalizacji oraz koordynację sygnalizacji po zmianach wykonano w programie Synchro. Aplikacja ta znajduje szerokie zastosowanie we wspomaganiu procesu projektowania programów sygnalizacji świetlnych ze szczególnym uwzględnieniem koordynacji na ciągach i w obszarach w oparciu o model rzeczywistego procesu ruchu drogowego.

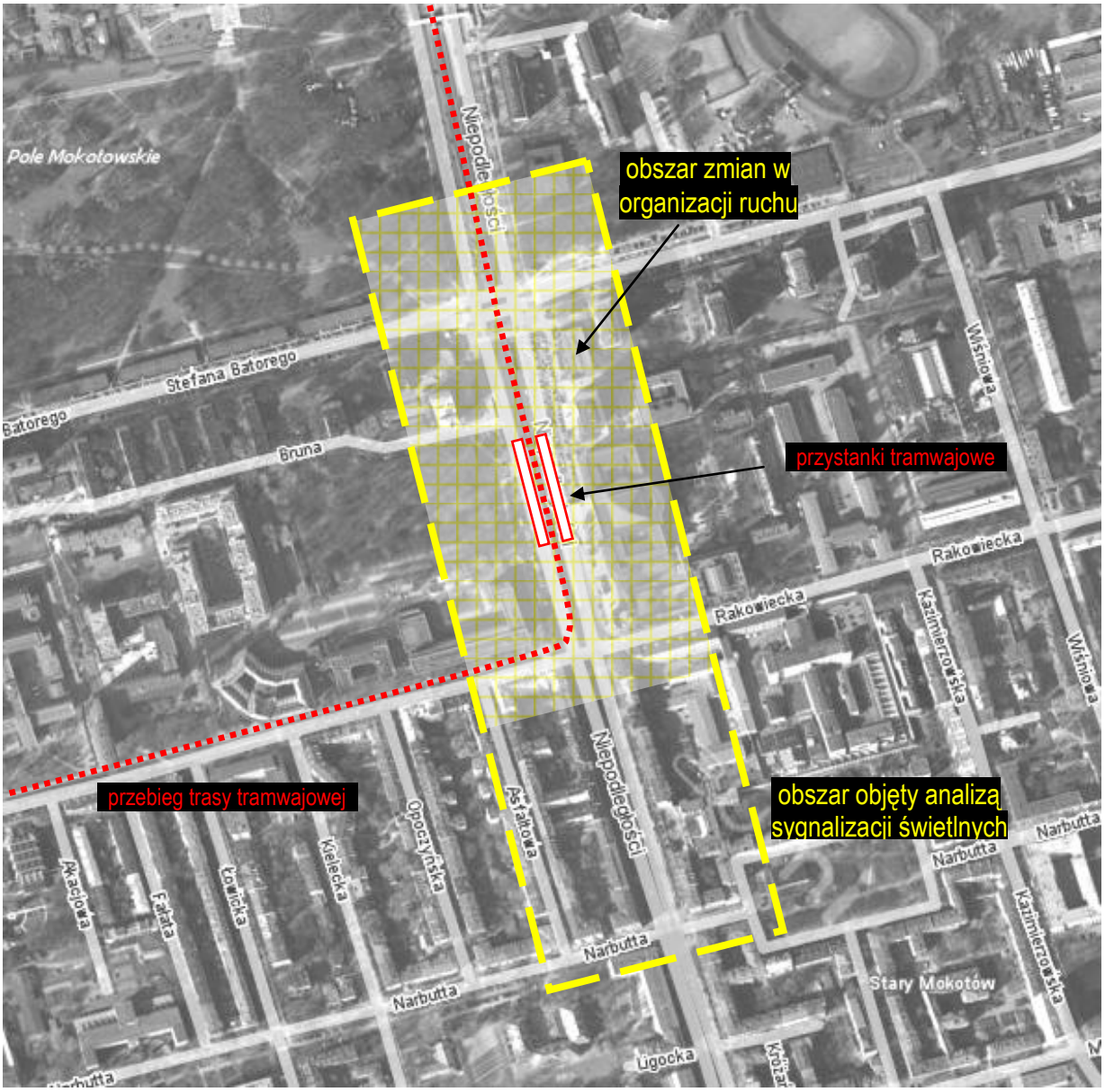
Wbudowane procedury zapewniają optymalizację strat czasu pojazdów (szczególnie traconego w kolejce) oraz liczby zatrzymań.

Obliczenia przepustowości wykonywane w programie Synchro bazują na amerykańskiej instrukcji *Highway Capacity Manual (HCM)*. Straty czasu szacowano przy użyciu wbudowanej w programie Synchro metody percentylowej *(percentile delay method)*. Zgodnie z informacjami udostępnionymi przez producenta oprogramowania, firmę *Trafficware*, metoda percentylowa zapewnia dokładniejsze niż HCM obliczenie strat czasu w sieci ulicznej. W szczególności metoda percentylowa oblicza wpływ takich czynników jak sterowanie akomodacyjne oraz koordynacja sygnalizacji. Metodyka ta pozwala na uwzględnienie w obliczeniach większej liczby zmiennych i uniknięcie podatnych na błąd użytkownika, przybliżonych oszacowań, obowiązujących zwłaszcza w starszych metodach HCM.

Ponieważ jak dotąd program Synchro nie wspiera procesu projektowania sterowania ruchem zorientowanego na potrzeby użytkowników komunikacji publicznej, część analizy poświęconą tej tematyce wykonano oddzielnie w programie Excel i połączono z wynikami uzyskanymi w programie Synchro. W szczególności trajektorie ruchu tramwajów zostały naniesione na diagramy droga-czas wygenerowane przez program Synchro.

1.1. granice opracowania

W niniejszej koncepcji analizie poddano fragment ciągu al. Niepodległości w rejonie skrzyżowań z ulicami Batorego i Rakowiecką. Ze względu na analizę warunków koordynacji sygnalizacji świetlnych, granice opracowania (tylko w zakresie sygnalizacji świetlnej) rozszerzono do skrzyżowania Narbutta, zgodnie z rys. 1.



rys. 1. zakres opracowania

2. Podstawa opracowania

Opracowanie zostało przygotowane w oparciu o:

- Opis Przedmiotu Zamówienia,
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43 poz. 430),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. z dnia 23 grudnia 2003 z późn. zm.),
- Studium wykonalności dla projektu modernizacji trasy tramwajowej w al. Jana Pawła II odcinek pętla Piaski – pętla Kielecka opracowane przez firmę Faber Maunsell w roku 2006,
- Strategię Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do roku 2015 i na lata kolejne (uchwała Rady m.st. Warszawy LVIII/1749/2009),
- pismo Zastępcy Prezydenta m.st. Warszawy z dnia 20 grudnia 2009 r. dotyczące stosowania priorytetu dla transportu publicznego w realizowanych inwestycjach (BD-BD-BS-PKR-0114-07-14-09),
- mapy archiwalne udostępnione przez Zamawiającego,
- rozpoznanie terenu przeprowadzone przez zespół projektowy w maju 2010 r.,
- archiwalne pomiary ruchu udostępnione przez Zarząd Dróg Miejskich,
- archiwalne programy sygnalizacji świetlnej,
- archiwalne projekty organizacji ruchu,
- dane pomiarowe i statystyczne udostępnione przez Zarząd Transportu Miejskiego oraz Tramwaje Warszawskie,
- instrukcję obsługi programu Synchro i materiały pomocnicze zamieszczone na stronie internetowej producenta oprogramowania: *www.trafficware.com*.

3. Opis stanu istniejącego

3.1. układ drogowy i torowy

W analizowanym obszarze al. Niepodległości jest drogą powiatową klasy G. Jej przekrój wynosi 2x3 pasy ruchu z poszerzeniami na wlotach skrzyżowań. Jezdnie rozdzielone są pasem dzielącym, w którym znajduje się torowisko tramwajowe z przystankami. Na skrzyżowaniu z ul. Batorego (droga powiatowa, klasa G) dopuszczone są wszystkie manewry. Przez południowe, wschodnie i zachodnie ramiona skrzyżowania poprowadzone są przejścia dla pieszych i przejazdy rowerowe powiązane z ciągami rowerowymi na Polach Mokotowskich. Na skrzyżowaniu z ul. Rakowiecką (droga powiatowa, klasa L), ze względu na jednokierunkowy zachodni wlot tej ulicy, dopuszczone są tylko wybrane relacje. Przez południowe, wschodnie i zachodnie ramiona skrzyżowania poprowadzone są przejścia dla pieszych. Po północnej stronie skrzyżowania znajdują się wyjścia ze stacji metra Pole Mokotowskie. Torowisko biegnące w pasie dzielącym al. Niepodległości skręca na zachód w ul. Rakowiecką i jest wytyczone po jej północnej stronie, również jako wydzielone.

Ponadto na analizowanym odcinku po zachodniej stronie al. Niepodległości mieści się nieosygnalizowane skrzyżowanie z ulicą Bruna (droga gminna, klasa L), na którym dopuszczone są wyłącznie prawe skręty. Po przeciwnej stronie ulicy wschodnia jezdnia al. Niepodległości połączona jest z parkingiem na dziedzińcu Szkoły Głównej Handlowej.

Na południe od ul. Rakowieckiej zwęża się zasadniczy przekrój al. Niepodległości do 2 pasów w każdym kierunku, rozdzielonych wąskim pasem dzielącym. Na najbliższym osygnalizowanym skrzyżowaniu z ul. Narbutta (droga gminna, klasa L) dopuszczone są tylko wybrane manewry, ponieważ ul. Narbutta po zachodniej stronie al. Niepodległości jest jednokierunkowa (tylko wylot ze skrzyżowania).

Podstawowym zadaniem ciągu al. Niepodległości jest skomunikowanie południowych dzielnic Warszawy (Mokotów, Ursynów) z Centrum. Charakter ciągu jest międzydzielnicowy z dużym udziałem ruchu samochodowego oraz komunikacji zbiorowej (tramwaje, autobusy).

3.2. natężenia ruchu kołowego

Na podstawie pomiarów udostępnionych przez Zarząd Dróg Miejskich w Warszawie, zostały opracowana kartogramy ruchu dla analizowanego obszaru. Wyniki pomiarów ruchu na skrzyżowaniach zostały do siebie dopasowane i skalibrowane w oparciu o aktualne dane z grudnia 2009 zarejestrowane przez automatyczny system pomiarowy, mierzący natężenie ruchu w przekroju al. Niepodległości na północ od ul. Batorego.

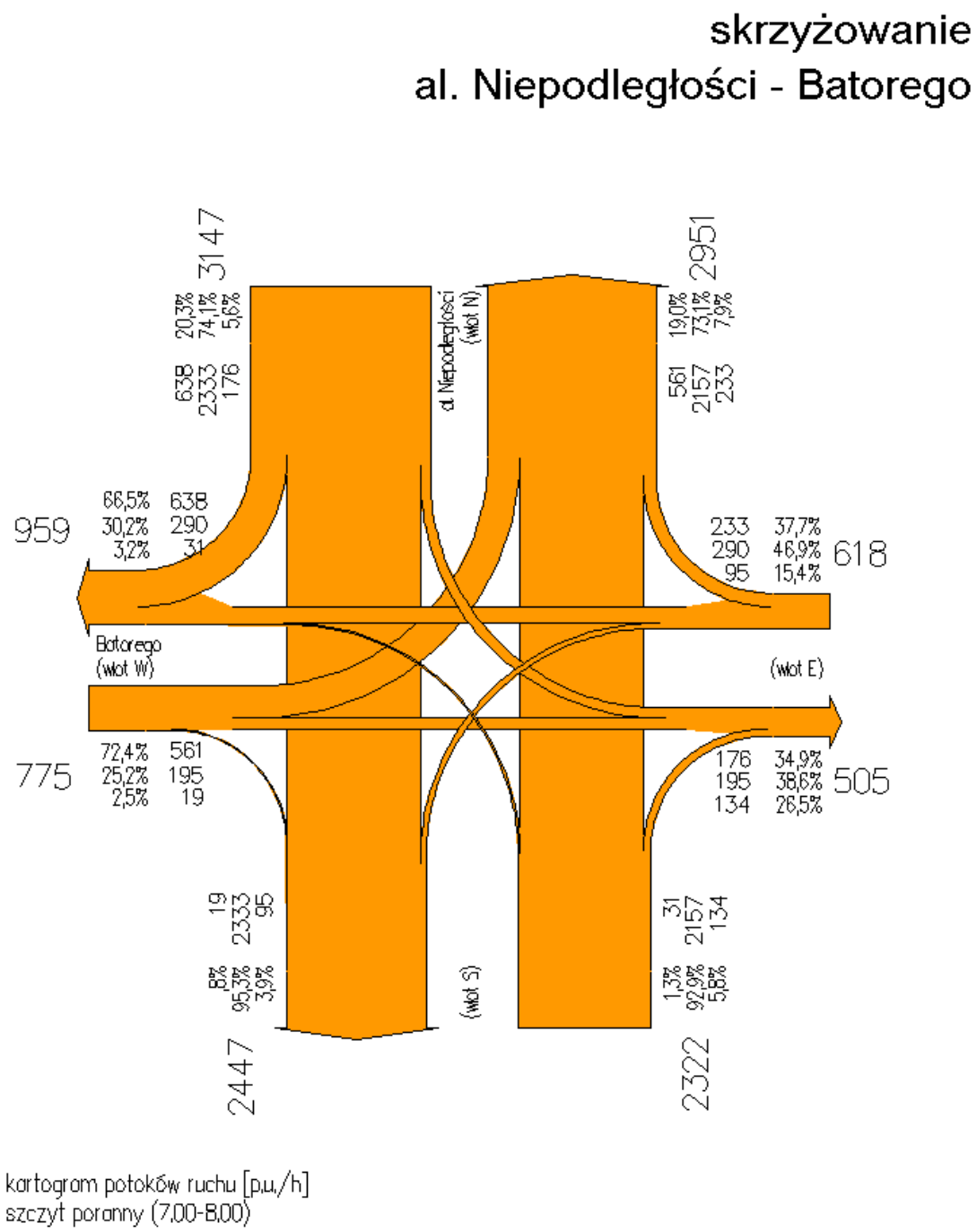
Analizując uzyskane wyniki, można stwierdzić występowanie dużych natężeń ruchu kołowego w przekroju al. Niepodległości na północnym ramieniu skrzyżowania z ul. Batorego kształtujących się na poziomie 2950-3150 p.u./h na kierunek w szczycie porannym. Wielkość natężenia ruchu jest zbliżona w szczycie popołudniowym i wynosi około 2900 p.u./h na kierunek. Liczba pojazdów spada nieznacznie w międzyszczycie do poziomu około 2650 p.u./h na kierunek.

Główną relacją na skrzyżowaniach al. Niepodległości z ulicami Batorego i Rakowiecką jest relacja tranzytowa północ-południe. Jest ona obciążona ruchem na poziomie ponad 2000 p.u./h. Na skrzyżowaniu z ul. Batorego druga co do ważności jest relacja zachód – północ – zachód, która jest obciążona ruchem na poziomie 600-800 p.u./h na kierunek. Ten potok ruchu związany jest głównie z ciągiem ul. Wołoskiej, łączącym się od północy z al. Niepodległości poprzez ulice św. A. Boboli i Batorego. Najmniej obciążoną relacją jest skręt w lewo z południa na zachód, gdzie natężenie wynosi około 50 p.u./h na kierunek. Korzystają z niego jednak autobusy ZTM linii 168 (3-4 kursy/h). Stosunkowo słabo wykorzystywaną relacją na tle pozostałych jest także skręt w lewo ze wschodu na południe obciążony ruchem na poziomie 90-150 p.u./h na kierunek.

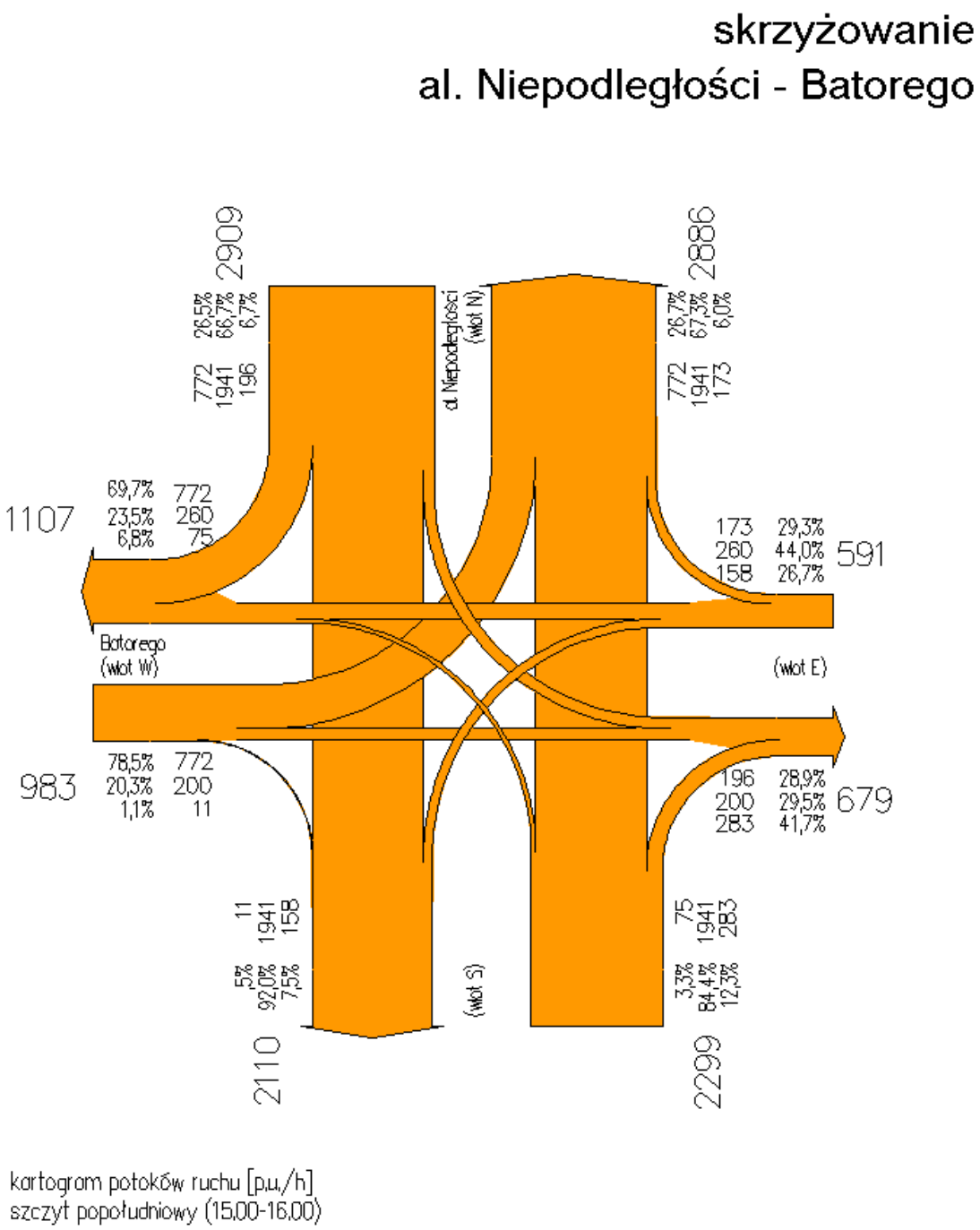
Na skrzyżowaniu z ul. Rakowiecką występuje znaczne obciążenie wlotu wschodniego, na którym obie relacje – w lewo i w prawo – są intensywnie wykorzystywane. Potok ruchu w szczycie wynosi około 400-500 p.u./h dla każdej z nich. Można ponadto stwierdzić stosunkowo duże natężenie ruchu na lewoskręcie północ – wschód wynoszące około 350 p.u./h. Lewoskręt z zachodu na północ jest dość mocno wykorzystywany w szczycie porannym (344 p.u./h), co ma prawdopodobnie związek z niedoborem przepustowości na wschodnim wlocie ul. Batorego, równoległej do ul. Rakowieckiej, i poszukiwaniem alternatywnych tras przez kierowców.

Ze względu na występujące ograniczenia wjazdu do Centrum w analizowanym obszarze nie występuje istotny udział ruchu pojazdów ciężkich (ciężarowych, ciężarowych z przyczepami), nie licząc autobusów. W potoku pojazdów kołowych dominują samochody osobowe i prywatny ruch indywidualny.

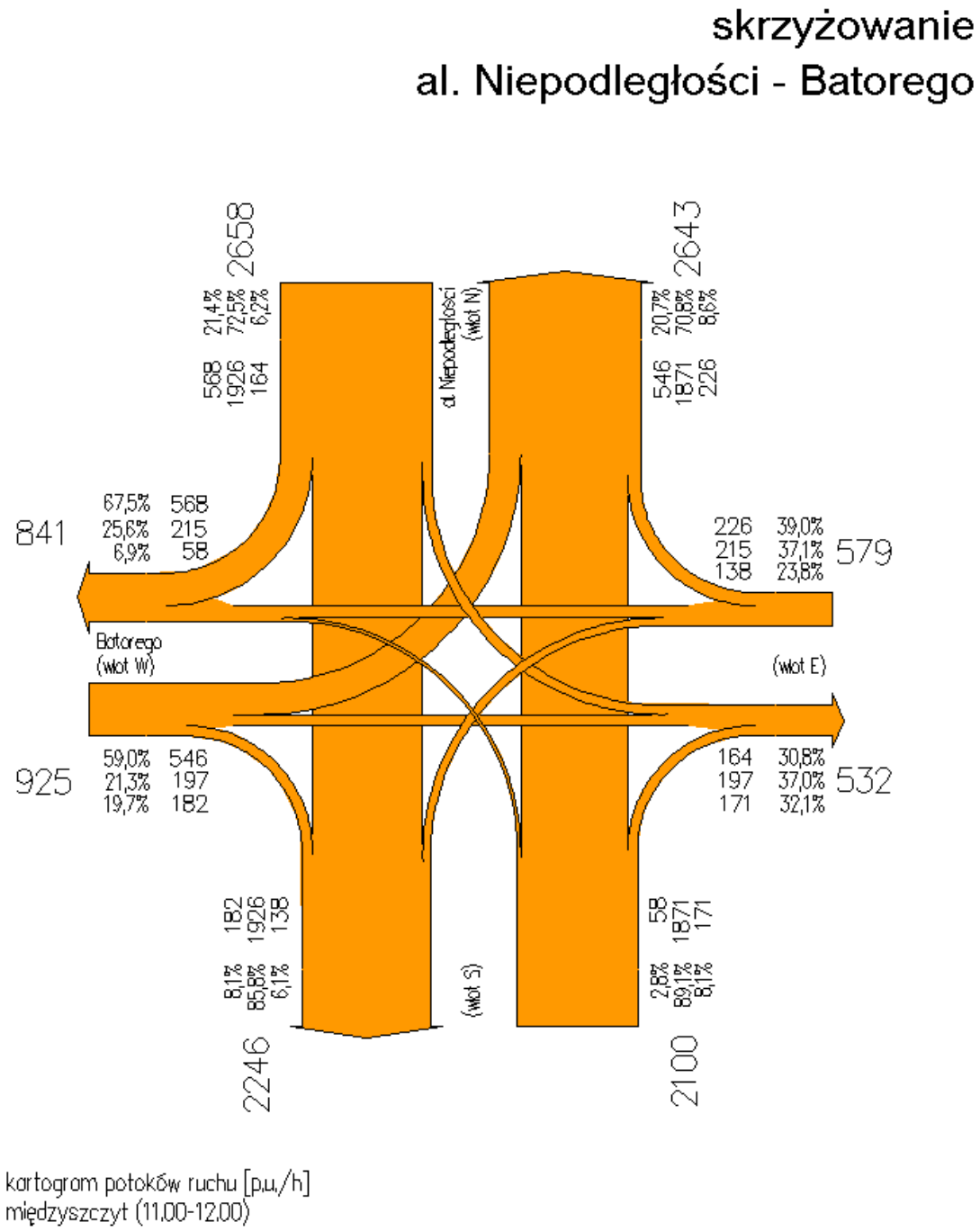
Kartogramy ruchu zamieszczone w niniejszej koncepcji mają charakter szacunkowy. Przed sporządzeniem ostatecznych programów sygnalizacji pomiary należy przeprowadzić ponownie.



