

Zamierzenie budowlane: **PRZEBUDOWA SKRZYŻOWANIA ULIC:
AL.SOLIDARNOŚCI, AL.SIKORSKIEGO
I UL.GEN. B. DUCHA W LUBLINIE**

Obiekt budowlany: **SKRZYŻOWANIE ULIC: AL.SOLIDARNOŚCI,
AL.SIKORSKIEGO I UL. GEN. B. DUCHA W LUBLINIE**

Adres obiektu: Województwo: lubelskie
Gmina: Lublin

Rodzaj projektu: **PROJEKT WYKONAWCZY**

Branża **DROGOWA**

Tom **III. PROJEKT ORGANIZACJI RUCHU**
III.1. Prognoza i analiza ruchu

Inwestor: **Prezydent Miasta Lublin**
Plac Króla Władysława Łokietka 1; 20-109 Lublin

Zamawiający: **Zarząd Dróg i Mostów w Lublinie**
ul. Krochmalna 13j; 20-401 Lublin

Umowa nr: **86/ZDM/12 z dnia 27.04.2012r.**

Funkcja:	Tytuł, Imię, Nazwisko:	Data:
Wykonał	dr inż. Krzysztof Gasz	09.2012

Sweco Polska Sp. z o.o.

BIURO GŁÓWNE
ul. Mogińska 25
PL-31-542 Kraków, Poland
Skr. +48 12 411 21 02
Fax +48 12 411 12 65
www.sweco.pl

BIURO KATOWICE
ul. Staromiejska 6
PL-40-013 Katowice, Poland
Skr. +48 32 253 78 35
Fax +48 32 253 98 70

Nr KRS: 0000056155
Sąd Rejonowy dla Krakowa-Sródmieścia
Kapitał zakładowy 13.341.700 PLN
Regon: 350511784
NIP: 676-005-66-30
www.swecogroup.com

Spis zawartości projektu wykonawczego:

Tom	Część	Nazwa opracowania
I	-	PROJEKT ORGANIZACJI RUCHU
	1	Prognoza i analiza ruchu
	2	Projekt sygnalizacji świetlnej
	3	Projekt stałej organizacji ruchu
	4	Wytyczne do opracowania szczegółowej czasowej organizacji ruchu na etapie wykonawstwa
II	-	ROBOTY DROGOWE
	1	Rozwiązania drogowe
III	-	OBIEKTY INŻYNIERSKIE
	1	WD-01 Wiadukt w ciągu al. Solidarności
	2	KP-02 Kładka dla pieszych nad al. Solidarności
	3	MO-1, MO-2, MO-3, MO-4 Mury oporowe na dojazdach do wiaduktu WD-01
	4	MO-05 Mur oporowy przy ul. Północnej
IV	-	ENERGETYKA
	1	Przebudowa sieci SN i nn
	2	Przebudowa oświetlenia ulicznego
	3.1	Przebudowa i budowa sygnalizacji świetlnej
	3.2	Przebudowa i budowa sygnalizacji świetlnej – zasilanie sterowników
V	-	TELEKOMUNIKACJA
	1.1	Przebudowa linii teletechnicznych miedzianych własności Orange Polska S.A.
	1.2	Przebudowa linii teletechnicznych światłowodowych własności Orange Polska S.A..
	1.3	Przebudowa linii teletechnicznych własności UPC Polska Sp. z o.o.
	1.4	Przebudowa linii teletechnicznych własności Netia S.A.
	1.5	Przebudowa linii teletechnicznych własności PGE Dystrybucja S.A.
	1.6	Przebudowa linii teletechnicznych własności T-Mobile Polska S.A.
	1.7	Przebudowa linii teletechnicznych własności Hawe Telekom Sp. z o.o.
	1.8	Przebudowa linii teletechnicznych własności UMCS w Lublinie
	1.9	Przebudowa linii teletechnicznych własności Polkomtel Sp. z o.o.

	1.10	Przebudowa linii teletechnicznych własności Enterpol
	1.11	Przebudowa linii teletechnicznych własności Optotrakt Sp. z o.o.
	1.12	Przebudowa linii teletechnicznych własności ATM S.A.
	1.13	Przebudowa sieci szerokopasmowej
	2	Budowa kanału technologicznego
VI	-	BUDOWA KANALIZACJI DESZCZOWEJ I URZĄDZEŃ OCZYSZCZAJĄCYCH
	1	Budowa kanalizacji deszczowej i urządzeń oczyszczających związanych z drogą
	1.a	Branża sanitarna
	1.b	Branża konstrukcyjna
	2	Budowa kolektora deszczowego DN 2000 na odcinku od studni DR-5 do studni D1
	3	Renowacja kanałów
VII	-	PRZEBUDOWA KANALIZACJI DESZCZOWEJ I SANITARNEJ
	1	Przebudowa kanalizacji deszczowej i sanitarnej
	1.a	Branża sanitarna
	1.b	Branża konstrukcyjna
VIII	-	PRZEBUDOWA SIECI WODOCIĄGOWEJ
	1	Przebudowa sieci wodociągowej
	1.a	Branża sanitarna
	1.b	Branża konstrukcyjna
IX	-	PRZEBUDOWA SIECI GAZOWEJ
	1	Przebudowa sieci gazowej
X	-	OCHRONA ŚRODOWISKA
	1	Projekt ekranów akustycznych
XI	-	WZMOCNIENIE PODŁOŻA

Zarząd Dróg i Mostów w Lublinie

Wydział Przygotowania Inwestycji

ul. Krochmalna 13J, 20-401 Lublin, tel.: 81 466 57 00, fax: 81 466 57 01
e-mail: drogi@zdm.lublin.eu, www.zdm.lublin.eu

IP-PI-I.7011.17.2011

Lublin, dnia 02.11.2012 r.



Sweco Infraprojekt
ul. Mogilska 25,
31-542 Kraków

dot.: opracowania prognozy i analizy ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego
i al. Gen. B. Ducha w Lublinie

Po analizie przedłożonej prognozy i analizy ruchu Zarząd Dróg i Mostów nie wnosi uwag do przedstawionego opracowania „prognozy i analizy ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i al. Gen. B. Ducha w Lublinie”.


Zastępca Dyrektora
ds. Inwestycji
mgr inż. Mariusz Kawa

PROGNOZA I ANALIZY RUCHU

w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie

Zleceniodawca: **SWECO INFRAPROJEKT Sp. z o.o.**
ul. Mogilska 25, 31 – 542 Kraków

Inwestor: **Zarząd Dróg i Mostów w Lublinie**
ul. Krochmalna 13 j
20 – 401 Lublin

Mysłowice, wrzesień 2012

Spis treści

1. Podstawa, cel i zakres opracowania.....	3
2. Ruch drogowy – stan istniejący.....	4
3. Komputerowy model ruchu dla Lublina	9
4. Prognoza ruchu drogowego.....	17
4.1. Założenia do prognozy ruchu	17
4.2. Prognoza ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie.....	24
5. Analiza przepustowości skrzyżowań	40
5.1. Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną	40
5.2. Metoda obliczania przepustowości rond	43
5.3. Przepustowość skrzyżowań.....	44
5.3.1. Skrzyżowanie al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha	44
5.3.2. Skrzyżowanie ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej.....	66
5.3.3. Rondo na ul. Północnej	76
6. Podsumowanie i wnioski	78
7. Materiały źródłowe	79

1. Podstawa, cel i zakres opracowania

Podstawą opracowania jest umowa z dnia 10 maja 2012 roku pomiędzy Biurem Konsultingowym TSVIA a firmą SWECO INFRAPROJEKT Sp. z o.o., która realizuje zadanie pt.: „**Opracowanie kompletnej dokumentacji przebudowy skrzyżowania ulic: al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie oraz sprawowanie nadzorów autorskich nad realizacją inwestycji**”.

Celem opracowania jest wykonanie prognoz i analiz przepustowości w rejonie skrzyżowania ulic: al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w związku z jego przebudową.

Prognoza ruchu wykonana jest dla kilku horyzontów czasowych od roku wyjściowego (2012). W roku tym zostały wykonane pomiary ruchu na kilkunastu skrzyżowaniach w Lublinie. Uwzględniono również pomiary potoków ruchu wokół Lublina wykonane w ramach Generalnego Pomiaru Ruchu w roku 2010 [1], [2].

Rok bazowy tożsamy jest z terminem zakończenia przebudowy skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie. Na podstawie informacji uzyskanych z Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie przyjęto, że będzie to grudzień 2014 roku. Prognozę opracowano na horyzont 20 lat od roku bazowego (zakończenia prac budowlanych) z przedstawieniem prognoz w interwałach 5 – letnich: 2014, 2019, 2024, 2029 i 2034.

Prognozę ruchu wykonano z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego do modelowania ruchu VISUM (wersja 11.52) niemieckiej firmy PTV AG (numer licencji: 900263201).

Zakres prognoz i analiz ruchu obejmuje:

- wykonanie pomiarów ruchu na kilkunastu skrzyżowaniach w Lublinie,
- opracowanie komputerowego modelu ruchu dla Lublina w programie VISUM,
- wykonanie prognoz ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie na horyzont 20 lat od zakończenia prac budowlanych (2014),
- wykonanie analiz przepustowości.

2. Ruch drogowy – stan istniejący

Lublin jest miastem zlokalizowanym we wschodniej części Polski nad rzeką Bystrzycą. Jest największym miastem po lewej stronie Wisły. Jest ważnym ośrodkiem administracyjnym, gospodarczym, akademickim i kulturalnym. Na dzień 14 maja 2012 roku na pobyt stały zameldowanych było 330 952 mieszkańców [3]. Oprócz mieszkańców znaczną część ludności związanej z Lublinem stanowią studenci, których liczba szacowana jest na ok. 100 000 [4]. W Lublinie działa kilka uczelni wyższych (m.in. Katolicki Uniwersytet Lubelski, Uniwersytet Marii Curie – Skłodowskiej, Uniwersytet Medyczny, Uniwersytet Przyrodniczy, Politechnika Lubelska).

Lublin jest siedzibą gminy miejskiej (miasto Lublin), powiatu ziemskiego (powiat lubelski) oraz województwa (województwo lubelskie).

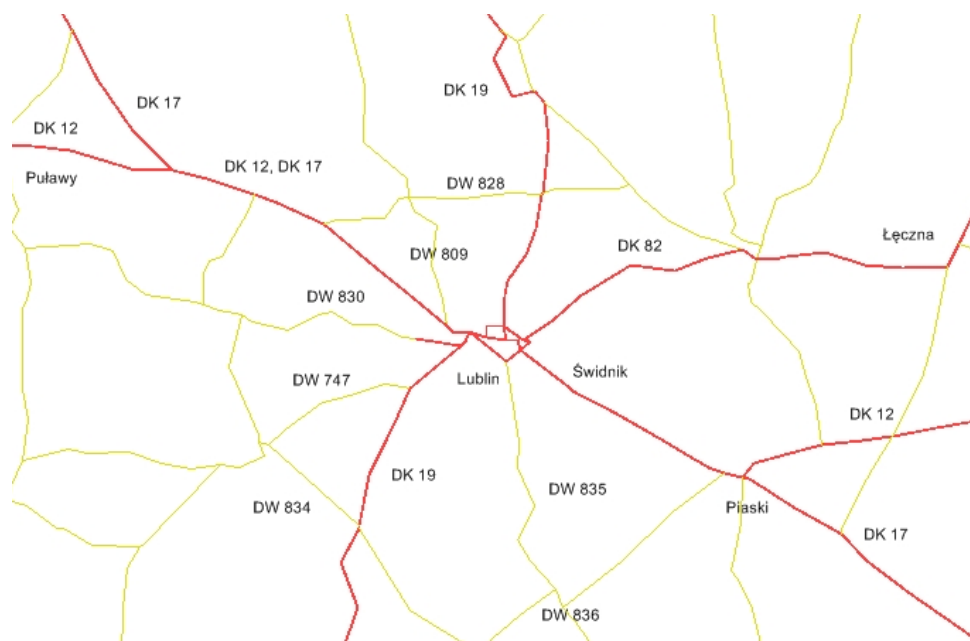
Lublin znajduje się w dogodnym położeniu pod względem komunikacyjnym. Miasto jest położone przy następujących drogach krajowych:

- DK 12 – Łęknica (przejście graniczne z Niemcami) – Leszno – Kalisz – Sieradz – Piotrków Trybunalski – Radom – Lublin – Chełm – Dorohusk (przejście graniczne z Ukrainą),
- DK 17 – Warszawa – Garwolin – Lublin – Zamość – Hrebenne (przejście graniczne z Ukrainą),
- DK 19 – Kuźnica (przejście graniczne z Białorusią) – Białystok – Lublin – Kraśnik – Rzeszów,
- DK 82 – Lublin – Włodawa.

W Lublinie rozpoczyna się również kilka dróg wojewódzkich:

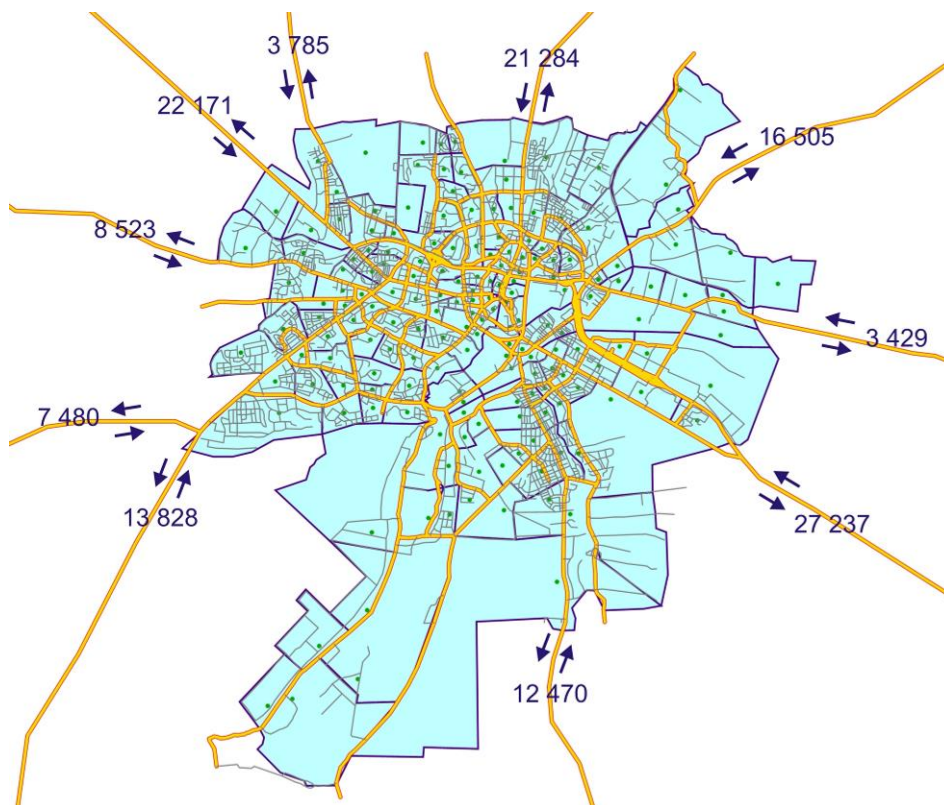
- DW 747 – Lublin – Bełżyce – Opole Lubelskie – Lipsko – Iłża,
- DW 809 – Lublin – Przytoczno,
- DW 822 – Lublin – Port Lotniczy Świdnik,
- DW 830 – Lublin – Nałęczów – Bochatnica,
- DW 835 – Lublin – Biłgoraj – Przeworsk – Kańczuga – Grabownica Starzeńska.

Na rys. 2.1 przedstawiono sieć transportową wokół Lublina z pokazaniem przebiegu dróg krajowych i wojewódzkich.



Rys. 2.1. Sieć transportowa wokół Lublina w roku 2012

Na rys. 2.2 pokazano wielkości potoków ruchu dochodzące do granic Lublina uzyskane z Generalnego Pomiaru Ruchu w roku 2010 [1], [2]. Pokazane tam wartości dotyczą ruchu dobowego (SDR) w obu kierunkach.



Rys. 2.2. Wielkości potoków ruchu dochodzące do granic Lublina w roku 2010 [1], [2]

Na potrzeby związane z opracowaniem prognozy ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie zostały wykonane pomiary ruchu na piętnastu skrzyżowaniach w Lublinie. Pomiary te wykonane zostały w dniach 9 i 10 maja 2012 roku. Obejmowały one pomiar poranny ($6^{30} \div 8^{30}$) oraz pomiar popołudniowy ($15^{30} \div 17^{30}$). Godzina szczytu porannego wystąpiła pomiędzy $7^{00} \div 8^{00}$, natomiast godzina szczytu popołudniowego wystąpiła pomiędzy $16^{00} \div 17^{00}$. Pomiar na tylu skrzyżowaniach podyktowany był opracowaniem modelu ruchu dla całego miasta Lublina i weryfikacją obliczeń z rzeczywistymi pomiarami ruchu. Pomiary ruchu wykonane zostały na następujących skrzyżowaniach:

- al. Warszawska – ul. Zbożowa,
- al. Warszawska – al. Solidarności,
- al. Solidarności – al. Sikorskiego,
- ul. Gen. B. Ducha – ul. Północna,
- al. Solidarności – al. Kompozytorów Polskich,
- al. Kompozytorów Polskich – al. M. Smorawińskiego,
- al. M. Smorawińskiego – al. Spółdzielczości Pracy,
- al. Raławickie – ul. J. Poniatowskiego,
- al. Kraśnicka – ul. Nałęczowska,
- ul. Głęboka – ul. Filaretów,
- ul. Jana Pawła II – ul. Armii Krajowej,
- ul. Nadbystrzycka – ul. T. Zana,
- ul. Krochmalna – ul. Diamentowa,
- ul. Wł. Kunickiego – ul. Dywizjonu 303,
- ul. Mełgiewska – ul. Gospodarcza.

Wykonane pomiary ruchu posłużyły jedynie do weryfikacji modelu ruchu, natomiast sam model opracowano na podstawie danych demograficznych poszczególnych rejonów Lublina. Wyniki pomiarów ruchu podczas szczytu porannego pokazane zostały na rys. 2.3, natomiast wyniki pomiarów ruchu podczas szczytu popołudniowego pokazane zostały na rys. 2.4.



Rys. 2.3. Wyniki pomiarów ruchu podczas szczytu porannego w roku 2012



Rys. 2.4. Wyniki pomiarów ruchu podczas szczytu popołudniowego w roku 2012

Skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha jest skrzyżowaniem pięciowłotowym. Do tego skrzyżowania dołączony jest dodatkowy wlot z ul. Północnej. Przez to skrzyżowanie przechodzą drogi krajowe: DK 12, DK 17 i DK 19. Drogi krajowe DK 12 i DK 17 na odcinku Kurów – Lublin – Piaski mają wspólny przebieg. W rejonie analizowanego skrzyżowania drogi te biegną al. Solidarności. Natomiast droga DK 19 biegnie al. Sikorskiego i al. Solidarności. Skrzyżowanie sterowane jest za pomocą sygnalizacji świetlnej.

W czasie prowadzonych pomiarów ruchu (zwłaszcza podczas szczytu popołudniowego) zaobserwowano na każdym wlocie ciągłą kolejkę pojazdów na wszystkich wlotach sięgającą ok. 200 ÷ 300 metrów. Widok na to skrzyżowanie przedstawiono na rys. 2.5 i 2.6.



Rys. 2.5. Widok na skrzyżowanie Al. Solidarności i Al. Sikorskiego w Lublinie



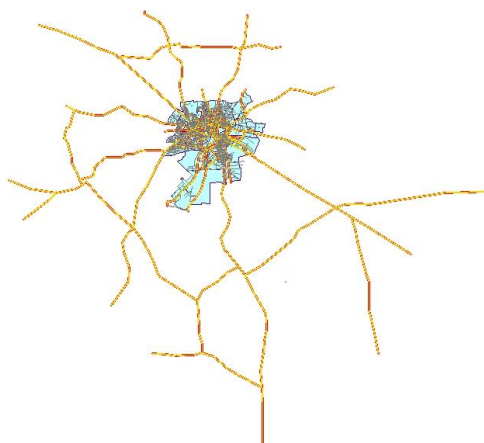
Rys. 2.6. Widok na kolejkę pojazdów na wlocie Al. Solidarności

3. Komputerowy model ruchu dla Lublina

Analizy ruchu drogowego w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie zostały wykonane metodą modelowania sieciowego w programie VISUM. Model sieci transportowej objął wszystkie ulice w Lublinie oraz drogi krajowe i wojewódzkie na terenie powiatu lubelskiego i świdnickiego (ze względu na bardzo bliską lokalizację względem Lublina). Rozszerzenie modelu o przyległe powiaty wynikało z możliwości uwzględnienia obwodnicy Lublina, która wychodzi poza teren miasta. Sieć transportowa Lublina została przedstawiona na rys. 3.1, natomiast sieć transportowa powiatu lubelskiego i świdnickiego została pokazana na rys. 3.2.



Rys. 3.1. Analizowana sieć transportowa Lublina w roku 2012



Rys. 3.2. Analizowana sieć transportowa powiatu lubelskiego i świdnickiego w roku 2012

W celu opracowania modelu ruchu dla Lublina każdy odcinek drogi został przypisany do odpowiedniej kategorii drogi, różniącej się klasą drogi, lokalizacją drogi, liczbą pasów ruchu, prędkością w ruchu swobodnym oraz przepustowością. Podział na kategorie oraz parametry tych dróg przedstawiono w tabeli 3.1.

