

**GENERALNA DYREKCJA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD
w Warszawie**

MOP-SBS-04

**METODA OBLICZANIA
PRZEPUSTOWOŚCI SKRZYŻOWAŃ
BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ**

INSTRUKCJA OBLICZANIA

Warszawa 2004

„Metodę obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej”
opracowano na zlecenie
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, ul. Żelazna 59



Opracowanie: Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu
Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki

Zespół autorski:

dr inż. Janusz Chodur – autor kierujący
dr hab. inż. Stanisław Gaca
dr inż. Stanisław Gondek

Współpraca:

mgr inż. Mariusz Kieć
mgr inż. Krzysztof Ostrowski
mgr inż. Remigiusz Wojtał
mgr inż. Krystian Woźniak

Konsultacje:

prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Instrukcję zaopiniowali:

dr inż. Andrzej Cielecki – Politechnika Warszawska
dr inż. Franciszek Pietrucha – Profil Sp z o.o., Warszawa

Komisja Oceny Przedsięwzięć Inwestycyjnych przy Generalnym Dyrektorzem Dróg Krajowych i Autostrad przyjęła instrukcję na posiedzeniu w dniu 14 kwietnia 2004 r.

Opracowanie redakcyjne: dr inż. Stanisław Gondek

Zdjęcie na okładce: mgr inż. Krystian Woźniak

© Copyright by POLITECHNIKA KRAKOWSKA, 2004

Rozpowszechnianie:

STRADA CONSULTING – Zakład Usług Drogowych, 30-150 Kraków,
ul. Armii Krajowej 2/62, tel. 0-603-124-095, fax +12-633-62-44

Wydanie:

Wydawnictwo PiT, 31-455 Kraków, ul. Ulanów 54/51
tel. +12-290-32-10, fax +12-290-32-11

ISBN 83-86219-98-X

ZARZĄDZENIE NR 10

GENERALNEGO DYREKTORA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD
z dnia 23 lipca 2004 r.

w sprawie wprowadzenia zasad i metod obliczania
przepustowości skrzyżowań drogowych.

Na podstawie § 3 ust.2 pkt 1 Regulaminu Organizacyjnego Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad stanowiącego załącznik do Zarządzenia nr 61 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 28 maja 2002 roku zmienionego Zarządzeniem nr 66 z dnia 20 sierpnia 2002 roku, Zarządzeniem nr 2 z dnia 21 stycznia 2003 roku, Zarządzeniem nr 9 z dnia 27 maja 2003 roku, Zarządzeniem nr 3 z dnia 29 stycznia 2004 roku oraz Zarządzenia nr 5 z dnia 2 marca 2004 r. zarządza się, co następuje:

§ 1

Wprowadza się do stosowania w Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad instrukcje obliczania przepustowości skrzyżowań stanowiące załączniki do niniejszego zarządzenia:

1. „Metoda obliczania przepustowości rond – instrukcja obliczania” – określona w załączniku nr 1,
2. „Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną – instrukcja obliczania” – określona w załączniku nr 2,
3. „Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej – instrukcja obliczania” – określona w załączniku nr 3

§ 2

Instrukcje, o których mowa w § 1, zaleca się do stosowania przez zarządców dróg samorządowych oraz jednostki projektowe.

§ 3

Zarządzenie wchodzi w życie z dniem podpisania

GENERALNY DYREKTOR
Dróg Krajowych i Autostrad
mgr Dariusz Skowronski

SPIS TREŚCI

	str.
1. WPROWADZENIE	10
1.1. Zastosowania metody obliczeniowej	10
1.2. Podstawy metody obliczeniowej	11
1.3. Określenia podstawowe	12
1.4. Podstawowe oznaczenia	14
2. METODOLOGIA ANALIZ	19
2.1. Metodologia analiz przepustowości	19
2.2. Metodologia oceny warunków ruchu	21
3. DANE WYJŚCIOWE I USTAŁENIA DO OBLICZEŃ	24
3.1. Zakres danych do analiz przepustowości i warunków ruchu	24
3.2. Natężenia miarodajne pojazdów i okres analizy	25
3.3. Natężenie ruchu pieszego	27
4. OBLICZENIA PRZEPUSTOWOŚCI	28
4.1. Zasady ustalania natężeń relacji nadrzędnych	28
4.2. Dobór granicznych odstępów czasu i odstępów czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki	30
4.3. Określanie przepustowości wyjściowych relacji podporządkowanych	32
4.4. Wpływ dławienia na przepustowość relacji podporządkowanych	36
4.4.1. Wyznaczanie współczynników dławienia przez poszczególne relacje dławiące f_{d}	36
4.4.2. Obliczanie łącznego dławienia f_d	38
4.5. Wpływ pieszych na przepustowość relacji podporządkowanych	40
4.6. Wpływ struktury rodzajowej ruchu na przepustowość relacji podporządkowanych	42
4.7. Wpływ przystanków autobusowych na przepustowość relacji podporządkowanych	43
4.8. Określenie przepustowości rzeczywistych	46
4.8.1. Przepustowość rzeczywista relacji	46
4.8.2. Przepustowość rzeczywista pasa ruchu	47
4.8.3. Przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego	47
4.8.4. Przepustowość wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu	47
4.9. Przepustowość w przypadku występowania poszerzenia pasa ruchu	49
4.10. Przepustowość w przypadku występowania szerokiego pasa dzielącego	51
4.11. Przepustowość w przypadku oddziaływania sąsiednich sygnalizacji	57
4.12. Stopień wykorzystania przepustowości i rezerwa przepustowości	67

5. KRYTERIA I PROCEDURY OCENY WARUNKÓW RUCHU	69
5.1. Klasyfikacja warunków ruchu	69
5.2. Straty czasu	70
5.2.1. Straty czasu na pasie ruchu	70
5.2.2. Straty czasu na wlocie	71
5.2.3. Straty czasu na skrzyżowaniu	72
5.3. Określenie poziomu swobody ruchu	72
5.4. Miarodajna długość kolejki	72
5.5. Dopuszczalne natężenia ruchu	74
6. UPROSZCZONA METODA DO CELÓW PLANISTYCZNYCH	76
6.1. Metodologia analiz przepustowości	76
6.2. Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych	78
6.3. Wyznaczenie przepustowości wyjściowych relacji podporządkowanych	80
6.4. Określenie wielkości dławienia	81
6.5. Obliczenie przepustowości rzeczywistych	83
6.5.1. Przepustowość rzeczywista relacji	83
6.5.2. Przepustowość rzeczywista pasa ruchu	83
6.5.3. Przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego	84
6.6. Przykład obliczeniowy	84
6.7. Analiza przepustowości wlotów podporządkowanych w wybranych przypadkach	90
7. FORMULARZE OBLICZENIOWE	96
7.1. Analiza odosobnionego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu	96
7.2. Analiza skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym	96
7.3. Analiza skrzyżowania znajdującego się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	97
8. PRZYKŁADY OBLICZENIOWE	115
8.1. Przykład nr 1 – Skrzyżowanie czterowlotowe położone poza terenem zabudowy	115
8.2. Przykład nr 2 – Skrzyżowanie czterowlotowe w terenie zabudowanym	135
8.3. Przykład nr 3 – Skrzyżowanie czterowlotowe z szerokim pasem dzielącym	149
8.4. Przykład nr 4 – Skrzyżowanie czterowlotowe pod wpływem oddziaływania sąsiednich sygnalizacji	166
LITERATURA	184
ZAŁĄCZNIK	185

SPIS TABEL I FORMULARZY

4.1. Zasady wyznaczania natężeń relacji nadrzędnych	29
4.2. Graniczne odstępy czasu t_g dla poszczególnych relacji podporządkowanych, różnych lokalizacji skrzyżowania i przekroju drogi z pierwszeństwem przejazdu	32
4.3. Odstępy czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f dla poszczególnych relacji podporządkowanych, różnych lokalizacji skrzyżowania i sposobów podporządkowania	32
4.4. Relacje dławione i dławiące na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach	37
4.5. Współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne dla wyróżnionych rodzajów pojazdów	42
4.6. Udziały czasów blokowania relacji AL, BL, CP i DP	63
5.1. Graniczne wartości średnich strat czasu dla poszczególnych poziomów swobody ruchu	69
6.1. Sposób wyznaczania natężeń relacji nadrzędnych	79
6.2. Formularz do uproszczonej metody obliczeniowej – przykład	89
7.1. Formularze używane przy analizie skrzyżowania odosobnionego	96
7.2. Formularze używane przy analizie skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym	97
7.3. Formularze używane przy analizie skrzyżowania znajdującego się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	98
Formularz 1 – DANE OGÓLNE	99
Formularz 2 – DANE RUCHOWE	100
Formularz 3 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}	102
Formularz 4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI	103
Formularz 4.1 – WPŁYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH	104
Formularz 4.2 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM	105
Formularz 5 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA	106
Formularz 6 – OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATĘŻEŃ RUCHU	107
Formularz 3-a – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	108
Formularz 4-a – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	109
Formularz 5-a – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	110
Formularz 3-b.1 – OBLICZENIE CZASÓW ZJAZDU POJAZDÓW Z KOLEJKI NA SĄSIEDNIACH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA	111
Formularz 3-b.2 – CZAS BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPEŁYWAJĄCE KOLUMNY	112

Formularz 3-b.3 – UDZIAŁ CZASÓW BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPIYWAJĄCE KOLUM- NY ORAZ SCHEMAT DOPIYWU KOLUMN 113	
Formularz 3-b.4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} – skrzyżowanie pod wpływem sąsiednich sygnalizacji 114	

SPIS RYSUNKÓW

2.1. Schemat obliczania przepustowości skrzyżowania bez sygnalizacji 20	
2.2. Oznaczenia relacji na skrzyżowaniu o czterech i o trzech wlotach 21	
2.3. Schemat określania warunków ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji 23	
4.1. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (relacje AL i BL) 34	
4.2. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego (relacje CP i DP) 35	
4.3. Przepustowości wyjściowe relacji na wprost z wlotu podporządkowanego (relacje CW i DW) 35	
4.4. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego (relacje CL i DL) 36	
4.5. Wykresy do wyznaczania współczynnika korygującego f_{rd} wpływu dławienia ruchu przez relacje dławiące rd 38	
4.6. Schemat przystanku autobusowego na wlocie skrzyżowania 43	
4.7. Schemat przystanku autobusowego na wlocie skrzyżowania 45	
4.8. Wlot drogi z pierwszeństwem przejazdu z krótkim pasem dla skrętu w lewo 49	
4.9. Dodatkowa kolejka K_p w miejscu poszerzenia wlotu 50	
4.10. Schemat ustalania przepustowości poszerzonego pasa 51	
4.11. Schemat analizy skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym 52	
4.12. Ilustracja stanów ruchu na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu pozosta- jącym pod wpływem sygnalizacji (przykład dla sygnalizacji dwufazowej) 58	
4.13. Ilustracja różnych przypadków blokowania relacji CW, CL, DW, DL przez kolumny pojazdów – przykład dla sygnalizacji dwufazowej 63	
4.14. Ilustracja różnych sytuacji dławienia ruchu przez relację BL przy oddziaływa- niu sygnalizacji na dopływające do skrzyżowania potoki ruchu 66	
5.1. Wpływ stopnia wykorzystania przepustowości ρ_j i przepustowości pasa ruchu C_j oraz okresu analizy t_a na średnie straty czasu pojazdów d_j 71	
5.2. Wpływ stopnia wykorzystania przepustowości ρ_j i przepustowości pasa ruchu C_j oraz okresu analizy t_a na miarodajną długość kolejki K_{jm} 73	
5.3. Wykres do wyznaczania wartości krytycznej rezerwy przepustowości ΔC_k^i przy okresie analizy $t_a = 1,00$ h 75	

5.4. Wykres do wyznaczania wartości krytycznej rezerwy przepustowości ΔC_k^i przy okresie analizy $t_a = 0,25$ h 75	
6.1. Schemat uproszczonej metody obliczania przepustowości 77	
6.2. Oznaczenia relacji na skrzyżowaniu o czterech i o trzech wlotach 77	
6.3. Wykres do wyznaczania liczby grup pieszych na przejściu na podstawie natężenia ruchu pieszego 78	
6.4. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu 80	
6.5. Przepustowości wyjściowe relacji z wlotu podporządkowanego 81	
6.6. Wykresy do wyznaczania współczynnika korygującego f_{rd} wpływu dławienia ruchu przez relacje dławiące rd 82	
6.7. Szkic skrzyżowania do przykładu 85	
6.8. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżo- wania o 3 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy 90	
6.9. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżo- wania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy 91	
6.10. Wykres do wyznaczania przepustowości dwupasowego wlotu podporządkowa- nego skrzyżowania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy 91	
6.11. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 3 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy 92	
6.12. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy 92	
6.13. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 4 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy 93	
6.14. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 4 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy 93	
6.15. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 4 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy 94	
6.16. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzy- żowania o 4 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy 94	
8.1. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 1 115	
8.2. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 2 135	
8.3. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 3 149	
8.4. Szkic skrzyżowania i układu skrzyżowań do przykładu nr 4 166	
8.5. Schemat dopływu kolumn 170	

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem instrukcji jest metoda obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu na wlotach skrzyżowań bez sygnalizacji zlokalizowanych na terenach zabudowy i poza nimi. Procedury przedstawione w instrukcji mogą być użyte do oceny sprawności istniejącego skrzyżowania, przy podejmowaniu decyzji o potrzebie przebudowy skrzyżowania oraz w procesie projektowania skrzyżowania. Instrukcja zawiera również uproszczoną wersję metody do zastosowań planistycznych.

Metodologia analizy skrzyżowań zlokalizowanych na terenach zabudowy oraz poza tymi terenami jest taka sama, lecz wartości parametrów i uwzględniane czynniki determinujące przepustowość oraz warunki ruchu są różne. Spowodowane jest to specyfiką rozwiązań geometrii skrzyżowań na terenach zabudowy, a szczególnie w miastach w stosunku do skrzyżowań drogowych. Specyfika ta zawiera się m.in. w obecności chodników i przejść dla pieszych, częstym występowaniu przystanków miejskiej komunikacji zbiorowej, a także w odmiennym ukształtowaniu otoczenia skrzyżowania (zabudowa ograniczająca widoczność). Ruch w warunkach miejskich ma inną charakterystykę niż na drogach poza miastami (wahania natężeń, prędkości, pojazdy miejskiej komunikacji zbiorowej, piesi, filtrowanie strumieni ruchu przez sygnalizację świetlną). Do szczególnie istotnych czynników wpływających na funkcjonowanie skrzyżowań w warunkach miejskich należą oddziaływanie ruchu pieszego oraz sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

1.1. Zastosowania metody obliczeniowej

Zawarta w instrukcji metoda umożliwia obliczanie przepustowości i ocenę warunków ruchu na podporządkowanych wlotach oraz wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu (w tym przypadku dotyczy to tylko pasów zawierających relację skretu w lewo) skrzyżowań bez sygnalizacji, działających na zasadzie podporządkowania ruchu znakami: „ustąp pierwszeństwa” (A-7) i/lub „stop” (B-20).

Metodę obliczeniową należy stosować przy projektowaniu i ocenie przepustowości skrzyżowań zwykłych i skanalizowanych, trzy- i czterowłotowych, bez poszerzeń i o poszerzonych wlotach, skrzyżowań o przesuniętych wlotach oraz skrzyżowań skanalizowanych z szerokim pasem dzielącym, w obrębie którego powstają wewnętrzne powierzchnie akumulacyjne umożliwiające dwuetapowe przekraczanie drogi z pierwszeństwem przejazdu przez pojazdy z wlotów podporządkowanych. Metoda obliczeniowa dotyczy skrzyżowań zlokalizowanych poza, jak i na terenie zabudowy. Procedura obliczeniowa może być stosowana praktycznie dla wszystkich przewidzianych w „Wytycznych projektowania skrzyżowań drogowych” [6] przypadków rozwiązań geometrii i organizacji ruchu ww. skrzyżowań. Metodę należy stosować także w przypadku skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanych w pobliżu skrzyżowań lub przejść dla pieszych z sygnalizacją świetlną (w zasięgu ruchu kolumnowego wpływającego z sygnalizacji, co ma miejsce przy odległości skrzyżowań nieprzekraczającej 400 ÷ 600 m). Metoda uwzględnia wpływ sąsiednich skrzyżowań lub przejść dla pieszych z cykliczną, stałoczasową sygnalizacją świetlną, a przy dwustronnym oddziaływaniu sygnalizacji na kierunku z pierwszeństwem przejazdu, metoda obejmuje przypadki, gdy długości cykli sygnalizacji stałoczasowych są takie same. Metodę stosuje się do skrzyżowań z przejściami dla pieszych, przy czym przejścia mogą być zlokalizowane tylko na niektórych lub na wszystkich wlotach. Metoda nie uwzględnia przejazdów dla rowerzystów mogących występować na wlotach skrzyżowania. W obliczeniach uwzględniane są przystanki autobusowe zlokalizowane

na wlotach/wlotach podporządkowanych. W przypadku nietypowych skrzyżowań pięciowłotowych metoda może być zastosowana, gdy na jednym z wlotów występuje relatywnie mały ruch (o natężeniu nie większym niż połowa natężenia ruchu najmniej obciążonego z pozostałych wlotów) i wówczas ten wlot jest pomijany w obliczeniach. Metodę można także zastosować do przybliżonej analizy trzywłotowego skrzyżowania o załamanym kierunku pierwszeństwa przejazdu, dostosowując odpowiednio, do hierarchii manewrów na skrzyżowaniu, oznaczenia wlotów i poszczególnych relacji.

1.2. Podstawy metody obliczeniowej

Na skrzyżowaniach bez sygnalizacji świetlnej pojazdy z wlotów podporządkowanych przecinają potok główny (nadrzędny) bądź włączają się do niego, wykorzystując odpowiedniej wielkości odstępy czasu między pojazdami tego potoku. Decydujący wpływ na przepustowość relacji podporządkowanej mają wielkości natężenia relacji nadrzędnych Q_n , granicznego odstępu czasu t_g i odstępu czasu między pojazdami podporządkowanymi wjeżdżającymi z kolejki t_f .

W obliczeniach przepustowości, jako podstawową wielkość, wyznacza się przepustowość każdej z relacji C_r , niezależnie od liczby pasów i organizacji ruchu na wlocie podporządkowanym. Przepustowość wyjściowa relacji C_{or} wyznaczana jest przy wzięciu pod uwagę nadrzędnych – pierwszej kolejności przejazdu – strumieni na wprost na drodze z pierwszeństwem przejazdu, o ekwiwalentnym natężeniu równym sumie natężeń wszystkich relacji na skrzyżowaniu, mających pierwszeństwo przed relacją obliczaną.

Na wartość C_{or} wpływa, poza natężeniem ruchu, również lokalizacja skrzyżowania, liczba pasów na drodze z pierwszeństwem przejazdu oraz rodzaj znaku podporządkowania. Rzeczywista sytuacja ruchowa na skrzyżowaniu i wzajemne zależności między strumieniami nadrzędnymi uwzględniane są za pośrednictwem tzw. dławienia. Przepustowości pasa ruchu i wlotu podporządkowanego obliczane są z uwzględnieniem organizacji oraz struktury kierunkowej i rodzajowej ruchu. Przepustowość pasa ruchu na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu wyznaczana jest tylko dla pasa z relacją w lewo, który może być pasem wydzielonym lub wspólnym z innymi relacjami.

Przepustowość wlotów podporządkowanych skrzyżowania zależy od wielkości i proporcji natężeń ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu oraz na wlotach podporządkowanych i może być określona, gdy znane są natężenia oraz struktura kierunkowa i rodzajowa ruchu na poszczególnych wlotach skrzyżowania. Warunki ruchu na poszczególnych pasach oraz wlotach podporządkowanych skrzyżowania, opisywane za pomocą poziomów swobody ruchu, ustala się na podstawie średnich strat czasu, jakie ponoszą pojazdy przy przejeździe przez skrzyżowanie.

Będąc przedmiotem instrukcji metoda obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu na wlotach skrzyżowań bez sygnalizacji opracowana została na podstawie wykonanych w kraju badań ruchu oraz jego symulacji komputerowej [1], a także przy wykorzystaniu niektórych wyników badań zagranicznych [2, 3, 4, 5]. Pozwala ona na uwzględnienie wszystkich istotnych statystycznie wpływów, pochodzących od czynników ruchowych i geometrycznych skrzyżowań.

Przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji można wyrazić jako sumę natężeń ruchu na wszystkich jego wlotach w sytuacji, gdy na jednym z wlotów natężenie ruchu osiągnęło wartość przepustowości. Przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji przyjmuje więc różne wartości, w zależności od natężenia ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu i wlotach bocznych

oraz struktury kierunkowej i rodzajowej obu krzyżujących się dróg. Obliczanie przepustowości całego skrzyżowania (cechy mniej przydatnej w praktyce projektowej z uwagi na opisaną wyżej jej zmienność) w sposób manualny jest mało efektywne ze względu na konieczność stosowania procedury iteracyjnej, stąd też nie zostało ono ujęte w niniejszej instrukcji.

1.3. Określenia podstawowe

Przepustowość relacji (C_r) – natężenie strumienia ruchu wjeżdżającego na skrzyżowanie w hipotetycznej sytuacji nasycenia ruchem pasa przeznaczonego wyłącznie dla danej relacji r i wykorzystaniu wszystkich możliwych do zaakceptowania odstępów czasu w potoku nadrzędnym.

Przepustowość wyjściowa relacji (C_{or}) – przepustowość relacji r charakterystyczna dla umownych, wyjściowych warunków ruchowo-geometrycznych skrzyżowania (określonych w p. 3.4).

Przepustowość pasa ruchu (C_j) – natężenie potoku pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie przy pełnym nasyceniu pasa ruchem i wykorzystaniu wszystkich możliwych do zaakceptowania odstępów czasu w potoku nadrzędnym przez pojazdy relacji korzystających z danego, j -tego pasa.

Przepustowość rzeczywista wlotu (C_{wl}) – wielkość potoku pojazdów wjeżdżających z danego wlotu wl na skrzyżowanie określona w sytuacji, gdy przynajmniej na jednym z pasów tego wlotu natężenie ruchu osiągnęło wartość równą przepustowości pasa, czyli na danym pasie wystąpił stan pełnego nasycenia ruchem.

Przepustowość skrzyżowania (C_{sk}) – suma natężeń ruchu na wszystkich jego wlotach w sytuacji, gdy na jednym z wlotów natężenie osiągnęło wartość przepustowości. Przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji, z uwagi na wahania natężeń ruchu, jest wartością zmienną, charakteryzującą skrzyżowanie w określonym stanie ruchu. Przepustowość tę można wyznaczyć w obliczeniach iteracyjnych.

Stopień wykorzystania przepustowości (ρ) – stosunek natężenia ruchu do przepustowości, określane dla danej relacji lub pasa ruchu.

Poziomy swobody ruchu (PSR_i) – stany określające w sposób umowny warunki ruchu pomiędzy ruchem o nieznacznych zakłóceniach przejazdu pojazdów przez skrzyżowanie i ruchem na granicy nasycenia (gdy natężenie równe jest przepustowości), wyznaczone z wykorzystaniem średnich strat czasu pojazdów. PSR_i (dla $i = I \div IV$) ustala się dla pasów ruchu i wlotów podporządkowanych oraz dla pasów ruchu z relacją skrętu w lewo na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu.

Natężenie krytyczne ($Q_{k,j}^i$) – natężenie ruchu, którego przekroczenie powoduje zmianę poziomu swobody ruchu (na poziom $i+1$, dla $i = I \div III$) na pasie ruchu j z relacjami podporządkowanymi. Może być obliczane również natężenie krytyczne ($Q_{k,wl}^i$) dla wlotów podporządkowanych.

Rezerwa przepustowości (ΔC_j) – różnica między przepustowością pasa ruchu C_j i panującym na nim natężeniem ruchu Q_j . Może być obliczana również rezerwa przepustowości (ΔC_{wl}) dla wlotów podporządkowanych.

Krytyczna rezerwa przepustowości ($\Delta C_{k,j}^i$) – różnica między przepustowością pasa ruchu i natężeniem krytycznym, przy którym powstają maksymalne, dopuszczone dla i -tego

PSR średnie straty czasu pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie z danego pasa. Może być obliczana również krytyczna rezerwa przepustowości ($\Delta C_{k,wl}^i$) dla wlotów podporządkowanych.

Graniczny odstęp czasu relacji podporządkowanej (t_g) – jest to taka wielkość odstepu czasu między pojazdami w potoku nadrzędnym, że każdy odstęp o wielkości równej lub większej może być wykorzystany do wykonania określonego manewru przez przeciętnego kierowcę pojazdu podporządkowanego, zaś każdy odstęp o wielkości mniejszej (uniemożliwiającej wykonanie zamierzonego manewru) nie będzie mógł być wykorzystany.

Odstęp czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki (t_f) – odstęp czasu między pojazdami danej relacji podporządkowanej wjeżdżającymi na skrzyżowanie z kolejki, w sytuacji, gdy w potoku nadrzędnym wystąpił odstęp czasu umożliwiający wjazd więcej niż jednego pojazdu.

Natężenie relacji nadrzędnych (Q_n) dla danej relacji podporządkowanej – suma natężeń ruchu wszystkich relacji mających pierwszeństwo i równocześnie kolidujących z tą relacją podporządkowaną bądź relacji wyraźnie oddziałujących na reakcje kierujących pojazdami relacji podporządkowanej (tab. 3.1).

Dławienie ruchu – ograniczenie możliwości wykonania manewrów pojazdów relacji na wprost i skrętu w lewo z drogi podporządkowanej przez te relacje (określane mianem dławiających) z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu i z wlotów podporządkowanych, których pojazdy, mając pierwszeństwo przejazdu przed pojazdami ww. relacji z drogi bocznej, są równocześnie same podporządkowane innym relacjom z drogi z pierwszeństwem przejazdu, przez co istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia kolejek pojazdów na pasach, z których korzystają relacje dławiające.

Dla relacji na wprost (CW i DW) z wlotu podporządkowanego relacjami dławiającymi na czterowlotowym skrzyżowaniu są skręty w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zaś dla relacji skrętu w lewo (CL i DL) z wlotu podporządkowanego – skręty w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz relacje na wprost i w prawo z przeciwległego wlotu podporządkowanego.

Rząd strumienia – przyporządkowana danemu strumieniowi kolejność wykonania zamierzonego manewru na skrzyżowaniu, wynikająca z przepisów prawa o ruchu drogowym.

Strata czasu – dodatkowy czas potrzebny na przejechanie skrzyżowania – w stosunku do czasu przejazdu przez skrzyżowanie bez zakłóceń – związany z opóźnieniem przy dojeździe do kolejki oraz oczekiwaniem pojazdu w kolejce.

Średnie straty czasu przypadające na pojazd (d_j) – są to straty czasu, jakie przeciętnie ponosi każdy z pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie z danego pasa w okresie analizy (z uwzględnieniem pojazdów, które przejeżdżają bez zatrzymania). Straty te mogą być także obliczane dla pojedynczych relacji (d_r), dla poszczególnych wlotów (d_{wl}) oraz całego skrzyżowania (d_{sk}).

Miarodajna długość kolejki (K_{jm}) – długość kolejki wyrażona liczbą pojazdów, której z prawdopodobieństwem 0,95 nie przekraczają kolejki pojazdów powstające na danym pasie ruchu w przyjętym okresie analizy. Długość kolejki K_{jm} stosowana jest przy wyznaczaniu dodatkowych pasów ruchu na wlotach skrzyżowania.

Zasięg kolejki maksymalnej L_K – jest to wyrażona w metrach odległość końca kolejki maksymalnej, jaka występuje w okresie analizy, mierzona od linii zatrzymania.

1.4. Podstawowe oznaczenia

Oznaczenia parametrów stosowanych w podstawowej procedurze wyznaczania przepustowości:

- A, B – symbole wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu,
 C, D – symbole wlotów drogi podporządkowanej,
 L, W, P – symbole relacji na wlocie odpowiednio w lewo, na wprost i w prawo,
 AL, BL, CL, DL – symbole relacji skrzyżowania w lewo odpowiednio z wlotów A, B, C i D,
 AW, BW, CW, DW – symbole relacji na wprost odpowiednio z wlotów A, B, C i D,
 AP, BP, CP, DP – symbole relacji skrzyżowania w prawo odpowiednio z wlotów A, B, C i D,
 APs, BPps, CPps, DPps – symbole przejść dla pieszych, odpowiednio na wlotach A, B, C i D,
 PSR i – poziom swobody ruchu, $i = I, II, III, IV$,
 P/h, E/h – wielkość natężenia ruchu wyrażona w pojazdach rzeczywistych na godzinę lub w jednostkach umownych (samochodach osobowych) na godzinę,
 Q_r – natężenie ruchu relacji r [P/h], [E/h],
 Q_j – natężenie ruchu na pasie j ($j = 1, 2, 3$) [P/h], [E/h],
 Q_{wl} – natężenie ruchu na wlocie wl skrzyżowania ($wl = A, B, C, D$) [P/h], [E/h],
 Q_o – pomierzone lub prognozowane natężenie ruchu w rozważanej godzinie [P/h],
 Q – obliczeniowe natężenie ruchu z uwzględnieniem zmienności ruchu w godzinie, wyrażanej przez wskaźnik k_{15} [P/h],
 k_{15} – wskaźnik zmienności ruchu w godzinie [-],
 q_{15}^{max} – natężenie w szczytowym kwadransie analizowanej godziny [P/15 min],
 QP – natężenie ruchu pieszego [Ps/h],
 C_r – rzeczywista przepustowość relacji r [E/h], [P/h],
 C_{or} – wyjściowa przepustowość relacji r [E/h],
 C_j – rzeczywista przepustowość pasa ruchu j [E/h], [P/h],
 C_{wl} – rzeczywista przepustowość wlotu wl [E/h], [P/h],
 ρ_j – stopień wykorzystania rzeczywistej przepustowości pasa ruchu j [E/h], [P/h],
 ρ_{wl} – stopień wykorzystania rzeczywistej przepustowości wlotu wl [E/h], [P/h],
 ΔC_j – rezerwa przepustowości pasa ruchu j [E/h],
 ΔC_{wl} – rezerwa przepustowości wlotu wl [E/h],
 $\Delta C_{k,j}^i$ – krytyczna rezerwa przepustowości na pasie ruchu j dla i -tego PSR [E/h],
 $Q_{k,j}^i$ – natężenie krytyczne na pasie ruchu j dla i -tego PSR [E/h],
 $\Delta C_{k,wl}^i$ – krytyczna rezerwa przepustowości wlotu podporządkowanego wl dla i -tego PSR [E/h],

- $Q_{k,wl}^i$ – natężenie krytyczne wlotu podporządkowanego wl dla i -tego PSR [E/h],
 Q_n – natężenie relacji nadrzędnych [P/h],
 t_g – graniczny odstęp czasu [s],
 t_f – odstęp czasu między pojazdami podporządkowanego strumienia wjeżdżającymi z kolejki [s],
 Q_{Ps} – obliczeniowe natężenie ruchu pieszego, wyrażone liczbą grup pieszych przechodzących przez przejście w ciągu godziny [gp/h],
 n_{Ps} – średnia liczebność grup pieszych w strefie kolizji na wlocie [Ps/gp],
 l_{pi} – długość strefy kolizji na wlocie pokonywanej przez grupy pieszych (równa szerokości pasa ruchu pojazdów, a w przypadku pasa ruchu szerszego niż 3,5 m równa szerokości korytarza ruchu zajmowanego przez pojazdy powiększonego obustronnie po 0,5 m) [m],
 V_{Ps} – prędkość przechodzenia pieszych w strefie kolizji [m/s],
 U_{ibi} – udział czasu blokowania przez pieszych w strefie kolizji i [-],
 U_{ib} – udział łącznego czasu blokowania przez pieszych [-],
 f_p – współczynnik korygujący, uwzględniający wpływ blokowania ruchu pojazdów przez pieszych [-],
 E_c, E_{cp}, E_{mr} – współczynniki przeliczeniowe: odpowiednio samochodu ciężarowego i autobusu – c , samochodu ciężarowego z przyczepą (naczepą) i autobusu przegubowego – cp oraz motocykla i roweru – mr na pojazd umowny (samochód osobowy),
 u_c, u_{cp}, u_{mr} – udziały pojazdów poszczególnych rodzajów jw. w natężeniu ruchu [-],
 f_c – współczynnik korygujący, uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu [-],
 f_{rd} – współczynnik korygujący, uwzględniający wpływ dławienia przez relację dławiacą rd [-],
 f_d – współczynnik korygujący, uwzględniający łączny wpływ relacji dławiaczych wchodzących w skład Q_n [-],
 m_r – procentowy udział natężenia relacji r w natężeniu na pasie ruchu [%],
 m_j – procent potoku pojazdów na danym wlocie, korzystających z pasa ruchu j [%].
- Oznaczenia parametrów stosowanych w analizie wpływu przystanków autobusowych:
- Q_a – natężenie ruchu autobusów zatrzymujących się na danym przystanku [P/h],
 t_a – czas podjazdu autobusu do linii zatrzymań mierzony od momentu jego zatrzymania się na przystanku [s],
 t_{wp} – czas wymiany pasażerów (postojów autobusu) na przystanku [s],
 t_{da} – czas dojazdu autobusu do linii zatrzymań po ruszeniu z przystanku [s],

- t_o – czas zjazdu pojazdów z odcinka pasa ruchu przed autobusem [s],
- l_a – odległość czoła przystanku zlokalizowanego na wlocie podporządkowanym od linii zatrzymań lub w przypadku przystanku zlokalizowanego na wylocie odległość końca przystanku od krawędzi jezdni drogi z pierwszeństwem przejazdu [m],
- w – szerokość przejścia dla pieszych [m],
- l_p – przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce [m],
- l_l, l_c – średnie długości w kolejce pojazdów lekkiego i ciężkiego [m],
- t_b – czas blokowania wylotu przez pojedynczy autobus [s],
- τ_{or} – czas ruszenia pojazdu w kolejce liczony od momentu ruszenia poprzedniego pojazdu [s],
- t_w – czas potrzebny do wypełnienia się pojazdami strefy za autobusem [s],
- f_a – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ przystanków autobusowych [-].

Oznaczenia parametrów stosowanych w analizie wpływu poszerzenia pasa ruchu:

- K_j – średnia długość kolejki na j -tym pasie ruchu (zasadniczym i dodatkowym w miejscu poszerzenia) analizowanego wlotu [P],
- K_p – dodatkowa kolejka w miejscu poszerzenia wlotu [P],
- K_{max} – maksymalna ze średnich długości kolejek na zasadniczym i dodatkowym (umownym) pasie ruchu w miejscu poszerzenia [P],
- C_j^{wsp} – przepustowość wspólnego (zasadniczego) pasa ruchu na wlocie podporządkowanym bez uwzględnienia wpływu poszerzenia wlotu [P/h],
- C_p – przepustowość pasa ruchu z uwzględnieniem jego poszerzenia [P/h].

Oznaczenia parametrów stosowanych w analizie przepustowości skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym:

- k – pojemność powierzchni akumulacji wytworzonej przez szeroki pas dzielący, wyrażona liczbą samochodów osobowych [E],
- C_{lr} – przepustowość relacji r z wlotu zasadniczego, pierwszej części skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym [E/h],
- C_{llr} – przepustowość relacji r z wlotu drugorzędnego, przy przejeździe przez drugą część skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym [E/h],
- C_{lj} – przepustowość pasa ruchu prowadzącego relacje na wprost z wlotu zasadniczego, pierwszej części skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym [E/h],
- C_{llc} – przepustowość wlotu drugorzędnego C', przy przejeździe przez drugą część skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym [E/h],
- C_{lld} – przepustowość wlotu drugorzędnego D', przy przejeździe przez drugą część skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym [E/h],
- C_{l-llr} – przepustowość relacji r z wlotu zasadniczego pierwszej części skrzyżowania, obliczana jak dla przypadku skrzyżowania bez szerokiego pasa dzielącego [E/h].

Oznaczenia parametrów stosowanych w analizie wpływu sąsiednich sygnalizacji:

- Q_{si} – natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie ruchu wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego relacje w całości lub w części tworzą potok nadrzędny względem relacji r na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [P/h],
- T_c – długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach [s] (warunkiem zastosowania metody obliczeniowej jest jednakowa długość cykli sygnalizacyjnych w przypadku dwustronnego oddziaływania sygnalizacji),
- G_i – długość sygnału zielonego dla pasa ruchu na wlocie i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego relacje w całości lub w części tworzą potok nadrzędny względem relacji r na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [s],
- S_i – natężenie nasycenia pasa (grupy pasów) ruchu na wlocie i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego wypływa potok ruchu nadrzędny dla relacji na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [P/hz],
- Δt – przesunięcie w czasie pomiędzy początkami sygnałów zielonych na sąsiednich skrzyżowaniach dla relacji na wprost dopływających do skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu (związane z offsetem pomiędzy skrzyżowaniami z sygnalizacją) [s],
- f_{prog} – współczynnik progresji w koordynacji skrzyżowań z sygnalizacją świetlną [-],
- $f_{syg,i}$ – współczynnik określający udział strumienia (relacji) pojazdów jadących w kierunku analizowanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu w ruchu na pasie (grupie pasów) wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją [-],
- t_R – czas rozładowania kolejki pojazdów oczekujących na sygnale czerwonym na skrzyżowaniu z sygnalizacją, tworzących potok nadrzędny dla rozpatrywanej relacji [s],
- t_G – czas rozładowania kolejki tworzącej się z pojazdów przyjeżdżających w czasie sygnału zielonego i dołączających do zastanej kolejki na skrzyżowaniu z sygnalizacją, z której wypływa potok nadrzędny dla rozpatrywanej relacji [s],
- t_{ki} – czas wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r [s],
- t_{bil} – czas blokowania ruchu pojazdów z wlotów podporządkowanych na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu przez kolumny pojazdów na wlotach A lub B wypływające w poszczególnych fazach z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją w każdym z cykli [s],
- t_{blr} – łączny czas blokowania ruchu pojazdów relacji podporządkowanej r przez kolumny pojazdów dopływające z sąsiadujących skrzyżowań [s],
- t_{dki} – czasy dojazdu kolumn od linii zatrzymań na wlocie i skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozważanego skrzyżowania [s],
- t_{br}^d – czas kolumnowego stanu ruchu w nadrzędnym potoku dla dławionej relacji r w okresie stanu ruchu bez kolumn dla relacji dławiącej w każdym z cykli [s],
- ϕ – przesunięcie czasu pomiędzy początkami kolumn pojazdów wypływających ze skrzyżowań z dwufazową sygnalizacją i dojeżdżających do osi skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu [s].

- α – współczynnik dyspersji kolumn pojazdów wypływających ze skrzyżowania z sygnalizacją świetlną [-],
- $Q_{\max,j}$ – maksymalne natężenie potoku ruchu wypływającego ze skrzyżowania z sygnalizacją i poruszającego się w kolumnie [P/h],
- Q_{\min} – minimalne natężenie potoku ruchu wypływającego ze skrzyżowania z sygnalizacją, przy którym można uznać, że pojazdy poruszają się jeszcze w kolumnie [P/h],
- U_{br} – udziały stanów ruchu odpowiadających sytuacji blokowania podporządkowanej relacji r [-],
- Q_A – natężenie na wlocie A we wszystkich stanach ruchu [P/h],
- Q_B – natężenie na wlocie B we wszystkich stanach ruchu [P/h],
- Q'_A – natężenie na wlocie A w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów [P/h],
- Q'_B – natężenie na wlocie B w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów [P/h],
- Q'_r – natężenie nadrzędne dla relacji r w okresach braku blokowania ruchu tej relacji przez kolumny pojazdów [P/h],
- C_{sr} – rzeczywista przepustowość relacji r pozostającej pod wpływem sygnalizacji [E/h], [P/h].

Oznaczenia parametrów stosowanych w analizie warunków ruchu:

- d_j – średnia strata czasu pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie z pasa ruchu j [s/P],
- d_{wl} – średnia strata czasu pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie z wlotu wl [s/P],
- d_{sk} – średnia strata czasu pojazdów przejeżdżających skrzyżowanie [s/P],
- K_{jm} – miarodajna długość kolejki na j -tym pasie, stosowana przy wymiarowaniu dodatkowych pasów ruchu na wlotach skrzyżowania [P],
- L_K – zasięg kolejki maksymalnej [m].

2. METODOLOGIA ANALIZ

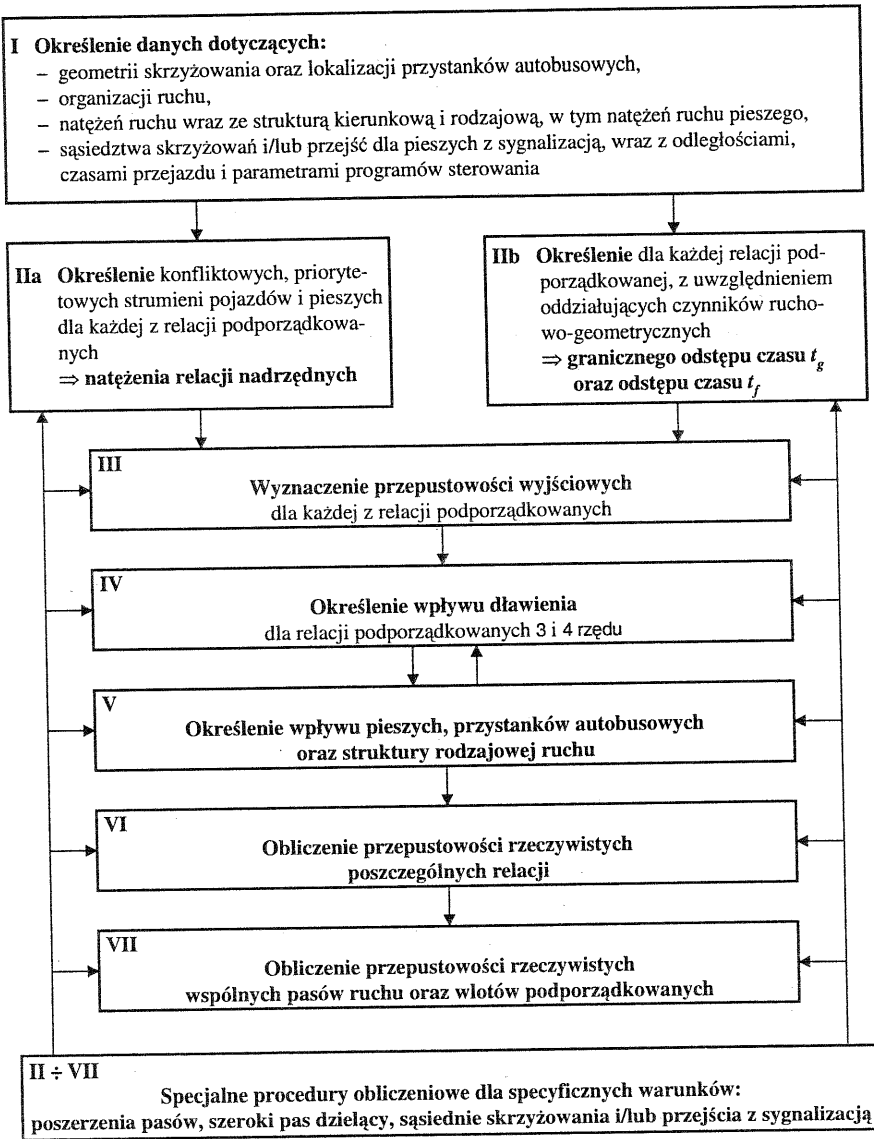
2.1. Metodologia analiz przepustowości

Sposób prowadzenia obliczeń przepustowości opiera się na następujących założeniach:

- wyznaczanie przepustowości wlotów i ocena warunków ruchu odnosi się do skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu określonym za pomocą znaków drogowych,
- przepustowość relacji podporządkowanej zależy w pierwszym rzędzie od:
 - łącznego natężenia strumieni pojazdów i ekwiwalentnego natężenia strumieni pieszych, mających pierwszeństwo przed daną relacją podporządkowaną (*określającego możliwości ewentualnego wjazdu na skrzyżowanie pojazdów relacji podporządkowanej*),
 - granicznego odstępu czasu właściwego dla danej relacji i rodzaju pojazdu podporządkowanego (*określającego podejmowane decyzje*) oraz
 - odstępu czasu między pojazdami podporządkowanymi wjeżdżającymi z kolejki w sytuacji, gdy w potoku nadrzędnym występuje odstęp czasu umożliwiający wjazd więcej niż jednego pojazdu,
- w przyjętych umownie tzw. warunkach wyjściowych określana jest przepustowość wyjściowa każdej relacji podporządkowanej niezależnie od liczby pasów i organizacji ruchu na wlocie,
- manewry na skrzyżowaniu są wykonywane w sposób hierarchiczny przez strumienie podporządkowane różnych rzędów (kolejności przejazdu przez skrzyżowanie w przypadku równoczesnego dojazdu lub oczekiwania pojazdów wszystkich relacji na skrzyżowaniu), co powoduje, że pewna część odstępu czasu w potoku nadrzędnym równych lub większych od granicznego nie może być wykorzystana przez pojazdy relacji 3 i 4 rzędu (*zachodzi tzw. efekt dławienia przez pojazdy podporządkowane wyższych rzędów*),
- piesi przechodzący przez jezdnie na wlotach skrzyżowania, wykorzystując część luk w potoku nadrzędnym, ograniczają możliwość wykorzystania ich przez pojazdy podporządkowane,
- istnieje pewna minimalna liczba pojazdów z wlotów podporządkowanych, które nawet przy bardzo dużym obciążeniu drogi z pierwszeństwem przejazdu mogą przejechać skrzyżowanie (*dzięki grzeczności kierowców pojazdów relacji nadrzędnych*),
- powierzchnia akumulacyjna wewnątrz skrzyżowania skanalizowanego z szerokim pasem dzielącym ułatwia ruch pojazdów podporządkowanych (*przecinanie strumieni nadrzędnych odbywa się etapowo*),
- autobusy zatrzymujące się na przystankach bez zatok blokują ruch pojazdów poruszających się pasem, na którym zlokalizowany jest przystanek. W metodzie uwzględniono tylko przystanki autobusowe występujące na wlotach/wylotach podporządkowanych,
- przepustowość pasa ruchu jest determinowana wartościami przepustowości poszczególnych relacji korzystających z tego pasa i zależy od struktury kierunkowej ruchu na pasie,
- przepustowość wlotu podporządkowanego, z liczbą pasów większą niż jeden, zależy od przepustowości poszczególnych pasów oraz rozkładu ruchu na pasy (obciążenia pasów),
- śsiednie skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, zmieniając w istotny sposób charakter potoku ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu skrzyżowania bez sygnalizacji, wpływają na przepustowość jego wlotów podporządkowanych. W takim przypadku do obliczeń nie-

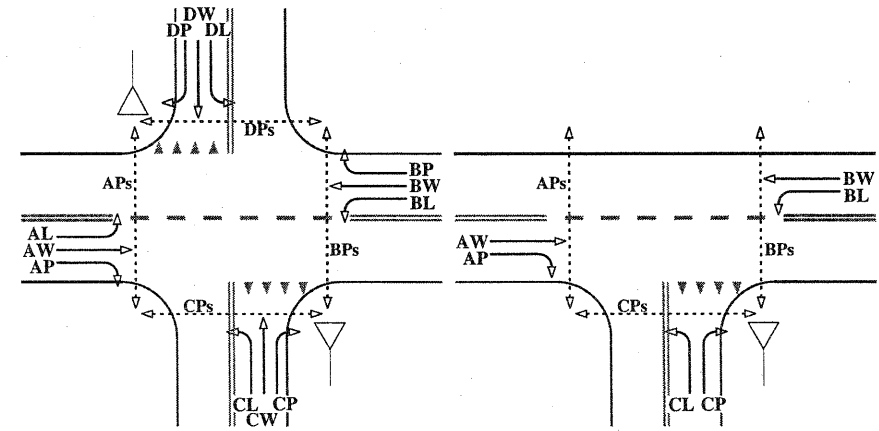
zbędna jest znajomość odległości między skrzyżowaniami, czasów przejazdu między nimi, natężeń ruchu na skrzyżowaniach z sygnalizacją oraz parametrów sterowania.

W nawiązaniu do powyższych założeń przyjęto następujący schemat obliczania przepustowości (rys. 2.1):



Rys. 2.1. Schemat obliczania przepustowości skrzyżowania bez sygnalizacji

Poszczególne wloty oraz relacje na skrzyżowaniu mają oznaczenia zgodne z rys. 2.2.



Rys. 2.2. Oznaczenia relacji na skrzyżowaniu o czterech i o trzech wlotach

Biorąc pod uwagę hierarchię wykonywania manewrów na skrzyżowaniu i wynikające z niej wzajemne podporządkowania poszczególnych strumieni ruchu, wyróżniono cztery poziomy (rzędy) strumieni:

	skrzyżowanie:	o czterech wlotach	o trzech wlotach
- strumieniami 1 rzędu są relacje:		AW, BW oraz AP i BP	AW, BW oraz AP
- strumieniami 2 rzędu są relacje:		AL, BL oraz CP i DP	BL oraz CP
- strumieniami 3 rzędu są relacje:		CW i DW	CL
- strumieniami 4 rzędu są relacje:		CL i DL.	

Okresem obliczeniowym jest zasadniczo godzina. W przypadku znacznej zmienności natężeń ruchu w interwale godziny możliwe jest wykonywanie obliczeń dla krótszych (np. 15-minutowych) przedziałów czasu, z uwzględnieniem wskaźnika zmienności ruchu w godzinie k_{15} . Każdorazowo przepustowość i warunki ruchu odnoszą się do przyjętego okresu obliczeniowego, przy czym wartość przepustowości, podobnie jak natężenia ruchu, wyrażana jest w odniesieniu do interwału 1 godziny [P/h].

2.2. Metodologia oceny warunków ruchu

Sposób określania warunków ruchu opiera się na następujących założeniach:

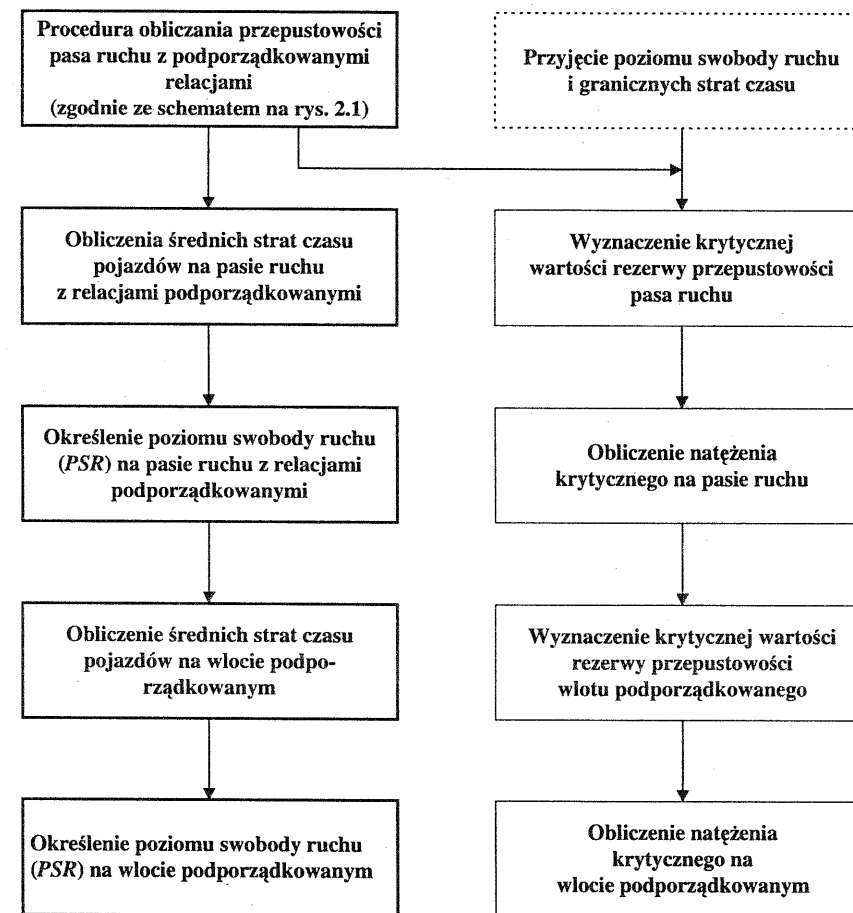
- ocena warunków ruchu obejmuje wszystkie pasy podporządkowane skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej, a więc wszystkie pasy ruchu prowadzące strumień rzędu 2, 3 i 4, w tym pasy z relacją skrętu w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu,

- klasyfikacja warunków ruchu bazuje na koncepcji poziomów swobody ruchu (*PSR*), która umożliwia scharakteryzowanie w sposób umowny (przez podanie *PSR*) lub opisowy warunków ruchu w powiązaniu z wybraną miarą ilościową i jej wartościami progowymi,
- przyjęto 4 poziomy swobody ruchu oznaczane od I (bardzo dobre warunki ruchu) do IV (niekorzystne warunki ruchu),
- podstawową miarą zastosowaną w celu klasyfikacji warunków ruchu są średnie straty czasu przypadające na pojazd. Straty te odnoszą się do odcinka wlotu skrzyżowania i obejmują straty pojazdu w kolejce, od momentu dojazdu do kolejki do czasu przejazdu linii zatrzymań oraz straty opóźnienia przy dojeździe do kolejki. Nie uwzględniają strat przyspieszania po przejechaniu linii zatrzymań,
- średnie straty czasu pojazdów na *j*-tym pasie ruchu wyznaczane są na podstawie przepustowości pasa i stopnia jej wykorzystania,
- straty czasu pojazdów na wlocie lub skrzyżowaniu są wyliczane jako średnie ważone ze strat czasu pojazdów na poszczególnych pasach ruchu lub wlotach, przy czym wagami są natężenia ruchu na pasach lub wlotach,
- poziomom swobody ruchu można przypisać natężenia krytyczne będące progowymi wartościami umożliwiającymi ocenę warunków ruchu na podstawie natężeń ruchu. Natężenia ruchu mniejsze od natężenia krytycznego dla danego poziomu swobody ruchu gwarantują występowanie warunków odpowiadających temu poziomowi lub poziomowi o niższym numerze,
- natężenia krytyczne oblicza się na podstawie przepustowości i wyznaczonej krytycznej wartości rezerwy przepustowości dla każdego poziomu swobody ruchu. Krytyczne wartości rezerwy przepustowości odpowiadają granicznym wartościom średnich strat czasu dla poszczególnych poziomów swobody ruchu.

Procedura oceny warunków ruchu, uwzględniająca powyższe założenia, jest przedstawiona w postaci schematu na rys. 2.3.

Ocena warunków ruchu bazuje na średnich stratach czasu pojazdów na pasie ruchu i wlocie podporządkowanym. Możliwe jest również określenie warunków ruchu dla poszczególnych relacji podporządkowanych korzystających ze wspólnego pasa ruchu po obliczeniu średniej straty czasu dla tych relacji – jest to konieczne, gdy projektanta interesuje porównanie warunków ruchu pojazdów relacji korzystającej ze wspólnego pasa z warunkami, jakie miałyby na pasie wydzielonym. Metoda umożliwia także ocenę warunków ruchu na pasie wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu, z którego korzysta podporządkowana relacja skrzyżowania. Należy zaznaczyć, że pojazdy relacji rzędu 1 (na wprost i w prawo), wydłużając kolejkę pojazdów na takim wspólnym pasie, powiększają czas rozładowania tej kolejki, powodując zwiększenie wpływu dławienia dla relacji rzędu 3 i 4. Ten efekt jest uwzględniony w procedurze obliczania przepustowości przy wyznaczaniu współczynników dławienia.

Rezerwa przepustowości, jako komplementarny miernik oceny warunków ruchu, została w procedurze wykorzystana do obliczania natężeń krytycznych, które mogą być użyteczne przy ocenie sprawności skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu (np. przy określaniu horyzontu czasowego sprawnego funkcjonowania skrzyżowania wobec przewidywanego wzrostu ruchu).