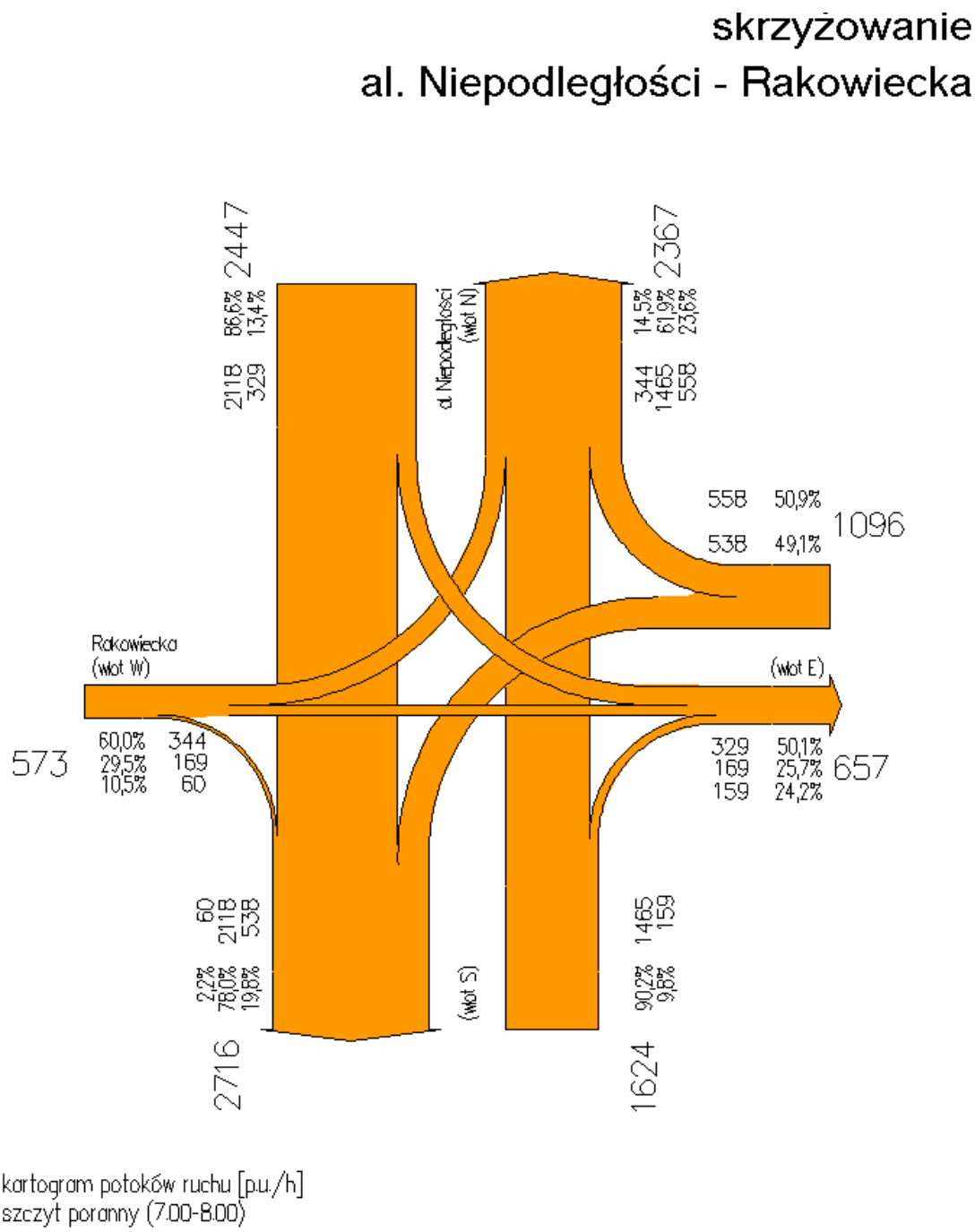
rys. 2. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (szczyt poranny)



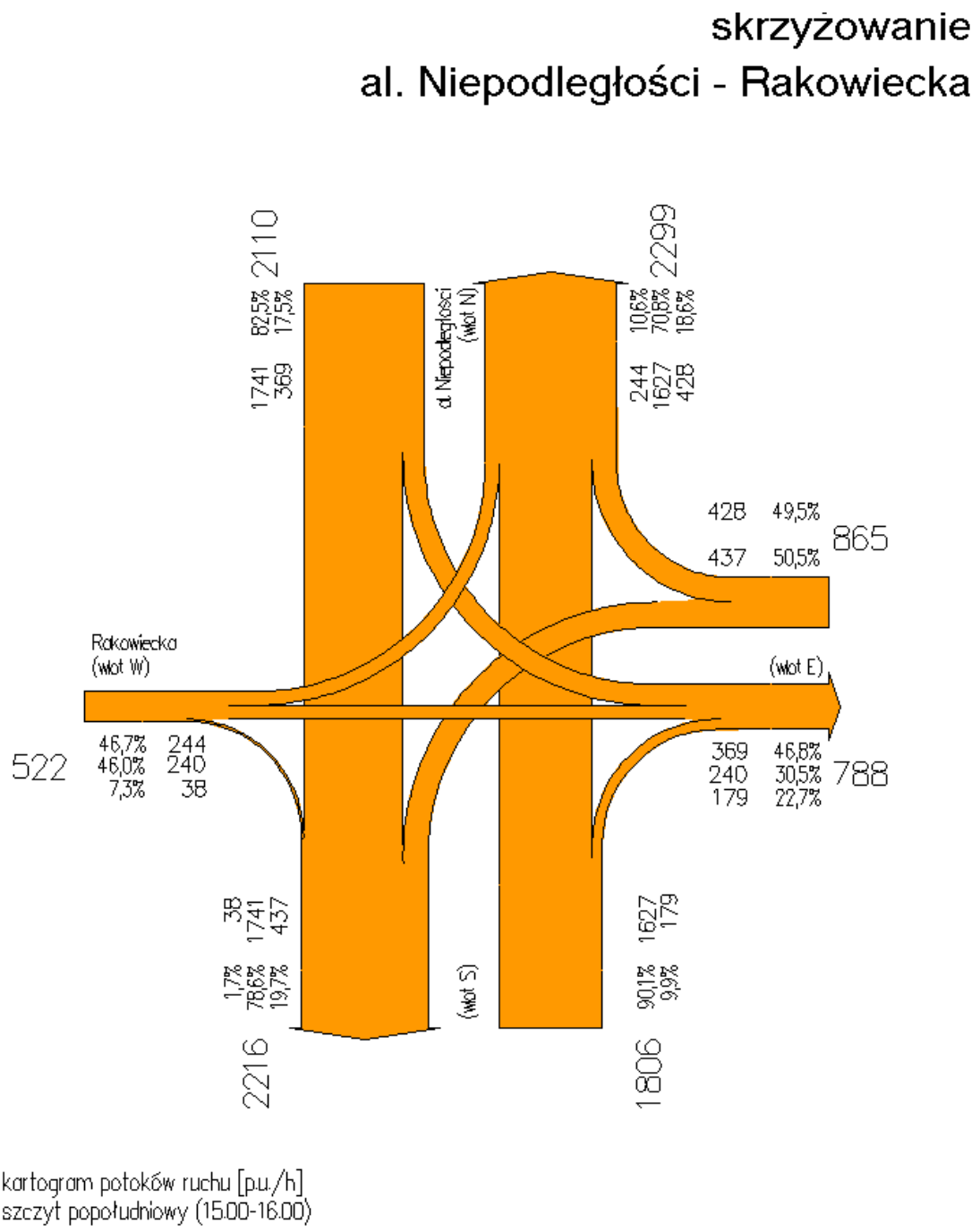
rys. 3. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (szczyt popołudniowy)



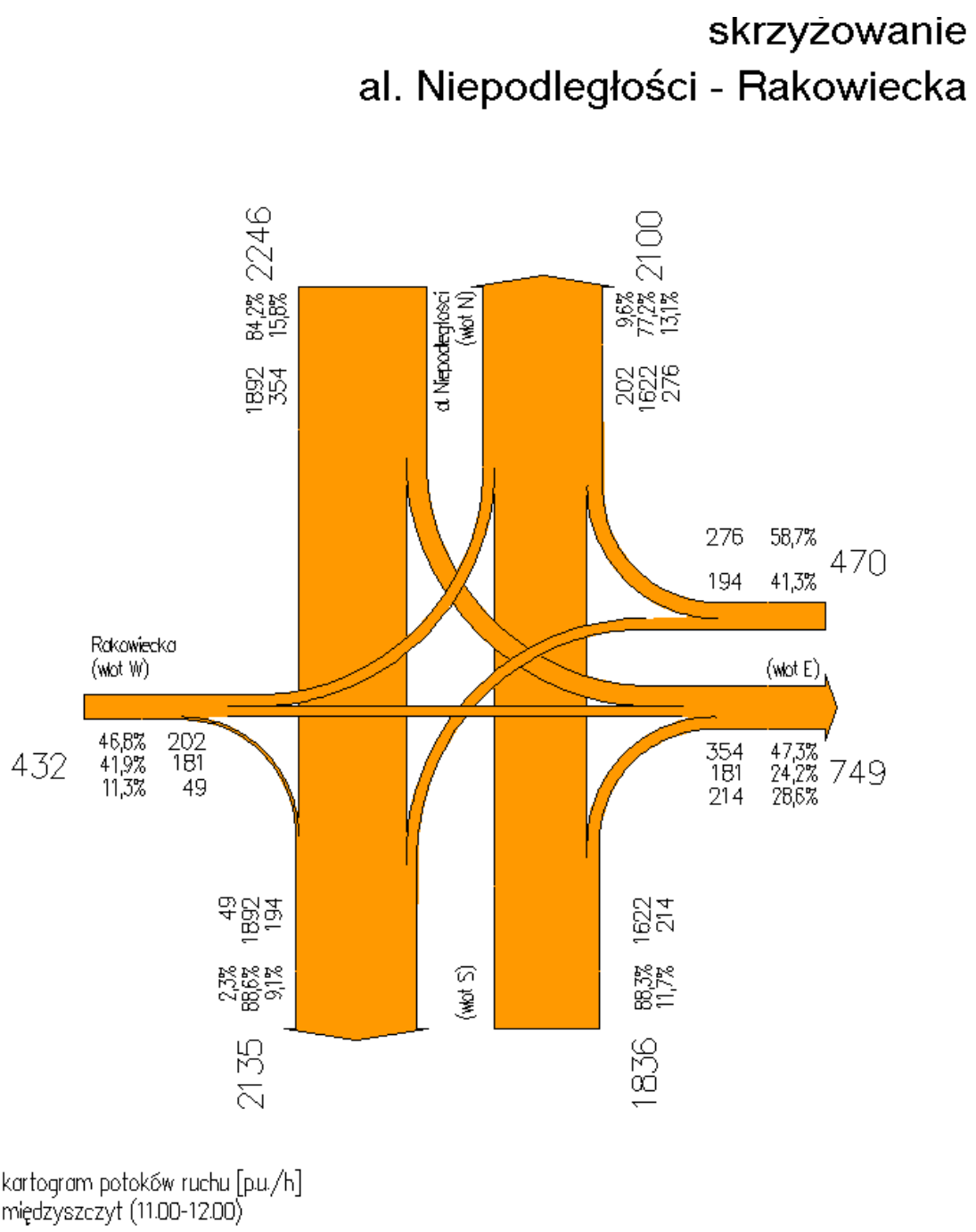
rys. 4. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego (międzyszczyt)



rys. 5. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (szczyt poranny)



rys. 6. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (szczyt popołudniowy)



rys. 7. kartogram potoków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka (międzyszczyt)

3.3. komunikacja zbiorowa

W analizowanym obszarze funkcjonują trzy podsystemy transportu zbiorowego: metro, tramwaj i autobus. Na ciągu al. Niepodległości podstawową rolę odgrywa komunikacja szynowa: metro oraz tramwaje, co jest zgodne z polityką transportową miasta. Autobusy pełnią głównie role uzupełniające: dowożą do stacji metra oraz zapewniają połączenia międzydzielnicowe, w których nie jest dostępna komunikacja szynowa.

Wszystkie środki transportu są bardzo dobrze skomunikowane ze sobą w węźle przesiadkowym zlokalizowanym wokół stacji metra Pole Mokotowskie. Wejścia do stacji usytuowane są po obu stronach al. Niepodległości na północ od ul. Rakowieckiej, a także na peronach tramwajowych na ich obydwu końcach. Nie ma innych dróg dojścia do przystanków tramwajowych, a co za tym idzie nie są one dostępne poprzez przejścia w poziomie terenu.

Komunikację tramwajową w analizowanym rejonie zapewniają linie:

- 16 – trasa: Woronicza – Ratuszowa ZOO,
- 17 – trasa: Służewiec – Zajezdnia Żoliborz,
- 33 – trasa: Kielecka – Metro Młociny.

Wszystkie wymienione linie kursują wspólnie ciągiem: al. Jana Pawła II – Chałubińskiego – al. Niepodległości od ronda Zgrupowania AK „Radosław" do ul. Rakowieckiej. Takty kursowania linii wynoszą:

- linia 16 – szczyt 10 min, międzyszczyt i święto 15 min, wieczór 20 min,
- linia 17 – szczyt 5 min, międzyszczyt i święto 7,5 min, wieczór 10 min,
- linia 33 – szczyt 5 min, międzyszczyt i święto 7,5 min, wieczór 10 min.

Rozkłady jazdy linii 16, 17 i 33 są ze sobą ściśle skoordynowane, a łączna liczba kursów wynosi: 30 w szczycie, 20 w międzyszczycie i w święto oraz 15 wieczorem. W godzinach pozaszczytowych pojawiają się składy wyjeżdżające i zjeżdżające do zajezdni Woronicza.

Sumaryczne potoki pasażerskie w tramwajach zmierzone na przystanku Metro Pole Mokotowskie wynoszą:

- kierunek Centrum – rano: 1800 pas./h, międzyszczyt: 1000 pas./h, po południu: 3100 pas./h
- kierunek Mokotów – rano: 3400 pas./h, międzyszczyt: 1150 pas./h, po południu: 2100 pas./h

Przedstawione wyniki świadczą o znacznym wykorzystaniu komunikacji tramwajowej. Istotną motywacją podróży są przejazdy do pracy i z pracy na Służewcu realizowane głównie linią 17.

3.4. sterowanie ruchem

W analizowanym obszarze na skrzyżowaniach al. Niepodległości z ulicami Batorego i Rakowiecką ruch sterowany jest sygnalizacją świetlną. Pracuje ona według programów stałoczasowych w koordynacji obejmującej południowy odcinek al. Niepodległości.

Według informacji uzyskanych z Zarządu Dróg Miejskich na skrzyżowaniu z ul. Batorego formalnie funkcjonują 4 programy stałoczasowe. Trzy z nich są jednak identyczne – mają długość cyklu 104s, a różnią się jedynie offsetem. W godzinach nocnych realizowany jest program o długości cyklu wynoszącej 90s.

Aktualnie obowiązujący projekt sygnalizacji świetlnej na skrzyżowanie z ul. Batorego zatwierdzony został 30.12.2004 r., a na skrzyżowanie z ul. Rakowiecką – 6.07.2000 r. Żaden z nich nie spełnia wszystkich wymagań stawianych przez *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* zwanego dalej *Rozporządzeniem*. W celu dostosowania do obowiązujących przepisów konieczne jest wprowadzenie zmian w składzie podstawowych faz ruchu poprzez wydzielenie niektórych lewoskrętów. Należy również dostosować programy do wymagań formalnych (m.in. długości sygnałów żółtego i żółto-czerwonego).

- analiza sterowania na skrzyżowaniu al. Niepodległości / Batorego:

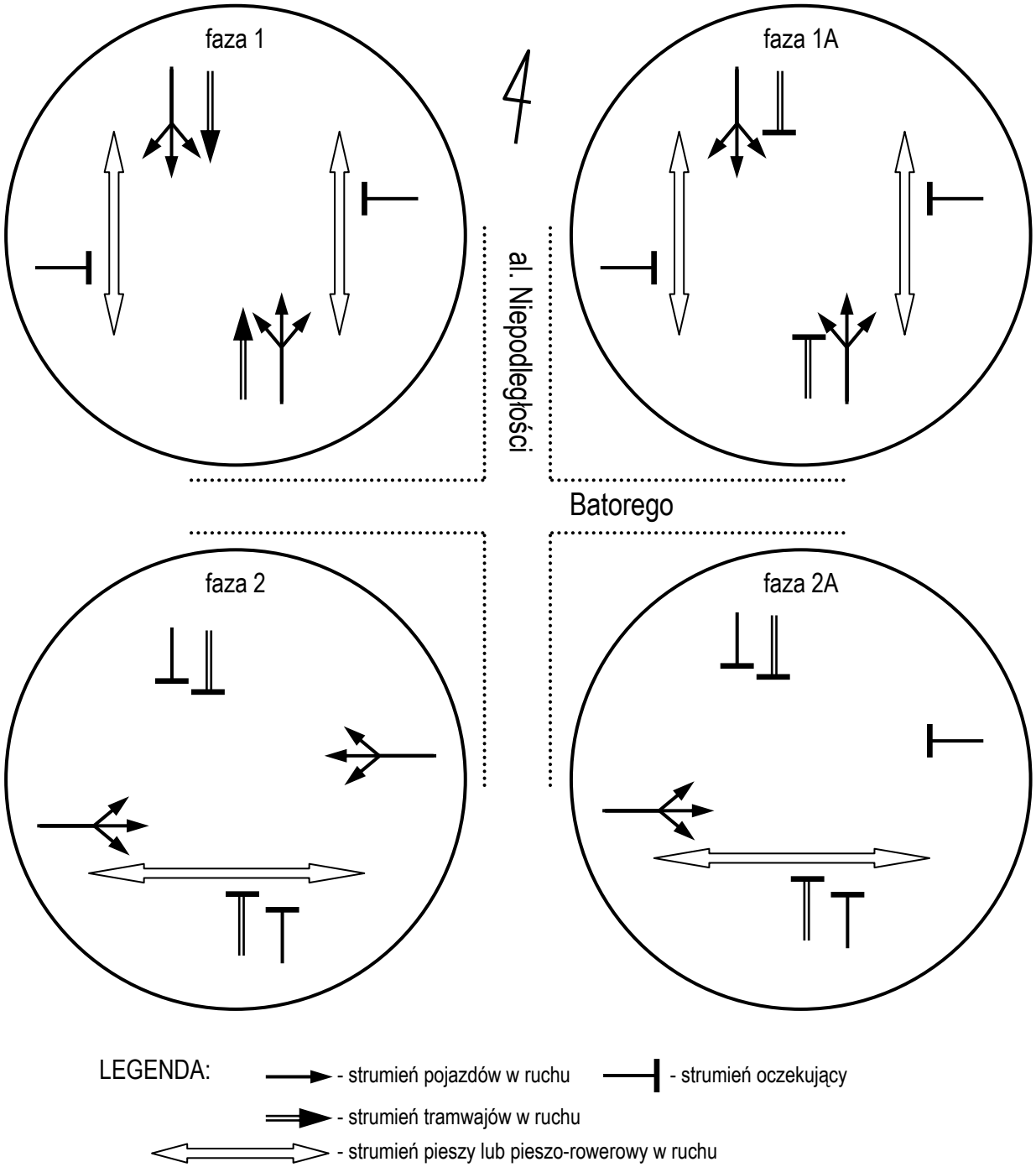
Program sygnalizacji składa się z 4 faz. W fazie 1 obsługiwany jest kierunek główny al. Niepodległości, ruch tramwajowy oraz przejścia dla pieszych i przejazdy rowerowe przez ul. Batorego. Lewoskręty obsługiwane są współbieżnie ze strumieniem pojazdów w relacji na wprost oraz tramwajami. Jako kolejna realizowana jest podfaza 1A, w której nie odbywa się ruch tramwajowy.

Ze względu na przyjęty sposób obsługi lewoskrętów **często dochodzi do przypadków blokowania torowiska przez pojazdy oczekujące na możliwość wykonania manewru. Ponadto występuje zwiększona wypadkowość** – rocznie w latach 2008 i 2009 miało miejsce 15 zdarzeń z udziałem tramwajów (dane TW).

Na przedmiotowym skrzyżowaniu sposób rozwiązania kolizji z pojazdami skręcającymi w lewo jest bardzo niekorzystny dla tramwajów. Sygnał zezwalający dla tramwajów jest skrócony – jak w przypadku wydzielonego lewoskrętu – a zarazem nie ma zagwarantowanej bezkolizyjności relacji tramwajowych.

Obsługa ul. Batorego odbywa się także w dwóch fazach. W fazie 2 sygnał zezwalający otrzymują strumienie kołowe na obu wlotach oraz piesi i rowerzyści. Po niej następuje podfaza 2A, w której lewoskręt na wlocie zachodnim obsługiwany jest bezkolizyjnie. W czasie wizji w terenie stwierdzono ryzykowne zachowania kierowców skręcających w lewo na zasadach ogólnych (na wlocie zachodnim ul. Batorego z 2 pasów ruchu), co wpływa na niski poziom BRD.

Struktura programu obowiązującego na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego została przedstawiona na rys. 8 poniżej.



rys. 8. istniejąca struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego

W czasie wizji w terenie zidentyfikowano rozbieżność pomiędzy zatwierdzoną, a faktycznie przestrzeganą przez kierowców organizacją ruchu.

Sytuacja taka ma miejsce na wlocie południowym al. Niepodległości na skrzyżowanie z ul. Batorego. Zgodnie z obowiązującym i występującym w terenie oznakowaniem pionowym, znak uzupełniający F-10 określa następujące kierunki na poszczególnych pasach ruchu na wlocie (licząc od prawej strony):

- pas nr 1 – w prawo i autobus – prosto
  (dodatkowa relacja dla pojazdów komunikacji zbiorowej),
- pas nr 2 – prosto,
- pas nr 3 – prosto,
- pas nr 4 – w lewo.

Oznakowanie poziome wskazuje jedynie, że pas nr 4 umożliwia skręt w lewo. Na pozostałych pasach nie umieszczono strzałek kierunkowych (z grupy P-8). Jednakże *Rozporządzenie* stanowi, że *strzałki umieszczone na znaku F-10 powinny odpowiadać w pełni przyjętej organizacji ruchu i być w pełni zgodne z odpowiadającymi im strzałkami kierunkowymi na jezdni.* Rozbieżność pomiędzy oznakowaniem pionowym i poziomym stanowi przypuszczalnie główną przyczynę, dla której jadący prosto kierowcy korzystają z 3 pasów ruchu. Obserwowane zachowania prowadzących pojazdy są związane także z występującą kongestią, skłaniającą do bardziej agresywnej jazdy na pograniczu przestrzegania przepisów. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że na wylocie skrzyżowania można kontynuować ruch po 3 pasach. Pas prawy przechodzi w wydzielony pas dla autobusów dopiero w pewnej odległości od skrzyżowania (ok. 70m), co dodatkowo skłania do korzystania z 3, a nie z 2 pasów do jazdy na wprost na wlocie.

Opisana wyżej sytuacja stwarza także pewne problemy w czasie analizy warunków ruchu. Powstaje pytanie, jaką należy przyjąć strukturę kierunkową na pasach ruchu do oceny efektywności sygnalizacji świetlnej, oszacowania przepustowości, strat czasu, itp. Wyłączenie jednego pasa ruchu dla najbardziej obciążonej relacji ma istotny wpływ na powyższe wskaźniki. Ponadto inaczej może funkcjonować koordynacja sygnalizacji świetlnych, zwłaszcza że skrzyżowania al. Niepodległości z ulicami Batorego i Rakowiecką położone są w niewielkiej odległości.

Wychodząc z założenia, że celem niniejszego opracowania jest ocena wpływu uprzywilejowania komunikacji tramwajowej na istniejące warunki ruchu do analiz przyjęto stan faktyczny obserwowany w terenie. Przyjęcie jako punktu odniesienia teoretycznie zatwierdzonej, lecz w ograniczonym stopniu przestrzeganej, organizacji ruchu mogłoby doprowadzić do błędnych wniosków. Obliczenia dla takiej struktury kierunkowej pasów zostały także przeprowadzone, lecz jedynie dla celów porównawczych.

Wyniki analizy przepustowości na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego, wykonanej dla stanu istniejącego (faktycznego) zamieszczono na rys. 9 (szczyt poranny), rys. 10 (szczyt popołudniowy) i rys. 11 (międzyszczyt).