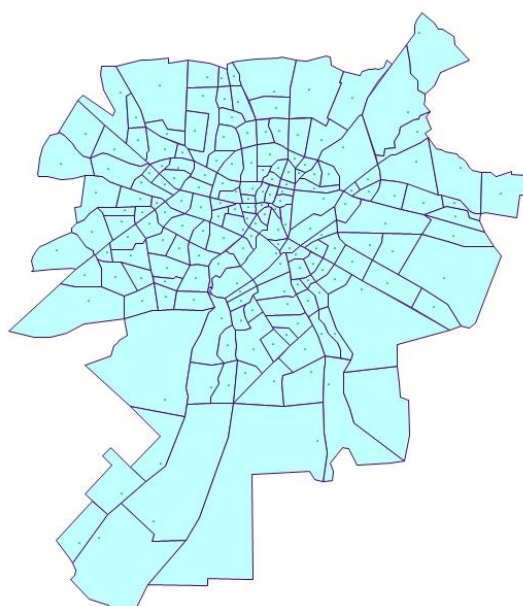
Tabela 3.1. Kategorie i parametry odcinków zastosowane w modelu ruchu

Kategoria drogi	Lokalizacja drogi	Liczba pasów w jednym kierunku	Przepustowość [P/h]	Prędkość w ruchu swobodnym [km/h]
S 1x2	obszar miejski	1	1400	85
S 2x2	obszar miejski	2	3000	95
S 2x3	obszar miejski	3	4500	98
S 1x2	obszar zamieski	1	1600	90

S 2x2	obszar zamiejski	2	3500	108
S 2x3	obszar zamiejski	3	5500	113
GP bezkol 1x2	obszar miejski	1	1300	80
GP bezkol 2x2	obszar miejski	2	2800	87
GP bezkol 2x3	obszar miejski	3	4200	90
GP bezkol 1x2	obszar podmiejski	1	1350	84
GP bezkol 2x2	obszar podmiejski	2	3100	92
GP bezkol 2x3	obszar podmiejski	3	4700	95
GP bezkol 1x2	obszar zamiejski	1	1400	88
GP bezkol 2x2	obszar zamiejski	2	3400	97
GP bezkol 2x3	obszar zamiejski	3	5200	100
GP bezkol 1x4	obszar podmiejski	2	2400	87
GP 1x2	obszar miejski	1	800	42
GP 2x2	obszar miejski	2	2000	45
GP 2x3	obszar miejski	3	3100	48
GP 1x2	obszar podmiejski	1	900	53
GP 2x2	obszar podmiejski	2	2200	60
GP 2x3	obszar podmiejski	3	3500	67
GP 1x2	obszar zamiejski	1	1100	80
GP 2x2	obszar zamiejski	2	2600	85
GP 2x3	obszar zamiejski	3	3900	90
GP 1x4	obszar podmiejski	2	2000	58
G 1x2	obszar miejski	1	700	40
G 1x4	obszar miejski	2	1700	42
G 2x2	obszar miejski	2	1800	44
G 2x3	obszar miejski	3	2900	46
G 1x2	obszar podmiejski	1	800	48
G 1x4	obszar podmiejski	2	1800	50
G 2x2	obszar podmiejski	2	2000	52
G 2x3	obszar podmiejski	3	3150	60
G 1x2	obszar zamiejski	1	1000	70
G 1x4	obszar zamiejski	2	2100	75
G 2x2	obszar zamiejski	2	2400	80
G 2x3	obszar zamiejski	3	3600	85
Z 1x2	obszar miejski	1	600	38

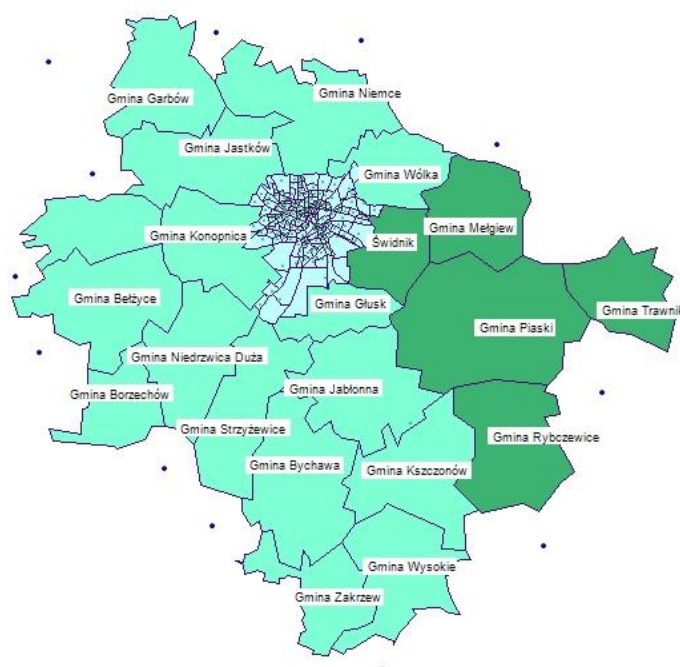
Z 1x4	obszar miejski	2	1500	40
Z 2x2	obszar miejski	2	1600	42
Z 1x2	obszar podmiejski	1	700	46
Z 1x4	obszar podmiejski	2	1600	48
Z 2x2	obszar podmiejski	2	1800	50
Z 1x2	obszar zamiejski	1	900	65
Z 1x4	obszar zamiejski	2	1800	70
Z 2x2	obszar zamiejski	2	2000	75
L 1x2	obszar miejski	1	600	40
L 1x2	obszar miejski	1	500	30
L 1x2	obszar miejski	1	400	20

W celu odzwierciedlenia podróży użytkowników pojazdów pomiędzy różnymi punktami sieci transportowej analizowany obszar Lublina i okolic został podzielony na rejony komunikacyjne. Obszar Lublina podzielony został na 178 rejonów komunikacyjnych. Rejony komunikacyjne zostały zidentyfikowane na podstawie funkcjonalności i wielkości danego obszaru. Uwzględniono między innymi charakter mieszkaniowy, akademicki, usługowy, handlowy, przemysłowy i rekreacyjny. Granice poszczególnych rejonów komunikacyjnych określano na podstawie naturalnych granic – dróg, linii kolejowych, cieków wodnych, parków i obszarów leśnych. Podział Lublina na rejony komunikacyjne przedstawiony został na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Podział Lublina na rejony komunikacyjne

Uwzględniono również wszystkie gminy z powiatu lubelskiego (16 rejonów komunikacyjnych) oraz powiatu świdnickiego (5 rejonów komunikacyjnych). Dodatkowo uwzględniono jako rejony komunikacyjne „końcówki” dróg krajowych i wojewódzkich (w celu określenia ruchu tranzytowego). Rozszerzenie modelu o sąsiadujące powiaty wynikało z faktu uwzględnienia w modelu obwodnicy Lublina w ciągu drogi ekspresowej S12/S17 oraz S19 oraz zaleceń [5] (dla miast powyżej 300 tysięcy mieszkańców model należy rozszerzyć na obszar terenów przylegających do miasta i mających wpływ na poziom natężenia ruchu w mieście). Podział sąsiadujących gmin na rejony komunikacyjne pokazany został na rys. 3.4. W sumie analizowany obszar podzielony został na 212 rejonów komunikacyjnych.



Rys. 3.4. Podział sąsiadujących gmin na rejony komunikacyjne

Klasyczne podejście do modelowania podróży jest procesem czterostopniowym. Składa się z następujących etapów [6], [7]:

- generacji ruchu – opisującego wielkości podróży rozpoczynanych i kończonych w poszczególnych rejonach komunikacyjnych,
- rozkładu przestrzennego ruchu – określającego wielkości potoków ruchu pomiędzy każdą parą rejonów komunikacyjnych,
- rozkładu ruchu na środki transportu (*modal split*) – określającego wielkości potoków poruszające się za pomocą różnych środków transportu,

- rozkładu ruchu na sieć transportową – określającego wielkości potoków na poszczególnych trasach.

Aby w pełni wykorzystać poszczególne etapy konieczna jest dostępność do baz danych oferujących szczegółowe informacje związane z cechami społecznymi i ekonomicznymi ludności, motywacjami podróży, wyborem środka transportu, wyborem trasy przejazdu, itd. Dane takie mogą być zebrane np. w ramach Kompleksowych Badań Ruchu. Ze względu na fakt, że takie badania nie były wykonywane w Lublinie w ostatnich latach, opracowano model ruchu na podstawie dostępnych danych demograficznych.

Do wyznaczenia generacji ruchu wykorzystano dane demograficzne dotyczące poszczególnych rejonów. Podróże mieszkańców zostały podzielone na następujące motywacje:

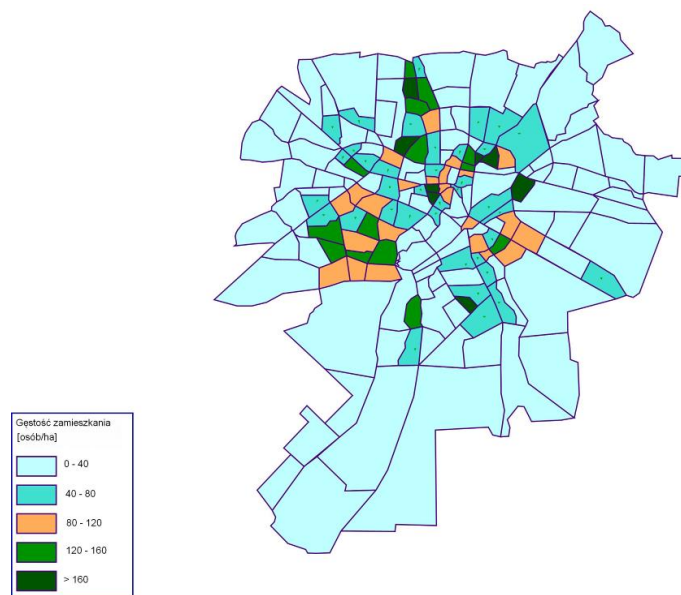
- dom – praca,
- praca – dom,
- dom – nauka,
- nauka – dom,
- dom – studia,
- studia – dom,
- dom – inne,
- inne – dom,
- niezwiązane z domem.

Liczba ludności w poszczególnych rejonach komunikacyjnych Lublina została określona na podstawie liczby osób zameldowanych na poszczególnych ulicach – stan na 14 maja 2012 roku [3]. Ze względu na znaczną liczbę przyjętych rejonów komunikacyjnych w Lublinie liczbę ludności pokazano graficznie na rys. 3.5. Liczba ludności w pozostałych rejonach komunikacyjnych została określona na podstawie Banku Danych Lokalnych [8].

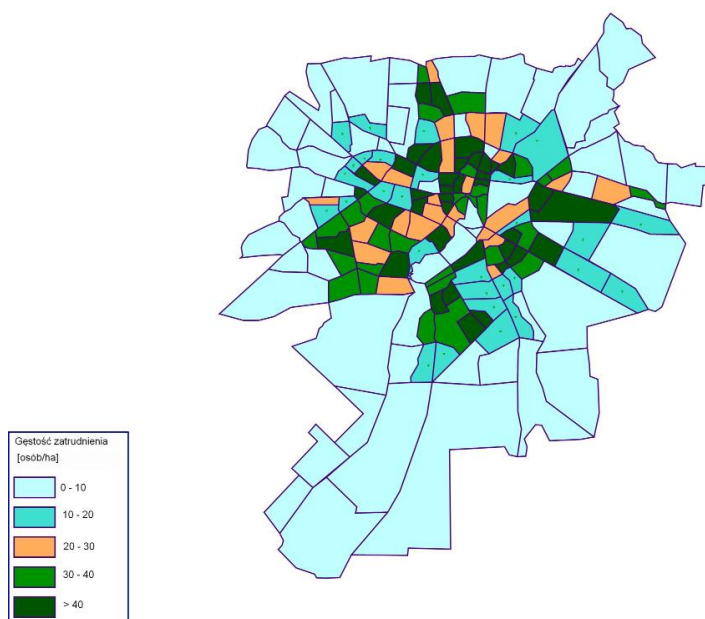
Liczba miejsc pracy została określona na podstawie liczby jednostek REGON w rozbiciu na pięć grup, pod względem liczby zatrudnionych pracowników [8]:

- 1 ÷ 9 pracowników,
- 10 ÷ 49 pracowników,
- 50 ÷ 249 pracowników,
- 250 ÷ 999 pracowników,
- powyżej 1000 pracowników.

Liczba jednostek REGON w poszczególnych rejonach Lublina została określona za pomocą informacji uzyskanych z Urzędu Miasta w Lublinie. Zlokalizowano największe jednostki (zatrudniające powyżej 50 pracowników), natomiast pozostałe jednostki przydzielono do rejonów komunikacyjnych proporcjonalnie do liczby mieszkańców. Liczba miejsc pracy w poszczególnych rejonach Lublina została przedstawiona graficznie na rys. 3.6, natomiast liczba mieszkańców oraz liczba jednostek REGON w rozbiciu na pięć grup wielkości z powiatu lubelskiego i świdnickiego przedstawione zostały w tabeli 3.2.



Rys. 3.5. Gęstość zamieszkania w poszczególnych rejonach komunikacyjnych w roku 2012



Rys. 3.6. Gęstość zatrudnienia w poszczególnych rejonach komunikacyjnych w roku 2012

Tabela 3.2. Liczba ludności i jednostek REGON w poszczególnych rejonach komunikacyjnych powiatu lubelskiego oraz świdnickiego [8]

Nazwa rejonu	Liczba mieszkańców	REGON 0 ÷ 9	REGON 10 ÷ 49	REGON 50 ÷ 249	REGON 250 ÷ 999	REGON >1000
Bełżyce	13913	921	29	10	0	0
Borzechów	4200	167	6	0	0	0
Bychawa	12833	688	31	5	1	0
Garbów	9000	470	28	3	0	0
Głusk	6001	683	33	4	0	0
Jastków	10730	1084	34	6	0	0
Jabłonna	7471	436	16	0	0	0
Konopnica	9256	1058	46	1	0	0
Kszczonów	5378	254	5	1	0	0
Niedrzwica Duża	10550	726	34	4	0	0
Niemce	14733	1294	51	7	1	0
Strzyżewice	7298	490	21	1	0	0
Wojciechów	5935	277	9	0	0	0
Wólka	6800	766	22	2	0	0
Wysokie	5739	167	11	1	0	0
Zakrzew	3600	89	6	0	0	0
Świdnik	41322	3305	120	24	2	1
Mełgiew	8492	590	32	0	1	0
Piaski	10842	602	31	4	0	0
Rybczewice	3881	111	6	1	0	0
Trawniki	9413	391	18	0	1	0

Na podstawie danych demograficznych w poszczególnych rejonach komunikacyjnych określono wielkości generacji i atrakcji dla każdego rejonu w ciągu doby. Do wyznaczenia potencjałów ruchotwórczych wykorzystano odpowiednie wzory regresyjne [9]. Na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu z innych miast Polski założono, że mieszkańcy Lublina wykonują średnio 2,00 podróże w ciągu doby (Warszawa – 1,85 [10], Wrocław – 1,87 [11]). W kolejnym kroku określono udział podróży w szczycie popołudniowym ($16^{00} \div 17^{00}$) [9] oraz udział podróży samochodami osobowymi [10], [11]. Wartości udziałów dla poszczególnych motywacji podróży przedstawione są w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Udział godziny szczytu w dobie oraz udział podróży wykonywanych samochodami osobowymi [9], [10], [11]

Motywacja	Udział szczytu popołudniowego [%]	Udział podróży wykonywanych samochodami [%]
Dom – praca	0,74	41,4
Praca – dom	21,81	41,4
Dom – nauka	2,32	6,4
Nauka – dom	15,70	6,4
Dom – studia	2,32	6,4
Studia – dom	15,70	6,4
Dom – inne	5,76	41,4
Inne – dom	8,09	41,4
Niezwiązane z domem	11,86	41,4

W komputerowym modelu ruchu dla Lublina wyróżniono pięć typów pojazdów: samochody osobowe, samochody lekkie ciężarowe (dostawcze), samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe z przyczepą i autobusy. Wielkości potencjałów dla pojazdów ciężkich określono na podstawie wielkości zakładów pracy, natomiast wielkości ruchu tranzytowego określono na podstawie Krajowego Modelu Ruchu [12].

4. Prognoza ruchu drogowego

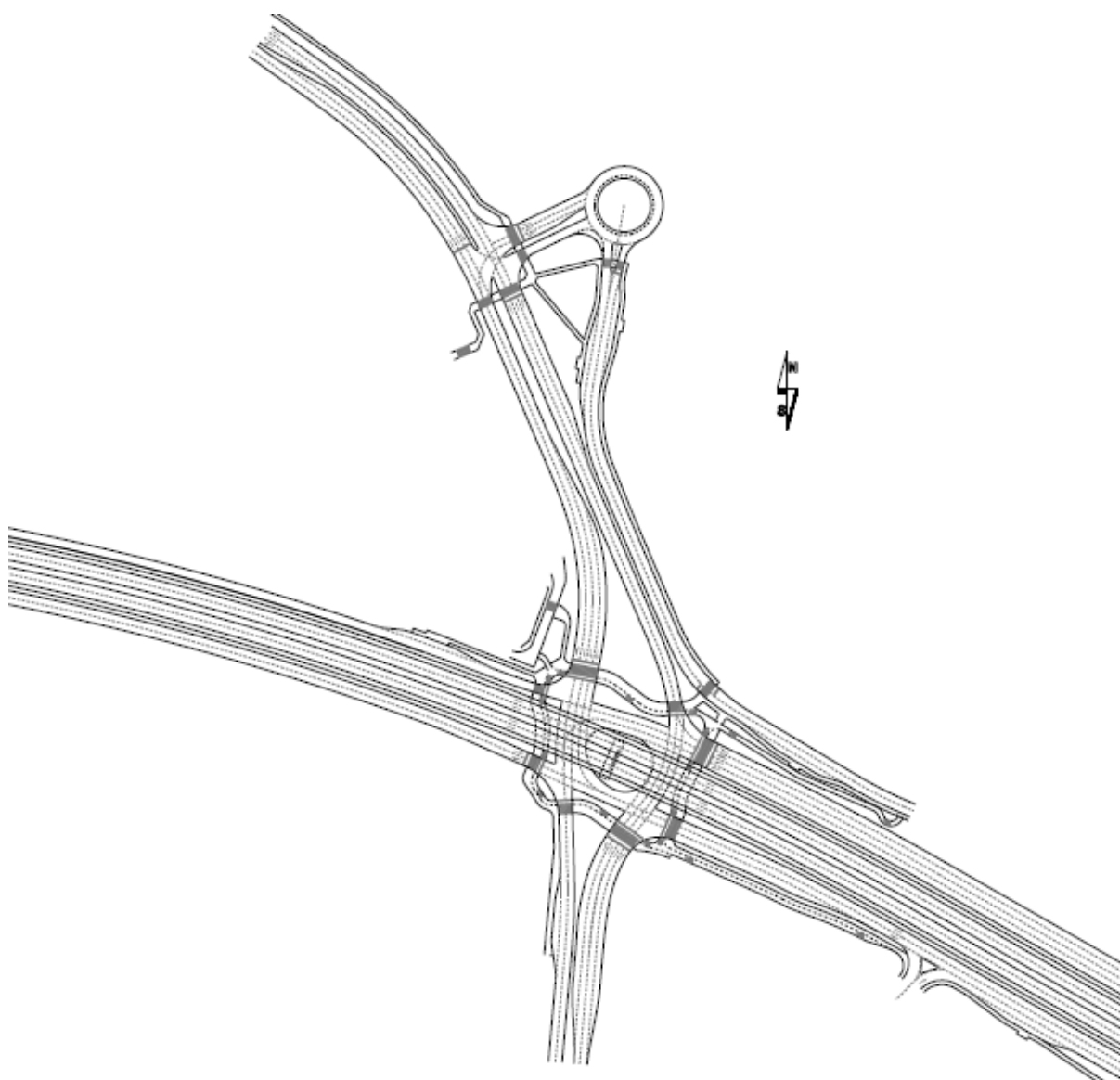
4.1. Założenia do prognozy ruchu

Komputerowy model ruchu dla Lublina uzupełniono o planowane odcinki dróg. Rozwój sieci drogowej Lublina przyjęto na podstawie [13], [14]. Termin oddania poszczególnych inwestycji określono na podstawie informacji uzyskanych z Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie.

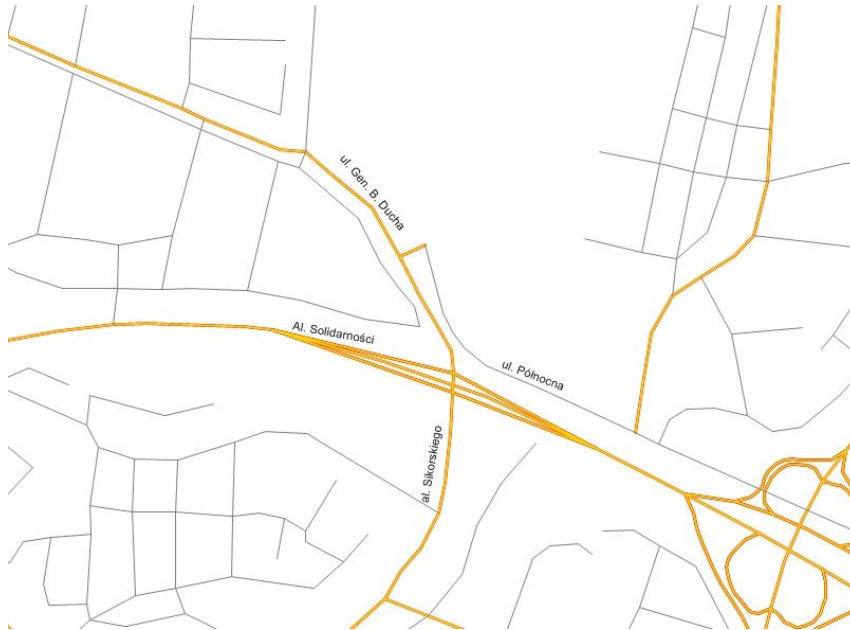
Planowany termin zakończenia prac budowlanych na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie to grudzień 2014 roku. Jest to jednocześnie rok bazowy prognoz ruchu.