Rys. 2.3. Schemat określania warunków ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji

3. DANE WYJŚCIOWE I USTALENIA DO OBLICZEŃ

3.1. Zakres danych do analiz przepustowości i warunków ruchu

Przed przystąpieniem do obliczeń niezbędne jest określenie zestawu danych, które umożliwią wybór odpowiedniego toku postępowania, a także dobór wartości parametrów. Zgodnie z określoną w p. 2.1 strukturą metody obliczeniowej (rys. 2.1), zestaw wyjściowy do obliczeń stanowią dane dotyczące:

- **geometrii skrzyżowania oraz lokalizacji przystanków autobusowych**, takie jak:
 - liczba wlotów skrzyżowania,
 - liczba pasów ruchu na poszczególnych wlotach,
 - lokalizacja oraz wymiary przejść dla pieszych,
 - łuki wewnętrznych krawędzi pasów ruchu dla pojazdów skręcających w prawo i powstające w ich obrębie poszerzenia pasów ruchu,
 - wielkość powierzchni akumulacyjnej wewnątrz skrzyżowania, jeżeli umożliwia ona dwuetapowe przekraczanie skrzyżowania przez pojazdy z wlotów podporządkowanych,
 - rozwiązania przystanków autobusowych (na pasie czy w zatoce) oraz ich lokalizacja (wlot czy wylot, odległość przystanku na wlocie podporządkowanym od linii zatrzymań lub odległość przystanku na wlocie od krawędzi jezdni drogi z pierwszeństwem przejazdu);
- **organizacji ruchu**, takie jak:
 - rodzaj podporządkowania wlotów,
 - występowanie dodatkowych pasów ruchu,
 - przeznaczenie poszczególnych pasów ruchu (relacje korzystające z danego pasa ruchu);
- **natężeń ruchu**, takie jak:
 - natężenia ruchu poszczególnych relacji,
 - udział pojazdów poszczególnych rodzajów w ruchu relacji podporządkowanych,
 - zmienność natężeń ruchu rejestrowanych w interwałach 15-minutowych; ta informacja jest istotna w przypadku wyraźnej zmienności natężeń ruchu w przedziale godziny będącym podstawowym okresem obliczeń ($k_{15} < 0,90$),
 - natężenia ruchu autobusów korzystających z przystanków przy skrzyżowaniu,
 - natężenia ruchu pieszego na poszczególnych przejściach;
- **śledztwa skrzyżowań lub przejść dla pieszych z sygnalizacją**, takie jak:
 - lokalizacja skrzyżowania lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją (na jednym czy dwóch wlotach drogi nadrzędnej skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu),
 - odległość skrzyżowań lub przejść dla pieszych z sygnalizacją od skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu,
 - parametry programów sterowania; długości cykli, liczby faz ruchu i ich układy, długości sygnałów zielonych, offset pomiędzy skrzyżowaniami z sygnalizacją,
 - natężenia ruchu poszczególnych relacji na skrzyżowaniach z sygnalizacją,
 - czasy przejazdu od skrzyżowań z sygnalizacją do analizowanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu.

Dane wyjściowe są zbiorem czynników determinujących przepustowość i warunki ruchu na wlotach skrzyżowania oraz wpływają na sposób prowadzenia obliczeń. Od staranności przygotowania danych do obliczeń oraz ich reprezentatywności zależy wiarygodność końcowych wyników obliczeń.

W przypadku istniejących skrzyżowań szczególną uwagę należy zwrócić na rzeczywistą sytuację ruchową na skrzyżowaniu, która czasem różni się od organizacji ruchu przewidzianej w projekcie. Istotne jest np. sprawdzenie, czy mimo formalnie wyznaczonego jednego pasa ruchu na wlocie, pojazdy w rzeczywistości nie poruszają się lub ustawiają się równolegle obok siebie (omijanie pojazdów oczekujących na wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu na możliwość wykonania manewru skrętu w lewo, podwójne kolejki na wlocie podporządkowanym), przy czym dotyczy to głównie samochodów osobowych. Na podstawie obserwacji sposobu wykorzystywania przez pojazdy poszerzeń na wlotach podporządkowanych w obrębie łuków w narożach skrzyżowania należy ustalić, czy występuje zjawisko ustawiania się pojazdów obok siebie i ile pojazdów tworzy dodatkową kolejkę przed linią zatrzymań (por. rys. 4.9). Podobnie wskazane są obserwacje w przypadku określenia pojemności wewnętrznych powierzchni akumulacyjnych powstających w sytuacji występowania szerokiego pasa dzielącego na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu (por. rys. 4.11).

Jeżeli skrzyżowanie znajduje się pod wpływem sąsiednich sygnalizacji (praktycznie odległości mniejsze niż $400 \div 600$ m), korzystne będzie wyznaczyć bezpośrednio z pomiaru przesunięcie czasowe dojazdu do analizowanego skrzyżowania kolumn pojazdów z sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją. W przypadku projektowania nowych skrzyżowań lub niemożliwości wykonania pomiarów parametry te powinny być wyznaczone z planów sytuacyjnych oraz programów sterowania.

3.2. Natężenia miarodajne pojazdów i okres analizy

Ważną grupę danych stanowią dane ruchowe, charakteryzujące ruch pojazdów i pieszych na skrzyżowaniu. Natężenia ruchu pojazdów, jego struktura rodzajowa i kierunkowa należą do najważniejszych z czynników wpływających na przepustowość relacji podporządkowanych. Należy pamiętać, że przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji nie jest stałą cechą danego skrzyżowania, lecz zależy ona właśnie od natężeń ruchu i wraz ze zmianami ich wielkości, struktury i charakteru ulega zmianom. Podstawę obliczeń powinny stanowić natężenia miarodajne. Za miarodajne natężenie ruchu należy przyjmować godzinowe natężenie charakterystyczne dla danego okresu. Tym okresem, zależnie od celu analiz, jest:

- przy projektowaniu nowego lub przebudowy istniejącego skrzyżowania, zgodnie z Wytocznymi projektowania skrzyżowań drogowych [6] – szczytowa godzina dnia z dominującym rodzajem ruchu (roboczego, weekendowego lub turystycznego) w 15 roku od oddania skrzyżowania do eksploatacji lub w 10 roku od daty wykonania przebudowy.
 - Przy przewidywanej lub obserwowanej wyraźnej zmienności struktury kierunkowej ruchu na skrzyżowaniu w różnych porach dnia lub w odniesieniu do poszczególnych rodzajów ruchu (roboczego, weekendowego lub turystycznego) oraz przy utrzymujących się w tych okresach wysokich wartościach natężeń ruchu należy przyjąć kilka zestawów wartości natężeń miarodajnych i dla każdego z nich przeprowadzić analizy przepustowości i warunków ruchu na skrzyżowaniu,
 - przy sprawdzaniu przepustowości istniejącego skrzyżowania – aktualne szczytowe natężenie ruchu reprezentujące analizowany, charakterystyczny okres ruchu (najczęściej związany z dojazdami i powrotami z pracy lub dojazdami do centrów handlowych i usługowych).
- Przy wyborze godziny szczytu należy zwrócić uwagę na zmienność natężeń 15-minutowych oraz zmienność struktury kierunkowej i rodzajowej ruchu w sąsiednich godzinach,

zwłaszcza przy zbliżonych sumarycznych natężeniach ruchu na skrzyżowaniu w kolejnych godzinach obejmujących okres szczytowy.

W przypadku skrzyżowań, przez które przebiega duży ruch weekendowy, okresem, dla którego należy również przeprowadzić obliczenia, będą szczytowe godziny wyjazdów i powrotów weekendowych lub rekreacyjnych.

Przy ustalaniu natężeń prognozowanych zaleca się opracowanie prognozy ruchu w zalecanym roku dla obszaru, w którym zlokalizowane jest przedmiotowe skrzyżowanie. Przyjęte do celów projektowania natężenia miarodajne powinny gwarantować takie rozwiązania skrzyżowania, że gorsze niż obliczone warunki ruchu mogą wystąpić tylko sporadycznie. W zależności od klasy krzyżujących się dróg powinno się ustalić, jak często takie warunki mogą wystąpić.

Przy ustalaniu aktualnych natężeń ruchu dla analiz istniejącego skrzyżowania należy przeprowadzić pomiary zgodnie z zaleceniami podanymi w Wytycznych projektowania skrzyżowań drogowych [6].

Analiza przepustowości i warunków ruchu może dotyczyć okresu godziny ($t_a = 1,0$ h) lub krótszego 15-minutowego interwału ($t_a = 0,25$ h). Przy mniejszych natężeniach, a zwłaszcza niewielkich, krótkotrwałych (15-minutowych) wahaniami natężeń ruchu w godzinie ($k_{15} > 0,90$) – typowym przedziałem analizy jest godzina. Przy dużych natężeniach, znacznych krótkotrwałych ich wahaniami ($k_{15} < 0,90$), a zwłaszcza spodziewanych chwilowych przeciążeniach skrzyżowania – przedziałem analizy powinno być 15 minut szczytowego ruchu z danej godziny.

Niezależnie od okresu analizy w obliczeniach należy posługiwać się natężeniami w pojazdach rzeczywistych odniesionymi do godziny.

Natężenie obliczeniowe, stosownie do przyjętego okresu analizy t_a , należy ustalać następująco:

- w przypadku okresu analizy $t_a = 1,0$ h natężenie obliczeniowe Q równe jest pomierzonemu lub prognozowanemu natężeniu w rozważanej godzinie Q_o ($Q = Q_o$).
- w przypadku okresu analizy $t_a = 0,25$ h natężenie obliczeniowe Q wyznacza się ze wzoru:

$$Q = \frac{Q_o}{k_{15}} \quad [\text{P/h}] \quad (3.1)$$

gdzie:

Q_o – natężenie ruchu w rozważanej godzinie [P/h],

k_{15} – wskaźnik zmienności ruchu w godzinie; $k_{15} = \frac{Q_o}{4 \cdot q_{15}^{\max}}$,

q_{15}^{\max} – natężenie z kwadransa rozważanej godziny o największej wartości [P/15 min].

Wartość wskaźnika zmienności ruchu w godzinie k_{15} dla istniejącego skrzyżowania powinna być wyznaczona na podstawie pomiarów natężeń ruchu na analizowanym skrzyżowaniu, a w przypadku prognozowania natężeń dla nowego skrzyżowania można przyjąć k_{15} charakterystyczne dla skrzyżowań o zbliżonym rodzaju ruchu oraz zagospodarowaniu otoczenia. Przy projektowaniu nowego skrzyżowania lub przebudowy istniejącego wartość k_{15} dla natężenia prognozowanego może być ustalona dla całego skrzyżowania, a w przypadku istnieją-

cego skrzyżowania należy określić indywidualne wartości dla każdej relacji (ew. wlotu), ponieważ nie wszystkie relacje mają szczytowe natężenia w tych samych 15 minutach godziny. Przy dysponowaniu natężeniami z pomiarów o 15-minutowym interwale rejestracji można wprost wykorzystać wartości natężeń ze szczytowego kwadransa i dokonać ich przeliczenia na natężenia godzinowe ($Q = 4 \cdot q_{15}$).

Jeżeli w sąsiedztwie analizowanego skrzyżowania występują urządzenia cyklicznej, stałoczasowej sygnalizacji świetlnej o jednakowej długości cyklu, powodujące powstawanie kolumn pojazdów dopływających do analizowanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu z częstotliwością odpowiadającą długości cyklu sygnalizacji, dane o ruchu powinny obejmować również natężenia poszczególnych relacji na skrzyżowaniach (bądź przejściach dla pieszych) z sygnalizacją. Należy również rozpoznać programy bądź plany sterowania oraz natężenia nasycenia dla poszczególnych strumieni (relacji) uczestniczących w ruchu na skrzyżowaniach z sygnalizacją.

3.3. Natężenie ruchu pieszego

Natężenie ruchu pieszego jest zazwyczaj wyrażane łączną liczbą pieszych w obu kierunkach na poszczególnych przejściach w okresie godziny. Do celów ustalenia natężeń miarodajnych konieczna jest znajomość liczebności grup pieszych przekraczających poszczególne przejścia w okresie będącym podstawą obliczeń. Jeśli nie ma możliwości wyznaczenia z pomiaru liczby grup pieszych, można ją oszacować dzieląc natężenie ruchu pieszego przez średnią liczebność grup pieszych n_{ps} obliczaną z następującej zależności regresyjnej:

$$n_{ps} = 0,0027 \cdot QP + 1,38 \quad [\text{Ps/gp}] \quad (3.2)$$

Natężeniem obliczeniowym ruchu pieszego jest liczba grup pieszych Q_{ps} przekraczających przejście w ciągu godziny:

$$Q_{ps} = \frac{QP}{n_{ps}} \quad [\text{gp/h}] \quad (3.3)$$

gdzie:

QP – natężenie ruchu pieszego na danym przejściu w godzinie [Ps/h],

n_{ps} – średnia liczebność grup pieszych; obliczana ze wzoru (3.2) [Ps/gp].

4. OBLICZENIA PRZEPUSTOWOŚCI

4.1. Zasady ustalania natężeń relacji nadrzędnych

Natężenie relacji nadrzędnych dla analizowanej relacji podporządkowanej definiowane jest jako suma natężeń ruchu wszystkich konfliktowych relacji mających pierwszeństwo przejazdu przed tą relacją podporządkowaną oraz części natężeń relacji silnie na nią oddziałujących. Do natężeń relacji nadrzędnych wliczane są również kolizyjne strumienie grup pieszych.

Zasady ustalania natężeń relacji nadrzędnych obejmują:

- wyznaczenie strumieni pojazdów oraz strumieni pieszych konfliktowych dla każdej z relacji podporządkowanych,
- określenie strumieni niekonfliktowych z daną relacją podporządkowaną, lecz silnie oddziałujących na nią,
- uwzględnienie czynników geometrycznych i organizacji ruchu wpływających na wielkość branych pod uwagę natężeń,
- uwzględnienie szczególnego przypadku, jakim jest droga z pierwszeństwem przejazdu z szerokim pasem dzielącym,

Natężenia strumieni tworzących potok nadrzędny wyrażane są w pojazdach rzeczywistych na godzinę [P/h].

Reguły wyznaczania natężenia relacji nadrzędnych ustalone są oddzielnie dla każdej relacji podporządkowanej, tj. skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz relacji w prawo, na wprost i w lewo z drogi podporządkowanej i zilustrowane zostały w tab. 4.1.

Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu – konfliktowe strumienie nadrzędne dla tej relacji obejmują relacje na wprost i w prawo z przeciwnieległego wlotu oraz strumień grup pieszych na wlocie, w który pojazd skręca. W przypadku wydzielonego dla skrętu w prawo pasa ruchu zamkniętego trójkątną wyspą oraz szerokiego (dwpasowego) wlotu relację w prawo można zredukować. Skręt w prawo z przeciwnieległego wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu pomijany jest wtedy, gdy jest on podporządkowany znakiem drogowym (przypadek taki towarzyszy niekiedy oddzieleniu tego skrętu trójkątną wyspą).

Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego – strumienie konfliktowe obejmują relację na wprost z leżącego po lewej stronie wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz strumienie grup pieszych na wlocie, z którego zachodzi analizowany skręt w prawo oraz na wlocie, w który pojazdy analizowanej relacji skręcają. W natężeniu relacji nadrzędnych dodatkowo uwzględnia się część relacji skrętu w prawo z leżącego po lewej stronie wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu, pod warunkiem że skręt w prawo nie korzysta z wydzielonego pasa. W przypadku korzystania przez pojazdy relacji na wprost z wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu z większej niż 1 liczby pasów, do natężenia relacji nadrzędnych brany jest tylko strumień występujący na bliższym wlotu podporządkowanego (prawym) pasie prowadzącym relację na wprost.

Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego – strumienie konfliktowe obejmują relację na wprost i relację skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz skręt w prawo z drogi z pierwszeństwem przejazdu realizowany w ten sam wlot, w który zmierzają pojazdy analizowanej relacji na wprost. Ten ostatni strumień w pewnych okolicznościach może być pomijany (analogicznie jak skręt w prawo z przeciwnieległego wlotu przy obliczaniu skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu). Jako relacja oddziałująca uwzględniana jest częściowo relacja skrętu w prawo z leżącego po lewej stronie wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu. Do strumieni konfliktowych zaliczane są również strumienie grup pieszych występujące na wlocie i wlocie rozważanej relacji podporządkowanej.

Tab. 4.1. Zasady wyznaczania natężeń relacji nadrzędnych

Rodzaj relacji podporządkowanej	Ilustracja i natężenia relacji nadrzędnych	
1. Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu BL, AL		
	$Q_n = Q_{AP}^{(1)} + Q_{AW} + Q_{CPs}$	$Q_n = Q_{BP}^{(1)} + Q_{BW} + Q_{DPs}$
2. Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP, DP		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP}^{(2)} + Q_{AW}^{(3)} + Q_{CPs} + Q_{BPs}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP}^{(2)} + Q_{BW}^{(3)} + Q_{DPs} + Q_{APs}$
3. Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW, DW		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP}^{(2)} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{BP}^{(1)} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{CPs} + Q_{DPs}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP}^{(2)} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{AP}^{(1)} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{DPs} + Q_{CPs}$
4. Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL, DL		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP}^{(2)} + Q_{AW} + Q_{AL} + 0,5 \cdot Q_{BP}^{(4)} + Q_{BW}^{(5)} + Q_{BL} + Q_{DW} + Q_{DP}^{(6)} + Q_{CPs} + Q_{APs}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP}^{(2)} + Q_{BW} + Q_{BL} + 0,5 \cdot Q_{AP}^{(4)} + Q_{AW}^{(5)} + Q_{AL} + Q_{CW} + Q_{CP}^{(6)} + Q_{DPs} + Q_{BPs}$

1) Natężenia relacji (AP, BP) można pomniejszyć o 50% w następujących przypadkach:
 – przy skanalizowaniu relacji skrętu w prawo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (AP, BP) za pomocą rozległych wysp trójkątnych,

- w przypadku występowania wydzielonego pasa na wlocie dla relacji (AP, BP) i szerokiej, dwupasowej jezdni wylotu ze skrzyżowania.
- Jeżeli przy kanalizacji za pomocą rozległych wysp trójkątnej relacja (AP, BP) jest wyjątkowo podporządkowana znakiem A-7, to należy ją pominąć.
- 2) Przy wydzielonym pasie ruchu na wlocie dla relacji (AP, BP) relację tę należy pominąć.
- 3) Jeżeli relacja na wprost (AW, BW) korzysta z więcej niż jednego pasa ruchu, do obliczeń należy brać natężenie ruchu na prawym pasie. Jeżeli brak takich danych z pomiarów, natężenie ruchu na prawym pasie można w uproszczeniu oszacować, dzieląc natężenie (Q_{AW} , Q_{BW}) przez liczbę pasów, z których korzysta relacja na wprost. Uwzględniając często występujące zróżnicowane obciążenie pasów drogi głównej, można też przyjąć inny niż równomierny rozkład relacji na wprost na pasy ruchu.
- 4) Przy wydzielonym pasie ruchu na wlocie dla relacji (BP, AP) relację tę należy pominąć. Relację tę pomija się także w przypadku opisanym w odnośniku 5).
- 5) Jeżeli skrzyżowanie zlokalizowane jest na terenie dużej miejscowości (por. uwaga do tab. 4.2), a droga z pierwszeństwem przejazdu jest wielopasowa i prędkość dopuszczalna nie przekracza 60 km/h, z natężenia relacji na wprost (BW, AW) położonego po prawej stronie wlotu podporządkowanego można wziąć tylko część przypadającą na lewy, położony przy osi drogi pas ruchu. Jeżeli brak jest danych o rozkładzie ruchu na pasy z pomiarów, natężenie ruchu na lewym pasie można w uproszczeniu oszacować, dzieląc natężenie (Q_{BW} , Q_{AW}) przez liczbę pasów, z których korzysta relacja na wprost. Uwzględniając często występujące zróżnicowane obciążenie pasów drogi z pierwszeństwem przejazdu, można też przyjąć inny niż równomierny rozkład relacji na wprost na pasy ruchu.
- 6) Jeżeli relacja (DP, CP) korzysta z pasa włączenia lub droga z pierwszeństwem przejazdu jest wielopasowa, relację tę należy pominąć. W przypadku gdy relacja (DP, CP) korzysta z wydzielonego pasa na wlocie podporządkowanym lub omija kolejkę pojazdów pozostałych relacji, korzystając z poszerzenia na wlocie, należy do obliczeń wziąć połowę jej natężenia.

Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego – strumienie konfliktowe obejmują relacje na wprost oraz relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, strumienie na wprost i w prawo z przeciwnielego wlotu podporządkowanego oraz strumienie grup pieszych na wlocie, z którego wjeżdża, i na wylocie, w który się kieruje analizowany strumień. Jako relacje oddziałujące uwzględniane są częściowo relacje skrętu w prawo z obydwu wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu. Pojazdy skręcające z drogi z pierwszeństwem przejazdu w prawo mogą być pomijane gdy ich ruch odbywa się z wydzielonego pasa. Jeżeli skrzyżowanie zlokalizowane jest na terenie dużej miejscowości (powyżej 30 tys. mieszkańców), a droga z pierwszeństwem przejazdu jest wielopasowa i prędkość dopuszczalna nie przekracza 60 km/h, z natężenia relacji na wprost z wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu położonego po prawej stronie wlotu podporządkowanego można wziąć tylko część przypadającą na lewy, położony przy osi drogi pas ruchu.

4.2. Dobór granicznych odstępów czasu i odstępów czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki

Graniczne odstęp czasu t_g oraz odstęp czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f determinują możliwość realizacji manewrów wykonywanych przez kierowców podporządkowanych relacji. Reprezentują one zachowania przeciętne w populacji kierowców.

Graniczny odstęp czasu t_g definiowany jest jako minimalny interwał czasu między pojazdami w potoku nadrzędnym niezbędny przeciętnemu kierowcy pojazdu podporządkowanego na wykonanie zamierzonego manewru. Zakłada się, że każdy odstęp w potoku nadrzędnym mniejszy od granicznego zostanie odrzucony przez oczekującego kierowcę pojazdu podporządkowanego, zaś pierwszy napotkany odstęp równy lub większy od granicznego zostanie

wykorzystany. Granicznych odstępów czasu nie można bezpośrednio pomierzyć na skrzyżowaniu. Można je wyznaczyć pośrednio przy wykorzystaniu pomierzonych odstępów odrzuconych i wykorzystanych przez poszczególnych kierowców relacji podporządkowanych.

Odstęp czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f wyraża odstęp czasu pomiędzy przejazdem pierwszego pojazdu podporządkowanego przez linię zatrzymań a przejazdem kolejnego pojazdu wykorzystującego ten sam odstęp w potoku nadrzędnym, przy założeniu, że zjeżdżają one z kolejki na pasie wlotu podporządkowanego. Jeżeli odstęp w potoku nadrzędnym umożliwia wjazd dalszych pojazdów z kolejki, to przejeżdżają one linię zatrzymań w odstępach t_f jeden za drugim. Przy bardzo małym natężeniu relacji nadrzędnych odstęp t_f w głównej mierze decyduje o wielkości przepustowości danej relacji podporządkowanej.

Ustalając do obliczeń przepustowości wartości granicznych odstępów czasu t_g oraz wartości odstępów czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f , bierze się pod uwagę:

- rodzaj manewru relacji podporządkowanej (AL, BL, CP, DP, CW, DW, CL, DL),
- liczbę pasów ruchu, z których korzystają pojazdy relacji nadrzędnych (1 lub 2), przy ustalaniu t_g dla skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu,
- położenie skrzyżowania (teren zabudowy – miejscowość mała lub duża; poza terenem zabudowy – w strefie dużych aglomeracji lub bez wpływu dużych aglomeracji),
- rodzaj znaku podporządkowania, przy ustalaniu t_f dla relacji na wlocie podporządkowanym (znak A-7 „ustęp pierwszeństwa” lub B-20 „stop”).

Wartości t_g i t_f stosowane w obliczeniach przepustowości skrzyżowań są zestawione w tab. 4.2 i 4.3. Przez dobór odpowiedniej wielkości granicznego odstęp czasu t_g oraz odstęp czasu t_f uwzględnia się szereg istotnych czynników (wymienionych w tab. 4.2 i 4.3) wpływających na przepustowość relacji podporządkowanych.

Parametry t_g i t_f mogą również wyrażać inne lokalne uwarunkowania. W przypadku wyraźnej specyfiki rozwiązania geometrycznego skrzyżowania oraz organizacji ruchu, wpływających na pogorszenie warunków ruchu na skrzyżowaniu, można następująco skorygować podane w tab. 4.2 i 4.3 wartości t_g i t_f :

- a) w przypadku pochylenia wlotu podporządkowanego (wzniesienie w kierunku skrzyżowania) przyjmującego wartości z przedziału $4,0 < i \leq 7,0$ % wartość t_g odczytaną z tab. 4.2 można zwiększyć proporcjonalnie o 0,5 s na każdy 1,0 % pochylenia (maksymalnie o 1,5 s), zaś wartość t_f odczytaną z tab. 4.3 – o 0,1 s na każdy 1,0 % pochylenia (maksymalnie o 0,3 s),
- b) jeżeli na wlocie podporządkowanym, na odcinku $10 \div 3$ m od linii zatrzymań, brak jest widoczności drogi z pierwszeństwem przejazdu, wartość t_g odczytaną z tab. 4.2 można zwiększyć o 1,0 s, zaś wartość t_f odczytaną z tab. 4.3 – o 1,5 s,
- c) gdy równocześnie wystąpią warunki jak w p. a i b, wartość t_g odczytaną z tab. 4.2 można zwiększyć o 1,5 s, zaś wartość t_f odczytaną z tab. 4.3 – o 2,0 s.

Celowość dokonania korekty wartości t_g i t_f powinna być uzasadniona i udokumentowana w opisie technicznym do projektu.

Tab. 4.2. Graniczne odstępy czasu t_g dla poszczególnych relacji podporządkowanych, różnych lokalizacji skrzyżowania i przekroju drogi z pierwszeństwem przejazdu

Relacja podporządkowana	Teren zabudowy				Poza terenem zabudowy	
	Miejscowości małe *)		Miejscowości duże *)			
	Liczba pasów nadrzędnych		Liczba pasów nadrzędnych		W strefie dużych aglomeracji	Pozostałe
	1	2	1	2		
Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL	5,6	6,1	5,2	5,7	5,7	6,1
Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP i DP	6,0		5,4		6,5	7,3
Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW i DW	6,1		5,5		6,5	7,0
Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL i DL	6,3		5,6		6,6	7,4

*) miejscowości małe do 30 tys. mieszkańców, duże powyżej 30 tys. mieszkańców

Tab. 4.3. Odstępy czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f dla poszczególnych relacji podporządkowanych, różnych lokalizacji skrzyżowania i sposobów podporządkowania

Relacja podporządkowana	Teren zabudowy	Poza terenem zabudowy	
		Znak na wlocie podporządkowanym A-7	Znak na wlocie podporządkowanym B-20
Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL	2,5	2,7	
Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP i DP	3,1	3,1	3,7
Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW i DW	3,3	3,5	4,0
Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL i DL	3,2	3,4	3,8

W obliczeniach przepustowości dla skrzyżowań na terenie zabudowy nie różnicuje się wartości t_f dla znaków podporządkowania A-7 i B-20.

4.3. Określanie przepustowości wyjściowych relacji podporządkowanych

Przepustowość wyjściowa C_{or} oznacza maksymalną liczbę samochodów osobowych (pojazdów umownych) danej relacji podporządkowanej przecinających lub włączających się w potok nadrzędny w okresie jednej godziny [E/h] w warunkach uznanych za wyjściowe. Warunki

wyjściowe określają:

- brak kolejek z sąsiednich, blisko położonych skrzyżowań zakłócających ruch na analizowanym skrzyżowaniu,
- strumienie ruchu dopływające do skrzyżowania charakteryzują się przeciętnymi ograniczeniami swobody ruchu (część pojazdów może poruszać się w kolumnach) i nieregularnymi wahaniami natężenia,
- brak jest wpływu urządzeń sygnalizacyjnych zainstalowanych na sąsiednich skrzyżowaniach lub przejściach dla pieszych; rozkład odstępów czasu między pojazdami potoku nadrzędnego można uznać za losowy,
- potok nadrzędny składa się ze strumieni 1 rzędu (tylko z relacji na wprost na drodze z pierwszeństwem przejazdu), o ekwiwalentnym natężeniu równym Q_n ,
- ruch relacji podporządkowanych odbywa się z wydzielonych pasów ruchu.

Przepustowości wyjściowe C_{or} obliczane są z równań modelu akceptacji odstępów czasu w potoku nadrzędnym:

⇒ dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL:

$$C_{or} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \quad [\text{E/h}] \quad (4.1)$$

⇒ dla dowolnej relacji z wlotu podporządkowanego CP, DP, CW, DW, CL i DL:

$$C_{or} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \quad [\text{E/h}] \quad (4.2)$$

gdzie:

Q_n – natężenie relacji nadrzędnych [P/h],

t_g – graniczny odstęp czasu [s],

t_f – odstęp czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki [s].

Przepustowości wyjściowe, oddzielnie dla każdej relacji podporządkowanej, tj. skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz skrętu w prawo, relacji na wprost i skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego – obliczone na podstawie wzorów (4.1) i (4.2) – podane są na wykresach rys. 4.1 ÷ 4.4. Danymi wyjściowymi do wyznaczenia C_{or} [E/h] z wykresów są: natężenie relacji nadrzędnych Q_n [P/h], lokalizacja skrzyżowania, liczba pasów relacji nadrzędnych i rodzaj podporządkowania.

Oznaczenia zastosowane na rys. 4.1:

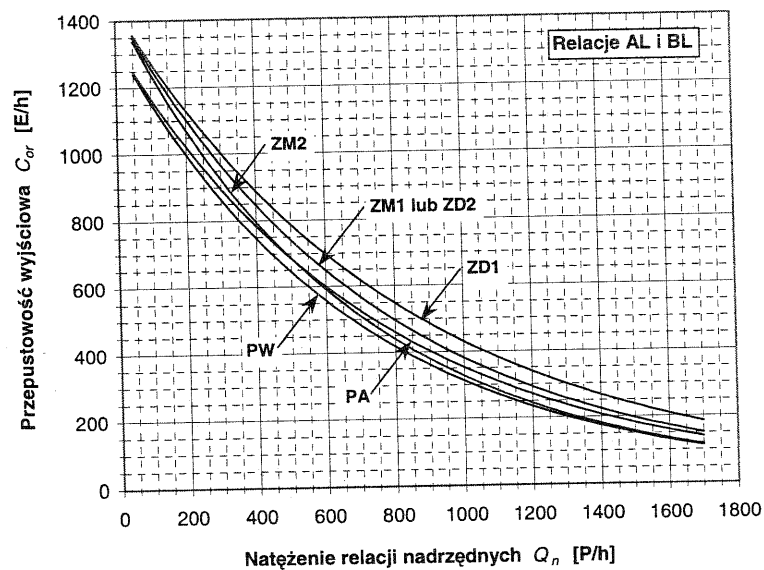
ZM1 – teren zabudowy, mała miejscowość (do 30 tys. mieszkańców), 1 pas z relacjami nadrzędnymi

ZD1 – teren zabudowy, duża miejscowość (powyżej 30 tys. mieszkańców), 1 pas z relacjami nadrzędnymi

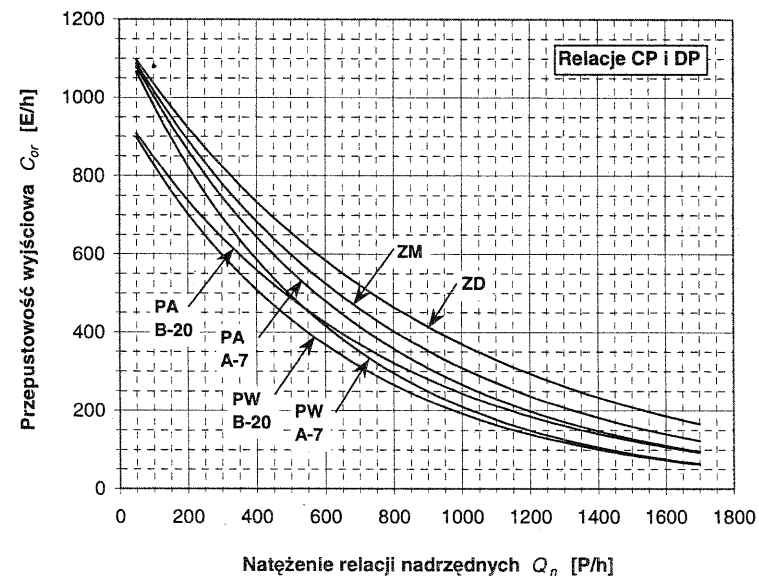
- ZM2** – teren zabudowy, mała miejscowość (do 30 tys. mieszkańców), 2 pasy z relacjami nadrzędnymi
- ZD2** – teren zabudowy, duża miejscowość (powyżej 30 tys. mieszkańców), 2 pasy z relacjami nadrzędnymi
- PA** – poza terenem zabudowy, w strefie dużych aglomeracji
- PW** – poza terenem zabudowy, bez wpływu dużych aglomeracji

Oznaczenia zastosowane na rys. 4.2 ÷ 4.4:

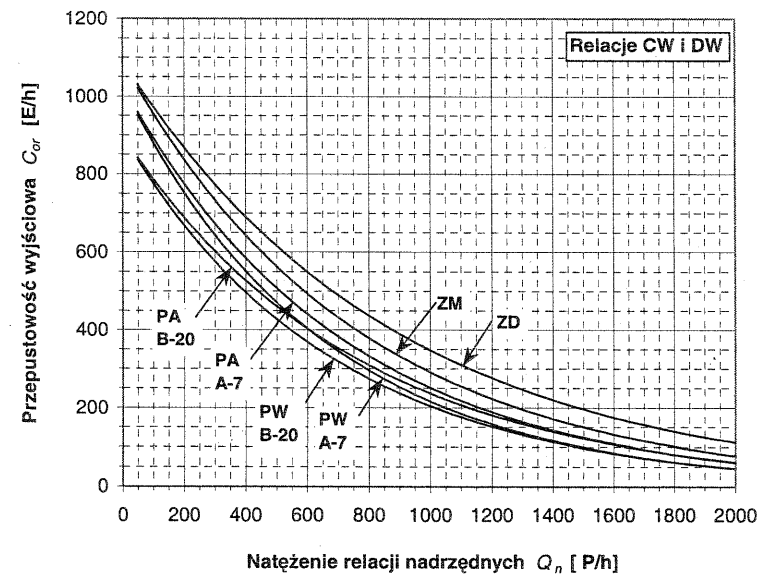
- ZM** – teren zabudowy, mała miejscowość (do 30 tys. mieszkańców)
- ZD** – teren zabudowy, duża miejscowość (powyżej 30 tys. mieszkańców)
- PA A-7** – poza terenem zabudowy, w strefie dużych aglomeracji, na wlocie podporządkowanym znak A-7
- PW A-7** – poza terenem zabudowy, bez wpływu dużych aglomeracji, na wlocie podporządkowanym znak A-7
- PA B-20** – poza terenem zabudowy, w strefie dużych aglomeracji, na wlocie podporządkowanym znak B-20
- PW B-20** – poza terenem zabudowy, bez wpływu dużych aglomeracji, na wlocie podporządkowanym znak B-20



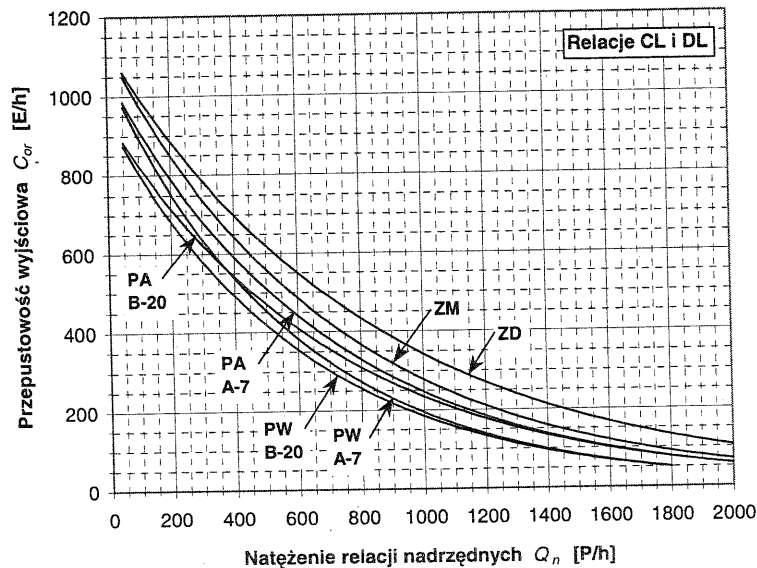
Rys. 4.1. Przepustowości wyjściowe relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (relacje AL i BL)



Rys. 4.2. Przepustowości wyjściowe relacji skrótu w prawo z wlotu podporządkowanego (relacje CP i DP)



Rys. 4.3. Przepustowości wyjściowe relacji na wprost z wlotu podporządkowanego (relacje CW i DW)



Rys. 4.4. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego (relacje CL i DL)

4.4. Wpływ dławienia na przepustowość relacji podporządkowanych

Dławienie ruchu dotyczy relacji rzędu 3 – na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach oraz rzędu 4 – na skrzyżowaniu o czterech wlotach, a więc relacji na wprost i skrętu w lewo z wlotów podporządkowanych (zwanymi relacjami dławionymi). Wynika ono z ograniczenia możliwości wykonywania manewrów tych relacji przez relacje z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz wlotu przeciwnego drogi podporządkowanej (2 i 3 rzędu), których pojazdy, mając pierwszeństwo przejazdu przed pojazdami ww. relacji z drogi podporządkowanej, są równocześnie same podporządkowane innym relacjom z drogi z pierwszeństwem przejazdu (tzw. relacje dławiące).

W tab. 4.4 poszczególnym relacjom dławionym na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach przyporządkowano relacje dławiące.

4.4.1. Wyznaczanie współczynników dławienia przez poszczególne relacje dławiące f_{rd}

Dla wyznaczenia współczynnika dławienia należy obliczyć, jako wielkości wyjściowe, stopień wykorzystania przepustowości ρ_{rd} poszczególnych relacji dławiących rd ze wzoru:

$$\rho_{rd} = \frac{Q_{rd}}{C_{rd}} \quad [-] \quad (4.3)$$

gdzie:

ρ_{rd} – stopień wykorzystania przepustowości relacji dławiącej rd [-],

Q_{rd} – natężenie ruchu relacji dławiącej rd w [P/h],

C_{rd} – przepustowość relacji dławiącej rd w [P/h]. Przepustowość relacji dławiącej, wyrażona w [P/h], obliczana jest z zależności $C_{rd} = C_{or} \cdot f_c$, w której C_{or} jest przepustowością wyjściową obliczoną wg wzoru (4.1) lub (4.2) a f_c jest współczynnikiem uwzględniającym wpływ struktury rodzajowej ruchu obliczanym wg wzoru (4.11).

Tab. 4.4. Relacje dławione i dławiące na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach

Relacje dławione:	Relacje dławiące rd :
Skrzyżowanie o czterech wlotach	
Relacja na wprost z drogi podporządkowanej CW lub DW (rząd 3),	relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL (rząd 2)
Relacja skrętu w lewo z drogi podporządkowanej CL lub DL (rząd 4)	relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL (rząd 2) oraz relacje na wprost CW lub DW (rząd 3) i skrętu na prawo CP lub DP (rząd 2) z przeciwnego wlotu podporządkowanego
Skrzyżowanie o trzech wlotach	
Relacja skrętu w lewo z drogi podporządkowanej CL (rząd 3)	relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu BL (rząd 2)

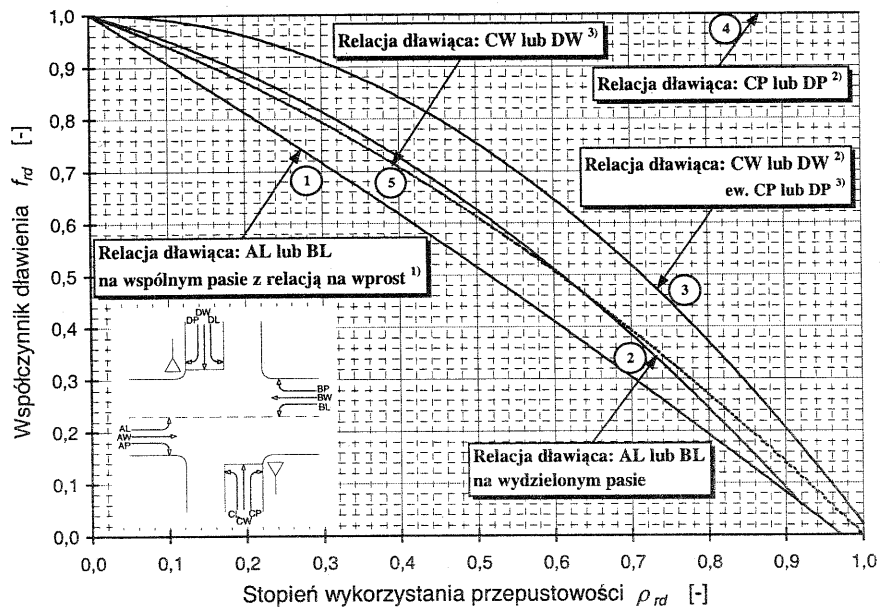
Dla wyznaczonych według wzoru (4.3) stopni wykorzystania przepustowości ρ_{rd} , z wykresu na rys. 4.5 odczytuje się dla poszczególnych relacji dławiących rd wartości odpowiadających im współczynników korygujących f_{rd} . Krzywe przedstawione na rys. 4.5 odnoszą się do poszczególnych relacji dławiących, tj. skrętów w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (krzywe ① i ②), relacji na wprost (krzywa ③ lub ⑤) i relacji w prawo (krzywa ④ lub ⑥) z przeciwnego wlotu podporządkowanego. Rozróżnia się równocześnie sposób organizacji na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu, z których zachodzą relacje skrętu w lewo, tzn. czy ruch tych relacji odbywa się z wydzielonego czy wspólnego pasa ruchu. Dla przypadku wspólnego pasa ruchu korzysta się z krzywej ①, natomiast w przypadku wydzielonego pasa ruchu z krzywej ②.

Dla przypadku wspólnych pasów ruchu dla relacji rzędu 1 i relacji skrętu w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu, lecz przy istnieniu możliwości omijania pojazdów skręcających w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu przez pojazdy relacji rzędu 1 (na wprost i skrętu w prawo), zaleca się stosować odczyt współczynnika korygującego z krzywej ② na rys. 4.5 – jak dla przypadku relacji dławiącej z wydzielonego pasa ruchu.

W odniesieniu do relacji dławiących z przeciwnego wlotu podporządkowanego (tzn. relacji na wprost i relacji skrętu w prawo) istotne jest czy relacja skrętu w lewo na tym wlocie występuje na pasie wspólnym z relacjami dławiącymi. Relacja skrętu w lewo, nie będąc relacją dławiącą, blokuje występujące na wspólnym pasie inne relacje dławiące (na wprost i w prawo) i tym samym zmniejsza wielkość dławienia przez te relacje. W przypadku gdy oblicza się np. przepustowość skrętu w lewo z wlotu C, a na wlocie D wszystkie relacje zachodzą ze wspólnego pasa i udział relacji skrętu w lewo w natężeniu ruchu na pasie przekracza 10%, wartość współczynnika dławienia przez relację DP przyjmuje się równą 1,0 (krzywa ④), zaś dławienia przez relację DW odczytuje się z krzywej ③. Gdy zaś na wlocie D występuje wydzielony pas dla relacji skrętu w lewo (DL) lub udział tej relacji na wspólnym pasie nie przekracza 10%,

dławienie staje się większe i odczyt powinien być dokonany z krzywej ③ dla relacji dławiącej DP oraz z krzywej ⑤ dla relacji dławiącej DW.

Jeżeli w natężeniu relacji nadrzędnych pomija się natężenie relacji dławiącej DP lub CP (odnośnik 6 do tab. 4.1) to w obliczeniach nie uwzględnia się dławienia przez tę relację.



- 1) Jeżeli istnieje możliwość omijania pojazdów relacji AL lub BL, zatrzymujących się przed wykonaniem manewru skrętu, przez pojazdy jadące na wprost lub skręcające w prawo (rzędu 1), to zaleca się odczytać współczynnik dławienia z krzywej ②.
- 2) Odczyty: z krzywej ③ – dla relacji dławiącej CW lub DW oraz z krzywej ④ – dla relacji dławiącej CP lub DP, dotyczą przypadku występowania na wlocie podporządkowanym z relacją dławiącą jednego pasa, na którym relacje dławiające występują wspólnie z relacją skrętu w lewo CL lub DL (która nie jest relacją dławiającą), pod warunkiem że udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie jest większy od 10%.
- 3) Jeżeli na wlocie podporządkowanym z relacją dławiającą występuje wydzielony pas dla skrętu w lewo lub udział tej relacji (która nie jest relacją dławiającą) na wspólnym pasie nie przekracza 10%, odczytów f_{rd} należy dokonać następująco:
 - z krzywej ③ – dla relacji dławiącej skrętu w prawo CP lub DP,
 - z krzywej ⑤ – dla relacji dławiącej na wprost CW lub DW.

Równania opisujące krzywe na wykresie podano w załączniku.

Rys. 4.5. Wykresy do wyznaczenia współczynnika korygującego f_{rd} wpływu dławienia ruchu przez relacje dławiające rd

4.4.2. Obliczanie łącznego dławienia f_d

Dla relacji podporządkowanych rzędu 3 i 4 należy obliczyć korygujący współczynnik dławienia f_d uwzględniający łączny wpływ dławienia przez wszystkie relacje dławiające znaj-

dujące się w ustalonych dla nich potokach nadrzędnych. W przypadku relacji rzędu 3 stosuje się multiplikatywny model łącznego dławienia przez relacje skrętu w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu, a w przypadku łącznego dławienia relacji rzędu 4 przez relacje skrętów w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu i relacje na wprost i w prawo z przeciwnieległego wlotu podporządkowanego wprowadza się dodatkowo funkcję korygującą.

Skrzyżowanie o trzech wlotach

Relacja podporządkowana rzędu 3

W tym przypadku występuje tylko jedna relacja dławiająca, tj. relacja BL dla podporządkowanej relacji CL, a więc współczynnik dławienia wynosi:

$$f_d = f_{BL} \quad [-] \quad (4.4)$$

gdzie:

- f_d – współczynnik dławienia dla relacji skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego skrzyżowania o trzech wlotach (rzęd 3) [-],
- f_{BL} – współczynnik wyrażający wielkość dławienia przez relację skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu BL odczytywany odpowiednio z krzywej ① lub ② na rys. 4.5 [-].

Skrzyżowanie o czterech wlotach

Relacje podporządkowane rzędu 3

Relacja na wprost z drogi podporządkowanej CW lub DW ma dwie relacje dławiające, tj. relacje skrętów w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL, a wartość współczynnika dławienia wynosi:

$$f_d = f_{AL} \cdot f_{BL} \quad [-] \quad (4.5)$$

gdzie:

- f_d – współczynnik dławienia dla relacji na wprost z wlotu podporządkowanego skrzyżowania o czterech wlotach CW lub DW (rzęd 3) [-],
- f_{AL}, f_{BL} – współczynniki wyrażające wielkość dławienia przez relacje skrętów w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL odczytywane odpowiednio z krzywej ① lub ② na rys. 4.5 [-].

Relacje podporządkowane rzędu 4

Relacja skrętu w lewo z drogi podporządkowanej CL lub DL ma cztery relacje dławiające, tj. relacje skrętów w lewo z wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL oraz relacje na wprost i w prawo z przeciwnieległego wlotu podporządkowanego (DW i DP dla relacji CL lub CW i CP dla relacji DL), a wartość współczynnika dławienia wynosi:

$$f_d = \begin{cases} f_k \cdot f_{DP} & \text{dla relacji CL} \\ f_k \cdot f_{CP} & \text{dla relacji DL} \end{cases} \quad [-] \quad (4.6)$$

gdzie:

- f_d – współczynnik dławienia dla relacji skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego skrzyżowania o czterech wlotach CL lub DL (rzęd 4) [-],

f_{DP}, f_{CP} – współczynniki wyrażające wielkość dławienia przez relacje skreću w prawo z przeciwnego wlotu podporządkowanego; DP dla relacji CL lub CP dla relacji DL; odczytywany z krzywej ④ lub ③ z uwzględnieniem uwag zapisanych w odnośnikach 2 i 3 na rys. 4.5 [-],

f_k – współczynnik wyrażający wielkość łącznego dławienia przez relacje skreću w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL oraz relację na wprost z przeciwnego wlotu podporządkowanego; DW dla relacji CL lub CW dla relacji DL; obliczany z równania:

$$f_k = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{1 - f_{AL} \cdot f_{BL}}{f_{AL} \cdot f_{BL}} + \frac{1 - f_{DW}}{f_{DW}}} & \text{dla relacji CL} \\ \frac{1}{1 + \frac{1 - f_{AL} \cdot f_{BL}}{f_{AL} \cdot f_{BL}} + \frac{1 - f_{CW}}{f_{CW}}} & \text{dla relacji DL} \end{cases} \quad [-] \quad (4.7)$$

f_{AL}, f_{BL} – współczynniki wyrażające wielkość dławienia przez relacje skreću w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL odczytywane odpowiednio z krzywej ① lub ② na rys. 4.5 [-],

f_{DW}, f_{CW} – współczynniki wyrażające wielkość dławienia przez relacje na wprost z przeciwnego wlotu podporządkowanego; DW dla relacji CL lub CW dla relacji DL; odczytywany z krzywych ④ lub ③ z uwzględnieniem uwag zapisanych w odnośnikach 2 i 3 na rys. 4.5 [-].

Obliczony na podstawie ww. wzorów współczynnik dławienia f_d wykorzystywany jest we wzorze (4.14) w celu obliczenia przepustowości rzeczywistej, analizowanej relacji podporządkowanej.

4.5. Wpływ pieszych na przepustowość relacji podporządkowanych

W modelu obliczania przepustowości zakłada się priorytet ruchu pieszego przed ruchem kołowym od chwili wejścia pieszych w strefę kolizji pojazdu z pieszymi. Piesi obecni w strefie kolizji blokują ruch pojazdów podporządkowanych zarówno w sytuacji występowania odstępów czasu w potoku nadrzędnym większych od czasu granicznego, jak i mniejszych. Strefa kolizji utożsamiana jest z częścią przejścia dla pieszych pokrywającą się z pasem ruchu (korytarzem ruchu) przeznaczonym dla rozważanej relacji podporządkowanej. Liczba stref kolizji i ich lokalizacja odpowiada pokazanym w tab. 4.1 nadrzędnym, w stosunku do rozpatrywanej relacji, potokom ruchu pieszego. Podstawowymi parametrami determinującymi wielkość wpływu pieszych na przepustowość relacji podporządkowanych są:

- natężenie ruchu pieszego nadrzędnego względem rozważanej relacji, wyrażone liczbą grup pieszych wchodzących w strefę kolizji Q_{Ps} [gp/h],
- długości stref kolizji pokonywanych przez grupy pieszych l_{pi} [m];

Długość każdej ze stref należy przyjmować równą szerokości pasa ruchu, a w przypadku pasów ruchu szerszych niż 3,5 m równą szerokości korytarza ruchu zajmowanego przez pojazd i powiększonego obustronnie o odstępy bezpieczeństwa po 0,5 m każdy. W szczególnych przypadkach obserwowanych nietypowych oddziaływań pomiędzy pieszymi i po-

jazdami, np. zatrzymywania się pojazdów, pomimo iż przechodzący piesi są w innej części przejścia poza strefą kolizji, długość tej strefy powinna być ustalana indywidualnie,

- prędkość przechodzenia pieszych w strefie kolizji V_{Ps} [m/s];

Zaleca się przyjmować $V_{Ps} = 1,4$ m/s, chyba że lokalne warunki wskazują wyraźnie na potrzebę przyjęcia innej prędkości, np. przy dużym udziale osób starszych wśród pieszych,

- całkowite natężenie relacji nadrzędnych Q_n zawierających obok pojazdów również grupy pieszych (ustalone zgodnie z tab. 4.1) [(P+gp)/h].

Wpływ pieszych na przepustowość relacji podporządkowanych uwzględniany jest dwustopniowo:

- 1) poprzez zwiększenie natężenia pojazdów relacji nadrzędnych o liczbę grup pieszych zajmujących strefę kolizji, co odpowiada liczbie przypadków dodatkowego blokowania ruchu przez pieszych,
- 2) przez wprowadzenie współczynnika f_p korygującego wyjściową przepustowość rozpatrywanej relacji podporządkowanej z uwagi na sumaryczny czas blokowania ruchu przez pieszych w interwale odniesienia. Przepustowość wyjściowa ustalana jest dla natężenia relacji nadrzędnych uwzględniających ruch pieszych.

Ustalenie wartości współczynnika f_p następuje w 3 krokach:

krok 1 – obliczenie udziału czasu blokowania U_{ibi} przez pieszych każdej ze stref kolizji na wlocie ze wzoru:

$$U_{ibi} = \frac{Q_{Ps} \cdot l_{pi}}{3600 \cdot V_{Ps}} \quad [-] \quad (4.8)$$

gdzie:

Q_{Ps} – obliczeniowe natężenie ruchu pieszego, wyrażone liczbą grup pieszych przechodzących strefę kolizji na wlocie w ciągu godziny [gp/h]. Liczbę tę można ustalić, dzieląc natężenie ruchu pieszego przez średnią liczebność grupy szacowaną indywidualnie lub ze wzoru (3.2),

l_{pi} – długość strefy kolizji na rozpatrywanym wlocie [m],

V_{Ps} – prędkość przechodzenia pieszych przez strefę kolizji na wlocie [m/s].

krok 2 – ustalenie miarodajnego udziału łącznego czasu blokowania U_{ib} przy występowaniu dwóch stref kolizji z ruchem pieszych, ze wzoru:

$$U_{ib} = \max\{U_{ibi}\} + \frac{\min\{U_{ibi}\}}{2} \quad [-] \quad (4.9)$$

W sytuacji występowania tylko jednej strefy kolizji przyjmuje się $U_{ib} = U_{ibi}$.

krok 3 – obliczenie współczynnika f_p z uwzględnieniem redukcji ze względu na występowanie przypadków równoczesnego blokowania relacji podporządkowanej przez potok nadrzędny pojazdów i pieszych obecnych w strefie kolizji. Współczynnik f_p oblicza się ze wzoru:

$$f_p = 1 - U_{ib} \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot Q_n) \quad [-] \quad (4.10)$$

gdzie:

Q_n – natężenie relacji nadrzędnych zawierających obok pojazdów również grupy pieszych, ustalane wg tab. 4.1 [(P+gp)/h],

U_{ib} – udział łącznego miarodajnego czasu blokowania wg wzoru (4.9).

Podany wyżej sposób szacowania wpływu blokowania ruchu przez pieszych nie uwzględnia sytuacji znacznego odsunięcia przejścia – ponad 18 m – od krawędzi drogi z pierwszeństwem przejazdu. W takich przypadkach wytwarza się strefa akumulacji dla pojazdów oczekujących na obsługę pomiędzy przejściem dla pieszych a drogą z pierwszeństwem przejazdu. Wjazdy pojazdów do tej strefy są niezależne od blokowania strefy kolizji przez pieszych i tym samym wpływ pieszych może być praktycznie pomijany.

4.6. Wpływ struktury rodzajowej ruchu na przepustowość relacji podporządkowanych

Wjazd pojazdów relacji podporządkowanych na skrzyżowanie bez sygnalizacji zależy między innymi od rodzaju pojazdu. Powodowane jest to różnymi możliwościami przyspieszenia oraz długościami pojazdów. Szczególnie istotne jest uwzględnienie w analizach pojazdów ciężarowych. Dla przeliczenia na pojazdy umowne (samochody osobowe) wyróżnionych rodzajów pojazdów stosuje się współczynniki przeliczeniowe zestawione w tab. 4.5.

Tab. 4.5. Współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne dla wyróżnionych rodzajów pojazdów

Rodzaj pojazdu	Oznaczenie	Wartość współczynnika przeliczeniowego
Samochody osobowe i mikrobusy	E_o	1,0
Samochody ciężarowe i autobusy	E_c	1,7
Samochody ciężarowe z przyczepami lub naczepami, autobusy przegubowe	E_{cp}	2,5
Motocykle i rowery	E_{mr}	0,5

W przypadku stosowania w obliczeniach uproszczonej struktury rodzajowej, wyróżniającej tylko samochody osobowe i pojazdy ciężkie (ciężarowe bez i z przyczepami/naczepami, autobusy zwykłe i przegubowe), można stosować wartości współczynników przeliczeniowych $E_o = 1,0$, $E_c = 2,0$.

Współczynnik uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu wylicza się z następującego wzoru:

$$f_c = \frac{1}{1 + u_c \cdot (E_c - 1) + u_{cp} \cdot (E_{cp} - 1) + u_{mr} \cdot (E_{mr} - 1)} \quad [-] \quad (4.11)$$

gdzie:

u_c , u_{cp} , u_{mr} – udziały w natężeniu danej relacji wyróżnionych rodzajów pojazdów [-];
 c – samochody ciężarowe i autobusy, cp – samochody ciężarowe z przy-

czepami lub naczepami i autobusy przegubowe, mr – motocykle i rowery,

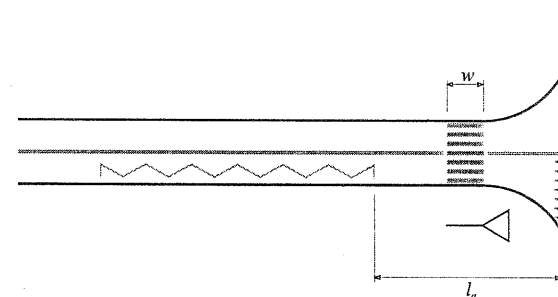
E_c , E_{cp} , E_{mr} – współczynniki przeliczeniowe zgodnie z tab. 4.5.

Współczynnik obliczony wg wzoru (4.11) służy do przeliczania jednostek, w jakich wyrażane są natężenia i przepustowości; przy zamianie E/h na P/h jednostki umowne należy pomnożyć przez f_c , a przy zamianie P/h na E/h jednostki rzeczywiste należy pomnożyć przez $1/f_c$.

4.7. Wpływ przystanków autobusowych na przepustowość relacji podporządkowanych

Autobusy zatrzymujące się na przystanku zlokalizowanym na podporządkowanym wlocie lub wylocie skrzyżowania wpływają na przepustowość relacji podporządkowanych korzystających z pasa ruchu, na którym występuje przystanek autobusowy. Ograniczając przepustowość relacji oddziaływanie autobusu zatrzymującego się na przystanku występuje wówczas, gdy przystanek zlokalizowany jest bezpośrednio na pasie ruchu (nie ma zatoki przystankowej). Należy wówczas uwzględnić redukujące oddziaływanie przystanku na przepustowość przez zastosowanie współczynnika korygującego f_a . Wpływ przystanku autobusowego rozważa się oddzielnie dla przystanku zlokalizowanego na wlocie oraz na wylocie skrzyżowania.