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0

Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 100.0
Int. v/c Ratio: 1.31
Int. Delay: 96.8
Int. LOS: F

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	561	195	19	95	290	233	31	2157	134	176	2333	638		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm			Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1			1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1		1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0		25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0		62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0		6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max		Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0			59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57			0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.70	0.54			1.64	1.23	0.48	0.90			2.76dl	0.61		
Percentile Signal Delay (s)	32.8	28.1			225.7	139.5	9.8	7.7			200.1	2.1		
Level of Service	C	C			F	F	A	A			F	A		
Queue Length 50th (m)	55.9	47.4			~69.6	~65.3	1.8	36.7			~305.8	8.5		
Queue Length 95th (m)	86.3	64.0			#101.6	#117.5	m1.8	m36.0			#335.3	29.2		
Queuing Penalty	16	0			0	21	0	0			0	0		
Stops (vph)	214	358			950	426	14	698			5807	72		
Fuel Used (l/hr)	23	39			102	43	1	54			603	25		
Dilemma Vehicles (#/hr)	14	24			12	8	1	53			79	31		

ř1 62 s | ř6 16 s | ř4 26 s | ř3 42 s

rys. 9. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0

Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 100.0
Int. v/c Ratio: 1.23
Int. Delay: 75.6
Int. LOS: E

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	772	200	11	158	260	176	75	1942	283	196	1941	772		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm			Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1			1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1		1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0		25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0		62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0		6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max		Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0			59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57			0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.97	0.93dl			2.48dl	0.96	1.17	0.88			3.07dl	0.74		
Percentile Signal Delay (s)	64.0	30.1			225.5	84.3	106.4	24.4			138.5	3.9		
Level of Service	E	C			F	F	F	C			F	A		
Queue Length 50th (m)	84.6	59.8			~75.5	40.3	~20.6	110.9			~237.4	20.1		
Queue Length 95th (m)	#168.9	79.0			#108.7	#86.3	m#20.1	m103.2			#267.8	65.3		
Queuing Penalty	80	15			8	0	0	316			0	0		
Stops (vph)	379	453			1029	241	91	1771			3905	168		
Fuel Used (l/hr)	43	48			111	23	9	106			389	33		
Dilemma Vehicles (#/hr)	17	29			13	7	4	204			79	37		

ř1 62 s | ř6 16 s | ř4 26 s | ř3 42 s

rys. 10. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0

Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.13
Int. Delay: 69.7
Int. LOS: E

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	546	197	182	138	215	226	58	1871	171	164	1926	568		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm			Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1			1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1		1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0		25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0		62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0		6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max		Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0			59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57			0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.70	0.71			2.15dl	1.17	0.90	0.80			2.56dl	0.54		
Percentile Signal Delay (s)	32.5	30.1			172.9	124.7	88.6	16.9			133.4	1.0		
Level of Service	C	C			F	F	F	B			F	A		
Queue Length 50th (m)	57.5	65.3			~58.2	~59.7	7.8	88.0			~230.2	0.0		
Queue Length 95th (m)	88.4	86.0			#89.6	#110.9	m8.6	m70.2			#260.6	14.1		
Queuing Penalty	23	18			0	16	0	0			0	0		
Stops (vph)	220	494			706	381	57	1411			3731	28		
Fuel Used (l/hr)	24	51			76	39	6	80			370	21		
Dilemma Vehicles (#/hr)	14	31			12	8	4	203			78	27		

ř1 62 s | ř6 16 s | ř4 26 s | ř3 42 s

rys. 11. faktyczne warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie istniejącym

Warunki ruchu panujące na skrzyżowaniu al. Niepodległości / Batorego można uznać za złe. Skrzyżowanie jest przeciążone przez większość dnia. Analiza wskazuje na bardzo duży niedobór przepustowości w relacjach skrętnych, które odbywają się na zasadach ogólnych (stosunek natężenia ruchu do przepustowości znacznie przewyższa wartość 1). Dotyczy to zwłaszcza wlotu północnego, gdzie nie ma osobnego pasa do skrętu w lewo – pełni on jednak de facto rolę pasa wydzielonego. Dla całego skrzyżowania stosunek natężenia ruchu do przepustowości oraz strat czasu na pojazd wynosi: rano $\frac{v}{c}$=1,31, delay=96,8s; po południu $\frac{v}{c}$=1,23, delay=76,1s; międzyszczyt $\frac{v}{c}$=1,13, delay=69,7s. Poziom swobody ruchu wynosi F rano i E w pozostałych okresach analizy.

W trakcie wizji w terenie stwierdzono, że warunki ruchu na skrzyżowaniu są nieco lepsze, niż wskazuje program Synchro. Jest to spowodowane głównie agresywnym, ryzykownym stylem jazdy kierowców, którzy wykonują manewry skrętu. Ze względu na praktyczny brak możliwości skrętu w lukach nasyconego strumienia przeciwbieżnego, kierowcy starają się wykorzystać maksymalnie powierzchnię skrzyżowania. W rezultacie **zdarzają się częste przypadki blokowania torowiska tramwajowego oraz spóźnione ewakuacje przed dojazdem strumienia kolizyjnego pojazdów z obu wlotów ul. Batorego**. Poziom BRD należy ocenić jako niski.

Wyniki analizy przepustowości na tym samym skrzyżowaniu dla zatwierdzonej organizacji ruchu (dwa pasy na wprost na wlocie płd.) zamieszczono na rys. 12 (szczyt poranny), rys. 13 (szczyt popołudniowy) i rys. 14 (międzyszczyt).

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0

Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.31
Int. Delay: 125.2
Int. LOS: F

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	561	195	19	95	290	233	31	2157	134	176	2333	638		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm		Perm	Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1		1	1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1	1	1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0	59.0		59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57	0.57		0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.70	0.54			1.64	1.22	0.48	1.21	0.16		2.76dl	0.61		
Percentile Signal Delay (s)	32.8	28.1			225.7	138.0	9.8	100.5	1.6		198.6	2.1		
Level of Service	C	C			F	F	A	F	A		F	A		
Queue Length 50th (m)	55.9	47.4			~69.6	~64.9	1.8	~334.2	0.0		~305.2	8.5		
Queue Length 95th (m)	86.3	64.0			#101.6	#117.1	m1.8	#309.0	m0.0		#334.6	29.2		
Queuing Penalty	16	0			0	21	0	1005	0		0	0		
Stops (vph)	214	358			950	423	14	3125	17		5777	72		
Fuel Used (l/hr)	23	39			102	43	1	260	2		599	25		
Dilemma Vehicles (#/hr)	14	24			12	8	1	40	3		79	31		

ř1 62 s | ř6 16 s | ř4 26 s | ř3 42 s

rys. 12. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0

Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 110.0
Int. v/c Ratio: 1.23
Int. Delay: 87.6
Int. LOS: F

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	772	200	11	158	260	176	75	1942	283	196	1941	772		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm		Perm	Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1		1	1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1	1	1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0	59.0		59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57	0.57		0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.97	0.93dl			2.48dl	0.96	1.17	1.09	0.33		3.07dl	0.74		
Percentile Signal Delay (s)	64.0	30.1			225.5	84.3	144.5	70.1	11.4		135.5	3.9		
Level of Service	E	C			F	F	F	E	B		F	A		
Queue Length 50th (m)	84.6	59.8			~75.5	40.3	~20.6	~265.2	25.2		~236.2	20.1		
Queue Length 95th (m)	#168.9	79.0			#108.7	#86.3	m#20.1	#249.2	m24.7		#266.7	65.3		
Queuing Penalty	80	15			8	0	0	1236	0		0	0		
Stops (vph)	379	453			1029	241	118	2101	185		3854	168		
Fuel Used (l/hr)	43	48			111	23	12	173	10		383	33		
Dilemma Vehicles (#/hr)	17	29			13	7	4	161	26		80	37		

ř1 62 s | ř6 16 s | ř4 26 s | ř3 42 s

rys. 13. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.12
Int. Delay: 79.0
Int. LOS: E

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1 - NBSB
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	546	197	182	138	215	226	58	1871	171	164	1926	568		
Turn Type	Pm+Pt			Perm		Perm	Perm		Perm	Perm		Perm		
Protected Phases	4	3			6			1			1			
Permitted Phases	3			6		6	1		1	1		1		
Detector Phases	4	3		6	6	6	1	1	1	1	1	1		
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Minimum Split (s)	20.0	25.0		15.0	15.0	15.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0		
Total Split (s)	26.0	42.0		16.0	16.0	16.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0		
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
All-Red Time (s)	6.0	6.0		0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0		
Lead/Lag	Lag			Lead	Lead	Lead								
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes			Yes	Yes	Yes								
Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	39.0	39.0			13.0	13.0	59.0	59.0	59.0		59.0	59.0		
Actuated g/C Ratio	0.38	0.38			0.13	0.13	0.57	0.57	0.57		0.57	0.57		
Volume to Capacity Ratio	0.70	0.71			2.15dl	1.17	0.90	1.05	0.20		2.56dl	0.54		
Percentile Signal Delay (s)	32.5	30.1			172.9	124.7	88.6	53.1	7.4		129.4	1.0		
Level of Service	C	C			F	F	F	D	A		F	A		
Queue Length 50th (m)	57.5	65.3			~58.2	~59.7	7.8	~244.8	5.6		~228.7	0.0		
Queue Length 95th (m)	88.4	86.0			#89.6	#110.9	m8.6	#135.9	m5.3		#259.2	14.1		
Queuing Penalty	23	18			0	16	0	999	0		0	0		
Stops (vph)	220	494			706	381	57	1486	67		3668	28		
Fuel Used (l/hr)	24	51			76	39	6	130	4		362	21		
Dilemma Vehicles (#/hr)	14	31			12	8	4	173	17		79	27		

φ1 62 s | φ6 16 s | φ4 26 s | φ3 42 s

rys. 14. oczekiwane warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie istniejącym

Przy założeniu pełnego respektowania przez kierowców organizacji ruchu na południowym wlocie al. Niepodległości, warunki ruchu na skrzyżowaniu ulegają dalszemu pogorszeniu. Wyżej wymieniony wlot południowy jest cały czas przeciążony. Stosunek natężenia ruchu do przepustowości w grupie pasów na wprost wynosi: rano $\frac{v}{c}$= 1,21; po południu $\frac{v}{c}$=1,09; w międzyszczycie $\frac{v}{c}$=1,05. W takiej sytuacji należy oczekiwać zablokowania odcinka al. Niepodległości pomiędzy ul. Rakowiecką a ul. Batorego. Należy zwrócić uwagę na fakt, że kolejka pojazdów może rozlewać się na poprzednie ulice i utrudnić autobusom dojazd do przystanku Metro Pole Mokotowskie oraz przejazd przez skrzyżowanie z ul. Batorego. Dodatkowe straty czasu mogą przewyższyć korzyść z wyższego uprzywilejowania autobusów na samym skrzyżowaniu.

Dla całego skrzyżowania stosunek natężenia ruchu do przepustowości oraz strat czasu na pojazd wynosi: rano $\frac{v}{c}$=1,31, delay=125,2s; po południu $\frac{v}{c}$=1,23, delay=87,6s; międzyszczyt $\frac{v}{c}$=1,12, delay=79,7s. Poziom swobody ruchu w szczytach jest równy F, a w międzyszczycie – E.

- analiza sterowania na skrzyżowaniu al. Niepodległości / Rakowiecka:

Program sygnalizacji składa się z 4 faz. Liczba i skład faz ma podstawowy związek z tym, że zachodni wlot ul. Rakowieckiej jest jednokierunkowy (do al. Niepodległości).

W fazie 1 programu obsługiwany jest kierunek główny al. Niepodległości oraz przejścia dla pieszych przez ul. Rakowiecką. Lewoskręt z wlotu północnego obsługiwany jest współbieżnie ze strumieniem pojazdów w relacji na wprost. W celu ułatwienia tego manewru wprowadzone jest krótka podfaza 1A, w której pojazdy na wlocie południowym otrzymują sygnał zabraniający.

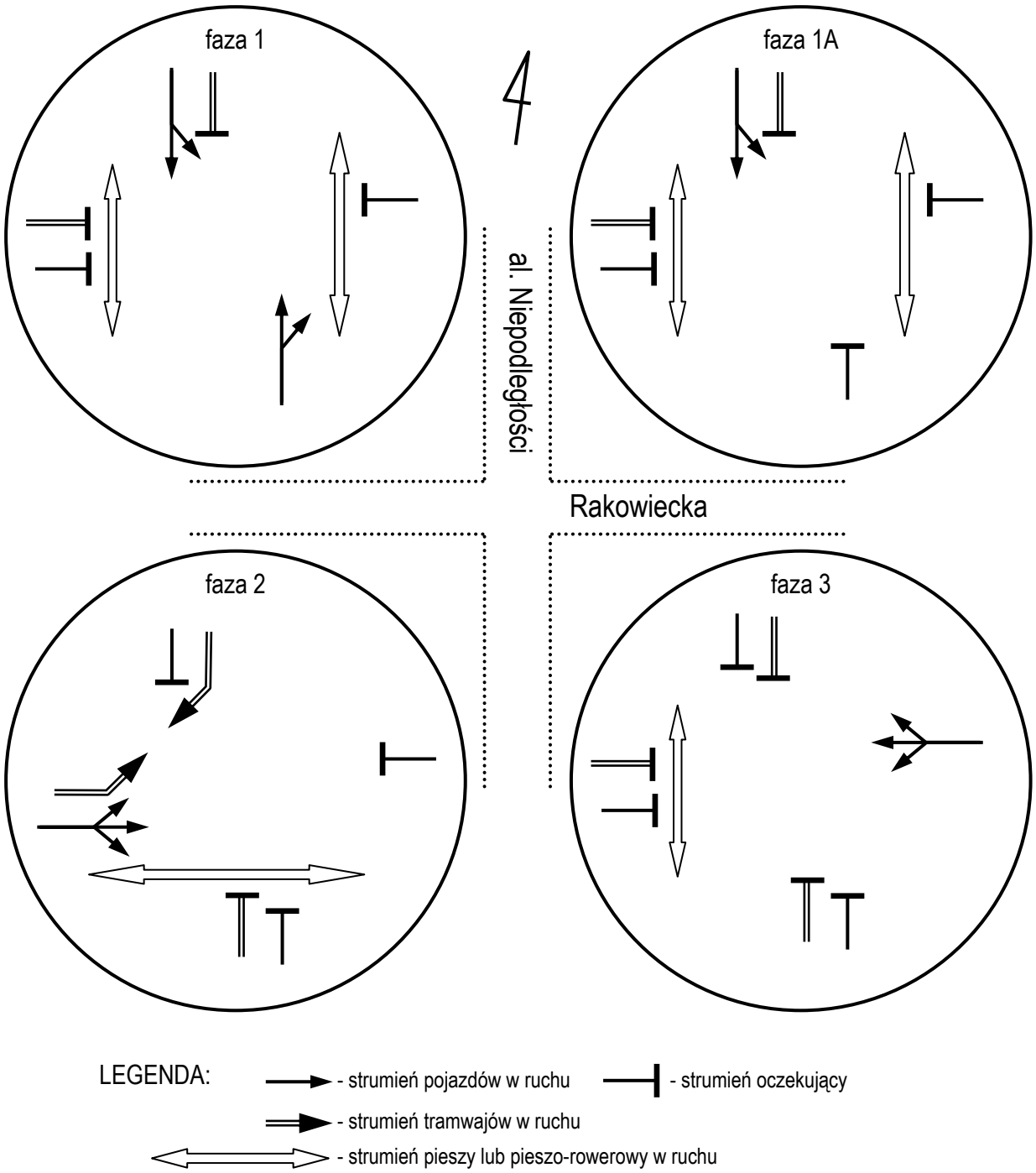
Usytuowanie południowej klatki schodowej na peronie tramwajowym w kierunku Mokotowa negatywnie wpływa na geometrię północnego wlotu al. Niepodległości. Wydzielony pas do skrętu w lewo jest zbyt krótki (około 25m – zob. rys. 15), by zapewnić akumulację kolejki pojazdów powstającej w czasie trwania sygnału zabraniającego. Skutkuje to blokowaniem pasa sąsiedniego, z którego odbywa się ruch na wprost.

rys. 15. krótki pas wydzielony do skrętu w lewo na północnym wlocie al. Niepodległości na skrzyżowanie z ul. Rakowiecką

W fazie 2 realizowana jest obsługa zachodniego wlotu ul. Rakowieckiej, przejścia dla pieszych przez południowe ramię skrzyżowania oraz strumieni tramwajowych. W fazie 3 sygnał zezwalający podawany jest grupom kołowym na wschodnim wlocie ul. Rakowieckiej. Mimo istnienia możliwości kontynuacji wyświetlania sygnału zezwalającego dla tramwajów w fazie 3, realizowana jest obsługa przejścia dla pieszych przez zachodnie ramię skrzyżowania. Tramwaj otrzymuje sygnał zezwalający od długości 10-12s, a mógłby mieć ponad dwukrotnie dłuższy (ponad 30s).

Przyjęty skład fazy 4, w którym pominięto grupy tramwajowe na rzecz grupy pieszej obsługiwanej wraz z kierunkiem głównym (bardzo długi sygnał zezwalający) jest niekorzystny dla użytkowników komunikacji tramwajowej. Powoduje niepotrzebne zwiększenie strat czasu, nie przynosząc w zamian żadnych istotnych korzyści, przez co generuje dodatkowe koszty społeczne.

Struktura programu obowiązującego na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka została przedstawiona na rys. 16 poniżej.



rys. 16. istniejąca struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka

Wyniki analizy przepustowości na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka, wykonanej dla stanu istniejącego (faktycznego) zamieszczono na rys. 17 (szczyt poranny), rys. 18 (szczyt popołudniowy) i rys. 19 (międzyszczyt).

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 100.0
Int. v/c Ratio: 1.49
Int. Delay: 65.3
Int. LOS: E

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 97.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
☐ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	344	169	60	630	0	558	0	1465	159	329	2118	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Pm+Pt				
Protected Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Permitted Phases										1				
Detector Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0		5.0		5.0		4.0	5.0			
Minimum Split (s)	20.0	20.0		13.0		13.0		9.0		12.0	13.0			
Total Split (s)	24.0	24.0		24.0		24.0		44.0		12.0	56.0			
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0		4.0		4.0		4.0	4.0			
All-Red Time (s)	8.0	8.0		4.0		4.0		0.0		4.0	4.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Yes		Yes				
Recall Mode	Max	Max		Max		Max		Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)	21.0	21.0		21.0		21.0		41.0		53.0	53.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.20		0.20		0.20		0.39		0.51	0.51			
Volume to Capacity Ratio	0.93	0.94		1.02		1.57		0.92		1.74	0.92			
Percentile Signal Delay (s)	65.9	67.2		72.9		209.0		26.9		216.6	30.7			
Level of Service	E	E		E		F		C		F	C			
Queue Length 50th (m)	69.7	71.1		~81.9		~171.9		64.6		~101.9	132.8			
Queue Length 95th (m)	#126.0	#129.3		#118.5		#242.2		#82.0		m#49.9	m88.6			
Queuing Penalty	0	0		171		0		0		379	156			
Stops (vph)	306	404		733		1267		788		839	1474			
Fuel Used (l/hr)	31	34		69		134		94		81	130			
Dilemma Vehicles (#/hr)	12	13		28		17		92		15	166			

ř2 44 s | ř3 12 s | ř4 24 s | ř5 24 s | ř1 56 s

rys. 17. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka rano w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 110.0
Int. v/c Ratio: 1.50
Int. Delay: 56.1
Int. LOS: E

☑ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 20.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
☐ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	244	240	38	437	0	428	0	1627	179	369	1741	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Pm+Pt				
Protected Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Permitted Phases										1				
Detector Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0		5.0		5.0		4.0	5.0			
Minimum Split (s)	20.0	20.0		13.0		13.0		9.0		12.0	13.0			
Total Split (s)	24.0	24.0		24.0		24.0		44.0		12.0	56.0			
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0		4.0		4.0		4.0	4.0			
All-Red Time (s)	8.0	8.0		4.0		4.0		0.0		4.0	4.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Yes		Yes				
Recall Mode	Max	Max		Max		Max		Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)	21.0	21.0		21.0		21.0		41.0		53.0	53.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.20		0.20		0.20		0.39		0.51	0.51			
Volume to Capacity Ratio	0.81	0.88		0.71		1.16		1.02		1.95	0.75			
Percentile Signal Delay (s)	47.6	54.0		39.0		105.7		61.0		207.9	12.4			
Level of Service	D	D		D		F		E		F	B			
Queue Length 50th (m)	58.3	66.2		50.0		~99.6		~142.4		~121.7	42.5			
Queue Length 95th (m)	#102.6	#118.7		68.0		#164.0		#171.5		m#80.2	m32.6			
Queuing Penalty	0	0		65		0		196		498	10			
Stops (vph)	233	280		396		563		2358		833	675			
Fuel Used (l/hr)	23	27		34		59		186		86	71			
Dilemma Vehicles (#/hr)	11	12		21		17		151		14	135			

ř2 44 s | ř3 12 s | ř4 24 s | ř5 24 s | ř1 56 s

rys. 18. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka po południu w stanie istniejącym

Options

Controller Type: Pretimed

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 100.0
Int. v/c Ratio: 1.32
Int. Delay: 55.1
Int. LOS: E

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 9.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	202	181	49	194	0	276	0	1622	214	354	1892	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Pm+Pt				
Protected Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Permitted Phases										1				
Detector Phases	4	4		5		5		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0		5.0		5.0		4.0	5.0			
Minimum Split (s)	20.0	20.0		13.0		13.0		9.0		12.0	13.0			
Total Split (s)	24.0	24.0		24.0		24.0		44.0		12.0	56.0			
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0		4.0		4.0		4.0	4.0			
All-Red Time (s)	8.0	8.0		4.0		4.0		0.0		4.0	4.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Yes		Yes				
Recall Mode	Max	Max		Max		Max		Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)	21.0	21.0		21.0		21.0		41.0		53.0	53.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.20		0.20		0.20		0.39		0.51	0.51			
Volume to Capacity Ratio	0.67	0.72		0.31		0.73		1.04		1.87	0.82			
Percentile Signal Delay (s)	39.2	40.1		35.7		24.4		64.8		245.2	20.1			
Level of Service	D	D		D		C		E		F	C			
Queue Length 50th (m)	46.6	51.3		20.3		35.6		~142.9		~114.4	83.1			
Queue Length 95th (m)	74.7	#88.3		31.3		#73.5		#208.6		m#84.9	m66.8			
Queuing Penalty	0	0		0		0		177		492	161			
Stops (vph)	184	234		163		155		2136		963	1081			
Fuel Used (l/hr)	17	20		14		16		188		96	96			
Dilemma Vehicles (#/hr)	10	11		9		13		9		14	137			

ř2	ř3	ř4	ř5
44 s	12 s	24 s	24 s
ř1			
56 s			

rys. 19. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka w międzyszczycie w stanie istniejącym

Warunki ruchu panujące na skrzyżowaniu al. Niepodległości / Rakowiecka są przez większość dnia złe, choć nieco lepsze niż na wcześniej analizowanym skrzyżowaniu z ul. Batorego.

Przeciążeniu ulega przede wszystkim lewoskręt w relacji północ-wschód oraz w szczycie porannym wschodni wlot ul. Rakowieckiej. Pozostałe relacje także pracują w pobliżu stanu przeciążenia. Wizja w terenie wskazuje na nieco lepsze warunki ruchu w relacji skrętnej wschód-północ ni wskazuje program Synchro.

Dla całego skrzyżowania stosunek natężenia ruchu do przepustowości oraz strat czasu na pojazd wynosi: rano $\frac{v}{c}$=1,49, delay=65,3s; po południu $\frac{v}{c}$=1,50, delay=56,1s; międzyszczyt $\frac{v}{c}$=1,32, delay=55,1s. Poziom swobody ruchu wynosi w każdym przypadku E.

Koordynacje sygnalizacji odwzorowano w programie Synchro na wykresach droga-czas obrazujących wiązki koordynacyjne oraz trajektorie pojazdów. Do stworzenia tych wykresów wykorzystano istniejące programy sygnalizacji.

W celu naniesienia na te rysunki wiązek koordynacyjnych dla tramwajów wyznaczono normatywne trajektorie składów. Obliczono je w oparciu o pomierzony czas przejazdu składu, nieuwzględniający strat w sterowaniu. Odcinki pomiarowe (zob. rys. 20) wyznaczają kolejne linie zatrzymania na wlotach skrzyżowań sterowanych. Moment przekroczenia odcinka pomiarowego następuje z chwila wjazdu na skrzyżowanie.

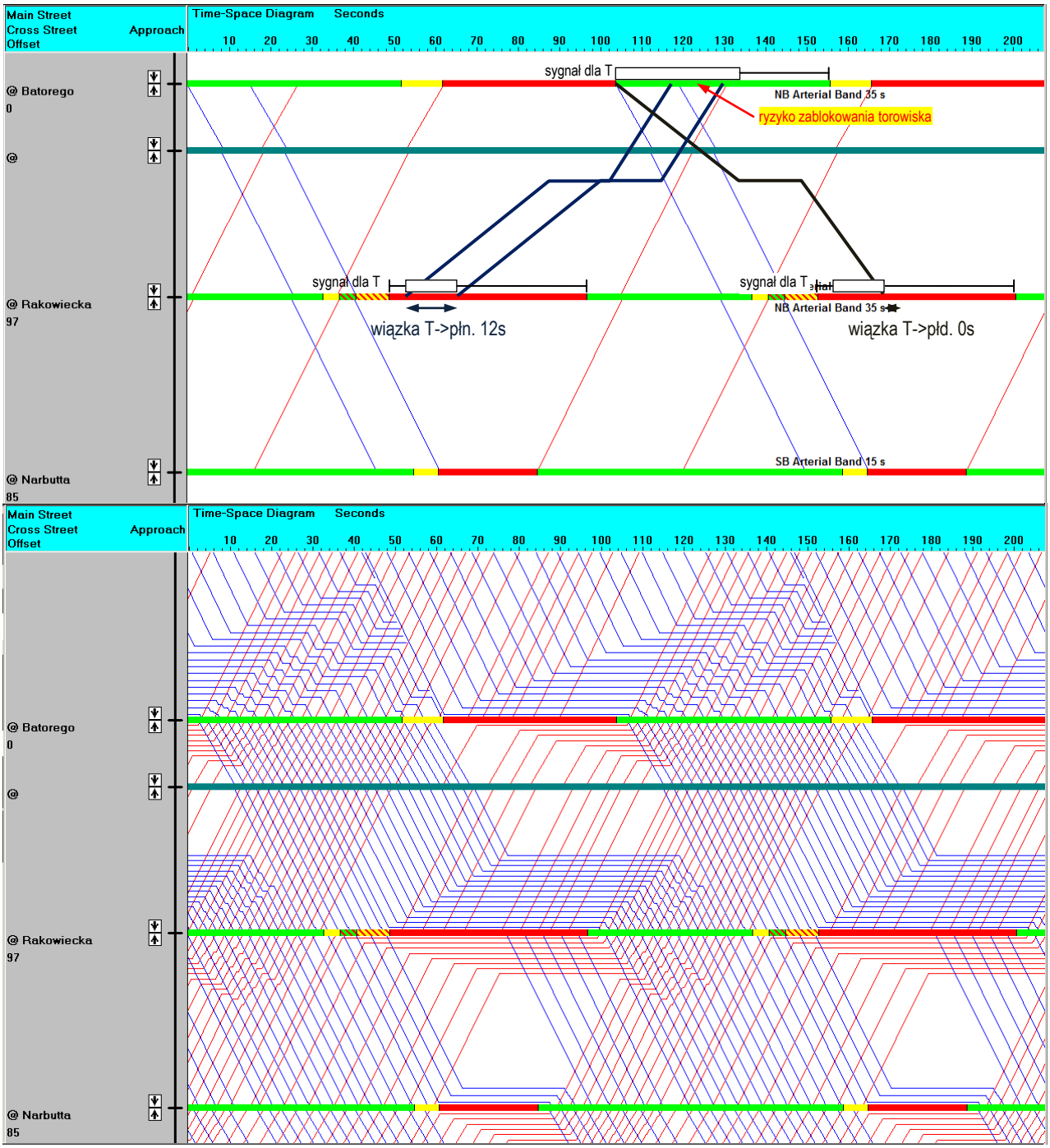
rys. 20. odcinki pomiarowe czasu przejazdu tramwajów

Przybliżony średni czas przejazdu składu liczony pomiędzy liniami zatrzymań na skrzyżowaniach al. Niepodległości z ulicami Batorego i Rakowiecka jest równy:

- w kierunku Centrum 65s, z czego: 35s na dojazd do przystanku i zahamowanie składu, 15s na wymianę pasażerów i zamknięcie drzwi, 15s na rozruch i dojazd do linii zatrzymania,
- w kierunku Mokotowa także 65s, z czego: 30s na dojazd do przystanku i zahamowanie składu, 15s na wymianę pasażerów i zamknięcie drzwi, 20s na rozruch i dojazd do linii zatrzymania,

Powyższe parametry były wykorzystane przy wyznaczaniu trajektorii tramwajów i zamieszczone na wykresach koordynacji. Trajektorie te dla zwiększenia czytelności rysunku odwzorowano liniami łamanymi.