Prognozę i analizy ruchu opracowano dla planowanej przebudowy układu komunikacyjnego w rejonie analizowanego skrzyżowania. Założono wyniesienie relacji

na wprost na al. Solidarności na estakadę a skrzyżowanie al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha przekształcono na skrzyżowanie z wyspą centralną sterowane za pomocą sygnalizacji świetlnej. Skrzyżowanie ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej zaprojektowano również jako skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną. Na ciągu ul. Północnej około 80m przed skrzyżowaniem z ul. Gen. B. Ducha zaprojektowano małe rondo jednopasowe, umożliwiające w przyszłości podłączenie mogących powstać na terenie Górek Czechowskich dróg [15]. Schemat układu komunikacyjnego w rejonie analizowanego skrzyżowania przedstawiono na rys. 4.1, natomiast komputerowy model sieci drogowej w rejonie skrzyżowania na rys. 4.2.



Rys. 4.1. Schemat układu komunikacyjnego w rejonie skrzyżowania al. Solidarności,
al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie [15]



Rys. 4.2. Model sieci drogowej w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie

Prognozę ruchu opracowano na horyzont 20 lat od roku bazowego (zakończenia prac budowlanych) z przedstawieniem prognoz w interwałach 5 – letnich: 2014, 2019, 2024, 2029 i 2034. Model sieci transportowej Lublina dla poszczególnych horyzontów czasowych przedstawiono na rys. 4.3 ÷ 4.5.



Rys. 4.3. Model sieci transportowej Lublina dla roku 2014



Rys. 4.4. Model sieci transportowej Lublina dla roku 2019



Rys. 4.5. Model sieci transportowej Lublina dla roku 2024, 2029 i 2034

W analizach uwzględniono pięć typów pojazdów: osobowe, lekkie ciężarowe (dostawcze), ciężarowe, ciężarowe z przyczepą i autobusy. Ze względu na niewielki udział w ruchu motocykli, pojazdy te nie zostały uwzględnione w analizach.

Macierze O–D dla przedmiotowego zadania objęły obszar określony na rysunku sieci drogowej. Skalibrowano je na podstawie danych demograficznych poszczególnych rejonów komunikacyjnych, a następnie zweryfikowano z przeprowadzonymi pomiarami ruchu w maju 2012 roku.

Ze względu na fakt, że natężenia ruchu na większości skrzyżowań były większe podczas szczytu popołudniowego niż podczas szczytu porannego zamodelowano jedynie ruch podczas szczytu popołudniowego.

Na rys. 4.6 pokazano potoki ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie (uzyskane w modelu komputerowym) podczas szczytu popołudniowego w roku 2012.



Rys. 4.6. Potoki ruchu w na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie podczas szczytu popołudniowego w roku 2012

W tabeli 4.1 przedstawiono weryfikację modelu ruchu. Dokonano porównania wartości natężeń uzyskanych z pomiarów ruchu (wykonanych w maju 2012 roku) oraz wartości potoków ruchu z modelu komputerowego. Maksymalna różnica wartości wynosi 15 %, więc można uznać, że opracowany model ruchu dla miast Lublina i okolic jest sporządzony

poprawnie i nadaje się do prognozowania ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie.

Tabela 4.1. Weryfikacja modelu ruchu dla Lublina

Skrzyżowanie	Wlot	Pomiar	Model	Model/Pomiar
al. Warszawska – ul. Zbożowa	al. Warszawska W	1182	1025	0,87
	ul. Zbożowa	371	395	1,06
	al. Warszawska E	1296	1189	0,92
al. Warszawska – al. Solidarności	al. Warszawska W	1336	1237	0,93
	al. Solidarności	625	683	1,09
	al. Warszawska E	762	674	0,88
al. Solidarności – al. Sikorskiego	al. Solidarności W	630	679	1,08
	al. Solidarności E	2199	2164	0,98
	al. Sikorskiego	1338	1332	1,00
ul. Gen. Ducha – ul. Północna	ul. Gen. B. Ducha	449	444	0,99
	ul. Północna	292	288	0,99
al. Solidarności – al. Komp. Polskich	al. Solidarności W	1298	1405	1,08
	al. Komp. Polskich	452	491	1,09
	al. Solidarności E	1624	1755	1,08
	ul. Lubomelska	1118	989	0,88
al. Komp. Polskich – al. Smorawińskiego	al. Smorawińskiego W	1421	1318	0,93
	al. Komp. Polskich N	645	610	0,95
	al. Smorawińskiego E	1008	1152	1,14
	al. Komp. Polskich S	576	547	0,95
al. Smorawińskiego – al. Spółdzielczości Pracy	al. Smorawińskiego W	982	1107	1,12
	al. Spółdz. Pracy N	606	656	1,08
	al. Gen. Andersa	665	763	1,14
	al. Spółdz. Pracy S	957	911	0,95
al. Raławickie – ul. Poniatowskiego	al. Raławickie W	618	596	0,96
	ul. Poniatowskiego	356	388	1,09
	al. Raławickie E	1050	940	0,90
	ul. Sowińskiego	669	574	0,86
al. Kraśnicka – ul. Nałęczowska	ul. Nałęczowska	512	564	1,10
	al. Kraśnicka N	2106	1888	0,90

	ul. Głęboka	686	622	0,91
	al. Kraśnicka S	1431	1625	1,13
ul. Głęboka – ul. Filaretów	ul. Głęboka W	586	525	0,90
	ul. Głęboka E	1192	1335	1,12
	ul. Filaretów	771	803	1,04
ul. Jana Pawła II – ul. Armii Krajowej	ul. Armii Krajowej	1054	1080	1,02
	ul. Matki Teresy z Kalkuty	76	68	0,89
	ul. Jana Pawła II E	1909	1673	0,88
	ul. Jana Pawła II S	770	734	0,95
ul. Nadbystrzycka – ul. Zana	ul. Zana	489	559	1,14
	ul. Nadbystrzycka N	914	950	1,04
	ul. Nadbystrzycka S	732	810	1,11
ul. Krochmalna – ul. Diamentowa	ul. Krochmalna W	1850	1853	1,00
	ul. Krochmalna E	1057	973	0,92
	ul. Diamentowa	2152	2114	0,98
ul. Kunickiego – ul. Dywizjonu 303	ul. Oboźna	488	460	0,94
	ul. Kunickiego N	744	828	1,11
	ul. Dywizjonu 303	849	757	0,89
	ul. Kunickiego S	864	939	1,08
ul. Mełgiewska – ul. Gospodarcza	ul. Mełgiewska W	696	613	0,88
	ul. Gospodarcza N	112	116	1,03
	ul. Mełgiewska E	1279	1195	0,93
	ul. Gospodarcza S	317	296	0,93

Następnie wyznaczono macierze O–D dla poszczególnych horyzontów czasowych przemnażając liczby jazd pojazdów przez wskaźniki wzrostu ruchu. Przyjęto wskaźniki wzrostu ruchu skorelowane z przewidywanym przyrostem PKB (według metody zalecanej przez GDDKiA [16]). Przyjęte wartości wskaźników dla poszczególnych typów pojazdów pokazano w tabeli 4.2. Wskaźniki wzrostu ruchu dotyczą podregionu lubelskiego i odnoszą się do roku 2012.

Tabela 4.2. Wskaźniki wzrostu ruchu dla podregionu lubelskiego w stosunku do roku 2012 [16]

	Rok prognozy				
	2014	2019	2024	2029	2034
Samochody osobowe	1,051	1,183	1,315	1,447	1,587
Samochody lekkie ciężarowe	1,019	1,069	1,116	1,162	1,207
Samochody ciężarowe	1,020	1,073	1,124	1,172	1,221
Samochody ciężarowe z przyczepą	1,061	1,228	1,400	1,578	1,771
Autobusy	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

4.2. Prognoza ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie

Prognozy ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie zostały wykonane z wykorzystaniem uprzednio przygotowanego modelu sieci transportowej oraz założeń do prognoz ruchu. Prognozę wykonano dla następujących horyzontów czasowych: roku 2014 (rok zakończenia prac budowlanych), 2019, 2024, 2029 i 2034 (horyzont 20 lat).

Na rysunkach 4.7 ÷ 4.11 przedstawiono potoki ruchu wokół analizowanego skrzyżowania dla poszczególnych horyzontów czasowych. Pokazane tam wartości dotyczą ruchu godzinowego (szczyt popołudniowy 16⁰⁰ ÷ 17⁰⁰) w jednym kierunku.

Na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 następuje spadek ruchu na relacji al. Solidarności – al. Sikorskiego. Związane jest to z otwarciem połączenia ul. Poligonowej z obwodnicą Lublina (założono, że połączenie to powstanie ok. roku 2015), co będzie skutkowało przeniesieniem części relacji na ul. Gen. B. Ducha i ul. Poligonową. Połączenie to będzie najkrótszym i najszybszym połączeniem wlotów drogi DK 19 (zanim powstanie cała obwodnica, która przejmie ten ruch tranzytowy).

Natomiast domknięcie obwodnicy Lublina założono ok. roku 2022 (wg wskazówek Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie), co spowoduje chwilowe zmniejszenie ruchu na analizowanym skrzyżowaniu.



Rys. 4.7. Potoki ruchu wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2014 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



Rys. 4.8. Potoki ruchu wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



Rys. 4.9. Potoki ruchu wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2024 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

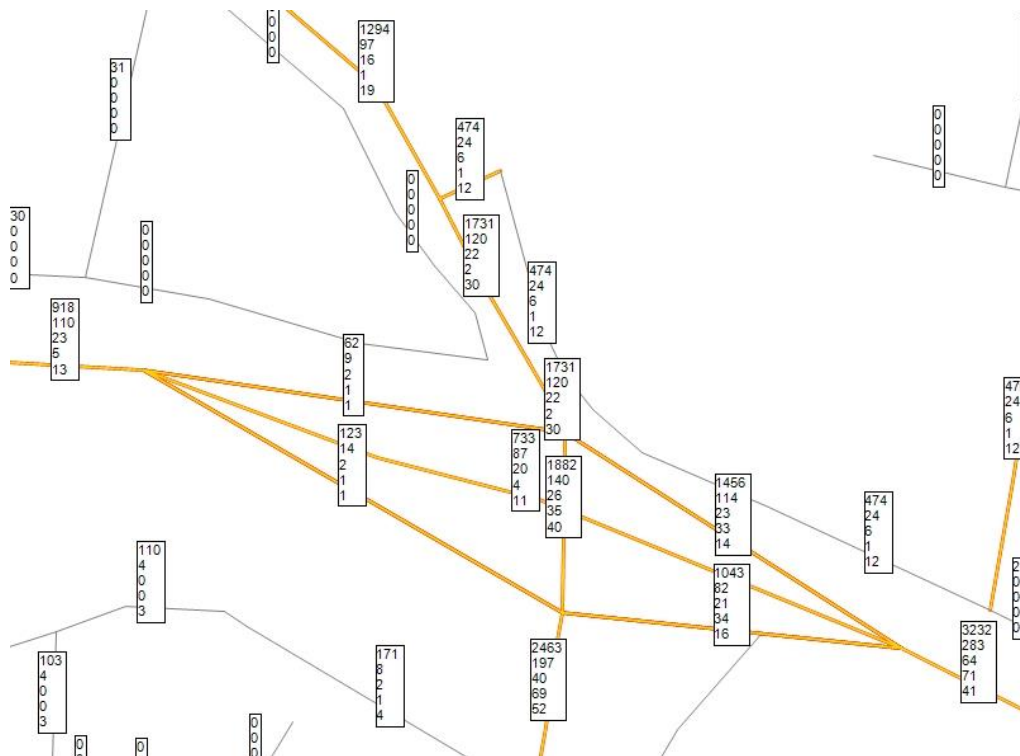


Rys. 4.10. Potoki ruchu wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2029 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

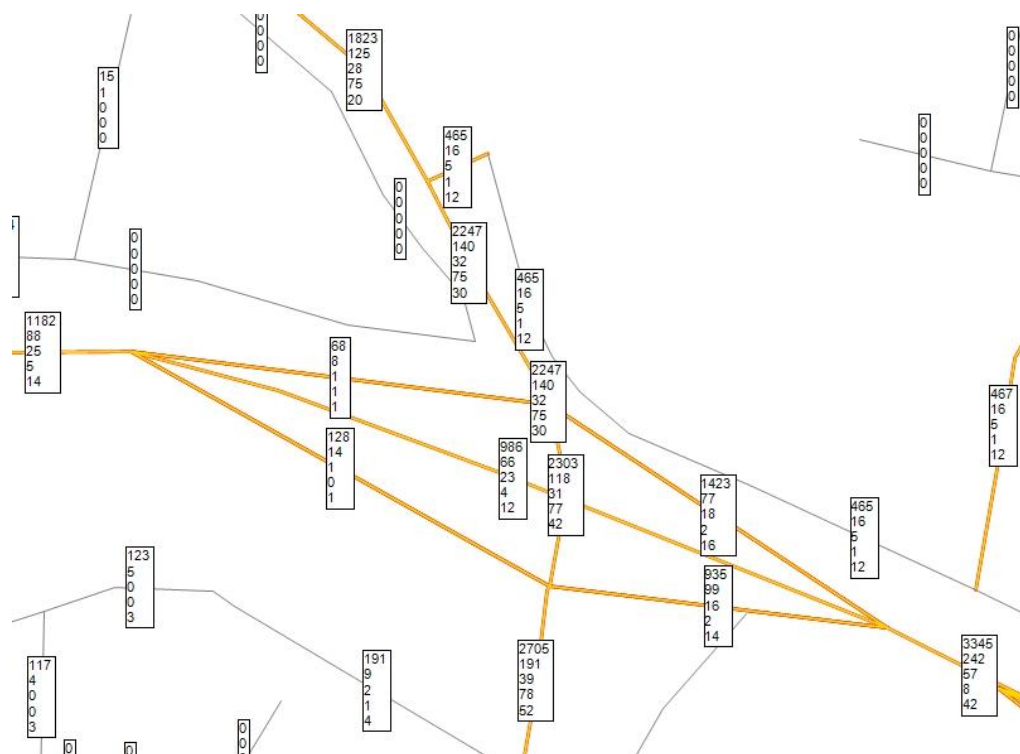


Rys. 4.11. Potoki ruchu wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2034 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

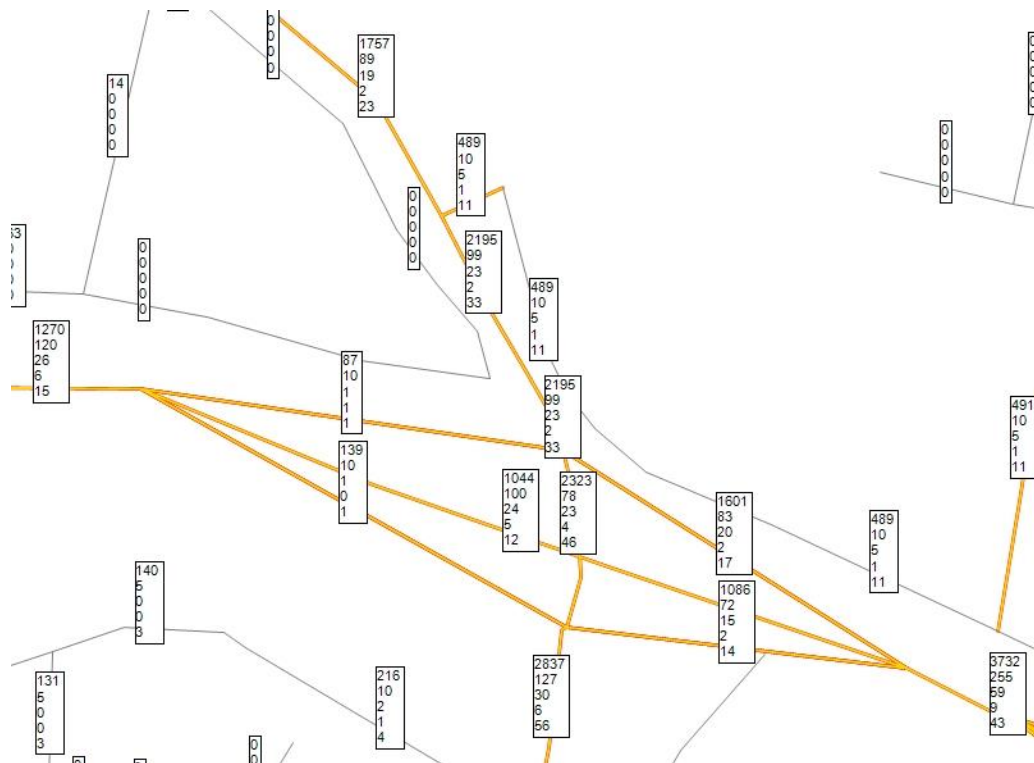
Określono również strukturę rodzajową na odcinkach ulic w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie. Strukturę rodzajową pokazano na rys. 4.12 ÷ 4.16. W tabelach pokazano kolejno wartości natężeń samochodów osobowych, samochodów lekkich ciężarowych, samochodów ciężarowych, samochodów ciężarowych z przyczepą oraz autobusów podczas szczytu popołudniowego. Wartości dotyczą potoków ruchu w obu kierunkach.



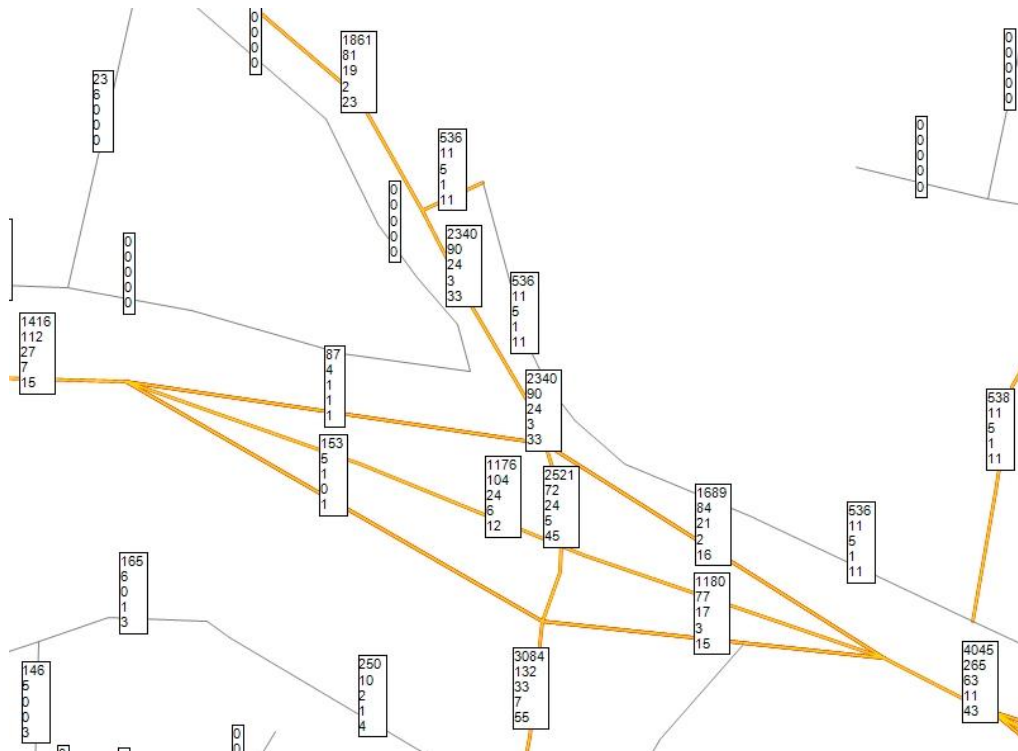
i ul. Gen. B. Ducha w roku 2014 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



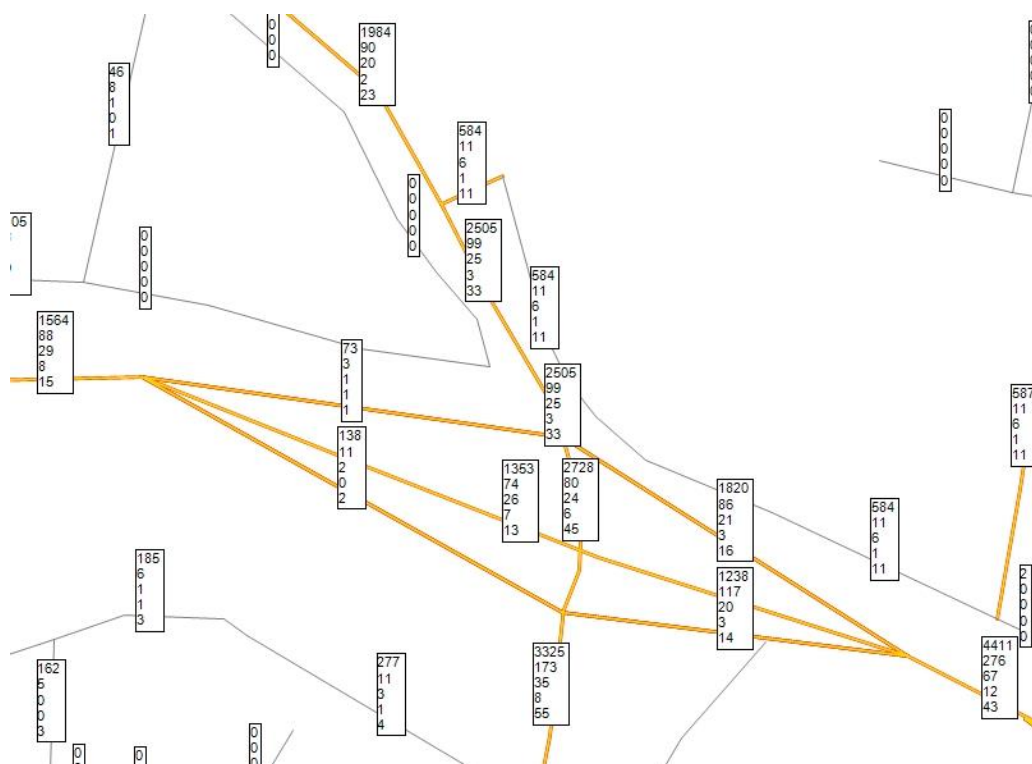
i ul. Gen. B. Ducha w roku 2019 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



Rys. 4.14. Struktura rodzajowa wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2024 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