Przystanek na wlocie (rys. 4.6)



Rys. 4.6. Schemat przystanku autobusowego na wlocie skrzyżowania

Założenia:

- przystanek bez zatoki zlokalizowany jest na jednopasowym wlocie podporządkowanym i nie ma możliwości omińnięcia autobusu (podwójna linia ciągła lub intensywny przeciwbieźny ruch pojazdów opuszczających skrzyżowanie),
- zakłada się stan nasycenia ruchem na analizowanym wlocie. Przestrzeń pomiędzy czołem przystanku autobusowego i linią zatrzymań (odcinek l_a na rys. 4.6) jest całkowicie wypełniona pojazdami w chwili, gdy autobus zatrzymuje się na przystanku,
- na przystanku nie ma jednoczesnej wymiany pasażerów z dwóch lub większej liczby autobusów.

Współczynnik redukcji przepustowości poszczególnych relacji korzystających z pasa, na którym zlokalizowany jest przystanek wyznacza się ze wzoru:

$$f_a = \begin{cases} 1 - \frac{Q_a \cdot (t_a - t_o)}{3600} & \text{gdy } t_a > t_o \\ 1 & \text{gdy } t_a \leq t_o \end{cases} \quad [-] \quad (4.12)$$

gdzie:

Q_a – natężenie ruchu autobusów zatrzymujących się na danym przystanku [P/h],

t_a – czas podjazdu autobusu do linii zatrzymań mierzony od momentu zatrzymania się na przystanku [s]:

$$t_a = t_{wp} + t_{da} \quad [s]$$

– t_{wp} – czas wymiany pasażerów (postoiu autobusu) na przystanku [s]; przy braku danych można przyjąć wartość $t_{wp} = 30$ s, odpowiadającą przeciętnym warunkom wymiany pasażerów,

– t_{da} – czas dojazdu autobusu do linii zatrzymań po ruszeniu z przystanku [s]; przy braku rzeczywistych danych można w przybliżeniu przyjąć $t_{da} = l_a / 3$,

t_o – czas zjazdu pojazdów z odcinka pasa przed autobusem [s]:

$$t_o = \frac{l_a - w}{l_p} \cdot \frac{3600}{C_r^*} \quad [s]$$

– l_a – odległość czoła przystanku od linii zatrzymań [m] (rys. 4.6),

– w – szerokość przejścia dla pieszych [m],

– l_p – przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce [m]:

$$l_p = l_l + u_c \cdot (l_c - l_l) \quad [m]$$

– u_c – udział pojazdów ciężkich w natężeniu analizowanej relacji podporządkowanej,

– l_l, l_c – średnia długość w kolejce pojazdu lekkiego i ciężkiego [m] (można przyjmować $l_l = 6,2$ m, $l_c = 13,0$ m. W przypadku braku lub bardzo małego udziału pojazdów z przyczepami oraz członowych ($u_{cp} \leq 2\%$) można przyjąć $l_c = 11,0$ m),

– C_r^* – przepustowość rzeczywista (z uwzględnieniem dławienia, wpływu pieszych oraz struktury rodzajowej) relacji korzystającej z pasa ruchu, na którym zlokalizowany jest przystanek autobusowy [P/h]:

$$C_r^* = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c \quad [P/h]$$

– f_d – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ dławienia ruchu obliczanej relacji wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.4 [-],

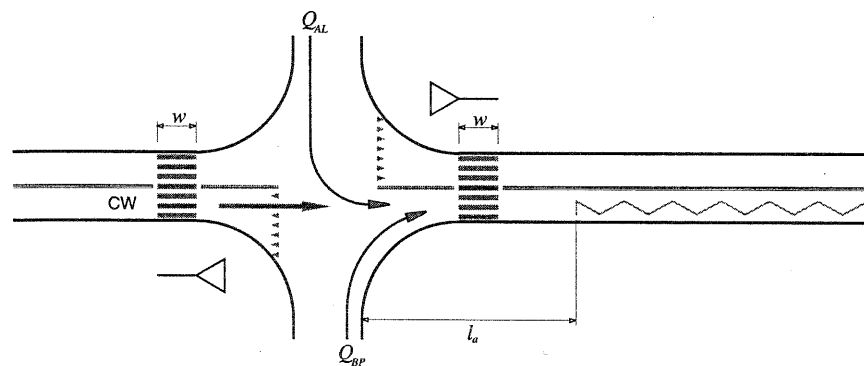
– f_p – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ pieszych, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.5 [-],

– f_c – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.6 [-].

Jeżeli jest to tylko możliwe, czasy t_{wp} i t_{da} , jak też przeciętna liczba pojazdów gromadzących się między linią zatrzymań i przystankiem autobusowym (zastępująca wyrażenie $\left(\frac{l_a - w}{l_p}\right)$), powinny być szacowane bezpośrednio przez pomiary na wlocie skrzyżowania.

Jeżeli na jednopasowym wlocie występuje omijanie autobusu stojącego na przystanku lub wlot ma więcej niż jeden pas, wpływ przystanku autobusowego pomija się.

Przystanek na wylocie (rys. 4.7)



Rys. 4.7. Schemat przystanku autobusowego na wylocie skrzyżowania

Założenia:

- wylot ma jeden pas ruchu i nie ma zatoki przystankowej,
- na przystanku nie ma równoczesnej wymiany pasażerów z dwóch lub większej liczby autobusów,
- na odcinku między przedłużeniem krawędzi drogi z pierwszeństwem przejazdu a przystankiem autobusowym (odcinek l_a na rys. 4.7) mogą gromadzić się pojazdy opuszczające skrzyżowanie do chwili, aż cały odcinek zostanie wypełniony (nie występuje omijanie autobusu).

Współczynnik redukcji przepustowości relacji na wprost z wlotu podporządkowanego, która może być blokowana przez autobusy zatrzymujące się na przystanku zlokalizowanym na wylocie, w który kieruje się analizowana relacja na wprost, wyznacza się ze wzoru:

$$f_a = \begin{cases} 1 - \frac{Q_a \cdot (t_b - t_w)}{3600} & \text{gdy } t_b > t_w \\ 1 & \text{gdy } t_b \leq t_w \end{cases} \quad [-] \quad (4.13)$$

gdzie:

Q_a – natężenie ruchu autobusów zatrzymujących się na danym przystanku [P/h],

t_b – czas blokowania wylotu przez pojedynczy autobus [s]. Czas ten składa się z dwóch składników; czasu wymiany pasażerów i czasu ruszenia ostatniego pojazdu na wylocie, licząc od momentu odjazdu autobusu:

$$t_b = t_{wp} + \frac{l_a - w}{l_p} \cdot \tau_{or} \quad [s]$$

- l_a – odległość między przedłużeniem krawędzi drogi z pierwszeństwem przejazdu a przystankiem autobusowym [m] (rys. 4.7),
 - w, l_p, t_{wp} – jak we wzorze (4.12) oraz wg rys. 4.7, z tym, że u_c uwzględniane przy obliczaniu l_p jest udziałem pojazdów ciężkich w potoku pojazdów na wylocie,
 - τ_{or} – czas ruszenia pojazdu w kolejce liczony od momentu ruszenia poprzedniego pojazdu [s]. Można przyjmować $\tau_{or} = 1,0$ s,
- t_w – czas potrzebny do wypełnienia się pojazdami strefy za autobusem [s]:

$$t_w = \frac{l_a - w}{l_p \cdot \Sigma Q} \cdot 3600 \quad [s]$$

- ΣQ – suma natężeń nadrzędnych relacji kierujących się w wylot z przystankiem autobusowym oraz przepustowości analizowanej relacji podporządkowanej [P/h].

$$\text{Wg przykładu na rys. 4.7; } \Sigma Q = Q_{AL} + Q_{BP} + C_{CW}^* \quad [P/h],$$

$$C_{CW}^* = C_{ocw} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c \quad [P/h].$$

4.8. Określenie przepustowości rzeczywistych

4.8.1. Przepustowość rzeczywista relacji

Przepustowość rzeczywistą relacji korzystającej z jednego pasa ruchu, w odniesieniu do realnych warunków geometryczno-ruchowych, oblicza się ze wzoru:

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c \cdot f_a \quad [P/h] \quad (4.14)$$

gdzie:

- C_r – przepustowość rzeczywista relacji r z jednego pasa ruchu [P/h],
- C_{or} – przepustowość wyjściowa relacji [E/h] wyznaczona z wzoru (4.1) lub (4.2), ewentualnie z wykresu (rys. 4.1 + 4.4),
- f_d – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ dławienia ruchu obliczanej relacji wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.4 [-],
- f_p – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ pieszych, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.5 [-],
- f_c – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.6 [-],
- f_a – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ przystanków autobusowych, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.7 [-]. W sytuacji, gdy na wlocie lub wylocie skrzyżowania nie ma przystanku autobusowego, należy przyjąć $f_a = 1,0$.

Jeżeli wynikiem obliczeń miałyby być przepustowości wyrażona w jednostkach umownych [E/h], to w tym celu we wzorze (4.14) współczynnik f_c należy pominąć.

4.8.2. Przepustowość rzeczywista pasa ruchu

Jeżeli z pasa ruchu na wlocie korzystają pojazdy jednej tylko relacji, przepustowość takiego pasa równa jest przepustowości relacji obliczonej ze wzoru (4.14); $C_j = C_r$. W przypadku, gdy z j -tego pasa ruchu korzystają pojazdy dwóch lub trzech relacji, to jego przepustowość oblicza się ze wzoru:

$$C_j = \frac{100}{\frac{m_L}{C_L} + \frac{m_W}{C_W} + \frac{m_P}{C_P}} \quad [P/h] \quad (4.15)$$

gdzie:

- m_L, m_W, m_P – procentowe udziały relacji w lewo, na wprost i w prawo na j -tym pasie ruchu [%],
- C_L, C_W, C_P – przepustowości relacji w lewo, na wprost i w prawo korzystających z j -tego pasa ruchu, wyznaczone wg wzoru (4.14) [P/h].

4.8.3. Przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego

Jeżeli na wlocie podporządkowanym występują dwa lub trzy pasy ruchu o przepustowościach C_j , a z poszczególnych pasów korzysta m_j [%] potoku na wlocie, to wówczas przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego równa jest najmniejszej z wartości $100 \cdot \frac{C_j}{m_j}$, to znaczy:

$$C_{wt} = \min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} \quad [P/h] \quad (4.16)$$

Tak obliczona przepustowość odpowiada sytuacji, gdy w miarę wzrostu ruchu na wlocie na jednym z jego pasów wystąpi stan nasycenia ruchem. Pas ten nazywany jest krytycznym.

4.8.4. Przepustowość wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu

Jeżeli na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu występują wydzielone pasy dla skrętu w lewo, to przepustowość tych pasów jest równa przepustowości relacji skrętu w lewo ($C_j = C_L$). W sytuacji, gdy relacje skrętu w lewo (AL i BL – rzędu 2) korzystają ze wspólnych pasów z relacjami na wprost (AW i BW – rzędu 1) i ew. w prawo (AP i BP – rzędu 1), dochodzi często do zatrzymań pojazdów pierwszej kolejności wykonywania manewrów na skrzyżowaniu (rzędu 1), a w stanach granicznych do całkowitego ich zatrzymania. Przepustowość wspólnego pasa determinowana jest; udziałem poszczególnych relacji w natężeniu ruchu na pasie, natężeniem ruchu nadrzędnego z przeciwnego wlotu w stosunku do podporządkowanej relacji skrętu w lewo oraz parametrami t_g i t_f charakteryzującymi ruch pojazdów oddających pierwszeństwo przejazdu i zjazd pojazdów z tworzących się kolejek.

Przepustowość wspólnego pasa na wlotach A i B drogi z pierwszeństwem przejazdu można określić z następującej zależności:

$$C_j = \frac{100}{\sum_r \frac{m_r}{C_r}} \quad [P/h] \quad (4.17)$$

gdzie:

m_r – procentowe udziały poszczególnych relacji r korzystających z j -tego wspólnego pasa na wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu [%],

C_r – przepustowości poszczególnych relacji r korzystających z j -tego wspólnego pasa na wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu [P/h]. Dla relacji skrętu w lewo jest to przepustowość obliczona wg wzoru (4.14). Dla relacji na wprost i w prawo można szacunkową przepustowość określić z zależności:

$$C_r = 1700 \cdot f_c \quad [P/h]$$

– f_c – współczynnik uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 4.6 [-].

Indywidualnego potraktowania wymaga przypadek, w którym występuje jeden wspólny pas na wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu, lecz jezdnia jest na tyle szeroka, że pojazdy jadące na wprost lub skręcające w prawo mogą omijać pojazdy skręcające w lewo. Często omijanie takie odbywa się z wykorzystaniem pobocza. Pojazdy rzędu 1 omijające te, które zatrzymały się przed wykonaniem skrętu w lewo (rzędu 2), czynią to z relatywnie małą prędkością, a więc doznają zakłóceń płynności ruchu. W takim przypadku, dla oceny warunków ruchu na wspólnym pasie wlotu drogi z pierwszeństwem przejazdu z możliwością omijania, można szacunkową przepustowość wyznaczyć jako średnią z przepustowości wspólnego pasa, obliczonej wg wzoru (4.17) i przepustowości wlotu z pasem na wprost i w prawo oraz z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo, wyliczonej z zależności (4.16), przy czym przepustowość pasa z relacją na wprost i w prawo można przyjąć jako $C_j = 1700 \cdot f_c$.

Jeżeli na wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu występuje dodatkowy, wydzielony pas dla relacji skrętu w lewo, lecz jest on zbyt krótki, aby pomieścić kolejkę pojazdów skręcających w lewo (rys. 4.8), część tych pojazdów blokuje ruch na wprost i w prawo. W tym przypadku szacunkową przepustowość wspólnego pasa ruchu można wyznaczyć z następującej zależności:

$$C_j^* = \min \left\{ \frac{Q_L + Q_W + Q_P}{n_L + 1 \sqrt{\left(\frac{Q_L}{C_L}\right)^{n_L + 1} + \left(\frac{Q_W + Q_P}{C_W + C_P}\right)^{n_L + 1}}}, 1700 \cdot f_c \right\} \quad [P/h] \quad (4.18)$$

gdzie:

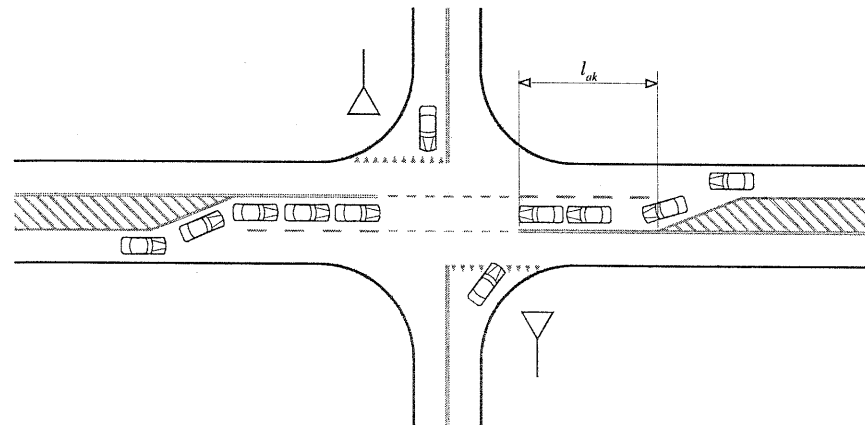
Q_L, Q_W, Q_P – natężenia ruchu relacji w lewo (L), na wprost (W) i w prawo (P) na analizowanym wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu [P/h]. Jeżeli pojazdy relacji na wprost korzystają z dwóch pasów (droga czteropasowa), do obliczeń należy wziąć natężenie na lewym pasie ruchu,

C_L, C_W, C_P – przepustowości relacji w lewo (L), na wprost (W) i w prawo (P) na analizowanym wlocie drogi z pierwszeństwem przejazdu [P/h]. C_W i C_P mogą być przyjmowane jako $1700 \cdot f_c$ [P/h],

n_L – liczba stanowisk pojazdów na zbyt krótkim pasie dla skrętu w lewo:

$$n_L = \frac{l_{ak}}{l_p} \quad [P], \quad l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) \quad [m],$$

- l_{ak} – długość krótkiego, dodatkowego pasa dla skrętu w lewo [m],
- u_c – udział pojazdów ciężkich w natężeniu analizowanej relacji podporządkowanej,
- l_i, l_c – średnie długości w kolejce pojazdów lekkiego i ciężkiego (można przyjmować $l_i = 6,2$ m, $l_c = 13,0$ m. W przypadku braku lub bardzo małego udziału pojazdów z przyczepami oraz członowych ($u_{cp} \leq 2\%$) można przyjmując $l_c = 11,0$ m).



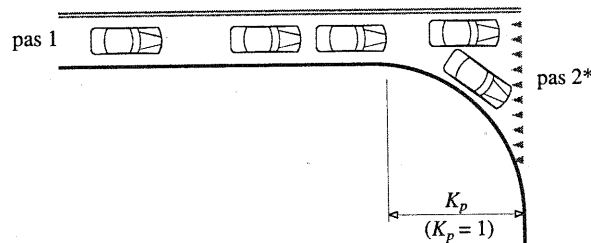
Rys. 4.8. Wlot drogi z pierwszeństwem przejazdu z krótkim pasem dla skrętu w lewo

Przepustowość wspólnego pasa wg wzoru (4.18) należy obliczać tylko w przypadku, gdy miarodajna do wymiarowania długość kolejki K_{jm} pojazdów skręcających w lewo (obliczana wg wzoru (5.4)) przekracza długość pasa dla skrętu w lewo l_{ak} (rys. 4.8).

4.9. Przepustowość w przypadku występowania poszerzenia pasa ruchu

Jednym z elementów geometrii skrzyżowania oddziałujących na przepustowość wlotu podporządkowanego skrzyżowania jest poszerzenie pasa ruchu powstałe w strefie łuku dla skrętu w prawo (rys. 4.9). Jeżeli zastosowany został duży promień skrętu w prawo, przed linią zatrzymań danego pasa, z którego korzystają pojazdy co najmniej dwóch relacji, mogą ustawić się obok siebie dwa pojazdy oczekujące na możliwe do zaakceptowania odstępy czasu w potoku nadrzędnym. Wpływa to na wzrost przepustowości podporządkowanego pasa ruchu. Wielkość tego wpływu zależy od dostępnej powierzchni umożliwiającej ustawianie się drugiej, krótkiej kolejki (najczęściej 1 lub 2 pojazdy) na danym pasie ruchu oraz od prawdopodobieństwa ustawienia się dwóch pojazdów obok siebie, determinowanego natężeniami poszczególnych relacji korzystających z danego pasa ruchu i kolejnością ich dojazdu do wlotu. Rzeczywista przepustowość w tej sytuacji będzie większa niż wtedy, gdy pojazdy oczekują tylko w pojedynczej kolejce, lecz mniejsza niż gdyby każda z relacji miała wydzielony pas. W obrębie poszerzenia, na wlocie podporządkowanym z jednym pasem, mogą występować następujące układy pojazdów; – bliżej osi wlotu pojazdy skręcające w lewo i ew. jadące na wprost (w przypadku skrzyżowania o 4 wlotach), a z ich prawej strony pojazdy skręcające w prawo (rys. 4.9), lub – przy osi wlotu pojazdy skręcające w lewo, a po ich prawej stronie

pojazdy jadące na wprost (w przypadku skrzyżowania o 4 wlotach) i skręcające w prawo. Jeżeli na wlocie podporządkowanym jest więcej niż jeden pas ruchu, to analiza wpływu poszerzenia dotyczy tylko prawego pasa.



Rys. 4.9. Dodatkowa kolejka K_p w miejscu poszerzenia wlotu

Kolejne kroki dla wyznaczenia przepustowości poszerzonego pasa są następujące:

- dokonyje się podziału relacji na korzystające ze wspólnego (zasadniczego) pasa (pas 1) i z poszerzenia na wlocie, zakładając, że poszerzenie tworzy dodatkowy pas (pas 2*) i przyporządkowana temu pasowi relacja korzysta wyłącznie z niego,
- obliczana jest średnia długość kolejki K_j dla każdego z tak przyjętych pasów (1 i 2*) z następującej formuły:

$$K_j = d_j \cdot \frac{Q_j}{3600} \quad [\text{P}] \quad (4.19)$$

gdzie:

d_j – średnia strata czasu pojazdów [s/P] korzystających z j -tego pasa, liczona wg wzoru (5.1), $j = 1, 2^*$,

Q_j – natężenie ruchu na j -tym pasie wlotu podporządkowanego [P/h],

- wyznacza się wymaganą długość poszerzenia pozwalającą na efektywne funkcjonowanie wlotu o wydzielonych pasach. Decyduje o tym maksymalna ze średnich długości kolejek:

$$K_{\max} = \max \text{round} \{ K_j + 1 \} \quad [\text{P}] \quad (4.20)$$

gdzie:

K_j – średnia długość kolejki na j -tym analizowanym pasie ruchu [P],

round – operator zaokrąglania wartości w nawiasie do najbliższej liczby całkowitej,

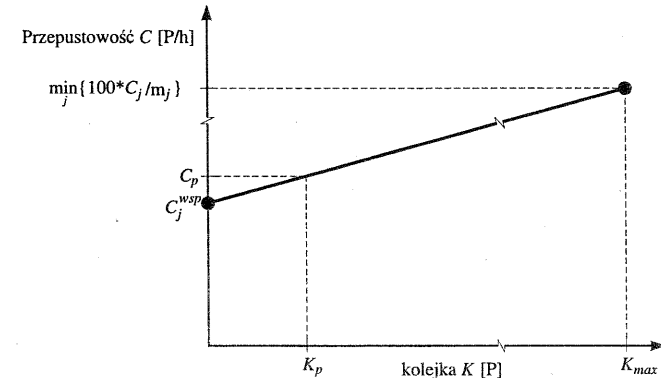
j – numer pasa, $j = 1, 2^*$,

- przepustowość C_p poszerzonego pasa ruchu (wlotu), z uwzględnieniem pojemności poszerzenia K_p , wyznaczana jest z interpolacji (zgodnie z rys. 4.10) pomiędzy wartościami łącznej przepustowości dla relacji korzystających z pasa 1 i hipotetycznego, dodatkowego pasa 2, obliczonej wg wzoru (4.16) – na wykresie rys. 4.10 punkt o współrzędnych

$$\left(\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\}, K_{\max} \right) \text{ oraz przepustowości wspólnego pasa (z wszystkimi relacjami}$$

korzystającymi z niego), bez uwzględnienia poszerzenia – na wykresie rys. 4.10 punkt o współrzędnych $(C_j^{wsp}, 0)$. W tym celu wykorzystuje się wzór:

$$C_p = \begin{cases} \left(\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} - C_j^{wsp} \right) \cdot \frac{K_p}{K_{\max}} + C_j^{wsp} & \text{gdy } K_p < K_{\max} \\ \min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} & \text{gdy } K_p \geq K_{\max} \end{cases} \quad [\text{P/h}] \quad (4.21)$$



Rys. 4.10. Schemat ustalania przepustowości poszerzonego pasa

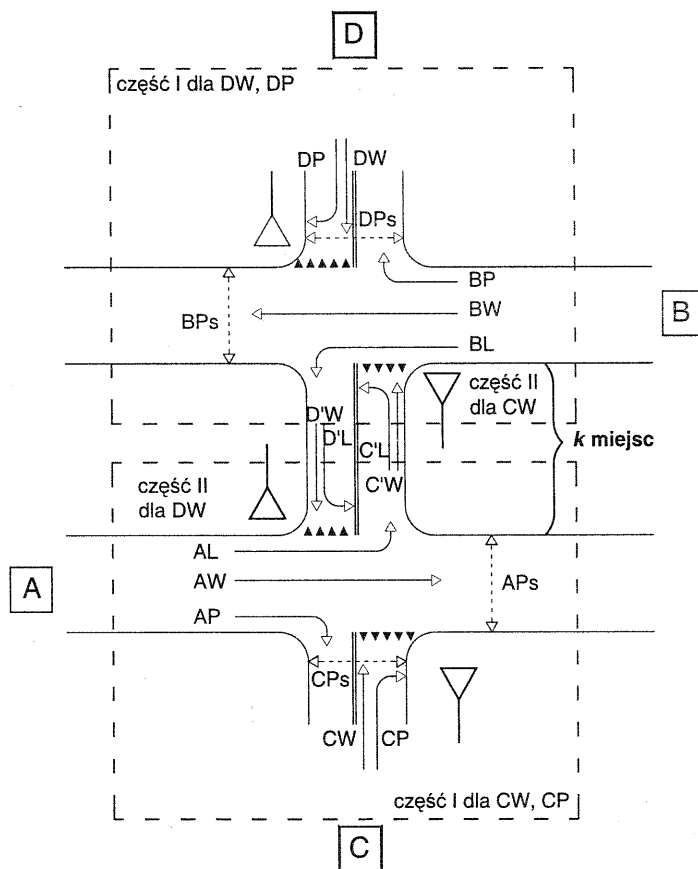
W przypadku jednopasowego wlotu podporządkowanego skrzyżowania o czterech lub o trzech wlotach i wykorzystywania poszerzenia przez pojazdy skręcające w prawo wpływ poszerzenia staje się znaczący (powoduje przyrost przepustowości wlotu o co najmniej 8 ÷ 12 %) gdy spełnione są następujące warunki: – $K_{\max} \leq K_p$ i $m_p > 20\%$, – $K_{\max} = K_p + 1$ i $m_p > 35\%$ lub gdy – $K_{\max} = K_p + 2$ i $m_p > 45\%$ (m_p – udział skreutu w prawo w ruchu na analizowanym pasie). Gdy powyższe warunki nie są spełnione, wpływ ten można pominąć. Zakłada się, że z poszerzenia nie korzystają więcej niż 3 pojazdy ($K_p = 3 \text{ P}$).

4.10. Przepustowość w przypadku występowania szerokiego pasa dzielącego

Na skrzyżowaniach, które powstają przy przecięciu ulic z szerokimi wyspami lub pasem dzielącym, powstają wewnętrzne powierzchnie akumulacyjne istotnie wpływające na sposób przejazdu przez skrzyżowanie pojazdów z wlotów podporządkowanych. W przypadku skrzyżowań zwykłych wjazd pojazdu jadącego na wprost z wlotu podporządkowanego jest możliwy tylko w przypadku równoczesnego wystąpienia dostatecznie dużego odstępu czasu we wszystkich nadrzędnych strumieniach. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiego odstępu maleje wraz ze wzrostem natężenia ruchu relacji nadrzędnych. Natomiast na skrzyżowaniu z szerokim pasem dzielącym możliwe jest dwuetapowe przekraczanie drogi z pierwszeństwem przejazdu – kierujący pojazdem oczekuje na dostatecznie duży odstęp czasu w potoku nadrzędnym na bliższej jezdni, a dopiero po zajęciu powierzchni akumulacji wewnątrz skrzyżowania rozpatruje dostępne odstępy w potoku na drugiej jezdni. Tym samym potok nadrzędny

zostaje rozdzielony na dwie części i różnie prawdopodobieństwo pojawienia się odstępów większych od granicznego odstepu czasu. W efekcie takiego rozdzielenia zwiększa się przepustowość skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym w stosunku do skrzyżowania bez dodatkowej powierzchni akumulacji w środku. Metoda obliczeń przepustowości dotyczy rozwiązań skrzyżowań z powierzchniami akumulacji, w obrębie których występuje po jednym pasie ruchu dla każdego z kierunków.

Przepustowość skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym zależy od przepustowości jego poszczególnych części. Ze względu na sposób obliczania przepustowości i ustalania natężeń relacji nadrzędnych rozpatrywane skrzyżowanie dzieli się umownie na dwie części, tak jak to pokazano na rys. 4.11. Przepustowość relacji na wprost i w lewo z tzw. zasadniczego wlotu podporządkowanego (C lub D) zależy od przepustowości części I (C_I lub D_I) i części II (C_{II} lub D_{II}) oraz od pojemności k powierzchni akumulacji wewnątrz skrzyżowania wyrażonej liczbą samochodów osobowych. Przepustowość relacji skrętu w prawo oblicza się jak dla skrzyżowania zwykłego.



Rys. 4.11. Schemat analizy skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym

Procedura obliczania przepustowości relacji podporządkowanych z wlotów zasadniczych obejmuje następujące kroki:

krok 1 – obliczenie przepustowości relacji na wprost i w prawo z wlotów zasadniczych przy przejeździe przez część I skrzyżowania (w skład relacji na wprost wchodzi również relacja skrętu w lewo realizowana na II części skrzyżowania)

Przepustowość relacji na wprost C_{ICW} i C_{IDW} oblicza się jak dla skrzyżowania zwykłego przy natężeniach nadrzędnych uwzględniających etapowe przekraczanie skrzyżowania.

Dla relacji CW natężenie nadrzędne przy przejeździe przez I część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CPS} \quad [\text{P/h}] \quad (4.22)$$

W stosunku do Q_{AP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1.

Dla relacji DW natężenie nadrzędne przy przejeździe przez I część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DPS} \quad [\text{P/h}] \quad (4.23)$$

W stosunku do Q_{BP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1.

W celu obliczenia przepustowości wlotu zasadniczego należy przyjąć wartości granicznych odstępów czasu t_g i odstępów czasu między pojazdami t_f według zasad podanych w p. 4.2. Następnie stosuje się procedurę obliczeń przepustowości opisaną w p. 4.3 ÷ 4.8 (jak dla skrzyżowania z drogą jednokierunkową i wówczas relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu nie są relacjami dławiącymi). Wynikiem obliczeń w tym kroku jest rzeczywista przepustowość relacji wyrażona w [E/h], a więc z uwzględnieniem wpływu pieszych i przystanków autobusowych.

Przepustowość relacji w prawo C_{CP} i C_{DP} wyrażoną w [E/h] należy obliczyć jak dla skrzyżowania zwykłego według zasad podanych kolejno w p. 4.1 ÷ 4.8.

krok 2 – obliczenie przepustowości relacji na wprost i w lewo (jeśli występuje) z wlotów drugorzędnych przy przejeździe przez część II skrzyżowania

Przepustowość C_{IIr} przy przejeździe przez drugą część skrzyżowania oblicza się dla relacji na wprost (C'W i D'W) i w lewo (C'L i D'L) jak dla skrzyżowania zwykłego przy natężeniach nadrzędnych uwzględniających przekraczanie jednokierunkowej jezdni.

Dla relacji C'W natężenie nadrzędne przy przejeździe przez II część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DPS} \quad [\text{P/h}] \quad (4.24)$$

W stosunku do Q_{BP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1.

Dla relacji C'L natężenie nadrzędne przy przejeździe przez II część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{APS} + Q_{DW} + Q_{DP} \quad [\text{P/h}] \quad (4.25)$$

W stosunku do Q_{BP} i Q_{DP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1. Natężenie Q_{DW} zawiera natężenie skrętu w lewo z wlotu D, realizowanego w II części skrzyżowania. Natężenie Q_{APs} odnosi się do przejścia dla pieszych na nadrzędnym wylocie skrzyżowania w kierunku A.

Dla relacji D'W natężenie nadrzędne przy przejeździe przez II część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CPs} \quad [\text{P/h}] \quad (4.26)$$

W stosunku do Q_{AP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1.

Dla relacji D'L natężenie nadrzędne przy przejeździe przez II część skrzyżowania oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{BP_s} + Q_{CW} + Q_{CP} \quad [\text{P/h}] \quad (4.27)$$

W stosunku do Q_{AP} i Q_{CP} obowiązuje takie samo zastrzeżenie jak podane w tab. 4.1. Natężenie Q_{CW} zawiera natężenie skrętu w lewo z wlotu C, realizowanego w II części skrzyżowania. Natężenie Q_{BP_s} odnosi się do przejścia dla pieszych na nadrzędnym wylocie skrzyżowania w kierunku B.

W celu obliczenia przepustowości poszczególnych relacji należy przyjąć wartości granicznych odstępów czasu t_g i odstępów czasu między pojazdami t_f według zasad podanych w p. 4.2. Następnie stosuje się procedurę obliczeń przepustowości dla każdej z relacji opisaną w p. 4.3 ÷ 4.8 (jak dla skrzyżowania z drogą jednokierunkową i wówczas relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu nie są relacjami dławiącymi). Wynikiem obliczeń w tym kroku są najpierw rzeczywiste przepustowości relacji $C_{II'CL}$, $C_{II'CW}$, $C_{II'D'L}$, $C_{II'DW}$ wyrażone w [E/h], a więc z uwzględnieniem wpływu pieszych, dławienia i przystanków autobusowych. Następnie oblicza się przepustowość pasów ruchu $C_{II'C}$ i $C_{II'D'}$.

Przepustowość pasa ruchu wspólnego dla relacji skrętu w lewo i na wprost na wlocie C' oblicza się ze wzoru:

$$C_{II'C} = \frac{Q_{C'L} + Q_{CW}}{\frac{Q_{C'L}}{C_{II'CL}} + \frac{Q_{CW}}{C_{II'CW}}} \quad [\text{E/h}] \quad (4.28)$$

Przepustowość pasa ruchu wspólnego dla relacji skrętu w lewo i na wprost na wlocie D' oblicza się ze wzoru:

$$C_{II'D'} = \frac{Q_{D'L} + Q_{D'W}}{\frac{Q_{D'L}}{C_{II'D'L}} + \frac{Q_{D'W}}{C_{II'DW}}} \quad [\text{E/h}] \quad (4.29)$$

gdzie natężenia $Q_{C'L}$, Q_{CW} , $Q_{D'L}$, $Q_{D'W}$ występujące we wzorach (4.28) i (4.29) wyrażone są w [E/h].

krok 3 – obliczenie przepustowości relacji na wprost i w lewo z wlotu zasadniczego $C_{I-II'CW}$ i $C_{I-II'DW}$ jak dla przypadku skrzyżowania zwykłego, tj. bez powierzchni akumulacji

W tym przypadku przy ustaleniu natężenia relacji nadrzędnych bierze się pod uwagę wszystkie z relacji wymienionych w tab. 4.1. Przy obliczeniach przepustowości przyjmuje się takie same jak dla skrzyżowań zwykłych ustalenia w odniesieniu do doboru t_g i t_f . Tok obliczeń przepustowości opisano w p. 4.1 ÷ 4.8. Wynikiem obliczeń w kroku 3 jest rzeczywista przepustowość relacji na wprost wyrażona w [E/h]. Podaną procedurę obliczeń można pominąć, przyjmując, że:

$$C_{I-II'CW} = \frac{C_{ICW} \cdot C_{IIC'} \cdot t_f}{3600} \quad [\text{E/h}] \quad (4.30)$$

$$C_{I-II'DW} = \frac{C_{IDW} \cdot C_{IID'} \cdot t_f}{3600} \quad [\text{E/h}] \quad (4.31)$$

gdzie:

t_f – odstęp czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki, przyjmowany zgodnie z p. 4.2 [s],

krok 4 – obliczenie zmiennej pomocniczej y dla wlotu C i D ze wzorów:

a) wlot C

$$y = \frac{C_{ICW} - C_{I-II'CW}}{C_{IIC'} - Q_{AL} - C_{I-II'CW}} \quad (4.32)$$

b) wlot D

$$y = \frac{C_{IDW} - C_{I-II'DW}}{C_{IID'} - Q_{BL} - C_{I-II'DW}} \quad (4.33)$$

gdzie natężenia Q_{AL} i Q_{BL} występujące we wzorach (4.32) i (4.33) wyrażone są w [E/h].

krok 5 – obliczenie wynikowej przepustowości relacji na wprost z wlotu zasadniczego C i D z uwzględnieniem etapowego przekraczania skrzyżowania oraz wpływu pojemności powierzchni akumulacji wyrażonej przez liczbę pojazdów umownych $k > 1$

Przepustowość C_{CW} oblicza się ze wzoru:

$$C_{CW} = \frac{\alpha}{y^{k+1} - 1} \left[y \cdot (y^k - 1) \cdot (C_{IIC'} - Q_{AL}) + (y - 1) \cdot C_{I-II'CW} \right] \quad \text{dla } y \neq 1 \quad [\text{E/h}] \quad (4.34)$$

lub ze wzoru:

$$C_{CW} = \frac{\alpha}{k+1} \cdot \left[k \cdot (C_{IIC'} - Q_{AL}) + C_{I-II'CW} \right] \quad \text{dla } y = 1 \quad [\text{E/h}] \quad (4.35)$$

Przepustowość C_{DW} oblicza się ze wzoru:

$$C_{DW} = \frac{\alpha}{y^{k+1} - 1} [y \cdot (y^k - 1) \cdot (C_{II D'} - Q_{BL}) + (y - 1) \cdot C_{I-II DW}] \quad \text{dla } y \neq 1 \quad [\text{E/h}] \quad (4.36)$$

lub ze wzoru:

$$C_{DW} = \frac{\alpha}{k + 1} [k \cdot (C_{II D'} - Q_{BL}) + C_{I-II DW}] \quad \text{dla } y = 1 \quad [\text{E/h}] \quad (4.37)$$

gdzie natężenia Q_{AL} i Q_{BL} występujące we wzorach (4.34 ÷ 4.37) wyrażone są w [E/h].

Wartość występującego we wzorach (4.34) ÷ (4.37) współczynnika dopasowania α oblicza się ze wzoru:

$$\alpha = 1 - 0,32 \cdot \exp(-1,3 \cdot \sqrt{k}) \quad \text{dla } k > 1 \quad (4.38)$$

Równania (4.34) i (4.35) obowiązują pod warunkiem że $C_{II C'} > Q_{AL}$. Natomiast równania (4.36) i (4.37) obowiązują pod warunkiem że $C_{II D'} > Q_{BL}$. Jeśli te warunki nie są spełnione, to przepustowość drugorzędno wlotu jest zbyt mała dla obsługi pojazdów skręcających w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu i nie ma możliwości wjazdu z podporządkowanego wlotu zasadniczego.

krok 6 – obliczenie rzeczywistej przepustowości pasa ruchu wlotu zasadniczego C i D z uwzględnieniem etapowego przekraczania skrzyżowania przez relacje na wprost oraz przepustowości relacji w prawo

Przepustowość pasa ruchu wspólnego dla relacji na wprost i skrótu w prawo na wlocie C oblicza się ze wzoru:

$$C_C = \frac{Q_{CW} + Q_{CP}}{\frac{Q_{CW}}{C_{CW}} + \frac{Q_{CP}}{C_{CP}}} \quad [\text{E/h}] \quad (4.39)$$

Przepustowość pasa ruchu wspólnego dla relacji na wprost i skrótu w prawo na wlocie D oblicza się ze wzoru:

$$C_D = \frac{Q_{DW} + Q_{DP}}{\frac{Q_{DW}}{C_{DW}} + \frac{Q_{DP}}{C_{DP}}} \quad [\text{E/h}] \quad (4.40)$$

gdzie natężenia Q_{CW} , Q_{CP} , Q_{DW} , Q_{DP} występujące we wzorach (4.39) i (4.40) wyrażone są w [E/h].

Wyniki obliczeń przepustowości w [E/h] można wyrazić w [P/h], mnożąc wartości C_C i C_D przez współczynnik korygujący f_c , uwzględniający wpływ struktury rodzajowej ruchu. Wartości tego współczynnika oblicza się według procedury opisanej w p. 4.6.

Na podstawie obliczonych rzeczywistych przepustowości wlotów zasadniczych dokonuje się oceny warunków ruchu tylko na tych wlotach zgodnie z zasadami podanymi w p. 5.

4.11. Przepustowość w przypadku oddziaływania sąsiednich sygnalizacji

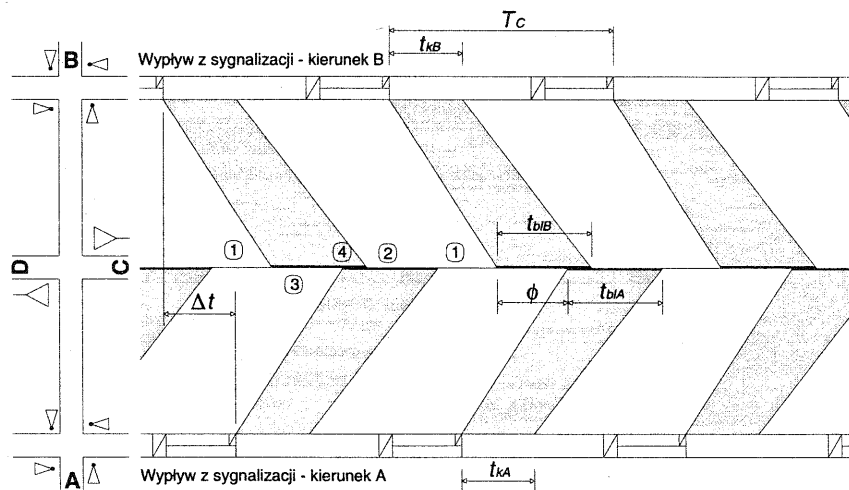
Obliczenia przepustowości skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu znajdujących się w strefie wpływu sygnalizacji na sąsiednich skrzyżowaniach lub przejściach dla pieszych wymagają stosowania specjalnej procedury. Wynika to z odmiennych cech potoków ruchu dopływających z sygnalizacji w stosunku do potoków losowych, dla których opracowano metodę obliczeń opisaną w p. 4.1 ÷ 4.8. Skutkiem oddziaływania sygnalizacji świetlnej jest grupowanie się pojazdów wypływających na początku sygnału zielonego z sąsiedniej sygnalizacji. Pojazdy te poruszają się zwykle w kolumnach, które w miarę oddalania się od sygnalizacji ulegają rozproszeniu. W potoku nadrzędnym mogą występować cykliczne przerwy – ich pojawianie się i czas trwania są determinowane programem sygnalizacji świetlnej oraz dodatkowo natężeniem ruchu pojazdów skręcających z bocznych wlotów skrzyżowania z sygnalizacją. Efektem oddziaływania sygnalizacji jest także ograniczenie maksymalnych natężeń potoków ruchu na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu, gdyż potoki te nie mogą przekraczać przepustowości relacji dopływających z sąsiedniego skrzyżowania lub przejścia z sygnalizacją.

Maksymalny zasięg strefy oddziaływania sygnalizacji świetlnej na sąsiednie skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu wynosi 400 ÷ 600 m, w zależności od warunków ruchu na wylocie skrzyżowania z sygnalizacją. Np. brak możliwości wyprzedzania i duże natężenie ruchu ograniczają dyspersję kolumn, co zwiększa zasięg strefy oddziaływania. Na wylocach wielopasowych jako granicę wpływu sygnalizacji można przyjąć 400 m. Zaleca się, aby wybór przypadków, dla których należy uwzględnić wpływ sygnalizacji na funkcjonowanie sąsiedniego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu, poprzedzać terenowymi obserwacjami występowania kolumn pojazdów i ich cykliczności powodowanych sygnalizacją.

Podstawą procedury obliczania przepustowości relacji podporządkowanych na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu, leżącym w strefie oddziaływania sygnalizacji, jest model, w którym zakłada się, że przepustowość w dłuższym okresie obserwacji jest sumą przepustowości w kolejnych interwałach charakteryzujących się zmiennymi, lecz cyklicznie powtarzającymi się stanami ruchu. Stany te mogą odpowiadać czterem następującym sytuacjom zilustrowanym na rys. 4.12, na którym przez A i B oznaczono skrzyżowania i/lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną (symbole te oznaczają również wloty skrzyżowania bez sygnalizacji):

1. losowy dopływ potoków ruchu do skrzyżowania bez występowania kolumn pojazdów wpływających z sygnalizacji,
2. jednostronny, na wlocie A, dopływ kolumn pojazdów wpływających z sygnalizacji. Na wlocie B losowy dopływ potoków ruchu jak w przypadku ruchu swobodnego,
3. jednostronny, na wlocie B, dopływ kolumn pojazdów wpływających z sygnalizacji. Na wlocie A losowy dopływ potoków ruchu jak w przypadku ruchu swobodnego,
4. jednoczesny, dwustronny dopływ kolumn pojazdów wpływających z sygnalizacji.

Podanym wyżej stanom ruchu odpowiadają różne możliwości obsługi pojazdów na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu. W stanie ruchu 1 obsługa pojazdów relacji podporządkowanych przebiega jak na skrzyżowaniu o losowych dopływach bez oddziaływania sygnalizacji, a przepustowość w interwałach występowania stanu 1 obliczana jest zgodnie z zasadami podanymi w p. 4.1 ÷ 4.8. W stanie 4 „nakładania” się kolumn pojazdów występuje całkowita przerwa w obsłudze pojazdów relacji podporządkowanych i przepustowość w interwałach występowania stanu 4 należy przyjmować równą 0. Stany 2 i 3 wprowadzają ograniczenia obsługi pojazdów w zależności od relacji podporządkowanej. W stanach tych dla pojazdów relacji CW, CL, DW i DL występuje przerwa w obsłudze, natomiast pojazdy relacji skrótu w prawo – CP w stanie 3 i DP w stanie 2 – mogą być obsługiwane podobnie jak w stanie 1.



Rys. 4.12. Ilustracja stanów ruchu na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu pozostającym pod wpływem sygnalizacji (przykład dla sygnalizacji dwufazowej)

Dla jednostronnego wpływu sygnalizacji w potoku nadrzędnym pojawiają się stany ruchu 1 i zależnie od lokalizacji skrzyżowania stany 2 lub 3 oznaczające kolumnowy dopływ z jednej strony.

Podstawowe założenia przyjęte w procedurze obliczania przepustowości relacji podporządkowanych na skrzyżowaniu będącym w strefie oddziaływania skrzyżowania z sygnalizacją są następujące:

- obsługa pojazdów relacji podporządkowanej nie występuje, jeśli odstęp między pojazdami w kolumnie potoku nadrzędnego są mniejsze niż graniczny odstęp czasu dla rozważanej relacji. Dlatego w określaniu kolumny wypływającej z sygnalizacji powinno się uwzględniać wielkości granicznych odstępów czasu,
- czasy trwania kolumnowego stanu ruchu wynikają nie tyle z długości sygnałów zielonych, co ze stanów nasycenia tych sygnałów i dyspersji pojazdów w kolumnach. Dyspersja zależy od odległości pomiędzy rozpatrywanym skrzyżowaniem z pierwszeństwem przejazdu i skrzyżowaniami i/lub przejściami dla pieszych z sygnalizacją,
- długości cykli programów sygnalizacji na sąsiednich skrzyżowaniach, przy dwustronnym oddziaływaniu sygnalizacji, są takie same i sygnalizacje te są skoordynowane. Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, uwzględnienie wpływu sąsiednich sygnalizacji niniejszą metodą nie jest możliwe. W takim przypadku należy użyć metod symulacyjnych.

Niezbędnymi danymi do obliczeń są:

- natężenia ruchu poszczególnych relacji dopływających do skrzyżowania bez sygnalizacji z wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} [P/h],
- dane o programach sygnalizacji obejmujące struktury programów, długość cyklu T_c i długości sygnałów zielonych G_i [s], przesunięcie w czasie Δt pomiędzy początkiem sygnału zielonego dla strumieni na wprost wypływających ze skrzyżowań z sygnalizacją w kierunku

wlotu A oraz wlotu B skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu [s],

- w przypadku sygnalizacji dwufazowej czasy dojazdu kolumn pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowań z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{dki} (na wlocie A – t_{dka} i na wlocie B – t_{dKB}) [s],
- w przypadku sygnalizacji dwufazowej przesunięcie czasowe ϕ pomiędzy momentami przybyć kolumn pojazdów z kierunku A i z kierunku B w osi rozpatrywanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu [s]. Jeśli sygnalizacja jest wielofazowa i w poszczególnych fazach wypływają z niej kolumny pojazdów w kierunku analizowanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu, to wówczas nie określa się przesunięcia czasowego ϕ , lecz należy graficznie wyznaczyć czasy trwania stanów ruchu 1, 2, 3 i 4,
- natężenia nasycenia dla poszczególnych potoków wypływających z sygnalizacji w kierunku skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu S_i [P/hz].

Procedura postępowania przy obliczaniu przepustowości skrzyżowania będącego w strefie oddziaływania skrzyżowania z sygnalizacją świetlną składa się z 5 opisanych poniżej kroków (w przypadku oddziaływania osygnalizowanych przejść dla pieszych można je w metodzie odwzorować jako skrzyżowania z dwufazową sygnalizacją świetlną – w tym przypadku niektóre elementy przedstawione w poniższej procedurze można pominąć):

krok 1

W tym kroku oblicza się dla sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją czasy zjazdu pojazdów z kolejki t_{ki} dla strumieni pojazdów wypływających z poszczególnych wlotów w kierunku analizowanego skrzyżowania bez sygnalizacji

Pojazdy zgromadzone w kolejce na wlocie skrzyżowania z sygnalizacją opuszczają to skrzyżowanie w kolumnach. Po rozładowaniu kolejki w czasie krótszym od długości sygnału zielonego pozostała część potoku wypływającego ze skrzyżowania traktowana jest jako losowa. Może ona zawierać również relacje skrajne z bocznych wlotów (np. wypływające na sygnale dopuszczającym skręcanie w kierunku wskazanym strzałką, na tzw. zielonej strzałce) lub innych wjazdów poza skrzyżowaniem z sygnalizacją. Dla relacji skrajnych z wydzielonymi fazami należy również obliczać czasy trwania kolejek i traktować wypływające potoki jako kolumnowe.

Czas rozładowania kolejki determinowany jest jej długością zależną od liczby pojazdów dojeżdżających w czasie sygnału czerwonego. Obliczając tę liczbę, należy uwzględnić koordynację z ewentualnymi, innymi poprzedzającymi sygnalizacjami. Czas wypływu kolumny pojazdów składa się z czasu rozładowania kolejki pojazdów oczekujących na sygnale czerwonym t_R oraz z czasu t_G rozładowania kolejki tworzącej się z pojazdów przyjeżdżających w czasie sygnału zielonego, lecz dołączających do nierozładowanej jeszcze kolejki. Czasy te oblicza się dla poszczególnych relacji i tworzących potoki nadrzędne na wlotach skrzyżowania bez sygnalizacji. W tym celu stosuje się wzory:

$$t_R = \frac{Q_{si}}{S_i} \cdot (T_c - f_{prog} \cdot G_i) \quad \text{dla } f_{prog} \cdot G_i < T_c \quad [s] \quad (4.41)$$

$$t_G = \begin{cases} \frac{Q_{si} \cdot f_{prog} \cdot t_R}{S_i - f_{prog} \cdot Q_{si}} & \text{dla } f_{prog} \cdot Q_{si} < S_i \\ 0 & \text{dla } f_{prog} \cdot Q_{si} \geq S_i \end{cases} \quad [s] \quad (4.42)$$

gdzie:

- Q_{si} – natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego relacje w całości lub w części tworzą potok nadrzędny względem relacji r na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [P/h],
- f_{prog} – współczynnik progresji w przypadku koordynacji skrzyżowań z sygnalizacją świetlną na kierunku dopływu strumieni pojazdów do obliczanej kolejki. Dla losowych potoków ruchu należy przyjąć wartość współczynnika progresji równą 1,0, a dla bardzo dobrej koordynacji równą 1,7÷2,0. Dla bardzo złej koordynacji współczynnik ten może przyjmować wartości mniejsze od 0,5,
- T_c – długość cyklu sygnalizacji [s],
- S_i – natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego wypływa potok ruchu nadrzędny dla relacji na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [P/hz],
- G_i – długość sygnału zielonego na pasie wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją, z którego relacje w całości lub w części tworzą potok nadrzędny względem relacji r na sąsiadującym skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu [s].

Jeśli podany we wzorze (4.41) warunek nie jest spełniony, tzn. $f_{prog} \cdot G_i \geq T_c$, należy przyjąć, że na wlocie nie tworzą się kolejki i strumienie z rozważanych wlotów powinny być traktowane jako losowe i tym samym brak jest wpływu sygnalizacji świetlnej na przepustowość analizowanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu.

Całkowity czas wypływu kolumny pojazdów z pasa na wlocie i skrzyżowania z sygnalizacją oblicza się ze wzoru:

$$t_{ki} = \begin{cases} t_R + t_G & \text{dla } t_R + t_G < G_i \\ G_i & \text{dla } t_R + t_G \geq G_i \end{cases} \quad [\text{s}] \quad (4.43)$$

W przypadku przyjęcia $t_{ki} = G_i$ należy zredukować natężenie Q_{si} do wartości:

$$Q_{si} = S_i \cdot t_{ki} \quad [\text{P/h}] \quad (4.44)$$

Uwaga: jeśli na wlocie znajdują się dwa pasy ruchu, z których strumienie pojazdów wyjeżdżają w kierunku skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu, wówczas przyjmuje się, że czasy t_{ki} są takie same dla każdego z pasów i w krokach 2 oraz 3 procedury obliczeniowej analizuje się tylko sytuacje na jednym z tych pasów.

krok 2

W tym kroku oblicza się czasy blokowania ruchu relacji podporządkowanych na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dojeżdżające kolumny w jednym cyklu. Na wlocie A (od strony skrzyżowania A) jest to czas blokowania t_{blA} , a na wlocie B (od strony skrzyżowania B) czas blokowania t_{blB}

Poszukiwane czasy blokowania t_{blA} i t_{blB} zwykle nie są równe sumie czasów t_{ki} w każdym z cykli z poszczególnych wlotów, gdyż kolumny pojazdów wypływających ze skrzyżowania z sygnalizacją mogą ulegać dyspersji, zwiększając swoją długość i tym samym wydłu-

żając czasy blokowania w stosunku do czasów rozładowania kolejek. Należy również pamiętać, że po osiągnięciu w wyniku dyspersji odstępów pomiędzy pojazdami większych od czasu granicznego, potok ruchu wypływający ze skrzyżowania z sygnalizacją nie może być traktowany jak kolumna – nie będzie występowało ciągłe blokowanie relacji podporządkowanych. W przypadku sygnalizacji wielofazowej czas blokowania jest sumą czasów blokowania t_{bli} przez kolumny pojazdów poszczególnych relacji dojeżdżające do skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu w każdej z faz.