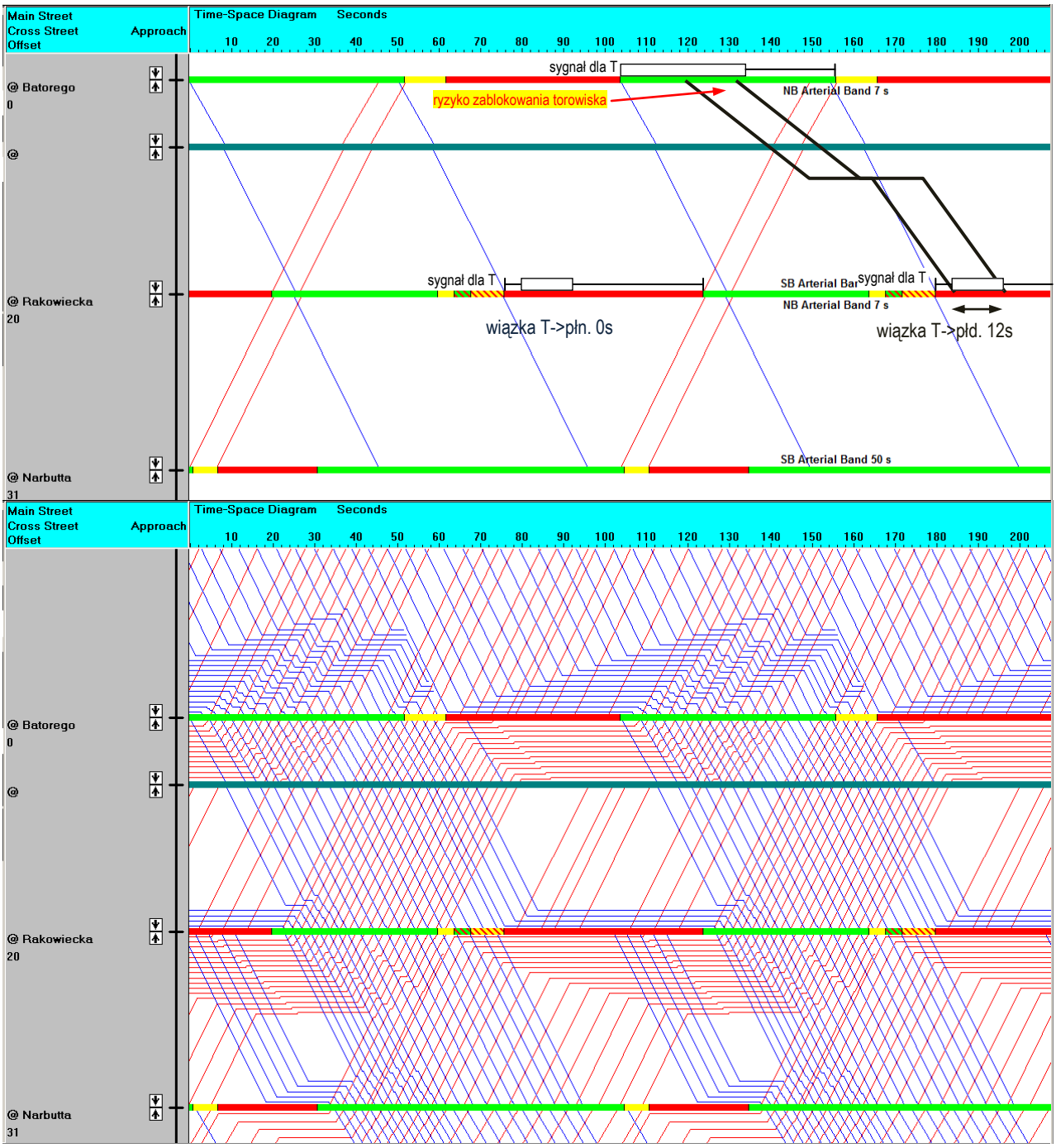
Wykresy koordynacji po południu w stanie istniejącym przedstawia rys. 21.



rys. 21. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla szczytu porannego

Koordynacja w szczycie porannym zorientowana jest na ruch samochodowy do centrum (wiązka 35s). Tramwaje jadące w kierunku centrum nie powinny być zatrzymywane przy ul. Batorego (wiązka 12s), o ile nie zostanie zablokowane torowisko przez samochody. W kierunku Mokotowa wiązka dla pojazdów ma 15s. **Koordynacja jest w tym kierunku skrajnie niekorzystna dla tramwajów** – tramwaj ruszający na początku sygnału zielonego przy ul. Batorego przyjeżdża na początek sygnału czerwonego przy ul. Rakowieckiej.

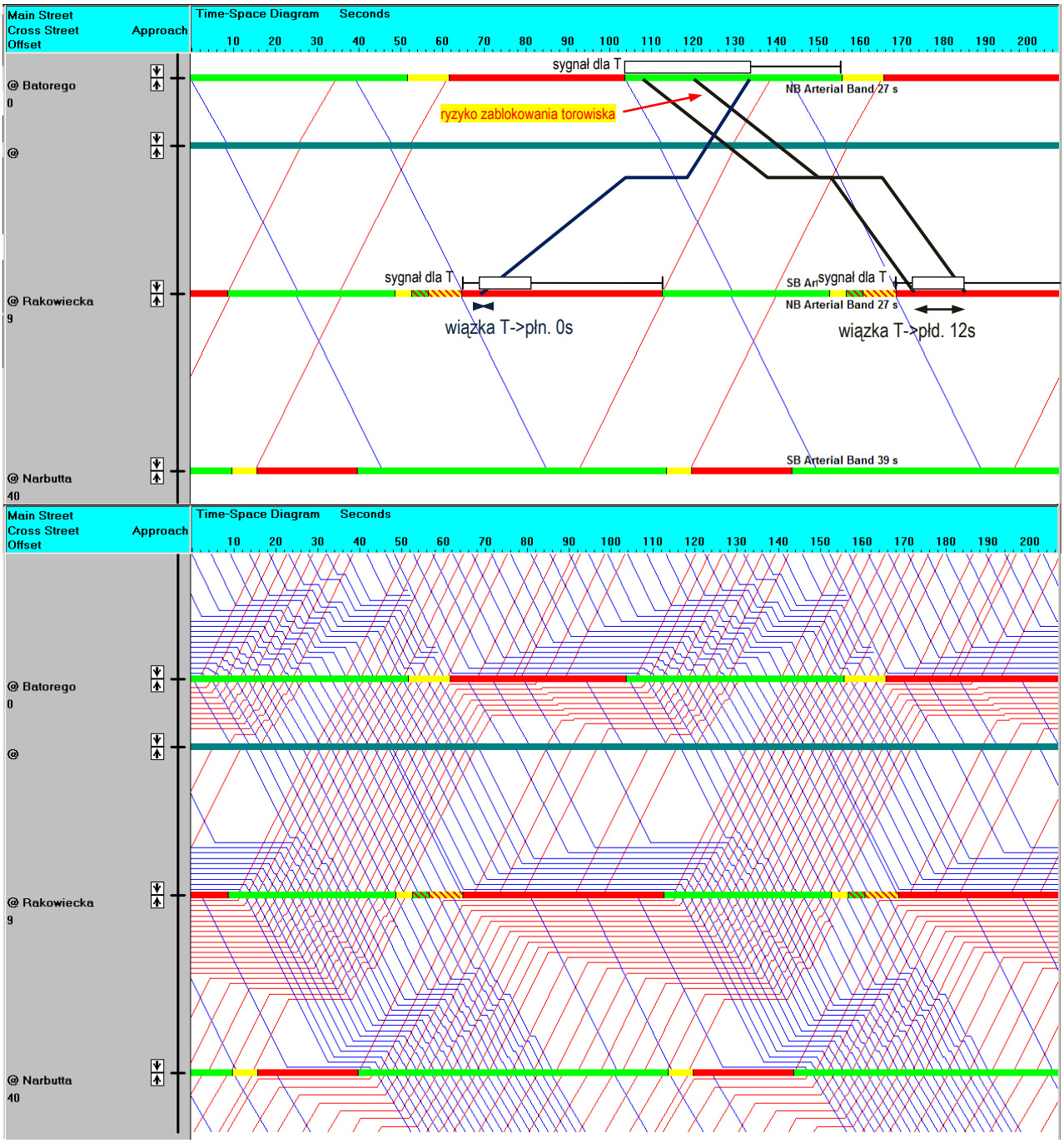
Wykresy koordynacji po południu w stanie istniejącym przedstawia rys. 22.



rys. 22. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla szczytu popołudniowego

Koordynacja w szczycie popołudniowym zoptymalizowana jest pod kątem ruchu pojazdów z centrum (wiązka 50s). W kierunku północnym wiązka dla pojazdów ma 7s. Koordynacja jest bardzo niekorzystna dla tramwajów jadących do centrum (wiązka 0s), natomiast w kierunku południowym wiązka ma szerokość 12s. Koordynacji podlegają tramwaje pokonujące skrzyżowanie z ul. Batorego pod koniec sygnału zezwalającego. Przejazd tramwajów bez zatrzymania poza przystankiem jest możliwy tylko, jeśli samochody nie zablokują torowiska.

Wykresy koordynacji w międzyszczycie w stanie istniejącym przedstawia rys. 23.



rys. 23. wykresy koordynacji w stanie istniejącym dla międzyszczytu

W międzyszczycie koordynacja zaprojektowana jest dla obu kierunków. Wiązka dla pojazdów jadących do centrum ma 27s, a w kierunku Mokotowa – 39s.

Koordynacja dla tramwajów jadących do centrum jest maksymalnie niekorzystna (wiązka 0s), natomiast w kierunku południowym wiązka ma szerokość 12s. Przejazd tramwajów bez zatrzymania poza przystankiem jest możliwy pod warunkiem, że samochody nie zablokują torowiska.

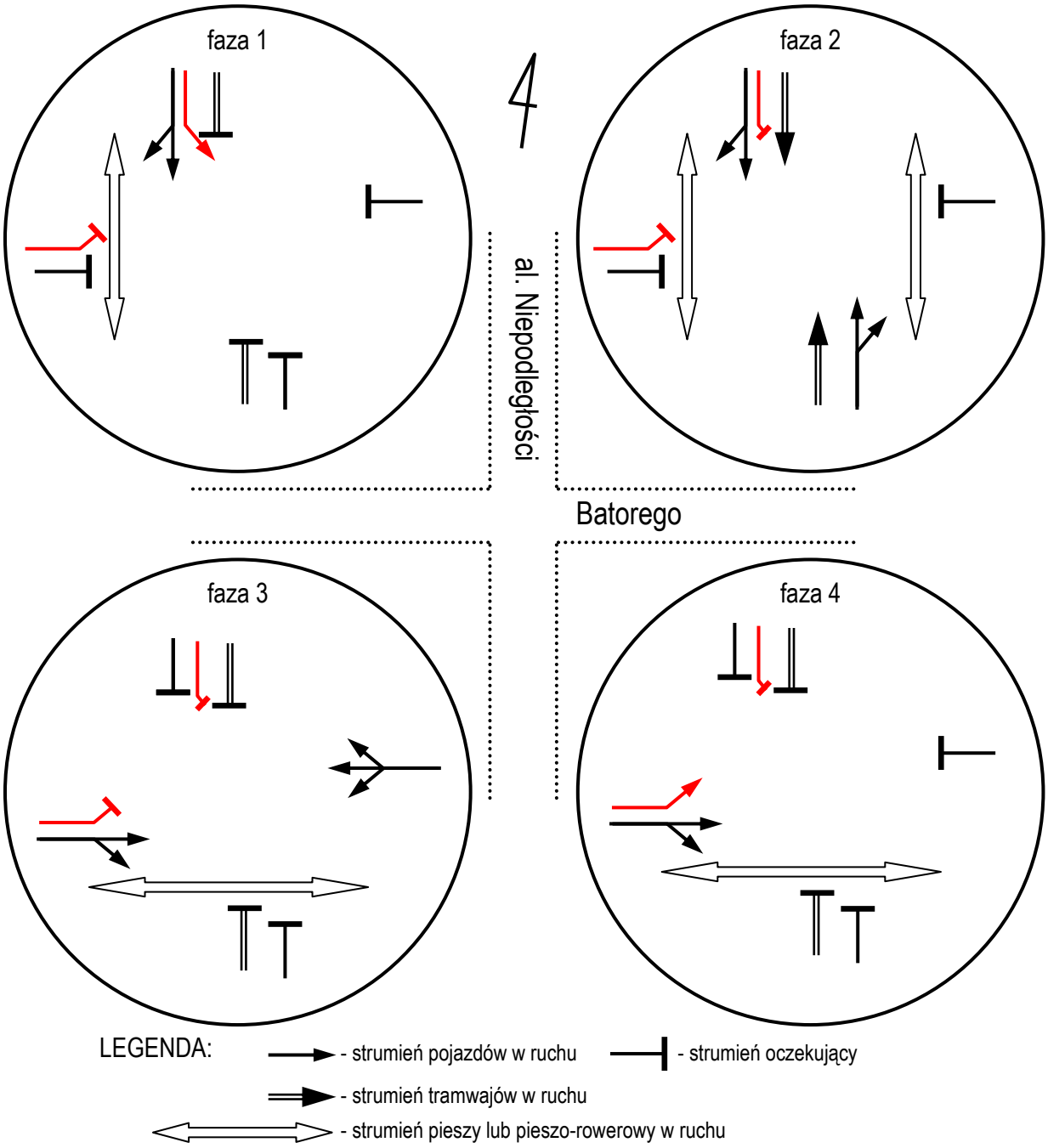
4. Propozycje zmian

4.1. zmiany w sterowaniu ruchem

Na podstawie wykonanej analizy obecnej organizacji ruchu i sterowania proponuje się podjęcie działań w celu dostosowania sygnalizacji świetlnej do obowiązujących przepisów (zmiany te są obligatoryjne) oraz podniesienia efektywność sterowania:

- wydzielenie na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego najbardziej obciążonych lewoskrętów: z północnego wlotu al. Niepodległości oraz zachodniego wlotu ul. Batorego,
- w sytuacji przeciążenia ww. skrzyżowania rekomenduje się likwidację pozostałych lewoskrętów: na wlocie południowym al. Niepodległości (z uwagi na minimalne wykorzystanie) i na wlocie wschodnim ul. Batorego (możliwość skorzystania z lewoskrętu z ul. Rakowieckiej),
- wprowadzenie nowej struktury kierunkowej na południowym wlocie ww. skrzyżowania,
- wydzielenie lewoskrętu na północnym wlocie al. Niepodległości na skrzyżowanie z ul. Rakowiecką,
- zwymiarowanie programów sygnalizacji w oparciu o aktualne dane ruchowe,
- wprowadzenie sygnalizacji zależnej od ruchu (docelowo podłączenie do Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem),
- dostosowanie koordynacji do rzeczywistego przebiegu procesu ruchu drogowego, z uwzględnieniem aktualnych, zbliżonych do siebie natężeń ruchu pojazdów w kierunkach północnym i południowym na ciągu ul. Niepodległości,
- uwzględnienie w koordynacji przebiegu trajektorii tramwajów w celu wyeliminowania przypadków dwukrotnego zatrzymywania tramwajów poza przystankiem (przy ul. Batorego i przy ul. Rakowieckiej),
- wydłużenie sygnału zezwalającego dla tramwajów na skrzyżowaniu z ul. Rakowiecką poprzez korektę składu faz maksymalnych (obsługa tramwajów w fazie, gdy sygnał zielony otrzymują pojazdy na wschodnim wlocie ul. Rakowieckiej),
- wprowadzenie priorytetu dla tramwajów na skrzyżowaniach z ul. Batorego i ul. Rakowiecką; w celu podniesienia efektywności sterowania ruchem tramwajowym proponuje się preferencyjne traktowanie nadjeżdżających tramwajów, dla których sterownik sygnalizacji powinien zmieniać funkcję sterowania (np. poprzez wydłużanie lub wcześniejsze rozpoczynanie sygnału zezwalającego lub generowanie specjalnej fazy) w celu ograniczenia strat czasu; dotyczy to zwłaszcza tramwajów, które poruszają się wolniej niż przewidziano w wiązce koordynacyjnej.

Projektowana struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego została przedstawiona na rys. 24 poniżej.



rys. 24. projektowana struktura programu sygnalizacji na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego

W nowej czterofazowej strukturze programu realizowana jest bezkolizyjna obsługa lewoskrętów z wlotów północnego (w fazie 1) i zachodniego (w fazie 4). Kolejność faz jest podyktowana względami optymalizacyjnymi koordynacji dla tramwajów i pojazdów.

Wyniki analizy warunków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w stanie projektowanym zamieszczono na rys. 25, rys. 26 i rys. 27.

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.04
Int. Delay: 40.9
Int. LOS: D

☐ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1+5 - NBT SBT
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	561	195	19	0	290	233	0	2157	134	176	2333	638		
Turn Type	Prot					Perm			Perm	Prot				
Protected Phases	4	6			3			1		2	5			
Permitted Phases						3			1					
Detector Phases	4	6			3	3		1	1	2	5			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0			4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0			
Minimum Split (s)	23.0	14.0			12.0	12.0		13.0	13.0	15.0	13.0			
Total Split (s)	23.0	35.0			12.0	12.0		54.0	54.0	15.0	69.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0			3.0	3.0		3.0	3.0	3.0	3.0			
All-Red Time (s)	4.0	4.0			2.0	2.0		3.0	3.0	5.0	3.0			
Lead/Lag	Lag				Lead	Lead		Lag	Lag	Lead				
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes				Fixed	Fixed		Fixed	Fixed	Yes				
Recall Mode	None	None			None	None		Coord	Coord	None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	20.0	32.0			9.0	9.0		51.0	51.0	12.0	66.0			
Actuated g/C Ratio	0.19	0.31			0.09	0.09		0.49	0.49	0.12	0.63			
Volume to Capacity Ratio	0.95	0.42			1.06	1.09		0.97	0.18	0.97	1.05			
Percentile Signal Delay (s)	59.4	28.7			100.5	93.3		13.4	1.8	89.0	47.3			
Level of Service	E	C			F	F		B	A	F	D			
Queue Length 50th (m)	68.1	39.4			~39.9	~39.3		74.9	1.0	42.2	~278.7			
Queue Length 95th (m)	#103.7	62.4			#68.9	#91.4		m65.4	m0.4	#87.6	#306.9			
Queuing Penalty	49	0			0	0		21	0	0	59			
Stops (vph)	587	194			388	274		1040	18	215	3240			
Fuel Used (l/hr)	61	18			42	31		69	2	23	283			
Dilemma Vehicles (#/hr)	25	10			12	9		33	2	7	133			

ř2	ř1	ř3	ř4
15 s	54 s	12 s	23 s
ř5		ř6	
69 s		35 s	

rys. 25. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie projektowanym

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 110.0
Int. v/c Ratio: 1.04
Int. Delay: 40.0
Int. LOS: D

☐ Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1+5 - NBT SBT
☑ Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	772	200	11	0	260	173	0	1941	283	196	1941	772		
Turn Type	Prot					Perm			Perm	Prot				
Protected Phases	4	6			3			1		2	5			
Permitted Phases						3			1					
Detector Phases	4	6			3	3		1	1	2	5			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0			4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0			
Minimum Split (s)	23.0	14.0			12.0	12.0		13.0	13.0	15.0	13.0			
Total Split (s)	28.0	40.0			12.0	12.0		47.0	47.0	17.0	64.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0			3.0	3.0		3.0	3.0	3.0	3.0			
All-Red Time (s)	4.0	4.0			2.0	2.0		3.0	3.0	5.0	3.0			
Lead/Lag	Lag				Lead	Lead		Lag	Lag	Lead				
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes				Fixed	Fixed		Fixed	Fixed	Yes				
Recall Mode	None	None			None	None		Coord	Coord	None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	25.0	37.0			9.0	9.0		44.0	44.0	14.0	61.0			
Actuated g/C Ratio	0.24	0.36			0.09	0.09		0.42	0.42	0.13	0.59			
Volume to Capacity Ratio	1.05	0.36			0.95	0.73		1.01	0.41	0.92	1.04			
Percentile Signal Delay (s)	76.3	24.8			77.8	20.0		17.5	0.7	74.5	46.1			
Level of Service	E	C			E	C		B	A	E	D			
Queue Length 50th (m)	~103.1	35.9			32.7	10.1		~55.9	1.0	46.5	~250.1			
Queue Length 95th (m)	#141.8	56.9			#60.2	#42.0		m49.7	m0.1	#92.2	#279.3			
Queuing Penalty	153	0			0	0		63	0	0	66			
Stops (vph)	936	185			298	80		1066	15	220	2882			
Fuel Used (l/hr)	97	17			32	11		71	4	23	254			
Dilemma Vehicles (#/hr)	33	10			11	8		73	12	8	122			

ř2	ř1	ř3	ř4
17 s	47 s	12 s	28 s
ř5		ř6	
64 s		40 s	

rys. 26. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego po południu w stanie projektowanym

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 90.0
Int. v/c Ratio: 0.92
Int. Delay: 22.9
Int. LOS: C

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1+5 - NBT SBT
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	546	197	182	0	215	226	0	1871	171	164	1926	568		
Turn Type	Prot					Perm			Perm	Prot				
Protected Phases	4	6			3			1		2	5			
Permitted Phases						3			1					
Detector Phases	4	6			3	3		1	1	2	5			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0			4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0			
Minimum Split (s)	23.0	14.0			12.0	12.0		13.0	13.0	15.0	13.0			
Total Split (s)	23.0	37.0			14.0	14.0		51.0	51.0	16.0	67.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0			3.0	3.0		3.0	3.0	3.0	3.0			
All-Red Time (s)	4.0	4.0			2.0	2.0		3.0	3.0	5.0	3.0			
Lead/Lag	Lag				Lead	Lead		Lag	Lag	Lead				
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes				Fixed	Fixed		Fixed	Fixed	Yes				
Recall Mode	None	None			None	None		Coord	Coord	None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	20.0	34.0			11.0	11.0		48.0	48.0	13.0	64.0			
Actuated g/C Ratio	0.19	0.33			0.11	0.11		0.46	0.46	0.13	0.62			
Volume to Capacity Ratio	0.93	0.75			0.65	0.89		0.90	0.24	0.83	0.91			
Percentile Signal Delay (s)	54.8	31.9			45.0	41.3		11.7	1.2	60.9	18.3			
Level of Service	D	C			D	D		B	A	E	B			
Queue Length 50th (m)	66.0	77.5			26.1	25.6		49.3	0.4	38.4	168.5			
Queue Length 95th (m)	#99.5	115.6			39.5	#72.6		m47.2	m0.0	#76.8	197.3			
Queuing Penalty	44	0			0	0		5	0	0	33			
Stops (vph)	552	390			202	166		591	12	168	1994			
Fuel Used (l/hr)	57	33			20	19		51	2	17	166			
Dilemma Vehicles (#/hr)	25	18			10	10		166	16	8	119			

ř2	ř1	ř3	ř4
16 s	51 s	14 s	23 s

ř5	ř6
67 s	37 s

rys. 27. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w międzyszczycie w stanie projektowanym

Po wprowadzeniu zmian skrzyżowanie al. Niepodległości / Batorego nadal pracuje w stanie przeciążenia w obu szczytach, a w międzyszczycie – na granicy przeciążenia. Warunki ruchu nadal nie są dobre, ale ulegają poprawie dla najbardziej przeciążonych obecnie strumieni pojazdów (skręcających w lewo).