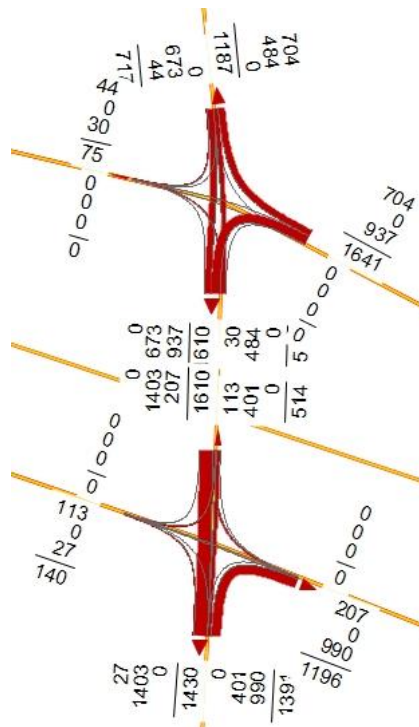


Rys. 4.15. Struktura rodzajowa wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2029 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

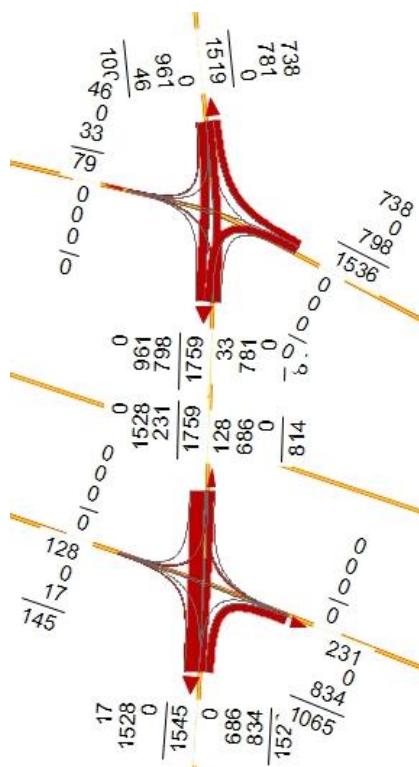


Rys. 4.16. Struktura rodzajowa wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2034 podczas szczytu popołudniowego [P/h]

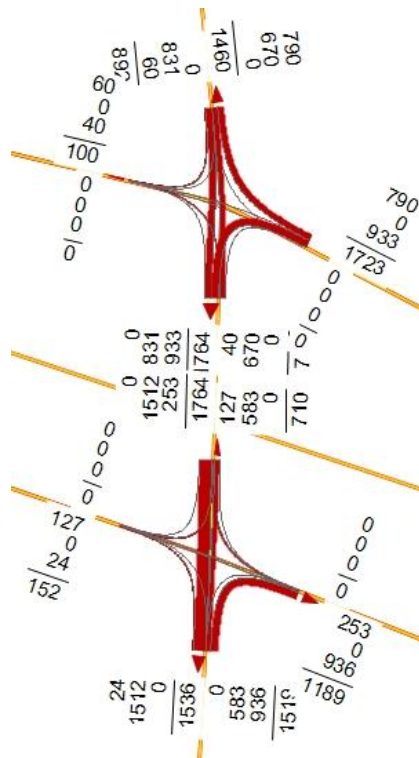
Określono również strukturę kierunkową na poszczególnych skrzyżowaniach. Kartogramy ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności i al. Sikorskiego przedstawiono na rys. 4.17. ÷ 4.21. Kartogramy ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej przedstawiono na rys. 4.22 ÷ 4.26, natomiast kartogramy ruchu na rondzie pokazano na rys. 4.27 ÷ 4.31. Pokazane tam wartości dotyczą godziny szczytu popołudniowego.



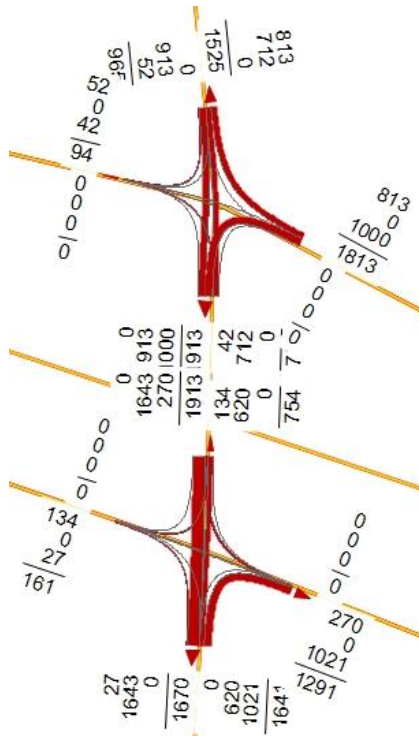
Rys. 4.17. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2014 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



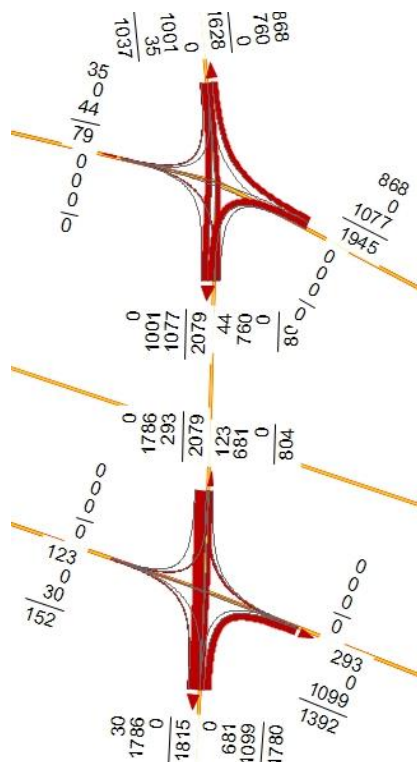
Rys. 4.18. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



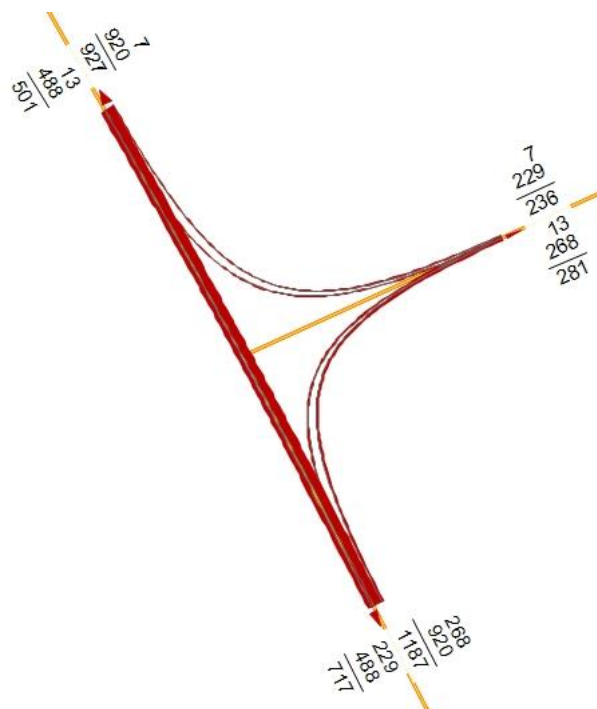
Rys. 4.19. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2024 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



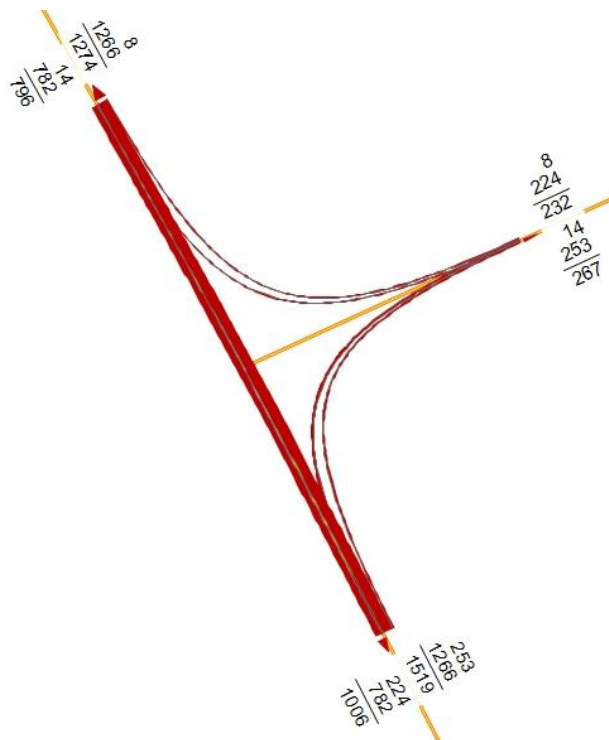
Rys. 4.20. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2029 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



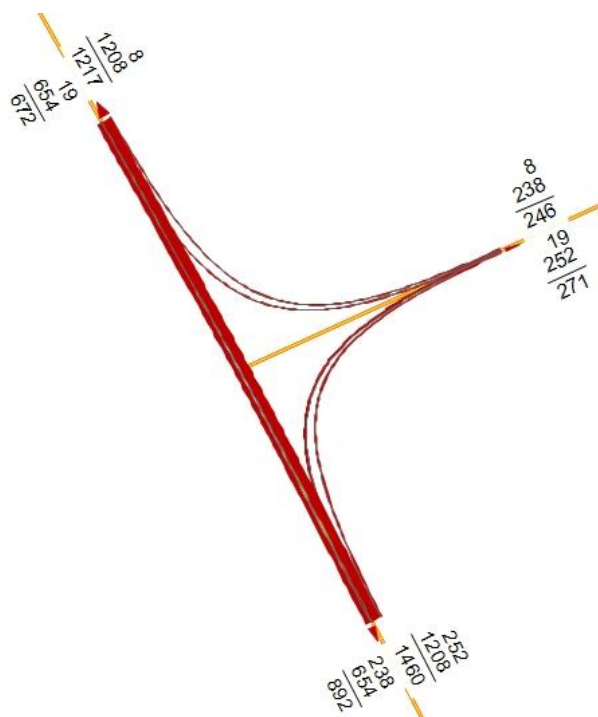
Rys. 4.21. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2034 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



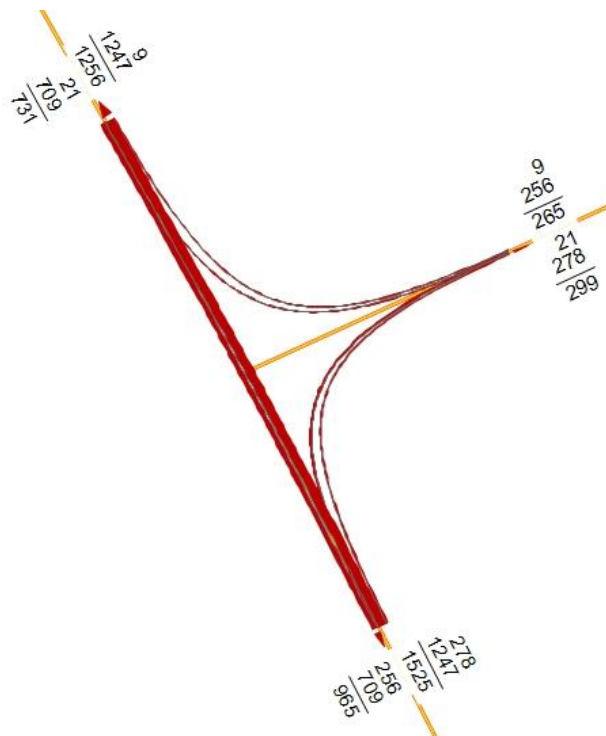
Rys. 4.22. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2014 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



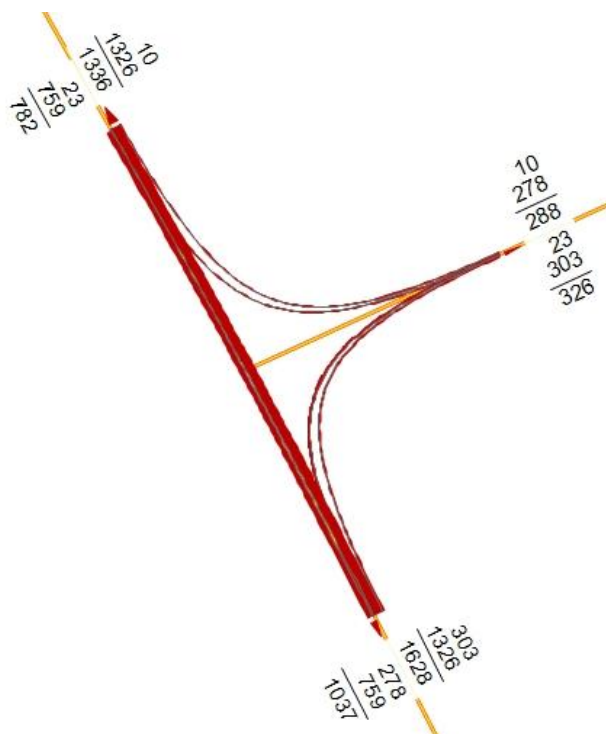
Rys. 4.23. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie
w roku 2019 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



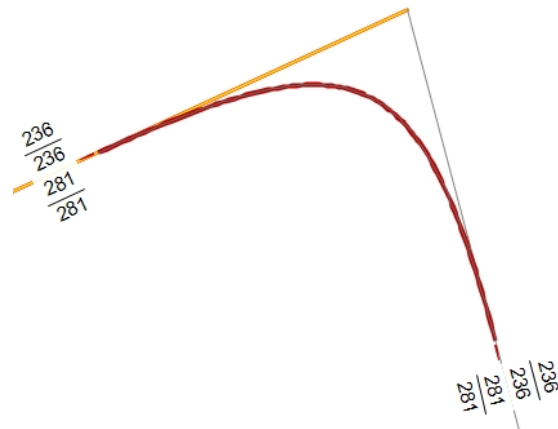
Rys. 4.24. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie
w roku 2024 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



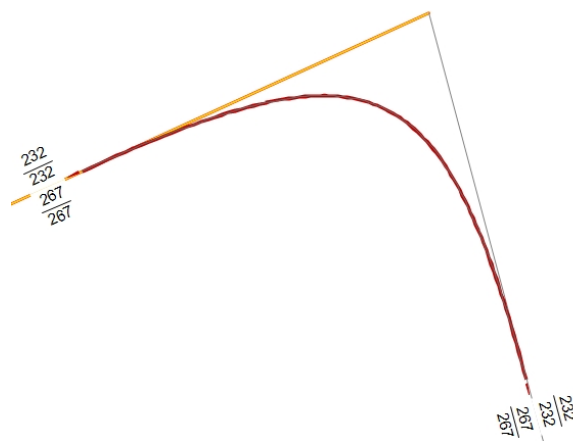
Rys. 4.25. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2029 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



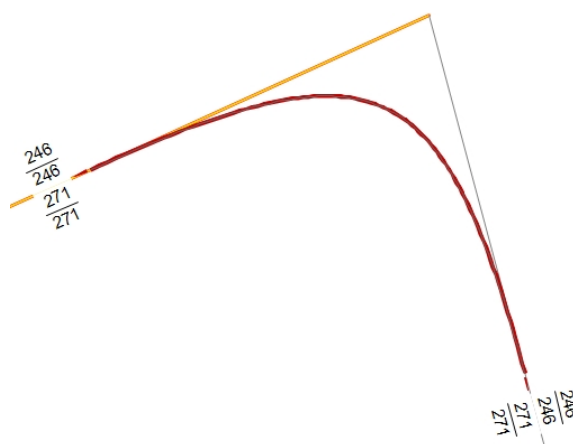
Rys. 4.26. Rozkład ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2034 podczas szczytu popołudniowego [P/h]



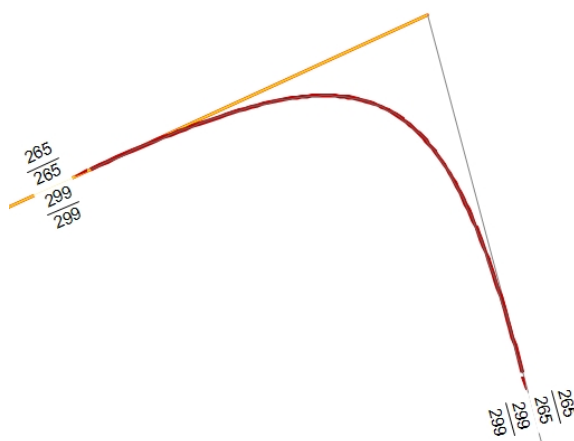
Rys. 4.27. Rozkład ruchu na rondzie w roku 2014 podczas szczytu popołudniowego
[P/h]



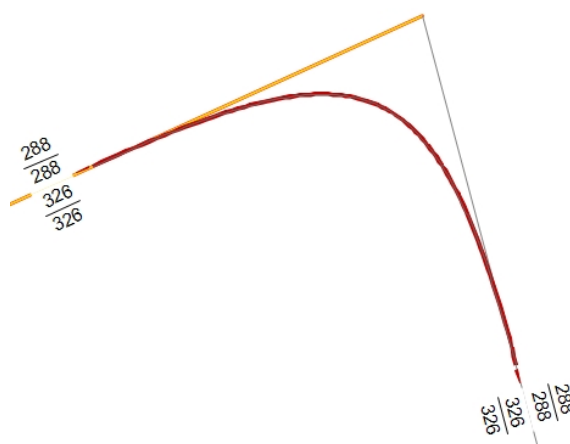
Rys. 4.28. Rozkład ruchu na rondzie w roku 2019 podczas szczytu popołudniowego
[P/h]



Rys. 4.29. Rozkład ruchu na rondzie w roku 2024 podczas szczytu popołudniowego
[P/h]

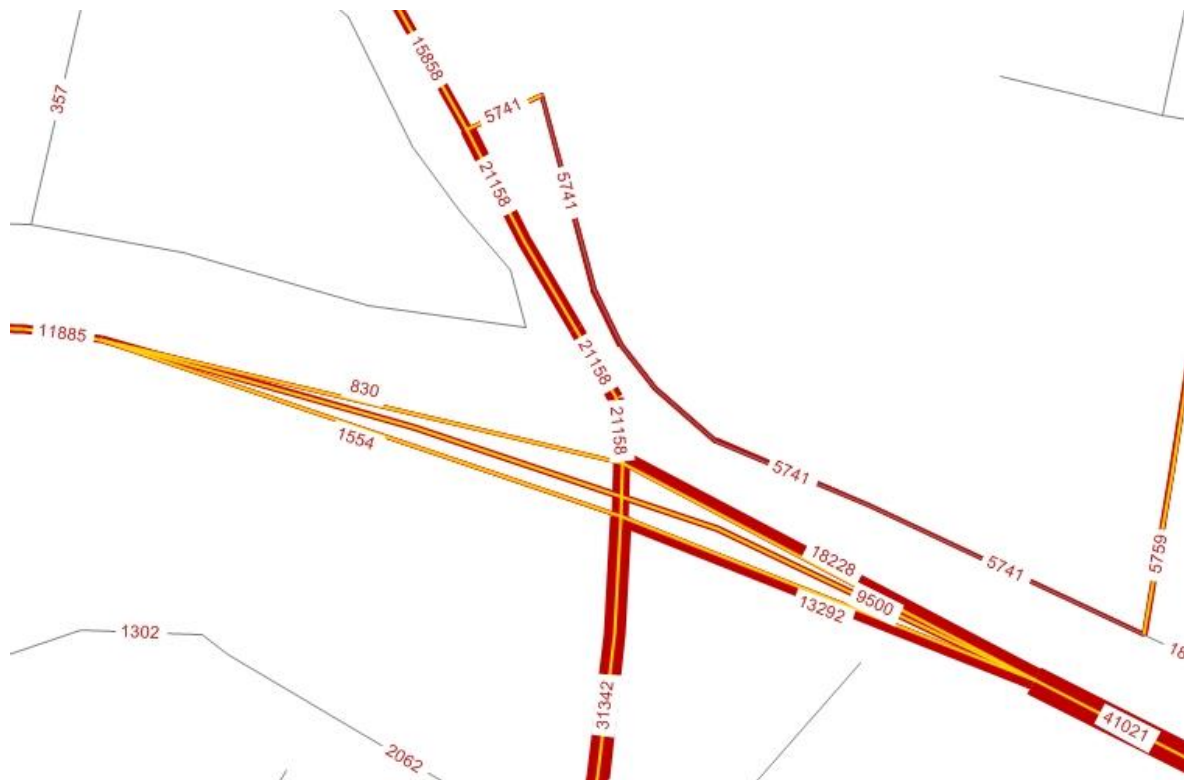


Rys. 4.30. Rozkład ruchu na rondzie w roku 2029 podczas szczytu popołudniowego
[P/h]



Rys. 4.31. Rozkład ruchu na rondzie w roku 2034 podczas szczytu popołudniowego
[P/h]

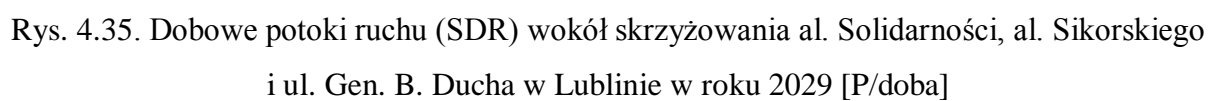
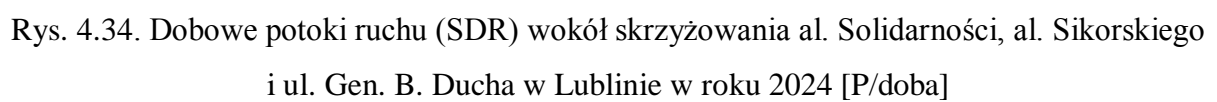
Określono również wielkości średniodobowego ruchu w rejonie analizowanego skrzyżowania. Założono, że ruch w godzinie szczytu popołudniowego stanowi 9,0 % ruchu dobowego. Wyniki przedstawiające SDR na poszczególnych odcinkach pokazano na rys. 4.32 ÷ 4.36. Natomiast udział poszczególnych typów pojazdów w dobie (struktura rodzajowa) jest taki sam jak dla szczytu popołudniowego (pokazana na rys. 4.12 ÷ 4.16).