Dla obliczenia czasu blokowania t_{blA} i t_{blB} konieczne jest uprzednie ustalenie lub obliczenie następujących zmiennych pomocniczych związanych z modelem dyspersji kolumn:

- t_{dk} – czasy dojazdu kolumn od linii zatrzymań na skrzyżowaniach z sygnalizacją do osi rozważanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu odpowiednio z kierunku A i B [s]. Czasy t_{dk} można ustalić z pomiaru lub w wyniku obliczeń po określeniu odległości i średnich prędkości przejazdu,
- α – współczynnik dyspersji kolumn (dla dwupasowej, dwukierunkowej jezdni $\alpha = 0,55$, dla dwupasowych jezdni jednokierunkowych $\alpha = 0,40$),
- $f_{syg,i}$ – współczynnik określający udział w ruchu na pasie (grupie pasów) wlotu i skrzyżowania z sygnalizacją strumienia (relacji) pojazdów jadących w kierunku analizowanego skrzyżowania bez sygnalizacji [-]. W ustalaniu wartości tego współczynnika należy uwzględnić, że część z pojazdów opuszczających wlot z sygnalizacją w kolumnach nie dojeżdża do rozważanego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu (zjazdy w inne wloty skrzyżowania z sygnalizacją) [-],
- Q_{min} – minimalne natężenie potoku, który może być traktowany jako kolumnowy [P/h]. Można przyjąć, że $Q_{min} = 3600/t_g$, ale wyniki badań symulacyjnych sugerują przyjęcie Q_{min} nie mniejszego niż 900 P/h,

$$\beta = (1 + \alpha)^{-1} \quad (4.45)$$

$$F = (1 + \alpha \cdot \beta \cdot t_{dk})^{-1} \quad (4.46)$$

Q_{max} – maksymalne natężenie potoku ruchu poruszającego się w kolumnie [P/h]:

$$Q_{max,i} = S_i \cdot f_{syg,i} \cdot [1 - (1 - F)^{t_{ki}}] \quad [\text{P/h}] \quad (4.47)$$

Korzystając z wymienionych parametrów, oblicza się następnie długości czasu blokowania ruchu przez kolumnę pojazdów wypływających w fazie ruchu na wprost lub w wydzielonej fazie ruchu w lewo bądź w prawo w kierunku skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu. Długość czasu blokowania przez potoki ruchu z pasa i t_{bli} po uwzględnieniu dyspersji kolumn oblicza się z następujących wzorów:

a) jeśli spełnione są warunki $Q_{min} < S_i \cdot f_{syg,i}$ i $Q_{max,i} > Q_{min}$ oraz $Q_{max,i} \geq Q_{si} \cdot f_{prog} \cdot f_{syg,i}$, to:

$$t_{bli} = t_{ki} - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{Q_{min}}{S_i \cdot f_{syg,i}} \right) \cdot \left(\frac{Q_{max,i} - Q_{si} \cdot f_{syg,i}}{Q_{min} - Q_{si} \cdot f_{syg,i}} \right) \right]}{\ln(1 - F)} \quad [\text{s}] \quad (4.48)$$

jeśli $Q_{\min} \geq S_i \cdot f_{\text{syg},i}$ lub $Q_{\max,i} \leq Q_{\min}$, to:

$$t_{bli} = 0,0 \text{ s}$$

b) jeśli $Q_{\min} < S_i \cdot f_{\text{syg},i}$ i $Q_{\max,i} > Q_{\min}$ oraz $Q_{si} \cdot f_{\text{prog}} \cdot f_{\text{syg},i} \geq Q_{\min}$, to:

$$t_{bli} = T_c \cdot \frac{Q_{si}}{Q_{\min}} \quad [s] \quad (4.49)$$

W przypadkach sygnalizacji z wydzielonymi fazami dla relacji skrajnych z wlotów bocznych skrzyżowania z sygnalizacją oblicza się czasy blokowania dla każdej relacji z wpływającymi kolumnami. Czasy blokowania t_{bIA} i t_{bIB} należy obliczyć jako sumy odpowiednich czasów t_{bli} . W przypadku sygnalizacji dwufazowych są one równe czasom blokowania obliczonym dla pasów ruchu na wprost.

krok 3

W tym kroku ustala się udziały czasów blokowania U_{blr} związanych ze stanami ruchu, w których występuje blokowanie rozpatrywanej relacji podporządkowanej r

Udział czasu blokowania odnosi się do długości cyklu sygnalizacji. Obliczenie udziału czasu blokowania U_{blr} poprzedzone jest sumowaniem stanów blokowania ruchu rozważanej relacji r przez kolumny z wlotu A i B. Należy przy tym uwzględnić nakładanie się kolumn z wlotów A i B determinowane przesunięciem dojazdu kolumn ϕ . W przypadku sygnalizacji dwufazowej udział czasu blokowania dla relacji CW, CL, DW, DL oblicza się z następujących ogólnych wzorów (zasadę obliczeń zilustrowano na rys. 4.13):

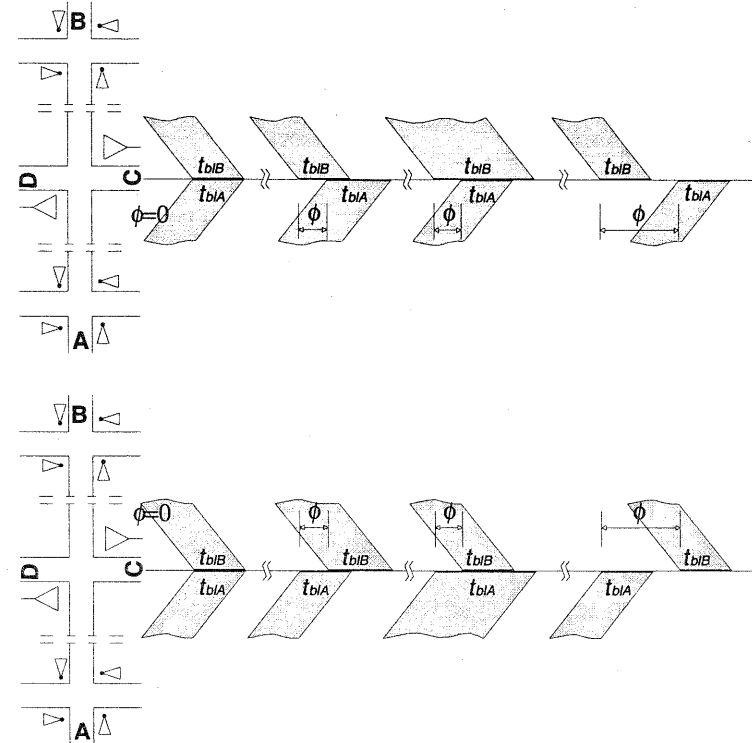
a) w przypadku dojazdu kolumn pojazdów do skrzyżowania z wlotu A z opóźnieniem o odstęp czasu ϕ w stosunku do wlotu B (rys. 4.13):

$$U_{blr} = \begin{cases} \max\{t_{bIA}, t_{bIB}\}/T_c & \text{dla } \phi = 0 \\ (\phi + t_{bIA})/T_c & \text{dla } 0 < \phi < t_{bIB} \text{ i } \phi + t_{bIA} \geq t_{bIB} \\ t_{bIB}/T_c & \text{dla } \phi + t_{bIA} < t_{bIB} \\ (t_{bIA} + t_{bIB})/T_c & \text{dla } \phi > t_{bIB} \end{cases} \quad [-] \quad (4.50)$$

b) w przypadku dojazdu kolumn pojazdów do skrzyżowania z wlotu B z opóźnieniem o odstęp czasu ϕ w stosunku do wlotu A (rys. 4.13):

$$U_{blr} = \begin{cases} \max\{t_{bIA}, t_{bIB}\}/T_c & \text{dla } \phi = 0 \\ (\phi + t_{bIB})/T_c & \text{dla } 0 < \phi < t_{bIA} \text{ i } \phi + t_{bIB} \geq t_{bIA} \\ t_{bIA}/T_c & \text{dla } \phi + t_{bIB} < t_{bIA} \\ (t_{bIA} + t_{bIB})/T_c & \text{dla } \phi > t_{bIA} \end{cases} \quad [-] \quad (4.51)$$

Dla pozostałych relacji udziały czasu blokowania należy przyjmować zgodnie z tab. 4.6.



Rys. 4.13. Ilustracja różnych przypadków blokowania relacji CW, CL, DW, DL przez kolumny pojazdów – przykład dla sygnalizacji dwufazowej

W przypadku sygnalizacji wielofazowej obliczenie udziału czasu blokowania dla poszczególnych relacji musi być poprzedzone wyznaczeniem sumy czasów blokowania tych relacji przez kolumny pojazdów dojeżdżające do skrzyżowania z pierwszeństwem ruchu w każdej z faz. Zaleca się graficzne przedstawienie tych czasów i odczyt łącznej długości czasu blokowania dla każdej z analizowanych relacji r na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu.

Tab. 4.6. Udziały czasów blokowania relacji AL, BL, CP i DP

Podporządkowana relacja r	Udział czasu blokowania U_{blr}
AL	$U_{bIAL} = t_{bIB}/T_c$
BL	$U_{bIBL} = t_{bIA}/T_c$
CP	$U_{bICP} = t_{bIA}/T_c$
DP	$U_{bIDP} = t_{bIB}/T_c$

krok 4

W tym kroku oblicza się natężenie ruchu relacji nadrzędnych w okresie braku blokowania przez kolumny pojazdów ruchu rozpatrywanej relacji r z odniesieniem tego natężenia do okresu 1 godziny

Obliczenie poszukiwanego natężenia relacji nadrzędnych następuje zgodnie z zasadami podanymi w p. 4.1, lecz z uwzględnieniem tylko tej części ruchu, który odbywa się w okresie przerw pomiędzy czasami blokowania rozpatrywanej relacji. W obliczeniach natężeń relacji nadrzędnych wyróżniono dwa przypadki z uwagi na liczbę pasów ruchu z relacją na wprost na wlotach nadrzędnych, tj. wloty z jednym lub dwoma pasami prowadzącymi relacje na wprost.

Procedura obliczeń natężenia relacji nadrzędnych w przypadku jednopasowych wlotów prowadzących relacje na wprost na drodze z pierwszeństwem przejazdu składa się z kolejnych kroków podanych poniżej w p. a) ÷ d):

- ustalenie wyjściowych sumarycznych natężeń na wlocie A – Q_A i na wlocie B – Q_B dla potoków ruchu wypływających z sąsiedniej sygnalizacji i z dopływów bocznych we wszystkich stanach ruchu przy spełnieniu warunku, że natężenie poszczególnych relacji wypływających z sygnalizacji nie może być większe od przepustowości tych relacji,
- obliczenie natężeń ruchu na wlotach A – Q'_A i B – Q'_B w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów. Natężenia te oblicza się ze wzorów:

$$Q'_A = \frac{Q_A - \sum(t_{bli} \cdot 1,5 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \frac{\sum t_{bli}}{T_c}} \quad [\text{P/h}] \quad (4.52)$$

$$Q'_B = \frac{Q_B - \sum(t_{bli} \cdot 1,5 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \frac{\sum t_{bli}}{T_c}} \quad [\text{P/h}] \quad (4.53)$$

gdzie:

- $\sum t_{bli} \cdot 1,5 \cdot Q_{\min}$ – suma iloczynu czasów blokowania przez wypływające w wydzielonych fazach potoki ruchu wchodzące w skład potoków nadrzędnych i minimalnego natężenia potoku, który może być traktowany jako kolumnowy,
- t_{bli} – czasy blokowania w poszczególnych fazach odpowiednio na wlocie A i B (dla sygnalizacji dwufazowych t_{bli} równa się odpowiednio t_{bIA} i t_{bIB}),
- Q_A, Q_B – natężenia potoków ruchu wszystkich relacji na wlotach A i B we wszystkich stanach ruchu.

Dla przypadków jednostronnego oddziaływania sygnalizacji oblicza się natężenie wyjściowe dla jednego z wlotów (Q_A lub Q_B), przyjmując dla wlotu drugiego natężenia relacji nadrzędnych zgodnie z zasadami podanymi w p. 4.1 bez korekty z uwagi na wpływ sygnalizacji,

- ustalenie natężeń poszczególnych relacji na wlotach A i B w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów. Natężenia te ustala się, wykorzystując Q'_A i Q'_B oraz dane o strukturze kierunkowej ruchu na wlocie A i B (mnożąc wartości Q'_A i Q'_B przez udziały poszczególnych relacji na wlocie),

- ustalenie natężeń nadrzędnych dla relacji r w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów.

Natężenie relacji nadrzędnych względem relacji r ustala się zgodnie z zasadami podanymi w p. 4.1, wykorzystując natężenia na drodze z pierwszeństwem przejazdu obliczone wg p. c) w okresach braku blokowania relacji r i natężenia ruchu na wlotach podporządkowanych w okresie godziny we wszystkich stanach ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu.

Procedura obliczeń natężenia relacji nadrzędnych w przypadku dwupasowych wlotów prowadzących relacje na wprost na drodze z pierwszeństwem przejazdu jest analogiczna do procedury z jednopasowymi wlotami za wyjątkiem wzorów (4.52) i (4.53), które w tym przypadku przyjmują postać:

$$Q'_A = \frac{Q_A - \sum(t_{bli} \cdot 3 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \frac{\sum t_{bli}}{T_c}} \quad [\text{P/h}] \quad (4.54)$$

$$Q'_B = \frac{Q_B - \sum(t_{bli} \cdot 3 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \frac{\sum t_{bli}}{T_c}} \quad [\text{P/h}] \quad (4.55)$$

gdzie:

- $\sum t_{bli} \cdot 3 \cdot Q_{\min}$ – suma iloczynu czasów blokowania przez wypływające w wydzielonych fazach potoki ruchu wchodzące w skład potoków nadrzędnych i minimalnego natężenia potoku, który może być traktowany jako kolumnowy,
- t_{bli} – czasy blokowania w poszczególnych fazach na wlocie A i B,
- Q_A, Q_B – natężenia potoków ruchu wszystkich relacji na wlotach A i B we wszystkich stanach ruchu.

krok 5

W tym kroku oblicza się dla poszczególnych relacji r przepustowość C_r w okresach braku blokowania i odnosi się ją do całego okresu obliczeniowego, ustalając wynikową wartość przepustowości C_{sr} z uwzględnieniem wpływu położonych w pobliżu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną

Przepustowość C_{sr} dla poszczególnych relacji r pozostających pod wpływem sygnalizacji oblicza się w dwóch etapach.

W etapie I wyznacza się dla ustalonych w kroku 4 w p. d) sumarycznych natężeń nadrzędnych przepustowość C_r jak dla niezakłóconych potoków ruchu (przypadek braku wpływu sygnalizacji) – zgodnie z postępowaniem opisanym w p. 4.2 ÷ 4.8. W etapie II koryguje się obliczoną przepustowość C_r zgodnie ze wzorem:

$$C_{sr} = C_r \cdot (1 - U_{blr}) \quad [\text{P/h}] \quad (4.56)$$

gdzie:

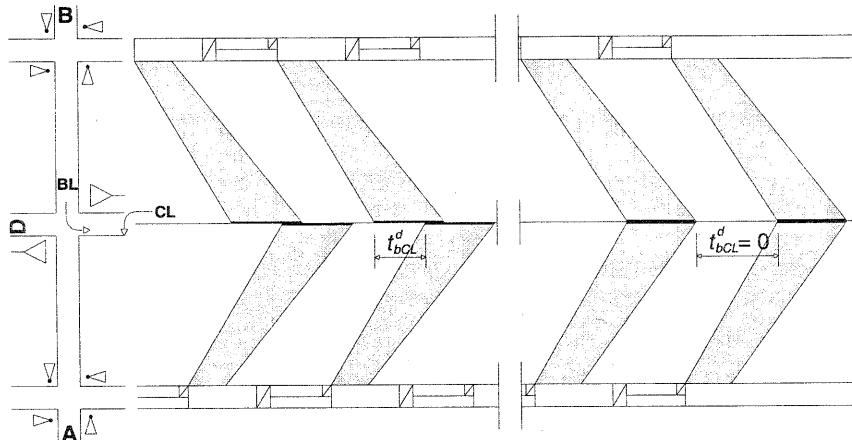
- C_{sr} – przepustowość relacji r pozostającej pod wpływem sygnalizacji [P/h],
- C_r – przepustowość obliczana jak dla losowych nadrzędnych potoków ruchu o natę-

zeniu wyznaczonym według kroku 4 [P/h]. W obliczeniach C_r , realizowanych zgodnie z p. 4.2+4.8, należy stosować procedurę szacowania współczynnika dławienia f_d uwzględniającą wpływ sygnalizacji, zgodnie z podanym poniżej opisem. Dla relacji dławiących C_r do powyższego wzoru wylicza się jako iloczyn $C_{or} \cdot f_c$.

U_{blr} – udział czasu blokowania dla relacji r obliczony zgodnie z zasadami podanymi w kroku 3 procedury.

Dławienie w przypadkach oddziaływania sygnalizacji

Efektom grupowania się pojazdów w kolumnach wypływających z sygnalizacji są m.in. zmienne warunki obsługi pojazdów skręcających w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu będących relacjami dławiącymi dla pojazdów z wlotów podporządkowanych. Np. przy tej samej przepustowości relacji dławiącej AL (BL) jej pojazdy mogą, w zależności od czasu przesunięcia kolumn ϕ , dojeżdżać do skrzyżowania w czasie ruchu kolumnowego z przeciwnej strony lub w okresie przerwy w ruchu z przeciwnej strony (rys. 4.14).



Rys. 4.14. Ilustracja różnych sytuacji dławienia ruchu przez relację BL przy oddziaływaniu sygnalizacji na dopływające do skrzyżowania potoki ruchu

Sytuacje te oznaczają różne warunki obsługi relacji dławiącej i tym samym różne długości kolejek tej relacji oraz dodatkowo zatrzymań ruchu przez te pojazdy na drodze z pierwszeństwem przejazdu (w przypadku braku wydzielonych pasów dla skrętu w lewo). Najbardziej niekorzystne warunki wystąpią dla czasu przesunięcia $\phi = 0$ s, który w przypadku pokazanej na rys. 4.14 relacji BL oznacza, co najmniej przez okres t_{bIA} , brak możliwości jej obsługi. Obsługa ta może nastąpić dopiero po zjeździe kolumny, a więc dokładnie wtedy, kiedy również relacje z wlotów podporządkowanych uzyskują dobre warunki do obsługi – efekt dławienia będzie wówczas największy. Dla innej skrajnej sytuacji, tj. całkowitego wzajemnego przesunięcia czasu blokowania na wlocie A i B, pojazdy relacji dławiących dojeżdżające w kolumnach uzyskują bardzo dobre warunki do obsługi. W takich przypadkach będzie to okres mini-

malnego oddziaływania na relacje z wlotów podporządkowanych (pojazdy jadące na wprost i skręcające w lewo), ponieważ ich obsługa i tak w czasie zjazdów relacji dławiących jest blokowana przez kolumny pojazdów na drodze z pierwszeństwem przejazdu, co jest uwzględnione w procedurze obliczeń przepustowości wyjściowej. Różny zakres oddziaływania relacji dławiących z drogi z pierwszeństwem przejazdu na przepustowość relacji z wlotów podporządkowanych uwzględnia się w obliczeniach współczynnika dławienia przez relacje AL i BL.

W celu obliczenia wartości współczynnika dławienia przez relacje AL i BL należy uprzednio obliczyć ich przepustowość, wyznaczając długości czasów obsługi tych relacji w stanach braku blokowania. Następnie należy dokonać podziału tych czasów (czasów obsługi relacji dławiących AL i BL) na okres braku blokowania dławionej relacji i okres występowania takiego blokowania (t_{br}^d). Czasy te należy określić, korzystając ze schematycznego graficznego przedstawienia obliczonych wcześniej czasów blokowania z ich wzajemnym przesunięciem. Przykład wyznaczenia niezbędnych parametrów do obliczeń f_d przy dławieniu relacji CL przez relację BL zilustrowano na rys. 4.14.

Wartość współczynnika dławienia przez relacje AL i BL ustala się według zasad podanych w p. 4.4, lecz po uprzednim obliczeniu stopnia wykorzystania przepustowości dla tych relacji ze wzorów:

a) dla relacji AL

$$\rho_{AL} = \frac{Q_{AL}}{C_{sAL}} - \frac{1,5 \cdot Q_{\min} \cdot m_L \cdot t_{br}^d}{C_{sAL} \cdot T_c} \quad [-] \quad (4.57)$$

b) dla relacji BL

$$\rho_{BL} = \frac{Q_{BL}}{C_{sBL}} - \frac{1,5 \cdot Q_{\min} \cdot m_L \cdot t_{br}^d}{C_{sBL} \cdot T_c} \quad [-] \quad (4.58)$$

gdzie:

- t_{br}^d – okres występowania blokowania dławionej relacji r przez rozważaną relację dławiącą w czasie obsługi relacji dławiącej [s],
- m_L – udział relacji skrętu w lewo z wlotu A lub B [-],
- Q_{\min} – minimalne natężenie potoku przyjętego jako kolumnowy w modelu dyspersyjnym w 2 kroku procedury obliczeniowej [P/h].

W odniesieniu do relacji dławiących rzędu 3 nie występują tak oczywiste przypadki ruchowe jak dla relacji AL i BL i dlatego efekt wpływu sygnalizacji na wartości współczynnika dławienia f_d przez relacje z wlotów podporządkowanych uwzględniany jest jak dla przypadków losowych dopływów z ujęciem oddziaływania sygnalizacji tylko na przepustowość relacji dławiących.

4.12. Stopień wykorzystania przepustowości i rezerwa przepustowości

Obliczenie przepustowości zgodnie z zasadami opisanymi w poprzednich punktach niniejszego rozdziału stanowi podstawę wyznaczenia stopnia wykorzystania przepustowości oraz rezerwy przepustowości pasa ruchu lub wlotu skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu.

Stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu j oraz wlotu wl oblicza się z następujących wzorów:

$$\rho_j = \frac{Q_j}{C_j} \quad [-] \quad (4.59)$$

$$\rho_{wl} = \frac{Q_{wl}}{C_{wl}} \quad [-] \quad (4.60)$$

gdzie:

Q_j – natężenie ruchu na pasie j [P/h],

C_j – przepustowość rzeczywista pasa ruchu j [P/h],

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

C_{wl} – przepustowość rzeczywista wlotu wl [P/h].

Rezerwę przepustowości pasa ruchu j oraz wlotu wl oblicza się z następujących wzorów:

$$\Delta C_j = C_j - Q_j \quad [P/h] \quad (4.61)$$

$$\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl} \quad [P/h] \quad (4.62)$$

oznaczenia jak we wzorach (4.59) i (4.60).

Należy pamiętać, że powyższe miary nie określają wprost możliwego wzrostu ruchu na skrzyżowaniu (w wymiarze względnym – stopień wykorzystania przepustowości lub w wymiarze bezwzględnym – rezerwa przepustowości), gdyż przepustowość zależy od natężenia ruchu na skrzyżowaniu. Wzrostowi ruchu na skrzyżowaniu towarzyszyć będzie spadek przepustowości, a więc stopień wykorzystania przepustowości będzie rósł, a rezerwa przepustowości malała znacznie szybciej, niżby to wynikało z samego wzrostu natężenia ruchu. Możliwy wzrost ruchu na skrzyżowaniu może być określony w procedurze obliczeń iteracyjnych.

5. KRYTERIA I PROCEDURY OCENY WARUNKÓW RUCHU

5.1. Klasyfikacja warunków ruchu

Całkowite wykorzystanie przepustowości pasów ruchu z relacjami podporządkowanymi możliwe jest tylko przy utrzymywaniu się stałej kolejki pojazdów. Tylko w takiej sytuacji każdy odstęp czasu w potoku nadrzędnym większy od granicznego odstępu czasu t_g , odpowiedniego dla rozważanej relacji, będzie wykorzystany przez pojazdy podporządkowane. Związane jest to z występowaniem bardzo uciążliwych warunków ruchu (duże straty czasu, długie kolejki i zatrzymanie wszystkich pojazdów), które są nie do zaakceptowania przez kierowców. Dlatego przepustowość jako jedyna miara nie może być podstawą projektowania lub oceny dostosowania skrzyżowań do istniejących potrzeb ruchowych.

Do celów projektowania skrzyżowań nowych oraz oceny warunków ruchu na skrzyżowaniach istniejących stany warunków ruchu są określane przez tzw. poziomy swobody ruchu (*PSR*), będące jakościową charakterystyką warunków ruchu, uwzględniającą odczucia i oceny reprezentacji populacji kierowców. Odpowiadają one pośrednim warunkom między ruchem o nieznacznych zakłóceniach przejazdu pojazdów przez skrzyżowanie i ruchem na granicy nasycenia, kiedy natężenie ruchu równe jest przepustowości. Cały zakres zmienności warunków ruchu podzielony został na cztery stany opisujące warunki jako: **bardzo dobre** (*PSR I*), **dobre** (*PSR II*), **przeciętne** (*PSR III*) i **niekorzystne** (*PSR IV*).

Podstawowym kryterium oceny jakości ruchu na skrzyżowaniach bez sygnalizacji świetlnej jest średnia strata czasu d przypadająca na pojazd [s/P] (głównie z powodu oczekiwania w kolejce) ponoszona przez pojazdy relacji podporządkowanych. W ocenie warunków ruchu uwzględnia się straty czasu występujące w danych warunkach drogowo-ruchowych na skrzyżowaniu, przy dobrej widoczności oraz dobrych warunkach oświetlenia i pogody. Poszczególnym stanom warunków ruchu przypisane są średnie straty czasu pojazdów zestawione w tab. 5.1.

Tab. 5.1. Graniczne wartości średnich strat czasu dla poszczególnych poziomów swobody ruchu

<i>PSR</i>	Warunki ruchu	Średnia strata czasu d [s/P]
I	bardzo dobre	$\leq 15,0$
II	dobre	$15,1 \div 30,0$
III	przeciętne	$30,1 \div 50,0$
IV	niekorzystne	$> 50,0$

Poziom swobody ruchu *PSR IV* może oznaczać niestabilne warunki ruchu, przy których niewielki wzrost natężenia ruchu może powodować szybki wzrost długości kolejek i strat czasu. Straty maksymalne pojedynczych pojazdów mogą sięgać wówczas nawet kilku minut. Tak niekorzystne warunki ruchu nie byłyby akceptowane przez większość kierowców, stąd też powinny być ograniczane jako warunki projektowe oraz eksploatacyjne skrzyżowań.

Zaleca się tak projektować skrzyżowania, aby warunki ruchu na wlotach, przy prognozowanych natężeniach ruchu, nie były gorsze niż odpowiadające **II** i **III** *PSR*, a wyjątkowo

IV PSR, lecz z dodatkowymi ograniczeniami, w zależności od klasy krzyżujących się dróg i lokalizacji skrzyżowania. Szczegółowe zalecenia w zakresie wymagań odnośnie konieczności zapewnienia odpowiedniego poziomu swobody ruchu podają Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych [6]. **Przy dopuszczeniu IV PSR średnie straty czasu nie powinny przekraczać 75 s/P, a rezerwa przepustowości nie powinna być mniejsza niż 30 P/h.** Przy projektowaniu skrzyżowań zaleca się na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu zapewnienie co najmniej III PSR, a na wlotach podporządkowanych IV PSR może być dopuszczony wyjątkowo.

Prezentowana metoda umożliwia ocenę poziomów swobody ruchu dla pasów ruchu, wlotów nadrzędnych i podporządkowanych oraz całego skrzyżowania.

Metoda pozwala na obliczenie długości miarodajnych kolejek pojazdów odpowiadających kwantylowi 0,95 rozkładu kolejek na pasach wlotów podporządkowanych. Kolejki miarodajne powinny być uwzględniane przy wymiarowaniu długości odcinków akumulacji projektowanych, wydzielonych pasów ruchu dla relacji skłonnych.

Metoda umożliwia ponadto obliczenie granicznych wartości rezerwy przepustowości odpowiadających poszczególnym poziomom swobody ruchu, które są podstawą wyznaczenia natężeń krytycznych. Natężenie ruchu mniejsze od natężenia krytycznego, ustalonego dla wybranego PSR, będzie gwarantować występowanie warunków ruchu nie gorszych od przyjętego PSR na analizowanych pasach wlotów podporządkowanych skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu.

5.2. Straty czasu

5.2.1. Straty czasu na pasie ruchu

Procedura szacowania strat czasu wymaga wcześniejszego wyznaczenia wartości przepustowości C_j i stopnia wykorzystania przepustowości ρ_j dla pasów z relacjami podporządkowanymi. Średnia strata czasu d_j oblicza się ze wzoru:

$$d_j = \begin{cases} 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_j} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ (\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600 \cdot \rho_j}{450 \cdot t_a}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot \rho_j} - 2,2 & \text{dla } 0,0 < \rho_j \leq 1,0 \\ 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_j} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ (\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600 \cdot \rho_j}{450 \cdot t_a}} \right\} \right] + 0,5 & \text{dla } 1,0 < \rho_j \leq 1,2 \end{cases} \quad [\text{s/P}] \quad (5.1)$$

gdzie:

d_j – średnia strata czasu przypadająca na pojazd analizowanego pasa ruchu j [s/P] ($j = 1, 2$ i 3 odpowiednio dla kolejnych pasów ruchu, licząc od osi wlotu podporządkowanego),

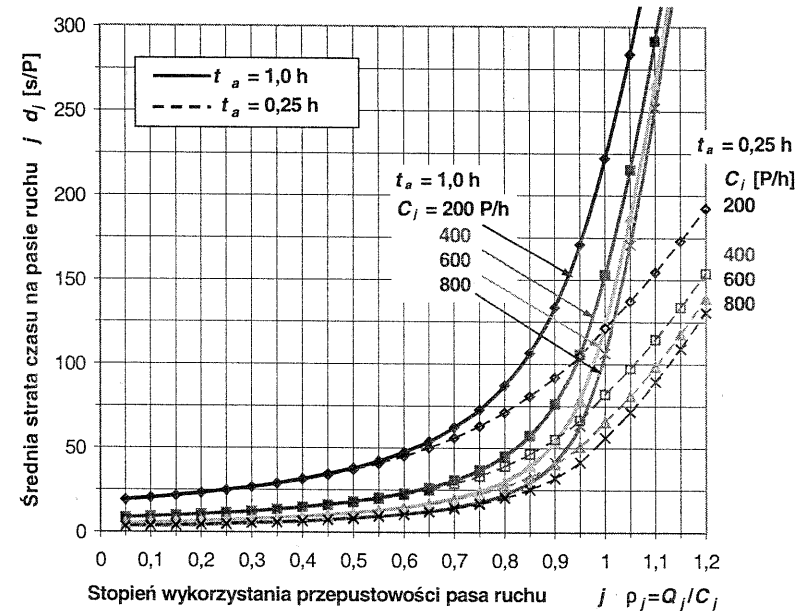
C_j – przepustowość pasa ruchu j [P/h],

ρ_j – stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu j [-], $\rho_j = \frac{Q_j}{C_j}$,

Q_j – natężenie ruchu na pasie j [P/h],

t_a – okres analizy [h], przyjęty zgodnie z przesłankami podanymi w p. 3.2 (dla okresu analizy o długości 15 min. – $t_a = 0,25$ h).

Zależność średniej straty czasu d_j , wyliczonej wg wzoru (5.1), od stopnia wykorzystania przepustowości pasa ruchu j dla różnych jego przepustowości C_j oraz dwóch długości okresu analizy $t_a = 1,0$ h oraz $0,25$ h przedstawia rys. 5.1.



Rys. 5.1. Wpływ stopnia wykorzystania przepustowości ρ_j i przepustowości pasa ruchu C_j oraz okresu analizy t_a na średnie straty czasu pojazdów d_j

Z wzoru (5.1) można również skorzystać przy obliczaniu strat czasu dla pojedynczych relacji. W tym przypadku do wzoru należy podstawić stopień wykorzystania przepustowości ρ_r i przepustowość C_r analizowanej relacji podporządkowanej.

5.2.2. Straty czasu na wlocie

Obliczone wartości średnich strat czasu dla wszystkich pasów ruchu na wlocie podporządkowanym oraz dla pasów ruchu z relacją skłonu w lewo na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu umożliwiają obliczenie średnich strat czasu d_w dla całego wlotu. Jest ona obliczana jako średnia ważona wyznaczonych strat czasu dla pasów ruchu według wzoru:

$$d_{wl} = \frac{\sum_j d_j \cdot Q_j}{\sum_j Q_j} \quad [s/P] \quad (5.2)$$

gdzie:

- d_{wl} – średnia strata czasu na pojazd dla wlotu skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu [s/P] ($wl = A, B, C$ i D odpowiednio dla wlotu A, B, C oraz D),
- d_j – średnie straty czasu odpowiednio dla pasów ruchu j na wlocie wl obliczone ze wzoru (5.1) [s/P] ($j = 1$ – dla pasa przy osi wlotu),
- Q_j – natężenia ruchu odpowiednio dla pasów ruchu j na wlocie wl [P/h].

5.2.3. Straty czasu na skrzyżowaniu

Jednym z kryteriów wyboru typu skrzyżowania, organizacji ruchu i sposobu sterowania na skrzyżowaniu jest średnia strata czasu dla całego skrzyżowania d_{skrz} . Oblicza się ją ze wzoru:

$$d_{sk} = \frac{\sum_{wl} d_{wl} \cdot Q_{wl}}{\sum_{wl} Q_{wl}} \quad [s/P] \quad (5.3)$$

gdzie:

- d_{sk} – średnia strata czasu pojazdów na skrzyżowaniu bez sygnalizacji świetlnej [s/P],
- d_{wl} – średnie straty czasu odpowiednio dla wlotu A, B, C i D obliczone ze wzoru (5.2) [s/P],
- Q_{wl} – natężenia ruchu na wlotach skrzyżowania A, B, C i D [P/h].

Przy interpretacji wyników obliczeń strat czasu według wzorów (5.2) i (5.3) należy uwzględnić założenie, że pojazdy relacji rzędu 1 (relacje AW, AP, BW oraz BP) mogą nie ponosić strat czasu (w sytuacji gdy, relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu korzystają z wydzielonych pasów).

5.3. Określenie poziomu swobody ruchu

Określenie poziomu swobody ruchu PSR pasa ruchu j lub wlotu wl polega na obliczeniu średniej straty czasu przypadającej na pojazd z odpowiedniego wzoru (5.1) – d_j lub (5.2) – d_{wl} oraz jej porównaniu z wartościami granicznymi przedstawionymi w tab. 5.1.

PSR ustalony dla wlotu należy traktować jako przybliżony z uwagi na sposób obliczenia strat czasu. Nie wyznacza się poziomu swobody ruchu dla całego skrzyżowania.

5.4. Miarodajna długość kolejki

Dodatkowym parametrem przydatnym w ocenie warunków ruchu, a przede wszystkim użytecznym przy wymiarowaniu dodatkowych pasów dla relacji skrętnych jest miarodajna długość kolejki K_{jm} , którą oblicza się z następującego wzoru:

$$K_{jm} = \frac{C_j}{4} \cdot t_a \cdot \left[(\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600}{150 \cdot t_a} \cdot \rho_j} \right] \quad [P] \quad (5.4)$$

gdzie:

- K_{jm} – miarodajna długość kolejki dla analizowanego pasa ruchu j [P],
- pozostałe oznaczenia jak we wzorze (5.1).

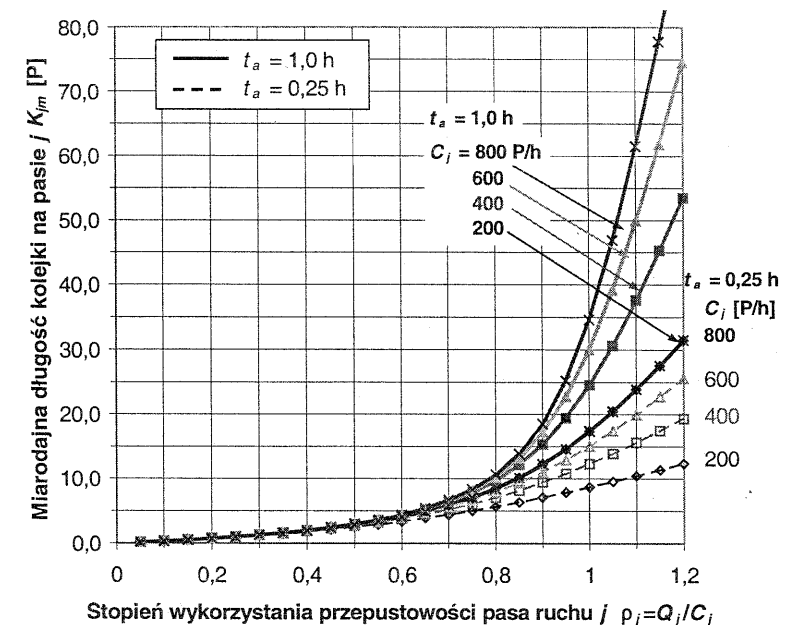
Wielkość kolejki miarodajnej na pasie ruchu z relacjami podporządkowanymi K_{jm} związana jest z częstością występowania maksymalnych kolejek na pasie (kwantyl 0,95) i powinna być stosowana przy obliczaniu długości strefy akumulacji dodatkowych pasów dla relacji skrętnych.

Długość kolejki wyrażoną w metrach L_K , tzw. zasięg kolejki, należy wyliczać, mnożąc wartość K_{jm} przez przeciętną długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p :

$$L_K = K_{jm} \cdot l_p \quad [m] \quad (5.5)$$

przy czym l_p obliczane jest, jak podano w objaśnieniach do wzoru (4.12).

Zależność miarodajnej długości kolejki K_{jm} , wyliczonej wg wzoru (5.4), od stopnia wykorzystania przepustowości pasa ruchu j dla różnych jego przepustowości C_j oraz dwóch długości okresu analizy $t_a = 1,0$ h oraz $0,25$ h przedstawia rys. 5.2.



Rys. 5.2. Wpływ stopnia wykorzystania przepustowości ρ_j i przepustowości pasa ruchu C_j oraz okresu analizy t_a na miarodajną długość kolejki K_{jm}

5.5. Dopuszczalne natężenia ruchu

Procedura umożliwia wyznaczanie natężeń dopuszczalnych, tzw. natężeń krytycznych, Q_k^i dla poszczególnych PSR. Mogą być one pomocne przy wymiarowaniu skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu. W sytuacji, gdy natężenie ruchu na pasie/wlocie podporządkowanym jest mniejsze od natężenia krytycznego Q_k^i dla i -tego PSR, to warunki na tym pasie/wlocie są nie gorsze od przyjętego PSR. Natężenia krytyczne mogą być również podstawą przyjmowania tzw. przepustowości praktycznej, stosownie do zalecanych PSR w Wytycznych projektowania skrzyżowań drogowych [6] dla projektowanych rozwiązań.

Natężenia krytyczne $Q_{k,j}^i$ dla j -tego pasa podporządkowanego, odpowiadające poszczególnym poziomom swobody ruchu i , wyznacza się, przyjmując wartość wymaganej (krytycznej) dla każdego PSR rezerwy przepustowości $\Delta C_{k,j}^i$ zgodnie ze wzorem:

$$Q_{k,j}^i = C_j - \Delta C_{k,j}^i \quad [\text{P/h}] \quad (5.6)$$

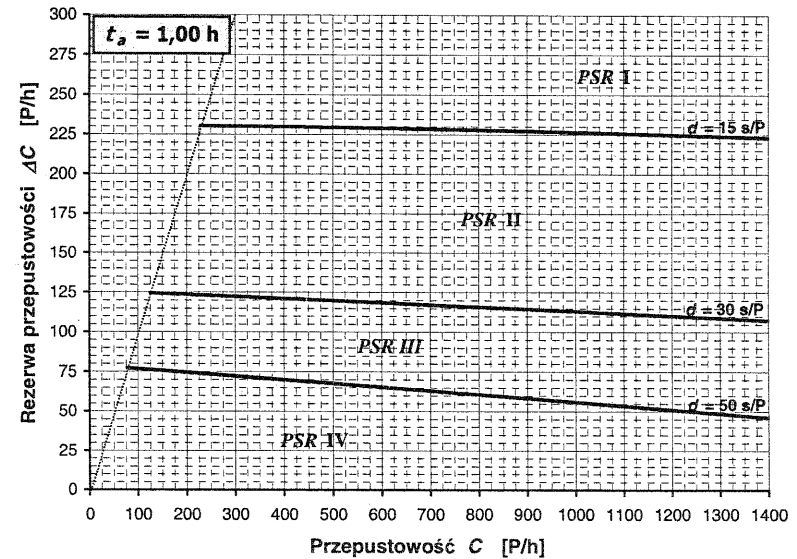
gdzie:

- $Q_{k,j}^i$ – natężenie krytyczne na pasie ruchu j dla poziomu swobody ruchu i (dla $i = \text{I} \div \text{III}$) [P/h],
- C_j – przepustowość pasa ruchu j [P/h],
- $\Delta C_{k,j}^i$ – krytyczna rezerwa przepustowości na pasie ruchu j dla poziomu swobody ruchu i [P/h], wyznaczona z wykresu na rys. 4.1 lub 4.2 w zależności od przyjętego okresu analizy t_a (w nawiązaniu do zapisu w p. 2.1).

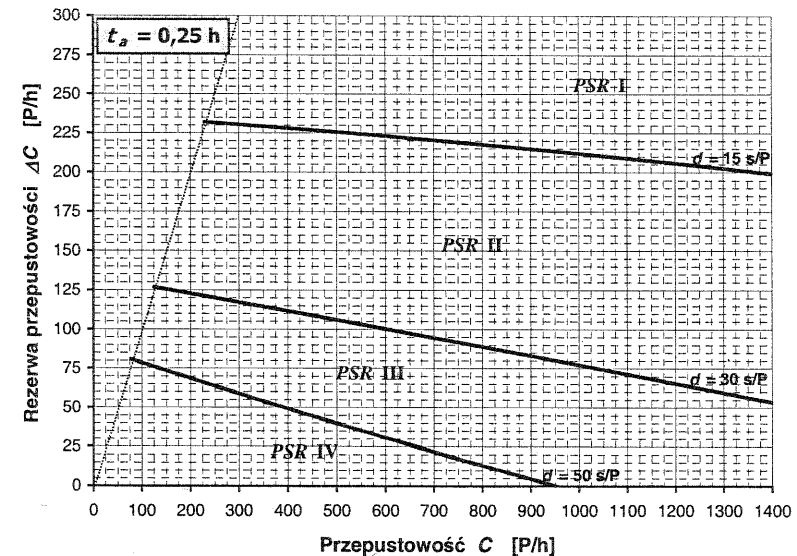
Krytyczna rezerwa przepustowości j -tego pasa $\Delta C_{k,j}^i$ odpowiada górnej granicy średnich strat czasu dla poziomu swobody i . Jej wartość można odczytać z wykresów na rys. 5.3 lub 5.4 dla obliczonej wcześniej przepustowości pasa C_j .

Identyczny tok postępowania występuje przy obliczaniu natężenia krytycznego dla wlotu podporządkowanego $Q_{k,wl}^i$. Z wykresów na rys. 5.3 lub 5.4, wyznacza się krytyczną rezerwę przepustowości $\Delta C_{k,wl}^i$ i znając przepustowość wlotu C_{wl} , oblicza się natężenie krytyczne dla wlotu ze wzoru:

$$Q_{k,wl}^i = C_{wl} - \Delta C_{k,wl}^i \quad [\text{P/h}] \quad (5.7)$$



Rys. 5.3. Wykres do wyznaczania wartości krytycznej rezerwy przepustowości ΔC_k^i przy okresie analizy $t_a = 1,00 \text{ h}$



Rys. 5.4. Wykres do wyznaczania wartości krytycznej rezerwy przepustowości ΔC_k^i przy okresie analizy $t_a = 0,25 \text{ h}$

6. UPROSZCZONA METODA DO CELÓW PLANISTYCZNYCH

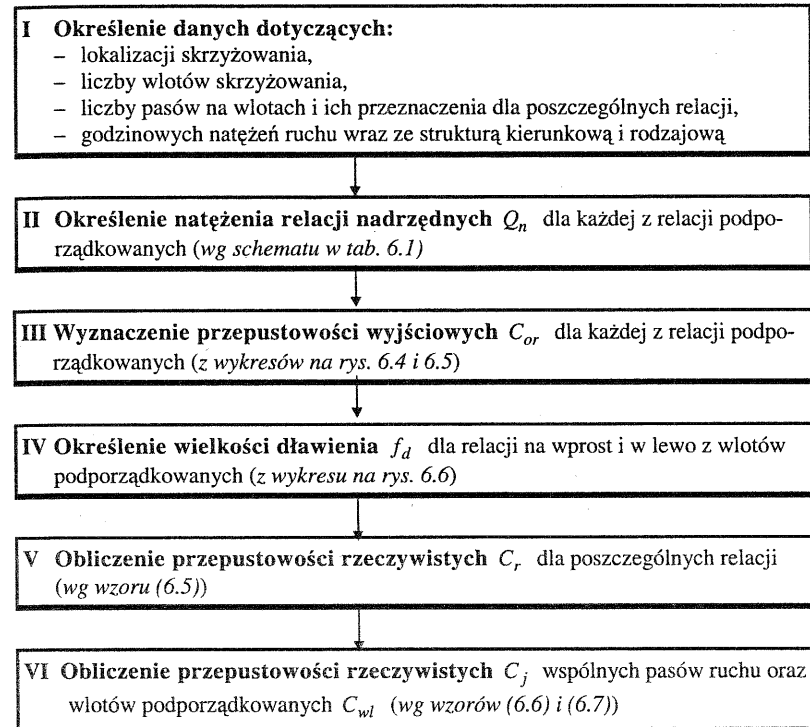
W planowaniu układów komunikacyjnych występuje potrzeba oceny przepustowości wielu elementów układu, w tym skrzyżowań bez sygnalizacji. Zakres danych do analizy obejmuje w takim przypadku tylko dane dostępne w fazie planowania. Ze względów praktycznych istotna jest w tej fazie również prostota i łatwość oceny. Przedstawiona, uproszczona metoda bazuje na metodzie obliczania przepustowości opisanej w rozdziałach 1 ÷ 5. Przyjęte uproszczenia powodują, że prezentowana w niniejszym rozdziale wersja metody przydatna jest tylko w szacunkowych obliczeniach w fazie prac planistycznych i nie powinna być stosowana w stadiach prac projektowych skrzyżowań, dla których przeznaczona jest metoda szczegółowa (rozd. 1 ÷ 5).

6.1. Metodologia analiz przepustowości

Metodologia prowadzenia obliczeń przepustowości opiera się na następujących założeniach:

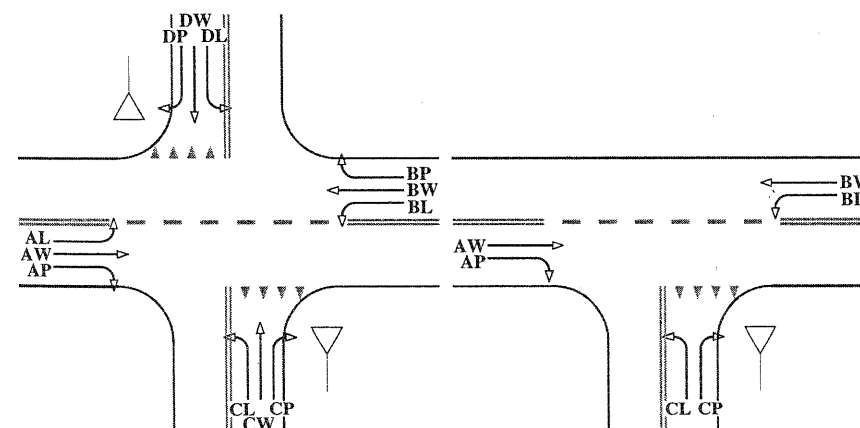
- wyznaczanie przepustowości wlotów i ocena warunków ruchu odnosi się do skrzyżowań z określonym za pomocą znaków drogowych pierwszeństwem przejazdu,
- przepustowość relacji podporządkowanej zależy w pierwszym rzędzie od łącznego natężenia strumieni pojazdów mających pierwszeństwo przed daną relacją podporządkowaną, tzw. **natężenia relacji nadrzędnych** Q_n ,
- w przyjętych umownie, tzw. warunkach wyjściowych, określana jest **przepustowość wyjściowa** C_{or} każdej relacji podporządkowanej, niezależnie od liczby pasów i organizacji ruchu na wlocie,
- kolejność wykonywania manewrów na skrzyżowaniu, przez strumienie podporządkowane różnych relacji powoduje, że pewna część odstępów czasu w potoku nadrzędnym nie może być wykorzystana przez pojazdy relacji, które w dalszej kolejności przejeżdżają skrzyżowanie. Zachodzi tzw. **efekt dławienia** ruchu pojazdów podporządkowanych dalszej kolejności wykonania manewru przez pojazdy również podporządkowane, lecz mające prawo wcześniej zrealizować swój manewr (np. *odstęp między pojazdami na drodze z pierwszeństwem przejazdu w pierwszej kolejności wykorzystywany jest przez pojazd jadący na wprost z wlotu podporządkowanego, a dopiero w następnej kolejności przez pojazd skręcający w lewo z przeciwległego wlotu podporządkowanego. Relacja skrętu w lewo nazywana jest w tym przypadku dławioną, a relacja na wprost z przeciwległego wlotu podporządkowanego – dławiacą*),
- przepustowość pasa ruchu determinowana jest wartościami przepustowości poszczególnych relacji korzystających z tego pasa oraz strukturą kierunkową ruchu na pasie,
- przepustowość wlotu podporządkowanego z jednym pasem odpowiada wprost przepustowości tego pasa, natomiast wlotu z liczbą pasów większą niż jeden zależy od przepustowości poszczególnych pasów oraz rozkładu ruchu na pasy,
- przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji można wyrazić jako sumę natężeń ruchu na wszystkich jego wlotach w sytuacji, gdy na jednym z wlotów natężenie osiągnęło wartość przepustowości. Przepustowość skrzyżowania bez sygnalizacji przybiera więc różne wartości w zależności od natężenia ruchu na drodze nadrzędnej i wlotach bocznych, struktury kierunkowej i rodzajowej obu krzyżujących się dróg oraz prędkości przejazdu przez skrzyżowanie.

Strukturę metody obliczeniowej uwzględniającej powyższe założenia przedstawia rys. 6.1.



Rys. 6.1. Schemat uproszczonej metody obliczania przepustowości

Poszczególne wloty oraz relacje na skrzyżowaniu mają oznaczenia zgodne z rys. 6.2.



Rys. 6.2. Oznaczenia relacji na skrzyżowaniu o czterech i o trzech wlotach

6.2. Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych

Natężenie relacji nadrzędnych Q_n [P/h] definiowane jest jako suma natężeń ruchu wszystkich konfliktowych relacji pojazdów i pieszych mających pierwszeństwo przejazdu/przejścia przed daną relacją podporządkowaną oraz relacji silnie oddziałujących na nią. Sposób wyznaczenia natężeń relacji nadrzędnych dla każdej relacji podporządkowanej podaje tab. 6.1.

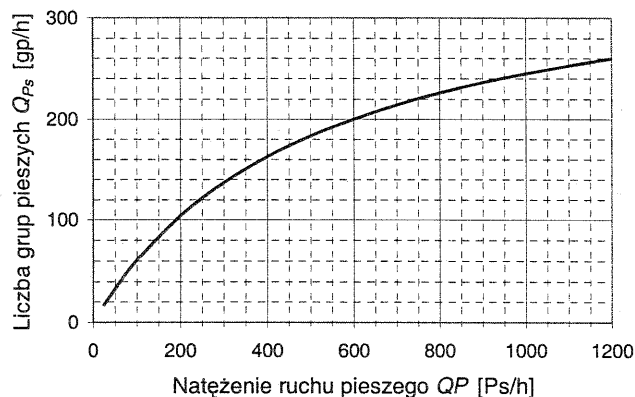
Przedstawione w tab. 6.1 w kol. 2 ilustracje dotyczą ustalania natężenia relacji nadrzędnych dla relacji BL z drogi z pierwszeństwem przejazdu oraz wszystkich relacji z wlotu podporządkowanego C skrzyżowania o czterech wlotach, zaś w kol. 3 – wlotów przeciwnych, tzn. wlotu A (relacja AL) i wlotu D (relacje DP, DW i DL). Jeżeli niektóre z przedstawionych w tab. 6.1 relacji nie występują na skrzyżowaniu (np. skrzyżowanie o trzech wlotach lub skrzyżowanie z drogą jednokierunkową), należy je pominąć we wzorach na Q_n . Natężenie ruchu pieszego, wyrażone liczbą grup pieszych przekraczających dane przejście w ciągu godziny [gp/h], uwzględnia się we wzorach na Q_n tylko w przypadku występowania wyznaczonych na wlotach przejść dla pieszych.

Gdy natężenia miarodajne do obliczeń dane są w pojazdach umownych (samochodach osobowych), natężenia poszczególnych relacji Q_r [E/h] należy przeliczyć na natężenie w pojazdach rzeczywistych Q_r [P/h] z uwzględnieniem znanego lub założonego udziału pojazdów ciężkich w potoku u_c (wyrażonego liczbą niemianowana) oraz współczynnika przeliczeniowego $E_c = 2,0$, wg wzoru:

$$Q_r = Q_r [E/h] \cdot f_c \quad [P/h] \quad (6.1)$$

$$f_c = \frac{1}{1 + u_c \cdot (E_c - 1)} = \frac{1}{1 + u_c} \quad [-] \quad (6.2)$$

Natężeniem obliczeniowym ruchu pieszego jest liczba grup pieszych Q_{ps} przekraczających przejście w ciągu godziny. Znając natężenie ruchu pieszego, wyrażone w [Ps/h], odpowiadającą mu liczbę grup pieszych [gp/h] można wyznaczyć z wykresu na rys. 6.3.



Rys. 6.3. Wykres do wyznaczenia liczby grup pieszych na przejściu na podstawie natężenia ruchu pieszego

Tab. 6.1. Sposób wyznaczenia natężeń relacji nadrzędnych

Rodzaj relacji podporządkowanej	Ilustracja i natężenia relacji nadrzędnych	
1. Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu BL, AL		
	$Q_n = Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{CPs}$	$Q_n = Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{DPs}$
2. Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP, DP		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW}^{(1)} + Q_{CPs} + Q_{BPps}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW}^{(1)} + Q_{DPs} + Q_{APs}$
3. Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW, DW		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{CPs} + Q_{DPs}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{DPs} + Q_{CPs}$
4. Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL, DL		
	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW}^{(1)} + Q_{BL} + Q_{DW} + Q_{DP} + Q_{CPs} + Q_{APs}$	$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW}^{(1)} + Q_{AL} + Q_{CW} + Q_{CP} + Q_{DPs} + Q_{BPps}$

1) Jeżeli relacja na wprost (AW, BW) korzysta z więcej niż jednego pasa ruchu, do obliczeń należy brać natężenie ruchu na jednym pasie. Natężenie to można w uproszczeniu oszacować, dzieląc natężenie (Q_{AW} , Q_{BW}) przez liczbę pasów, z których korzysta relacja na wprost.

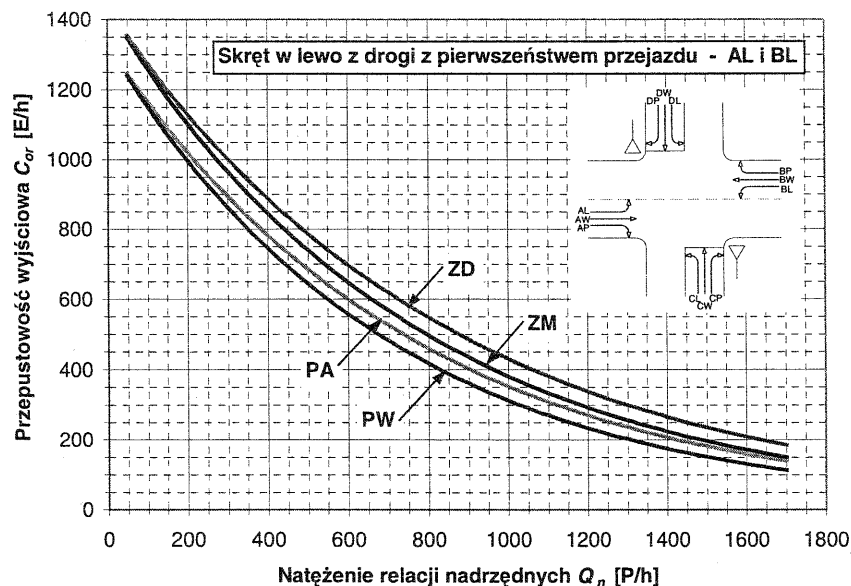
6.3. Wyznaczenie przepustowości wyjściowych relacji podporządkowanych

Przepustowość wyjściowa C_{or} oznacza maksymalną liczbę samochodów osobowych (pojazdów umownych) danej relacji podporządkowanej przecinających lub włączających się w potok nadrzędny w okresie jednej godziny [E/h] w warunkach uznanych za wyjściowe.

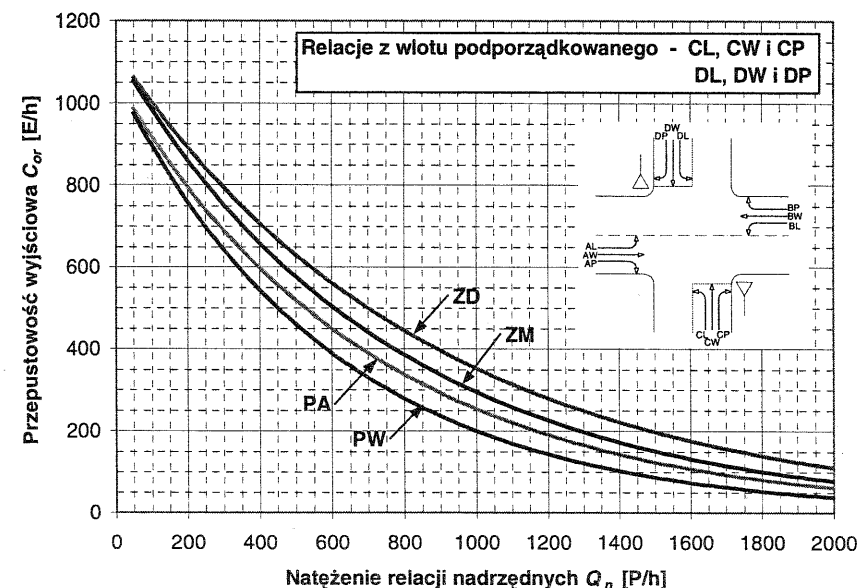
Wartości przepustowości wyjściowych zależą od rodzaju relacji podporządkowanej (czy są to relacje skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, czy relacje z wlotu podporządkowanego) oraz od lokalizacji skrzyżowania. Rozróżniono następujące lokalizacje skrzyżowania:

- | | |
|--|-------------|
| - teren zabudowy, mała miejscowość (do 30 tys. mieszkańców) | - ZM |
| - teren zabudowy, duża miejscowość (powyżej 30 tys. mieszkańców) | - ZD |
| - poza terenem zabudowy, w strefie dużych aglomeracji | - PA |
| - poza terenem zabudowy, bez wpływu dużych aglomeracji | - PW |

Przepustowości wyjściowe dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu odczytać należy z wykresu na rys. 6.4, a dla dowolnej relacji z wlotu podporządkowanego z wykresu na rys. 6.5. Danymi wyjściowymi do wyznaczenia C_{or} z wykresów są: natężenie relacji nadrzędnych Q_n [P/h] (ustalone zgodnie z zasadami podanymi w tab. 6.1) i lokalizacja skrzyżowania.



Rys. 6.4. Przepustowości wyjściowe relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu



Rys. 6.5. Przepustowości wyjściowe relacji z wlotu podporządkowanego

6.4. Określenie wielkości dławienia

Dławienie dotyczy relacji na wprost i skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego. Poniżej zestawiono relacje dławiące na skrzyżowaniach:

- skrzyżowanie o czterech wlotach:
 - relacja CW jest dławiona przez relacje AL i BL,
 - relacja DW jest dławiona przez relacje AL i BL,
 - relacja CL jest dławiona przez relacje AL, BL, DW i DP,
 - relacja DL jest dławiona przez relacje AL, BL, CW i CP,
- skrzyżowanie o trzech wlotach:
 - relacja CL jest dławiona przez relację BL.