Dla całego skrzyżowania stosunek natężenia ruchu do przepustowości oraz strat czasu na pojazd wynosi (w nawiasach podano dla porównania wartości dla stanu istniejącego): rano $\frac{v}{c}$=1,04 (1,31), delay=40,9s (125,2s); po południu $\frac{v}{c}$=1,04 (1,23), delay=40,0s (87,6s); międzyszczyt $\frac{v}{c}$=0,92 (1,13), delay=22,9s (79,7)s.

Wprowadzenie proponowanych zmian przyczynia się także do praktycznej likwidacji blokowania torowiska tramwajowego przez pojazdy skręcające oraz podniesienia ogólnego poziomu bezpieczeństwa. Eliminacja skrętów w lewo prowadzonych na zasadach ogólnych, w dodatku z przecięciem torowiska, jest także podyktowana koniecznością dostosowania sterowania do obowiązujących przepisów.

Nie jest rekomendowane zwężenie południowego wlotu dla pojazdów w relacji na wprost. Uprzywilejowanie autobusów na skrzyżowaniu jest możliwe, ale wymaga dozowania dopływu pojazdów poprzez dławienia ruchu na wcześniejszych skrzyżowaniach. Spowodowanie zatłoczenia jezdni pomiędzy ul. Rakowiecka i Batorego zwielokrotni straty autobusów na dojeździe do powyższego odcinka.

W związku ze stanowiskiem Inżyniera Ruchu, przeprowadzona została analiza warunków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego w przypadku utrzymania wszystkich relacji. Pociąga to za sobą konieczność zorganizowania innej struktury kierunkowej na pasach ruchu na wlotach południowym i wschodnim oraz zmianę rozdziału sygnału zezwalającego na poszczególne fazy. Problematyczna staje się również kwestia zapewnienia minimalnego sygnału zezwalającego pieszym przechodzącym przez południowe ramię skrzyżowania.

Analiza alternatywnego wariantu w programie Synchro dla szczytu porannego została przedstawiona na rys. 28.

Options

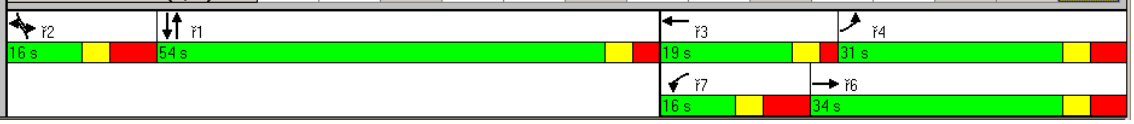
Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 120.0
Actuated C.L.: 120.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.23
Int. Delay: 147.5
Int. LOS: F

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 0.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 1+5 - Unassign
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	561	195	19	95	290	233	31	2157	134	176	2333	638		
Turn Type	Prot			Prot			Prot			Prot				
Protected Phases	4	6		7	3		2	1		2	1			
Permitted Phases														
Detector Phases	4	6		7	3		2	1		2	1			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Minimum Split (s)	23.0	34.0		16.0	12.0		16.0	13.0		16.0	13.0			
Total Split (s)	31.0	34.0		16.0	19.0		16.0	54.0		16.0	54.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0			
All-Red Time (s)	4.0	4.0		5.0	2.0		5.0	3.0		5.0	3.0			
Lead/Lag	Lag	Lag		Lead	Lead		Lead	Lag		Lead	Lag			
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes	Fixed		Yes	Fixed		Yes	Fixed		Yes	Fixed			
Recall Mode	None	None		None	None		None	Coord		None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	27.3	30.3		12.9	16.0		13.0	51.7		13.0	51.7			
Actuated g/C Ratio	0.23	0.25		0.11	0.13		0.11	0.43		0.11	0.43			
Volume to Capacity Ratio	0.81	0.51		0.56	1.08		0.18	1.18		1.03	1.54			
Percentile Signal Delay (s)	44.4	38.1		51.5	91.7		49.2	114.9		108.9	216.1			
Level of Service	D	D		D	F		D	F		F	F			
Queue Length 50th (m)	75.2	49.6		25.3	~71.1		7.8	~281.2		~52.2	~424.3			
Queue Length 95th (m)	96.9	76.0		44.7	#108.8		18.3	#310.9		#100.7	#450.4			
Queuing Penalty	48	0		0	0		0	1189		30	114			
Stops (vph)	519	206		90	731		29	3355		225	6427			
Fuel Used (l/hr)	53	19		9	73		2	303		26	741			
Dilemma Vehicles (#/hr)	23	9		4	19		1	80		6	80			



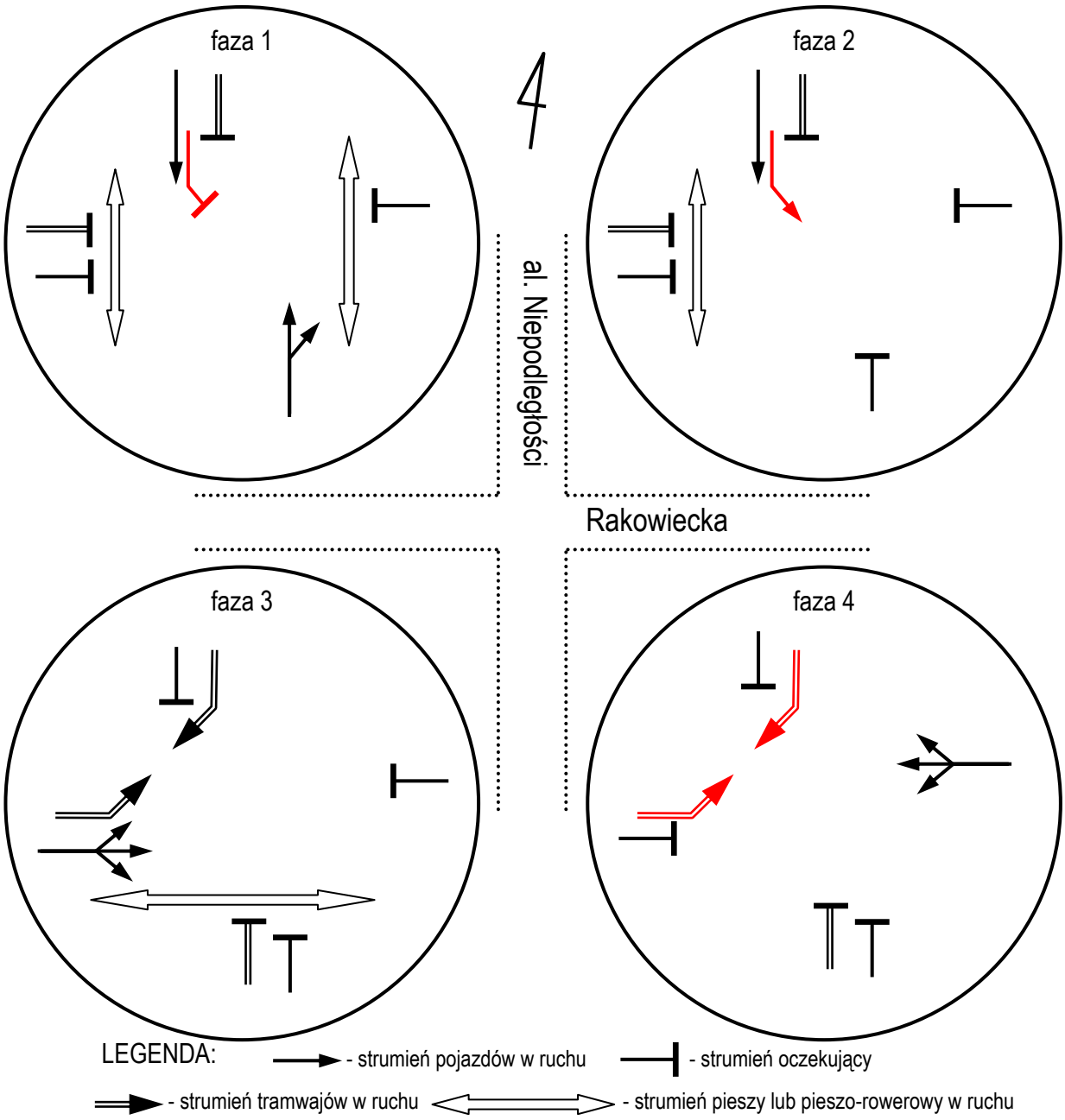
rys. 28. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego rano w stanie projektowanym przy utrzymaniu wszystkich relacji

W razie podjęcia decyzji o utrzymaniu wszystkich relacji na skrzyżowaniu:

- nastąpi zwiększenie stopnia wykorzystania przepustowości z 1,04 do 1,23 – to oznacza stan znacznego przeciążenia skrzyżowania,
- nastąpi wzrost przeciętnych strat czasu z 40,9s do 147,5s,
- zajdzie konieczność wydłużenia cyklu, co zwiększy straty czasu pieszych, rowerzystów i użytkowników transportu zbiorowego.

Uwzględniając powyższe **rekomendowane jest zlikwidowanie skrętów w lewo na wlotach południowym i wschodnim**. Relacje te mają relatywnie małe znaczenie i można znaleźć dla nich trasy alternatywne (np. przez ul. Rakowiecką). Uproszczenie skrzyżowania daje za to szansę na zminimalizowanie niekorzystnych efektów niedoborów przepustowości na ruch strumieni o największym natężeniu.

Projektowana struktura programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka:



rys. 29. projektowana struktura programu sygnalizacji na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka

W nowej strukturze programu wprowadzona zostaje wydzielona obsługa lewoskrętu pojazdów na wlocie północnym al. Niepodległości. Ze względu na niewystarczającą długość pasa wydzielonego, proponuje się wprowadzenie etapowego sterowania ww. strumieniem. W fazie 1 pojazdy skręcające w lewo wjeżdżałyby na środek skrzyżowania na poszerzoną strefę akumulacji. Właściwy lewoskręt sterowany byłby w fazie 2 dodatkowym sygnalizatorem S-3 (patrz plan sytuacyjny). Przed podaniem sygnału zezwalającego dla tramwajów, torowisko byłoby oczyszczane z pojazdów. Sygnał zezwalający dla tramwajów byłby podawany w fazie 3 i fazie 4, dzięki innemu doborowi faz maksymalnych, co poprawi warunki ruchu tramwajowego.

Wyniki analizy warunków ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka w stanie projektowanym zamieszczono na rys. 30, rys. 31 i rys. 32.

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.12
Int. Delay: 69.8
Int. LOS: E

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 96.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	344	169	60	706	0	558	0	1465	159	329	2118	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Prot				
Protected Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Permitted Phases														
Detector Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0				5.0		5.0	1.0			
Minimum Split (s)	25.0	25.0		14.0				21.0		13.0	7.0			
Total Split (s)	25.0	25.0		23.0		44.0		35.0		21.0	56.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0				3.0		3.0	3.0			
All-Red Time (s)	6.0	6.0		6.0				2.0		3.0	3.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Fixed		Fixed				
Recall Mode	None	None		None				Coord		None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	22.0	22.0		20.0		38.0		32.0		18.0	53.0			
Actuated g/C Ratio	0.21	0.21		0.19		0.37		0.31		0.17	0.51			
Volume to Capacity Ratio	0.90	0.90		1.20		1.04		1.18		1.21	0.92			
Percentile Signal Delay (s)	57.4	57.2		123.1		60.1		106.9		110.4	23.3			
Level of Service	E	E		F		E		F		F	C			
Queue Length 50th (m)	69.3	70.1		~104.8		~76.3		~168.7		~94.2	98.2			
Queue Length 95th (m)	#123.2	#125.2		#142.9		#146.6		#195.7		m#89.9	m93.8			
Queuing Penalty	0	0		228		0		208		542	163			
Stops (vph)	289	384		1132		700		2145		469	1382			
Fuel Used (l/hr)	29	31		112		57		225		46	116			
Dilemma Vehicles (#/hr)	13	13		27		48		78		19	155			

ř2	ř3	ř4	ř5
35 s	21 s	25 s	23 s

ř1
56 s

rys. 30. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka rano w stanie projektowanym

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.12
Int. Delay: 69.1
Int. LOS: E

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 87.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	244	240	38	553	0	428	0	1627	179	369	1741	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Prot				
Protected Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Permitted Phases														
Detector Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0				5.0		5.0	1.0			
Minimum Split (s)	24.0	24.0		14.0				21.0		13.0	7.0			
Total Split (s)	24.0	24.0		18.0		41.0		39.0		23.0	62.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0				3.0		3.0	3.0			
All-Red Time (s)	6.0	6.0		6.0				2.0		3.0	3.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Fixed		Fixed				
Recall Mode	None	None		None				Coord		None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	21.0	21.0		15.0		35.0		36.0		20.0	59.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.20		0.14		0.34		0.35		0.19	0.57			
Volume to Capacity Ratio	0.81	0.88		1.25		0.84		1.16		1.22	0.68			
Percentile Signal Delay (s)	47.6	54.0		140.9		21.4		101.6		128.1	17.3			
Level of Service	D	D		F		C		F		F	B			
Queue Length 50th (m)	58.3	66.2		~84.6		47.1		~181.9		~106.2	75.8			
Queue Length 95th (m)	#102.6	#118.7		#120.1		#88.8		#214.6		m#104.9	m73.6			
Queuing Penalty	0	0		171		0		276		464	150			
Stops (vph)	233	371		961		413		2643		594	796			
Fuel Used (l/hr)	23	29		97		28		248		58	80			
Dilemma Vehicles (#/hr)	11	12		21		40		93		23	136			

ř2	ř3	ř4	ř5
39 s	23 s	24 s	18 s

ř1
62 s

rys. 31. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka po południu w stanie projektowanym

Options

Controller Type: Actuated-Coordin

Cycle Length: 104.0
Actuated C.L.: 104.0
Natural C.L.: 120.0
Int. v/c Ratio: 1.00
Int. Delay: 45.2
Int. LOS: D

Lock Timings

Offset Settings
Offset: 91.0
Reference Style: Begin of Green
Reference Phase: 2+1 - NBT SBT
Master Intersctn.

TIMING WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	202	181	49	304	0	276	0	1622	214	354	1892	0		
Turn Type	Split			Prot		Custom				Prot				
Protected Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Permitted Phases														
Detector Phases	4	4		5		5 3		2		3	1			
Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0				5.0		5.0	1.0			
Minimum Split (s)	24.0	24.0		14.0				21.0		13.0	7.0			
Total Split (s)	24.0	24.0		14.0		38.0		42.0		24.0	66.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0				3.0		3.0	3.0			
All-Red Time (s)	6.0	6.0		6.0				2.0		3.0	3.0			
Lead/Lag								Lead		Lag				
Allow Lead/Lag Optimize?								Fixed		Fixed				
Recall Mode	None	None		None				Coord		None	Coord			
Actuated Effct. Green (s)	20.7	20.7		11.0		32.0		39.4		21.0	63.4			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.20		0.11		0.31		0.38		0.20	0.61			
Volume to Capacity Ratio	0.68	0.74		0.94		0.58		1.08		1.11	0.69			
Percentile Signal Delay (s)	39.3	40.8		71.1		12.4		72.8		91.4	11.5			
Level of Service	D	D		E		B		E		F	B			
Queue Length 50th (m)	46.6	51.7		37.4		24.1		~178.4		~94.9	65.4			
Queue Length 95th (m)	74.7	#89.0		#65.2		41.2		#207.3		#118.9	81.3			
Queuing Penalty	0	0		32		0		270		428	124			
Stops (vph)	185	266		335		196		2193		465	712			
Fuel Used (l/hr)	17	21		33		15		201		43	75			
Dilemma Vehicles (#/hr)	10	11		13		27		97		20	129			

ř2 42 s | ř3 24 s | ř4 24 s | ř5 14 s
ř1 66 s

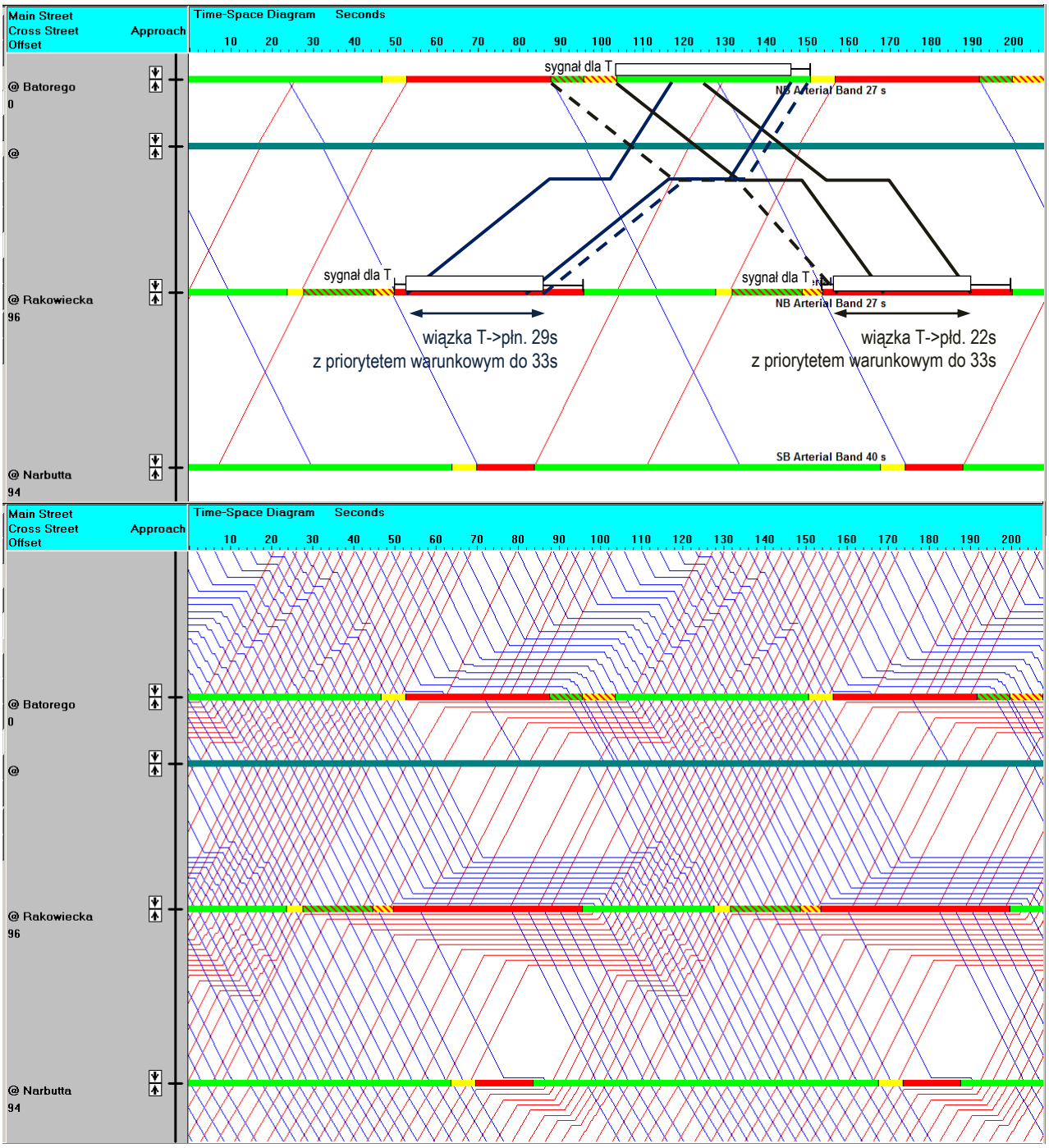
rys. 32. warunki ruchu na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Rakowiecka w międzyszczycie w stanie projektowanym

Po wprowadzeniu zmian skrzyżowanie al. Niepodległości / Rakowiecka także nadal pracuje w stanie przeciążenia. Warunki ruchu pozostają na zbliżonym poziomie. Przeciążony pozostaje lewoskręt na wlocie wschodnim, który musi przejąć dodatkowy ruch z ul. Batorego, w przypadku likwidacji lewoskrętu na wschodnim wlocie skrzyżowania al. Niepodległości / Batorego. W tym opracowaniu założono, że 80% pojazdów skręcających przeniesie się na wschodni wlot ul. Rakowieckiej.

Dla całego skrzyżowania al. Niepodległości / rakowiecka stosunek natężenia ruchu do przepustowości oraz strat czasu na pojazd wynosi (w nawiasach podano dla porównania wartości dla stanu istniejącego): rano $\frac{v}{c}$=1,12 (1,49), delay=69,8s (65,3s); po południu $\frac{v}{c}$=1,12 (1,50), delay=69,1s (56,1s); międzyszczyt $\frac{v}{c}$=1,00 (1,32) delay= 45,2s (55,1s).

Niezależnie od poziomu efektywności sterowania, eliminacja skrętów w lewo prowadzonych na zasadach ogólnych, w dodatku z przecięciem torowiska, jest podyktowana koniecznością dostosowania sterowania do aktualnych przepisów.

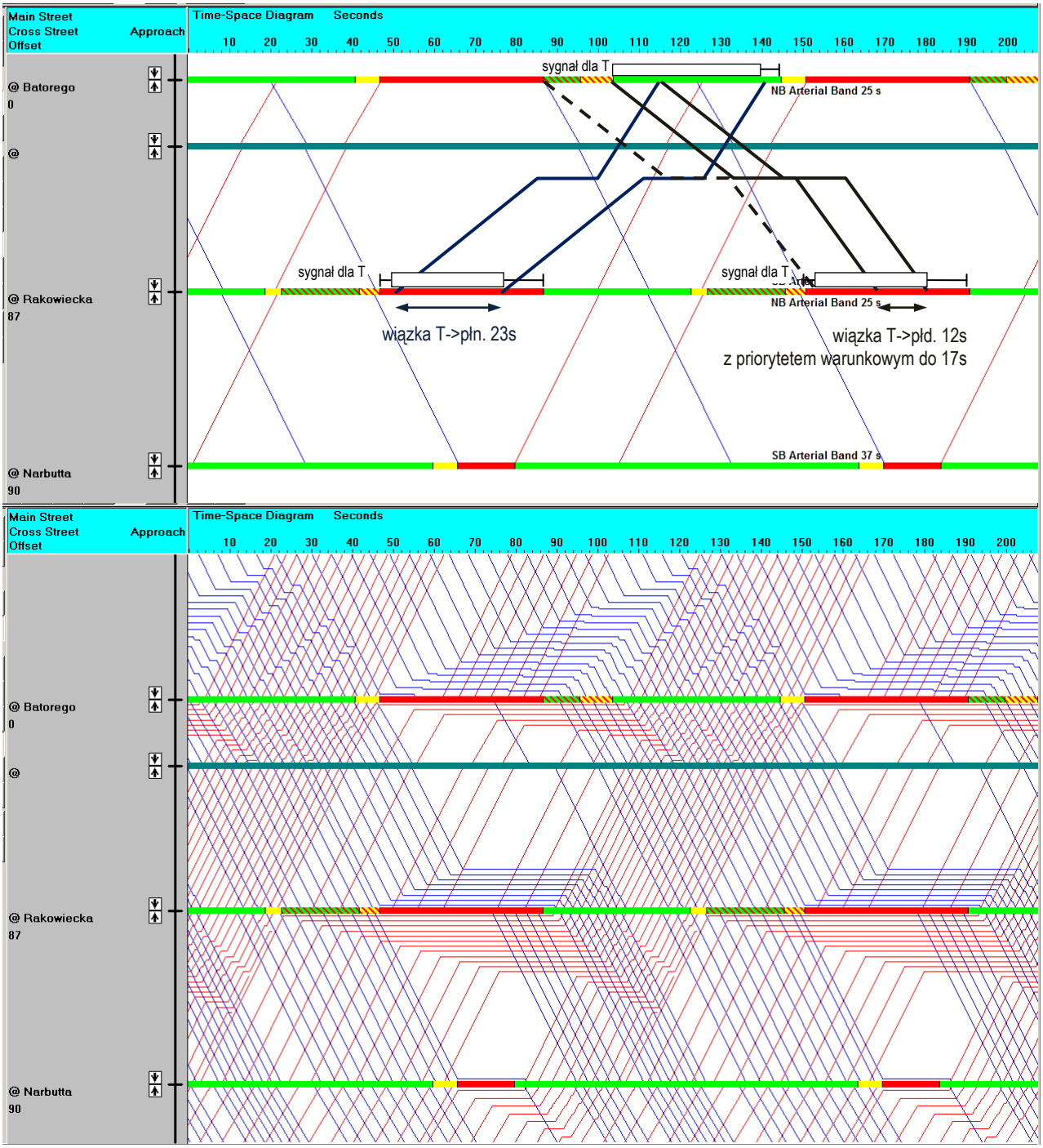
Wykresy koordynacji rano w stanie projektowanym przedstawia rys. 33.



rys. 33. wykresy koordynacji w stanie projektowanym w szczycie porannym

Zoptymalizowana dla pojazdów w programie Synchro wiązka koordynacyjna ma szerokość 40s w kierunku Mokotowa i 27s do Centrum. Zmianą jest poszerzenie wiązki w kierunku od Centrum, gdyż w tym kierunku przeważa ruch kołowy. Jednocześnie **warunki ruchu tramwajowego ulegają istotnej poprawie**. Wiązki mają podstawową długość **22-29s**, a zastosowanie priorytetu dla tramwajów pozwala je poszerzyć do około **33s**.