Rys. 4.32. Dobowe potoki ruchu (SDR) wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2014 [P/doba]



Rys. 4.33. Dobowe potoki ruchu (SDR) wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 [P/doba]





Rys. 4.36. Dobowe potoki ruchu (SDR) wokół skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2034 [P/doba]

Na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 następuje spadek ruchu na relacji al. Solidarności – al. Sikorskiego. Związane jest to z otwarciem połączenia ul. Poligonowej z obwodnicą Lublina (założono, że połączenie to powstanie ok. roku 2015), co będzie skutkowało przeniesieniem części relacji na ul. Gen. B. Ducha i ul. Poligonową. Połączenie to będzie najkrótszym i najszybszym połączeniem wlotów drogi DK 19 (zanim powstanie cała obwodnica, która przejmie ten ruch tranzytowy).

Natomiast domknięcie obwodnicy Lublina założono ok. roku 2022 (wg wskazówek Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie), co spowoduje chwilowe zmniejszenie ruchu na analizowanym skrzyżowaniu.

5. Analiza przepustowości skrzyżowań

5.1. Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną

Obliczenia przepustowości i warunków ruchu na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną przeprowadza się na podstawie [17].

Natężenie nasycenia pasa ruchu dla relacji na wprost obliczono na podstawie wzoru (5.1):

$$S_w = [S_0 + 200 \cdot (w - 3,5) - 30 \cdot \delta_i \cdot i] \cdot \frac{1}{1 + u_c}, \quad (5.1)$$

gdzie:

S_0 – wyjściowe natężenie nasycenia,

w – szerokość pasa ruchu [m],

i – średnie pochylenie wlotu na odcinku ustawiania się kolejki pojazdów [%],

δ_i – wskaźnik kierunku pochylenia [-],

u_c – udział pojazdów ciężkich w ruchu [-].

Natężenie nasycenia pasa ruchu dla bezkolizyjnej relacji skrętu w lewo lub w prawo oblicza się na podstawie wzoru (5.2):

$$S_r = [S_0 + 80 \cdot (w - 3,5) - 30 \cdot \delta_i \cdot i - 160 \cdot \delta_k - 75 \cdot \delta_t] \cdot \frac{10^{-3} \cdot R + 1,025}{1 + \frac{2}{R}} \cdot \frac{1}{1 + u_c}, \quad (5.2)$$

gdzie:

S_0 – wyjściowe natężenie nasycenia,

w – szerokość pasa ruchu [m],

i – średnie pochylenie wlotu na odcinku ustawiania się kolejki pojazdów [%],

δ_i – wskaźnik kierunku pochylenia [-],

δ_k – wskaźnik położenia pasa ruchu [-] (dla pasa ruchu położonego przy chodniku $\delta_k = 1$, dla pasa ruchu niesąsiadującego z chodnikiem $\delta_k = 0$),

δ_t – wskaźnik przejazdu przez torowisko tramwajowe [-],

R – promień skrętu [m],

u_c – udział pojazdów ciężkich w ruchu [-].

Natężenie nasycenia pasa ruchu dla relacji skrętnej kolizyjnej z ruchem pieszym można obliczyć na podstawie wzoru (5.3):

$$S_r = S_0 \cdot f_p \cdot \frac{1}{1 + u_c}, \quad (5.3)$$

gdzie:

S_0 – wyjściowe natężenie nasycenia [E/h_z],

f_p – współczynnik uwzględniający wpływ ruchu pieszego,

u_c – udział w ruchu pojazdów ciężkich [-].

Współczynnik uwzględniający wpływ pieszych na przejściu na wylocie na natężenie nasycenia relacji skrętnej można obliczyć wg wzoru (5.4):

$$f_p = 1 - \frac{1}{G_e} \cdot \left(\frac{1}{\frac{1450}{QP \cdot T} + 0,024} - 1,3 \cdot \sqrt{l} + 1 \right), \quad (5.4)$$

gdzie:

G_e – długość sygnału zielonego efektywnego [s],

QP – natężenie ruchu pieszych [Ps/h],

T – długość cyklu sygnalizacji [s],

l – długość drogi dojazdu pojazdów skręcających w prawo, mierzona od linii zatrzymania do przejścia dla pieszych [m].

Przepustowość obliczeniowej grupy pasów można obliczyć na podstawie równania (5.5):

$$C_{gr} = \lambda \cdot \sum_{j=1}^{n_{gr}} S_j, \quad (5.5)$$

gdzie:

λ – stosunek efektywnego sygnału zielonego do długości cyklu [-],

n_{gr} – liczba pasów ruchu w grupie [-].

Średnie straty czasu przypadające na pojazd w obliczeniowej grupie pasów można obliczyć na podstawie równania (5.6):

$$d_{gr} = f_k \cdot d_1 + d_2, \quad (5.6)$$

gdzie:

$$d_1 = \frac{T}{2} \cdot \frac{(1 - \lambda)^2}{1 - [\min\{1, X\} \cdot \lambda]}, \quad (5.7)$$

$$d_2 = 900 \cdot t_a \cdot \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{7 \cdot r_s \cdot w_s \cdot X^2}{C \cdot t_a}} \right], \quad (5.8)$$

f_k – współczynnik koordynacji sygnalizacji [-],

T – długość cyklu sygnalizacji [s],

λ – udział efektywnego sygnału zielonego w cyklu sygnalizacji [-]:

$$\lambda = \frac{G_e}{T}, \quad (5.9)$$

G_e – efektywna długość sygnału zielonego [s],

X – stopień obciążenia obliczeniowej grupy pasów [-]:

$$X = \frac{Q}{C}, \quad (5.10)$$

Q – natężenie obliczeniowej grupy pasów [P/h],

C – przepustowość obliczeniowej grupy pasów [P/h],

t_a – okres analizy [h],

r_s – współczynnik uwzględniający rodzaj sterowania [-] (dla sygnalizacji stałoczasowej $r_s = 0,5$),

w_s – współczynnik uwzględniający obecność sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

Znając średnie straty czasu przypadające na pojazd analizowanej grupy pasów można określić występujący na tych pasach ruchu poziom swobody ruchu PSR (na podstawie odpowiedniej tabeli w instrukcji [17]).

5.2. Metoda obliczania przepustowości rond

Obliczenia przepustowości i warunków ruchu na rondzie przeprowadza się na podstawie [18].

Przepustowość wyjściową (C_{owl}) wlotu ronda jednopasowego można obliczyć na podstawie równania (5.11):

$$C_{owl} = \frac{Q_{nwl} \cdot \exp(-0,95 \cdot \frac{Q_{nwl} \cdot t_g}{3600})}{1 - \exp(-1,10 \cdot \frac{Q_{nwl} \cdot t_f}{3600})}, \quad (5.11)$$

gdzie:

Q_{nwl} – natężenie ruchu na jezdni ronda przy wlocie wl [P/h],

t_g – graniczny odstęp czasu [s],

t_f – odstęp czasu między pojazdami opuszczającymi kolejkę na wlocie w przypadku wystąpienia dużej luki w potoku na jezdni ronda [s].

Przepustowość możliwą wlotu ronda (C_{mwl}) w odniesieniu do realnych warunków geometryczno-ruchowych można obliczyć na podstawie zależności (5.12):

$$C_{mwl} = C_{owl} \cdot f_p \cdot f_c, \quad (5.12)$$

gdzie:

f_p – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ pieszych [-],

f_c – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu [-]:

$$f_c = \frac{1}{1 + u_c \cdot (E_c - 1) + u_{cp} \cdot (E_{cp} - 1) + u_{mr} \cdot (E_{mr} - 1)}, \quad (5.13)$$

u_c, u_{cp}, u_{mr} – udziały w natężeniu na wlocie ronda pojazdów ciężarowych i autobusów, pojazdów ciężarowych z przyczepami oraz motocykli i rowerów,

E_c, E_{cp}, E_{mr} – współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne dla pojazdów ciężarowych i autobusów, pojazdów ciężarowych z przyczepami oraz motocykli i rowerów.

Średnie straty czasu na wlocie ronda obliczono na podstawie zależności (5.14):

$$d_{wl} = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_{mwl}} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ \left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right)^2 + \frac{3600}{C_{mwl}} \cdot \frac{Q_{wl}}{450 \cdot t_a}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot \frac{Q_{wl}}{C_{mwl}}} - 2,2 \quad (5.14)$$

w przypadku gdy $\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} \leq 1$ oraz na podstawie zależności (5.26):

$$d_{wl} = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_{mwl}} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ \left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right)^2 + \frac{3600}{C_{mwl}} \cdot \frac{Q_{wl}}{450 \cdot t_a}} \right\} \right] + 0,5, \quad (5.15)$$

gdzie:

d_{wl} – średnia strata czasu przypadająca na pojazd analizowanego wlotu ronda [s/P],

Q_{wl} – natężenie ruchu na wlocie ronda [P/h],

C_{mwl} – przepustowość możliwa wlotu ronda [P/h],

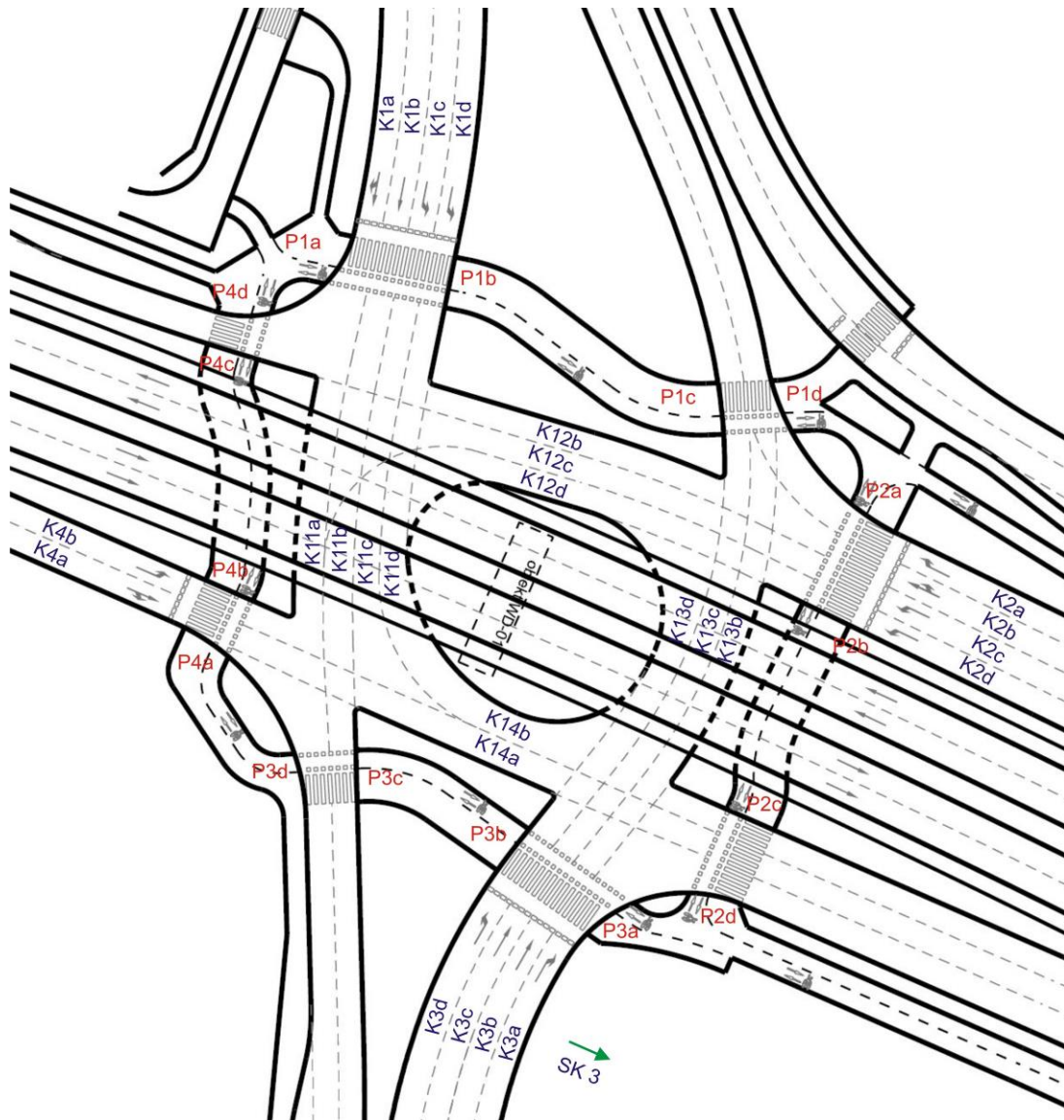
t_a – okres analizy [h].

Znając średnie straty czasu przypadające na pojazd analizowanego wlotu można określić występujący na danym wlocie poziom swobody ruchu PSR (na podstawie odpowiedniej tabeli w instrukcji [18]).

5.3. Przepustowość skrzyżowań

5.3.1. Skrzyżowanie al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha

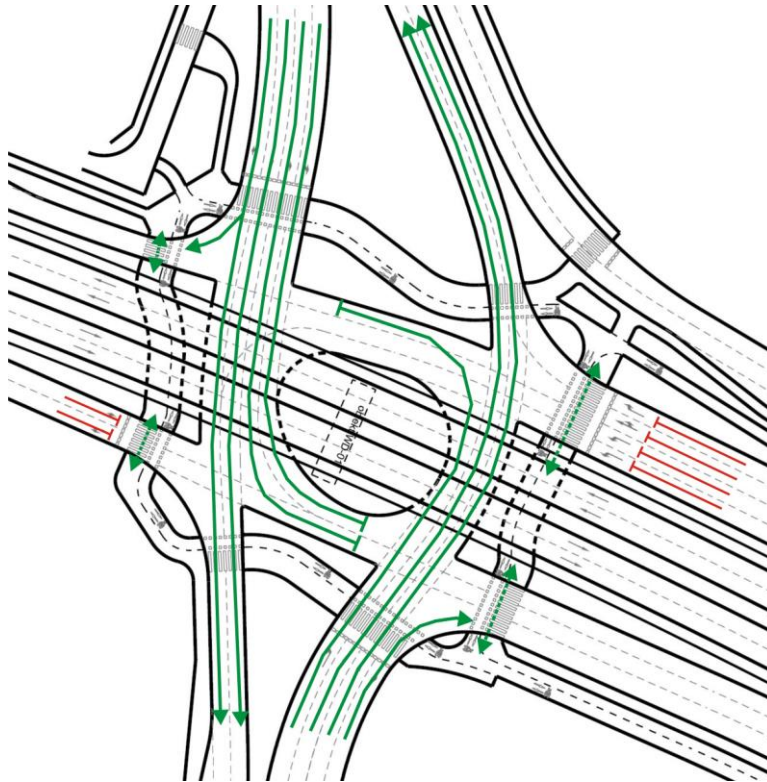
Skrzyżowanie al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie projektowane jest jako skrzyżowanie z wyspą centralną. Za takim rozwiązaniem przemawia wysoka całkowita przepustowość od 4000 do 8000 E/h w zależności od liczby pasów ruchu na wlotach oraz wysoka efektywność funkcjonowania przy działaniu z prostą sygnalizacją dwufazową, a także w innym układzie faz [19]. Na rys. 5.1 pokazano schemat skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie. Na rysunku tym zaznaczono poszczególne pasy ruchu oraz oznaczono przejścia dla pieszych. Skrzyżowanie sterowane jest za pomocą sygnalizacji świetlnej.



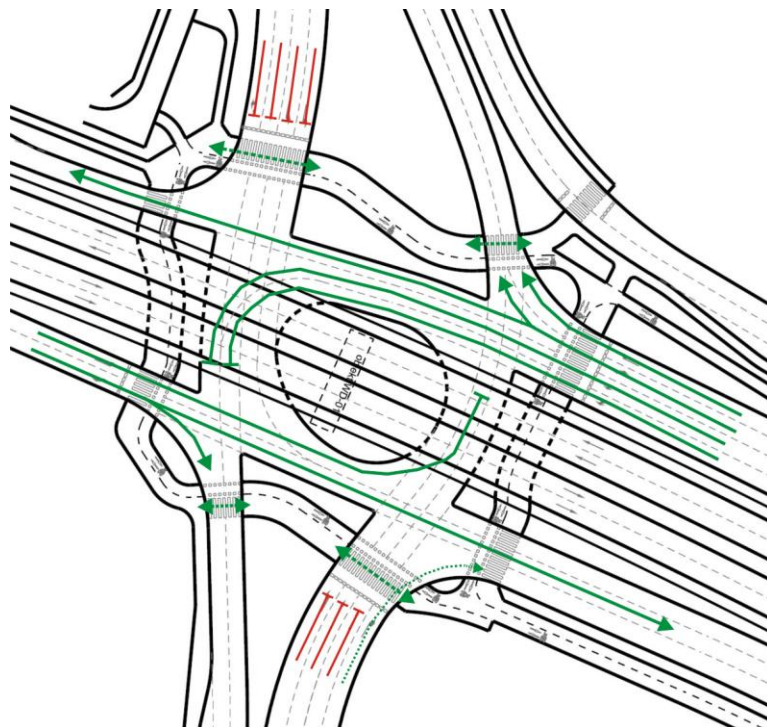
Rys. 5.1. Schemat skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha
w Lublinie [14]

Do dokładnego obliczenia przepustowości potrzebna jest znajomość czasów międzyzielonych, które wyznacza się w projekcie sygnalizacji świetlnej. Na tym etapie jedynie założono, że czasy międzyzielone będą wynosić 6 sekund. Zaproponowano sygnalizację dwufazową z podfazą umożliwiającą bezkolizyjny lewoskręt z al. Solidarności na al. Sikorskiego. Proponowany układ faz ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 5.2 ÷ 5.5, natomiast proponowany program sygnalizacji przedstawiono na rys. 5.6.

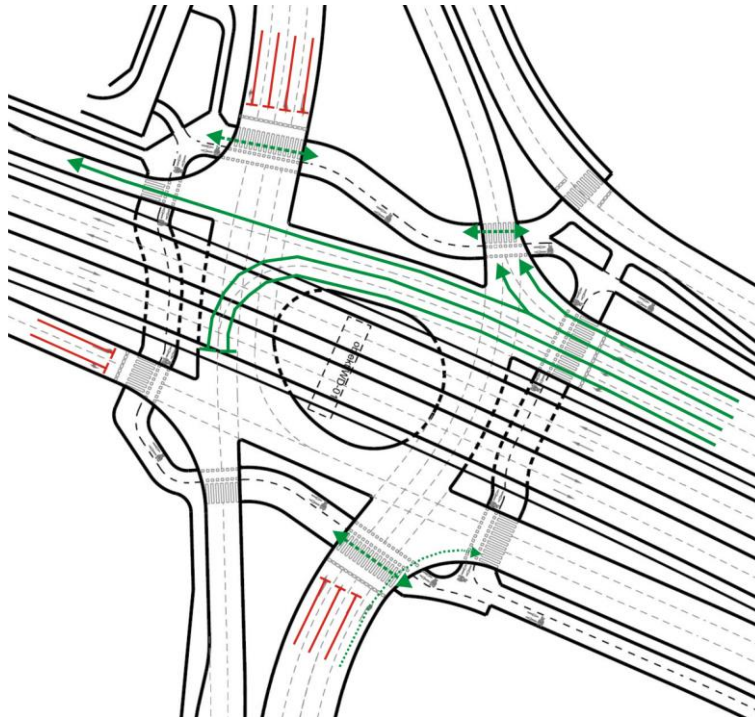
Układ faz oraz program sygnalizacji opracowano na podstawie rozporządzeń [20] i [21].