Wskazana wyżej relacja podporządkowana (CW lub DW, CL lub DL) może być dławiona przez jedną lub więcej relacji dławiących (rd). Wielkość dławienia wyrażana jest za pomocą współczynnika dławienia f_d , który jest iloczynem współczynników dławienia przez poszczególne relacje dławiące f_{rd} :

$$f_d = \prod_{rd} f_{rd} \quad [-] \quad (6.3)$$

Dla wyznaczenia współczynników dławienia przez poszczególne relacje dławiące f_{rd} należy obliczyć, jako wielkości wyjściowe, stopnie wykorzystania przepustowości ρ_{rd} po-

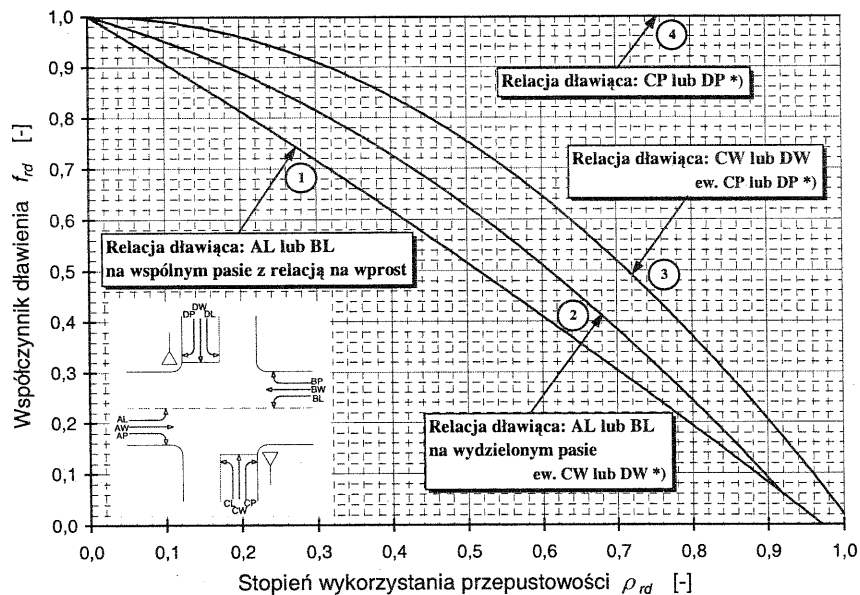
szczególnych relacji dławiących rd ze wzoru:

$$\rho_{rd} = \frac{Q_{rd}}{C_{rd}} \quad [-] \quad (6.4)$$

gdzie:

- ρ_{rd} – stopień wykorzystania przepustowości relacji dławiącej rd [-] (relacjami dławiaczami są: AL, BL, CW lub DW i CP lub DP),
- Q_{rd} – natężenie ruchu relacji dławiącej rd w [E/h],
- C_{rd} – przepustowość relacji dławiącej rd w [E/h], o wartości równej przepustowości wyjściowej relacji dławiącej $C_r = C_{or}$, wyznaczonej z wykresów na rys. 6.4 lub 6.5.

Dla wyznaczonych według wzoru (6.4) stopni wykorzystania przepustowości ρ_{rd} odczytuje się dla poszczególnych relacji dławiących rd z wykresu na rys. 6.6 wartości odpowiadających im współczynników korygujących f_{rd} .



*) Uwaga: Powyższe odczyty z krzywych ③ i ④ dotyczą przypadku występowania na wlocie podporządkowanym z relacją dławiaczą jednego pasa, na którym relacje dławiacze występują wspólnie z relacją skrętu w lewo CL lub DL (która nie jest relacją dławiaczą), pod warunkiem że udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie przekracza 10%. Jeżeli na wlocie podporządkowanym występuje wydzielony pas dla skrętu w lewo lub udział tej relacji na wspólnym pasie nie przekracza 10%, odczytów f_{rd} należy dokonać następująco:

- dla relacji dławiaczej na wprost CW lub DW – z krzywej ②,
- dla relacji dławiaczej skrętu w prawo CP lub DP – z krzywej ③.

Rys. 6.6. Wykresy do wyznaczania współczynnika korygującego f_{rd} wpływu dławienia ruchu przez relacje dławiacze rd

Krzywe przedstawione na rys. 6.6 odnoszą się do poszczególnych relacji dławiących:

- krzywa ① – dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (AL lub BL) na wspólnym pasie z relacją na wprost,
- krzywa ② – dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (AL lub BL) na wydzielonym pasie, ewentualnie dla relacji na wprost z wlotu podporządkowanego (CW lub DW) stosownie do warunków zapisanych w uwadze pod rys. 6.6,
- krzywa ③ – dla relacji na wprost z wlotu podporządkowanego (CW lub DW), ewentualnie dla relacji skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego (CP lub DP) stosownie do warunków zapisanych w uwadze pod rys. 6.6,
- krzywa ④ – dla relacji skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego (CP lub DP) – w tym przypadku $f_{rd} = 1,0$ niezależnie od wartości ρ_{rd} .

6.5. Obliczenie przepustowości rzeczywistych

6.5.1. Przepustowość rzeczywista relacji

Przepustowość rzeczywistą relacji korzystającej z jednego pasa ruchu, w odniesieniu do realnych warunków geometryczno-ruchowych, oblicza się ze wzoru:

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \quad [E/h] \quad (6.5)$$

gdzie:

- C_r – przepustowość rzeczywista relacji r z jednego pasa ruchu [E/h],
- C_{or} – przepustowość wyjściowa relacji [E/h] wyznaczona z wykresu na rys. 6.4 lub 6.5,
- f_d – korygujący współczynnik uwzględniający wpływ dławienia ruchu obliczanej relacji, wyznaczany zgodnie z procedurą opisaną w p. 6.4.

6.5.2. Przepustowość rzeczywista pasa ruchu

Jeżeli z pasa ruchu na wlocie korzystają pojazdy jednej tylko relacji, przepustowość takiego pasa równa jest przepustowości relacji obliczonej ze wzoru (6.5); $C_j = C_r$. W przypadku, gdy z j -tego pasa ruchu korzystają pojazdy dwóch lub trzech relacji, to jego przepustowość oblicza się ze wzoru:

$$C_j = \frac{100}{\frac{m_L}{C_L} + \frac{m_W}{C_W} + \frac{m_P}{C_P}} \quad [E/h] \quad (6.6)$$

gdzie:

- m_L, m_W, m_P – procentowe udziały relacji w lewo, na wprost i w prawo na j -tym pasie wlotowym [%],
- C_L, C_W, C_P – przepustowości relacji w lewo, na wprost i w prawo korzystających z j -tego pasa, wyznaczone wg wzoru (6.5) [E/h].

6.5.3. Przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego

Jeżeli na wlocie podporządkowanym występuje jeden pas ruchu, przepustowość wlotu C_{wl} równa jest przepustowości pasa ruchu C_j .

Jeżeli na wlocie podporządkowanym występują dwa pasy ruchu o przepustowościach C_j , a z poszczególnych pasów korzysta m_j [%] potoku na wlocie, to wówczas przepustowość rzeczywista wlotu podporządkowanego równa jest najmniejszej z wartości $100 \cdot \frac{C_j}{m_j}$, to znaczy:

$$C_{wl} = \min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} \quad [\text{E/h}] \quad (6.7)$$

Tak obliczona przepustowość odpowiada sytuacji, gdy w miarę wzrostu ruchu na wlocie na jednym z jego pasów wystąpi stan nasycenia ruchem. Pas ten nazywany jest krytycznym.

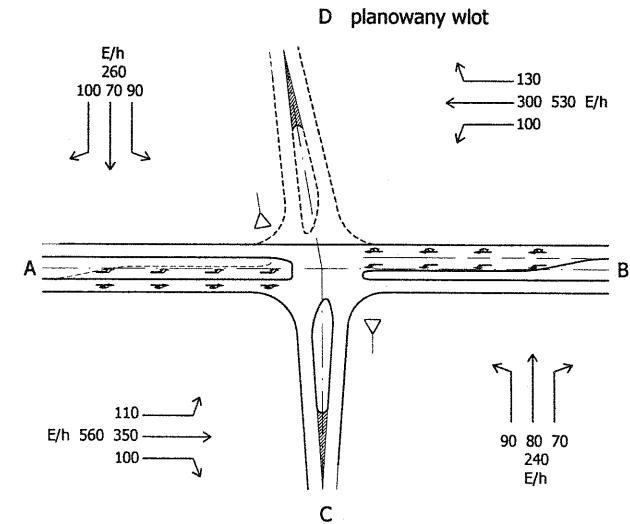
Jeżeli w prowadzonych analizach potrzebne są przepustowości wyrażone w pojazdach rzeczywistych [P/h], obliczoną ze wzorów (6.6) lub (6.7) przepustowość należy pomnożyć przez współczynnik f_c obliczony zgodnie z wzorem (6.2).

Sprawne funkcjonowanie skrzyżowania mogą gwarantować natężenia ruchu na wlotach podporządkowanych nieprzekraczające $0,85 \cdot C_{wl}$.

Należy pamiętać, że obliczenia uproszczone nie uwzględniają niektórych istotnych wpływów na przepustowość wlotów podporządkowanych, takich jak np. poszerzenia na wlotach czy przystanki autobusowe. Tak więc przepustowość wyznaczona z uproszczonej procedury może w pewnych przypadkach znacznie odbiegać od jej rzeczywistej wartości.

6.6. Przykład obliczeniowy

W związku z budową drogi dojazdowej do zespołu budynków należy rozważyć możliwość podłączenia jej jako czwartego wlotu do istniejącego skrzyżowania o trzech wlotach i rozwiązaniu jak na rys. 6.7. Na drodze z pierwszeństwem przejazdu (wlot B) istnieje wydzielony pas dla skrętu w lewo i przewiduje się wydzielenie dodatkowego pasa dla skrętu w lewo na wlocie A. Na rysunku podane są prognozowane – dla skrzyżowania po dodaniu nowego wlotu podporządkowanego D – natężenia ruchu w pojazdach umownych [E/h]. Przewidywany udział pojazdów ciężkich w ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu wynosi 11 %, a na wlotach podporządkowanych 4 %. Na wlotach skrzyżowania nie występują wyznaczone przejścia dla pieszych. Skrzyżowanie zlokalizowane jest w miejscowości o liczbie ludności ok. 25 tys.



Rys. 6.7. Szkic skrzyżowania do przykładu

1. Przeliczenie natężeń w pojazdach umownych [E/h] na natężenia w pojazdach rzeczywistych [P/h]

Współczynnik przeliczeniowy f_c : (wzór (6.2))

$$\text{Droga z pierwszeństwem przejazdu: } f_c = \frac{1}{1+u_c} = \frac{1}{1+0,11} = 0,901,$$

$$\text{Wloty podporządkowane: } f_c = \frac{1}{1+0,04} = 0,962;$$

Wlot A

$$Q_{AL} = 110 \cdot 0,901 = 99 \text{ P/h}, \quad Q_{AW} = 350 \cdot 0,901 = 315 \text{ P/h}, \quad Q_{AP} = 100 \cdot 0,901 = 90 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q_{BL} = 100 \cdot 0,901 = 90 \text{ P/h}, \quad Q_{BW} = 300 \cdot 0,901 = 270 \text{ P/h}, \quad Q_{BP} = 130 \cdot 0,901 = 117 \text{ P/h},$$

Wlot C

$$Q_{CL} = 90 \cdot 0,962 = 87 \text{ P/h}, \quad Q_{CW} = 80 \cdot 0,962 = 77 \text{ P/h}, \quad Q_{CP} = 70 \cdot 0,962 = 67 \text{ P/h},$$

Wlot D

$$Q_{DL} = 90 \cdot 0,962 = 87 \text{ P/h}, \quad Q_{DW} = 70 \cdot 0,962 = 67 \text{ P/h}, \quad Q_{DP} = 100 \cdot 0,962 = 96 \text{ P/h}.$$

2. Obliczenie natężeń relacji nadrzędnych (pominięto natężenia ruchu pieszego, gdyż na skrzyżowaniu nie ma wyznaczonych przejść dla pieszych) (tab. 6.1)

$$\text{Relacja AL } Q_n = Q_{BP} + Q_{BW} = 117 + 270 = 387 \text{ P/h},$$

$$\text{Relacja BL } Q_n = Q_{AP} + Q_{AW} = 90 + 315 = 405 \text{ P/h},$$

$$\begin{aligned} \text{Relacja CP} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} = 0,5 \cdot 90 + 315 = 360 \text{ P/h,} \\ \text{Relacja CW} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} = \\ &= 0,5 \cdot 90 + 315 + 99 + 117 + 270 + 90 = 936 \text{ P/h,} \\ \text{Relacja CL} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DW} + Q_{DP} = \\ &= 0,5 \cdot 90 + 315 + 99 + 0,5 \cdot 117 + 270 + 90 + 67 + 96 = 1041 \text{ P/h,} \\ \text{Relacja DP} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} = 0,5 \cdot 117 + 270 = 329 \text{ P/h,} \\ \text{Relacja DW} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} = \\ &= 0,5 \cdot 117 + 270 + 90 + 90 + 315 + 99 = 923 \text{ P/h,} \\ \text{Relacja DL} \quad Q_n &= 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CW} + Q_{CP} = \\ &= 0,5 \cdot 117 + 270 + 90 + 0,5 \cdot 90 + 315 + 99 + 77 + 67 = 1022 \text{ P/h.} \end{aligned}$$

3. Wyznaczenie przepustowości wyjściowych relacji

Lokalizacja skrzyżowania: teren zabudowy, mała miejscowość – **ZM**,

$$\begin{aligned} \text{Relacja AL} \quad C_{oAL} &= 860 \text{ E/h (dla } Q_n = 387 \text{ P/h z rys. 6.4),} \\ \text{Relacja BL} \quad C_{oBL} &= 840 \text{ E/h (dla } Q_n = 405 \text{ P/h),} \\ \text{Relacja CP} \quad C_{oCP} &= 700 \text{ E/h (dla } Q_n = 360 \text{ P/h z rys. 6.5),} \\ \text{Relacja CW} \quad C_{oCW} &= 320 \text{ E/h (dla } Q_n = 936 \text{ P/h),} \\ \text{Relacja CL} \quad C_{oCL} &= 280 \text{ E/h (dla } Q_n = 1041 \text{ P/h),} \\ \text{Relacja DP} \quad C_{oDP} &= 720 \text{ E/h (dla } Q_n = 329 \text{ P/h),} \\ \text{Relacja DW} \quad C_{oDW} &= 330 \text{ E/h (dla } Q_n = 923 \text{ P/h),} \\ \text{Relacja DL} \quad C_{oDL} &= 290 \text{ E/h (dla } Q_n = 1022 \text{ P/h).} \end{aligned}$$

4. Obliczenie wpływu dławienia przez relacje AL, BL, CW, CP, DW i DP

Dławienie przez relację AL

Przepustowość relacji AL – $C_{AL} = C_{oAL} = 860 \text{ E/h}$,

$$\rho_{AL} = \frac{Q_{AL}}{C_{AL}} = \frac{110}{860} = 0,128, \quad f_{AL} = 0,94 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{2} \text{ na rys. 6.6,}$$

Dławienie przez relację BL

Przepustowość relacji BL – $C_{BL} = C_{oBL} = 840 \text{ E/h}$,

$$\rho_{BL} = \frac{Q_{BL}}{C_{BL}} = \frac{100}{840} = 0,119, \quad f_{BL} = 0,94 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{2} \text{ na rys. 6.6,}$$

Dławienie przez relację CP

Na wlocie C występuje jeden pas ruchu wspólny dla trzech relacji CL, CW i CP. Udział natężenia relacji skrętu w lewo wynosi $90/(90+80+70) \cdot 100 = 38\%$ i jest większy od 10%.

W związku z tym

$$f_{CP} = 1,0 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{4} \text{ na rys. 6.6,}$$

Dławienie przez relację DP

Na wlocie D występuje jeden pas ruchu wspólny dla trzech relacji DL, DW i DP. Udział natężenia relacji skrętu w lewo wynosi $90/(90+70+100) \cdot 100 = 35\%$ i jest większy od 10%. W związku z tym

$$f_{DP} = 1,0 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{4} \text{ na rys. 6.6,}$$

Dławienie przez relację CW

Przepustowość relacji CW – $C_{CW} = C_{oCW} = 320 \text{ E/h}$,

$$\rho_{CW} = \frac{Q_{CW}}{C_{CW}} = \frac{80}{320} = 0,250, \quad f_{CW} = 0,94 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{3} \text{ na rys. 6.6,}$$

Dławienie przez relację DW

Przepustowość relacji DW – $C_{DW} = C_{oDW} = 330 \text{ E/h}$,

$$\rho_{DW} = \frac{Q_{DW}}{C_{DW}} = \frac{70}{330} = 0,212, \quad f_{DW} = 0,96 \text{ odczytane z krzywej } \textcircled{3} \text{ na rys. 6.6.}$$

5. Obliczenie przepustowości rzeczywistych relacji

(wzór (6.5))

Dławienie nie występuje w przypadku relacji AL, BL, CP i DP – $f_d = 1,0$,

$$\text{Relacja AL} \quad C_{AL} = 860 \cdot 1,0 = 860 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja BL} \quad C_{BL} = 840 \cdot 1,0 = 840 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja CP} \quad C_{CP} = 700 \cdot 1,0 = 700 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja DP} \quad C_{DP} = 720 \cdot 1,0 = 720 \text{ E/h,}$$

$$\begin{aligned} \text{Relacja CW} \quad \text{Relacjami dławiaczymi są AL i BL} \quad f_{AL} = 0,94, \quad f_{BL} = 0,94, \\ C_{CW} = 320 \cdot 0,94 \cdot 0,94 = 280 \text{ E/h,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Relacja DW} \quad \text{Relacjami dławiaczymi są AL i BL} \quad f_{AL} = 0,94, \quad f_{BL} = 0,94, \\ C_{DW} = 330 \cdot 0,94 \cdot 0,94 = 290 \text{ E/h,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Relacja CL} \quad \text{Relacjami dławiaczymi są AL, BL, DW i DP} \quad f_{AL} = 0,94, \quad f_{BL} = 0,94, \\ f_{DW} = 0,96, \quad f_{DP} = 1,0, \quad C_{CL} = 280 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cdot 0,96 \cdot 1,0 = 240 \text{ E/h,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Relacja DL} \quad \text{Relacjami dławiaczymi są AL, BL, CW i CP} \quad f_{AL} = 0,94, \quad f_{BL} = 0,94, \\ f_{CW} = 0,94, \quad f_{CP} = 1,0, \quad C_{DL} = 290 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 240 \text{ E/h.} \end{aligned}$$

6. Obliczenie przepustowości rzeczywistych pasów ruchu i wlotów podporządkowanych

Wlot C

Obliczenie udziałów poszczególnych relacji na pasie:

$$m_L = \frac{100 \cdot 90}{90 + 80 + 70} = 38\%, \quad m_W = \frac{100 \cdot 80}{90 + 80 + 70} = 33\%, \quad m_P = \frac{100 \cdot 70}{90 + 80 + 70} = 29\%,$$

Obliczenie przepustowości pasa:

(wzór (6.6))

$$C_1 = \frac{100}{\frac{m_L}{C_L} + \frac{m_W}{C_W} + \frac{m_P}{C_P}} = \frac{100}{\frac{38}{240} + \frac{33}{280} + \frac{29}{700}} = 310 \text{ E/h,}$$

Obliczenie przepustowości wlotu:

Ponieważ na wlocie występuje jeden pas ruchu $C_C = 310 \text{ E/h}$,

Natężenie ruchu na wlocie C wynosi 240 E/h, zatem $\frac{240}{310} = 0,77 < 0,85$;

Wlot D

Obliczenie udziałów poszczególnych relacji na pasie:

$$m_L = \frac{100 \cdot 90}{90 + 70 + 100} = 35 \%, \quad m_W = \frac{100 \cdot 70}{90 + 70 + 100} = 27 \%, \quad m_P = \frac{100 \cdot 100}{90 + 70 + 100} = 38 \%,$$

Obliczenie przepustowości pasa:

(wzór (6.6))

$$C_1 = \frac{100}{\frac{m_L}{C_L} + \frac{m_W}{C_W} + \frac{m_P}{C_P}} = \frac{100}{\frac{35}{240} + \frac{27}{290} + \frac{38}{720}} = 340 \text{ E/h,}$$

Obliczenie przepustowości wlotu:

Ponieważ na wlocie występuje jeden pas ruchu $C_D = 340 \text{ E/h}$,

Natężenie ruchu na wlocie D wynosi 260 E/h, zatem $\frac{260}{340} = 0,76 < 0,85$.

Wniosek: Skrzyżowanie o zaproponowanym rozwiązaniu powinno sprawnie funkcjonować przy założeniu, że nieuwzględnione w uproszczonych obliczeniach czynniki geometryczno-ruchowe nie wpłyną w istotny sposób na funkcjonowanie skrzyżowania.

Powyższe, szczególnie rozpisane, obliczenia można przeprowadzać z wykorzystaniem przedstawionego w tab. 6.2 formularza.

Tab. 6.2. Formularz do uproszczonej metody obliczeniowej – przykład

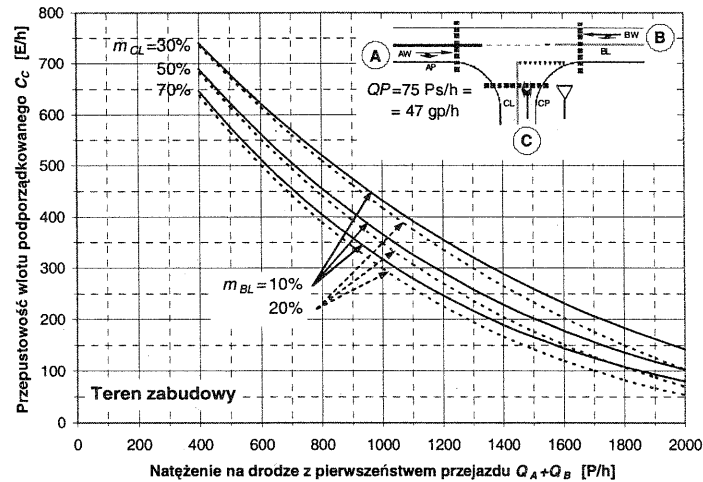
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ																		
UPROSZCZONA METODA (PLANISTYCZNA)										FORMULARZ		MP						
Skrzyżowanie: Przykład.....						Analizę wykonał:												
Obliczenie przepustowości relacji																		
Wlot	A			B			C			D								
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP						
Natężenie relacji Q_r [E/h]	110	350	100	100	300	130	90	80	70	90	70	100						
Udział pojazdów ciężkich u_c [-]	0,11			0,11			0,04			0,04								
Współczynnik f_c [-] (wzór (6.2))	0,901			0,901			0,962			0,962								
Natężenie relacji Q_r [P/h] (wzór (6.1))	99	315	90	90	270	117	87	77	67	87	67	96						
Natężenie relacji nadrzędnych Q_n [P/h] (tab. 6.1)	387	—	—	405	—	—	1041	936	360	1022	923	329						
Lokalizacja skrzyżowania	ZM																	
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (rys. 6.4 i 6.5)	860	—	—	840	—	—	280	320	700	290	330	720						
Wpływ dławienia przez relacje AL, BL, CW, CP, DW i DP	Przepustowość relacji dławiającej C_r [E/h] ($= C_{or}$)	860	—	—	840	—	—	320	700	—	330	720						
	$\rho_{rd} = Q_{rd}/C_{rd}$ [-]	0,128	—	—	0,119	—	—	0,250	0,100	—	0,212	0,139						
	Organizacja ruchu – nr krzywej na rys. 6.6	②	—	—	②	—	—	③	④	—	③	④						
	Współczynnik dławienia przez daną relację f_{rd} [-] (rys. 6.6)	0,94	—	—	0,94	—	—	0,94	1,00	—	0,96	1,00						
Łączne dławienie $f_a = \prod_{rd} f_{rd}$ [-]	—	—	—	—	—	—	$f_{AL} \cdot f_{BL} = 0,848$	$f_{AW} \cdot f_{BW} = 0,884$	—	$f_{AL} \cdot f_{DL} = 0,831$	$f_{AW} \cdot f_{DW} = 0,884$	—						
Przepustowość rzeczywista relacji $C_r = C_{or} \cdot \prod f_{rd}$ [E/h]	860	—	—	840	—	—	240	280	700	240	290	720						
Obliczenie przepustowości rzeczywistej pasów ruchu i wlotów podporządkowanych																		
Relacja podporządkowana	CL			CW			CP			DL			DW			DP		
Natężenie relacji Q_r [E/h]	90			80			70			90			70			100		
Liczba pasów na wlocie podporządkowanym	1			1			1			1			1			1		
Natężenie ruchu na pasie Q_j [E/h]	240			260			240			260			240			260		
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]	38			33			29			35			27			38		
Przepustowość rzeczywista relacji C_r [E/h] (wzór 6.5)	240			280			700			240			290			720		
Przepustowość pasa ruchu C_j [E/h] (wzór 6.6)	310			340			310			340			310			340		
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]	—			—			—			—			—			—		
Przepustowość wlotu C_{wt} [E/h] ([P/h]) (wzór 6.7)	310 (298)			340 (327)			310 (298)			340 (327)			310 (298)			340 (327)		
Wykorzystanie przepustowości $\sum Q_j / C_{wt}$ [-] ($< 0,85$)	0,77			0,76			0,77			0,76			0,77			0,76		

6.7. Analiza przepustowości wlotów podporządkowanych w wybranych przypadkach

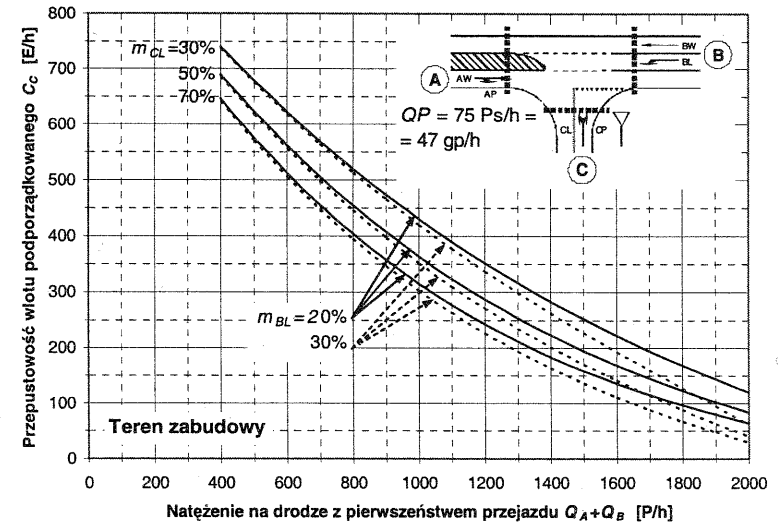
Dla wybranych przypadków struktury kierunkowej ruchu na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach, przy założeniu dalszych uproszczeń w stosunku do procedury opisanej w p. 6.1 ÷ 6.5, opracowano zestaw wykresów, z których można odczytać wprost przepustowość rzeczywistą wlotu podporządkowanego skrzyżowania. **Warunkiem skorzystania z tego szybkiego sposobu szacowania przepustowości jest wystąpienie na skrzyżowaniu proporcji natężeń bliskich tym podanym na wykresach.** Dla wyznaczenia przepustowości wlotu podporządkowanego w tej procedurze niezbędne są następujące dane:

- liczba wlotów skrzyżowania (trzy lub cztery),
- lokalizacja skrzyżowania (teren zabudowy, poza terenem zabudowy),
- kanalizacja skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu (występowanie dodatkowego, wydzielonego pasa dla skrótu w lewo lub skrótu w lewo realizowany ze wspólnego pasa z relacją na wprost),
- określony udział skrętów w lewo na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu (m_{AL}, m_{BL}) oraz na wlotach podporządkowanych (m_{CL}, m_{DL}),
- w przypadku skrzyżowania o czterech wlotach – stosunek natężenia ruchu na przeciwnym wlotach w stosunku do analizowanego wlotu podporządkowanego do natężenia na drodze z pierwszeństwem przejazdu ($100 \cdot Q_D / (Q_A + Q_B)$ [%]),
- w przypadku skrzyżowania o trzech wlotach, zlokalizowanego na terenie zabudowy – wyjątkowe występowanie dodatkowego pasa na wlocie podporządkowanym (zgodnie z Wytocznymi projektowania skrzyżowań drogowych na wlocie podporządkowanym skrzyżowania bez sygnalizacji, z uwagi na bezpieczeństwo ruchu, powinien występować tylko jeden pas ruchu),
- natężenie ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu w pojazdach rzeczywistych [P/h].

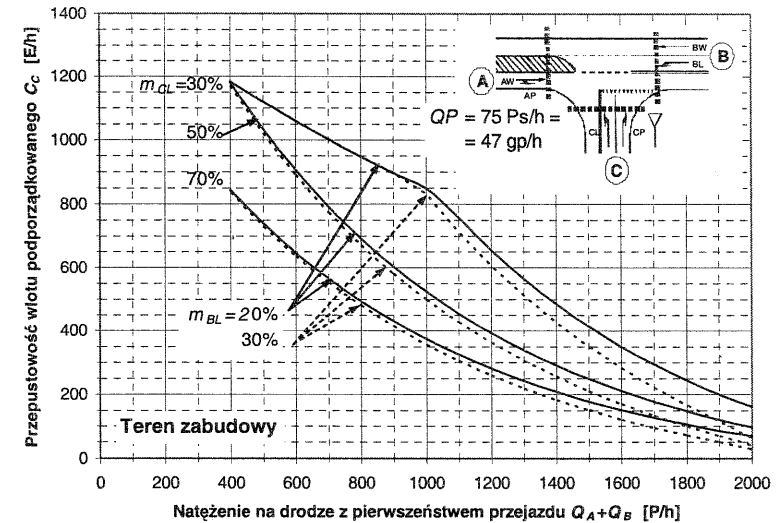
Przepustowości rzeczywiste w pojazdach umownych [E/h] wlotów podporządkowanych skrzyżowań o 3 wlotach wyznacza się z wykresów na rys. 6.8 ÷ 6.12, a skrzyżowań o 4 wlotach – z wykresów na rys. 6.13 ÷ 6.16. Przyjęto, że analizowanym wlotem podporządkowanym jest wlot C. Stąd też wlot przeciwny na skrzyżowaniu 4 wlotowym oznaczony jest jako D.



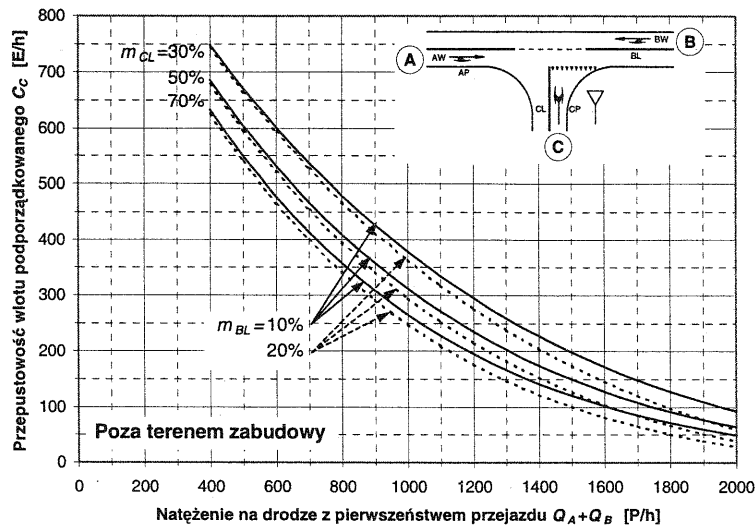
Rys. 6.8. Wykres do wyznaczenia przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 3 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy



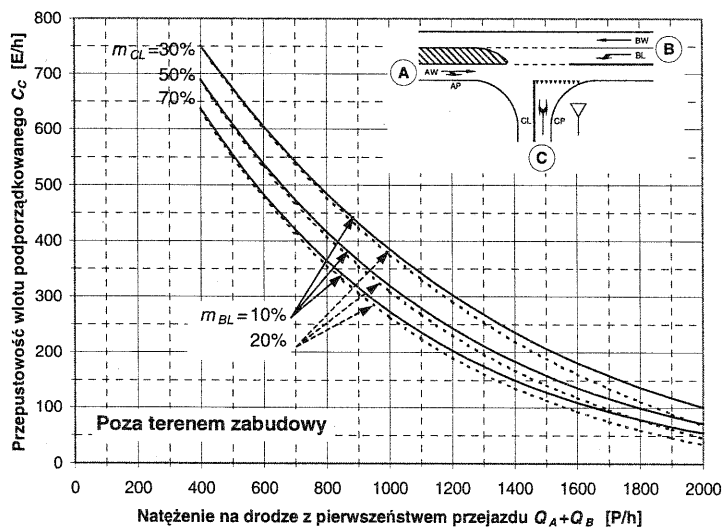
Rys. 6.9. Wykres do wyznaczenia przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy



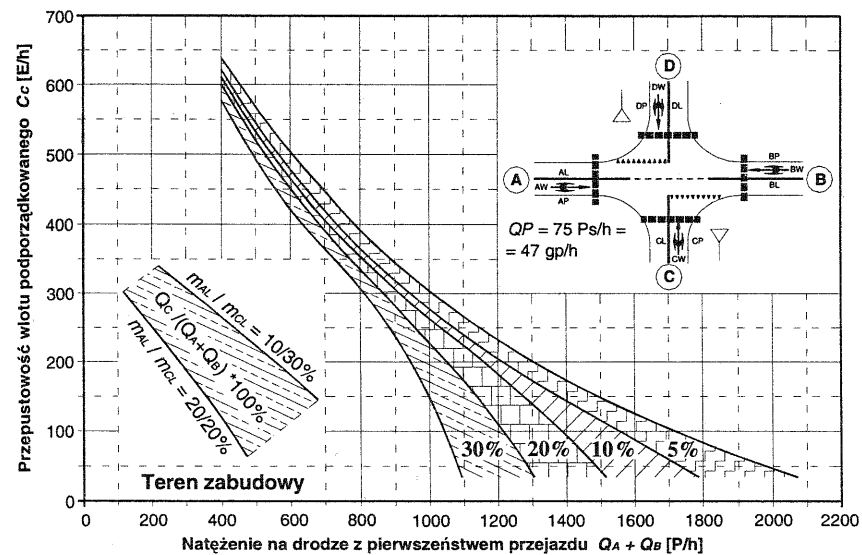
Rys. 6.10. Wykres do wyznaczenia przepustowości dwupasowego wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy



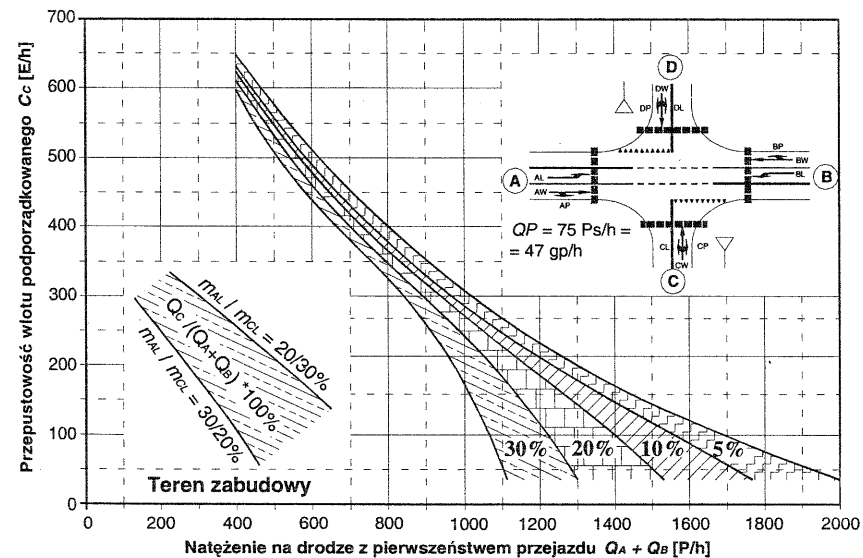
Rys. 6.11. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 3 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy



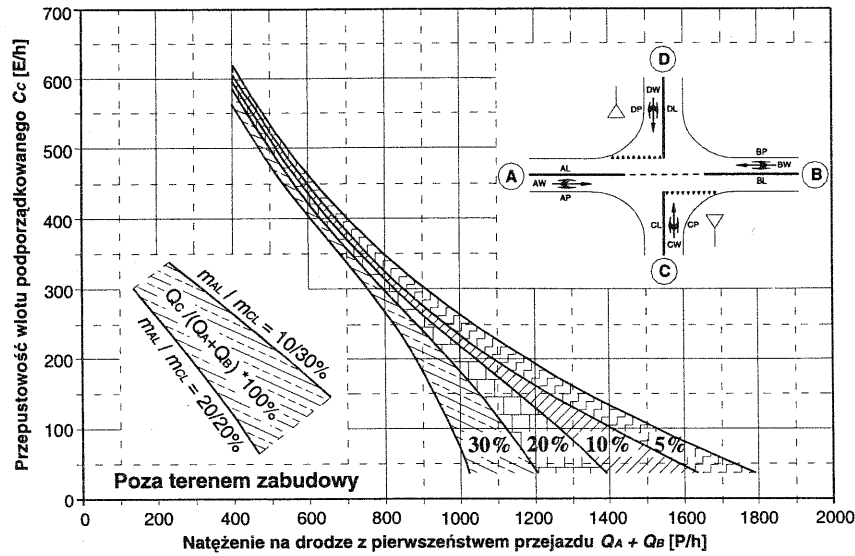
Rys. 6.12. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 3 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy



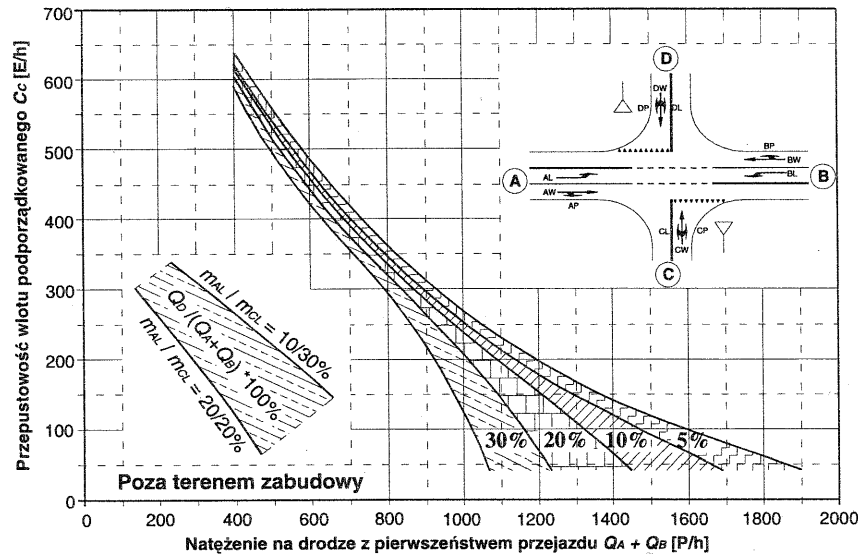
Rys. 6.13. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 4 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy



Rys. 6.14. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 4 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego na terenie zabudowy



Rys. 6.15. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 4 wlotach, ze wspólnym pasem dla relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy



Rys. 6.16. Wykres do wyznaczania przepustowości wlotu podporządkowanego skrzyżowania o 4 wlotach, z wydzielonym pasem dla relacji skrótu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu, zlokalizowanego poza terenem zabudowy

Po dokonaniu odczytów z powyższych wykresów należy uwzględnić warunek mówiący, iż **sprawne funkcjonowanie skrzyżowania mogą gwarantować natężenia ruchu na wlotach podporządkowanych nieprzekraczające $0,85 \cdot C_{wl}$** .

Wykresy 6.8 ÷ 6.16 bazują na następujących założeniach:

- liczba wlotów skrzyżowania – 3 lub 4,
- lokalizacja skrzyżowania – teren zabudowy lub poza terenem zabudowy,
- podporządkowanie – znak „Ustąp pierwszeństwa” (A-7),
- brak przystanków autobusowych bez zatok,
- skrzyżowanie bez szerokiego pasa dzielącego,
- brak oddziaływania sąsiednich sygnalizacji na skrzyżowaniu lub przejściu dla pieszych,
- wskaznik nierównomierności ruchu w godzinie – $k_{15} = 1,00$,
- w ruchu na analizowanym wlocie podporządkowanym wyłącznie samochody osobowe – $u_c = 0,0$,
- identyczne natężenia i struktura kierunkowa ruchu na przeciwległych wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu, a na wlotach drogi podporządkowanej identyczna struktura kierunkowa,
- na wlotach skrzyżowania na terenie zabudowy umiarkowany ruch pieszy (75 Ps/h), a poza terenem zabudowy brak pieszych,
- wartości granicznych odstępów czasu t_g i odstępów czasu między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki t_f reprezentują przeciętne wartości tych parametrów używane w szczególnych analizach,
- udział relacji skrótu w lewo w ruchu na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu:
 - skrzyżowania na terenie zabudowy – o 3 i 4 wlotach; $m_L = 10, 20$ i 30% , przy czym $m_L = 10\%$ dotyczy tylko przypadku wspólnego pasa, a $m_L = 30\%$ – przypadku pasa wydzielonego,
 - skrzyżowania poza terenem zabudowy – o 3 i 4 wlotach; $m_L = 10, 20\%$,
- udział relacji skrótu w lewo w ruchu na wlotach podporządkowanych:
 - skrzyżowania o 3 wlotach – na i poza terenem zabudowy; $m_L = 30, 50$ i 70% ,
 - skrzyżowania o 4 wlotach – na i poza terenem zabudowy; $m_L = 20, 30\%$,
- udział relacji skrótu w prawo w ruchu na wlotach podporządkowanych:
 - skrzyżowania o 3 wlotach – $m_p = 1 - m_L$,
 - skrzyżowania o 4 wlotach – $m_p = m_L$,
- w przypadku skrzyżowania o 4 wlotach udział relacji na wprost na wlotach podporządkowanych wynosi $m_W = 1 - m_L - m_p$,
- ruch na wlocie podporządkowanym skrzyżowania o 4 wlotach stanowi 5, 10, 20, 30% ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu (w obu kierunkach).

7. FORMULARZE OBLICZENIOWE

Dla ułatwienia i ujednolicenia prowadzenia obliczeń opracowane zostały formularze obliczeniowe. Poniżej określono zestawy formularzy używanych w wyróżnionych trzech przypadkach analiz.

7.1. Analiza odosobnionego skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu

Analiza ta obejmuje skrzyżowania zwykle i skanalizowane, bez wewnętrznych powierzchni akumulacyjnych umożliwiających dwuetapowe przekraczanie drogi z pierwszeństwem przejazdu przez pojazdy z wlotów podporządkowanych. Analiza dotyczy skrzyżowań, w pobliżu których nie występują skrzyżowania lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną, oddziałującą na funkcjonowanie skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu. Zestaw formularzy obowiązujących i możliwych do użycia (opcjonalnych), w zależności od rozwiązania skrzyżowania i występujących na nim urządzeń komunikacji zbiorowej oraz zakresu analiz, zawiera tab. 7.1.

Tab. 7.1. Formularze używane przy analizie skrzyżowania odosobnionego

Numer formularza:	Tytuł formularza:
1	DANE OGÓLNE
2	DANE RUCHOWE
3	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}
4	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI
5	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA
Opcjonalnie:	
4.1	WPLYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH
4.2	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM
6	OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATĘŻEŃ RUCHU

7.2. Analiza skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym

Analiza ta obejmuje skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym, w obrębie którego powstają wewnętrzne powierzchnie akumulacyjne umożliwiające dwuetapowe przekraczanie drogi z pierwszeństwem przejazdu przez pojazdy z wlotów podporządkowanych. Analiza dotyczy skrzyżowania, w pobliżu którego nie występują skrzyżowania lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną, oddziałującą na funkcjonowanie tego skrzyżowania. Zestaw formularzy obowiązujących i możliwych do użycia (opcjonalnych), w zależności od rozwiązania skrzyżowania i występujących na nim urządzeń komunikacji zbiorowej oraz zakresu analiz, zawiera tab. 7.2.

Tab. 7.2. Formularze używane przy analizie skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym

Numer formularza:	Tytuł formularza:
1	DANE OGÓLNE
2	DANE RUCHOWE
3-a	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym
4-a	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym
5-a	PRZEPUSTOWOŚĆ RELACJI I PASÓW PODPORZĄDKOWANYCH – skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym
5	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA
Opcjonalnie:	
4.1	WPLYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH
4.2	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM
6	OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATĘŻEŃ RUCHU

7.3. Analiza skrzyżowania znajdującego się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

Analizą tą objęte są skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu, w pobliżu których znajdują się skrzyżowania lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną i spełniony jest warunek istotnego oddziaływania sygnalizacji, powodującego przepływ przez skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu kolumn pojazdów. Skrzyżowanie z sygnalizacją może występować po jednej stronie, na kierunku drogi z pierwszeństwem przejazdu, analizowanego skrzyżowania lub mogą to być dwa skrzyżowania zlokalizowane po dwóch stronach analizowanego skrzyżowania. W tym ostatnim przypadku sygnalizacje muszą działać w koordynacji i posiadać tę samą długość cyklu. Zestaw formularzy obowiązujących i możliwych do użycia (opcjonalnych), w zależności od rozwiązania skrzyżowania i występujących na nim urządzeń komunikacji zbiorowej oraz zakresu analiz, zawiera tab. 7.3.

Tab. 7.3. Formularze używane przy analizie skrzyżowania znajdującego się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

Numer formularza:	Tytuł formularza:
1	DANE OGÓLNE
2	DANE RUCHOWE
3-b.1	OBLICZENIE CZASÓW ZJAZDU POJAZDÓW Z KOLEJKI NA SĄSIEDNICH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA
3-b.2	CZAS BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPIYWAJĄCE KOLUMNY
3-b.3	UDZIAŁ CZASÓW BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPIYWAJĄCE KOLUMNY ORAZ SCHEMAT DOPIYWU KOLUMN
3-b.4	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} - skrzyżowanie pod wpływem sąsiednich sygnalizacji
4	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI
5	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA
Opcjonalnie:	
4.1	WPLYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH
4.2	OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM
6	OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATEŻEŃ RUCHU

W innych przypadkach, np. skrzyżowania z szerokim pasem dzielącym znajdującego się w zasięgu oddziaływania sąsiednich sygnalizacji, należy stosować indywidualnie dobrany zestaw formularzy.

Poniżej zamieszczono wzory poszczególnych formularzy.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ	
DANE OGÓLNE	
FORMULARZ 1	
Skrzyżowanie:	
Data pomiaru: Godzina pomiaru:	
Analizę wykonał:	
POŁOŻENIE: MIEJSCOWOŚĆ: MAŁA <input type="checkbox"/> DUŻA <input type="checkbox"/> STREFA DUŻYCH AGLOMERACJI <input type="checkbox"/> POZOSTAŁE <input type="checkbox"/>	
SPOSÓB PODPORZĄDKOWANIA WLOTÓW: WLOT C: znak A-7 <input type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/> WLOT D: znak A-7 <input type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/>	
WYSTĘPOWANIE PRZYSTANKÓW (F: 4.1): WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WYLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WYLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	
WYSTĘPOWANIE POSZERZENIA PASÓW NA WLOCIE PODPORZĄDKOWANYM (F: 4.2): WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> wykorzystująca relacja, dodatkowa kolejka $K_p =$ [P] WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> wykorzystująca relacja, dodatkowa kolejka $K_p =$ [P]	
WYSTĘPOWANIE SZEROKIEGO PASA DZIELACEGO (tab. 7.2): TAK <input type="checkbox"/> pojemność powierzchni akumulacji $k =$ [E]	
WYSTĘPOWANIE SĄSIEDNIH SYGNALIZACJI (tab. 7.3): WLOT A: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m] WLOT B: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m]	
Formularze wykorzystywane do obliczania przepustowości i oceny poziomów swobody ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji	
Rodzaj prowadzonej analizy	Formularze wymagane: Formularze opcjonalne:
Skrzyżowanie odosobnione	F: 1, F: 2, F: 3, F: 4, F: 5 F: 4.1 (występowanie przystanków), F: 4.2 (poszerzenie pasa), F: 6 (nateżenia krytyczne).
Skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	F: 1, F: 2, F: 3-a, F: 4-a, F: 5-a, F: 5
Skrzyżowanie znajdujące się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	F: 1, F: 2, F: 3-b.1, F: 3-b.2, F: 3-b.3, F: 3-b.4, F: 4, F: 5

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE										FORMULARZ	2	
Dane dotyczące ruchu pojazdów												
Włot	A			B			C			D		
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie Q_o [P/h]												
Wskaźnik zmienności ruchu k_{JS} [-]												
Natężenie obliczeniowe Q [P/h] (wzór (3.1))												
Udział relacji w ruchu na wlocie $Q_r/Q_w \cdot 100$ [%]												
Udział samochodów ciężkich i autobusów u_c [%]												
Udział samochodów ciężkich z przyczepą i autobusów przegubowych u_{cp} [%]												
Udział rowerów i motorowerów u_{mr} [%]												
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (wzór (4.11))												
Natężenie obliczeniowe $Q [E/h] = Q [P/h]/f_c$												
Dane dotyczące ruchu pieszych												
Włot	A			B			C			D		
Natężenie Q_P [Ps/h]												
Średnia liczebność grup pieszych n_{Ps} [Ps/gp] (wzór (3.2))												
Natężenie obliczeniowe Q_{Ps} [gp/h] (wzór (3.3))												
Długość strefy kolizji l_{pi} [m]							¹⁾	²⁾	¹⁾	²⁾		
Prędkość pieszych V_{Ps} [m/s]												
Udział czasu blokowania przez pieszych U_{bi} [-] (wzór (4.8))												

¹⁾ przejście na wlocie
²⁾ przejście na wylocie

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE - cd.										FORMULARZ	2-cd	
Dane dotyczące geometrii skrzyżowania i organizacji ruchu oraz udziałów natężeń ruchu												
Włot	A			B			C			D		
Udziały natężeń dla relacji i pasów	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]
pas 1 ¹⁾	L											
	W											
	P											
pas 2 ¹⁾	L											
	W											
	P											
pas 3 ¹⁾	L											
	W											
	P											
Kanalizacja skrętu w prawo	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>		
	znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>			znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>								
Krótki pas na drodze nadrzędnej	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			—			—		
	liczba stanowisk pojazdów: [P]			liczba stanowisk pojazdów: [P]								
Dane dotyczące sąsiadujących sygnalizacji												
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:							A			B		
Włot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:							A	C	D	B	C	D
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{st} [P/h]												
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją G_i [s]												
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją $T_c^{2)}$ [s]												
Przesunięcie w czasie między początkami sygnałów zielonych dla relacji na wprost na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją Δt [s]												
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]												
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{dk} [s]												
Przesunięcie czasowe między początkami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków ϕ [s]												

¹⁾ Należy wypełnić rubryki dotyczące relacji występujących na danym pasie ruchu. Pas 1 jest położony bliżej osi wlotu.
²⁾ T_c - na sąsiadujących sygnalizacjach muszą być równe długości cykli sygnalizacyjnych.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ											
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}										FORMULARZ	3
Relacja nadrzędna	Nateżenie relacji nadrzędnej (F:2)	Relacja podporządkowana									
		AL	BL	CL	CW	CP	DL	DW	DP		
Pojazdy Q_r [P/h]	AL										
	AW										
	AP										
	BL										
	BW										
	BP										
	CW										
	CP										
	DW										
Piesi Q_{wp} [gp/h]	APs										
	BPs										
	CPs										
	DPs										
Nateżenie relacji nadrzędnych Q_n [(P+gp)/h] (tab. 4.1)											
Graniczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)											
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)											
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1 + 4.4)											

Mnożnik nateżenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI														FORMULARZ	4		
Relacja podporządkowana	AL	BL	CP	DP	CW	DW	CL			DL							
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F:3)																	
Wpływ struktury rodzajowej f_c [-] (F:2)																	
Udział czasu blokowania relacji U_{blr} [-] (F:3-b.3)																	
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	-	-	-	-	AL	BL	AL	BL	AL	BL	DW	DP	AL	BL	CW	CP
	Nateżenie relacji dławiącej Q_{rd} [P/h] (F:2)	-	-	-	-												
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd} = C_{or} \cdot f_c$ [P/h]	-	-	-	-												
	Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji $C_{rd} = C_{or} \cdot (1 - U_{blr}) \cdot f_c$ [P/h]	-	-	-	-												
	$\rho_{rd} = Q_{rd} / C_{rd}^{(1)}$ [-]	-	-	-	-												
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	-	-	-	-												
	Współczynnik f_k [-] (wzór (4.7))	-	-	-	-												
Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4) + (4.6))	-	-	-	-													
Wpływ pieszych	$\min(U_{bil})$ [-] (F:2)																
	$\max(U_{bil})$ [-] (F:2)																
	Udział łącznego czasu blokowania U_b [-] (wzór (4.9))																
	Nateżenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F:3)																
Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))																	
Przepustowość rzeczywista $C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c$ [P/h]																	
Wpływ przystanków f_a [-] (F:4.1)																	
Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [P/h] (wzór (4.14))																	
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_{or} [P/h] (wzór (4.56))																	

¹⁾ przy analizie skrzyżowania pod wpływem sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją ρ_{AL} i ρ_{BL} należy obliczyć odpowiednio ze wzoru (4.57) lub (4.58)

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
WPLYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH					FORMULARZ	4.1
Przystanek na wlocie:						
Relacja	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie ruchu autobusów Q_a [P/h]						
Odległość czoła przystanku od linii zatrzymań l_a [m]						
Szerokość przejścia dla pieszych w [m]						
Czas wymiany pasażerów t_{wp} [s]						
Czas dojazdu autobusu do linii zatrzymań po ruszeniu t_{da} [s]						
Czas podjazdu autobusu do linii zatrzymań od momentu zatrzymania na przystanku t_a ($t_a = t_{wp} + t_{da}$) [s]						
Przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce $l_p = l_t + u_c \cdot (l_c - l_t)$ [m]						
Przepustowość rzeczywista C_r^* [P/h] (F: 4, F: 4-a)						
Czas zjazdu pojazdów z odcinka pasa przed autobusem t_o [s] (objaśnienia do wzoru (4.12))						
Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (wzór (4.12))						
Przystanek na wylocie:						
Relacja	CW		DW			
Natężenie ruchu autobusów Q_a [P/h]						
Odległość czoła przystanku od linii zatrzymań l_a [m]						
Szerokość przejścia dla pieszych w [m]						
Czas wymiany pasażerów t_{wp} [s]						
Czas ruszenia pojazdu w stosunku do poprzedniego pojazdu τ_{or} [s]						
Udział pojazdów ciężkich na wylocie (wartość średnia ważona) u_c [-]						
Przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce $l_p = l_t + u_c \cdot (l_c - l_t)$ [m]						
Czas blokowania wylotu przez pojedynczy autobus t_b [s] (objaśnienia do wzoru (4.13))						
dla relacji CW $\Sigma Q = Q_{AL} + Q_{BP} + C_{CW}^*$ [P/h] (C_{DW}^* wg F: 4)	dla relacji DW $\Sigma Q = Q_{BL} + Q_{AP} + C_{DW}^*$ [P/h] (C_{DW}^* wg F: 4)					
Czas wypełnienia się pojazdami strefy za autobusem t_w [s] (objaśnienia do wzoru (4.13))						
Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (wzór (4.13))						

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM					FORMULARZ	4.2
Wlot	C			D		
Pas	1	2*	wsp.	1	2*	wsp.
Relacje						
Natężenie ruchu relacji na pasie Q_o [P/h]						
Udział relacji na pasie ruchu m_r [%]						
Przepustowość relacji C_r [P/h] (F: 4)						
Przepustowość pasa bez uwzględnienia poszerzenia $C_j = 100 / \Sigma(m_r / C_r)$ [P/h]						
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]						
Udział natężenia ruchu na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]						
$100 \cdot C_j / m_j$ [%]						
Stopień wykorzystania przepustowości pasa $\rho_j = Q_j / C_j$ [-]						
Średnia strata czasu na pasie ruchu d_j [s/P] (wzór (5.1))			—			—
Średnia długość kolejki na pasie ruchu K_j [P] (wzór (4.19))			—			—
Max ze średnich długości kolejek K_{max} [P] (wzór (4.20))			—			—
Pojemność poszerzenia K_p [P] (F: 1)	—		—	—		—
Przepustowość poszerzonego pasa (wlotu) C_p [P/h] (wzór (4.21))	—		—	—		—

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WŁOTÓW I SKRZYŻOWANIA											FORMULARZ	5
Obliczenie przepustowości i PSR pasów ruchu												
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie relacji Q_r [P/h]												
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]												
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]												
Przepustowość relacji $C_r^{(1)}$ [P/h]												
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]												
Stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu ρ_j [-] (wzór (4.59))												
Rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_j = C_j - Q_j$ [P/h]												
Strata czasu d_j [s/P] (wzór (5.1))												
Miarodajna długość kolejki K_{jm} [P] (wzór (5.4))												
Przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p [m]												
Długość (zasieg) kolejki L_k [m] (wzór (5.5))												
PSR (tab. 5.1)												
Obliczenie przepustowości i PSR wlotów oraz skrzyżowania												
Włot	A			B			C			D		
Relacje na pasie ruchu j	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]												
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl} [P/h]												
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]												
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]												
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (wzór (4.16))												
Stopień wykorzystania przepustowości wlotu ρ_{wl} [-] (wzór (4.60))												
Rezerwa przepustowości wlotu $\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl}$ [P/h]												
Strata czasu d_{wl} [s/P] (wzór (5.2))												
PSR (tab. 5.1)												
Strata czasu d_{sk} [s/P] (wzór (5.3))												