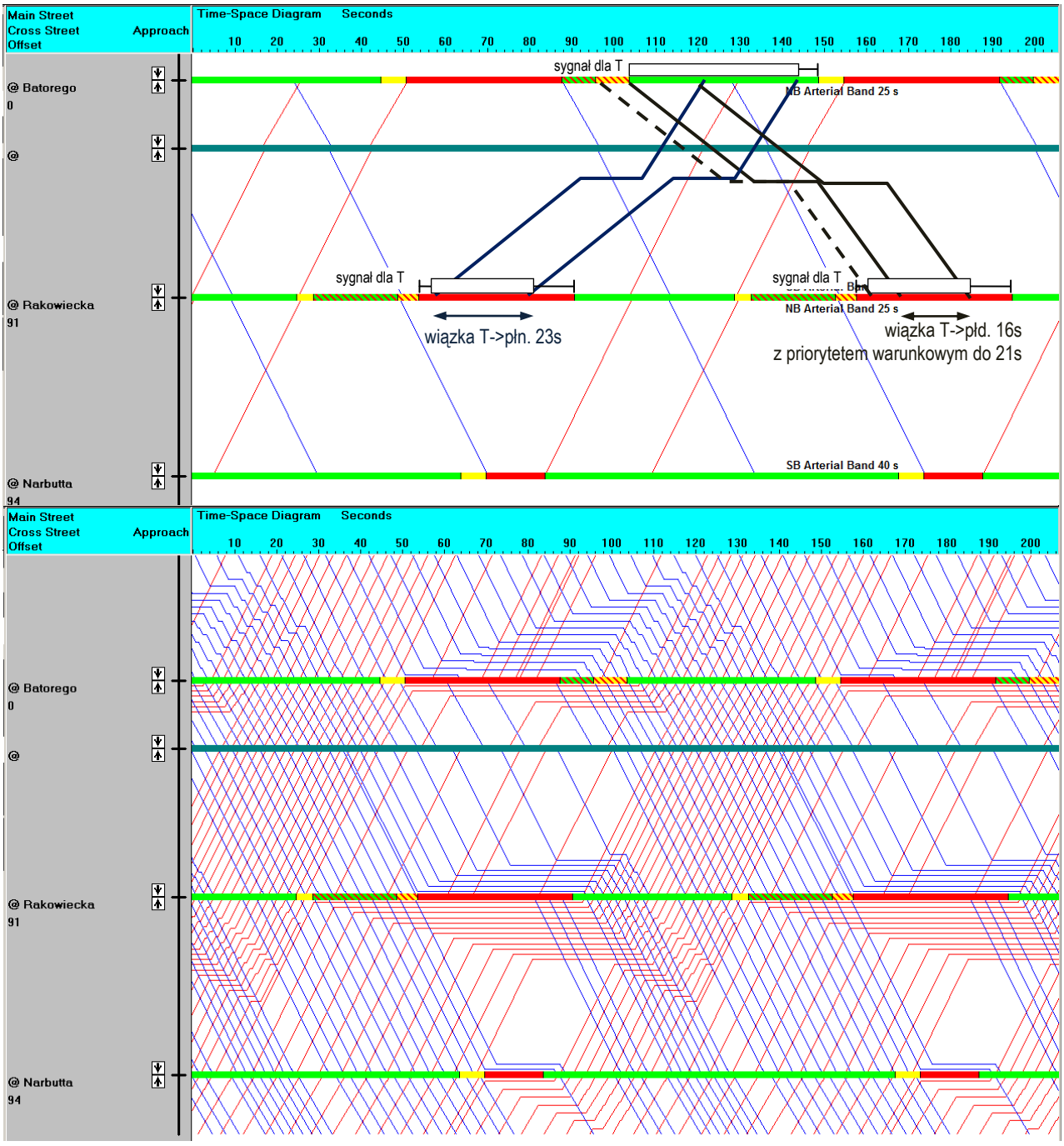
Wykresy koordynacji po południu w stanie projektowanym przedstawia rys. 34.



rys. 34. wykresy koordynacji w stanie projektowanym w szczycie popołudniowym

Wiązka wyznaczona w programie Synchro wiązka koordynacyjna ma szerokość 37s w kierunku Mokotowa i 25s do Centrum. Warunki ruchu tramwajowego ulegają poprawie, ale mniejszej niż w przypadku szczytu porannego. Wiązka w kierunku Centrum ma szerokość 23s. Wiązka w kierunku Mokotowa ma szerokość 12s, lecz przy zastosowaniu priorytetu można ją zwiększyć do co najmniej 17s.

Wykresy koordynacji w międzyszczycie w stanie projektowanym przedstawia rys. 35.



rys. 35. wykresy koordynacji w międzyszczycie w stanie projektowanym

Wiązka koordynacyjna wyznaczona w programie Synchro ma szerokość 40s w kierunku Mokotowa i 25s do Centrum. Warunki ruchu tramwajowego ulegają poprawie, ale mniejszej niż w przypadku szczytu porannego. Wiązka w kierunku Centrum ma szerokość 23s. Wiązka w kierunku Mokotowa ma szerokość 16s, lecz przy zastosowaniu priorytetu można ją zwiększyć do co najmniej 21s. Dalsza poprawa warunków ruchu tramwajowego może się odbyć kosztem większych restrykcji dla ruchu samochodowego, z wykorzystaniem rezerw przepustowości.

4.2. bilans zysków i strat w systemie transportowym po zmianach

W niniejszym rozdziale dokonano oszacowania, jak zmieni się wielkość strat czasu w analizowanym obszarze po wprowadzeniu zmian w organizacji i sterowaniu ruchem, zaproponowanych w niniejszej koncepcji.

Na potrzeby analizy poczyniono następujące założenia i uproszczenia:

- analiza będzie prowadzona dla jednej godziny w trzech okresach ruchu: szczycie porannym, szczycie popołudniowym i międzyszczycie,
- podstawą do obliczenia czasu traconego w komunikacji indywidualnej jest wielkość straty czasu (delay) wyznaczona w programie Synchro dla każdego skrzyżowania, osobno dla każdego manewru; uwzględniona zostanie akomodacja na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Nowowiejska,
- liczba pasażerów przewożonych komunikacją indywidualną jest proporcjonalna do natężenia ruchu wyrażonego w pojazdach umownych; przyjęto średnie napełnienie równe 1,3 pas./p.u.,
- praca przewozowa w transporcie indywidualnym jest wyznaczona jako suma iloczynów czasów traconych oraz potoku ruchu (wyrażonego w pasażerach na godzinę) dla każdego manewru,
- w komunikacji zbiorowej miarą straty czasu jest czas przejazdu odcinka pomiarowego od wlotu pierwszego do wlotu ostatniego skrzyżowania; o przekroczeniu przekroju pomiarowego decyduje chwila wjazdu na skrzyżowanie,
- zakłada się, że strumień tramwajów jest nieprzeciążony, a rozkład zgłoszeń w ciągu cyklu sygnalizacji jest rozkładem jednostajnym (założenie uprawnione na końcach koordynowanego odcinka),
- każdy tramwaj pokonuje odcinek według trajektorii wzorcowej zdefiniowanej na podstawie pomiarów rzeczywistego czasu przejazdu składów (z pominięciem wpływu sygnalizacji świetlnych),
- nie występuje zablokowanie torowiska przez tramwaje wykonujące relacje skrętne lub kolejki resztkowe na skrzyżowaniu,
- praca przewozowa w tramwajach jest wyznaczona jako iloczyn czasu przejazdu i średniego napełnienia tramwajów na danym odcinku, wyznaczonego z pomiarów.

Wyniki analizy przedstawiono w formie tabelarycznej, na kolejnych stronach:

- zestawienie strat czasu w komunikacji indywidualnej podano tabl. 1, tabl. 2 i tabl. 3,
- zestawienie strat czasu w komunikacji zbiorowej podano w tabl. 4,
- ostateczny bilans pracy przewozowej w systemie transportowym podano w tabl. 5.

tabl. 1. straty czasu w komunikacji indywidualnej w szczycie porannym

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	N	L	200	89	176	229	176	229	12,7	**5,7**
		W	200	47	2333	3033	2333	3033	168,5	**39,6**
		P	2	47	638	829	638	829	0,5	**10,8**
	S	L	8	0	31	40	0	0	0,1	**0,0**
		W	7	13	2157	2804	2157	2804	5,5	**10,1**
		P	7	2	134	174	134	174	0,3	**0,1**
Rakowiecka	N	L	217	110	329	428	329	428	25,8	**13,1**
		W	31	23	2118	2753	2118	2753	23,7	**17,6**
	S	W	27	107	1465	1905	1465	1905	14,3	**56,6**
		P	27	107	159	207	159	207	1,6	**6,2**
Narbutta	N	LWP	3	1	2700	3510	2700	3510	2,9	**1,0**
								suma dla arterii:	**255,8**	**160,7**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla arterii:	**-95,1**	

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	E	L	226	0	95	124	0	0	7,8	**0,0**
		W	226	101	290	377	290	377	23,7	**10,6**
		P	139	93	233	303	233	303	11,7	**7,8**
	W	L	33	59	561	729	561	729	6,7	**11,9**
		W	28	29	195	254	195	254	2,0	**2,0**
		P	28	29	19	25	19	25	0,2	**0,2**
Rakowiecka	E	L	73	123	630	819	706	918	16,6	**31,4**
		P	209	60	558	725	558	725	42,1	**12,1**
	W	L	66	57	344	447	344	447	8,2	**7,1**
		W	67	57	169	220	169	220	4,1	**3,5**
		P	67	57	60	78	60	78	1,5	**1,2**
								suma dla przecznic:	**124,4**	**87,8**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla przecznic:	**-36,6**	
								suma całkowita:	**380,3**	**248,6**
								całkowita różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian:	**-131,7**	

W wyniku wprowadzonych zmian, następuje zmniejszenie strat czasu w szczycie porannym o 131,7 pasażerogodziny, z czego na kierunku głównym straty maleją o 95,1 pasażerogodziny. Pogorszenia warunków ruchu w niektórych grupach pasów wynikają podstawowo z wydzielenia lewoskrętów, co pogarsza warunki ruchu strumienia w relacji na wprost na wlocie przeciwbieżnym. Likwidacja wybranych relacji na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego przynosi korzyści na ciągu pomimo pogorszenia warunków ruchu na ul. Rakowieckiej.

tabl. 2. straty czasu w komunikacji indywidualnej w szczycie popołudniowym

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	N	L	139	75	196	255	196	255	9,8	**5,3**
		W	139	46	1941	2523	1941	2523	97,4	**32,2**
		P	4	46	772	1004	772	1004	1,1	**12,8**
	S	L	106	0	75	98	0	0	2,9	**0,0**
		W	24	18	1942	2525	1942	2525	16,8	**12,6**
		P	24	1	238	309	238	309	2,1	**0,1**
Rakowiecka	N	L	208	128	369	480	369	480	27,7	**17,1**
		W	12	17	1741	2263	1741	2263	7,5	**10,7**
	S	W	61	102	1627	2115	1627	2115	35,8	**59,9**
		P	61	102	179	233	179	233	3,9	**6,6**
Narbutta	N	LWP	3	1	2200	2860	2200	2860	2,4	**0,8**
								suma dla arterii:	**207,6**	**158,2**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla arterii:	**-49,4**	

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	E	L	226	0	158	205	0	0	12,9	**0,0**
		W	226	78	260	338	260	338	21,2	**7,3**
		P	84	20	176	229	176	229	5,3	**1,3**
	W	L	64	76	772	1004	772	1004	17,8	**21,2**
		W	30	25	200	260	200	260	2,2	**1,8**
		P	30	25	11	14	11	14	0,1	**0,1**
Rakowiecka	E	L	39	141	437	568	553	719	6,2	**28,2**
		P	108	21	428	556	428	556	16,7	**3,2**
	W	L	48	48	244	317	244	317	4,2	**4,2**
		W	54	54	240	312	240	312	4,7	**4,7**
		P	54	54	38	49	38	49	0,7	**0,7**
								suma dla przecznic:	**92,0**	**72,7**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla przecznic:	**-19,3**	
								suma całkowita:	**299,6**	**230,9**
								całkowita różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian:	**-68,7**	

W wyniku wprowadzonych zmian, następuje zmniejszenie strat czasu w szczycie popołudniowym o 68,7 pasażerogodziny, z czego na kierunku głównym straty maleją o 49,4 pasażerogodziny. Bilans ten jest nieco mniej korzystny niż w szczycie porannym, jednak można zaobserwować podobne efekty modyfikacji planów sterowania.

tabl. 3. straty czasu w komunikacji indywidualnej w międzyszczycie

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	N	L	133	61	164	213	164	213	7,9	3,6
		W	133	18	1926	2504	1926	2504	92,5	12,5
		P	1	18	568	738	568	738	0,2	3,7
	S	L	29	0	58	75	0	0	0,6	0,0
		W	17	10	1871	2432	1871	2432	11,5	6,8
		P	17	1	171	222	171	222	1,0	0,1
Rakowiecka	N	L	245	91	354	460	354	460	31,3	11,6
		W	20	12	1892	2460	1892	2460	13,7	8,2
	S	W	65	73	1622	2109	1622	2109	38,1	42,8
		P	65	73	214	278	214	278	5,0	5,6
Narbutta	N	LWP	9	1	2135	2776	2135	2776	6,9	0,8
								suma dla arterii:	**208,7**	**95,6**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla arterii:	**-113,1**	

straty czasu na analizowanym ciągu [s]									koszty społeczne [pas.·h]	
skrzyżowanie	wlot	relacja	obecnie	po zm.	potok obecnie [p.u./h]	potok obecnie [pas./h]	potok po zm. [p.u./h]	potok po zm. [pas./h]	obecnie	po zmianach
Batorego	E	L	173	0	138	179	0	0	8,6	0,0
		W	173	45	215	280	215	280	13,5	3,5
		P	125	41	226	294	226	294	10,2	3,3
	W	L	33	55	546	710	546	710	6,5	10,8
		W	30	32	197	256	197	256	2,1	2,3
		P	30	32	182	237	182	237	2,0	2,1
Rakowiecka	E	L	36	71	194	252	304	395	2,5	7,8
		P	24	12	276	359	276	359	2,4	1,2
	W	L	39	39	202	263	202	263	2,8	2,8
		W	40	41	181	235	181	235	2,6	2,7
		P	40	41	49	64	49	64	0,7	0,7
								suma dla przecznic:	**54,0**	**37,3**
								różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian dla przecznic:	**-16,6**	
								suma całkowita:	**262,7**	**133,0**
								całkowita różnica strat czasu po wprowadzeniu zmian:	**-129,7**	

W wyniku wprowadzonych zmian straty czasu w międzyszczycie ulegają zmniejszeniu globalnie o 129,7 pasażerogodzin, z czego na kierunku głównym straty maleją o 16,6 pasażerogodziny. Można stwierdzić lepsze warunki na wlotach ulic poprzecznych w stosunku do godzin szczytu, co dotyczy także wschodniego wlotu ul. Rakowieckiej, przejmującego ruch z ul. Batorego.

tabl. 4. straty czasu w komunikacji zbiorowej

czas przejazdu [s]				
		rano	po południu	międzyszczyt
kierunek Centrum	teraz	49	113	123
	po zmianach	25	28	31
	różnica	**-24**	**-85**	**-92**
kierunek Mokotów	teraz	124	50	51
	po zmianach	33	40	36
	różnica	**-91**	**-10**	**-15**
praca przewozowa [pas. ·h]				
		rano	po południu	międzyszczyt
kierunek Centrum	teraz	24,5	97,3	34,2
	po zmianach	12,5	24,1	8,6
	różnica	**-12,0**	**-73,2**	**-25,6**
kierunek Mokotów	teraz	117,1	29,2	16,3
	po zmianach	31,2	23,3	11,5
	różnica	**-85,9**	**-5,8**	**-4,8**
oba kierunki	teraz	141,6	126,5	50,5
	po zmianach	43,7	47,4	20,1
	różnica	**-97,9**	**-79,0**	**-30,3**

W wyniku usprawnienia sterowania ruchem, czas przejazdu tramwajów ulega skróceniu w zależności od pory dnia i kierunku od 10 do 92s. Największy zysk osiągany jest rano w kierunku Mokotowa, a po południu – w kierunku Centrum. Są to relacje, w których obserwowano największe potoki pasażerskie. Dzięki zmianom planów sterowania następuje zmniejszenie pracy przewozowej o odpowiednio 85,9 i 73,2 pasażerogodziny na godzinę szczytu. Zysk ten należy uznać za znaczący, biorąc pod uwagę krótki odcinek trasy, na jakim się go osiąga.

tabl. 5. całkowity bilans pracy przewozowej

praca przewozowa [pas. ·h]		rano	po południu	międzyszczyt
komunikacja indywidualna	teraz	380,3	299,6	262,7
	po zmianach	248,6	230,9	133,0
	różnica	**-131,7**	**-68,7**	**-129,7**
komunikacja zbiorowa	teraz	141,6	126,5	50,5
	po zmianach	43,7	47,4	20,1
	różnica	**-97,9**	**-79,0**	**-30,3**
cały system	teraz	521,9	426,1	313,2
	po zmianach	292,2	278,3	153,1
	różnica	**-229,7**	**-147,8**	**-160,1**

Wprowadzenie proponowanych zmian przynosi bardzo korzystny bilans pracy przewozowej w obszarze analizy w ciągu całego dnia. W szczycie porannym zysk równy jest 229,7 pasażerogodziny, po południu – 147,8 pasażerogodziny, a w międzyszczycie – 160 pasażerogodzin. Wymienione wielkości dotyczą godzinnego okresu analizy.

4.3. zmiany lokalizacji platform przystanków tramwajowych

Przez występujące powiązania peronów tramwajowych z wejściami do metra na stacji Pole Mokotowskie, nie jest możliwe przesunięcie przystanków. Ponadto nie jest praktycznie wykonalne wprowadzenie dogodnych dojść w poziomie terenu. Położenie klatek schodowych wyklucza powiązanie platform ze skrzyżowaniami z ulicami Batorego i Rakowiecką (brak miejsca na zaprojektowanie chodnika), gdzie zlokalizowanie przejścia jest najkorzystniejsze z punktu widzenia ruchowego. Jedyną realną możliwością byłoby wyznaczenie przejść pomiędzy skrzyżowaniami wraz z wprowadzeniem nowej sygnalizacji świetlnej. Rozwiązanie to nie jest rekomendowane ze względu na niekorzystne efekty ruchowe oraz dość duże ryzyko blokowania przejść przez samochody w okresie występowania największego zatłoczenia jezdni.

Z punktu widzenia sterowania ruchem tramwajowym obecna lokalizacja platform jest optymalna. Ponieważ torowisko tramwajowe skręca z al. Niepodległości w ul. Rakowiecką, wymagania do koordynacji tramwajów są inne niż dla pojazdów poruszających się wzdłuż głównej arterii. Pojazdy te i tramwaje mogą być obsługiwane w tej samej fazie na skrzyżowaniu z ul. Batorego, lecz przy ul. Rakowieckiej – w bezwzględnie odrębnych fazach, gdyż ww. grupy uczestników ruchu są wzajemnie kolizyjne. Położenie przystanków tramwajowych pomiędzy ul. Batorego i ul. Rakowiecką umożliwia wprowadzenie opóźnienia tramwajów (w czasie wymiany pasażerów), co warunkuje zrealizowanie wiązek koordynacyjnych zarówno dla pojazdów, jak i dla tramwajów.

4.4. kolizje z infrastrukturą podziemną

Ze względu na minimalną ingerencję w istniejący układ drogowy, sieć uzbrojenia podziemnego nie ma istotnego wpływu na stopień trudności i koszty modernizacji trasy tramwajowej w al. Niepodległości w rejonie stacji metra Pole Mokotowskie.

Infrastruktura podziemna nie stanowi również przeszkody dla posadowienia dodatkowych masztów lub słupów wysięgnikowych dla nowo projektowanych sygnalizatorów.

4.5. zmiany poprawiające bezpieczeństwo ruchu drogowego (BRD)

Przy okazji modernizacji trasy tramwajowej w ciągu al. Niepodległości zaleca się położenie nacisku nie tylko na efektywność i niezawodność organizacji ruchu, lecz także na aspekty jego bezpieczeństwa. Korzystny wpływ na poziom BRD będą miały nowe plany sygnalizacji, które – ze względu na uwarunkowania prawne oraz przesłanki ruchowe – ograniczać będą liczbę relacji konfliktowych. Niektóre trudniejsze do wykonania manewry, takie jak wykonanie skrętu w lewo z przecięciem kilku strumieni pojazdów, torowiska tramwajowego oraz przejścia dla pieszych i przejazdu rowerowego, będą obsługiwane w sposób bezkolizyjny.

Za miarę bezpieczeństwa ruchu, związanego z planami sygnalizacji na koordynowanym ciągu, można przyjąć liczbę pojazdów pozostających w strefie dylematu. Minimalizacja liczby takich pojazdów zmniejsza ryzyko zaistnienia zdarzenia drogowego typu najechanie z tyłu związanego z różnym rodzajem reakcji kierowców na wyświetlenie sygnału żółtego (przyspieszenie lub zahamowanie).

Zestawienie liczby pojazdów w strefie dylematu wyznaczoną w programie Synchro zawarto w tabl. 6 poniżej.

tabl. 6. liczba pojazdów w strefie dylematu

			pojazdy w strefie dylematu [poj./h]					
			rano		po południu		międzyszczyt	
skrzyżowanie	wlot	grupa pasów	obecnie	po zm.	obecnie	po zm.	obecnie	po zm.
Batorego	N	L		7		8		8
		W (LW, WP)	79	133	79	122	78	119
		P	31		37		27	
	S	L	1		4		4	
		W (LW, WP)	53	33	204	73	203	166
		P		2		12		16
	E	LW (W)	12	12	13	11	12	10
		P	8	9	7	8	8	10
	W	L	14	25	17	33	14	25
		WP	24	10	29	10	31	18
Rakowiecka	N	L	15	19	14	23	14	20
		W	166	155	135	136	137	129
	S	WP	92	78	151	93	9	97
	E	L	28	27	21	21	9	13
		P	17	48	17	40	13	27
	W	L	12	13	11	11	10	10
		WP	13	13	12	12	11	11
Narbutta	N	LWP	173	9	8	31	27	125
		suma:	**738**	**593**	**759**	**644**	**607**	**804**
		różnica po zmianach:	**-145**		**-115**		**197**	

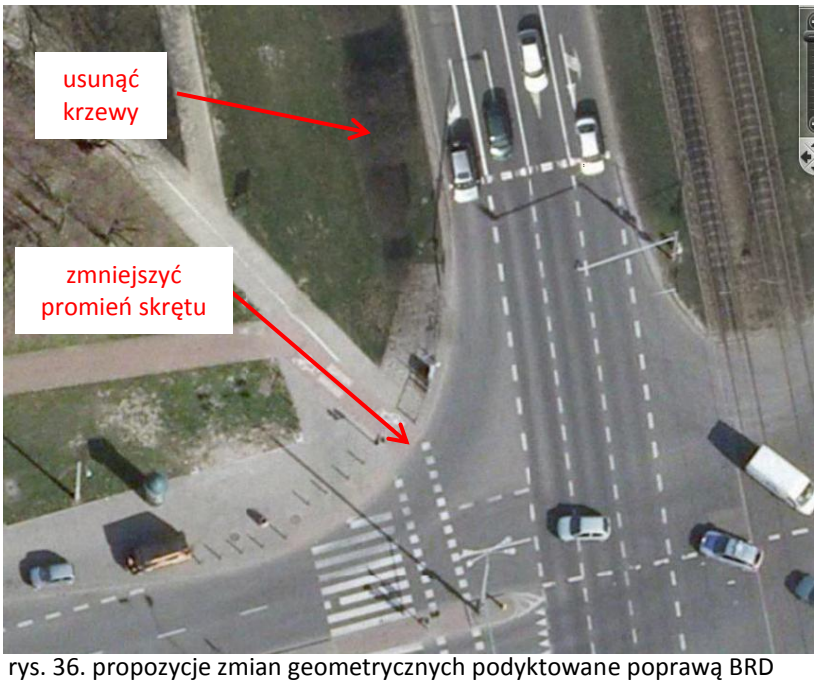
Zgodnie z wynikami symulacji, w obu szczytach nastąpi zmniejszenie liczby pojazdów w strefie dylematu o 134-174 poj./h. W międzyszczycie spodziewane jest pogorszenie tego parametru – zwiększenie o 181 poj./h. Ewentualną poprawę bezpieczeństwa w międzyszczycie można osiągnąć przyjmując inne zasady koordynacji – takie jak w

szczycie lub zmieniając offset na skrzyżowaniu przy ul. Narbutta, które znajduje się poza trasą tramwajową i nie było w tym opracowaniu przedmiotem szczególnej uwagi.

Dodatkowo zaleca się także ograniczenie promieni prawoskrętów na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego do 12m. Wywrze to korzystny wpływ na BRD, gdyż zmusi kierowców do redukcji prędkości przy dojeździe do przejścia dla pieszych lub przejazdu rowerowego, na których sygnał zezwalający jest wyświetlany współbieżnie w stosunku do równoległego strumienia pojazdów. Zmniejszenie promieni umożliwi także przybliżenie linii warunkowego zatrzymania na wlocie do tarczy skrzyżowania. Przyjęcie promienia o wymiarze 12m nie przyczyni się do istotnego utrudnienia manewrów skrętu w prawo przez pojazdy wymagające szerszego korytarza ruchu, np. autobusy linii ZTM.