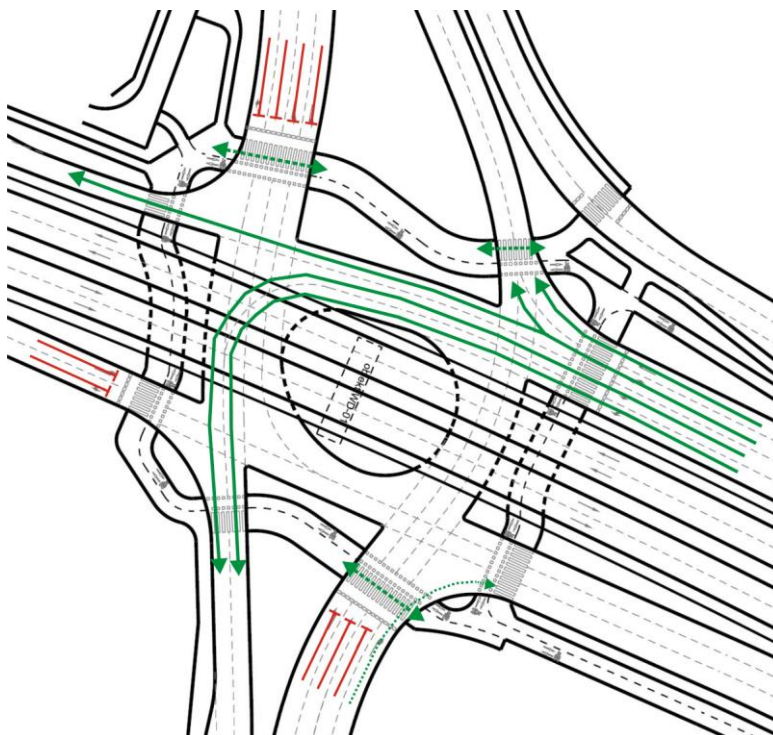
Rys. 5.2. Proponowana faza I na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen.
B. Ducha w Lublinie



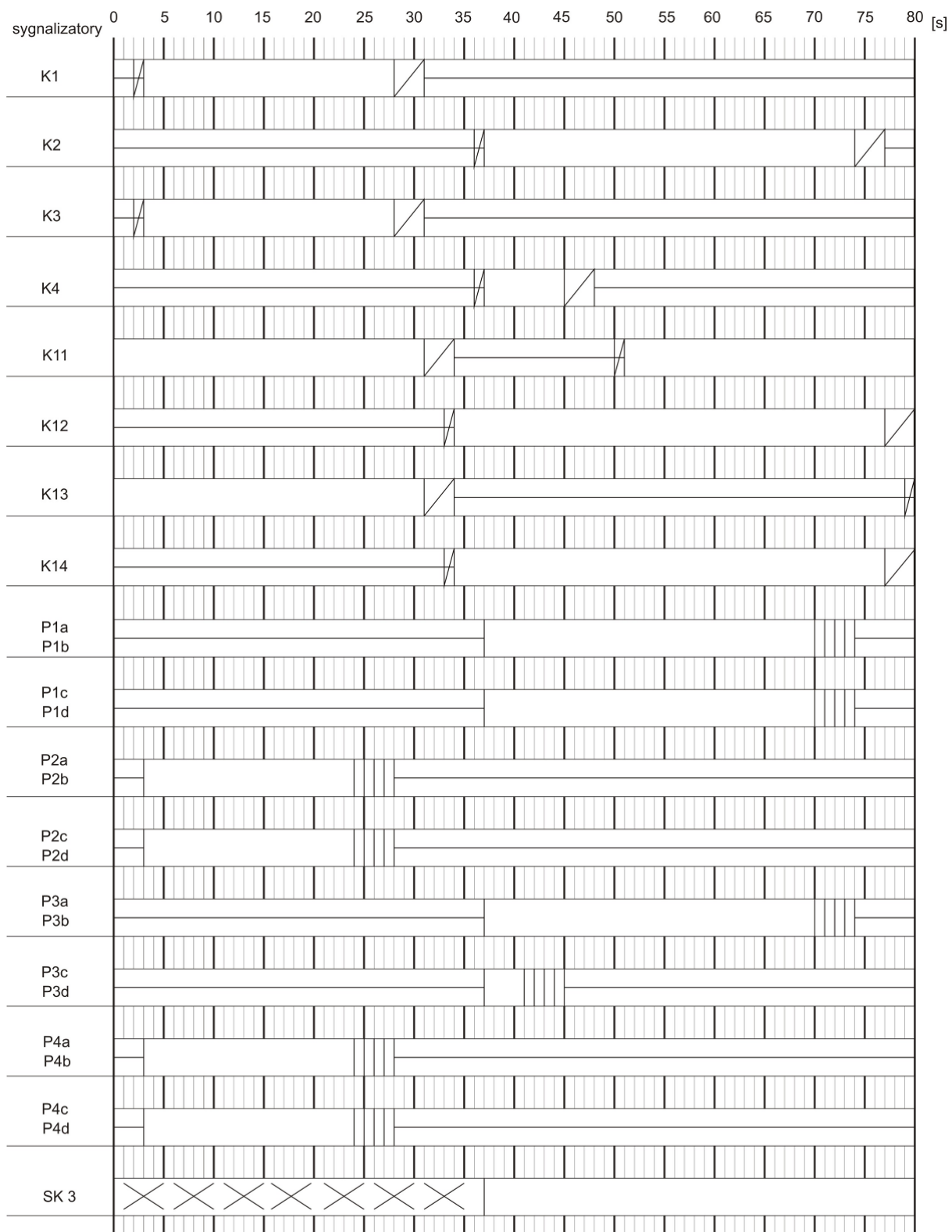
Rys. 5.3. Proponowana faza IIa na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen.
B. Ducha w Lublinie



Rys. 5.4. Proponowana faza IIb na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen.
B. Ducha w Lublinie



Rys. 5.5. Proponowana faza IIc na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen.
B. Ducha w Lublinie



Rys. 5.6. Proponowany program sygnalizacji na skrzyżowaniu al. Solidarności,
al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie

Sygnalizację świetlną na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha zaprojektowano jako sygnalizację dwufazową z podfazą. Niewielkie natężenie

ruchu na al. Solidarności (wlot zachodni) umożliwia zastosowanie dla tego wlotu krótszego sygnału zielonego oraz umożliwienie bezkolizyjnego skrętu w lewo z al. Solidarności w al. Sikorskiego (faza IIc) bez zatrzymywania się wewnątrz skrzyżowania.

Zastosowano również przesunięcie wyświetlania się sygnału zielonego na wlocie i wewnątrz skrzyżowania co umożliwia zjazd pojazdów zatrzymanych wewnątrz skrzyżowania przed ruszeniem potoku na wlocie oraz przejazd pojazdów z wlotu przez całe skrzyżowanie bez konieczności zatrzymania się wewnątrz skrzyżowania, gdy kończy się dla nich sygnał zielony.

Problematycznym zagadnieniem okazał się prawoskręt z al. Sikorskiego w al. Solidarności. Ze względu na znaczne natężenie tej relacji, niemożliwe do obsłużenia podczas sygnału zielonego, zastosowano sygnał dopuszczający skręcanie w kierunku wskazanym strzałką („zielona strzałka”). Na podstawie rozporządzenia [21] sygnał ten stosuje się, jeżeli w czasie gdy nadawany jest sygnał czerwony ogólny, istnieje możliwość ruchu pojazdów skręcających w prawo, pod warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa pieszym i pojazdom, dla których wyświetlany jest w tym czasie sygnał zielony.

Podczas prowadzonych pomiarów ruchu na analizowanym skrzyżowaniu oraz na podstawie uzyskanym pomiarów ruchu z Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie zaobserwowano niewielkie potoki piesze (max. 60 pieszych w ciągu godziny w obu kierunkach). Na podstawie instrukcji [17] takie małe natężenie ruchu pieszego nie ma wpływu na ruch pojazdów (współczynnik f_p jest większy od 1,0, więc należy przyjmować w obliczeniach wartość 1,0).

Podstawowym warunkiem poprawnego projektowania skrzyżowań z wyspą centralną jest niedopuszczenie do zatłoczenia (przepełnienia) wewnętrznych powierzchni akumulacji. W tabelach 5.1 ÷ 5.5 przedstawiono obliczenia maksymalnej liczby pojazdów jaka z prawdopodobieństwem 95 %, może zatrzymać się na wewnętrznej powierzchni akumulacyjnej. W tabelach tych określono również wielkość powierzchni akumulacji (F_a) oraz średnią liczbę pojazdów zatrzymujących się na wewnętrznej powierzchni akumulacji (N_{sr}). W obliczeniach przyjęto długość cyklu 80 sekund. Oznaczenia poszczególnych powierzchni akumulacji przedstawiono na rys. 5.1.

Tabela 5.1. Obliczenie maksymalnej liczby pojazdów, jaka zatrzymuje się na wewnętrznej powierzchni akumulacji w roku 2014

Pas	F_a	Q	N_{sr}	N_{max}
	[P]	[P/h]	[P/cykl]	[P/cykl]
K11a	4	469	10,4	16
K11b	4	468	10,4	16
K12b	6	30	0,7	2
K13b	4	57	1,3	3
K13c	4	57	1,3	3
K14a	5	104	2,3	5
K14b	5	103	2,3	5

Tabela 5.2. Obliczenie maksymalnej liczby pojazdów, jaka zatrzymuje się na wewnętrznej powierzchni akumulacji w roku 2019

Pas	F_a	Q	N_{sr}	N_{max}
	[P]	[P/h]	[P/cykl]	[P/cykl]
K11a	4	399	8,9	14
K11b	4	399	8,9	14
K12b	6	33	0,7	2
K13b	4	64	1,4	4
K13c	4	64	1,4	4
K14a	5	116	2,6	5
K14b	5	115	2,6	5

Tabela 5.3. Obliczenie maksymalnej liczby pojazdów, jaka zatrzymuje się na wewnętrznej powierzchni akumulacji w roku 2024

Pas	F_a	Q	N_{sr}	N_{max}
	[P]	[P/h]	[P/cykl]	[P/cykl]
K11a	4	467	10,4	16
K11b	4	466	10,4	16
K12b	6	40	0,9	3
K13b	4	64	1,4	4
K13c	4	64	1,4	4
K14a	5	127	2,8	6
K14b	5	126	2,8	6

Tabela 5.4. Obliczenie maksymalnej liczby pojazdów, jaka zatrzymuje się na wewnętrznej powierzchni akumulacji w roku 2029

Pas	F_a	Q	N_{sr}	N_{max}
	[P]	[P/h]	[P/cykl]	[P/cykl]
K11a	4	500	11,1	17
K11b	4	500	11,1	17
K12b	6	42	0,9	3
K13b	4	67	1,5	4
K13c	4	67	1,5	4
K14a	5	135	3,0	6
K14b	5	135	3,0	6

Tabela 5.5. Obliczenie maksymalnej liczby pojazdów, jaka zatrzymuje się na wewnętrznej powierzchni akumulacji w roku 2034

Pas	F_a	Q	N_{sr}	N_{max}
	[P]	[P/h]	[P/cykl]	[P/cykl]
K11a	4	539	12,0	18
K11b	4	538	12,0	18
K12b	6	44	1,0	3
K13b	4	62	1,4	4
K13c	4	62	1,4	4
K14a	5	146	3,2	6
K14b	5	146	3,2	6

Przedstawione w tabelach 5.1 ÷ 5.5 wyniki obliczeń dotyczą sytuacji, gdy na skrzyżowaniu funkcjonowałaby sygnalizacja dwufazowa (bez podfazy). Wówczas relacja lewoskrętna z al. Solidarności w al. Sikorskiego blokowałaby skrzyżowanie (maksymalna kolejka jest cztery razy dłuższa od powierzchni akumulacji). Z tego powodu dla tej relacji zastosowano podfazę, która umożliwi przejazd przez całe skrzyżowanie bez zatrzymywania się wewnątrz skrzyżowania.

Powierzchnia akumulacji K14a i K14b (dla lewoskrętów z ul. Gen. B. Ducha) od roku 2024 okaże się również mała (maksymalna kolejka pojazdów jest o jeden dłuższa od powierzchni akumulacji). Ale nie jest ona problematyczna, gdyż pojazdy, które nie zmieszczą się na powierzchni K14a i K14b mogą ustawić się na pasach K11c i K11d, bez blokowania innych relacji, i poczekać ok. 20 sekund by móc kontynuować jazdę.

W tabelach 5.6 ÷ 5.15 przedstawiono obliczenia natężeń nasycenia dla poszczególnych relacji. W przypadku, gdy z jednego pasa ruchu odbywały się dwie relacje (K1a – relacja prawoskrętna i na wprost), natężenie nasycenia obliczano zgodnie ze wskazówkami zawartymi w [17]. Współczynnik f , w zależności od relacji, odzwierciedla współczynnik f_p lub wyrażenie związane z wartością promienia skrętu (wzór 5.2). Ze względu na niewielkie natężenia pieszych współczynnik f_p jest równy 1,0 (zgodnie z [17]).

Tabela 5.6. Obliczenia natężeń nasycenia na wlotach skrzyżowania w roku 2014

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K1a P	1450	1	0,025	1415
K1a W	1700	1	0,025	1659
K1b	1900	1	0,025	1854
K1c	1800	1	0,025	1756
K1d	1800	1	0,025	1756
K2a	1450	1	0,042	1392
K2b	1450	1	0,042	1392
K2c	1800	1	0,042	1727
K2d	1800	1	0,042	1727
K3a	1450	1	0,065	1362
SK3	1070	1	0,065	1005
K3b	1900	1	0,065	1784
K3c	1900	1	0,065	1784
K3d	1800	1	0,065	1690
K4a	1450	1	0,028	1411
K4b	1800	1	0,028	1751

Tabela 5.7. Obliczenie natężeń nasycenia na pasach wewnątrz skrzyżowania w roku 2014

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K11a	1900	1	0,046	1816
K11b	1900	1	0,046	1816
K11c	1900	0,95	0,046	1726
K11d	1900	0,95	0,046	1726
K12b	1900	1	0,042	1823
K12c	1900	0,86	0,042	1568
K12d	1900	0,86	0,042	1568
K13b	1900	1	0,051	1808
K13c	1900	1	0,051	1808
K13d	1900	0,86	0,051	1555
K14a	1900	1	0,028	1848
K14b	1900	0,86	0,028	1589

Tabela 5.8. Obliczenia natężeń nasycenia na wlotach skrzyżowania w roku 2019

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K1a P	1450	1	0,061	1367
K1a W	1700	1	0,061	1602
K1b	1900	1	0,061	1791
K1c	1800	1	0,061	1697
K1d	1800	1	0,061	1697
K2a	1450	1	0,023	1417
K2b	1450	1	0,023	1417
K2c	1800	1	0,023	1760
K2d	1800	1	0,023	1760
K3a	1450	1	0,060	1368
SK3	1070	1	0,060	1009
K3b	1900	1	0,060	1792
K3c	1900	1	0,060	1792
K3d	1800	1	0,060	1698
K4a	1450	1	0,014	1430
K4b	1800	1	0,014	1775

Tabela 5.9. Obliczenie natężeń nasycenia na pasach wewnątrz skrzyżowania w roku 2019

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K11a	1900	1	0,048	1813
K11b	1900	1	0,048	1813
K11c	1900	0,95	0,048	1722
K11d	1900	0,95	0,048	1722
K12b	1900	1	0,023	1857
K12c	1900	0,86	0,023	1597
K12d	1900	0,86	0,023	1597
K13b	1900	1	0,083	1754
K13c	1900	1	0,083	1754
K13d	1900	0,86	0,083	1509
K14a	1900	1	0,014	1874
K14b	1900	0,86	0,014	1611

Tabela 5.10. Obliczenia natężeń nasycenia na wlotach skrzyżowania w roku 2024

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K1a P	1450	1	0,022	1419
K1a W	1700	1	0,022	1663
K1b	1900	1	0,022	1859
K1c	1800	1	0,022	1761
K1d	1800	1	0,022	1761
K2a	1450	1	0,023	1417
K2b	1450	1	0,023	1417
K2c	1800	1	0,023	1760
K2d	1800	1	0,023	1760
K3a	1450	1	0,033	1404
SK3	1070	1	0,033	1036
K3b	1900	1	0,033	1839
K3c	1900	1	0,033	1839
K3d	1800	1	0,033	1742
K4a	1450	1	0,013	1431
K4b	1800	1	0,013	1777

Tabela 5.11. Obliczenie natężeń nasycenia na pasach wewnątrz skrzyżowania w roku 2024

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K11a	1900	1	0,026	1852
K11b	1900	1	0,026	1852
K11c	1900	0,95	0,026	1759
K11d	1900	0,95	0,026	1759
K12b	1900	1	0,023	1857
K12c	1900	0,86	0,023	1597
K12d	1900	0,86	0,023	1597
K13b	1900	1	0,038	1830
K13c	1900	1	0,038	1830
K13d	1900	0,86	0,038	1574
K14a	1900	1	0,013	1876
K14b	1900	0,86	0,013	1613

Tabela 5.12. Obliczenia natężeń nasycenia na wlotach skrzyżowania w roku 2029

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K1a P	1450	1	0,021	1420
K1a W	1700	1	0,021	1665
K1b	1900	1	0,021	1861
K1c	1800	1	0,021	1763
K1d	1800	1	0,021	1763
K2a	1450	1	0,022	1419
K2b	1450	1	0,022	1419
K2c	1800	1	0,022	1761
K2d	1800	1	0,022	1761
K3a	1450	1	0,033	1404
SK3	1070	1	0,033	1036
K3b	1900	1	0,033	1839
K3c	1900	1	0,033	1839
K3d	1800	1	0,033	1742
K4a	1450	1	0,012	1433
K4b	1800	1	0,012	1779

Tabela 5.13. Obliczenie natężeń nasycenia na pasach wewnątrz skrzyżowania w roku 2029

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K11a	1900	1	0,025	1854
K11b	1900	1	0,025	1854
K11c	1900	0,95	0,025	1761
K11d	1900	0,95	0,025	1761
K12b	1900	1	0,022	1859
K12c	1900	0,86	0,022	1599
K12d	1900	0,86	0,022	1599
K13b	1900	1	0,037	1832
K13c	1900	1	0,037	1832
K13d	1900	0,86	0,037	1576
K14a	1900	1	0,012	1877
K14b	1900	0,86	0,012	1615

Tabela 5.14. Obliczenia natężeń nasycenia na wlotach skrzyżowania w roku 2034

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h ₂]	[-]	[-]	[P/h ₂]
K1a P	1450	1	0,020	1422
K1a W	1700	1	0,020	1667
K1b	1900	1	0,020	1863
K1c	1800	1	0,020	1765
K1d	1800	1	0,020	1765
K2a	1450	1	0,021	1420
K2b	1450	1	0,021	1420
K2c	1800	1	0,021	1763
K2d	1800	1	0,021	1763
K3a	1450	1	0,031	1406
SK3	1070	1	0,031	1038
K3b	1900	1	0,031	1843
K3c	1900	1	0,031	1843
K3d	1800	1	0,031	1746
K4a	1450	1	0,026	1413
K4b	1800	1	0,026	1754

Tabela 5.15. Obliczenie natężeń nasycenia na pasach wewnątrz skrzyżowania w roku 2034

Relacja	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K11a	1900	1	0,022	1859
K11b	1900	1	0,022	1859
K11c	1900	0,95	0,022	1766
K11d	1900	0,95	0,022	1766
K12b	1900	1	0,021	1861
K12c	1900	0,86	0,021	1600
K12d	1900	0,86	0,021	1600
K13b	1900	1	0,036	1834
K13c	1900	1	0,036	1834
K13d	1900	0,86	0,036	1577
K14a	1900	1	0,026	1852
K14b	1900	0,86	0,026	1593

W tabelach 5.16 ÷ 5.25 przedstawiono ocenę warunków ruchu (PSR) na poszczególnych pasach ruchu. Oznaczenia pasów ruchu pokazano na rys. 5.1. Oznaczenia poszczególnych parametrów opisane zostały w rozdziale 5.1. Program sygnalizacji przyjęto na podstawie [20]. Przyjęto długość cyklu równą 80 sekund (rys. 5.6).

Dla skrzyżowań z wyspą centralną przepustowość oblicza się na wlotach oraz na wewnętrznej powierzchni akumulacji.

Tabela 5.16. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2014 (na wlotach skrzyżowania)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K1a	255	0,95	1615	25	0,313	505	268	236	1	53	24,1	II
K1b	255	0,95	1854	25	0,313	579	268	311	1	46	22,9	II
K1c	104	0,95	1756	25	0,313	549	109	439	1	20	20,3	II
K1d	103	0,95	1756	25	0,313	549	108	440	1	20	20,3	II
K2a	352	0,95	1392	36	0,450	626	371	256	1	59	18,6	I
K2b	352	0,95	1392	36	0,450	626	371	256	1	59	18,6	I
K2c	469	0,95	1727	36	0,450	777	494	284	1	64	19,2	I
K2d	468	0,95	1727	36	0,450	777	493	285	1	63	19,1	I
K3a	990	0,95	1134	69	0,863	978	1042	-64	1	107	47,5	III
K3b	186	0,95	1784	25	0,313	558	196	362	1	35	21,6	II
K3c	185	0,95	1784	25	0,313	558	195	363	1	35	21,6	II
K3d	30	0,95	1690	25	0,313	528	32	497	1	6	19,3	I
K4a	27	0,95	1411	9	0,113	159	28	130	1	18	32,5	II
K4b	113	0,95	1751	9	0,113	197	119	78	1	60	40,9	II

Tabela 5.17. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2014 (na wewnętrznej powierzchni akumulacji)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K11a	702	0,95	1816	61	0,763	1385	739	646	0,26	53	1,5	I
K11b	701	0,95	1816	61	0,763	1385	738	647	0,26	53	1,5	I
K11c	104	0,95	1726	61	0,763	1316	109	1206	0	8	0,0	I
K11d	103	0,95	1726	61	0,763	1316	108	1207	0	8	0,0	I
K12b	30	0,95	1823	45	0,563	1026	32	994	1,67	3	13,0	I
K12c	469	0,95	1568	45	0,563	882	494	388	0	56	1,0	I
K12d	468	0,95	1568	45	0,563	882	493	389	0	56	1,0	I
K13b	242	0,95	1808	32	0,400	723	255	468	0,9	35	15,3	I
K13c	242	0,95	1808	32	0,400	723	255	468	0,9	35	15,3	I
K13d	30	0,95	1555	32	0,400	622	32	590	0,33	5	4,9	I
K14a	160	0,95	1848	45	0,563	1040	168	871	0,58	16	4,9	I
K14b	160	0,95	1589	45	0,563	894	168	726	0,58	19	5,0	I

Tabela 5.18. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2019 (na wlotach skrzyżowania)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K1a	388	0,95	1572	25	0,313	491	408	83	1	83	34,6	II
K1b	388	0,95	1791	25	0,313	560	408	151	1	73	28,6	II
K1c	116	0,95	1697	25	0,313	530	122	408	1	23	20,5	II
K1d	115	0,95	1697	25	0,313	530	121	409	1	23	20,5	II
K2a	369	0,95	1417	36	0,450	638	388	249	1	61	19,0	I
K2b	369	0,95	1417	36	0,450	638	388	249	1	61	19,0	I
K2c	399	0,95	1760	36	0,450	792	420	372	1	53	17,1	I
K2d	399	0,95	1760	36	0,450	792	420	372	1	53	17,1	I
K3a	834	0,95	1139	69	0,863	982	878	105	1	89	10,1	I
K3b	327	0,95	1792	25	0,313	560	344	216	1	61	25,2	II
K3c	326	0,95	1792	25	0,313	560	343	217	1	61	25,1	II
K3d	33	0,95	1698	25	0,313	531	35	496	1	7	19,3	I
K4a	17	0,95	1430	9	0,113	161	18	143	1	11	32,0	II
K4b	128	0,95	1775	9	0,113	200	135	65	1	67	44,4	II

Tabela 5.19. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2019 (na wewnętrznej powierzchni akumulacji)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K11a	764	0,95	1813	61	0,763	1382	804	578	0,26	58	1,7	I
K11b	764	0,95	1813	61	0,763	1382	804	578	0,26	58	1,7	I
K11c	116	0,95	1722	61	0,763	1313	122	1191	0	9	0,0	I
K11d	115	0,95	1722	61	0,763	1313	121	1192	0	9	0,0	I
K12b	33	0,95	1857	45	0,563	1045	35	1010	1,67	3	13,0	I
K12c	399	0,95	1597	45	0,563	898	420	478	0	47	0,6	I
K12d	399	0,95	1597	45	0,563	898	420	478	0	47	0,6	I
K13b	391	0,95	1754	32	0,400	702	412	290	0,9	59	18,3	I
K13c	390	0,95	1754	32	0,400	702	411	291	0,9	59	18,2	I
K13d	33	0,95	1509	32	0,400	604	35	569	0,33	6	4,9	I
K14a	180	0,95	1874	45	0,563	1054	189	865	0,58	18	5,0	I
K14b	179	0,95	1611	45	0,563	906	188	718	0,58	21	5,1	I