¹⁾ przepustowość obliczona z uwzględnieniem wpływów poszerzenia pasów i sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATEŻEŃ RUCHU											FORMULARZ	6
Włot	A			B			C			D		
Relacje na pasie ruchu j	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Przepustowość pasa ruchu C_j [P/h] (F: 5)												
Krytyczna rezerwa przepustowości pasa ruchu dla PSR i $\Delta C_{k,j}^i$ [P/h] (rys. 5.3 lub 5.4)	PSR I											
	PSR II											
	PSR III											
Natężenie krytyczne na pasie ruchu dla PSR i $Q_{k,j}^i$ [P/h] (wzór (5.6))	PSR I											
	PSR II											
	PSR III											
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (F: 5)												
Krytyczna rezerwa przepustowości wlotu dla PSR i $\Delta C_{k,wl}^i$ [P/h] (rys. 5.3 lub 5.4)	PSR I											
	PSR II											
	PSR III											
Natężenie krytyczne wlotu dla PSR i $Q_{k,wl}^i$ [P/h] (wzór (5.7))	PSR I											
	PSR II											
	PSR III											

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ										
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} - skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym										FORMULARZ 3-a
Relacja nadrzędna	Nateżenie relacji nadrzędnej (F: 2)	Relacja podporządkowana								
		I				II				
		CW	CP	DW	DP	C'L	C'W	D'L	D'W	
Pojazdy Q_p [p/h]	AL									
	AW									
	AP									
	BL									
	BW									
	BP									
	CW									
	CP									
	DW									
	DP									
Piesi Q_{pfr} [gp/h]	APs									
	BPs									
	CPs									
	DPs									
Nateżenie relacji nadrzędnych Q_n [(P+gp)/h] (p. 4.10, krok 1)										
Gраниczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)										
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)										
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1 + 4.4)										

Mnożnik nateżenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ											
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI - skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym										FORMULARZ 4-a	
Część skrzyżowania		I				II					
Relacja podporządkowana		CP	DP	CW	DW	C'W	D'W	C'L	D'L		
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F: 3-a)											
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	--	--	--	--	--	--	DP	DW	CP	CW
	Nateżenie relacji dławiącej Q_{rd} [E/h] (F: 2)	--	--	--	--	--	--				
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd} = C_{or}$ [E/h]	--	--	--	--	--	--				
	$\rho_{rd} = Q_{rd}/C_{rd}$ [-]	--	--	--	--	--	--				
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	--	--	--	--	--	--				
	Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4) + (4.6))	--	--	--	--	--	--				
Wpływ pieszych	$\min\{U_{bij}\}$ [-] (F: 2)										
	$\max\{U_{bij}\}$ [-] (F: 2)										
	Udział łącznego czasu blokowania U_{lb} [-] (wzór (4.9))										
	Nateżenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F: 3-a)										
	Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))										
Przepustowość rzeczywista $C_r^* = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p$ [E/h]											
Wpływ przystanków	Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (F: 4.1)										
	Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [E/h] (wzór (4.14))										
Udział czasu blokowania relacji U_{lbr} [-] (F: 3-b.3)											
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_{or} [E/h] (wzór (4.56))											

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ				
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA - skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym			FORMULARZ	5-a
Część skrzyżowania		II		
Włot		C'		D'
Relacja		C'L	C'W	D'L D'W
Natężenie relacji Q_r [E/h]				
Przepustowość relacji C_{lr} [E/h] (F: 4-a)				
Przepustowość pasa ruchu C_{ll} [E/h] (wzory (4.28) i (4.29))				
Część skrzyżowania		I		
Włot		C		D
Relacja		CW	CP	DW DP
Natężenie relacji Q_r [E/h]				
Przepustowość relacji C_{lr} [E/h] (F: 4-a)				
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)				
Przepustowość relacji jak dla skrzyżowania bez powierzchni akumulacji C_{lir} [E/h] (wzory (4.30) i (4.31))			—	—
Zmienna pomocnicza y [-] (wzory (4.32) i (4.33))			—	—
Pojemność powierzchni akumulacji k [E]				
Współczynnik dopasowania α [-] (wzór (4.38))				
Przepustowość wynikowa relacji C_r [E/h] (wzory (4.34) i (4.37))				
Przepustowość rzeczywista pasa ruchu wlotu zasadniczego C_j [E/h] (wzory (4.39) i (4.40))				
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (F: 2)				
Przepustowość rzeczywista pasa ruchu wlotu zasadniczego C_j [P/h]				

UWAGA: Jeżeli $C_{lir} < Q_{li}$ i/lub $C_{ll} < Q_{ll}$, to przepustowość drugorzędowego wlotu jest zbyt mała dla obsługi pojazdów skręcających w lewo z drogi nadrzędnej. Brak możliwości wjazdu z wlotu zasadniczego.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ							
OBLICZENIE CZASÓW ZJAZDU POJAZDÓW Z KOLEJKI NA SĄSIADUJĄCYCH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA				FORMULARZ	3-b.1		
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:		A			B		
Włot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:		A	C	D	B	C	D
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} ¹⁾ [P/h]							
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją G_i [s]							
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]							
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją T_c [s]							
Współczynnik progresji f_{prog} [-]							
$f_{prog} \cdot G_i$ [s]							
Czas rozładowania kolejki pojazdów oczekujących na sygnale czerwonym t_R [s] (wzór (4.41))							
$f_{prog} \cdot Q_{si}$ [s]							
Czas rozładowania kolejki tworzącej się z pojazdów wypływających w czasie sygnału zielonego t_G [s] (wzór (4.42))							
Czas wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r t_{ki} ²⁾ [s] (wzór (4.43))							

¹⁾ w przypadku przyjęcia $t_{ki} = G_i$ (ostatni wiersz formularza 3-b.1) należy zredukować natężenie Q_{si} do wartości $Q_{si} = S_i \cdot t_{ki}$

²⁾ w przypadku przyjęcia $t_{ki} = G_i$, $Q_{si} = S_i \cdot t_{ki}$

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
CZAS BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPLYWAJĄCE KOLUMNY				FORMULARZ 3-b.2		
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:	A			B		
Wlot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:	A	C	D	B	C	D
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} [P/h] (F: 3-b.1)						
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]						
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją T_c [s]						
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{dk} [s]						
Czas wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r t_{ki} [s] (F: 3-b.1)						
Współczynnik dyspersji kolumn α [-]						
Współczynnik progresji f_{prog} [-]						
Współczynnik określający udział w ruchu na pasie wlotu skrzyżowania z sygnalizacją strumienia (relacji) pojazdów jadących w kierunku analizowanego skrzyżowania bez sygnalizacji $f_{syg,i}$ [-]						
β [-] (wzór (4.45))						
F [-] (wzór (4.46))						
Maksymalne natężenie ruchu poruszającego się w kolumnie $Q_{max,i}$ [P/h] (wzór (4.47))						
Minimalne natężenie potoku, który może być traktowany jako kolumnowy Q_{min} [P/h]						
$S_i \cdot f_{syg,i}$ [P/h]						
$Q_{si} \cdot f_{prog} \cdot f_{syg,i}$ [P/h]						
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny t_{br} [s] (wzory (4.48) i (4.49))						

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ									
UDZIAŁ CZASÓW BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPLYWAJĄCE KOLUMNY ORAZ SCHEMAT DOPLYWU KOLUMN								FORMULARZ 3-b.3	
Relacja		AL	BL	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Przesunięcie czasowe między momentami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków (dla sygnalizacji dwufazowej) ϕ [s]									
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach T_c [s]									
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny na wlocie A t_{br} [s] (F: 3-b.2)		—							—
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny na wlocie B t_{br} [s] (F: 3-b.2)			—			—			
Udział czasu blokowania ruchu przez dopływające kolumny U_{br} [-] (wzory (4.50) i (4.51))									
Wlot A	Czas kolumnowego stanu ruchu w nadrzędnym potoku dla działającej relacji r w okresie stanu ruchu bez kolumn dla relacji działającej	—	—			—			—
Wlot B	t_{br}^d [s] (rys. poniżej)	—	—			—			—

Schemat dopływu kolumn

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ

OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}
- skrzyżowanie pod wpływem sąsiednich sygnalizacji

FORMULARZ 3-b.4

Relacja podporządkowana	AL	BL	CP	CW	CL	DP	DW	DL
Wyjściowe sumaryczne natężenie na wlocie A Q_A [P/h] (p. 4.11, krok 4)	—					—		
Wyjściowe sumaryczne natężenie na wlocie B Q_B [P/h] (p. 4.11, krok 4)		—	—					
Natężenie ruchu na wlocie A w okresie braku blokowania Q'_A [P/h] (p. 4.11, krok 4)	—					—		
Natężenie ruchu na wlocie B w okresie braku blokowania Q'_B [P/h] (p. 4.11, krok 4)		—	—					
Relacja nadrzędna	Natężenie relacji nadrzędnej Q_r [P/h]							
AL								
AW								
AP								
BL								
BW								
BP								
CW								
CP								
DW								
DP								
Natężenie relacji nadrzędnych Q'_n [P/h] (tab. 4.1)								
Graniczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)								
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)								
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1 + 4.4)								

Mnożnik natężenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

8. PRZYKŁADY OBLICZENIOWE

8.1. Przykład nr 1 – Skrzyżowanie czterewłotowe położone poza terenem zabudowy

Skrzyżowanie dróg krajowej klasy G oraz wojewódzkiej klasy Z ze skanalizowanymi wlotami drogi z pierwszeństwem przejazdu i wlotami podporządkowanymi o rozwiązaniu jak na rys. 8.1. Relacje skreću w lewo z drogi nadrzędnej prowadzone są z wykorzystaniem dodatkowych, wydzielonych pasów. Wlot C podporządkowany jest znakiem „Ustąp pierwszeństwa” (A-7), natomiast wlot D – znakiem „stop” (B-20).

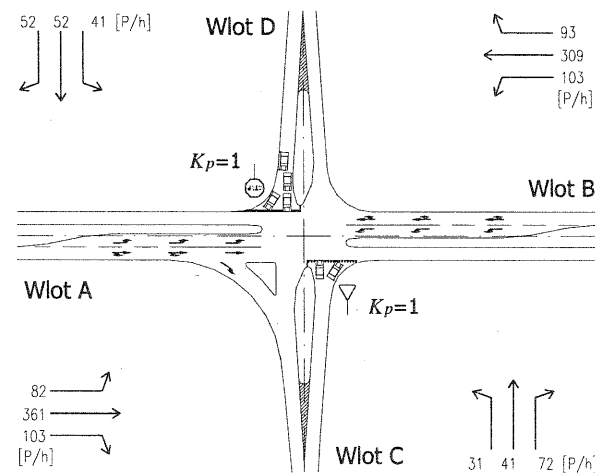
Skrzyżowanie zlokalizowane jest poza terenem zabudowy, z dala od dużych aglomeracji. Na skrzyżowaniu nie występuje ruch pieszy.

Natężenia ruchu pojazdów pomierzone na skrzyżowaniu Q_w zestawiono na rys. 8.1. W ruchu na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu występuje 20% udział samochodów ciężarowych i autobusów (c) oraz 8% samochodów ciężarowych z przyczepami lub naczepami (cp). Na wlotach podporządkowanych odpowiednio: – wlot C – $c = 15\%$, $cp = 6\%$, – wlot D – $c = 10\%$, $cp = 4\%$. Wskaźnik zmienności ruchu w godzinie $k_{15} = 0,97$.

Celem analizy jest ocena warunków ruchu panujących na pasach wlotów podporządkowanych oraz obliczenie przepustowości tych wlotów przy znacznych natężeniach ruchu.

Ponieważ na skrzyżowaniu występują niewielkie wahania natężeń ruchu w okresie godziny $k_{15} = 0,97 > 0,90$, zgodnie z zapisem w p. 3.1, jako okres analizy przyjęto $t_a = 1,0$ h, wobec czego natężenia obliczeniowe Q równe są natężeniom pomierzonym Q_w (zgodnie z p. 3.2).

FORMULARZ: 1 – DANE OGÓLNE



Rys. 8.1. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 1

FORMULARZ: 2 – DANE RUCHOWE

1. Dane ruchowe – *ruch pojazdów*:

Wlot A

$$Q_{AL} = 82 \text{ P/h}, \quad Q_{AW} = 361 \text{ P/h}, \quad Q_{AP} = 103 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q_{BL} = 103 \text{ P/h}, \quad Q_{BW} = 309 \text{ P/h}, \quad Q_{BP} = 93 \text{ P/h},$$

Wlot C

$$Q_{CL} = 31 \text{ P/h}, \quad Q_{CW} = 41 \text{ P/h}, \quad Q_{CP} = 72 \text{ P/h},$$

Wlot D

$$Q_{DL} = 41 \text{ P/h}, \quad Q_{DW} = 52 \text{ P/h}, \quad Q_{DP} = 52 \text{ P/h},$$

– *ruch pieszy*:

nie występuje na skrzyżowaniu.

2. Obliczenie współczynnika uwzględniającego wpływ struktury rodzajowej f_c :

$$f_c = \frac{1}{1 + u_c \cdot (E_c - 1) + u_{cp} \cdot (E_{cp} - 1) + u_{mr} \cdot (E_{mr} - 1)} \quad [-] \quad (\text{wzór (4.11)})$$

$$\text{Wloty A i B} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,2 \cdot (1,7 - 1) + 0,08 \cdot (2,5 - 1) + 0 \cdot (0,5 - 1)} = 0,794,$$

$$\text{Wlot C} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,15 \cdot (1,7 - 1) + 0,06 \cdot (2,5 - 1) + 0 \cdot (0,5 - 1)} = 0,837,$$

$$\text{Wlot D} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot (1,7 - 1) + 0,04 \cdot (2,5 - 1) + 0 \cdot (0,5 - 1)} = 0,885.$$

Natężenia obliczeniowego w jednostkach umownych [E/h] nie wyznacza się, gdyż nie ma zastosowania w dalszej analizie.

3. Obliczenie udziałów natężenia poszczególnych relacji w ruchu na pasach – m_r oraz udziałów natężeń ruchu na pasach w ruchu na wlocie – m_j

Wlot A

$$\text{Pas 1 dla relacji AL:} \quad m_{AL} = 100 \%, \quad m_1 = 100 \cdot \frac{82}{82 + 361 + 103} = 15,0 \%,$$

$$\text{Pas 2 dla relacji AW i AP:} \quad m_{AW} = 100 \cdot \frac{361}{361 + 103} = 77,8 \%,$$

$$m_{AP} = 100 \cdot \frac{103}{361 + 103} = 22,2 \%, \quad m_2 = 100 \cdot \frac{361 + 103}{82 + 361 + 103} = 85,0 \%,$$

Wlot B

$$\text{Pas 1 dla relacji BL:} \quad m_{BL} = 100 \%, \quad m_1 = 100 \cdot \frac{103}{93 + 309 + 103} = 20,4 \%,$$

$$\text{Pas 2 dla relacji BW i BP:} \quad m_{BW} = 100 \cdot \frac{309}{309 + 93} = 76,9 \%,$$

$$m_{BP} = 100 \cdot \frac{93}{309 + 93} = 23,1 \%, \quad m_2 = 100 \cdot \frac{309 + 93}{93 + 309 + 103} = 79,6 \%,$$

Wlot C

$$\text{Pas 1 dla relacji CL, CW i CP:} \quad m_{CL} = 100 \cdot \frac{31}{31 + 41 + 72} = 21,5 \%,$$

$$m_{CW} = 100 \cdot \frac{41}{31 + 41 + 72} = 28,5 \%, \quad m_{CP} = 100 \cdot \frac{72}{31 + 41 + 72} = 50,0 \%,$$

Wlot D

$$\text{Pas 1 dla relacji DL, DW i DP:} \quad m_{DL} = 100 \cdot \frac{31}{41 + 52 + 52} = 28,2 \%,$$

$$m_{DW} = 100 \cdot \frac{52}{41 + 52 + 52} = 35,9 \%, \quad m_{DP} = 100 \cdot \frac{52}{41 + 52 + 52} = 35,9 \%,$$

FORMULARZ: 3 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}

1. Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych

Relacja AL

$$Q_n = Q_{BP} + Q_{BW} = 93 + 309 = 402 \text{ P/h},$$

Relacja BL

Ponieważ relacja skrótu w prawo AP jest skanalizowana za pomocą dużej wyspy trójkątnej, jej natężenie pomniejszono o 50% (tab. 4.1, odnośnik 1)

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} = 0,5 \cdot 103 + 361 = 413 \text{ P/h},$$

Relacja CL

Z uwagi na to, że skręt w prawo z wlotu D korzysta z poszerzenia na wlocie, wzięto połowę jego natężenia (tab. 4.1, odnośnik 6)

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DW} + 0,5 \cdot Q_{DP} = 0,5 \cdot 103 + 361 + 82 + 0,5 \cdot 93 + 309 + 103 + 52 + 0,5 \cdot 52 = 1031 \text{ P/h},$$

Relacja CW

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} = 0,5 \cdot 103 + 361 + 82 + 93 + 309 + 103 = 1000 \text{ P/h},$$

Relacja CP

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} = 0,5 \cdot 103 + 361 = 413 \text{ P/h},$$

Relacja DL

Z uwagi na to, że skręt w prawo z wlotu C korzysta z poszerzenia na wlocie, wzięto połowę jego natężenia (tab. 4.1, odnośnik 6)

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CW} + 0,5 \cdot Q_{CP} = 0,5 \cdot 93 + 309 + 103 + 0,5 \cdot 103 + 361 + 82 + 41 + 0,5 \cdot 72 = 1030 \text{ P/h},$$

Relacja DW

Ponieważ relacja skrętu w prawo AP jest skanalizowana za pomocą dużej wyspy trójkątnej, jej natężenie pomniejszono o 50% (tab. 4.1, odnośnik 1)

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} = 0,5 \cdot 93 + 309 + 103 + 0,5 \cdot 103 + 361 + 82 = 953 \text{ P/h,}$$

Relacja DP

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} = 0,5 \cdot 93 + 309 = 356 \text{ P/h.}$$

2. Ustalenie granicznego odstępu czasu t_g (tab. 4.2), odstępu czasu między pojazdami t_f (tab. 4.3) oraz przepustowości wyjściowych (wzory (4.1) i (4.2))

Relacja AL

$$C_{or} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left(t_g \frac{t_f}{2} \right)} \quad [\text{E/h}]$$

$$t_g = 6,1 \text{ s,} \quad t_f = 2,7 \text{ s,} \quad C_{oAL} = \frac{3600}{2,7} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{402}{3600} \left(6,1 \frac{2,7}{2} \right)} = 744 \text{ E/h,}$$

Relacja BL

$$t_g = 6,1 \text{ s,} \quad t_f = 2,7 \text{ s,} \quad C_{oBL} = \frac{3600}{2,7} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{413}{3600} \left(6,1 \frac{2,7}{2} \right)} = 732 \text{ E/h,}$$

Relacja CL

$$C_{or} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left(t_g \frac{t_f}{2} \right)} \quad [\text{E/h}]$$

$$t_g = 7,4 \text{ s,} \quad t_f = 3,4 \text{ s,} \quad C_{oCL} = \frac{3600}{3,4} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{1031}{3600} \left(7,4 \frac{3,4}{2} \right)} = 185 \text{ E/h,}$$

Relacja CW

$$t_g = 7,0 \text{ s,} \quad t_f = 3,5 \text{ s,} \quad C_{oCW} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{1000}{3600} \left(7,0 \frac{3,5}{2} \right)} = 216 \text{ E/h,}$$

Relacja CP

$$t_g = 7,3 \text{ s,} \quad t_f = 3,1 \text{ s,} \quad C_{oCP} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{413}{3600} \left(7,3 \frac{3,1}{2} \right)} = 573 \text{ E/h,}$$

Relacja DL

$$t_g = 7,4 \text{ s,} \quad t_f = 3,8 \text{ s,} \quad C_{oDL} = \frac{3600}{3,8} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{1030}{3600} \left(7,4 \frac{3,8}{2} \right)} = 176 \text{ E/h,}$$

Relacja DW

$$t_g = 7,0 \text{ s,} \quad t_f = 4,0 \text{ s,} \quad C_{oDW} = \frac{3600}{4,0} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{953}{3600} \left(7,0 \frac{4,0}{2} \right)} = 218 \text{ E/h,}$$

Relacja DP

$$t_g = 7,3 \text{ s,} \quad t_f = 3,7 \text{ s,} \quad C_{oDP} = \frac{3600}{3,7} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{356}{3600} \left(7,3 \frac{3,7}{2} \right)} = 547 \text{ E/h.}$$

FORMULARZ: 4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c \cdot f_a \quad [\text{P/h}] \quad (\text{wzór (4.14)})$$

$f_p, f_a = 1,0$ (nie ma wpływu pieszych i przystanków autobusowych na ruch pojazdów zadnej relacji).

Relacje 1 rzędu (AL, BL, CP i DP) nie są dławione – dla relacji tych $f_d = 1,0$.

Współczynniki wpływu struktury rodzajowej f_c obliczone zostały w formularzu 2

$$\text{Relacja AL} \quad C_{AL} = 744 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,794 \cdot 1,0 = 591 \text{ P/h,}$$

$$\text{Relacja BL} \quad C_{BL} = 732 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,794 \cdot 1,0 = 581 \text{ P/h,}$$

$$\text{Relacja CP} \quad C_{CP} = 573 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,837 \cdot 1,0 = 480 \text{ P/h,}$$

$$\text{Relacja DP} \quad C_{DP} = 547 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,885 \cdot 1,0 = 484 \text{ P/h,}$$

Relacja CW

Relacjami dławiącymi są AL i BL

Dławienie przez relację AL: $Q_{AL} = 82 \text{ P/h,} \quad C_{AL} = C_{oAL} f_c = 744 \cdot 0,794 = 591 \text{ P/h,}$

$$\rho_{AL} = \frac{Q_{AL}}{C_{AL}} = \frac{82}{591} = 0,139,$$

$f_{AL} = 0,930$ odczytane z krzywej Ⓞ na rys. 4.5,

Dławienie przez relację BL: $Q_{BL} = 103 \text{ P/h,} \quad C_{BL} = C_{oBL} f_c = 732 \cdot 0,794 = 581 \text{ P/h,}$

$$\rho_{BL} = \frac{Q_{BL}}{C_{BL}} = \frac{103}{581} = 0,177,$$

$f_{BL} = 0,905$ odczytane z krzywej Ⓞ na rys. 4.5,

$f_d = f_{AL} \cdot f_{BL} = 0,930 \cdot 0,905 = 0,842,$

$C_{CW} = 216 \cdot 0,840 \cdot 1,0 \cdot 0,837 \cdot 1,0 = 152 \text{ P/h,}$

Relacja DW

Dławienie jest identyczne jak w przypadku relacji CW.

$f_d = f_{AL} \cdot f_{BL} = 0,930 \cdot 0,905 = 0,842,$

$C_{DW} = 218 \cdot 0,840 \cdot 1,0 \cdot 0,885 \cdot 1,0 = 162 \text{ P/h,}$

Relacja CL

Relacjami dławiącymi są AL, BL, DP i DW.

Dławienie przez relacje AL i BL jest identyczne jak w przypadku relacji CW i DW:

$f_{AL} = 0,930, \quad f_{BL} = 0,905.$

Na przeciwległym wlocie D występuje jeden pas ruchu wspólny dla trzech relacji DL, DW i DP. Udział natężenia relacji skrętu w lewo wynosi 28,2% i jest większy od 10%. W związku z tym $f_{DP} = 1,0$ – krzywa Ⓞ na rys 4.5,

$$Q_{DW} = 52 \text{ P/h}, \quad C_{DW} = C_{oDW} \cdot f_c = 218 \cdot 0,885 = 193 \text{ P/h},$$

$$\rho_{Dwd} = \frac{Q_{Dwd}}{C_{Dwd}} = \frac{52}{193} = 0,270,$$

$f_{DW} = 0,930$ odczytane z krzywej ③ na rys. 4.5, ponieważ udział relacji DL z przeciwnego wlotu na pasie wspólnym z relacjami DW i DP jest większy niż 10%.

$$f_d = f_k \cdot f_{DP}$$

$$f_k = \frac{1}{1 + \frac{1 - f_{AL} \cdot f_{BL}}{f_{AL} \cdot f_{BL}} + \frac{1 - f_{DW}}{f_{DW}}} = \frac{1}{1 + \frac{1 - 0,930 \cdot 0,905}{0,930 \cdot 0,905} + \frac{1 - 0,930}{0,930}} = 0,792, \quad (\text{wzór (4.7)})$$

$$f_d = 0,790 \cdot 1,0 = 0,792,$$

$$C_{CL} = 185 \cdot 0,790 \cdot 1,0 \cdot 0,837 \cdot 1,0 = 122 \text{ P/h},$$

Relacja DL

Relacjami dławiącymi są AL, BL, CP i CW.

Dławienie przez relacje AL i BL jest identyczne jak w przypadku relacji CW i DW:

$$f_{AL} = 0,930, \quad f_{BL} = 0,905.$$

Na przeciwnym wlocie C występuje jeden pas ruchu wspólny dla trzech relacji CL, CW i CP. Udział nateżenia relacji skrętu w lewo wynosi 21,5% i jest większy od 10%. W związku z tym $f_{CP} = 1,0$ – krzywa ④ na rys. 4.5.

$$Q_{CW} = 41 \text{ P/h}, \quad C_{CW} = C_{oCW} \cdot f_c = 216 \cdot 0,837 = 181 \text{ P/h},$$

$$\rho_{CW} = \frac{Q_{CW}}{C_{CW}} = \frac{41}{181} = 0,227,$$

$f_{CW} = 0,950$ odczytane z krzywej ③ na rys. 4.5, ponieważ udział relacji CL z przeciwnego wlotu na pasie wspólnym z relacjami CW i DP jest większy niż 10%.

$$f_d = f_k \cdot f_{CP}$$

$$f_k = \frac{1}{1 + \frac{1 - f_{AL} \cdot f_{BL}}{f_{AL} \cdot f_{BL}} + \frac{1 - f_{CW}}{f_{CW}}} = \frac{1}{1 + \frac{1 - 0,930 \cdot 0,905}{0,930 \cdot 0,905} + \frac{1 - 0,950}{0,950}} = 0,806,$$

$$f_d = 0,804 \cdot 1,0 = 0,806,$$

$$C_{DL} = 176 \cdot 0,806 \cdot 1,0 \cdot 0,885 \cdot 1,0 = 125 \text{ P/h}.$$

FORMULARZ: 4.2 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM

Ponieważ na wlotach podporządkowanych występuje poszerzenie umożliwiające ustawianie się równolegle dwóch pojazdów obok siebie, w obliczaniu przepustowości pasa należy uwzględnić wpływ poszerzenia na przepustowość pasa (wzór (4.21))

$$C_p = \begin{cases} \left(\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} - C_j^{wsp} \right) \cdot \frac{K_p}{K_{\max}} + C_j^{wsp} & \text{dla } K_p < K_{\max} \\ \min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} & \text{dla } K_p \geq K_{\max} \end{cases}$$

Wlot C

Na wlocie C występuje jeden pas ruchu z poszerzeniem o pojemności $K_p = 1$. Z pasa tego (C^{wsp}) korzystają relacje CL, CW i CP. Zakładając, że poszerzenie tworzy dodatkowy pas 2*, z którego korzysta relacja CP, na pasie 1 pozostają więc relacje CL i CW.

Pas C^{wsp}

$$Q_C^{wsp} = Q_{CL} + Q_{CW} + Q_{CP} = 31 + 41 + 72 = 144 \text{ P/h},$$

$$\text{wg formularza 2: } m_{CL} = 21,5\%, \quad m_{CW} = 28,5\%, \quad m_{CP} = 50,0\%,$$

$$C_C^{wsp} = \frac{100}{\sum \frac{m_r}{C_r}} = \frac{100}{\frac{21,5}{122} + \frac{28,5}{152} + \frac{50}{480}} = 214 \text{ P/h}, \quad (\text{wzór (4.17)})$$

Pas C_1

$$Q_1 = Q_{CL} + Q_{CW} = 31 + 41 = 72 \text{ P/h},$$

$$m_{CL} = \frac{100 \cdot Q_{CL}}{Q_{CL} + Q_{CW}} = \frac{100 \cdot 31}{72} = 43,1\%, \quad m_{CW} = \frac{100 \cdot Q_{CW}}{Q_{CL} + Q_{CW}} = \frac{100 \cdot 41}{72} = 56,9\%,$$

$$C_1 = \frac{100}{\sum \frac{m_r}{C_r}} = \frac{100}{\frac{43,1}{122} + \frac{56,9}{152}} = 137 \text{ P/h},$$

$$\rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{72}{137} = 0,526,$$

$$t_a = 1,0 \text{ h},$$

$$d_j = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_j} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ (\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600}{C_j} \cdot \rho_j} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot \rho_j} - 2,2 \text{ [s/P]}$$

dla $0,0 < \rho_j \leq 1,0$

(wzór (5.1))

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{137} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,526 - 1) + \sqrt{(0,526 - 1)^2 + \frac{3600}{137} \cdot 0,526} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,526} - 2,2 = 58,9 \text{ s/P},$$

$$K_j = d_j \cdot \frac{Q_j}{3600} \text{ [P]} \quad K_1 = 58,9 \cdot \frac{72}{3600} = 1,2 \text{ P}, \quad (\text{wzór (4.9)})$$

Pas C_2

Z pasa C_2 korzystają wyłącznie relacje CP, wobec czego:

$$C_2 = C_{CP} = 480 \text{ P/h}, \quad Q_2 = Q_{CP} = 72 \text{ P/h}, \quad \rho_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{72}{480} = 0,150,$$

$$t_a = 1,0 \text{ h},$$

$$d_2 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{480} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,150 - 1) + \sqrt{(0,150 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,150}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,150} - 2,2 = 7,7 \text{ s/P,}$$

$$K_2 = 7,7 \cdot \frac{72}{3600} = 0,2 \text{ P,}$$

$$K_{\max} = \max_j \text{round}\{K_j + 1\} \text{ P z pasa 1 i 2}^* \quad (\text{wzór (4.9)})$$

$$K_{\max} = \max(\text{round}\{1,2 + 1\}, \text{round}\{0,2 + 1\}) = 2 \text{ P,}$$

$$K_p = 1,$$

$$\text{Z pasa 1 korzystna } m_1 = 100 \cdot \frac{31 + 41}{144} = 50,0 \%,$$

$$\text{Z pasa 2}^* \text{ korzystna } m_2 = 100 \cdot \frac{72}{144} = 50,0 \%,$$

$$\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} = \min \left\{ 100 \cdot \frac{C_1}{m_1}; 100 \cdot \frac{C_2}{m_2} \right\} = \min \left\{ 100 \cdot \frac{137}{50,0}; 100 \cdot \frac{480}{50,0} \right\} = \min\{274; 960\} = 274 \text{ P/h,}$$

Przepustowość poszerzonego pasa:

$$C_p = \left(\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} - C_j^{wsp} \right) \cdot \frac{K_p}{K_{\max}} + C_j^{wsp} = (274 - 214) \cdot \frac{1}{2} + 214 = 244 \text{ P/h.}$$

Uwzględnienie poszerzenia pasa ruchu na wlocie C spowodowało wzrost przepustowości wlotu o $C_p - C_c^{wsp} = 244 - 214 = 30$ P/h. W świetle warunków zapisanych na końcu rozdz. 4.9 - $K_{\max} = 2 \text{ P} = K_p + 1 = 2$, $m_p = 50\% > 35\%$ - należało się spodziewać, że poszerzenie spowoduje wzrost przepustowości o ponad 10% (w tym przypadku 14,0%).

Wlot D

Na wlocie D występuje jeden pas ruchu z poszerzeniem o pojemności $K_p = 1$. Z pasa tego (D^{wsp}) korzystają relacje DL, DW i DP. Zakładając, że poszerzenie tworzy dodatkowy pas 2*, z którego korzysta relacja DP, na pasie 1 pozostają więc relacje DL i DW.

Pas D^{wsp}

$$Q_D^{wsp} = Q_{DL} + Q_{DW} + Q_{DP} = 41 + 52 + 52 = 145 \text{ P/h,}$$

$$\text{wg formularza 2: } m_{DL} = 28,2 \%, \quad m_{DW} = 35,9 \%, \quad m_{DP} = 35,9 \%,$$

$$C_D^{wsp} = \frac{100}{\sum \frac{m_r}{C_r}} = \frac{100}{\frac{28,2}{125} + \frac{35,9}{162} + \frac{35,9}{484}} = 192 \text{ P/h,}$$

Pas D_1

$$Q_1 = Q_{DL} + Q_{DW} = 41 + 52 = 93 \text{ P/h,}$$

$$m_{DL} = \frac{100 \cdot Q_{DL}}{Q_{DL} + Q_{DW}} = \frac{100 \cdot 41}{93} = 44,1 \%, \quad m_{DW} = \frac{100 \cdot Q_{DW}}{Q_{DL} + Q_{DW}} = \frac{100 \cdot 52}{93} = 55,9 \%,$$

$$C_1 = \frac{100}{\sum \frac{m_r}{C_r}} = \frac{100}{\frac{44,1}{125} + \frac{55,9}{162}} = 143 \text{ P/h,}$$

$$\rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{93}{143} = 0,650,$$

$$t_a = 1,0 \text{ h,}$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{143} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,650 - 1) + \sqrt{(0,650 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,650}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,650} - 2,2 = 75,0 \text{ s/P,}$$

$$K_1 = 75,0 \cdot \frac{93}{3600} = 1,9 \text{ P,}$$

Pas D_2

Z pasa D_2 korzystają wyłącznie relacje DP, wobec czego:

$$C_2 = C_{DP} = 484 \text{ P/h,} \quad Q_2 = Q_{DP} = 52 \text{ P/h,} \quad \rho_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{52}{484} = 0,107,$$

$$t_a = 1,0 \text{ h,}$$

$$d_2 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{484} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,107 - 1) + \sqrt{(0,107 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,107}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,107} - 2,2 = 7,2 \text{ s/P,}$$

$$K_2 = 7,2 \cdot \frac{52}{3600} = 0,1 \text{ P,}$$

$$K_{\max} = \max(\text{round}\{1,9 + 1\}, \text{round}\{0,1 + 1\}) = 3 \text{ P,}$$

$$K_p = 1,$$

$$\text{Z pasa 1 korzystna } m_1 = 100 \cdot \frac{41 + 52}{145} = 64,1 \%,$$

$$\text{Z pasa 2}^* \text{ korzystna } m_2 = 100 \cdot \frac{52}{145} = 35,9 \%,$$

$$\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} = \min \left\{ 100 \cdot \frac{C_1}{m_1}; 100 \cdot \frac{C_2}{m_2} \right\} = \min \left\{ 100 \cdot \frac{143}{64,1}; 100 \cdot \frac{484}{35,9} \right\} = \min\{223; 1348\} = 223 \text{ P/h,}$$

Przepustowość poszerzonego pasa:

$$C_p = \left(\min_j \left\{ 100 \cdot \frac{C_j}{m_j} \right\} - C_j^{wsp} \right) \cdot \frac{K_p}{K_{max}} + C_j^{wsp} = (223 - 192) \cdot \frac{1}{3} + 192 = 202 \text{ P/h.}$$

Uwzględnienie poszerzenia pasa ruchu na wlocie D spowodowało wzrost przepustowości wlotu o $C_p - C_D^{wsp} = 202 - 192 = 10 \text{ P/h}$. W świetle warunków zapisanych na końcu rozdz. 4.9 – $K_{max} = 3 \text{ P} > K_p + 1 = 2$ – wpływ poszerzenia można było pominąć (wzrost przepustowości wynosi 5,2% i jest mniejszy od 10%).

FORMULARZ: 5 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA

Straty czasu dla relacji 1 rzędu są równe zeru (AW, AP, BW, BP) ponieważ korzystają z wydzielonego pasa ruchu i nie występuje blokowanie przez relacje korzystające z pasa skrętu w lewo, wobec czego straty czasu dla wlotów drogi z pierwszeństwem przejazdu wyznacza się tylko dla relacji AL i BL.

Wlot A

Relacja AL

$$C_1 = 591 \text{ P/h,}$$

Rezerwa i wykorzystanie przepustowości:

$$\Delta C_1 = C_1 - Q_1 = 591 - 82 = 509 \text{ P/h,} \quad \rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{82}{591} = 0,139,$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{591} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,139 - 1) + \sqrt{(0,139 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,139}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,139} - 2,2 = 5,8 \text{ s/P,}$$

Miarodajna długość kolejki:

$$K_m = \frac{C_j}{4} \cdot t_a \cdot \left[(\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600 \cdot \rho_j}{C_j \cdot 150 \cdot t_a}} \right] \quad [\text{P}] \quad (\text{wzór (5.4)})$$

$$K_{1m} = \frac{591}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,139 - 1) + \sqrt{(0,139 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,139}{150 \cdot 1}} \right] = 0,5 \text{ P,}$$

przyjęto $K_{1m} = 1 \text{ P,}$

Długość kolejki wyrażona w metrach:

$$L_K = K_{jm} \cdot l_p \quad [\text{m}] \quad (\text{wzór (5.5)})$$

$$\text{gdzie: } l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,28 \cdot (13,0 - 6,2) = 8,10 \text{ m,}$$

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 1 \cdot 8,10 = 8 \text{ m.}$$

Dla średniej straty czasu $d = 5,8 \text{ s/P}$ odczytujemy z tab. 5.1 **PSR I**.

Średnia strata czasu całego wlotu:

$$d_A = \frac{\sum_j d_j Q_j}{\sum_j Q_j} = \frac{0 \cdot 464 + 5,8 \cdot 82}{546} = 0,9 \text{ s/P,} \quad (\text{wzór (5.2)})$$

Wlot B

Relacja BL

$$C_1 = 581 \text{ P/h,}$$

Rezerwa i wykorzystanie przepustowości:

$$\Delta C_1 = C_1 - Q_1 = 581 - 103 = 478 \text{ P/h,} \quad \rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{103}{581} = 0,177,$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{581} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,177 - 1) + \sqrt{(0,177 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,177}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,177} - 2,2 = 6,3 \text{ s/P,}$$

Miarodajna długość kolejki:

$$K_{1m} = \frac{581}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,177 - 1) + \sqrt{(0,177 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,177}{150 \cdot 1}} \right] = 0,6 \text{ P,}$$

przyjęto $K_{1m} = 1 \text{ P,}$

$$L_K = K_{jm} \cdot l_p \quad [\text{m}] \quad (\text{wzór (5.5)})$$

$$\text{gdzie: } l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,28 \cdot (13,0 - 6,2) = 8,10 \text{ m,}$$

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 1 \cdot 8,10 = 8 \text{ m.}$$

Dla średniej straty czasu $d = 6,3 \text{ s/P}$ odczytujemy z tab. 5.1 **PSR I**.

Średnia strata czasu całego wlotu:

$$d_B = \frac{\sum_j d_j Q_j}{\sum_j Q_j} = \frac{0 \cdot 402 + 6,3 \cdot 103}{505} = 1,3 \text{ s/P.}$$

W analizowanym przypadku przepustowość pasów na wlotach podporządkowanych jest jednocześnie przepustowością wlotów.

Wlot C

$C_1 = 244$ P/h (z uwzględnieniem poszerzenia),

Rezerwa i wykorzystanie przepustowości:

$$\Delta C_1 = C_1 - Q_1 = 244 - 144 = 100 \text{ P/h}, \quad \rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{144}{244} = 0,590,$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{244} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,590 - 1) + \sqrt{(0,590 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,590}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,590} - 2,2 = 37,5 \text{ s/P},$$

Miarodajna długość kolejki:

$$K_{1m} = \frac{244}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,590 - 1) + \sqrt{(0,590 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,590}{150 \cdot 1}} \right] = 4,0 \text{ P},$$

przyjęto $K_{1m} = 4$ P,

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p \quad [\text{m}] \quad (\text{wzór (5.5)})$$

gdzie: $l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,21 \cdot (13,0 - 6,2) = 7,63$ m,

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 4 \cdot 7,63 = 30 \text{ m}.$$

Dla średniej straty czasu $d = 37,5$ s/P odczytujemy z tab. 5.1 **PSR III**

Krytyczna rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_{k,1}^{III} = 74$ P/h (odczytana z rys. 5.3).

Natężenie krytyczne dla **PSR III**:

$$Q_{k,1}^{III} = C_1 - \Delta C_{k,1}^{III} = 244 - 74 = 170 \text{ P/h}.$$

Natężenia ruchu na wlocie C wynosi 144 P/h, zatem przy zachowaniu warunków ruchu na wlocie odpowiadających **PSR III** ruch mógłby potencjalnie wzrosnąć o $170 - 144 = 26$ P/h, ale pod warunkiem braku zmian natężeń na innych wlotach skrzyżowania oraz przy nieziennej strukturze kierunkowej i rodzajowej na analizowanym wlocie C.

Wlot D

$C_1 = 202$ P/h (z uwzględnieniem poszerzenia),

Rezerwa i wykorzystanie przepustowości:

$$\Delta C_1 = C_1 - Q_1 = 202 - 145 = 57 \text{ P/h}, \quad \rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{145}{202} = 0,718,$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{202} + 900 \cdot 1,0 \cdot \left\{ (0,718 - 1) + \sqrt{(0,718 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,718}{450 \cdot 1,0}} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,718} - 2,2 = 64,8 \text{ s/P},$$

Miarodajna długość kolejki:

$$K_{1m} = \frac{202}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,718 - 1) + \sqrt{(0,718 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,718}{150 \cdot 1}} \right] = 6,3 \text{ P},$$

przyjęto $K_{1m} = 7$ P,

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p \quad [\text{m}] \quad (\text{wzór (5.5)})$$

gdzie: $l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,14 \cdot (13,0 - 6,2) = 7,15$ m,

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 7 \cdot 7,15 = 50 \text{ m}.$$

Dla średniej straty czasu $d = 64,8$ s/P odczytujemy z tab. 5.1 **PSR IV**.

W przypadku **PSR IV** krytyczna rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_{k,1} = 0$ P/h,

a natężenie krytyczne równe jest przepustowości $Q_{k,1} = C_1 = 202$ P/h.

Wyniki analizy wskazują na to, iż warunki ruchu panujące na wlocie D są złe (**IV PSR**), wobec czego należy rozważyć przebudowę skrzyżowania tak, aby warunki ruchu panujące na wlotach podporządkowanych dla tych klas krzyżujących się dróg były zgodne z zaleceniami zawartymi w „Wytocznych projektowania skrzyżowań drogowych”, tzn. nie gorsze niż **III PSR**.

Średnia strata czasu dla całego skrzyżowania wynosi (wzór (5.3)):

$$d_{skrz} = \frac{\sum_{wl} d_{wl} \cdot Q_{wl}}{\sum_{wl} Q_{wl}} = \frac{d_A \cdot Q_A + d_B \cdot Q_B + d_C \cdot Q_C + d_D \cdot Q_D}{Q_A + Q_B + Q_C + Q_D} = \frac{0,9 \cdot 546 + 1,3 \cdot 505 + 37,5 \cdot 144 + 64,8 \cdot 145}{546 + 505 + 144 + 145} = 11,9 \text{ s/P}.$$

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ		
DANE OGÓLNE		FORMULARZ 1
Skrzyżowanie: Przykład 1. Data pomiaru: 28.03.2003 r. Analizę wykonał: Paweł Dobrowolski		
Godzina pomiaru: 14.45÷15.45		
	Szkic skrzyżowania: 	
POŁOŻENIE: MIEJSCOWOŚĆ: MAŁA <input type="checkbox"/> DUŻA <input type="checkbox"/> STREFA DUŻYCH AGLOMERACJI <input type="checkbox"/> POZOSTAŁE <input checked="" type="checkbox"/>		
SPOSÓB PODPORZĄDKOWANIA WLOTÓW: WLOT C: znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/> WLOT D: znak A-7 <input type="checkbox"/> znak B-20 <input checked="" type="checkbox"/>		
WYSTĘPOWANIE PRZYSTANKÓW (F: 4.1): WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WYLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WYLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/>		
WYSTĘPOWANIE POSZERZENIA PASÓW NA WŁOCIE PODPORZĄDKOWANYM (F: 4.2): WLOT C: TAK <input checked="" type="checkbox"/> wykorzystująca relacja CP, dodatkowa kolejka $K_p = 1$ [P] WLOT D: TAK <input checked="" type="checkbox"/> wykorzystująca relacja DP, dodatkowa kolejka $K_p = 1$ [P]		
WYSTĘPOWANIE SZEROKIEGO PASA DZIELĄCEGO (tab. 7.2): TAK <input type="checkbox"/> pojemność powierzchni akumulacji $k = \dots$ [E]		
WYSTĘPOWANIE SASIEDNICH SYGNALIZACJI (tab. 7.3): WLOT A: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m] WLOT B: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m]		
Formularze wykorzystywane do obliczenia przepustowości i oceny poziomów swobody ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji		
Rodzaj prowadzonej analizy	Formularze wymagane:	Formularze opcjonalne:
Skrzyżowanie odosobnione	F: 1, F: 2, F: 3, F: 4, F: 5	
Skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	F: 1, F: 2, F: 3-a, F: 4-a, F: 5-a, F: 5	F: 4.1 (występowanie przystanków), F: 4.2 (poszerzenie pasa), F: 6 (natężenia krytyczne).
Skrzyżowanie znajdujące się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	F: 1, F: 2, F: 3-b.1, F: 3-b.2, F: 3-b.3, F: 3b.4, F: 4, F: 5	

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE												FORMULARZ 2
Dane dotyczące ruchu pojazdów												
Wlot	A			B			C			D		
	Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW
Natężenie Q_o [P/h]	546			505			144			145		
	82	361	103	103	309	93	31	41	72	41	52	52
Wskaźnik zmienności ruchu k_{15} [-]												
Natężenie obliczeniowe Q [P/h] (wzór (3.1))	546			505			144			145		
	82	361	103	103	309	93	31	41	72	41	52	52
Udział relacji w ruchu na wlocie $Q_o/Q_{wot} \cdot 100$ [%]	15,0	66,1	18,9	20,4	61,2	18,4	21,5	28,5	50,0	28,2	35,9	35,9
Udział samochodów ciężkich i autobusów u_c [%]	20	20	20	20	20	20	15	15	15	10	10	10
Udział samochodów ciężkich z przyczepą i autobusów przegubowych u_{cp} [%]	8	8	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4
Udział rowerów i motorowerów u_{mr} [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (wzór (4.11))	0,794	0,794	0,794	0,794	0,794	0,794	0,837	0,837	0,837	0,885	0,885	0,885
Natężenie obliczeniowe Q [E/h] = Q [P/h]/ f_c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dane dotyczące ruchu pieszych												
Wlot	A			B			C			D		
	Natężenie Q_P [Ps/h]											
Średnia liczebność grup pieszych n_{Ps} [Ps/gp] (wzór (3.2))												
Natężenie obliczeniowe Q_{Ps} [gp/h] (wzór (3.3))												
Długość strefy kolizji l_{pi} [m]							1)	2)	1)	2)		
Prędkość pieszych V_{Ps} [m/s]												
Udział czasu blokowania przez pieszych U_{bi} [-] (wzór (4.8))												

1) przejście na wlocie
2) przejście na wylocie

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ													
DANE RUCHOWE - cd.											FORMULARZ	2-cd	
Dane dotyczące geometrii skrzyżowania i organizacji ruchu oraz udziałów natężeń ruchu													
Włot		A			B			C			D		
Udziały natężeń dla relacji i pasów		Q [P/h]	m _r [%]	m _j [%]	Q [P/h]	m _r [%]	m _j [%]	Q [P/h]	m _r [%]	m _j [%]	Q [P/h]	m _r [%]	m _j [%]
pas 1 ¹⁾	L	82	100		103	100		31	21,5		41	28,2	
	W			15,0			20,4	41	28,5	100	52	35,9	100
	P							72	50,0		52	35,9	
pas 2 ¹⁾	L												
	W	361	77,8	85,0	309	76,9	79,6						
	P	103	22,2		103	23,1							
pas 3 ¹⁾	L												
	W												
	P												
Kanalizacja skrętu w prawo		TAK <input checked="" type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>		
		znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>			znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>								
Krótki pas na drodze nadrzędnej		TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			—			—		
		liczba stanowisk pojazdów: [P]			liczba stanowisk pojazdów: [P]								
Dane dotyczące sąsiadujących sygnalizacji													
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:		A			B								
Włot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:		A	C	D	B	C	D						
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wpływające z sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją Q _{si} [P/h]													
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją G _i [s]													
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją T _c ²⁾ [s]													
Przesunięcie w czasie między początkami sygnałów zielonych dla relacji na wprost na sąsiadujących skrzyżowaniach Δt [s]													
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją S _i [P/hz]													
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t _{ak} [s]													
Przesunięcie czasowe między momentami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków φ [s]													

¹⁾ Należy wypełnić rubryki dotyczące relacji występujących na danym pasie ruchu. Pas 1 jest położony bliżej osi wlotu.

²⁾ T_c - na sąsiadujących sygnalizacjach muszą być równe długości cykli sygnalizacyjnych.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ											
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C _{or}										FORMULARZ	3
Relacja nadrzędna	Natężenie relacji nadrzędnej (F: 2)	Relacja podporządkowana									
		AL	BL	CL	CW	CP	DL	DW	DP		
Pojazdy Q _i [P/h]	AL	82			1	1		1	1		
	AW	361		1	1	1	1	1	1		
	AP	103		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	BL	103			1	1		1	1		
	BW	309	1		1	1		1	1	1	
	BP	93	1		0,5	1		0,5	0,5	0,5	
	CW	41						1			
	CP	72						0,5			
	DW	52			1						
	DP	52			0,5						
Piesi Q _{pr} [gp/h]	APs	—			0					0	
	BPs	—					0	0			
	CPs	—			0	0	0	0		0	
	DPs	—	0			0		0	0	0	
Natężenie relacji nadrzędnych Q _n [(P+gp)/h] (tab. 4.1)		402	413	1031	1000	413	1030	953	356		
Graniczny odstęp czasu t _g [s] (tab. 4.2)		6,1	6,1	7,4	7,0	7,3	7,4	7,0	7,3		
Odstęp czasu między pojazdami t _f [s] (tab. 4.3)		2,7	2,7	3,4	3,5	3,1	3,8	4,0	3,7		
Wyjściowa przepustowość relacji C _{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1+4.4)		744	732	185	216	573	176	218	547		

Mnożnik natężenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ																		
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI												FORMULARZ	4					
Relacja podporządkowana		AL	BL	CP	DP	CW		DW		CL		DL						
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F:3)		744	732	573	547	216		218		185		176						
Wpływ struktury rodzajowej	Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (F:2)	0,794	0,794	0,837	0,885	0,837		0,885		0,837		0,885						
	Udział czasu blokowania relacji U_{br} [-] (F:3-b.3)	—	—	—	—	—		—		—		—						
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	—	—	—	—	AL	BL	AL	BL	AL	BL	DW	DP	AL	BL	CW	CP	
	Natężenie relacji dławiącej Q_{rd} [P/h] (F:2)	—	—	—	—	82	103	82	103	82	103	52	—	82	103	41	—	
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd} = C_{or} \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—	591	581	591	581	591	581	193	—	591	581	181	—	
	Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji $C_{srd} = C_{or} \cdot (1 - U_{br}) \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	$\rho_{rd} = Q_{rd} / C_{rd}^{(1)}$ [-]	—	—	—	—	0,139	0,177	0,139	0,177	0,139	0,177	0,269	—	0,139	0,177	0,227	—	
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	—	—	—	—	0,930	0,905	0,930	0,905	0,930	0,905	0,930	1,000	0,930	0,905	0,950	1,000	
	Współczynnik f_k [-] (wzór (4.7))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,792	—	0,806	—
	Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4)+(4.6))	—	—	—	—	0,842	0,842	0,842	0,842	0,842	0,842	0,792	—	0,842	0,842	0,806	—	
	$\min\{U_{mi}\}$ [-] (F:2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\max\{U_{bi}\}$ [-] (F:2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wpływ pieszych	Udział łącznego czasu blokowania U_{pb} [-] (wzór (4.9))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Natężenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F:3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Przepustowość rzeczywista $C_r^* = C_{or} f_a f_p f_c$ [P/h]		591	581	480	484	152	162	152	162	122	122	122	122	125	125	125	125	
Wpływ przystanków	Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (F:4.1)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [P/h] (wzór (4.14))	591	581	480	484	152	162	152	162	122	122	122	122	125	125	125	125	
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_{or} [P/h] (wzór (4.56))		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

¹⁾ przy analizie skrzyżowania pod wpływem sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją ρ_{AL} i ρ_{BL} należy obliczyć odpowiednio ze wzoru (4.57) lub (4.58)

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ													
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM										FORMULARZ	4.2		
Wlot		C						D					
Pas		1		2*		wsp.		1		2*		wsp.	
Relacje		CL, CW		CP		CL, CW, CP		DL, DW		DP		DL, DW, DP	
Natężenie ruchu relacji na pasie Q_o [P/h]		31	41	72	31	41	72	41	52	52	41	52	52
Udział relacji na pasie ruchu m_r [%]		43,1	56,9	100	21,5	28,5	41	72	44,1	55,9	100	28,2	35,9
Przepustowość relacji C_r [P/h] (F:4)		122	152	480	122	152	480	125	162	484	122	152	480
Przepustowość pasa bez uwzględnienia poszerzenia $C_j = 100 / \Sigma(m_r / C_r)$ [P/h]		137	480	214	143	484	192	143	484	192	143	484	192
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]		72	72	144	93	52	145	93	52	145	93	52	145
Udział natężenia ruchu na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]		50,0	50,0	100	64,1	35,9	100	64,1	35,9	100	64,1	35,9	100
$100 * C_j / m_j$ [%]		274	960	214	223	1348	192	223	1348	192	223	1348	192
Stopień wykorzystania przepustowości pasa $\beta_j = Q_j / C_j$ [-]		0,526	0,150	0,673	0,650	0,107	0,755	0,650	0,107	0,755	0,650	0,107	0,755
Średnia strata czasu na pasie ruchu d_j [s/P] (wzór (5.1))		58,9	7,7	—	75,0	7,2	—	75,0	7,2	—	75,0	7,2	—
Średnia długość kolejki na pasie ruchu K_j [P] (wzór (4.19))		1,2	0,2	—	1,9	0,1	—	1,9	0,1	—	1,9	0,1	—
Max ze średnich długości kolejek K_{max} [P] (wzór (4.20))		2		—		3		—		—		—	
Pojemność poszerzenia K_p [P] (F:1)		—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—
Przepustowość poszerzonego pasa (wlotu) C_p [P/h] (wzór (4.21))		—	—	244	—	—	202	—	—	202	—	—	202

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WŁOTÓW I SKRZYŻOWANIA											FORMULARZ	5
Obliczenie przepustowości i PSR pasów ruchu												
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie relacji Q_r [P/h]	82	361	103	103	309	93	31	41	72	41	52	52
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]	82	464		103	402		144			145		
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]	100	-	-	100	-	-	21,5	28,5	50,0	28,2	35,9	35,9
Przepustowość relacji $C_r^{(1)}$ [P/h]	591	-	-	581	-	-	122	152	480	125	162	484
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]	591	-	-	581	-	-	244			202		
Stożek wykorzystania przepustowości pasa ruchu ρ_j [-] [P/h] (wzór (5.1))	0,139	-	-	0,177	-	-	0,590			0,718		
Rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_j = C_j - Q_j$ [P/h]	509	-	-	478	-	-	100			57		
Strata czasu d_j [s/P] (wzór (5.1))	5,8	-	-	6,3	-	-	37,5			64,8		
Miarodajna długość kolejki K_m [P] (wzór (5.4))	1	-	-	1	-	-	4			7		
Przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p [m]	8,10	-	-	8,10	-	-	7,63			7,15		
Długość (zasieg) kolejki L_K [m] (wzór (5.5))	8	-	-	8	-	-	30			50		
PSR (tab. 5.1)	I	-	-	I	-	-	III			IV		
Obliczenie przepustowości i PSR wlotów oraz skrzyżowania												
Wlot	A			B			C			D		
Relacje na pasie ruchu j	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	L	W, P		L	W, P		L, W, P			L, W, P		
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]	82	464		103	402		144			145		
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl} [P/h]	546			505			144			145		
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]	15,0	85,0		20,4	79,6		100			100		
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]	591	-	-	581	-	-	244			202		
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (wzór (4.16))	-			-			244			202		
Rezerwa przepustowości wlotu $\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl}$ [P/h]	-			-			100			57		
Strata czasu d_{wl} [s/P] (wzór (5.2))	0,9			1,3			37,5			64,8		
PSR (tab. 5.1)	I			I			III			IV		
Strata czasu d_{sk} [s/P] (wzór (5.3))	11,9											

¹⁾ przepustowość obliczona z uwzględnieniem wpływów poszerzenia pasów i sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

8.2. Przykład nr 2 – Skrzyżowanie czterowlotowe w terenie zabudowanym

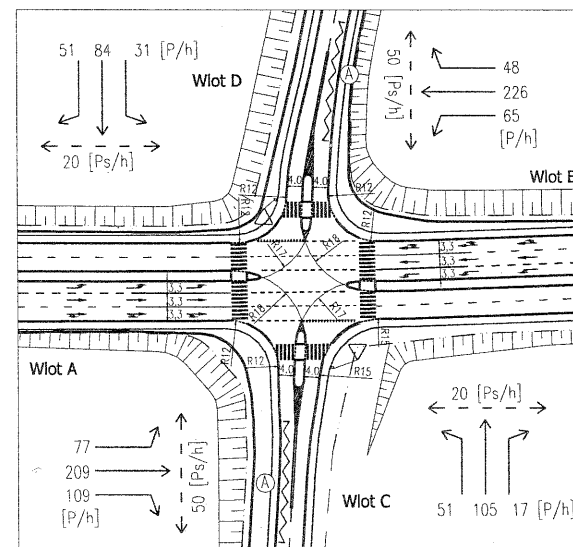
Celem analizy jest obliczenie przepustowości wlotów i ocena warunków ruchu panujących na wlotach skrzyżowania dla pomierzonych wartości natężenia ruchu. Analiza dotyczy czterowlotowego skrzyżowania skanalizowanego, położonego na terenie małego miasta (poniżej 30 tys. mieszkańców). Wloty ulicy nadrzędnej są wielopasowe i posiadają wydzielone pasy dla relacji w lewo. Wloty boczne podporządkowane są znakiem A-7.