Ponadto zaleca się przycięcie krzewów rosnących na północnym wlocie al. Niepodległości, aby nie ograniczały wzajemnej widoczności zbliżających się do skrzyżowania pojazdów, pieszych i rowerzystów.

Wymienione propozycje zostały zilustrowane na rys. 36 poniżej oraz załączonych planach sytuacyjnych.



rys. 36. propozycje zmian geometrycznych podyktowane poprawą BRD

4.1. zgodność koncepcji z polityką transportową miasta

Obowiązująca wykładnia polityki miejskiej w odniesieniu do spraw transportowych obecnie wyrażona jest najpełniej w uchwalonym przez Radę m.st. Warszawy dokumencie pt. *Strategia Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do roku 2015 i na lata kolejne*.

W rozdziale powyższego dokumentu poświęconym rozwojowi transportu publicznego (patrz s. 126-127) zapisano, że: *Priorytetowe traktowanie modernizacji tras tramwajowych jest zgodne z tendencjami światowymi i będzie prowadzić do skokowej poprawy jakości transportu szynowego na trasach nie obsługiwanych systemem metra. Celem będzie stworzenie nowego wizerunku komunikacji tramwajowej, nowoczesnej i bardzo komfortowej, a przez to zdolnej konkurować z samochodem osobowym.*

Program modernizacji tras tramwajowych będzie realizowany z koncentracją uwagi na podniesieniu standardu tras głównie poprzez zapewnienie priorytetu metodami organizacji ruchu*, ograniczaniu liczby punktów kolizji z układem drogowym i pieszym, poprawieniu stanu torowisk i zasilania, dostosowaniu podaży miejsc do potrzeb oraz weryfikacji funkcjonowania najsłabiej wykorzystywanych przystanków. Kluczowym zadaniem będzie wdrożenie systemu zintegrowanego zarządzania ruchem, umożliwiającego* ***udzielanie priorytetu dla komunikacji tramwajowej w sygnalizacji świetlnej****.*

Ponadto w rozdziale opisującym zasady realizacji polityki transportowej (patrz s. 119-120) podano, że w strefie I miasta (śródmiejskiej) należy prowadzić działania restrykcyjne polegające na nierozwijaniu przepustowości układu drogowego dla ruchu indywidualnego. Jednocześnie wskazuje się na konieczność podjęcia działań rekompensujących w postaci *wprowadzenia priorytetów dla autobusów i tramwajów na skrzyżowaniach sterowanych sygnalizacją świetlną*.

Trasa tramwajowa przebiegająca od pętli Piaski ciągiem ulic: Broniewskiego – al. Jana Pawła II – Chałubińskiego – al. Niepodległości do pętli Kielecka jest wymieniona w *Strategii* na liście tras przewidzianych do modernizacji.

Powyższe działania przyczynią się do realizacji celu generalnego zawartego w Polityce Transportowej m.st. warszawy, jakim jest modernizacja systemu transportowego.

W świetle powyższego wdrożenie rozwiązań proponowanych w niniejszej koncepcji jest zgodne z uchwaloną polityką transportową miasta.

5. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono możliwość usprawnienia ruchu tramwajowego. Drogą do osiągnięcia tego celu jest modernizacja urządzeń sterowania ruchem oraz zaprojektowanie nowych programów sygnalizacji świetlnej. Są ku temu także inne ważne przesłanki. Istniejące sterowanie nie zapewnia optymalnych warunków ruchu pojazdów samochodowych oraz autobusów ZTM. Ponadto programy sygnalizacji nie są dostosowane do obowiązujących przepisów, a także nie zapewniają wysokiego poziomu bezpieczeństwa.

Zaleca się, aby projektując nowe programy sygnalizacji zlikwidowano zjawisko blokowania tramwajów na skrzyżowaniu al. Niepodległości – Batorego poprzez wydzielenie lub likwidację lewoskrętów kolidujących z torowiskiem. Ponadto sugerowane jest zmodyfikowanie struktury programu dla skrzyżowania al. Niepodległości – Rakowiecka w taki sposób, aby tramwaj otrzymywał sygnał zielony we wszystkich fazach, w których zatrzymywany jest ruch w al. Niepodległości (tj. w obu fazach przewidzianych dla obsługi wlotów ul. Rakowieckiej). Dodatkowo należy ruch tramwajów uwzględnić w koordynacji.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wprowadzenie proponowanych zmian w sterowaniu ruchem przynosi korzyść zarówno komunikacji zbiorowej, jak i indywidualnej. Globalne korzyści wynoszą około 150-230 pasażerogodzin na godzinę w zależności od pory dnia. Warunki ruchu tramwajowego mogą ulec dalszej poprawie dzięki zastosowaniu lokalnych priorytetów, takich jak: wydłużenie wyświetlania sygnału zezwalającego, wcześniejsze przywołanie sygnału zezwalającego, generowanie dodatkowej fazy tramwajowej (dotyczy skrzyżowania z ul. Batorego).

Wykazana w niniejszym opracowaniu możliwość pewnego pogodzenia interesu komunikacji zbiorowej i indywidualnej nie jest typowa, lecz wynika ze szczególnego przebiegu torowiska oraz lokalizacji przystanków. W ogólnym przypadku uprzywilejowanie transportu publicznego wiąże się z wprowadzeniem większych restrykcji dla użytkowników samochodów osobowych. Jednak po metody sterowania z tej grupy należy sięgać po wyczerpaniu wszystkich konwencjonalnych sposobów poprawy warunków ruchu komunikacji publicznej.

Po wprowadzeniu zmian w organizacji ruchu i sterowaniu zaleca się przeprowadzenie analizy powykonawczej dla sprawdzenia, czy udało się osiągnąć założone cele: usprawnienie ruchu komunikacji tramwajowej i utrzymanie warunków ruchu kołowego na akceptowalnym poziomie. Szczególny nacisk należy położyć na dostosowanie czasu przejazdu tramwajów do nowych algorytmów sterowania w celu optymalnego wykorzystania priorytetów warunkowych.

L.p. 358/11

Notatka

1) Dotyczy koncepcji programowo-przestrzennej usprawnienia ruchu tramwajowego w Al. Niepodległości na odcinku od skrzyżowania z ul. Batorego do skrzyżowania z ul. Rakowiecką w Warszawie.

W dniu 27.07.2011 roku w Biurze Drogownictwa i Komunikacji przeprowadzono rozmowę z projektantem Panem Krzysztofem Szamotulskim dotyczącą w/w koncepcji. W trakcie rozmowy przekazano następujące uwagi:

- nie uwzględnia się w analizach skrzyżowania Al. Niepodległości-Narbutta, które w istotny sposób może wpływać na możliwość blokowania torowiska tramwajowego;
- na skrzyżowaniu z ul. Rakowiecką należy starać się dla udrożnienia pojazdów skręcających w lewo (północ-wschód) wykorzystać wewnętrzna powierzchnię skrzyżowania.
- w wykresach koordynacji (podobnie jak w obliczeniach) nie uwzględnia się konieczności znacznie wcześniejszego podania sygnału czerwonego na sygnalizatorach początkujących „śluzę" w stosunku do sygnalizatorów ją zamykających (w celu uniknięcia blokowania torowiska) – faktyczne szerokości wiązek będą zatem inne (węższe);
- w zestawieniach tabelarycznych zawartych w części opisowej wykorzystano tylko część wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu (na wlocie północnym oraz południowym) – należy uwzględnić wskaźniki pochodzące ze wszystkich wlotów.
- z punktu widzenia w/w wskaźników proponowane rozwiązania (z wyjątkiem szczytu popołudniowego) wprowadzają pogorszenie ich wartości.
- należy uzupełnić dostarczoną dokumentację wydruków (brak niektórych przypadków) oraz sprawdzić uzyskane wartości wskaźnika łącznego (Performance Index);
- w zakresie wykonanej symulacji zwrócono uwagę, że:
  - ✓ zamodelowanie skrzyżowania Al. Niepodległości-Rakowiecka niezbyt dobrze odzwierciedla faktyczny przebieg ruchu (brak wykorzystywanej chwili obecnej powierzchni wewnętrznej skrzyżowania),
  - ✓ obserwuje się zjawisko „ginięcia" pojazdów – niezgodność dopływów pojazdów z odpływem pojazdów,
  - ✓ występują nienaturalnie małe obciążenia w kierunku południowym,
  - ✓ występują nienaturalnie duże obciążenia wschodniego wlotu ul. Rakowieckiej,
- należy przedstawić rozwiązanie dotyczące wydzielonego pasa dla autobusów na wlocie i wylocie Al. Niepodległości przy ul. Batorego (kierunek na północ).
- inne szerokości pasów na rysunkach koncepcyjnych (3 [m])i inne przyjęte w obliczeniach (3,5 [m]).

2) Dotyczy koncepcji programowo-przestrzennej usprawnienia ruchu tramwajowego na ul. Chałubińskiego i Al. Niepodległości na odcinku od skrzyżowania z ul. Koszykową do skrzyżowania z ul. Wawelską i Al. Armii Ludowej w Warszawie.

W dniu 10.08.2011 roku przeprowadzono w Biurze Drogownictwa i Komunikacji rozmowę z projektantem Panem Krzysztofem Szamotulskim dotycząca w/w koncepcji. W trakcie rozmowy przekazano następujące uwagi:

- uzyskano korzystną zmianę wartości wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu (wynika to m.in. z porównywania efektów uzyskiwanych dla różniących się strategii sterowania),
- w zestawieniach tabelarycznych zawartych w części opisowej. wykorzystano tylko część wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu (na wlotach północnym oraz południowym) – należy uwzględnić wskaźniki pochodzące z innych wlotów.
- wskaźnik łączny (Performance Index) przyjmuje mniejsze wartości jedynie w przypadku szczytu popołudniowego – w pozostałych przypadkach proponowane rozwiązania generują wartości mniej korzystne w stosunku do stanu istniejącego;
- akceptuje się zaproponowaną lokalizację przystanków, tym niemniej nie podziela się stanowiska, że jest to rozwiązanie korzystniejsze dla pasażerów;
- w zakresie wykonanej symulacji zwrócono uwagę, że:
  - ✓ dla wariantu istniejącego występują rozbieżności pomiędzy symulacją a stanem faktycznym dotyczące np. nienaturalnej kolejki na ul. Koszykowej (rano), małych obciążeń wlotu wschodniego tej ulicy (popołudnie), bardzo małych obciążeń wlotu wschodniego ul. Wawelskiej i Nowowiejskiej (popołudnie).
  - ✓ obserwuje się zjawisko „ginięcia" pojazdów – niezgodność dopływów pojazdów z odpływem pojazdów
  - ✓ obserwuje się pojazdy skręcające w lewo z Al. Niepodległości w ul. Nowowiejską (w koncepcji utrzymuje się zakaz wykonywania tego manewru na skrzyżowaniu),
  - ✓ dla okresu międzyszczytu, jednopasowy zgodnie z koncepcją, wschodni wlot ul. Nowowiejskiej jest dosyć silnie obciążony (nawet bez uwzględnienia tramwajów i pieszych).

3) Dotyczy koncepcji programowo-przestrzennej usprawnienia ruchu tramwajowego na Al. Jana Pawła II na odcinku od skrzyżowania z Al. Solidarności do ronda ONZ w Warszawie.

W dniu 10.08.2011 roku przeprowadzono w Biurze Drogownictwa i Komunikacji przeprowadzono rozmowę z projektantem Panem Krzysztofem Szamotulskim dotyczącą w/w koncepcji. W trakcie rozmowy przekazano następujące uwagi:

- w analizie nie uwzględnia się jednego z najistotniejszych skrzyżowań – ronda ONZ, które podobnie jak Al. Solidarności – Jana Pawła będzie wywierało istotny wpływ na warunki ruchu na analizowanym odcinku,
- uzyskano korzystną zmianę wartości wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu (wynika to m.in. z porównywania efektów uzyskiwanych dla różniących się strategii sterowania),
- wskaźniki te można również uznać za korzystniejsze w przypadku, gdy na ciągu powstanie jeszcze jedno skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną – Al. Jana Pawła II z ul. Ogrodową,
- w zestawieniach tabelarycznych zawartych w części opisowej wykorzystano tylko część wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu (na wlotach północnym oraz południowym) – należy uwzględnić wskaźniki pochodzące z innych wlotów,
- wskaźnik łączny (Performance Index) przyjmuje korzystniejsze wartości dla rozwiązań istniejących – wynika to z mniejszej liczby skrzyżowań z sygnalizacją świetlną bowiem w proponowanym dochodzi dodatkowe skrzyżowanie Al. Jana Pawła II z ul. Ogrodową,
- w okresie szczytu porannego w proponowanym rozwiązaniu praktycznie koordynacja sygnalizacji dla pojazdów dotyczy jednego kierunku, w pozostałych okresach (międzyszczyt i popołudnie) – brak koordynacji – należy poszukać rozwiązania kompromisowego.
- brak w opracowaniu wyjaśnienia na czym ma polegać wariant „w1" i „w2" dotyczący strategii sterowania na północ od skrzyżowania Al. Jana Pawła II – Al. Solidarności,
- nie jest akceptowany układ przejścia dla pieszych przy ul. Ogrodowej – z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu pieszego należy tak zaprojektować przejścia aby zapewnić widoczność przez pieszego nadjeżdżającego tramwaju,
- dla skrzyżowania Al. Jana Pawła II – Pl. Mirowski wyjaśnić możliwość wykonania w terenie proponowanego rozwiązania – jeżeli jest to możliwe należy przewidzieć również zatoki autobusowe,
- szerokości pasów ruchu na załączonych rysunkach wynoszą 3 [m] – do obliczeń przyjęto szerokości 3,6 [m], co może w znaczny sposób wypaczyć wnioski wynikające z analizy.
- W zakresie wykonanej w opracowaniu symulacji zwrócono uwagę, że:
  - ✓ obserwowane jest w symulacji zjawisko „ginięcia" pojazdów - niezgodność dopływów pojazdów z odpływem pojazdów (zarówno dla wariantu istniejącego jak i projektowanego)
  - ✓ zła geometria wlotów w ul. Grzybowskiej – zgodnie z załączonymi rysunkami długości wydzielonych pasów są ograniczone – w symulacji nie uwzględnia się tego, co nie pozwala na ocenę przypadków blokowania przejazdu w innych relacjach,
  - ✓ brak możliwości odtworzenia fragmentu symulacji skrzyżowania Al. Jana Pawła – Grzybowska dla projektu dotyczącego szczytu porannego,
  - ✓ obserwowane są niewielkie dopływy pojazdów na wloty południowe skrzyżowań.

ZASTĘPCA DYREKTORA
BIURA DROGOWNICTWA I KOMUNIKACJI
INŻYNIER RUCHU DZ. WARSZAWY
Janusz Bałas

Transport Consulting

Warszawa 30.09.2011

Szanowny Pan
Janusz Galas

Inżynier Ruchu m. st. Warszawy
ul. Solec 48
00-382 Warszawa

Realizując ustalenia ze spotkania w dniu 10.08.2011 z udziałem przedstawiciela Państwa Biura, Pana dra inż. Marka Budy, oraz projektanta, Pana Krzysztofa Szamotulskiego, Transport Consulting Sp. c. przekazuje ostatnie poprawki i wyjaśnienia do *Koncepcji programowo-przestrzennej usprawnienia ruchu tramwajowego na ul. Chałubińskiego i al. Niepodległości na odcinku od skrzyżowania z ul. Koszykową do skrzyżowania z ul. Wawelską i al. Armii Ludowej w Warszawie.*

1. Na podstawie analizy istniejących planów sterowania ruchem w al. Niepodległości w rejonie ulic Batorego i Rakowieckiej wykazano istnienie rezerw, związanych z niepełnym obecnie dostosowaniem planów sterowania do faktycznego przebiegu procesów ruchowych. W szczególności dotyczy to tramwajów, które kursują poprzecznym ciągiem ul. Rakowieckiej, przez co włączają się do ruchu (lub wyłączają z niego) w al. Niepodległości w specyficznym momencie cyklu, poza wiązką koordynacyjną dla pojazdów. Jednocześnie dzięki obsłudze przystanków składy tramwajowe wpisują się dobrze w tę wiązkę w obu kierunkach. Daje to możliwość stworzenia zintegrowanej koordynacji tramwajowo-samochodowej. W ocenie projektantów jest to główny wniosek płynący z analiz. Oprócz tego wskazano możliwość znacznego wydłużenia sygnału zezwalającego dla tramwajów przy ul. Rakowieckiej, dzięki innemu doborowi faz maksymalnych.

2. Pragniemy wyjaśnić, że skrzyżowanie al. Niepodległości/Narbutta znajduje się poza zakresem opracowania, określonym przez Zamawiającego. Skrzyżowanie to zostało uwzględnione w niezbędnym zakresie w celu odwzorowania skoordynowanego (a nie losowego) charakteru dopływu pojazdów, co jest istotne z uwagi na dokładność opisu procesów ruchowych.

Zdaniem projektantów zasady sterowania ruchem na południowym odcinku al. Niepodległości mogą być zorientowane na ruch samochodowy z uwagi na podrzędną rolę komunikacji autobusowej w tym korytarzu transportowym, gdzie dominuje metro.
Podzielamy pogląd dotyczący konieczności zapewnienia rezerwy przepustowości w celu niedopuszczenia do blokowania skrzyżowania z ul. Rakowiecką. Z wykresów trajektorii pojazdów wynika, że przy utrzymaniu obecnej dwufazowej struktury programu na skrzyżowaniu al. Niepodległości/Narbutta taka rezerwa powinna być zachowana. Szczegółowa analiza tego zagadnienia wykracza poza zakres niniejszego opracowania.

3. W celu udrożnienia skrętu na północnym wlocie al. Niepodległości w lewo w ul. Rakowiecką przygotowano nowe rozwiązanie organizacji ruchu: ze skorygowanym położeniem linii zatrzymania oraz sygnalizatorami zlokalizowanymi wewnątrz skrzyżowania, w pasie dzielącym (patrz załącznik).
Rozwiązanie to w większym stopniu niweluje zjawisko blokowania przez kolejkę do skrętu w lewo ruchu na pasie do jazdy na wprost. Tym niemniej konieczne jest zapewnienie bezpiecznego oczyszczania wewnętrznej powierzchni skrzyżowania w dwóch okresach cyklu: przed zezwoleniem na wjazd tramwajów (rozładowanie „ogona" kolejki do skrętu w lewo) oraz przed zezwoleniem na wjazd pojazdów ze wschodniego wlotu ul. Rakowieckiej (dot. ewakuacji pojazdów z zachodniego wlotu).
Wyznaczenie precyzyjnych parametrów czasowych ewakuacji w/w strumieni nie jest możliwe w ramach stosowanego oprogramowania (Synchro/Simtraffic). Sugeruje się na etapie konstrukcji projektów sygnalizacji skorzystanie z programów umożliwiających swobodną definicję geometrii w mikrosymulacji (np. Vissim).
Szacuje się, że zastosowany sposób sterowania („śluzowanie") spowoduje zwiększenie czasu traconego w cyklu o kilka sekund.
Ponadto proponuje się rozważenie możliwości zaprojektowania detekcji zajętości wewnętrznej powierzchni skrzyżowania w celu ewentualnego wydłużania sygnałów międzyzielonych w szczególnych sytuacjach (np. obsługa pojazdu długiego i powolnego). Rozwiązania takie pozwalają zwiększyć poziom bezpieczeństwa ruchu.

4. Zgodnie z otrzymanymi wytycznymi, w części opisowej koncepcji w tabeli nr 6 wprowadzone zostaną wskaźniki bezpieczeństwa dla wszystkich wlotów sterowanych:

tabl. 1. liczba pojazdów w strefie dylematu

			pojazdy w strefie dylematu [poj./h]					
			rano		po południu		międzyszczyt	
skrzyżowanie	wlot	grupa pasów	obecnie	po zm.	obecnie	po zm.	obecnie	po zm.
Batorego	N	L		7		8		8
		W (LW, WP)	79	133	79	122	78	119
		P	31		37		27	
	S	L	1		4		4	
		W (LW, WP)	53	33	204	73	203	166
		P		2		12		16
	E	LW (W)	12	12	13	11	12	10
		P	8	9	7	8	8	10
	W	L	14	25	17	33	14	25
		WP	24	10	29	10	31	18

Rakowiecka	N	L	15	19	14	23	14	20
		W	166	155	135	136	137	129
	S	WP	92	78	151	93	9	97
	E	L	28	27	21	21	9	13
		P	17	48	17	40	13	27
	W	L	12	13	11	11	10	10
		WP	13	13	12	12	11	11
Narbutta	N	LWP	173	9	8	31	27	125
		suma:	**738**	**593**	**759**	**644**	**607**	**804**
		różnica po zmianach:	**-145**		**-115**		**197**	

Po rozszerzeniu tabeli uzyskano nieco gorsze wyniki, jednak w dalszym ciągu zwiększenie liczby pojazdów w strefie dylematu dotyczy międzyszczytu.

5. Liczba pojazdów w strefie dylematu jest istotnym, ale nie jedynym miernikiem bezpieczeństwa ruchu. W stanie projektowanym wprowadzane są następujące działania poprawiające bezpieczeństwo ruchu:
- całkowicie bezkolizyjne prowadzenie ruchu tramwajowego (według danych TW w latach 2008-2009 na samym skrzyżowaniu z ul. Batorego doszło do 15 zdarzeń z udziałem tramwajów),
- wydzielenie skrętów w lewo pojazdów,
- poprawa widoczności.

6. W zakresie przedstawionych wariantów były analizy dla trzech okresów doby w wariancie istniejącym oraz projektowanym oraz alternatywny wariant dla szczytu porannego z zachowaniem wszystkich relacji na skrzyżowaniu z ul. Batorego (tj. utrzymaniem słabo wykorzystywanych lewoskrętów na wlotach południowym i wschodnim). Zdaniem projektantów przeanalizowanie tego jednego wariantu daje przesłanki do wskazania na istotne pogorszenie warunków ruchu:
- zwiększenie stopnia obciążenia skrzyżowania, które jest skrzyżowaniem wiodącym w koordynacji,
- konieczność wydłużenia cyklu,
- znaczne zwiększenie strat czasu wszystkich uczestników ruchu (w tym pieszych i rowerzystów).

Wydaje się celowe na tej podstawie zrezygnowanie z niektórych relacji kołowych, uznając za nadrzędne utrzymanie możliwie płynnego ruchu oraz efektywnej koordynacji sygnalizacji.

7. Tak jak argumentowaliśmy w przypadku koncepcji programowo-przestrzennej dla odcinka Koszykowa – Wawelska, dokonanie dokładnego oszacowania bilansu zysków i strat w systemie transportowym stanowi zadanie dosyć trudne. Podstawowy problem stanowi uwzględnienie w jednym modelu komputerowym zarówno komunikacji indywidualnej, jak również komunikacji zbiorowej. Na podstawie rozeznania na rynku można stwierdzić, że obecnie nie jest dostępne wszechstronne narzędzie, które mogłoby uwzględnić zarówno uogólnione koszty wszystkich uczestników ruchu (mierzone np. na podstawie pracy przewozowej wyrażonej w pasażerogodzinach), a jednocześnie w dostatecznym stopniu symulować przebieg rzeczywistego procesu ruchu drogowego. Uwzględniając powyższe, korzystne zmiany wskaźnika łącznego (Performance Index)

oraz wskaźników bezpieczeństwa odnoszą się tylko częściowo do uzyskiwanych efektów, bo pomijają ruch tramwajowy. Program Synchro nie liczy automatycznie wskaźników dla ruchu tramwajowego: strat czasu pasażerów, wskaźników bezpieczeństwa (także związanego ze strefą dylematu), strat energii elektrycznej. Z przeprowadzonych dodatkowo analiz wynika, że pasażerowie komunikacji zbiorowej odnoszą korzyść we wszystkich okresach doby.

8. W zakresie symulacji mikroskopowych wykonanych w programie Simtraffic pragniemy wyjaśnić, że:
- zjawiska „ginięcia" pojazdów związane są z niepełnym bilansowaniem się dopływów i odpływów dla sąsiadujących ze sobą skrzyżowań sterowanych; wynika to z wyników pomiarów ruchu, które otrzymano z ZDM,
- pomiary, o których mowa, nie były wykonywane przez Transport Consulting, lecz przekazano nam je jako dane wejściowe; ze względu na szeroki zakres zamknięć ruchu w obrębie Śródmieścia Warszawy nie wydaje się celowe powtarzanie pomiarów na tym etapie,
- „ginięcie" lub „materializowanie się" pojazdów modeluje także obecność źródeł i celów podróży samochodem osobowym, zlokalizowanych na odcinkach międzywęzłowych (np. dodatkowe wjazdy/wyjazdy, parkingi itp.),
- wnioski odnośnie dużych lub małych kolejek na poszczególnych wlotach powinny być, naszym zdaniem, wzięte pod uwagę na etapie szczegółowych projektów ruchowych;
- w celu dokładnego zamodelowania procesów ruchowych na skrzyżowaniu z ul. Rakowiecką sugerujemy wykorzystanie przez projektanta sygnalizacji oprogramowania, które zapewnia swobodne modelowanie geometrii (pasy ruchu, trajektorie strumieni, lokalizacja linii zatrzymań, itp.), np. programu Vissim.

9. Na załączonym, poprawionym planie sytuacyjnym przedstawiono funkcjonowanie wydzielonego pasa autobusowego w kierunku Centrum. Rysunek zostanie też zamieszczony w ostatecznej wersji koncepcji.