Tabela 5.20. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2024 (na wlotach skrzyżowania)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K1a	319	0,95	1615	25	0,313	505	336	169	1	67	27,0	II
K1b	319	0,95	1859	25	0,313	581	336	245	1	58	24,7	II
K1c	127	0,95	1761	25	0,313	550	134	417	1	24	20,6	II
K1d	126	0,95	1761	25	0,313	550	133	418	1	24	20,6	II
K2a	395	0,95	1417	36	0,450	638	416	222	1	65	20,1	II
K2b	395	0,95	1417	36	0,450	638	416	222	1	65	20,1	II
K2c	467	0,95	1760	36	0,450	792	492	300	1	62	18,8	I
K2d	466	0,95	1760	36	0,450	792	491	301	1	62	18,8	I
K3a	936	0,95	1169	69	0,863	1009	985	23	1	98	21,1	II
K3b	272	0,95	1839	25	0,313	575	286	288	1	50	23,3	II
K3c	271	0,95	1839	25	0,313	575	285	290	1	50	23,2	II
K3d	40	0,95	1742	25	0,313	545	42	502	1	8	19,4	I
K4a	24	0,95	1431	9	0,113	161	25	136	1	16	32,4	II
K4b	127	0,95	1777	9	0,113	200	134	66	1	67	44,0	II

Tabela 5.21. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2024 (na wewnętrznej powierzchni akumulacji)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K11a	756	0,95	1852	61	0,763	1412	796	616	0,26	56	1,6	I
K11b	756	0,95	1852	61	0,763	1412	796	616	0,26	56	1,6	I
K11c	127	0,95	1759	61	0,763	1341	134	1208	0	10	0,0	I
K11d	126	0,95	1759	61	0,763	1341	133	1209	0	10	0,0	I
K12b	40	0,95	1857	45	0,563	1045	42	1003	1,67	4	13,1	I
K12c	467	0,95	1597	45	0,563	898	492	407	0	55	0,9	I
K12d	466	0,95	1597	45	0,563	898	491	408	0	55	0,9	I
K13b	335	0,95	1830	32	0,400	732	353	380	0,9	48	16,7	I
K13c	335	0,95	1830	32	0,400	732	353	380	0,9	48	16,7	I
K13d	40	0,95	1574	32	0,400	630	42	588	0,33	7	4,9	I
K14a	190	0,95	1876	45	0,563	1055	200	855	0,58	19	5,0	I
K14b	190	0,95	1613	45	0,563	907	200	707	0,58	22	5,1	I

Tabela 5.22. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2029 (na wlotach skrzyżowania)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K1a	348	0,95	1626	25	0,313	508	366	142	1	72	28,7	II
K1b	347	0,95	1861	25	0,313	582	365	216	1	63	25,7	II
K1c	135	0,95	1763	25	0,313	551	142	409	1	26	20,8	II
K1d	135	0,95	1763	25	0,313	551	142	409	1	26	20,8	II
K2a	407	0,95	1419	36	0,450	638	428	210	1	67	20,6	II
K2b	406	0,95	1419	36	0,450	638	427	211	1	67	20,6	II
K2c	500	0,95	1761	36	0,450	793	526	266	1	66	19,8	I
K2d	500	0,95	1761	36	0,450	793	526	266	1	66	19,8	I
K3a	1021	0,95	1169	69	0,863	1009	1075	-66	1	107	47,4	III
K3b	289	0,95	1839	25	0,313	575	304	271	1	53	23,7	II
K3c	289	0,95	1839	25	0,313	575	304	271	1	53	23,7	II
K3d	42	0,95	1742	25	0,313	545	44	500	1	8	19,4	I
K4a	27	0,95	1433	9	0,113	161	28	133	1	18	32,5	II
K4b	134	0,95	1779	9	0,113	200	141	59	1	70	46,4	III

Tabela 5.23. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2029 (na wewnętrznej powierzchni akumulacji)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K11a	822	0,95	1854	61	0,763	1413	865	548	0,26	61	1,9	I
K11b	821	0,95	1854	61	0,763	1413	864	549	0,26	61	1,9	I
K11c	135	0,95	1761	61	0,763	1343	142	1201	0	11	0,0	I
K11d	135	0,95	1761	61	0,763	1343	142	1201	0	11	0,0	I
K12b	42	0,95	1859	45	0,563	1046	44	1002	1,67	4	13,1	I
K12c	500	0,95	1599	45	0,563	899	526	373	0	59	1,1	I
K12d	500	0,95	1599	45	0,563	899	526	373	0	59	1,1	I
K13b	356	0,95	1832	32	0,400	733	375	358	0,9	51	17,1	I
K13c	356	0,95	1832	32	0,400	733	375	358	0,9	51	17,1	I
K13d	42	0,95	1576	32	0,400	630	44	586	0,33	7	4,9	I
K14a	202	0,95	1877	45	0,563	1056	213	843	0,58	20	5,0	I
K14b	202	0,95	1615	45	0,563	908	213	696	0,58	23	5,2	I

Tabela 5.24. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2034 (na wlotach skrzyżowania)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K1a	372	0,95	1642	25	0,313	513	392	121	1	76	30,4	II
K1b	371	0,95	1863	25	0,313	582	391	192	1	67	26,7	II
K1c	147	0,95	1765	25	0,313	551	155	397	1	28	21,0	II
K1d	146	0,95	1765	25	0,313	551	154	398	1	28	20,9	II
K2a	434	0,95	1420	36	0,450	639	457	182	1	71	22,1	II
K2b	434	0,95	1420	36	0,450	639	457	182	1	71	22,1	II
K2c	539	0,95	1763	36	0,450	793	567	226	1	72	21,3	II
K2d	538	0,95	1763	36	0,450	793	566	227	1	71	21,3	II
K3a	1099	0,95	1171	69	0,863	1010	1157	-147	1	115	78,9	III
K3b	319	0,95	1843	25	0,313	576	336	240	1	58	24,6	II
K3c	318	0,95	1843	25	0,313	576	335	241	1	58	24,5	II
K3d	44	0,95	1746	25	0,313	546	46	499	1	8	19,4	I
K4a	30	0,95	1413	9	0,113	159	32	127	1	20	32,7	II
K4b	123	0,95	1754	9	0,113	197	129	68	1	66	43,4	II

Tabela 5.25. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego w roku 2034 (na wewnętrznej powierzchni akumulacji)

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K11a	893	0,95	1859	61	0,763	1418	940	478	0,26	66	2,3	I
K11b	893	0,95	1859	61	0,763	1418	940	478	0,26	66	2,3	I
K11c	147	0,95	1766	61	0,763	1347	155	1192	0	11	0,0	I
K11d	146	0,95	1766	61	0,763	1347	154	1193	0	11	0,0	I
K12b	44	0,95	1861	45	0,563	1047	46	1000	1,67	4	13,1	I
K12c	539	0,95	1600	45	0,563	900	567	333	0	63	1,4	I
K12d	538	0,95	1600	45	0,563	900	566	334	0	63	1,4	I
K13b	380	0,95	1834	32	0,400	734	400	334	0,9	55	17,6	I
K13c	380	0,95	1834	32	0,400	734	400	334	0,9	55	17,6	I
K13d	44	0,95	1577	32	0,400	631	46	585	0,33	7	5,0	I
K14a	208	0,95	1852	45	0,563	1042	219	823	0,58	21	5,1	I
K14b	208	0,95	1593	45	0,563	896	219	677	0,58	24	5,2	I

Na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie będą występowały wymagane warunki ruchu (maksymalnie PSR III). Natomiast wewnątrz skrzyżowania będzie występować PSR I, ze względu na znaczną część ruchu, która będzie przejeżdżała przez skrzyżowanie bez zatrzymywania się wewnątrz skrzyżowania.

Najgorsze warunki ruchu (PSR III) będą występować na prawoskręcie z Al. Sikorskiego w al. Solidarności. Obecnie natężenie na tej relacji wynosi ok. 1000 P/h i ta relacja nie jest sterowana sygnalizacją świetlną (na wlocie jest znak A7 a na wyjeździe dodatkowy pas włączenia). Dla tej relacji zaprojektowano sygnał dopuszczający skręcanie w kierunku wskazanym strzałką, kolizyjny z ruchem pieszym oraz pojazdów [21].

W tabelach 5.26 ÷ 5.30 przedstawiono wyniki obliczeń kolejki pozostającej (K_p), średniej kolejki maksymalnej (K_m), kwantyl 95 % z rozkładu kolejek maksymalnych (K_{m95}) oraz zasięg kolejki maksymalnej (L_K).

Tabela 5.26. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2014

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K1a	0,2	5,1	9,2	59,6
K1b	0,1	4,9	8,9	57,8
K1c	0,0	1,8	3,7	24,3
K1d	0,0	1,8	3,7	24,0
K2a	0,4	6,5	11,3	73,1
K2b	0,4	6,5	11,3	73,1
K2c	0,5	8,9	14,6	95,0
K2d	0,5	8,9	14,6	94,8
K3a	11,4	50,6	76,4	496,4
K3b	0,1	3,4	6,5	42,4
K3c	0,1	3,4	6,5	42,2
K3d	0,0	0,5	1,1	7,2
K4a	0,0	0,6	1,3	8,6
K4b	0,4	2,9	5,7	37,0

Tabela 5.27. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2019

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K1a	1,2	9,7	15,7	101,7
K1b	0,6	8,7	14,3	93,2
K1c	0,0	2,0	4,2	27,1
K1d	0,0	2,0	4,1	26,8
K2a	0,4	6,9	11,8	76,9
K2b	0,4	6,9	11,8	76,9
K2c	0,3	7,0	11,9	77,4
K2d	0,3	7,0	11,9	77,4
K3a	1,9	13,6	21,1	137,4
K3b	0,3	6,8	11,6	75,4
K3c	0,3	6,8	11,6	75,1
K3d	0,0	0,5	1,2	7,9
K4a	0,0	0,4	0,8	5,4
K4b	0,6	3,4	6,6	42,8

Tabela 5.28. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2024

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K1a	0,4	6,9	11,8	76,6
K1b	0,3	6,5	11,2	73,0
K1c	0,0	2,2	4,5	29,4
K1d	0,0	2,2	4,5	29,2
K2a	0,5	7,7	12,9	84,0
K2b	0,5	7,7	12,9	84,0
K2c	0,4	8,8	14,4	93,7
K2d	0,4	8,7	14,4	93,4
K3a	4,6	23,7	35,9	233,5
K3b	0,1	5,3	9,5	61,6
K3c	0,1	5,3	9,4	61,4
K3d	0,0	0,7	1,5	9,6
K4a	0,0	0,5	1,2	7,6
K4b	0,6	3,4	6,5	42,3

Tabela 5.29. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2029

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K1a	0,6	7,8	13,1	85,0
K1b	0,4	7,3	12,3	80,1
K1c	0,0	2,4	4,8	31,2
K1d	0,0	2,4	4,8	31,2
K2a	0,6	8,1	13,4	87,4
K2b	0,6	8,1	13,4	87,1
K2c	0,6	9,7	15,8	102,4
K2d	0,6	9,7	15,8	102,4
K3a	11,7	52,3	79,0	513,7
K3b	0,2	5,7	10,1	65,6
K3c	0,2	5,7	10,1	65,6
K3d	0,0	0,7	1,5	10,0
K4a	0,0	0,6	1,3	8,5
K4b	0,7	3,7	7,0	45,4

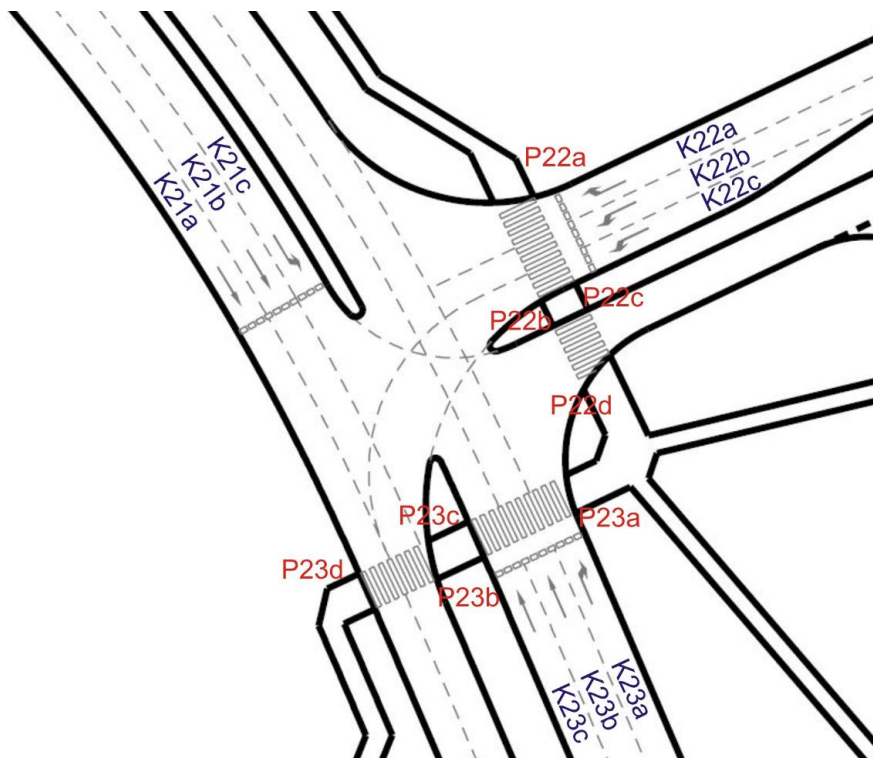
Tabela 5.30. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w roku 2034

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K1a	0,8	8,6	14,2	92,5
K1b	0,5	8,0	13,3	86,6
K1c	0,0	2,6	5,2	33,9
K1d	0,0	2,6	5,2	33,7
K2a	0,8	9,0	14,7	95,6
K2b	0,8	9,0	14,7	95,6
K2c	0,8	11,0	17,5	113,8
K2d	0,8	11,0	17,5	113,5
K3a	20,6	78,9	119,1	774,4
K3b	0,2	6,5	11,2	72,8
K3c	0,2	6,5	11,2	72,5
K3d	0,0	0,7	1,6	10,5
K4a	0,0	0,7	1,5	9,5
K4b	0,5	3,3	6,3	40,9

Najdłuższa kolejka pojazdów będzie występowała na pasie ruchu K3a, ale nie będzie ograniczała poprzedniego skrzyżowania (al. Warszawska – al. Sikorskiego), gdyż odległość do niego wynosi ok. 1 km. Również kolejki pojazdów na pozostałych wlotach (zdecydowanie mniejsze) nie będą ograniczały sąsiednich skrzyżowań.

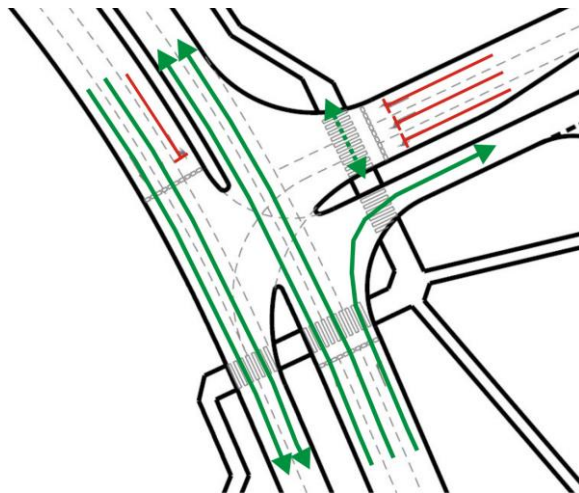
5.3.2. Skrzyżowanie ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej

Na rys. 5.7 pokazano schemat skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie. Na rysunku tym zaznaczono poszczególne pasy ruchu. Skrzyżowanie sterowane jest za pomocą sygnalizacji świetlnej.

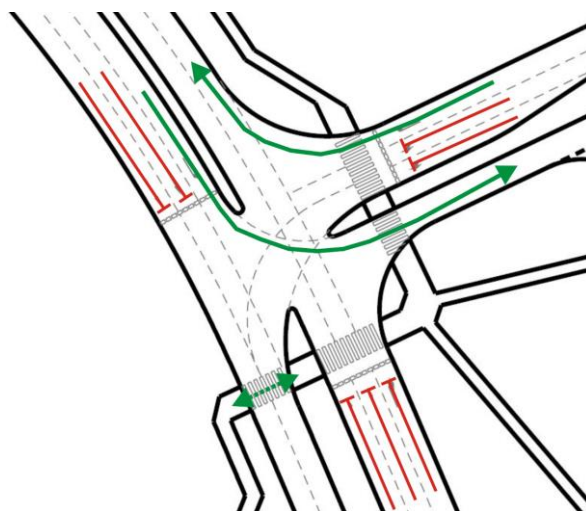


Rys. 5.7. Schemat skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej
w Lublinie [15]

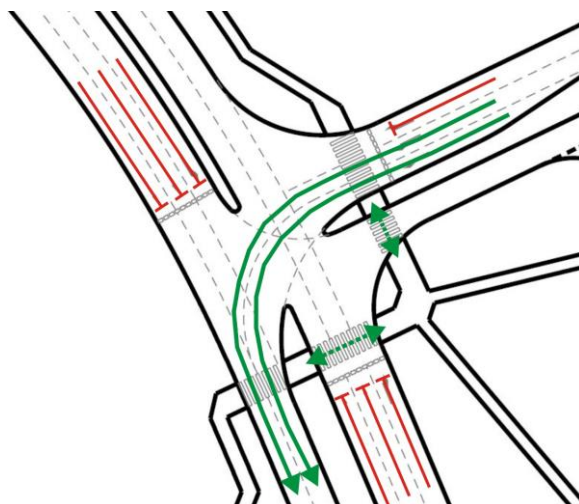
Do dokładnego obliczenia przepustowości potrzebna jest znajomość czasów międzyzielonych, które wyznacza się w projekcie sygnalizacji świetlnej. Na tym etapie jedynie założono, że czasy międzyzielone będą wynosić 6 sekund. Zaproponowano sygnalizację trójfazową. Proponowany układ faz ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 5.8 ÷ 5.10, natomiast proponowany program sygnalizacji przedstawiono na rys. 5.11.



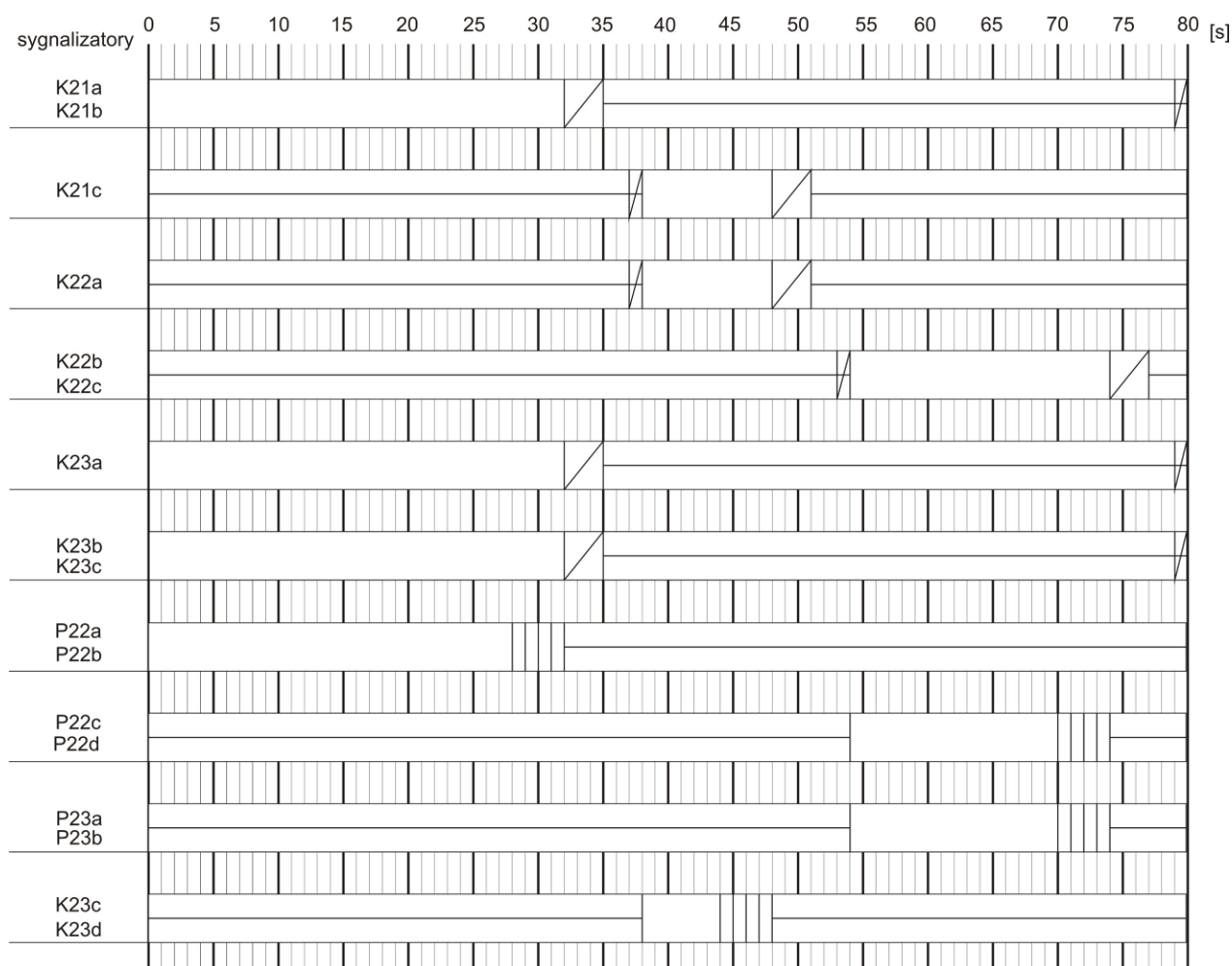
Rys. 5.8. Proponowana faza I na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej



Rys. 5.9. Proponowana faza II na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej



Rys. 5.10. Proponowana faza III na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej



Rys. 5.11. Proponowany program sygnalizacji na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha
i ul. Północnej

Sygnalizację świetlną na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie zaprojektowano jako sygnalizację trójfazową, gdzie wszystkie relacje odbywają się w sposób bezkolizyjny.