Natężenia ruchu pojazdów pomierzone na skrzyżowaniu Q_w zestawiono na rys. 8.2. W ruchu na wlotach drogi z pierwszeństwem przejazdu występuje 6% samochodów ciężarowych i autobusów, 4% samochodów ciężarowych z przyczepami, a na wlotach podporządkowanych 4% wlot C i 8% wlot D – samochodów ciężarowych i autobusów, 2% wlot C i 4% wlot D – samochodów ciężarowych z przyczepami oraz 5% rowerów. Wskaźnik zmienności ruchu w godzinie k_{15} wynosi 0,89. Ruch pieszy występuje na wszystkich wlotach, jego natężenia QP podano na rys. 8.2. Na wylotach C i D występują przystanki autobusowe zlokalizowane na pasach ruchu.

Ponieważ na skrzyżowaniu występuje relatywnie duże natężenie ruchu (1211 P/h) i znaczna zmienność tego natężenia w godzinie $k_{15} = 0,89 < 0,90$, zgodnie z zapisem w p. 3.1 jako okres analizy przyjęto $t_a = 0,25$ h.

W części opisowej do przykładu 2 pominięto podstawowe wyjaśnienia, szczegółowo opisane w przykładzie 1, podając tylko wyjaśnienie do pojawiających się po raz pierwszy elementów metody obliczeniowej.

FORMULARZ: 1 – DANE OGÓLNE



Rys. 8.2. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 2

FORMULARZ: 2 – DANE RUCHOWE

1. Wyznaczenie natężenia obliczeniowego Q :– *ruch pojazdów*:

Pomierzone natężenia relacji Q_w należy przeliczyć na natężenia obliczeniowe Q stosując wskaźnik zmienności ruchu $k_{15} = 0,89$: (wzór (3.1))

$$Q = \frac{Q_w}{k_{15}} \text{ [P/h]}, \text{ wartość } k_{15} = 0,89 \text{ obowiązuje dla wszystkich wlotów skrzyżowania,}$$

Wlot A

$$Q_{AL} = \frac{77}{0,89} = 87 \text{ P/h}, \quad Q_{AW} = \frac{209}{0,89} = 235 \text{ P/h}, \quad Q_{AP} = \frac{109}{0,89} = 123 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q_{BL} = \frac{65}{0,89} = 74 \text{ P/h}, \quad Q_{BW} = \frac{226}{0,89} = 254 \text{ P/h}, \quad Q_{BP} = \frac{48}{0,89} = 54 \text{ P/h},$$

Wlot C

$$Q_{CL} = \frac{51}{0,89} = 58 \text{ P/h}, \quad Q_{CW} = \frac{105}{0,89} = 118 \text{ P/h}, \quad Q_{CP} = \frac{17}{0,89} = 20 \text{ P/h},$$

Wlot D

$$Q_{DL} = \frac{31}{0,89} = 35 \text{ P/h}, \quad Q_{DW} = \frac{84}{0,89} = 95 \text{ P/h}, \quad Q_{DP} = \frac{51}{0,89} = 58 \text{ P/h},$$

– *ruch pieszy*:

W celu wyznaczenia natężenia obliczeniowego Q_{Ps} i udziału czasu blokowania przez pieszych U_{ibi} wykorzystano zestawione na rys. 8.2 natężenia ruchu pieszego QP oraz prędkość pieszych $V_{Ps} = 1,4 \text{ m/s}$.

Wlot A i B:

Średnia liczebność grup pieszych n_{Ps} : (wzór (3.2))

$$n_{APs} = n_{BPs} = 0,0027 \cdot QP + 1,38 = 0,0027 \cdot 50 + 1,38 = 1,52 \text{ Ps/gp},$$

Natężenie obliczeniowe Q_{Ps} : (wzór (3.3))

$$Q_{APs} = \frac{QP}{n_{APs}} = \frac{50}{1,52} = 33 \text{ gp/h},$$

$$Q_{BPs} = \frac{QP}{n_{BPs}} = \frac{50}{1,52} = 33 \text{ gp/h},$$

Długość strefy kolizji l_{pi} :

$$l_{pA} = l_{pB} = 3,3 \text{ m (szerokość pasa ruchu pojazdów)},$$

Udział czasu blokowania przez pieszych U_{ibi} : (wzór (4.8))

$$U_{ibA} = \frac{Q_{APs} \cdot l_{pA}}{3600 \cdot V_{APs}} = \frac{33 \cdot 3,3}{3600 \cdot 1,4} = 0,0216,$$

$$U_{ibB} = \frac{Q_{BPs} \cdot l_{pB}}{3600 \cdot V_{BPs}} = \frac{33 \cdot 3,3}{3600 \cdot 1,4} = 0,0216,$$

Wlot C i D:

$$n_{CPs} = n_{DPs} = 0,0027 \cdot QP + 1,38 = 0,0027 \cdot 20 + 1,38 = 1,43 \text{ Ps/gp},$$

$$Q_{CPs} = \frac{QP}{n_{CPs}} = \frac{20}{1,43} = 14 \text{ gp/h},$$

$$Q_{DPs} = \frac{QP}{n_{DPs}} = \frac{20}{1,43} = 14 \text{ gp/h},$$

$$l_{pC} = l_{pD} = 2,0 + 0,5 + 0,5 = 3,0 \text{ m}.$$

Biorąc pod uwagę dużą szerokość wlotu i wylotu na kierunku C i D wynoszącą 4,0 m, do obliczeń przyjęto szerokość efektywnie wykorzystywaną przez poruszający się pojazd, tj. szerokość korytarza ruchu powiększoną obustronnie o zapas wynoszący 0,5 m. Korytarz o szerokości 2,0 m przyjęto dla pojazdu miarodajnego; samochodu dostawczego (mały udział pojazdów ciężkich na wlotach).

$$U_{ibC} = \frac{Q_{CPs} \cdot l_{pC}}{3600 \cdot V_{CPs}} = \frac{14 \cdot 3,0}{3600 \cdot 1,4} = 0,00833,$$

$$U_{ibD} = \frac{Q_{DPs} \cdot l_{pD}}{3600 \cdot V_{DPs}} = \frac{14 \cdot 3,0}{3600 \cdot 1,4} = 0,00833.$$

Powyższe wyniki, tj. natężenie obliczeniowe Q_{Ps} i udział czasu blokowania przez pieszych U_{ibi} , uwzględniono w dalszych obliczeniach przy wyznaczaniu przepustowości relacji (formularz 4).

FORMULARZ: 3 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}

W obliczeniach w odróżnieniu od przykładu nr 1 uwzględniono fakt, że droga nadrzędna jest drogą wielopasową. Dokonano zmniejszenia natężenia relacji nadrzędnych dla skreću w prawo z wlotu podporządkowanego poprzez zastosowanie mnożnika 0,5 do natężenia relacji na wprost, według uwag zamieszczonych do tab. 4.1 instrukcji.

Przy obliczaniu natężenia relacji nadrzędnych dla skreću w lewo z wlotów podporządkowanych nie skorzystano z możliwości redukcji natężenia relacji na wprost i pominięcia relacji skreću w prawo z leżącego po prawej stronie wlotu nadrzędnego, gdyż na wlotach tych występują trzy pasy ruchu. Związane z tym ograniczenia dostrzegalności pojazdów poruszających się po dalszych od analizowanego wlotu pasach ruchu powodują powstawanie trudności w ocenie sytuacji ruchowej na drodze nadrzędnej, a tym samym w podejmowaniu decyzji wjazdu na skrzyżowanie z wlotu podporządkowanego.

FORMULARZ: 4.1 – WPŁYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH

1. Wyznaczenie współczynnika wpływu przystanków autobusowych f_a

Na skrzyżowaniu występują dwa przystanki autobusowe zlokalizowane na wylotach

C i D. Obliczenia przeprowadzono dla następujących danych:

Relacja CW, DW

Natężenie ruchu autobusów Q_a :

$$Q_a = 30 \text{ A/h,}$$

Odległość końca przystanku od krawędzi jezdni ulicy z pierwszeństwem przejazdu l_a na wylotach C i D:

$$l_a = 25 \text{ m,}$$

Szerokość przejścia dla pieszych w :

$$w = 4 \text{ m,}$$

Czas wymiany pasażerów t_{wp} :

$$t_{wp} = 30 \text{ s,}$$

Czas ruszenia pojazdu w kolejce liczony od momentu ruszenia poprzedniego pojazdu τ_{or} :

$$\tau_{or} = 1,0 \text{ s.}$$

Poniżej przedstawiono tok postępowania dla wyznaczenia współczynnika wpływu przystanku autobusowego na wylocie f_a (wzór (4.13))

Relacja CW

Ze względu na duży udział pojazdów z przyczepami oraz członowych przyjęto $l_c = 13,0 \text{ m}$.

Udział pojazdów ciężkich na wylocie D:

$$u_c = \frac{(u_{cAL} + u_{cpAL}) \cdot Q_{AL} + (u_{cBP} + u_{cpBP}) \cdot Q_{BP} + (u_{cCW} + u_{cpCW}) \cdot Q_{CW}}{Q_{AL} + Q_{BP} + Q_{CW}} = \frac{(0,06 + 0,04) \cdot 87 + (0,06 + 0,04) \cdot 54 + (0,04 + 0,02) \cdot 118}{87 + 54 + 118} = 0,08,$$

Przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce l_p :

$$l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,08 \cdot (13,0 - 6,2) = 6,74 \text{ m,}$$

Czas blokowania wylotu przez pojedynczy autobus t_b :

$$t_b = t_{wp} + \frac{l_a - w}{l_p} \cdot \tau_{or} = 30 + \frac{25 - 4}{6,74} \cdot 1,0 = 33,1 \text{ s,}$$

Suma natężeń nadrzędnych relacji kierujących się w wylot z przystankiem autobusowym $\sum Q$:

$$\text{Wylot D: } \sum Q = Q_{AL} + Q_{BP} + C_{CW}^* = 87 + 54 + 331 = 472 \text{ P/h,}$$

$$C_{CW}^* = C_{ocw} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c = 382 \cdot 0,902 \cdot 0,993 \cdot 0,968 = 331 \text{ P/h,}$$

Czas wypełnienia się autobusami strefy za autobusem t_w :

$$t_w = \frac{l_a - w}{l_p \cdot \sum \frac{Q}{3600}} = \frac{25 - 4}{6,74 \cdot 472} \cdot 3600 = 23,8 \text{ s,}$$

Współczynnik wpływu przystanku autobusowego f_a : (wzór (4.13))

$$f_a = 1 - \frac{Q_a \cdot (t_b - t_w)}{3600} = 1 - \frac{30 \cdot (33,1 - 23,8)}{3600} = 0,922,$$

Relacja DW

$$u_c = \frac{(u_{cAP} + u_{cpAP}) \cdot Q_{AP} + (u_{cBL} + u_{cpBL}) \cdot Q_{BL} + (u_{cDW} + u_{cpDW}) \cdot Q_{DW}}{Q_{AP} + Q_{BL} + Q_{DW}} = \frac{(0,06 + 0,04) \cdot 123 + (0,06 + 0,04) \cdot 74 + (0,08 + 0,04) \cdot 95}{123 + 74 + 95} = 0,11,$$

$$l_p = 6,2 + 0,11 \cdot (13,0 - 6,2) = 6,95 \text{ m,}$$

$$t_b = 30 + \frac{25 - 4}{6,95} \cdot 1,0 = 33,0 \text{ s,}$$

$$\text{Wylot C: } \sum Q = Q_{BL} + Q_{AP} + C_{DW}^* = 74 + 123 + 300 = 497 \text{ P/h,}$$

$$C_{DW}^* = C_{ocw} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c = 365 \cdot 0,902 \cdot 0,993 \cdot 0,917 = 300 \text{ P/h,}$$

$$t_w = \frac{25 - 4}{6,95 \cdot 497} \cdot 3600 = 21,9 \text{ s,}$$

$$f_a = 1 - \frac{30 \cdot (33,0 - 21,9)}{3600} = 0,907.$$

FORMULARZ: 4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI

1. Wyznaczenie przepustowości rzeczywistej relacji CW i DW z uwzględnieniem współczynnika wpływu przystanku autobusowego na wylocie f_a

Przepustowość rzeczywista C_r z uwzględnieniem blokowania przez autobusy:

$$C_r = C_r^* \cdot f_a \quad [\text{P/h}] \quad (\text{wzór (4.14)})$$

przy czym przepustowość rzeczywista relacji C_r^* obliczona jest ze wzoru:

$$C_r^* = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c \quad [\text{P/h}]$$

Relacja CW

$$C_{or} = 382 \text{ P/h,}$$

$$f_d = 0,902,$$

$$f_p = 0,993,$$

$$f_c = 0,968,$$

$$f_a = 0,922,$$

$$C_r^* = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c = 382 \cdot 0,902 \cdot 0,993 \cdot 0,968 = 331 \text{ P/h,}$$

$$C_r = C_r^* \cdot 0,922 = 305 \text{ P/h,}$$

Relacja DW

$$C_{or} = 365 \text{ P/h,}$$

$$f_d = 0,902,$$

$$f_p = 0,993,$$

$$f_c = 0,917,$$

$$f_A = 0,907,$$

$$C_r^* = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c = 365 \cdot 0,902 \cdot 0,993 \cdot 0,917 = 300 \text{ P/h,}$$

$$C_r = C_r^* \cdot 0,907 = 272 \text{ P/h.}$$

W rezultacie po uwzględnieniu wpływu przystanków autobusowych zlokalizowanych na wylotach C i D przepustowość rzeczywista relacji CW i DW zmniejszy się odpowiednio o 26 P/h i 28 P/h.

FORMULARZ: 4.2 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM

W obliczeniach przedstawionych w formularzu 4.2 uwzględniono wpływ poszerzenia na przepustowość pasa ruchu tylko na wlocie C. Zastosowany promień skrętu 15 m umożliwia na tym wlocie ustawianie się jednego dodatkowego pojazdu na wytworzonym poszerzeniu. Przy promieniu skrętu 12 m (wlot D) ustawienie drugiego pojazdu jest znacznie utrudnione i nie występuje ustawianie się dodatkowych pojazdów przed linią zatrzymań, dlatego wpływ poszerzenia na wlocie D został pominięty w obliczeniach.

Z wyników uzyskanych w przykładzie ($C_p = 314 \text{ P/h}$, $C_{wsp} = 310 \text{ P/h}$) wynika, że wpływ poszerzenia na wartość przepustowości wlotu jest pomijalnie mały (4 P), co jest zgodne z uwagami dotyczącymi wpływu poszerzenia pasa ruchu zamieszczonymi w rozdz. 4.9, tj. gdy $K_{max} = 3$ i $K_p = 1$ przy $m_p = 9\%$ wpływ poszerzenia pasa można pominąć.

Podsumowując na podstawie dokonanych obliczeń przedstawionych w załączonych formularzach do przykładu 2 warunki ruchu określono jako bardzo dobre, dobre i przeciętne (PSR I, II, III) odpowiednio na wlotach ulicy nadrzędnej i podporządkowanej.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ		
DANE OGÓLNE		FORMULARZ 1
Skrzyżowanie: Przykład 2.....		
Data pomiaru: 12.05.2004 r.....		Godzina pomiaru: 14.00 ÷ 16.00.....
Analizę wykonał: Jan Nowak.....		
<p>POŁOŻENIE:</p> <p>MIEJSCOWOŚĆ: MAŁA <input checked="" type="checkbox"/> DUŻA <input type="checkbox"/> STREFA DUŻYCH AGLOMERACJI <input type="checkbox"/> POZOSTAŁE <input type="checkbox"/></p> <p>SPOSÓB PODPORZĄDKOWANIA WLOTÓW:</p> <p>WLOT C: znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/> WLOT D: znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/></p> <p>WYSTĘPOWANIE PRZYSTANKÓW (F: 4.1):</p> <p>WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WYLOT C: TAK <input checked="" type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/> WYLOT D: TAK <input checked="" type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/></p> <p>WYSTĘPOWANIE POSZERZENIA PASÓW NA WLOCIE PODPORZĄDKOWANYM (F: 4.2):</p> <p>WLOT C: TAK <input checked="" type="checkbox"/> wykorzystująca relacjaCP....., dodatkowa kolejka $K_p = \dots\dots\dots$ [P] WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> wykorzystująca relacjaCP....., dodatkowa kolejka $K_p = \dots\dots\dots$ [P]</p> <p>WYSTĘPOWANIE SZEROKIEGO PASA DZIELĄCEGO (tab. 7.2):</p> <p>TAK <input type="checkbox"/> pojemność powierzchni akumulacji $k = \dots\dots\dots$ [E]</p> <p>WYSTĘPOWANIE SASIEDNICH SYGNALIZACJI (tab. 7.3):</p> <p>WLOT A: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m] WLOT B: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m]</p>		
Formularze wykorzystywane do obliczania przepustowości i oceny poziomów swobody ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji		
Rodzaj prowadzonej analizy	Formularze wymagane:	Formularze opcjonalne:
Skrzyżowanie odosobnione	F: 1, F: 2, F: 3, F: 4, F: 5	
Skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	F: 1, F: 2, F: 3-a, F: 4-a, F: 5-a, F: 5	F: 4.1 (występowanie przystanków), F: 4.2 (poszerzenie pasa), F: 6 (natężenia krytyczne).
Skrzyżowanie znajdujące się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	F: 1, F: 2, F: 3-b.1, F: 3-b.2, F: 3-b.3, F: 3-b.4, F: 4, F: 5	

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE											FORMULARZ	2
Dane dotyczące ruchu pojazdów												
Włot	A			B			C			D		
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie Q_o [P/h]	395			339			173			166		
	77	209	109	65	226	48	51	105	17	31	84	51
Wskaźnik zmienności ruchu k_{15} [-]	0,89			0,89			0,89			0,89		
	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Natężenie obliczeniowe Q [P/h] (wzór (3.1))	445			382			196			188		
	87	235	123	74	254	54	58	118	20	35	95	58
Udział relacji w ruchu na wlocie $Q_r/Q_w \cdot 100$ [%]	19,6	52,8	27,6	19,4	66,5	14,1	29,6	60,2	10,2	18,6	50,5	30,9
Udział samochodów ciężkich i autobusów u_c [%]	6	6	6	6	6	6	4	4	4	8	8	8
Udział samochodów ciężkich z przyczepą i autobusów przegubowych u_{cp} [%]	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	4
Udział rowerów i motorowerów u_{mr} [%]	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (wzór (4.11))	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,968	0,968	0,968	0,917	0,917	0,917
Natężenie obliczeniowe $Q [E/h] = Q [P/h]/f_c$	490			421			203			205		
	96	259	136	82	280	60	60	122	21	38	104	63
Dane dotyczące ruchu pieszych												
Włot	A			B			C			D		
Natężenie Q_P [Ps/h]	50			50			20			20		
Średnia liczebność grup pieszych n_{ps} [Ps/gp] (wzór (3.2))	1,52			1,52			1,43			1,43		
Natężenie obliczeniowe Q_{Ps} [gp/h] (wzór (3.3))	33			33			14			14		
Długość strefy kolizji l_{pi} [m]	3,3			3,3			1) 3,0 2) 3,0			1) 3,0 2) 3,0		
Prędkość pieszych V_{ps} [m/s]	1,4			1,4			1,4			1,4		
Udział czasu blokowania przez pieszych U_{bi} [-] (wzór (4.8))	0,0216			0,0216			0,00833			0,00833		

1) przejście na wlocie
2) przejście na wylocie

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ														
DANE RUCHOWE - cd.													FORMULARZ	2-cd
Dane dotyczące geometrii skrzyżowania i organizacji ruchu oraz udziałów natężeń ruchu														
Włot	A			B			C			D				
Udziały natężeń dla relacji i pasów	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]		
pas 1 ¹⁾	L	87	100	19,6	74	100	19,4	58	29,6	100	35	18,6	100	
	W							118	60,2		95	50,5		
	P							20	10,2		58	30,9		
pas 2 ¹⁾	L			26,5			33,2							
	W	118	50											
	P													
pas 3 ¹⁾	L			53,9			47,4							
	W	117	50											
	P	123	100											
Kanalizacja skrętu w prawo	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>				
	znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>			znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>										
Krótki pas na drodze nadrzędnej	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			—			—				
	liczba stanowisk pojazdów: [P]			liczba stanowisk pojazdów: [P]										
Dane dotyczące sąsiadujących sygnalizacji														
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:				A			B							
Włot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:				A	C	D	B	C	D					
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją Q_w [P/h]														
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją G_i [s]														
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją $T_c^{2)}$ [s]														
Przesunięcie w czasie między początkami sygnałów zielonych dla relacji na wprost na sąsiadujących skrzyżowaniach Δt [s]														
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]														
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{ϕ} [s]														
Przesunięcie czasowe między momentami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków ϕ [s]														

1) Należy wypełnić rubryki dotyczące relacji występujących na danym pasie ruchu. Pas 1 jest położony bliżej osi wlotu.
2) T_c – na sąsiadujących sygnalizacjach muszą być równe długości cykli sygnalizacyjnych.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ									
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}									FORMULARZ 3
Relacja nadrzędna	Nateżenie relacji nadrzędnej (F:2)	Relacja podporządkowana							
		AL	BL	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Pojazdy Q_i [P/h]	AL	87		1	1		1	1	
	AW	235	1	1	1	0,5	1	1	
	AP	123	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	
	BL	74		1	1		1	1	
	BW	254	1	1	1		1	1	0,5
	BP	54	1	0,5	1		0,5	0,5	0,5
	CW	118					1		
	CP	20					0		
	DW	95		1					
	DP	58		0					
Piesi Q_{wp}/P_s [gp/h]	APs	33		1				1	
	BPs	33				1	1		
	CPs	14	1	1	1	1		1	
	DPs	14	1		1		1	1	1
Nateżenie relacji nadrzędnych Q_n [(P+gp)/h] (tab. 4.1)		322	372	881	794	226	904	828	201
Graniczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)		6,1	6,1	6,3	6,1	6,0	6,3	6,1	6,0
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)		2,5	2,5	3,2	3,3	3,1	3,2	3,3	3,1
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1+4.4)		894	830	329	382	861	318	365	890

Mnożnik nateżenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ																		
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI															FORMULARZ 4			
Relacja podporządkowana	AL	BL	CP	DP	CW	DW	CL			DL								
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F:3)	894	830	861	890	382	365	329			318								
Wpływ struktury rodzajowej Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (F:2)	0,907	0,907	0,968	0,917	0,968	0,917	0,968			0,917								
Udział czasu blokowania relacji U_{blr} [-] (F:3-b.3)																		
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	—	—	—	—	AL	BL	AL	BL	AL	BL	DW	DP	AL	BL	CW	CP	
	Nateżenie relacji dławiącej Q_{rd} [P/h] (F:2)	—	—	—	—	87	74	87	74	87	74	95	58	87	74	118	20	
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd} = C_{or} \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—	811	753	811	753	811	753	335	816	811	753	370	833	
	Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji $C_{srd} = C_{or} \cdot (1 - U_{blr}) \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—													
	$\rho_{rd} = Q_{rd} / C_{rd}$ [-] (F:3)	—	—	—	—	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,28	0,071	0,11	0,10	0,32	0,024	
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	—	—	—	—	0,947	0,952	0,947	0,952	0,947	0,952	0,922	1,000	0,947	0,952	0,899	1,000	
	Współczynnik f_k [-] (wzór (4.7))	—	—	—	—								0,838			0,819		
	Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4) + (4.6))	—	—	—	—	0,902	0,902						0,838			0,819		
	Wpływ pieszych	$\min\{U_{bil}\}$ [-] (F:2)			0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833
		$\max\{U_{bil}\}$ [-] (F:2)			0,0216	0,0216	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,00833	0,0216	0,00833	0,0216	0,00833	0,0216	0,00833	0,0216
Udział łącznego czasu blokowania U_b [-] (wzór (4.9))		0,00833	0,00833	0,0258	0,0258	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0258	0,0125	0,0125	0,0258	0,0125	0,0258	
Nateżenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F:3)		322	372	226	201	794	828	881			904							
Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))		0,993	0,993	0,976	0,976	0,993	0,993	0,987			0,987							
Przepustowość rzeczywista $C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_c$ [P/h]	805	748	814	796	331	300	263			236								
Wpływ przystanków	Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (F:4.1)	1,000	1,000	1,000	1,000	0,922	0,907	1,000			1,000							
	Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [P/h] (wzór (4.14))	805	748	814	796	305	272	263			236							
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_r [P/h] (wzór (4.56))																		

1) przy analizie skrzyżowania pod wpływem sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją ρ_{AL} i ρ_{BL} należy obliczyć odpowiednio ze wzoru (4.57) lub (4.58)

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
WPLYW PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH						FORMULARZ 4.1
Przystanek na wlocie:						
Relacja	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie ruchu autobusów Q_a [P/h]						
Odległość czoła przystanku od linii zatrzymań l_a [m]						
Szerokość przejścia dla pieszych w [m]						
Czas wymiany pasażerów t_{wp} [s]						
Czas dojazdu autobusu do linii zatrzymań po ruszeniu t_{da} [s]						
Czas podjazdu autobusu do linii zatrzymań od momentu zatrzymania na przystanku t_a ($t_a = t_{wp} + t_{da}$) [s]						
Przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce $l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i)$ [m]						
Przepustowość rzeczywista C_r^* [P/h] (F: 4, F: 4-a)						
Czas zjazdu pojazdów z odcinka pasa przed autobusem t_a [s] (objaśnienia do wzoru (4.12))						
Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (wzór (4.12))						
Przystanek na wylocie:						
Relacja	CW		DW			
Natężenie ruchu autobusów Q_a [P/h]	30		30			
Odległość czoła przystanku od linii zatrzymań l_a [m]	25		25			
Szerokość przejścia dla pieszych w [m]	4		4			
Czas wymiany pasażerów t_{wp} [s]	30		30			
Czas ruszenia pojazdu w stosunku do poprzedniego pojazdu τ_{or} [s]	1		1			
Udział pojazdów ciężkich na wylocie (wartość średnia ważona) u_c [-]	0,08		0,11			
Przeciętna długość stanowiska samochodu w kolejce $l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i)$ [m]	6,74		6,95			
Czas blokowania wylotu przez pojedynczy autobus t_b [s] (objaśnienia do wzoru (4.13))	33,1		33,0			
dla relacji CW $\Sigma Q = Q_{AL} + Q_{BP} + C_{CW}$ [P/h] (C_{DW} wg F: 4)	472		497			
dla relacji DW $\Sigma Q = Q_{BL} + Q_{AP} + C_{DW}$ [P/h] (C_{DW} wg F: 4)	472		497			
Czas wypełnienia się pojazdami strefy za autobusem t_w [s] (objaśnienia do wzoru (4.13))	23,8		21,9			
Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (wzór (4.13))	0,922		0,907			

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI PASÓW Z POSZERZENIEM						FORMULARZ 4.2
Wlot	C			D		
	1	2*	wsp.	1	2*	wsp.
Pas	CL, CW		CP	CL, CW, CP		
Relacje						
Natężenie ruchu relacji na pasie Q_o [P/h]	58	118	20	58	118	20
Udział relacji na pasie ruchu m_r [%]	33	67	100	29,6	60,2	100,2
Przepustowość relacji C_r [P/h] (F: 4)	263	305	814	263	305	814
Przepustowość pasa bez uwzględnienia poszerzenia $C_j = 100/\Sigma(m_r/C_r)$ [P/h]	290		814	310		
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]	176		20	196		
Udział natężenia ruchu na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]	90		10	100		
$100 \cdot C_j / m_j$ [%]	323		7977	310		
Stopień wykorzystania przepustowości pasa $\beta_j = Q_j / C_j$ [-]	0,607		0,0246	0,633		
Średnia strata czasu na pasie ruchu d_j [s/P] (wzór (5.1))	31,4		2,9	—		—
Średnia długość kolejki na pasie ruchu K_j [P] (wzór (4.19))	1,5		0,02	—		—
Max ze średnich długości kolejek K_{max} [P] (wzór (4.20))	3		—	—		—
Pojemność poszerzenia K_p [P] (F: 1)	—		1	—		—
Przepustowość poszerzonego pasa (wlotu) C_p [P/h] (wzór (4.21))	—		—	314		—

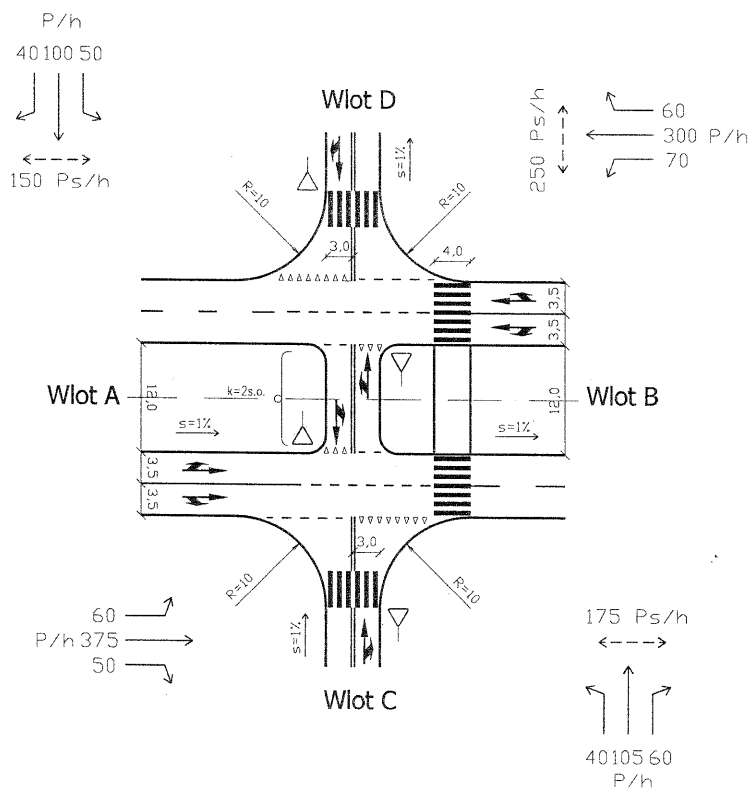
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA											FORMULARZ	5
Obliczenie przepustowości i PSR pasów ruchu												
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie relacji Q_r [P/h]	87	235	123	74	254	54	58	118	20	35	95	58
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]	87	118	240	74	127	181	196			188		
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]	100			100			29,6	60,2	10,2	18,6	50,5	30,9
Przepustowość relacji $C_r^{(1)}$ [P/h]	805			748			263	305	814	236	272	796
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]	805			748			314			327		
Stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu j ρ_j [-] (wzór (4.59))	0,108			0,099			0,624			0,575		
Rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_j = C_j - Q_j$ [P/h]	718			674			118			139		
Strata czasu d_j [s/P] (wzór (5.1))	3,4			3,8			30,1			25,7		
Miarodajna długość kolejki K_{jm} [P] (wzór (5.4))	1,0			1,0			4,0			4,0		
Przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p [m]	6,88			6,88			6,49			7,02		
Długość (zasięg) kolejki L_K [m] (wzór (5.5))	7			7			26			28		
PSR (tab. 5.1)	I			I			III			II		
Obliczenie przepustowości i PSR wlotów oraz skrzyżowania												
Wlot	A			B			C			D		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Relacje na pasie ruchu j	L	W	WP	L	W	WP		L,W,P			L,W,P	
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]	87	118	240	74	127	181	196			188		
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl} [P/h]	445			382			196			188		
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]	19,6	26,5	53,9	19,4	33,2	47,4	100			100		
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{(1)}$ [P/h]	805			748			314			327		
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (wzór (4.16))	805			748			314			327		
Stopień wykorzystania przepustowości wlotu wl ρ_{wl} [-] (wzór (4.60))	0,108			0,099			0,624			0,575		
Rezerwa przepustowości wlotu $\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl}$ [P/h]	718			674			118			139		
Strata czasu d_{wl} [s/P] (wzór (5.2))	0,7			0,7			30,1			25,7		
PSR (tab. 5.1)	I			I			III			II		
Strata czasu d_{dk} [s/P] (wzór (5.3))	9,3											

8.3. Przykład nr 3 – Skrzyżowanie czterowlotowe z szerokim pasem dzielącym

Celem analizy jest sprawdzenie przepustowości oraz ocena warunków ruchu skrzyżowania drogi wojewódzkiej z lokalną, o rozwiązaniu geometrycznym jak na rys. 8.3, w terenie podmiejskim dużego miasta. Skrzyżowanie czterowlotowe z pasem dzielącym o szerokości 12 m, w obrębie którego mogą się zatrzymać po 2 samochody osobowe jadące w kierunku C i D. Prędkość dopuszczalna na kierunku A ÷ B wynosi 60 km/h. Podporządkowanie wlotów C i D znakami A-7. Natężenia ruchu, pomierzone na skrzyżowaniu Q_w , zestawiono na rys. 8.3. Wskaźnik zmienności ruchu w godzinie pomiarów wyniósł $k_{15} = 0,95$. Na drodze z pierwszeństwem przejazdu zarejestrowano 20% udział pojazdów ciężkich, a na drodze bocznej 15%. Ruch pieszy występuje na wlotach B, C i D.

Z uwagi na niewielkie wahania natężenia ruchu w godzinie, $k_{15} = 0,95 > 0,90$, jako okres analizy przyjęto $t_a = 1,0$ h oraz natężenia obliczeniowe Q równe natężeniom pomierzonym Q_o .

FORMULARZ: 1 – DANE OGÓLNE



Rys. 8.3. Szkic skrzyżowania do przykładu nr 3

FORMULARZ: 2 – DANE RUCHOWE

1. Wyznaczenie natężenia obliczeniowego Q w jednostkach umownych

Wpływ struktury rodzajowej uwzględniany jest przez użycie współczynnika f_c :

$$Q = \frac{Q[P/h]}{f_c} \quad [E/h]$$

$$f_c = \frac{1}{1 + u_c \cdot (E_c - 1) + u_{cp} \cdot (E_{cp} - 1) + u_{mr} \cdot (E_{mr} - 1)} \quad [-] \quad (\text{wzór (4.11)})$$

$$\text{Wlot A} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,20 \cdot (2,0 - 1)} = 0,833,$$

$$Q_{AL} = \frac{60}{0,833} = 72 \text{ E/h}, \quad Q_{AW} = \frac{375}{0,833} = 450 \text{ E/h}, \quad Q_{AP} = \frac{50}{0,833} = 60 \text{ E/h},$$

$$\text{Wlot B} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,20 \cdot (2,0 - 1)} = 0,833,$$

$$Q_{BL} = \frac{70}{0,833} = 84 \text{ E/h}, \quad Q_{BW} = \frac{300}{0,833} = 360 \text{ E/h}, \quad Q_{BP} = \frac{60}{0,833} = 72 \text{ E/h},$$

$$\text{Wlot C} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,15 \cdot (2,0 - 1)} = 0,870,$$

$$Q_{CL} = \frac{40}{0,870} = 46 \text{ E/h}, \quad Q_{CW} = \frac{105}{0,870} = 121 \text{ E/h}, \quad Q_{CP} = \frac{60}{0,870} = 69 \text{ E/h},$$

$$\text{Wlot D} \quad f_c = \frac{1}{1 + 0,15 \cdot (2,0 - 1)} = 0,870,$$

$$Q_{DL} = \frac{50}{0,870} = 58 \text{ E/h}, \quad Q_{DW} = \frac{100}{0,870} = 115 \text{ E/h}, \quad Q_{DP} = \frac{40}{0,870} = 46 \text{ E/h}.$$

2. Natężenie ruchu pieszego wyrażone liczbą grup pieszych

$$Q_{Ps} = \frac{QP}{n_{Ps}} \quad [\text{gp/h}] \quad (\text{wzór (3.3)})$$

$$n_{Ps} = 0,0027 \cdot QP + 1,38 \quad [\text{Ps/gp}] \quad (\text{wzór (3.2)})$$

Do obliczenia udziału czasu blokowania przez pieszych U_{bi} potrzebne jest natężenie ruchu pieszego na danym wlocie, długości stref kolizji oraz prędkość przechodzenia pieszych przez strefę kolizji. Przyjęto prędkość pieszych $V_{Ps} = 1,4 \text{ m/s}$.

$$U_{bi} = \frac{Q_{iPs} \cdot l_{pi}}{3600 \cdot V_{iPs}} \quad [-] \quad (\text{wzór (4.8)})$$

Wlot A

$$QP = 0 \text{ Ps/h}, \quad Q_{APs} = 0 \text{ gp/h}, \quad U_{iA} = 0,0,$$

Wlot B

$$QP = 250 \text{ Ps/h}, \quad n_{BPs} = 0,0027 \cdot 250 + 1,38 = 2,06 \text{ Ps/gp}, \quad Q_{BPs} = \frac{250}{2,06} = 122 \text{ gp/h},$$

Szerokość pasa ruchu pojazdów na wlocie B wynosi 3,5 m, zatem długość strefy kolizji:

$$l_{pB} = 3,5 \text{ m}, \quad U_{iBB} = \frac{122 \cdot 3,5}{3600 \cdot 1,4} = 0,0847,$$

Wlot C

$$QP = 175 \text{ Ps/h}, \quad n_{CPs} = 0,0027 \cdot 175 + 1,38 = 1,86 \text{ Ps/gp}, \quad Q_{CPs} = \frac{175}{1,86} = 95 \text{ gp/h},$$

Szerokość pasa ruchu pojazdów na wlocie C wynosi 3,0 m, zatem długość strefy kolizji:

$$l_{pC} = 3,0 \text{ m}, \quad U_{iCC} = \frac{95 \cdot 3,0}{3600 \cdot 1,4} = 0,0566,$$

Wlot D

$$QP = 150 \text{ Ps/h}, \quad n_{DPs} = 0,0027 \cdot 150 + 1,38 = 1,79 \text{ Ps/gp}, \quad Q_{DPs} = \frac{150}{1,79} = 84 \text{ gp/h},$$

Szerokość pasa ruchu pojazdów na wlocie D wynosi 3,0 m, zatem długość strefy kolizji:

$$l_{pD} = 3,0 \text{ m}, \quad U_{iDD} = \frac{84 \cdot 3,0}{3600 \cdot 1,4} = 0,0500.$$

FORMULARZ: 3-a – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}

Z uwagi na dwuetapowe przekraczanie drogi nadrzędnej relacje w lewo CL i DL z wlotów zasadniczych C i D należy traktować jak relacje na wprost i dodać do relacji CW i DW. W obliczeniach konsekwentnie przyjęto brak relacji w lewo z tych wlotów (występują one na „wlotach drugorzędnych”).

$$Q_{CW} = 105 + 40 = 145 \text{ P/h}, \quad Q_{CW} = 121 + 46 = 167 \text{ E/h},$$

$$Q_{DW} = 100 + 50 = 150 \text{ P/h}, \quad Q_{DW} = 115 + 58 = 173 \text{ E/h}.$$

3. Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych

– Wloty „zasadnicze”

Relacja CW

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CPs} = 0,5 \cdot 50 + 375 + 60 + 95 = 555 \text{ (P+gp)/h},$$

Relacja CP

Wobec braku rozbitcia natężenia relacji na wprost z wlotu A na pasy 1 i 2 przyjęto, że na pasy przypada po $0,5 \cdot Q_{AW} = 0,5 \cdot 375 \text{ P/h}$,

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AP} + 0,5 \cdot Q_{AW} + Q_{BPs} + Q_{CPs} = 0,5 \cdot 50 + 0,5 \cdot 375 + 122 + 95 = 430 \text{ (P+gp)/h},$$

Relacja DW

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DPs} = 0,5 \cdot 60 + 300 + 70 + 84 = 484 \text{ (P+gp)/h},$$

Relacja DP

Wobec braku rozbitcia natężenia relacji na wprost z wlotu B na pasy 1 i 2 przyjęto, że na pasy przypada po $0,5 \cdot Q_{BW} = 0,5 \cdot 300$ P/h,

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BP} + 0,5 \cdot Q_{BW} + Q_{APs} + Q_{DPs} = 0,5 \cdot 60 + 0,5 \cdot 300 + 0 + 84 = 264 \text{ (P+gp)/h,}$$

- Wloty „drugorzędne”**Relacja C'L**

Natężenie relacji DP pominięto, ponieważ droga nadrzędna jest wielopasowa. Ze względu na prędkość dopuszczalną równą 60 km/h w natężeniu nadrzędnym uwzględniono tylko część relacji na wprost BW przypadającą na pas ruchu przylegający do wyspy dzielącej.

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DW} + Q_{APs} = 0,5 \cdot 300 + 70 + 150 + 0 = 370 \text{ (P+gp)/h,}$$

Relacja C'W

$$Q_n = Q_{BP} + Q_{BW} + Q_{BL} + Q_{DPs} = 60 + 300 + 70 + 84 = 514 \text{ (P+gp)/h,}$$

Relacja D'L

Podobnie jak w przypadku relacji C'L pominięto natężenie relacji CP oraz uwzględniono połowę natężenia relacji AW.

$$Q_n = 0,5 \cdot Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CW} + Q_{BPs} = 0,5 \cdot 375 + 60 + 145 + 122 = 515 \text{ (P+gp)/h,}$$

Relacja D'W

$$Q_n = Q_{AP} + Q_{AW} + Q_{AL} + Q_{CPs} = 50 + 375 + 60 + 95 = 580 \text{ (P+gp)/h.}$$

4. Graniczne odstęp czasu t_g (tab. 4.2), odstęp czasu między pojazdami t_f (tab. 4.3), oraz przepustowości wyjściowe C_{or} (wzór (4.2))

$$C_{or} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left(t_g \cdot \frac{t_f}{2} \right)} \quad [\text{E/h}]$$

- Wloty „zasadnicze”

$$\text{Relacja CW} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,5 \text{ s}, \quad C_{oCW} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{555}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,5}{2} \right)} = 470 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja CP} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,1 \text{ s}, \quad C_{oCP} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{430}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,1}{2} \right)} = 617 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja DW} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,5 \text{ s}, \quad C_{oDW} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{484}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,5}{2} \right)} = 519 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja DP} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,1 \text{ s}, \quad C_{oDP} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{264}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,1}{2} \right)} = 788 \text{ E/h,}$$

- Wloty „drugorzędne”

$$\text{Relacja C'L} \quad t_g = 6,6 \text{ s}, \quad t_f = 3,4 \text{ s}, \quad C_{oCL} = \frac{3600}{3,4} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{370}{3600} \left(6,6 \cdot \frac{3,4}{2} \right)} = 618 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja C'W} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,5 \text{ s}, \quad C_{oCW} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{514}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,5}{2} \right)} = 498 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja D'L} \quad t_g = 6,6 \text{ s}, \quad t_f = 3,4 \text{ s}, \quad C_{oDL} = \frac{3600}{3,4} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{515}{3600} \left(6,6 \cdot \frac{3,4}{2} \right)} = 500 \text{ E/h,}$$

$$\text{Relacja D'W} \quad t_g = 6,5 \text{ s}, \quad t_f = 3,5 \text{ s}, \quad C_{oDW} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{580}{3600} \left(6,5 \cdot \frac{3,5}{2} \right)} = 454 \text{ E/h.}$$

FORMULARZ: 4-a – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_a \quad [\text{E/h}] \quad (\text{wzór (4.14)})$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$f_p = 1 - U_{ib} \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot Q_n) \quad [-] \quad (\text{wzór (4.10)})$$

$$f_c \text{ jak w formularzu 2}$$

Relacja CP

$$f_d = 1,0 \text{ (brak dławienia),}$$

w przypadku relacji CP występują dwie strefy kolizji z pieszymi:

$$U_{ibB} = 0,0847, \quad U_{ibC} = 0,0566, \quad (\text{formularz 2})$$

$$U_{ib} = U_{ibB} + \frac{U_{ibC}}{2} = 0,0847 + \frac{0,0566}{2} = 0,1130,$$

$$Q_n = 430 \text{ (P+gp)/h,}$$

$$f_p = 1 - 0,1130 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 430) = 0,911,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{CP} = 617 \cdot 1,00 \cdot 0,911 \cdot 1,00 = 562 \text{ E/h,}$$

Relacja DP

$$f_d = 1,0 \text{ (brak dławienia),}$$

w przypadku relacji DP występuje jedna strefa kolizji z pieszymi: $U_{ibD} = 0,0500,$

$$Q_n = 264 \text{ (P+gp)/h,}$$

$$f_p = 1 - 0,0500 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 264) = 0,955,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{DP} = 788 \cdot 1,00 \cdot 0,955 \cdot 1,00 = 753 \text{ E/h,}$$

Relacja CW

W przypadku relacji CW występuje jedna strefa kolizji z pieszymi: $U_{ibC} = 0,0566,$

$$Q_n = 555 \text{ (P+gp)/h,}$$

$$f_p = 1 - 0,0566 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 555) = 0,959,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{CW} = 470 \cdot 1,00 \cdot 0,959 \cdot 1,00 = 451 \text{ E/h,}$$

Relacja DW

$$f_d = 1,0 \text{ (brak dławienia),}$$

w przypadku relacji DP występuje jedna strefa kolizji z pieszymi: $U_{ibD} = 0,0500$,

$$Q_n = 484 (P+gp)/h,$$

$$f_p = 1 - 0,0500 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 484) = 0,962,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{DW} = 519 \cdot 1,00 \cdot 0,962 \cdot 1,00 = 499 \text{ E/h,}$$

Relacja C'W

$$f_d = 1,0 \text{ (brak dławienia),}$$

w przypadku relacji C'W występuje jedna strefa kolizji z pieszymi: $U_{ibD} = 0,0500$,

$$Q_n = 514 (P+gp)/h,$$

$$f_p = 1 - 0,0500 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 514) = 0,963,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{CW} = 498 \cdot 1,00 \cdot 0,963 \cdot 1,00 = 480 \text{ E/h,}$$

Relacja D'W

$$f_d = 1,0 \text{ (brak dławienia),}$$

w przypadku relacji D'W występuje jedna strefa kolizji z pieszymi: $U_{ibC} = 0,0566$,

$$Q_n = 580 (P+gp)/h,$$

$$f_p = 1 - 0,0566 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 580) = 0,960,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{DW} = 454 \cdot 1,00 \cdot 0,960 \cdot 1,00 = 436 \text{ E/h,}$$

Relacja C'L

Ponieważ droga nadrzędna jest wielopasowa, dławienie przez relację DP pominięto.

Dławienie przez relację DW:

$$\rho_{DW} = \frac{Q_{DW}}{C_{oDW}} = \frac{173}{519} = 0,333,$$

$$f_{DW} = 0,770 \text{ (odczytane z krzywej 3 na rys. 4.5),}$$

$$f_d = f_{DW} = 0,770,$$

$$f_p = 1,0 \text{ (brak wpływu ruchu pieszego),}$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{CL} = 618 \cdot 0,770 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 476 \text{ [E/h],}$$

Relacja D'L

Ponieważ droga nadrzędna jest wielopasowa dławienie przez relację CP pominięto.

Dławienie przez relacje CW:

$$\rho_{CW} = \frac{Q_{CW}}{C_{oCW}} = \frac{167}{470} = 0,355,$$

$$f_{CW} = 0,750 \text{ (odczytane z krzywej 4 na rys. 4.5),}$$

$$f_d = f_{CW} = 0,750,$$

w przypadku relacji D'L występuje jedna strefa kolizji: $U_{ibB} = 0,0847$,

$$Q_n = 515 (P+gp)/h,$$

$$f_p = 1 - 0,0847 \cdot (1,05 - 0,0006 \cdot 515) = 0,937,$$

$$f_a = 1,0 \text{ (brak wpływu przystanków autobusowych),}$$

$$C_{D'L} = 500 \cdot 0,750 \cdot 0,937 \cdot 1,00 = 351 \text{ E/h.}$$

FORMULARZ: 5-a – PRZEPUSTOWOŚĆ RELACJI I PASÓW PODPORZĄDKOWANYCH
- Wloty „drugorzędne”**Wlot C'**

$$C_{iic'} = \frac{Q_{C'L} + Q_{C'W}}{C_{iic'L} + C_{iic'W}} = \frac{46 + 121}{476 + 480} = 479 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.28)})$$

Wlot D'

$$C_{iid'} = \frac{Q_{D'L} + Q_{D'W}}{C_{iid'L} + C_{iid'W}} = \frac{58 + 115}{351 + 436} = 403 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.29)})$$

- Wloty „zasadnicze”**Wlot C**

$$C_{i-icw} = \frac{C_{icw} \cdot C_{iic'} \cdot t_f}{3600} = \frac{451 \cdot 479 \cdot 3,5}{3600} = 210 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.30)})$$

$$y = \frac{C_{icw} - C_{i-icw}}{C_{iic'} - Q_{AL} - C_{i-icw}} = \frac{451 - 210}{479 - 72 - 210} = 1,223, \quad (\text{wzór (4.32)})$$

$$k = 2 \text{ E,}$$

$$\alpha = 1 - 0,32 \cdot e^{(-1,3 \cdot \sqrt{k})} = 0,949, \quad (\text{wzór (4.38)})$$

$$C_{CW} = \frac{\alpha}{y^{k+1} - 1} \cdot [y \cdot (y^k - 1) \cdot (C_{iic'} - Q_{AL}) + (y - 1) \cdot C_{i-icw}] =$$

$$= \frac{0,949}{1,223^{2+1} - 1} \cdot [1,223 \cdot (1,223^2 - 1) \cdot (479 - 72) + (1,223 - 1) \cdot 210] = 336 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.34)})$$

$$C_{CP} = 562 \text{ E/h,}$$

$$C_c = \frac{Q_{CW} + Q_{CP}}{\frac{Q_{CW}}{C_{CW}} + \frac{Q_{CP}}{C_{CP}}} = \frac{167 + 69}{\frac{167}{336} + \frac{69}{562}} = 381 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.39)})$$

$$C_c = 381 \cdot f_c = 381 \cdot 0,87 = 332 \text{ P/h,}$$

Włot D

$$C_{I-IDW} = \frac{C_{IDW} \cdot C_{ID} \cdot t_f}{3600} = \frac{499 \cdot 403 \cdot 3,5}{3600} = 196 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.31)})$$

$$y = \frac{C_{IDW} - C_{I-IDW}}{C_{ID} - Q_{BL} - C_{I-IDW}} = \frac{499 - 196}{403 - 84 - 196} = 2,463, \quad (\text{wzór (4.33)})$$

$$k = 2 \text{ E,}$$

$$\alpha = 1 - 0,32 \cdot e^{(-1,3 \cdot \sqrt{k})} = 0,949,$$

$$C_{DW} = \frac{\alpha}{y^{k+1} - 1} \cdot [y \cdot (y^k - 1) \cdot (C_{ID} - Q_{BL}) + (y - 1) \cdot C_{I-IDW}] =$$

$$= \frac{0,949}{2,463^{2+1} - 1} \cdot [2,463 \cdot (2,463^2 - 1) \cdot (403 - 84) + (2,463 - 1) \cdot 196] = 291 \text{ E/h,} \quad (\text{wzór (4.36)})$$

$$C_{DP} = 753 \text{ E/h,}$$

$$C_D = \frac{Q_{DW} + Q_{DP}}{\frac{Q_{DW}}{C_{DW}} + \frac{Q_{DP}}{C_{DP}}} = \frac{173 + 46}{\frac{173}{291} + \frac{46}{753}} = 334 \text{ E/h,}$$

$$C_D = 334 \cdot f_c = 334 \cdot 0,87 = 291 \text{ P/h.}$$

FORMULARZ: 5 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WŁOTÓW I SKRZYŻOWANIA

W analizowanym przypadku przepustowość pasów na wlotach podporządkowanych jest jednocześnie przepustowością wlotów.

Włot C

$$\Delta C_c = C_c - Q_c = 332 - (145 + 60) = 127 \text{ P/h rezerwa przepustowości,}$$

$$\rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{205}{332} = 0,618,$$

$$t_a = 1,0 \text{ h,}$$

Straty czasu:

$$d_j = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{C_j} + 900 \cdot t_a \cdot \left\{ (\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600}{C_j} \cdot \rho_j} \right\} \right] + \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot \rho_j} - 2,2 \text{ [s/P]}$$

$$\text{dla } 0,0 < \rho_j \leq 1,0$$

(wzór (5.1))

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{332} + 900 \cdot 1 \cdot \left\{ (0,618 - 1) + \sqrt{(0,618 - 1)^2 + \frac{3600}{450 \cdot 1} \cdot 0,618} \right\} \right] +$$

$$+ \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,618} - 2,2 = 29,2 \text{ s/P,}$$

Miarodajna długość kolejki:

$$K_{jm} = \frac{C_j}{4} \cdot t_a \cdot \left[(\rho_j - 1) + \sqrt{(\rho_j - 1)^2 + \frac{3600}{150 \cdot t_a} \cdot \rho_j} \right] \text{ [P]} \quad (\text{wzór (5.4)})$$

$$K_{1m} = \frac{332}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,618 - 1) + \sqrt{(0,618 - 1)^2 + \frac{3600}{150 \cdot 1} \cdot 0,618} \right] = 4,5 \text{ P,}$$

Przyjęto $K_{1m} = 5 \text{ P,}$

Długość kolejki wyrażona w metrach:

$$L_K = K_{jm} \cdot l_p \text{ [m]} \quad (\text{wzór (5.5)})$$

$$\text{gdzie: } l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,15 \cdot (11,0 - 6,2) = 6,92 \text{ m,}$$

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 5 \cdot 6,92 = 35 \text{ m.}$$

Dla średniej straty czasu $d_1 = 29,2 \text{ s/P}$, biorąc pod uwagę graniczne wartości strat czasu zestawione w tab. 5.1, przyjęto **PSR II**.

Krytyczna rezerwa przepustowości pasa dla **PSR II** i wartości przepustowości ruchu 332 P/h wynosi $\Delta C_{k,1}'' = 120 \text{ P/h}$ (odczytana z rys. 5.3).

Natężenie krytyczne:

$$Q_{k,1}'' = C_1 - \Delta C_{k,1}'' = 332 - 120 = 212 \text{ P/h,} \quad (\text{wzór (5.6)})$$

Włot D

$$\Delta C_D = C_D - Q_D = 291 - (150 + 40) = 101 \text{ P/h rezerwa przepustowości,}$$

$$\rho_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{190}{291} = 0,653,$$

$$d_1 = 1,12 \cdot \left[\frac{3600}{291} + 900 \cdot 1 \cdot \left\{ (0,653 - 1) + \sqrt{(0,653 - 1)^2 + \frac{3600}{450 \cdot 1} \cdot 0,653} \right\} \right] +$$

$$+ \frac{0,027}{1 - 0,99 \cdot 0,653} - 2,2 = 36,9 \text{ s/P,}$$

$$K_{1m} = \frac{291}{4} \cdot 1 \cdot \left[(0,653 - 1) + \sqrt{(0,653 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 0,653}{150 \cdot 1}} \right] = 5,1 \text{ P,}$$

Przyjęto $K_{1m} = 6 \text{ P}$,

Długość kolejki wyrażona w metrach:

$$L_K = K_{1m} \cdot l_p = 6 \cdot 6,92 = 42 \text{ m}$$

$$\text{gdzie: } l_p = l_i + u_c \cdot (l_c - l_i) = 6,2 + 0,15 \cdot (11,0 - 6,2) = 6,92 \text{ m.}$$

Dla średniej straty czasu $d_1 = 36,9 \text{ s/P}$, biorąc pod uwagę graniczne wartości strat czasu zestawione w tab. 5.1, przyjęto **PSR III**.

Krytyczna rezerwa przepustowości pasa dla **PSR III** i wartości przepustowości ruchu 291 P/h wynosi $\Delta C_{k,1}^{III} = 60 \text{ P/h}$ (odczytana z rys. 5.3).