10. Uwzględniając koncepcyjny charakter analiz przyjęto szerokości pasów ruchu według domyślnych ustawień programu Synchro. Z porównywania uzyskiwanych wyników można stwierdzić, że powoduje to rozbieżności w wartościach natężeń nasycenia na poziomie do kilku procent. W ocenie projektantów wartość tego błędu względnego jest zbliżona lub mniejsza niż błędy wprowadzane np. przez niedoskonałość modelu geometrii Synchro (ul. Rakowiecka), brak uwzględniania wpływu ruchu pieszego na przepustowość prawoskrętów, przybliżone zasady realizacji warunkowych skrętów w prawo lub dokładność archiwalnych pomiarów ruchu. Nie wydaje się zatem, by przyjęcie domyślnych szerokości pasów mogło wypaczyć główny wniosek z analiz prowadzonych na poziomie koncepcyjnym (zob. p. 1.).

11. Uwzględniając trudności w pozyskaniu dokładnych pomiarów, związane ze zmieniającymi się przebiegami procesów ruchowych w okresach trwania objazdów (m.in. zamknięcia ulic w mieście na czas budowy II linii metra), będziemy rekomendowali w naszej koncepcji:
- powtórzenie kompleksowych pomiarów przed opracowaniem projektów ruchowych,

- uwzględnienie potrzeby wprowadzania w przyszłości drobnych korekt w programach sygnalizacji z priorytetem dla tramwajów po ich wdrożeniu w terenie.

Wydaje się, że takie podejście zapewni uzyskanie optymalnych efektów w sterowaniu ruchem przy rozsądnych dodatkowych kosztach, a jednocześnie pozwoli zmniejszyć ryzyko związane z niedokładnym zwymiarowaniem programów sygnalizacji (zwłaszcza w sterowaniu na granicy przeciążenia przy zmieniających się potokach ruchu).

Mamy nadzieję, że powyższe wyjaśnienia wyczerpują merytoryczne aspekty przedmiotowej koncepcji programowo-przestrzennej.

Uprzejmie prosimy Pana Dyrektora o wydanie pozytywnej opinii Inżyniera Ruchu m.st. Warszawy do omawianej koncepcji. Opinia ta stanie się jej integralną częścią i wraz z kompletną dokumentacją koncepcyjną stanowić będzie podstawę do opracowania szczegółowych projektów ruchowych.

W razie ewentualnych pytań prosimy o kontakt z projektantem, p. Krzysztofem Szamotulskim (tel. 501-563-496), który pozostaje do Państwa dyspozycji.

mg inż. Daniel Złamal
Transport Consulting Sp.c.

Urząd Miasta Stołecznego Warszawy
Biuro Drogownictwa i Komunikacji
Inżynier Ruchu m.st. Warszawy
ul. Solec 48, 00-382 Warszawa, tel. (022) 443 06 25, 443 06 26, fax. (022) 443 06 32
www.um.warszawa.pl

Warszawa, 07.10.2011 r.

BD-IR-IS-MBA/MBU-7223-80-2-11
L.p. 448/11

Transport Consulting
ul. Gierymskiego 3/2
00-772 Warszawa

Dotyczy: *Koncepcji programowo-przestrzennej usprawnienia ruchu tramwajowego na ciągu Al. Niepodległości w Warszawie.*

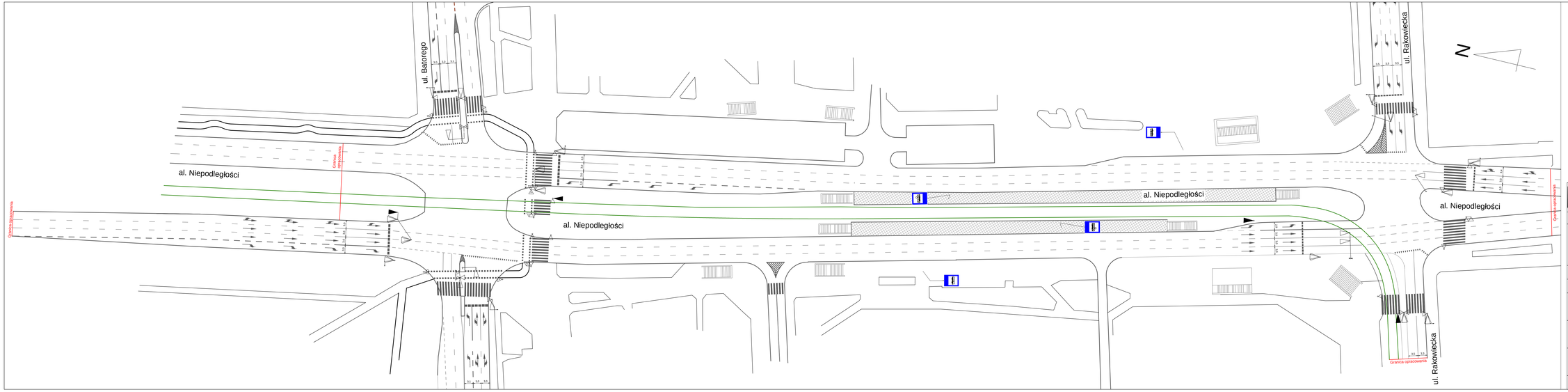
W odpowiedzi na Państwa pismo z dnia 30.09.2011 r. dotyczące wyjaśnień do notatki 358/11 sporządzonej w Biurze Drogownictwa i Komunikacji na okoliczność oceny opracowanej koncepcji programowo-przestrzennej dla usprawnienia ruchu na ciągu Al. Niepodległości (odcinek Batorego – Rakowiecka) informuję, że akceptuję złożone w Państwa piśmie wyjaśnienia. Uważam, że opiniowane opracowanie **można uznać za wystarczające do rozpoczęcia prac projektowych.**

Podzielam także wyrażone przez Państwa w piśmie stanowisko, że przed opracowaniem szczegółowych projektów ruchowych, należy powtórzyć kompleksowo pomiary ruchu.

Proszę również, aby na etapie wykonywania projektów uwzględnione zostały następujące uwagi:

- przy wyznaczaniu koordynacji należy uwzględnić skrzyżowanie Al. Niepodległości z ul. Narbutta;
- skrzyżowanie Al. Niepodległości z ul. Rakowiecką wymaga większych zmian w geometrii niż zostały zaproponowane;
- na skrzyżowaniu Al. Niepodległości z ul. Batorego należy utrzymać skręt w lewo z wlotu wschodniego oraz bardziej szczegółowo przeanalizować sposób wydzielenia pasa dla autobusów.

ZASTĘPCA DYREKTORA
BIURA DROGOWNICTWA I KOMUNIKACJI
INŻYNIER RUCHU m.st. WARSZAWY
Janusz Galas



Legenda
Obiekty istniejące
Sygnalizator
Krawężnik
Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe
Oś toru

Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel: 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

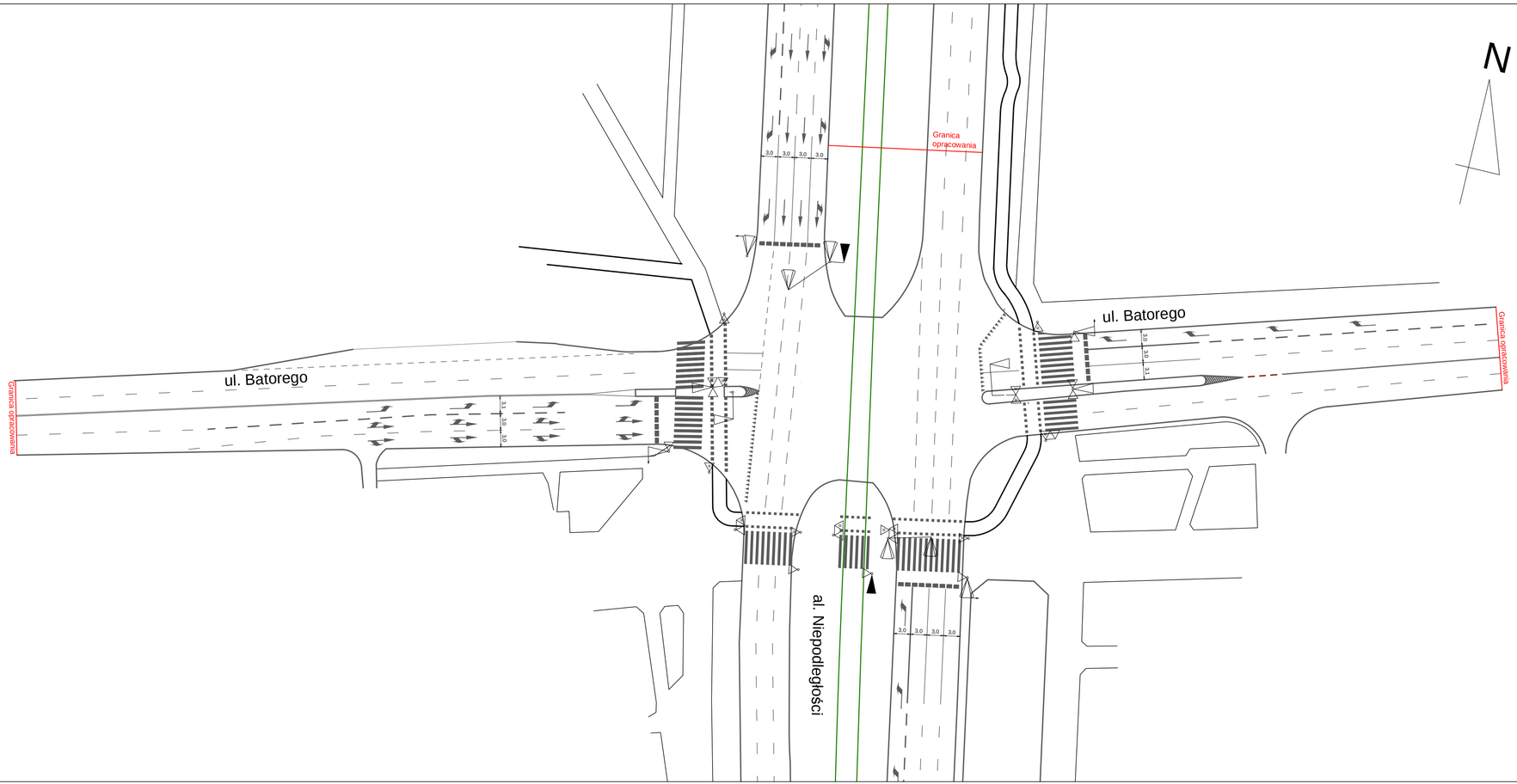
Tytuł opracowania:

Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan istniejący - Rys 1.1.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.



Legenda
Obiekty istniejące
Sygnalizator
Krawężnik
Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe
Oś toru

Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel. 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

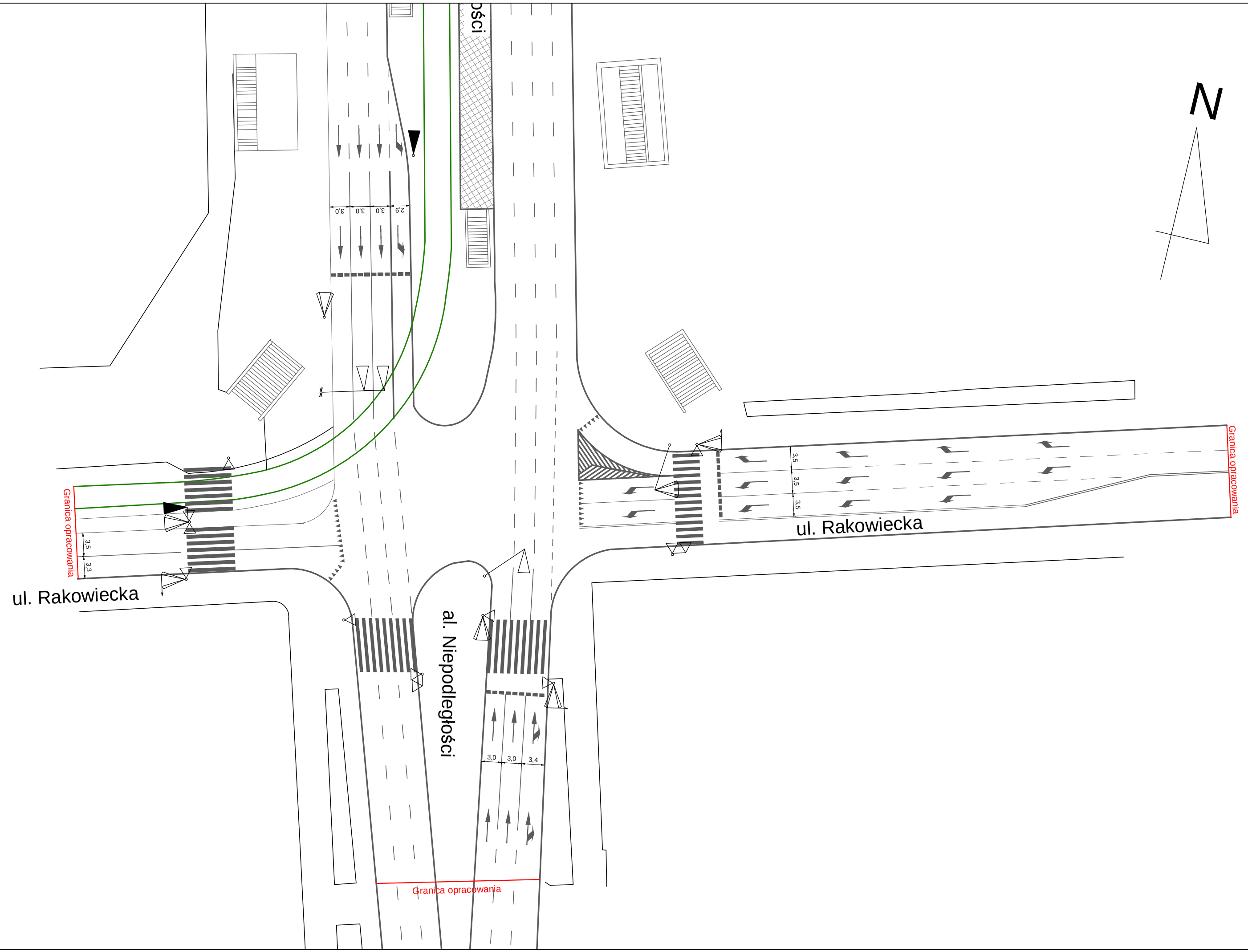
Tytuł opracowania:

Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan istniejący - Rys 1.2.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone: Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.



Legenda
Obiekty istniejące
Sygnalizator
Krawężnik
Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe
Oś toru

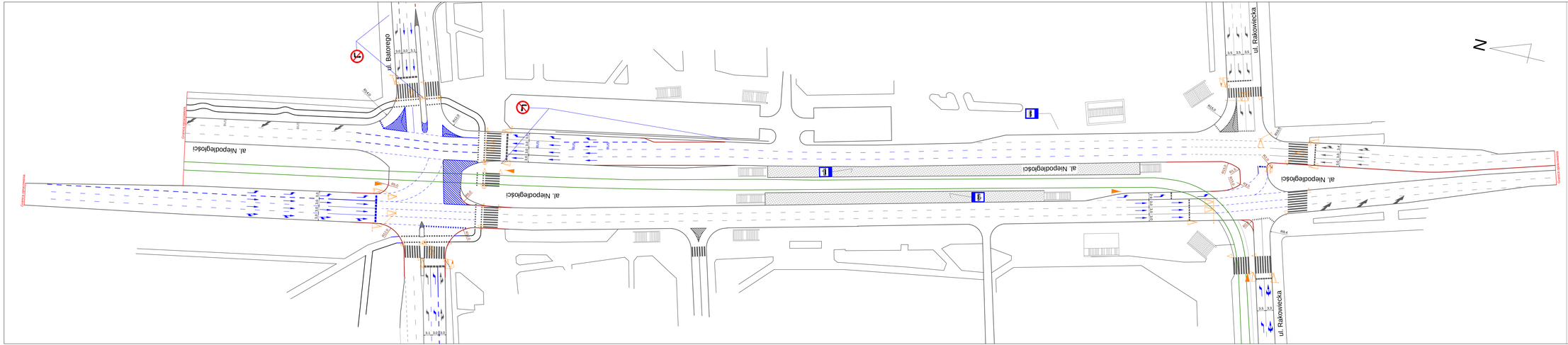
Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel. 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

Tytuł opracowania: Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan istniejący - Rys 1.3.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone: Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.



Legenda	
Obiekty istniejące	Obiekty projektowane
Sygnalizator	Sygnalizator
Krawężnik	Krawężnik
Oznakowanie poziome	Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe	Strzałki kierunkowe
Oś toru	

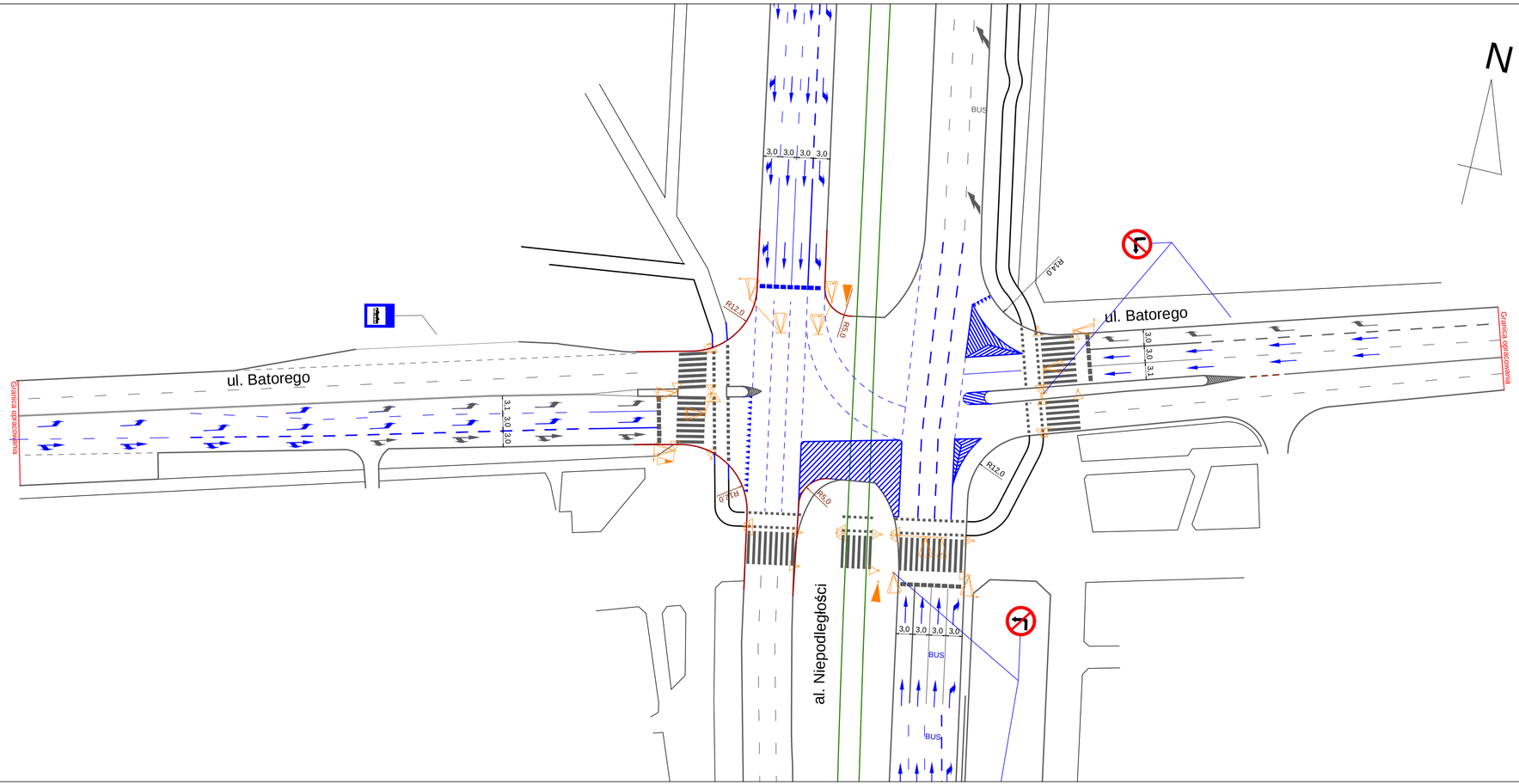
Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel. 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

TytuŁ opracowania: Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan docelowy - Rys 2.1.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.



Legenda	
Obiekty istniejące	Obiekty projektowane
Sygnalizator	Sygnalizator
Krawężnik	Krawężnik
Oznakowanie poziome	Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe	Strzałki kierunkowe
Oś toru	

Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel. 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

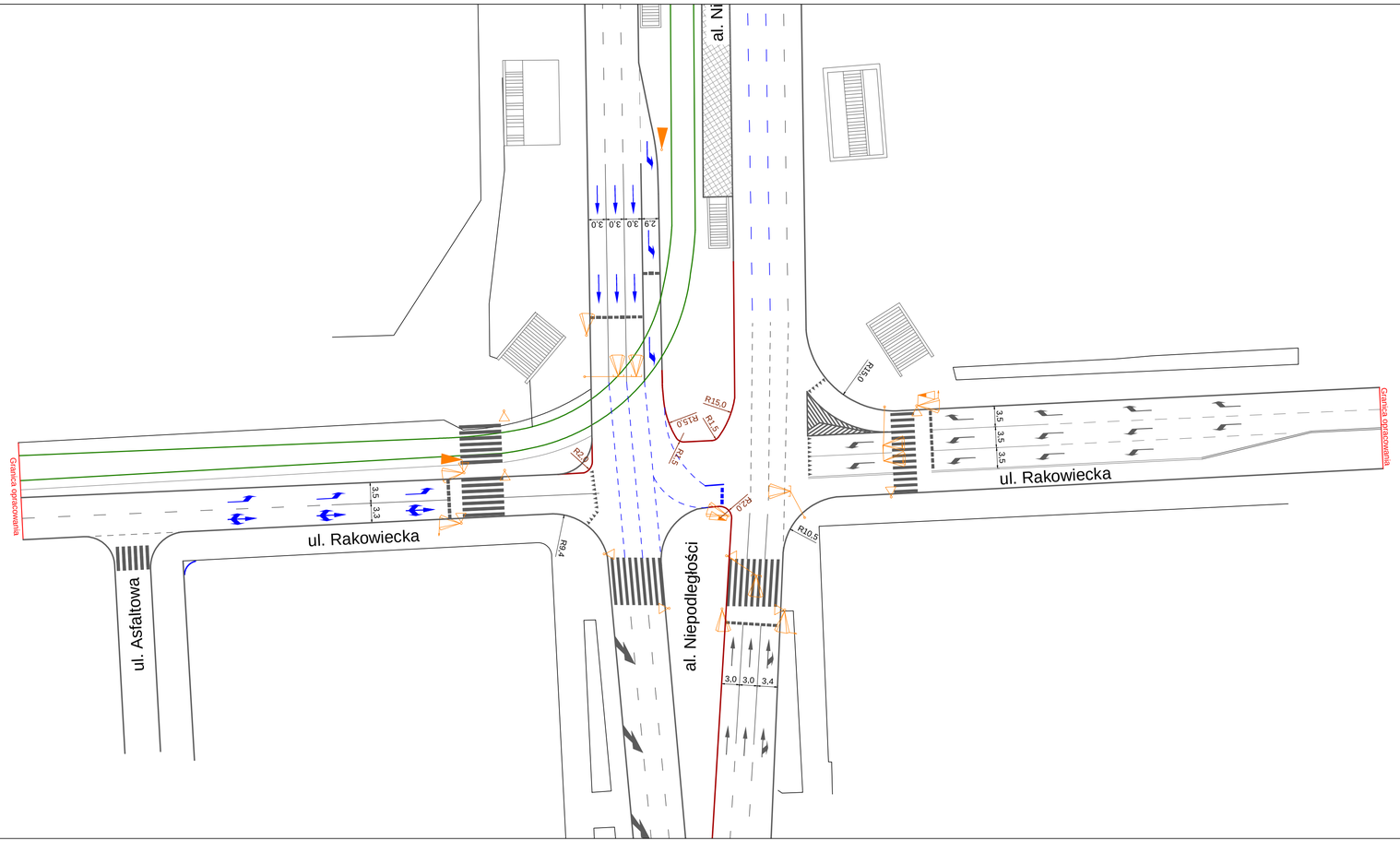
Tytuł opracowania:

Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan docelowy - Rys 2.2.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone: Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.



N

Legenda	
Obiekty istniejące	Obiekty projektowane
Sygnalizator	Sygnalizator
Krawężnik	Krawężnik
Oznakowanie poziome	Oznakowanie poziome
Strzałki kierunkowe	Strzałki kierunkowe
Oś toru	

Transport Consulting Sp. C.
00 – 772 Warszawa, ul. Gierymskiego 3/2
tel. 509 524 000
e-mail: marketing@traco.waw.pl
www.traco.waw.pl

Tytuł opracowania:

Koncepcja programowo-przestrzenna modernizacji trasy tramwajowej w ul. Niepodległości odcinek: ul. Batorego - ul. Rakowiecka

Stan docelowy - Rys 2.3.

Funkcja, imię, nazwisko:	Podpis:
Projektant: Krzysztof Szamotulski	
Opracował:	
Sprawdzający:	

Prawa autorskie zastrzeżone: Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r.