W tabelach 5.31 ÷ 5.35 przedstawiono obliczenia natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu. Współczynnik f , w zależności od relacji, odzwierciedla współczynnik f_p lub wyrażenie związane z wartością promienia skrętu (wzór 5.2). Ze względu na niewielkie natężenia pieszych współczynnik f_p jest równy 1,0 (zgodnie z [17]).

Tabela 5.31. Obliczenie natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2014

Pas	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K21a	1900	1	0,020	1863
K21b	1900	1	0,020	1863
K21c	1900	0,86	0,020	1602
K22a	1900	0,86	0,030	1586
K22b	1900	0,92	0,030	1692
K22c	1900	0,92	0,030	1692
K23a	1900	0,86	0,029	1588
K23b	1900	1	0,029	1846
K23c	1900	1	0,029	1846

Tabela 5.32. Obliczenie natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2019

Pas	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K21a	1900	1	0,069	1777
K21b	1900	1	0,069	1777
K21c	1900	0,86	0,069	1529
K22a	1900	0,86	0,030	1586
K22b	1900	0,92	0,030	1692
K22c	1900	0,92	0,030	1692
K23a	1900	0,86	0,051	1555
K23b	1900	1	0,051	1808
K23c	1900	1	0,051	1808

Tabela 5.33. Obliczenie natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2024

Pas	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K21a	1900	1	0,021	1861
K21b	1900	1	0,021	1861
K21c	1900	0,86	0,021	1600
K22a	1900	0,86	0,028	1589
K22b	1900	0,92	0,028	1695
K22c	1900	0,92	0,028	1695
K23a	1900	0,86	0,027	1591
K23b	1900	1	0,027	1850
K23c	1900	1	0,027	1850

Tabela 5.34. Obliczenie natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2029

Pas	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K21a	1900	1	0,019	1865
K21b	1900	1	0,019	1865
K21c	1900	0,86	0,019	1604
K22a	1900	0,86	0,026	1593
K22b	1900	0,92	0,026	1698
K22c	1900	0,92	0,026	1698
K23a	1900	0,86	0,025	1594
K23b	1900	1	0,025	1854
K23c	1900	1	0,025	1854

Tabela 5.35. Obliczenie natężeń nasycenia na poszczególnych pasach ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2034

Pas	S_0	f	u_c	S
	[E/h _z]	[-]	[-]	[P/h _z]
K21a	1900	1	0,018	1866
K21b	1900	1	0,018	1866
K21c	1900	0,86	0,018	1605
K22a	1900	0,86	0,024	1596
K22b	1900	0,92	0,024	1701
K22c	1900	0,92	0,024	1701
K23a	1900	0,86	0,025	1594
K23b	1900	1	0,025	1854
K23c	1900	1	0,025	1854

W tabelach 5.36 ÷ 5.40 przedstawiono ocenę warunków ruchu (PSR) na poszczególnych pasach ruchu. Oznaczenia pasów ruchu pokazano na rys. 5.7. Oznaczenia poszczególnych parametrów opisane zostały w rozdziale 5.1. Program sygnalizacji przyjęto na podstawie [20]. Przyjęto długość cyklu równą 80 sekund (rys. 5.11).

Tabela 5.36. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2014

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K21a	244	0,95	1863	33	0,413	768	257	512	0,9	33	14,6	I
K21b	244	0,95	1863	33	0,413	768	257	512	0,9	33	14,6	I
K21c	13	0,95	1602	11	0,138	220	14	207	1	6	30,0	II
K22a	7	0,95	1586	11	0,138	218	7	211	1	3	29,9	II
K22b	115	0,95	1692	21	0,263	444	121	323	1	27	23,8	II
K22c	114	0,95	1692	21	0,263	444	120	324	1	27	23,8	II
K23a	268	0,95	1588	33	0,413	655	282	373	0,9	43	15,5	I
K23b	460	0,95	1846	33	0,413	762	484	277	0,9	64	18,2	I
K23c	460	0,95	1846	33	0,413	762	484	277	0,9	64	18,2	I

Tabela 5.37. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2019

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K21a	391	0,95	1777	33	0,413	733	412	322	0,9	56	17,3	I
K21b	391	0,95	1777	33	0,413	733	412	322	0,9	56	17,3	I
K21c	14	0,95	1529	11	0,138	210	15	195	1	7	30,1	II
K22a	8	0,95	1586	11	0,138	218	8	210	1	4	29,9	II
K22b	112	0,95	1692	21	0,263	444	118	326	1	27	23,7	II
K22c	112	0,95	1692	21	0,263	444	118	326	1	27	23,7	II
K23a	253	0,95	1555	33	0,413	641	266	375	0,9	42	15,4	I
K23b	633	0,95	1808	33	0,413	746	666	79	0,9	89	28,3	II
K23c	633	0,95	1808	33	0,413	746	666	79	0,9	89	28,3	II

Tabela 5.38. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2024

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K21a	327	0,95	1861	33	0,413	768	344	423	0,9	45	15,7	I
K21b	327	0,95	1861	33	0,413	768	344	423	0,9	45	15,7	I
K21c	19	0,95	1600	11	0,138	220	20	200	1	9	30,2	II
K22a	8	0,95	1589	11	0,138	219	8	210	1	4	29,9	II
K22b	119	0,95	1695	21	0,263	445	125	320	1	28	23,9	II
K22c	119	0,95	1695	21	0,263	445	125	320	1	28	23,9	II
K23a	252	0,95	1591	33	0,413	656	265	391	0,9	40	15,3	I
K23b	604	0,95	1850	33	0,413	763	636	127	0,9	83	24,0	II
K23c	604	0,95	1850	33	0,413	763	636	127	0,9	83	24,0	II

Tabela 5.39. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2029

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K21a	355	0,95	1865	33	0,413	769	374	395	0,9	49	16,2	I
K21b	354	0,95	1865	33	0,413	769	373	397	0,9	48	16,2	I
K21c	21	0,95	1604	11	0,138	220	22	198	1	10	30,2	II
K22a	9	0,95	1593	11	0,138	219	9	210	1	4	29,9	II
K22b	128	0,95	1698	21	0,263	446	135	311	1	30	24,1	II
K22c	128	0,95	1698	21	0,263	446	135	311	1	30	24,1	II
K23a	278	0,95	1594	33	0,413	658	293	365	0,9	45	15,7	I
K23b	624	0,95	1854	33	0,413	765	657	108	0,9	86	25,5	II
K23c	623	0,95	1854	33	0,413	765	656	109	0,9	86	25,4	II

Tabela 5.40. Obliczenia przepustowości poszczególnych pasów ruchu na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie w roku 2034

Pas	Q_0	k_{15}	S	G_e	G_e/T	C	Q	ΔC	f_k	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[-]	[P/h _z]	[s]	[-]	[P/h]	[P/h]	[P/h]	[-]	[%]	[s/P]	
K21a	380	0,95	1866	33	0,413	770	400	370	0,9	52	16,6	I
K21b	379	0,95	1866	33	0,413	770	399	371	0,9	52	16,6	I
K21c	23	0,95	1605	11	0,138	221	24	196	1	11	30,3	II
K22a	10	0,95	1596	11	0,138	219	11	209	1	5	30,0	II
K22b	139	0,95	1701	21	0,263	447	146	300	1	33	24,4	II
K22c	139	0,95	1701	21	0,263	447	146	300	1	33	24,4	II
K23a	303	0,95	1594	33	0,413	658	319	339	0,9	49	16,2	I
K23b	663	0,95	1854	33	0,413	765	698	67	0,9	91	30,0	II
K23c	663	0,95	1854	33	0,413	765	698	67	0,9	91	30,0	II

Na skrzyżowaniu ulic Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie będą występowały bardzo dobre i dobre warunki ruchu (PSR I i PSR II) przez cały okres analizy (do roku 2034).

W tabelach 5.41 ÷ 5.45 przedstawiono wyniki obliczeń kolejki pozostającej (K_p), średniej kolejki maksymalnej (K_m), kwantyl 95 % z rozkładu kolejek maksymalnych (K_{m95}) oraz zasięg kolejki maksymalnej (L_K).

Tabela 5.41. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w roku 2014

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K21a	0,1	3,9	7,4	48,0
K21b	0,1	3,9	7,4	48,0
K21c	0,0	0,3	0,6	4,0
K22a	0,0	0,1	0,3	2,1
K22b	0,0	2,2	4,4	28,8
K22c	0,0	2,2	4,4	28,5
K23a	0,1	4,6	8,3	54,3
K23b	0,3	8,9	14,6	94,6
K23c	0,3	8,9	14,6	94,6

Tabela 5.42. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w roku 2019

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K21a	0,2	7,2	12,2	79,5
K21b	0,2	7,2	12,2	79,5
K21c	0,0	0,3	0,7	4,3
K22a	0,0	0,2	0,4	2,4
K22b	0,0	2,1	4,3	28,1
K22c	0,0	2,1	4,3	28,1
K23a	0,1	4,3	7,9	51,4
K23b	1,8	15,6	24,0	156,2
K23c	1,8	15,6	24,0	156,2

Tabela 5.43. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w roku 2024

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K21a	0,1	5,6	9,9	64,6
K21b	0,1	5,6	9,9	64,6
K21c	0,0	0,4	0,9	5,8
K22a	0,0	0,2	0,4	2,4
K22b	0,0	2,3	4,6	29,8
K22c	0,0	2,3	4,6	29,8
K23a	0,1	4,2	7,8	50,9
K23b	1,1	13,8	21,4	139,2
K23c	1,1	13,8	21,4	139,2

Tabela 5.44. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w roku 2029

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K21a	0,2	6,3	10,8	70,5
K21b	0,2	6,2	10,8	70,2
K21c	0,0	0,4	1,0	6,4
K22a	0,0	0,2	0,4	2,7
K22b	0,1	2,5	4,9	31,9
K22c	0,1	2,5	4,9	31,9
K23a	0,1	4,8	8,7	56,3
K23b	1,4	14,6	22,7	147,3
K23c	1,3	14,6	22,6	146,9

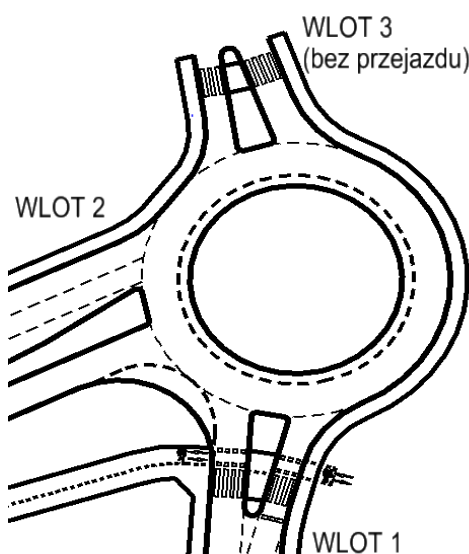
Tabela 5.45. Obliczenia długości i zasięgu kolejki maksymalnej na wlotach skrzyżowania ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w roku 2034

Pas	K_p	K_m	K_{m95}	L_K
	[P]	[P]	[P]	[m]
K21a	0,2	6,8	11,7	75,9
K21b	0,2	6,8	11,6	75,6
K21c	0,0	0,5	1,1	7,0
K22a	0,0	0,2	0,5	3,0
K22b	0,1	2,7	5,3	34,6
K22c	0,1	2,7	5,3	34,6
K23a	0,1	5,3	9,5	61,7
K23b	2,2	16,8	25,7	167,3
K23c	2,2	16,8	25,7	167,3

Wyniki obliczeń kolejki pojazdów na skrzyżowaniu ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie pokazują, że najdłuższa kolejka (ok. 150 metrów) będzie utrzymywała się na pasach K23b i K23c. Taka kolejka nie zablokuje skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha, gdyż odległość pomiędzy skrzyżowaniami wynosi około 250 metrów.

5.3.3. Rondo na ul. Północnej

Na rys. 5.12 pokazano schemat ronda na ul. Północnej. Jest to rondo jednopasowe. Na rysunku tym oznaczono również poszczególne wloty. Rondo to umożliwi w przyszłości podłączenie dróg mogących powstać na terenie Górki Czechowskich.



Rys. 5.12. Schemat ronda na ul. Północnej w Lublinie [15]

W tabelach 5.46 ÷ 5.50 przedstawiono obliczenia przepustowości oraz ocenę warunków ruchu (PSR) na poszczególnych wlotach ronda. Oznaczenia wlotów pokazano na rys. 5.12. Oznaczenia poszczególnych parametrów opisane zostały w rozdziale 5.2.

Tabela 5.46. Obliczenia przepustowości na rondzie na ul. Północnej w roku 2014

	Q_n	C_{owl}	f_c	f_p	C_m	Q_0	k_{15}	Q	ΔC	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[E/h]	[-]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[s/P]	
WLOT 1	1	1211	0,98	1	1186	236	0,95	248	938	0,21	2,13	I
WLOT 2	1	1211	0,98	1	1182	281	0,95	296	886	0,25	2,38	I

Tabela 5.47. Obliczenia przepustowości na rondzie na ul. Północnej w roku 2019

	Q_n	C_{owl}	f_c	f_p	C_m	Q_0	k_{15}	Q	ΔC	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[E/h]	[-]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[s/P]	
WLOT 1	1	1211	0,98	1	1186	232	0,95	244	942	0,21	2,11	I
WLOT 2	1	1211	0,97	1	1181	267	0,95	281	900	0,24	2,31	I

Tabela 5.48. Obliczenia przepustowości na rondzie na ul. Północnej w roku 2024

	Q_n	C_{owl}	f_c	f_p	C_m	Q_0	k_{15}	Q	ΔC	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[E/h]	[-]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[s/P]	
WLOT 1	1	1211	0,98	1	1188	246	0,95	259	929	0,22	2,17	I
WLOT 2	1	1211	0,97	1	1181	271	0,95	285	895	0,24	2,34	I

Tabela 5.49. Obliczenia przepustowości na rondzie na ul. Północnej w roku 2029

	Q_n	C_{owl}	f_c	f_p	C_m	Q_0	k_{15}	Q	ΔC	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[E/h]	[-]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[s/P]	
WLOT 1	1	1211	0,98	1	1190	265	0,95	279	911	0,23	2,26	I
WLOT 2	1	1211	0,98	1	1186	299	0,95	315	872	0,27	2,46	I

Tabela 5.50. Obliczenia przepustowości na rondzie na ul. Północnej w roku 2034

	Q_n	C_{owl}	f_c	f_p	C_m	Q_0	k_{15}	Q	ΔC	Q/C	d	PSR
	[P/h]	[E/h]	[-]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[P/h]	[P/h]	[-]	[s/P]	
WLOT 1	1	1211	0,98	1	1191	288	0,95	303	888	0,25	2,37	I
WLOT 2	1	1211	0,97	1	1178	326	0,95	343	835	0,29	2,66	I

Na rondzie na ul. Północnej będą występowały bardzo dobre warunki ruchu (PSR I). Średnie straty czasu będą wynosić około 2 sekund/pojazd.

6. Podsumowanie i wnioski

W opracowaniu sporządzono prognozę ruchu w rejonie skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w związku z jego przebudową. Przyjęto, na podstawie informacji uzyskanych z Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie, że zakończenie prac budowlanych nastąpi w grudniu 2014 roku. Od tego terminu prognozę wykonano na horyzont 20 lat z przedstawieniem prognozowanych potoków ruchu w interwałach pięcioletnich: 2014, 2019, 2024, 2029 i 2034.

Prognozę ruchu sporządzono dla godziny szczytu popołudniowego (ze względu na największy ruch). Określono strukturę rodzajową, pokazano kartogramy ruchu na skrzyżowaniach drogowych oraz przedstawiono dobowe potoki ruchu (SDR).

Prognozę i analizy ruchu opracowano dla planowanej przebudowy układu komunikacyjnego w rejonie analizowanego skrzyżowania. Założono wyniesienie relacji na wprost na al. Solidarności na estakadę a skrzyżowanie al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha przekształcono na skrzyżowanie z wyspą centralną sterowane za pomocą sygnalizacji świetlnej. Skrzyżowanie ul. Gen. B. Ducha i ul. Północnej zaprojektowano również jako skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną. Na ciągu ul. Północnej około 80m przed skrzyżowaniem z ul. Gen. B. Ducha zaprojektowano małe rondo jednopasowe, umożliwiające w przyszłości podłączenie mogących powstać na terenie Górki Czechowskiej dróg.

Na skrzyżowaniu al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie w roku 2019 następuje spadek ruchu na relacji al. Solidarności – al. Sikorskiego. Związane jest to z otwarciem połączenia ul. Poligonowej z obwodnicą Lublina (założono, że połączenie to powstanie ok. roku 2015), co będzie skutkowało przeniesieniem części relacji na ul. Gen. B. Ducha i ul. Poligonową. Połączenie to będzie najkrótszym i najszybszym połączeniem wlotów drogi DK 19 (zanim powstanie cała obwodnica, która przejmie ruch tranzytowy).

Natomiast domknięcie obwodnicy Lublina założono ok. roku 2022 (wg wskazówek Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie), co spowoduje chwilowe zmniejszenie ruchu na analizowanym skrzyżowaniu (ruch tranzytowy zostanie usunięty z analizowanego skrzyżowania).

Analiza przepustowości pokazała, że zaproponowane rozwiązanie geometryczne posiada dużą przepustowość. Na wlotach skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie będą występowały wymagane warunki ruchu (maksymalnie PSR III). Natomiast wewnątrz skrzyżowania będzie występować PSR I, ze względu na znaczną część

ruchu, która będzie przejeżdżała przez skrzyżowanie bez zatrzymywania się wewnątrz skrzyżowania.

Najgorsze warunki ruchu (PSR III) będą występować na prawoskręcie z Al. Sikorskiego w al. Solidarności. Obecnie natężenie na tej relacji wynosi ok. 1000 P/h i ta relacja nie jest sterowana sygnalizacją świetlną (na wlocie jest znak A7 a na wyjeździe dodatkowy pas włączenia). Dla tej relacji zaprojektowano sygnał dopuszczający skręcanie w kierunku wskazanym strzałką, kolizyjny z ruchem pieszym oraz pojazdów.

Na skrzyżowaniu ulic Gen. B. Ducha i ul. Północnej w Lublinie będą występowały bardzo dobre i dobre warunki ruchu (PSR I i PSR II) przez cały okres analizy (do roku 2034).

Natomiast na rondzie będą występowały bardzo dobre warunki ruchu (PSR I).

7. Materiały źródłowe

- [1] „*Generalny pomiar ruchu drogowego 2010 – Średni Dobowy Ruch w 2010 roku*” – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – www.gddkia.gov.pl
- [2] „*Pomiar ruchu na drogach wojewódzkich w 2010 roku – Średni Dobowy Ruch w punktach pomiarowych w 2010 roku*” – www.gddkia.gov.pl
- [3] „*Zestawienie ilościowe mieszkańców Lublina z podziałem na ulice – stan na dzień 14 maja 2012 roku*” – Urząd Miasta Lublin
- [4] www.lublin.eu
- [5] „*Niebieska Księga – Infrastruktura drogowa*” – Warszawa, grudzień 2008
- [6] Lilpop Z., Sidorenko A., Waltz A. – „*Prognozowanie ruchu miejskiego*” – Zespół Wydawnictw Instytutu Kształtowania Środowiska – Warszawa 1983
- [7] Supernak J. – „*Modele powstawania miejskiego ruchu osobowego*” – Wydawnictwa Komunikacji i Łączności – Warszawa 1980
- [8] „*Bank Danych Lokalnych – układ wg rejestru TERYT*” – Główny Urząd Statystyczny – www.stat.gov.pl
- [9] Szarata A. – „*Wpływ zmian w strukturze przestrzennej na parametry 4 – stadiowego modelu transportowego miasta*” – Architektura. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Zeszyt 3/2010
- [10] „*Warszawskie Badania Ruchu 2005*” – Warszawa, grudzień 2005
- [11] Kozłowska – Święconek M., Swędrak M., Mikulski B. – „*Wrocławskie Badania Ruchu 2010*” – Przegląd Komunikacyjny nr 7 – 8/2011

- [12] „*Krajowy Model Ruchu 2005*” – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – Warszawa 2008
- [13] „*Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Lublin*” – załącznik nr 2 do uchwały nr 165/XI/2011 Rady Miasta Lublin z dnia 30 czerwca 2011 roku
- [14] „*Uchwała Nr 457/XXI/2012 Rady Miasta Lublin z dnia 31 maja 2012 roku zmieniająca uchwałę Nr 291/XVI/2011 Rady Miasta Lublin z dnia 22 grudnia 2011 roku w sprawie wieloletniej prognozy finansowej*”
- [15] „*Plan sytuacyjny skrzyżowania al. Solidarności, al. Sikorskiego i ul. Gen. B. Ducha w Lublinie*” – 12035_KT_D_02_sytuacja – Sweco Infraprojekt, lipiec 2012
- [16] „*Wymagania, założenia i zalecenia do analiz i prognoz ruchu – lipiec 2012*” – www.gddkia.gov.pl
- [17] „*Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Instrukcja obliczania*” – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – Warszawa 2004
- [18] „*Metoda obliczania przepustowości rond. Instrukcja obliczania*” – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – Warszawa 2004
- [19] „*Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część I. Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane*” – Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych w Warszawie, Warszawa 2001
- [20] „*Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 roku w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach*” – Dziennik Ustaw Nr 220 poz. 2181
- [21] „*Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 28 marca 2008 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach*” – Dziennik Ustaw Nr 67 poz. 413

Opracował:

dr inż. Krzysztof Gasz

Mysłowice, 14 września 2012 roku