Natężenie krytyczne:

$$Q_{k,1}^{III} = C_1 - \Delta C_{k,1}^{III} = 291 - 60 = 231 \text{ P/h.}$$

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ		
DANE OGÓLNE		FORMULARZ 1
Skrzyżowanie: Przykład 3 – skrzyżowanie czterowlotowe z szerokim pasem dzielącym Data pomiaru: 30.03.2003 r. Godzina pomiaru: 14.15÷15.15 Analizę wykonał: Pankracy Poznański		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 25%;"> </div> <div style="width: 70%;"> <p style="text-align: center;">Szkic skrzyżowania</p> </div> </div>		
<p>POŁOŻENIE:</p> <p>MIEJSCOWOŚĆ: MAŁA <input type="checkbox"/> DUŻA <input type="checkbox"/> STREFA DUŻYCH AGLOMERACJI <input checked="" type="checkbox"/> POZOSTAŁE <input type="checkbox"/></p> <p>SPOSÓB PODPORZĄDKOWANIA WLOTÓW:</p> <p>WLOT C: znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/> WLOT D: znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/> znak B-20 <input type="checkbox"/></p> <p>WYSTĘPOWANIE PRZYSTANKÓW (F: 4.1):</p> <p>WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WYLOT C: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/> WYLOT D: TAK <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>WYSTĘPOWANIE POSZERZENIA PASÓW NA WLOCIE PODPORZĄDKOWANYM (F: 4.2):</p> <p>WLOT C: TAK <input type="checkbox"/> wykorzystująca relacja , dodatkowa kolejka $K_p =$ [P] WLOT D: TAK <input type="checkbox"/> wykorzystująca relacja , dodatkowa kolejka $K_p =$ [P]</p> <p>WYSTĘPOWANIE SZEROKIEGO PASA DZIELĄCEGO (tab. 7.2):</p> <p>TAK <input checked="" type="checkbox"/> pojemność powierzchni akumulacji $k =$ 2..... [E]</p> <p>WYSTĘPOWANIE SASIEDNICH SYGNALIZACJI (tab. 7.3):</p> <p>WLOT A: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m] WLOT B: TAK <input type="checkbox"/> odległość sąsiadującej sygnalizacji [m]</p>		
Formularze wykorzystywane do obliczania przepustowości i oceny poziomów swobody ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji		
Rodzaj prowadzonej analizy	Formularze wymagane:	Formularze opcjonalne:
Skrzyżowanie odosobnione	F: 1, F: 2, F: 3, F: 4, F: 5	
Skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	F: 1, F: 2, F: 3-a, F: 4-a, F: 5-a, F: 5	F: 4.1 (występowanie przystanków), F: 4.2 (poszerzenie pasa),
Skrzyżowanie znajdujące się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	F: 1, F: 2, F: 3-b.1, F: 3-b.2, F: 3-b.3, F: 3-b.4, F: 4, F: 5	F: 6 (natężenia krytyczne).

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE											FORMULARZ	2
Dane dotyczące ruchu pojazdów												
Włot	A			B			C			D		
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie Q_o [P/h]	485			430			205			190		
	60	375	50	70	300	60	40	105	60	50	100	40
Wskaźnik zmienności ruchu k_{r15} [-]												
Natężenie obliczeniowe Q [P/h] (wzór (3.1))	485			430			205			190		
	60	375	50	70	300	60	40	105	60	50	100	40
Udział relacji w ruchu na wlocie $Q_i/Q_{w1} \cdot 100$ [%]												
Udział samochodów ciężkich i autobusów u_c [%]	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15
Udział samochodów ciężkich z przyczepą i autobusów przegubowych u_{cp} [%]												
Udział rowerów i motorowerów u_{mr} [%]												
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (wzór (4.1.1))	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
Natężenie obliczeniowe Q [E/h] = Q [P/h]/ f_c	582			516			236			218		
	72	450	60	84	360	72	46	121	69	58	115	46
Dane dotyczące ruchu pieszych												
Włot	A			B			C			D		
Natężenie Q_P [Ps/h]	0			250			175			150		
Średnia liczebność grup pieszych n_{ps} [Ps/gp] (wzór (3.2))	0			2,06			1,86			1,79		
Natężenie obliczeniowe Q_{Ps} [gp/h] (wzór (3.3))	0			122			95			84		
Długość strefy kolizji l_{pi} [m]	—			3,5			1) 3,0 2) 3,0			1) 3,0 2) 3,0		
Prędkość pieszych V_{ps} [m/s]	—			1,4			1,4			1,4		
Udział czasu blokowania przez pieszych U_{bi} [-] (wzór (4.8))	0			0,0847			0,0566			0,0500		

1) przejście na wlocie
2) przejście na wylocie

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ											
OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}										FORMULARZ	3-a
Relacja nadrzędna	Natężenie relacji nadrzędnej ($F \cdot 2$)	Relacja podporządkowana									
		I				II					
		CW	CP	DW	DP	C'L	C'W	D'L	D'W		
Pojazdy Q_r [P/h]	AL	60	1							1	1
	AW	375	1	0,5						0,5	1
	AP	50	0,5	0,5						0	1
	BL	70			1			1	1		
	BW	300			1	0,5	0,5	1			
	BP	60			0,5	0,5	0	1			
	CW	145								1	
	CP	60								0	
	DW	150						1			
	DP	40						0			
Piesi Q_{wPs} [gp/h]	APs	0					1	1			
	BPs	122		1						1	
	CPs	95	1	1							1
	DPs	84			1	1		1			
Natężenie relacji nadrzędnych Q_n [(P+gp)/h] (p. 4.10, krok 1)			555	430	484	264	370	514	515	580	
Graniczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)			6,5	6,5	6,5	6,5	6,6	6,5	6,6	6,5	
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)			3,5	3,1	3,5	3,1	3,4	3,5	3,4	3,5	
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1 + 4.4)			470	617	519	788	618	498	500	454	

Mnożnik natężenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ											
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI - skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym										FORMULARZ 4-a	
Część skrzyżowania		I				II					
Relacja podporządkowana		CP	DP	CW	DW	C'W	D'W	C'L	D'L		
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F: 3-a)		617	788	470	519	498	454	618	500		
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	—	—	—	—	—	—	DP	DW	CP	CW
	Nateżenie relacji dławiącej Q_{rd} [E/h] (F: 2)	—	—	—	—	—	—	173		167	
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd}=C_{or}$ [E/h]	—	—	—	—	—	—	519		470	
	$\rho_{rd} = Q_{rd}/C_{rd}$ [-]	—	—	—	—	—	—	0,333		0,355	
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	—	—	—	—	—	—	0,77		0,75	
	Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4) + (4.6))	—	—	—	—	—	—	0,77		0,75	
Wpływ pieszych	$\min\{U_{bil}\}$ [-] (F: 2)	0,0566									
	$\max\{U_{bil}\}$ [-] (F: 2)	0,0847									
	Udział łącznego czasu blokowania U_{nb} [-] (wzór (4.9))	0,1130	0,0500	0,0566	0,0500	0,0500	0,0566			0,0847	
	Nateżenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F: 3-a)	430	264	555	484	514	580			515	
	Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))	0,911	0,955	0,959	0,962	0,963	0,960			0,937	
Przepustowość rzeczywista $C_r^* = C_{or}/f_d f_p$ [E/h]	562	753	451	499	480	436	476			351	
Wpływ przystanków	Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (F: 4.1)										
Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [E/h] (wzór (4.14))											
Udział czasu blokowania relacji U_{br} [-] (F: 3-b.3)											
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_r [E/h] (wzór (4.56))											

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ					
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WŁOTÓW I SKRZYŻOWANIA - skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym				FORMULARZ 5-a	
Część skrzyżowania		II			
Włot		C'		D'	
Relacja		C'L	C'W	D'L	D'W
Nateżenie relacji Q_r [E/h]		46	121	58	115
Przepustowość relacji C_{lr} [E/h] (F: 4-a)		476	480	351	436
Przepustowość pasa ruchu C_{lr} [E/h] (wzory (4.28) i (4.29))		479		403	
Część skrzyżowania		I			
Włot		C		D	
Relacja		CW	CP	DW	DP
Nateżenie relacji Q_r [E/h]		167	69	173	46
Przepustowość relacji C_{lr} [E/h] (F: 4-a)		451	562	499	753
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)		3,5	3,5	3,5	3,5
Przepustowość relacji jak dla skrzyżowania bez powierzchni akumulacji C_{lir} [E/h] (wzory (4.30) i (4.31))		210	—	196	—
Zmienna pomocnicza y [-] (wzory (4.32) i (4.33))		1,223	—	2,463	—
Pojemność powierzchni akumulacji k [E]		2			
Współczynnik dopasowania α [-] (wzór (4.38))		0,949			
Przepustowość wynikowa relacji C_r [E/h] (wzory (4.34) + (4.37))		336	562	291	753
Przepustowość rzeczywista pasa ruchu wlotu zasadniczego C_j [E/h] (wzory (4.39) i (4.40))		381		334	
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_e [-] (F: 2)		0,870		0,870	
Przepustowość rzeczywista pasa ruchu wlotu zasadniczego C_j [P/h]		332		291	

UWAGA: Jeżeli $C_{lir} < Q_{al}$ i/lub $C_{lir} < Q_{rl}$, to przepustowość drugorzędnej wlotu jest zbyt mała dla obsługi pojazdów skręcających w lewo z drogi nadrzędnej. Brak możliwości wjazdu z wlotu zasadniczego.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA											FORMULARZ	5
Obliczenie przepustowości i PSR pasów ruchu												
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Natężenie relacji Q_r [P/h]								145	60		150	40
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]							205			190		
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]							71	29			79	21
Przepustowość relacji $C_r^{1)}$ [P/h]							292	489			253	655
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{1)}$ [P/h]							332			291		
Stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu j ρ_j [-] (wzór (4.59))							0,618			0,653		
Rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_j = C_r - Q_j$ [P/h]							127			101		
Strata czasu d_j [s/P] (wzór (5.1))							29,2			36,9		
Miarodajna długość kolejki K_m [P] (wzór (5.4))							5			6		
Przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p [m]							6,92			6,92		
Długość (zasięg) kolejki L_k [m] (wzór (5.5))							42			35		
PSR (tab. 5.1)							II			III		
Obliczenie przepustowości i PSR wlotów oraz skrzyżowania												
Wlot	A			B			C			D		
Relacje na pasie ruchu j	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]							W,P			W,P		
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl} [P/h]							205			190		
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]							100			100		
Przepustowość pasa ruchu $C_j^{1)}$ [P/h]							332			291		
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (wzór (4.16))							332			291		
Stopień wykorzystania przepustowości wlotu wl ρ_{wl} [-] (wzór (4.60))							0,618			0,653		
Rezerwa przepustowości wlotu $\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl}$ [P/h]							127			101		
Strata czasu d_{wl} [s/P] (wzór (5.2))							29,2			36,9		
PSR (tab. 5.1)							II			III		
Strata czasu d_{str} [s/P] (wzór (5.3))												

¹⁾ przepustowość obliczona z uwzględnieniem wpływów poszerzenia pasów i sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ													
OBLICZENIE KRYTYCZNYCH NATĘŻEŃ RUCHU											FORMULARZ	6	
Wlot	A			B			C			D			
Relacje na pasie ruchu j	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Przepustowość pasa ruchu C_j [P/h] (F:5)										332		291	
Krytyczna rezerwa przepustowości pasa ruchu dla PSR i $\Delta C_{k,j}^i$ [P/h] (rys. 5.3 lub 5.4)	PSR I												
	PSR II										120		
	PSR III										60		
Natężenie krytyczne na pasie ruchu dla PSR i $Q_{k,j}^i$ [P/h] (wzór (5.6))	PSR I												
	PSR II										212		
	PSR III										231		
Przepustowość wlotu C_{wl} [P/h] (F:5)										332	291		
Krytyczna rezerwa przepustowości wlotu dla PSR i $\Delta C_{k,wl}^i$ [P/h] (rys. 5.3 lub 5.4)	PSR I												
	PSR II										120		
	PSR III										60		
Natężenie krytyczne wlotu dla PSR i $Q_{k,wl}^i$ [P/h] (wzór (5.7))	PSR I												
	PSR II										212		
	PSR III										231		

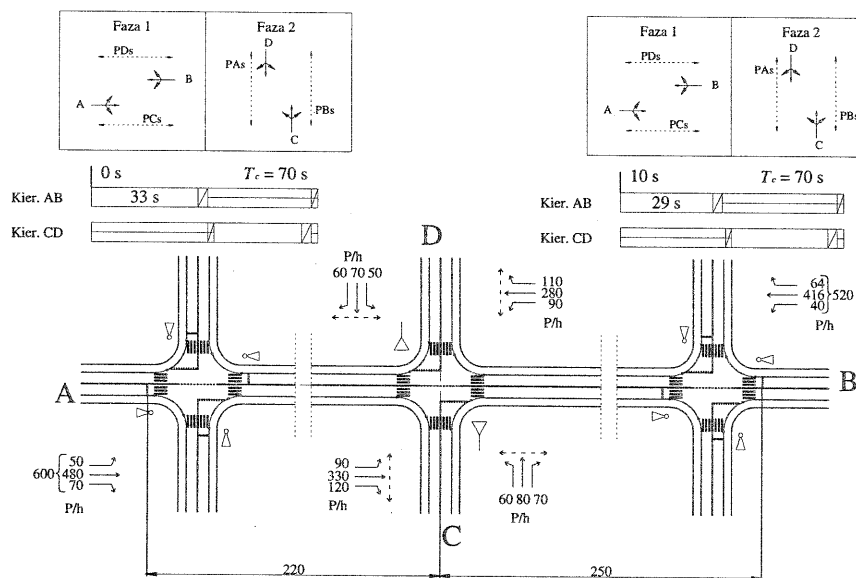
8.4. Przykład nr 4 – Skrzyżowanie czterowlotowe pod wpływem oddziaływania sąsiednich sygnalizacji

Skrzyżowanie czterowlotowe dwóch ulic klasy Z, bez kanalizacji ruchu na wlotach, o rozwiązaniu jak na rys. 8.4. Na każdym z wlotów występuje jeden pas ruchu, który prowadzi wszystkie relacje. Wloty C i D są podporządkowane znakiem „Ustąp pierwszeństwa” (A-7). Skrzyżowanie położone jest na terenie dużego miasta (> 30 tys. mieszkańców). Na skrzyżowaniu występuje ruch pieszy. Natężenia ruchu pojazdów przedstawione są na rys. 8.4. Wskaźnik zmienności ruchu w godzinie wynosi $k_{15} = 0,93$. Na wlotach występuje zróżnicowana struktura rodzajowa. Uwzględniono samochody ciężarowe i autobusy (c) oraz samochody ciężarowe z przyczepami lub naczepami i autobusy przegubowe (cp). Udziały poszczególnych rodzajów pojazdów przedstawiają się następująco: wlot A – c = 10% i cp = 8%, wlot B – c = 12% i cp = 8%, wlot C – c = 15% i cp = 6%, wlot D – c = 10% i cp = 4%. Krzyżujące się ulice nie mają wydzielonych pasów dla relacji skrętnych. Skrzyżowanie położone jest między dwoma skrzyżowaniami z sygnalizacją świetlną, które są oddalone od wlotu A o 220 m i od wlotu B o 250 m. Układ skrzyżowań, schemat faz oraz programy sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach zostały przedstawione na rys. 8.4.

Celem analizy jest obliczenie przepustowości wlotów i ocena warunków ruchu panujących na wlotach skrzyżowania dla pomierzonych wartości natężenia ruchu.

Ze względu na złożony charakter obliczeń w przykładzie tym pokazano w formie opisowej krok po kroku przebieg obliczeń związany z występowaniem sąsiadujących skrzyżowań i ich wpływem na przepustowość.

FORMULARZ: 1 – DANE OGÓLNE



Rys. 8.4. Szkic skrzyżowania i układu skrzyżowań do przykładu nr 4

W formularzu tym zawarto ogólne dane, które wskazują na wybór odpowiedniego typu analizy i jej opcjonalnych elementów. Na sąsiadujących skrzyżowaniach występują dwufazowe programy sygnalizacji.

UWAGA: Z powodu występowania na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją dwufazowych programów sygnalizacji występuje tylko jeden strumień pojazdów wpływających w kolumnach w czasie sygnału zielonego pierwszej fazy z sąsiednich skrzyżowań w kierunku skrzyżowania analizowanego.

FORMULARZ: 2 – PRZELICZENIE NATĘŻEŃ RELACJI NA NATĘŻENIA OBLICZENIOWE

Obliczenia wykonuje się jak w przykładzie nr 1. Dodatkowo należy uwzględnić dane dotyczące sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

Długość cyklu: $T_c = 70$ s.
 Długości sygnałów zielonych fazy 1: skrzyżowanie A – $G_1 = 33$ s,
 skrzyżowanie B – $G_1 = 29$ s.

Przesunięcie w czasie pomiędzy początkami sygnałów zielonych na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją: $\Delta t = 10$ s

Potoki wpływające w fazie 1 na: skrzyżowanie A – $Q_{s1} = 600$ P/h,
 skrzyżowanie B – $Q_{s1} = 520$ P/h.

Z potoków wpływających w fazie 1 na skrzyżowania z sygnalizacją w kierunku skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu kontynuuje jazdę 80% pojazdów – $f_{syg,A} = f_{syg,B} = 0,80$.

Natężenia nasycenia pasów, z których wypływają potoki w kierunku analizowanego skrzyżowania: skrzyżowanie A – $S_1 = 1580$ P/h,
 skrzyżowanie B – $S_1 = 1520$ P/h.

Natężenia nasycenia dla pasów ruchu skrzyżowania z sygnalizacją wymagają odrębnego obliczenia przy wykorzystaniu metody właściwej dla skrzyżowań z sygnalizacją.

Czasy dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania: od skrzyżowania A – $t_{dk} = 16$ s,
 od skrzyżowania B – $t_{dk} = 18$ s.

Skrzyżowania z sygnalizacją nie są powiązane z dalszymi skrzyżowaniami z sygnalizacją łączącymi na kierunku dopływu do analizowanego skrzyżowania, w związku z czym można przyjąć, że dopływ do tych skrzyżowań z sygnalizacją jest losowy, zatem $f_{prog} = 1,0$.

UWAGA: W przypadku rozpatrywania skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu będącego pod wpływem sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją świetlną nie uwzględnia się wpływu pieszych.

FORMULARZ: 3-b.1 – OBLICZENIE CZASÓW ZJAZDU POJAZDÓW Z KOLEJKI NA SĄSIEDNIACH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA

a) Obliczenie czasu rozładowania kolejki pojazdów oczekujących na sygnale czerwonym t_R

(wzór (4.41))

$$t_R = \frac{Q_{s1}}{S_1} \cdot (T_c - f_{prog} \cdot G_i) \quad [s] \quad \text{dla } f_{prog} \cdot G_i < T_c$$

Wlot A

$$t_R = \frac{600}{1580} \cdot (70 - 1,0 \cdot 33) = 14,0 \text{ s}, \quad 1,0 \cdot 33 = 33 < 70 \text{ s},$$

Wlot B

$$t_R = \frac{520}{1520} \cdot (70 - 1,0 \cdot 29) = 14,0 \text{ s}, \quad 1,0 \cdot 29 = 29 < 70 \text{ s},$$

- b) Obliczenie czasu rozładowania kolejki tworzącej się z pojazdów przyjeżdżających w czasie sygnału zielonego t_G (wzór (4.42))

$$t_G = \frac{Q_{Si} \cdot f_{prog} \cdot t_R}{S_i - f_{prog} \cdot Q_{Si}} \text{ [s]} \quad \text{dla } f_{prog} \cdot Q_{Si} < S_i$$

Wlot A

$$t_R = \frac{600 \cdot 1 \cdot 14,05}{1580 - 1 \cdot 600} = 8,6 \text{ s}, \quad 1 \cdot 600 = 600 < 1580 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$t_R = \frac{520 \cdot 1 \cdot 14,03}{1520 - 1 \cdot 520} = 7,3 \text{ s}, \quad 1 \cdot 520 = 520 < 1520 \text{ P/h},$$

- c) Obliczenie czasu wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją z pasa na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r (wzór (4.43))

$$t_{ki} = t_R + t_G \text{ [s]} \quad \text{dla } t_R + t_G < G_i$$

Wlot A

Relacja AW

$$t_{kA} = 14,05 + 8,60 = 22,6 \text{ s},$$

Wlot B

Relacja BW

$$t_{kB} = 14,03 + 7,29 = 21,3 \text{ s}.$$

FORMULARZ: 3-b.2 – CZAS BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOJEŹDZAJĄCE KOLUMNY

Wlot A i B

Zmienne pomocnicze dotyczące dyspersji kolumn pojazdów: (wzory (4.45) i (4.46))

$\alpha = 0,55$ – jezdnia dwupasowa, dwukierunkowa,

$$\beta = (1 + \alpha)^{-1} = (1 + 0,55)^{-1} = 0,645,$$

Wlot A

$$F = (1 + \alpha \cdot \beta \cdot t_{dk})^{-1} = (1 + 0,55 \cdot 0,645 \cdot 16)^{-1} = 0,150,$$

Wlot B

$$F = (1 + \alpha \cdot \beta \cdot t_{dk})^{-1} = (1 + 0,55 \cdot 0,645 \cdot 18)^{-1} = 0,135,$$

- a) Obliczenie maksymalnego natężenia potoku ruchu poruszającego się w kolumnie $Q_{max,i}$ (wzór (4.47))

$$Q_{max,i} = S_i \cdot f_{syg,i} \cdot [1 - (1 - F)^{t_R}] \text{ [P/h]}$$

Wlot A

$$Q_{max,A} = 1580 \cdot 0,8 \cdot [1 - (1 - 0,150)^{22,6}] = 1232 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q_{max,B} = 1520 \cdot 0,8 \cdot [1 - (1 - 0,135)^{21,3}] = 1161 \text{ P/h}.$$

Minimalne natężenie potoku ruchu wypływającego ze skrzyżowania z sygnalizacją, przy którym można uznać, że pojazdy poruszają się jeszcze w kolumnie $Q_{min} = 900$ [P/h].

- b) Obliczenie długości czasu blokowania ruchu przez kolumnę pojazdów wypływających w fazie ruchu na wprost w kierunku skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu

Długość czasu blokowania po uwzględnieniu dyspersji kolumn oblicza się ze wzoru (4.48) jeżeli spełnione są warunki:

$$Q_{min} < S_i \cdot f_{syg,i} \text{ i } Q_{max,i} > Q_{min} \text{ oraz } Q_{max,i} \geq Q_{Si} \cdot f_{prog} \cdot f_{syg,i} \text{ [P/h]}$$

$$t_{bli} = t_{ki} - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{Q_{min}}{S_i \cdot f_{syg,i}} \right) \cdot \left(\frac{Q_{max,i} - Q_{Si} \cdot f_{syg,i}}{Q_{min} - Q_{Si} \cdot f_{syg,i}} \right) \right]}{\ln(1 - F)} \text{ [s]}$$

Wlot A

$$900 < 1580 \cdot 0,8 = 1264 \text{ i } 1232 > 900 \text{ oraz } 1232 \geq 600 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 480 \text{ P/h},$$

$$t_{bA} = 22,6 - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{900}{1580 \cdot 0,8} \right) \cdot \left(\frac{1232 - 600 \cdot 0,8}{900 - 600 \cdot 0,8} \right) \right]}{\ln(1 - 0,150)} = 18,5 \text{ s},$$

Wlot B

$$900 < 1520 \cdot 0,8 = 1161 \text{ i } 1161 > 900 \text{ oraz } 1161 \geq 520 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 416 \text{ P/h},$$

$$t_{bB} = 21,3 - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{900}{1520 \cdot 0,8} \right) \cdot \left(\frac{1161 - 520 \cdot 0,8}{900 - 520 \cdot 0,8} \right) \right]}{\ln(1 - 0,135)} = 15,0 \text{ s}.$$

FORMULARZ: 3-b.3 – UDZIAŁ CZASÓW BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOJEŹDZAJĄCE KOLUMNY ORAZ SCHEMAT DOPIŁYWU KOLUMN

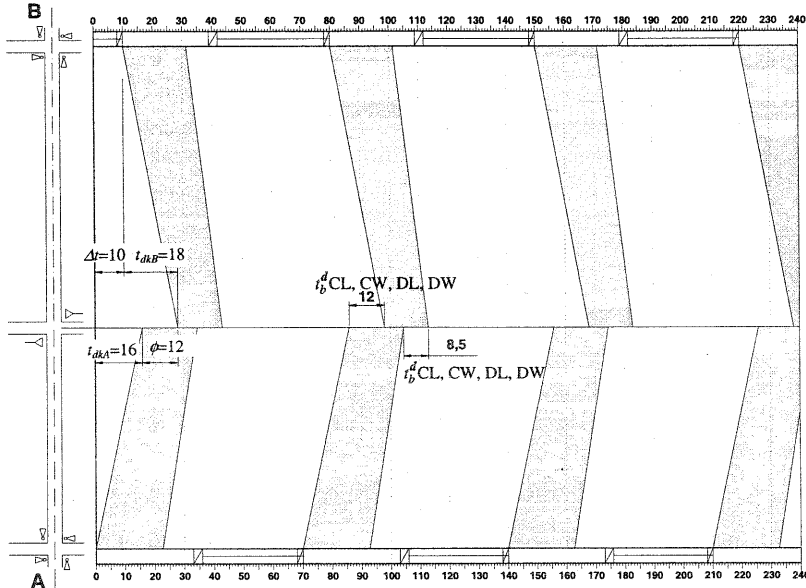
Dla podporządkowanych relacji AL, BL, CP i DP udział czasu blokowania U_{blr} ustalono na podstawie tab. 4.7.

Relacja AL i DP

$$U_{bAL} = U_{bDP} = \frac{t_{bLB}}{T_c} = \frac{15,0}{70} = 0,214,$$

Relacja BL i CP

$$U_{bBL} = U_{bCP} = \frac{t_{bLA}}{T_c} = \frac{18,5}{70} = 0,264.$$



Rys. 8.5. Schemat dopływu kolumn

Dla podporządkowanych relacji CL, CW, DL i DW udział czasu blokowania U_{blr} ustalono, korzystając z rysunku (rys. 8.5) blokowania relacji przez kolumny pojazdów oraz ze wzoru (3.53).

$$U_{blr} = \frac{\phi + t_{bLB}}{T_c} \quad [-] \quad \text{dla } 0 < \phi < t_{bLA} \text{ i } \phi + t_{bLB} \geq t_{bLA}$$

Relacja CL, CW, DL i DW

$$U_{blr} = \frac{\phi + t_{bLB}}{T_c} = \frac{12 + 15}{70} = 0,386.$$

Na podstawie rys. 8.5, z uwzględnieniem czasów przejazdu od skrzyżowań z sygnalizacją do analizowanego skrzyżowania, przesunięcia początków sygnałów zielonych w fazie 1 oraz wcześniej wyliczonych czasów blokowania t_{bLA} i t_{bLB} , wyznaczono również czas występowania blokowania dławionej relacji r przez rozważaną relację dławiającą

cą w czasie obsługi relacji dławiącej t_{br}^d , który zostanie wykorzystany przy obliczeniu stopnia wykorzystania przepustowości dla relacji dławiających AL i BL.

Relacja AL (dławiąca) i relacje CL, CW, DL i DW (dławione):

$$t_{bCL}^d = t_{bCW}^d = t_{bDL}^d = t_{bDW}^d = 12,0 \text{ s},$$

Relacja BL (dławiąca) i relacje CL, CW, DL i DW (dławione):

$$t_{bCL}^d = t_{bCW}^d = t_{bDL}^d = t_{bDW}^d = 8,5 \text{ s}.$$

FORMULARZ: 3-b.4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or}
– SKRZYŻOWANIE POD WPLYWEM SĄSIEDNICH
SYGNALIZACJI

Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych w przypadku jednopasowych wlotów nadrzędnych.

- a) Ustalenie wyjściowych sumarycznych natężeń na wlocie A – Q_A i wlocie B – Q_B dla potoków ruchu wypływających z sąsiedniej sygnalizacji i z dopływów bocznych we wszystkich stanach ruchu

UWAGA: Natężenie poszczególnych relacji wypływających z sygnalizacji nie może być większe od przepustowości tych relacji

Wlot A

$$Q_A = Q_{AL} + Q_{AW} + Q_{AP} = 90 + 330 + 120 = 540 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q_B = Q_{BL} + Q_{BW} + Q_{BP} = 90 + 280 + 110 = 480 \text{ P/h},$$

- b) Obliczenie natężeń relacji nadrzędnych na wlotach A – Q'_A i B – Q'_B w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów wypływających z sygnalizacji wg wzorów (4.52) i (4.53)

Wlot A

$$Q'_A = \frac{Q_A - \sum (t_{bLA} \cdot 1,5 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \sum t_{bLA} / T_c} \quad [\text{P/h}], \quad Q'_A = \frac{540 - 18,5 \cdot 1,5 \cdot 900 / 70}{1 - \frac{18,5}{70}} = 249 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$Q'_B = \frac{Q_B - \sum (t_{bLB} \cdot 1,5 \cdot Q_{\min}) / T_c}{1 - \sum t_{bLB} / T_c} \quad [\text{P/h}], \quad Q'_B = \frac{480 - 15,0 \cdot 1,5 \cdot 900 / 70}{1 - \frac{15,0}{70}} = 243 \text{ P/h},$$

- c) Ustalenie natężeń poszczególnych relacji na wlotach A i B w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów. W tym celu należy wyliczyć udziały poszczególnych relacji na wlocie i pomnożyć je przez natężenie odpowiednio Q'_A i Q'_B

Wlot A

$$m_{AL} = \frac{90}{90+330+120} \cdot 100 = 16,7 \%, \quad m_{AW} = \frac{330}{90+330+120} \cdot 100 = 61,1 \%,$$

$$m_{AP} = \frac{120}{90+330+120} \cdot 100 = 22,2 \%,$$

Relacja AL

$$Q'_{AL} = Q'_A \cdot m_{AL} = 249 \cdot 0,167 = 42 \text{ P/h},$$

Relacja AW

$$Q'_{AW} = Q'_A \cdot m_{AW} = 249 \cdot 0,611 = 152 \text{ P/h},$$

Relacja AP

$$Q'_{AP} = Q'_A \cdot m_{AP} = 249 \cdot 0,222 = 55 \text{ P/h},$$

Wlot B

$$m_{BL} = \frac{90}{90+280+110} \cdot 100 = 18,8 \%, \quad m_{BW} = \frac{280}{90+280+110} \cdot 100 = 58,3 \%,$$

$$m_{BP} = \frac{110}{90+280+110} \cdot 100 = 22,9 \%,$$

Relacja BL

$$Q'_{BL} = Q'_B \cdot m_{BL} = 243 \cdot 0,188 = 46 \text{ P/h},$$

Relacja BW

$$Q'_{BW} = Q'_B \cdot m_{BW} = 243 \cdot 0,583 = 142 \text{ P/h},$$

Relacja BP

$$Q'_{BP} = Q'_B \cdot m_{BP} = 243 \cdot 0,229 = 56 \text{ P/h}.$$

- d) Ustalenie natężeń nadrzędnych dla relacji r w okresach braku blokowania przez kolumny pojazdów Q'_n następuje analogicznie jak w przykładzie nr 1 (zgodnie z zasadami podanymi w p. 4.1)

Obliczenie wyjściowej przepustowości relacji wykonuje się analogicznie jak w przykładzie nr 1. Graniczny odstęp czasu t_g i odstęp czasu między pojazdami t_r należy przyjąć jak dla dużego miasta (wg tab. 4.2 i 4.3).

FORMULARZ: 4 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI

Obliczenia przepustowości relacji i poszczególnych wpływów są analogiczne jak w przykładzie nr 1 z wyjątkiem przepustowości C_{srd} i stopnia wykorzystania przepustowości relacji dławiącej ρ_{AL} , ρ_{BL} . Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji należy obliczyć z uwzględnieniem udziału czasu blokowania relacji podporządkowanych U_{blr} . W formularzu 4 oblicza się przepustowość relacji podporządkowanych pod wpływem sygnalizacji (wzór (4.56)).

Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji należy obliczyć wg wzoru:

$$C_{srd} = C_{or} \cdot (1 - U_{blr}) \cdot f_c \quad [\text{P/h}]$$

Relacja AL

$$C_{sAL} = C_{oAL} \cdot (1 - U_{bIAL}) \cdot f_c = 1134 \cdot (1 - 0,214) \cdot 0,840 = 749 \text{ P/h},$$

Relacja BL

$$C_{sBL} = C_{oBL} \cdot (1 - U_{bIBL}) \cdot f_c = 1122 \cdot (1 - 0,264) \cdot 0,831 = 686 \text{ P/h},$$

Relacja CW

$$C_{sCW} = C_{oCW} \cdot (1 - U_{bICW}) \cdot f_c = 661 \cdot (1 - 0,386) \cdot 0,837 = 340 \text{ P/h},$$

Relacja DW

$$C_{sDW} = C_{oDW} \cdot (1 - U_{bIDW}) \cdot f_c = 621 \cdot (1 - 0,386) \cdot 0,885 = 337 \text{ P/h},$$

Relacja CP

$$C_{sCP} = C_{oCP} \cdot (1 - U_{bICP}) \cdot f_c = 945 \cdot (1 - 0,264) \cdot 0,837 = 582 \text{ P/h},$$

Relacja DP

$$C_{sDP} = C_{oDP} \cdot (1 - U_{bIDP}) \cdot f_c = 956 \cdot (1 - 0,214) \cdot 0,885 = 665 \text{ P/h}.$$

Obliczenie stopnia wykorzystania przepustowości dla relacji AL i BL należy wykonać wg wzorów (4.57) i (4.58). Pozostałe wartości stopnia wykorzystania przepustowości należy obliczyć jak w przykładzie nr 1.

Relacja AL dla $t_{br}^d = t_{bCL}^d = t_{bCW}^d = t_{bDL}^d = t_{bCW}^d = 12,0 \text{ s}$, (F: 3-b.3)

$$\rho_{AL} = \frac{Q_{AL}}{C_{sAL}} - \frac{1,5 \cdot Q_{\min} \cdot m_L \cdot t_{br}^d}{C_{sAL} \cdot T_c} \quad [-]$$

$$\rho_{AL} = \frac{90}{749} - \frac{1,5 \cdot 900 \cdot 0,167 \cdot 12}{749 \cdot 70} = 0,068,$$

Relacja BL dla $t_{br}^d = t_{bCL}^d = t_{bCW}^d = t_{bDL}^d = t_{bCW}^d = 8,5 \text{ s}$, (F: 3-b.3)

$$\rho_{BL} = \frac{Q_{BL}}{C_{sBL}} - \frac{1,5 \cdot Q_{\min} \cdot m_L \cdot t_{br}^d}{C_{sBL} \cdot T_c} \quad [-]$$

$$\rho_{BL} = \frac{90}{686} - \frac{1,5 \cdot 900 \cdot 0,188 \cdot 8,5}{686 \cdot 70} = 0,086,$$

Obliczenie przepustowości relacji pod wpływem sygnalizacji (wzór (4.56))

$$C_{sr} = C_r \cdot (1 - U_{blr}) \quad [\text{P/h}]$$

Relacja AL

$$C_{sAL} = C_{AL} \cdot (1 - U_{bIAL}) = 953 \cdot (1 - 0,214) = 749 \text{ P/h},$$

Relacja BL

$$C_{sBL} = C_{BL} \cdot (1 - U_{bIBL}) = 932 \cdot (1 - 0,264) = 686 \text{ P/h},$$

Relacja CP

$$C_{sCP} = C_{CP} \cdot (1 - U_{bICP}) = 791 \cdot (1 - 0,264) = 582 \text{ P/h},$$

Relacja DP

$$C_{sDP} = C_{DP} \cdot (1 - U_{bIDP}) = 846 \cdot (1 - 0,214) = 665 \text{ P/h,}$$

Relacja CW

$$C_{sCW} = C_{CW} \cdot (1 - U_{bICW}) = 513 \cdot (1 - 0,386) = 315 \text{ P/h,}$$

Relacja DW

$$C_{sDW} = C_{DW} \cdot (1 - U_{bIDW}) = 510 \cdot (1 - 0,386) = 313 \text{ P/h,}$$

Relacja CL

$$C_{sCL} = C_{CL} \cdot (1 - U_{bICL}) = 442 \cdot (1 - 0,386) = 271 \text{ P/h,}$$

Relacja DL

$$C_{sDL} = C_{DL} \cdot (1 - U_{bIDL}) = 453 \cdot (1 - 0,386) = 278 \text{ P/h.}$$

FORMULARZ: 5 – OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WLOTÓW I SKRZYŻOWANIA

Obliczenia wykonuje się analogicznie jak dla przykładu nr 1, przyjmując do dalszych obliczeń przepustowość relacji pod wpływem sąsiadujących sygnalizacji C_{sr} .

Wniosek: Wloty nadrzędne A i B skrzyżowania, przy średnich stratach czasu $d = 3,6 \text{ s/P}$, funkcjonują na I PSR, natomiast wloty podporządkowane na II PSR – wlot C ($d = 26,0 \text{ s/P}$) i wlot D ($d = 19,7 \text{ s/P}$).

Odnoząc uzyskane wyniki do analogicznego skrzyżowania niebędącego pod wpływem sygnalizacji (dla którego obliczeń nie zamieszczono w przykładach), można stwierdzić, co następuje:

- 1) przepustowość relacji 1 rzędu (AL, BL, CP, DP) uległa obniżeniu o 4 ÷ 15 %,
- 2) przepustowość relacji 3 rzędu (CW, DW, CL i DL) uległa zwiększeniu o 8 ÷ 25 %,
- 3) przepustowość wlotów podporządkowanych wzrosła o 7 ÷ 14 %,
- 4) straty czasu na wlotach podporządkowanych zmalały o około 25 %.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ		FORMULARZ	1
DANE OGÓLNE			
Skrzyżowanie: Przykład 4.		Godzina pomiaru: 15.00÷16.00	
Data pomiaru: 31.03.2003 r.		Analizę wykonał: Jan Janowski	
Szkic skrzyżowania			
POŁOŻENIE:			
MIEJSCOWOŚĆ:		MAŁA <input type="checkbox"/>	DUŻA <input checked="" type="checkbox"/>
		STREFA DUŻYCH AGLOMERACJI <input type="checkbox"/>	POZOSTAŁE <input type="checkbox"/>
SPOSÓB PODPORZĄDKOWANIA WLOTÓW:			
WLOT C:	znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/>	znak B-20 <input type="checkbox"/>	
WLOT D:	znak A-7 <input checked="" type="checkbox"/>	znak B-20 <input type="checkbox"/>	
WYSTĘPOWANIE PRZYSTANKÓW (F: 4.1):			
WLOT C:	TAK <input type="checkbox"/>	NIE <input checked="" type="checkbox"/>	
WLOT D:	TAK <input type="checkbox"/>	NIE <input checked="" type="checkbox"/>	
WYLOT C:	TAK <input type="checkbox"/>	NIE <input checked="" type="checkbox"/>	
WYLOT D:	TAK <input type="checkbox"/>	NIE <input checked="" type="checkbox"/>	
WYSTĘPOWANIE POSZERZENIA PASÓW NA WLOCIE PODPORZĄDKOWANYM (F: 4.2):			
WLOT C:	TAK <input type="checkbox"/>	wykorzystująca relacja, dodatkowa kolejka $K_p =$ [P]	
WLOT D:	TAK <input type="checkbox"/>	wykorzystująca relacja, dodatkowa kolejka $K_p =$ [P]	
WYSTĘPOWANIE SZEROKIEGO PASA DZIELĄCEGO (tab. 7.2):			
	TAK <input type="checkbox"/>	pojemność powierzchni akumulacji $k =$ [E]	
WYSTĘPOWANIE SASIEDNIICH SYGNALIZACJI (tab. 7.3):			
WLOT A:	TAK <input checked="" type="checkbox"/>	odległość sąsiadującej sygnalizacji 220 [m]	
WLOT B:	TAK <input checked="" type="checkbox"/>	odległość sąsiadującej sygnalizacji 250 [m]	
Formularze wykorzystywane do obliczenia przepustowości i oceny poziomów swobody ruchu na skrzyżowaniu bez sygnalizacji			
Rodzaj prowadzonej analizy	Formularze wymagane:	Formularze opcjonalne:	
Skrzyżowanie odosobnione	F: 1, F: 2, F: 3, F: 4, F: 5		
Skrzyżowanie z szerokim pasem dzielącym	F: 1, F: 2, F: 3-a, F: 4-a, F: 5-a, F: 5	F: 4.1 (występowanie przystanków),	
Skrzyżowanie znajdujące się pod wpływem sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją	F: 1, F: 2, F: 3-b.1, F: 3-b.2, F: 3-b.3, F: 3-b.4, F: 4, F: 5	F: 4.2 (poszerzenie pasa), F: 6 (natężenia krytyczne).	

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ												
DANE RUCHOWE											FORMULARZ	2
Dane dotyczące ruchu pojazdów												
Włot	A			B			C			D		
Relacja	AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Nateżenie Q_o [P/h]	540			480			210			180		
	90	330	120	90	280	110	60	80	70	50	70	60
Wskaźnik zmienności ruchu k_{15} [-]												
Nateżenie obliczeniowe Q [P/h] (wzór (3.1))	540			480			210			180		
	90	330	120	90	280	110	60	80	70	50	70	60
Udział relacji w ruchu na wlocie $Q_r/Q_w \cdot 100$ [%]	16,7	61,1	22,2	18,8	58,3	22,9	28,6	38,1	33,3	27,8	38,9	33,3
Udział samochodów ciężkich i autobusów u_c [%]	10	10	10	12	12	12	15	15	15	10	10	10
Udział samochodów ciężkich z przyczepą i autobusów przegubowych u_{cp} [%]	8	8	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4
Udział rowerów i motorowerów u_{mr} [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (wzór (4.11))	0,840	0,840	0,840	0,831	0,831	0,831	0,837	0,837	0,837	0,885	0,885	0,885
Nateżenie obliczeniowe Q [E/h] (wzór (3.1))	—			—			—			—		
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dane dotyczące ruchu pieszych												
Włot	A			B			C			D		
Nateżenie QP [Ps/h]	—			—			—			—		
Średnia liczebność grup pieszych n_{ps} [Ps/gp] (wzór (3.2))	—			—			—			—		
Nateżenie obliczeniowe Q_{ps} [gp/h] (wzór (3.3))	—			—			—			—		
Długość strefy kolizji l_{pi} [m]	—			—			1) —	2) —	1) —	2) —	—	
Prędkość pieszych V_{ps} [m/s]	—			—			—			—		
Udział czasu blokowania przez pieszych U_{bi} [-] (wzór (4.8))	—			—			—			—		

1) przejście na wlocie
2) przejście na wylocie

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ													
DANE RUCHOWE - cd.											FORMULARZ	2-cd	
Dane dotyczące geometrii skrzyżowania i organizacji ruchu oraz udziałów natężeń ruchu													
Włot	A			B			C			D			
Udziały natężeń dla relacji i pasów	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	Q [P/h]	m_r [%]	m_j [%]	
pas 1 ¹⁾	L	90	16,7	100	90	18,8	100	60	28,6	100	50	27,8	
	W	330	61,1		280	58,3		80	38,1		70	38,9	
	P	120	22,2		110	22,9		70	33,3		60	33,3	
pas 2 ¹⁾	L												
	W												
	P												
pas 3 ¹⁾	L												
	W												
	P												
Kanalizacja skrętu w prawo	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			
	znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>			znak A-7 TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			
Krótki pas na drodze nadrzędnej	TAK <input type="checkbox"/>			TAK <input type="checkbox"/>			—			—			
	liczba stanowisk pojazdów: [P]			liczba stanowisk pojazdów: [P]			—			—			
Dane dotyczące sąsiadujących sygnalizacji													
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:				A			B						
Włot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:				A	C	D	B	C	D				
Nateżenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} [P/h]				600	—	—	520	—	—				
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją G_i [s]				33	—	—	29	—	—				
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją T_c [s]				70									
Przesunięcie w czasie między początkami sygnałów zielonych dla relacji na wprost na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją Δt [s]				10									
Nateżenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]				1580	—	—	1520	—	—				
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{dbi} [s]				16	—	—	18	—	—				
Przesunięcie czasowe między początkami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków ϕ [s]				12									

1) Należy wypełnić rubryki dotyczące relacji występujących na danym pasie ruchu. Pas 1 jest położony bliżej osi wlotu.
2) T_c – na sąsiadujących sygnalizacjach muszą być równe długości cykli sygnalizacyjnych.

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
OBLICZENIE CZASÓW ZJAZDU POJAZDÓW Z KOLEJKI NA SĄSIADUJĄCYCH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA				FORMULARZ 3-b.1		
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:	A			B		
Wlot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:	A	C	D	B	C	D
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} ¹⁾ [P/h]	600	—	—	520	—	—
Długość sygnału zielonego na pasie wlotu i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją G_i [s]	33	—	—	29	—	—
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]	1580	—	—	1520	—	—
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją T_c [s]	70					
Współczynnik progresji f_{prog} [-]	1,0	—	—	1,0	—	—
$f_{prog} \cdot G_i$ [s]	33	—	—	29	—	—
Czas rozładowania kolejki pojazdów oczekujących na sygnale czerwonym t_R [s] (wzór (4.41))	14,0	—	—	14,0	—	—
$f_{prog} \cdot Q_{si}$ [s]	600	—	—	520	—	—
Czas rozładowania kolejki tworzącej się z pojazdów wypływających w czasie sygnału zielonego t_G [s] (wzór (4.42))	8,6	—	—	7,3	—	—
Czas wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r t_{ki} ²⁾ [s] (wzór (4.43))	22,6	—	—	21,3	—	—

¹⁾ w przypadku przyjęcia $t_{ki} = G_i$ (ostatni wiersz formularza **3-b.1**) należy zredukować natężenie Q_{si} do wartości $Q_{si} = S_i \cdot t_{ki}$

²⁾ w przypadku przyjęcia $t_{ki} = G_i$, $Q_{si} = S_i \cdot t_{ki}$

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ						
CZAS BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPLYWAJĄCE KOLUMNY				FORMULARZ 3-b.2		
Skrzyżowanie z sygnalizacją przed wlotem:	A			B		
Wlot na skrzyżowaniu z sygnalizacją:	A	C	D	B	C	D
Natężenie ruchu pojazdów obsługiwanych w rozpatrywanej fazie na pasie wlotu i wypływające z sąsiadującego skrzyżowania z sygnalizacją Q_{si} [P/h] (F: 3-b.1)	600	—	—	520	—	—
Natężenie nasycenia pasa ruchu na wlocie i na sąsiadującym skrzyżowaniu z sygnalizacją S_i [P/hz]	1580	—	—	1520	—	—
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją T_c [s]	70					
Czas dojazdu kolumny pojazdów od linii zatrzymań skrzyżowania z sygnalizacją do osi rozpatrywanego skrzyżowania t_{di} [s]	16	—	—	18	—	—
Czas wypływu kolumny pojazdów ze skrzyżowania z sygnalizacją na wlocie i stanowiących potok nadrzędny relacji r t_{ki} [s] (F: 3-b.1)	22,6	—	—	21,3	—	—
Współczynnik dyspersji kolumn α [-]	0,55					
Współczynnik progresji f_{prog} [-]	1,0	—	—	1,0	—	—
Współczynnik określający udział w ruchu na pasie wlotu skrzyżowania z sygnalizacją strumienia (relacji) pojazdów jadących w kierunku analizowanego skrzyżowania bez sygnalizacji $f_{syg,i}$ [-]	0,8	—	—	0,8	—	—
β [-] (wzór (4.45))	0,645	—	—	0,645	—	—
F [-] (wzór (4.46))	0,150	—	—	0,135	—	—
Maksymalne natężenie ruchu poruszającego się w kolumnie $Q_{max,i}$ [P/h] (wzór (4.47))	1232	—	—	1161	—	—
Minimalne natężenie potoku, który może być traktowany jako kolumnowy Q_{min} [P/h]	900	—	—	900	—	—
$S_i \cdot f_{syg,i}$ [P/h]	1264	—	—	1216	—	—
$Q_{si} \cdot f_{prog} \cdot f_{syg,i}$ [P/h]	480	—	—	416	—	—
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny t_{bi} [s] (wzory (4.48) i (4.49))	18,5	—	—	15,0	—	—

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ									
UDZIAŁ CZASÓW BLOKOWANIA RUCHU RELACJI PODPORZĄDKOWANYCH r NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI PRZEZ DOPŁYWAJĄCE KOLUMNY ORAZ SCHEMAT DOPŁYWU KOLUMN							FORMULARZ 3-b.3		
Relacja	AL	BL	CL	CW	CP	DL	DW	DP	
Przesunięcie czasowe między momentami przybyć kolumn pojazdów z obu kierunków (dla sygnalizacji dwufazowej) ϕ [s]	12								
Długość cyklu sygnalizacji na sąsiadujących skrzyżowaniach T_c [s]	70								
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny na wlocie A t_{br} [s] (F: 3-b.2)	—	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	—	
Czas blokowania ruchu relacji podporządkowanych r na skrzyżowaniu bez sygnalizacji przez dopływające kolumny na wlocie B t_{br} [s] (F: 3-b.2)	15,0	—	15,0	15,0	—	15,0	15,0	15,0	
Udział czasu blokowania ruchu przez dopływające kolumny U_{br} [-] (wzory (4.50) i (4.51))	0,214	0,264	0,386	0,386	0,264	0,386	0,386	0,214	
Wlot A Czas kolumnowego stanu ruchu w nadrzędnym potoku dla dławionej relacji r w okresie stanu ruchu bez kolumn dla relacji dławiącej	—	—	12,0	12,0	—	12,0	12,0	—	
Wlot B t_{br}^d [s] (rys. poniżej)	—	—	8,5	8,5	—	8,5	8,5	—	

Schemat dopływu kolumn

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ									
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI WYJŚCIOWEJ C_{or} - skrzyżowanie pod wpływem sąsiednich sygnalizacji							FORMULARZ 3-b.4		
Relacja podporządkowana	AL	BL	CP	CW	CL	DP	DW	DL	
Wyjściowe sumaryczne natężenie na wlocie A Q_A [P/h] (p. 4.11, krok 4)	—	540	540	540	540	—	540	540	
Wyjściowe sumaryczne natężenie na wlocie B Q_B [P/h] (p. 4.11, krok 4)	480	—	—	480	480	480	480	480	
Natężenie ruchu na wlocie A w okresie braku blokowania Q'_A [P/h] (p. 4.11, krok 4)	—	249	249	249	249	—	249	249	
Natężenie ruchu na wlocie B w okresie braku blokowania Q'_B [P/h] (p. 4.11, krok 4)	243	—	—	243	243	243	243	243	
Relacja nadrzędna	Natężenie relacji nadrzędnej Q_r [P/h]								
AL	42			1	1		1	1	Mnożnik natężenia relacji nadrzędnej wg tab. 4.1
AW	152		1	1	1	1		1	
AP	55		1	0,5	0,5	0,5		1	
BL	46			1	1		1	1	
BW	142	1		1	1	1	1	1	
BP	56	1		0,5	0,5	0,5	1	0,5	
CW	80							1	
CP	70							1	
DW	70					1			
DP	60				1				
Natężenie relacji nadrzędnych Q'_n [P/h] (tab. 4.1)	198	207	180	438	568	170	493	588	
Graniczny odstęp czasu t_g [s] (tab. 4.2)	5,2	5,2	5,4	5,5	5,6	5,4	5,5	5,6	
Odstęp czasu między pojazdami t_f [s] (tab. 4.3)	2,5	2,5	3,1	3,3	3,2	3,1	3,3	3,2	
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (wzory (4.1) i (4.2), rys. 4.1 + 4.4)	1134	1122	945	661	573	956	621	559	

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ																		
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI RELACJI														FORMULARZ	4			
Relacja podporządkowana		AL	BL	CP	DP	CW	DW	CL				DL						
Wyjściowa przepustowość relacji C_{or} [E/h] (F:3)		1134	1122	945	956	661	621	573				559						
Wpływ struktury rodzajowej	Współczynnik wpływu struktury rodzajowej f_c [-] (F:2)	0,840	0,831	0,837	0,885	0,837	0,885	0,837				0,885						
	Udział czasu blokowania relacji U_{blr} [-] (F:3-b.3)	0,214	0,264	0,264	0,214	0,386	0,386	0,386				0,386						
Wpływ dławienia	Relacja dławiąca	—	—	—	—	AL	BL	AL	BL	AL	BL	DW	DP	AL	BL	CW	CP	
	Natężenie relacji dławiącej Q_{rd} [P/h] (F:2)	—	—	—	—	90	90	90	90	90	90	70	60	90	90	80	70	
	Przepustowość relacji dławiącej $C_{rd} = C_{or} \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Przepustowość relacji dławiącej pod wpływem sygnalizacji $C_{srd} = C_{or} \cdot (1 - U_{blr}) \cdot f_c$ [P/h]	—	—	—	—	749	686	749	686	749	686	337	665	749	686	340	582	—
	$\rho_{rd} = Q_{rd} / C_{rd}^{11}$ [-]	—	—	—	—	0,068	0,086	0,068	0,086	0,068	0,086	0,208	0,090	0,068	0,086	0,240	0,120	—
	Współczynnik f_{rd} [-] (rys. 4.5)	—	—	—	—	0,968	0,959	0,968	0,959	0,968	0,959	0,992	1,000	0,968	0,959	0,985	1,000	—
	Współczynnik f_k [-] (wzór (4.7))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,921	—	—	0,915	—	—	—
	Współczynnik łączny dławienia f_d [-] (wzory (4.4) + (4.6))	—	—	—	—	0,928	0,928	—	—	—	—	0,921	—	—	0,915	—	—	—
	$\min\{U_{bil}\}$ [-] (F:2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\max\{U_{bil}\}$ [-] (F:2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wpływ pieszych	Udział łącznego czasu blokowania U_b [-] (wzór (4.9))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Natężenie relacji nadrzędnych pojazdów + grup pieszych Q_n [(P+gp)/h] (F:3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Współczynnik wpływu pieszych f_p [-] (wzór (4.10))	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Przepustowość rzeczywista $C_r^* = C_{or} \cdot f_a \cdot f_p \cdot f_c$ [P/h]	953	932	791	846	513	510	442	442				453					
Wpływ przystanków	Współczynnik wpływu przystanków autobusowych f_a [-] (F:4.1)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Przepustowość rzeczywista z uwzględnieniem blokowania przez autobusy C_r [P/h] (wzór (4.14))	953	932	791	846	513	510	442	442				453					
Przepustowość rzeczywista pod wpływem sygnalizacji C_{sr} [P/h] (wzór (4.56))		749	686	582	665	315	313	271				278						

¹¹⁾ przy analizie skrzyżowania pod wpływem sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją ρ_{AL} i ρ_{BL} należy obliczyć odpowiednio ze wzoru (4.57) lub (4.58)

OBLICZANIE PRZEPUSTOWOŚCI I OCENA WARUNKÓW RUCHU NA SKRZYŻOWANIU BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ															
OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI I PSR PASÓW RUCHU, WŁOTÓW I SKRZYŻOWANIA														FORMULARZ	5
Obliczenie przepustowości i PSR pasów ruchu															
Relacja		AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP		
Natężenie relacji Q_r [P/h]		90	330	120	90	280	110	60	80	70	50	70	60		
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]		540			480			210			180				
Udział relacji w ruchu na pasie m_r [%]		16,7	61,1	22,2	18,8	58,3	22,9	28,6	38,1	33,3	27,8	38,9	33,3		
Przepustowość relacji C_r^{11} [P/h]		749	1428	1428	686	1413	1413	271	315	582	278	313	665		
Przepustowość pasa ruchu C_j^{11} [P/h]		1240			1178			352			364				
Stopień wykorzystania przepustowości pasa ruchu β_j [-] (wzór (4.59))		0,435			0,407			0,597			0,495				
Rezerwa przepustowości pasa ruchu $\Delta C_j = C_j - Q_j$ [P/h]		700			698			142			184				
Strata czasu d_j [s/P] (wzór (5.1))		3,6			3,6			26,0			19,7				
Miarodajna długość kolejki K_{jm} [P] (wzór (5.4))		3			2			5			3				
Przeciętna długość stanowiska pojazdu w kolejce l_p [m]		7,42			7,56			7,63			7,15				
Długość (zasięg) kolejki L_k [m] (wzór (5.5))		22			15			38			21				
PSR (tab. 5.1)		I			I			II			II				
Obliczenie przepustowości i PSR wlotów oraz skrzyżowania															
Wlot		A			B			C			D				
Relacje na pasie ruchu j		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
		AL,AW,AP				AL,AW,AP				AL,AW,AP				AL,AW,AP	
Natężenie ruchu na pasie Q_j [P/h]		540			480			210			180				
Natężenie ruchu na wlocie Q_w [P/h]		540			480			210			180				
Udział natężenia na pasie w ruchu na wlocie m_j [%]		100			100			100			100				
Przepustowość pasa ruchu C_j^{11} [P/h]		1240			1178			352			364				
Przepustowość wlotu C_w [P/h] (wzór (4.16))		1240			1178			352			364				
Stopień wykorzystania przepustowości wlotu β_w [-] (wzór (4.60))		0,435			0,407			0,597			0,495				
Rezerwa przepustowości wlotu $\Delta C_w = C_w - Q_w$ [P/h]		700			698			142			184				
Strata czasu d_w [s/P] (wzór (5.2))		3,6			3,6			26,0			19,7				
PSR (tab. 5.1)		I			I			II			II				
Strata czasu d_{sk} [s/P] (wzór (5.3))								9,0							

¹¹⁾ przepustowość obliczona z uwzględnieniem wpływów poszerzenia pasów i sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją

LITERATURA

1. Chodur J., Gaca S., Gondek S., Tracz M., Bajor M.: Przepustowość miejskich skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Projekt Badawczy Nr 9 T12C 039 08 finansowany przez Komitet Badań Naukowych, sprawozdanie końcowe (maszynopis), Kraków 1998.
2. HBS 2001. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln 2001.
3. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, Highway Capacity Committee, Washington D.C. 2000.
4. Highway Capacity Manual. Highway Research Board Special Report 209, Washington D.C. 1985.
5. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board Special Report 209, Washington D.C. 1994.
6. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 2001, Wydanie EKODROGA, Kraków, Część I – Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane, Część II – Ronda.

ZAŁĄCZNIK

Wielkość dławienia przez poszczególne relacje dławiące wyliczyć można z niżej podanych równań.

- Dławienie przez relacje skreću w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL lub BL, w przypadku gdy występują na wspólnym pasie z relacją na wprost (na rys. 4.5 krzywa nr ①):

$$f_{rd} = \begin{cases} -0,1267 \cdot \rho_{rd}^2 - 0,9060 \cdot \rho_{rd} + 1 & \text{dla } 0,00 \leq \rho \leq 0,97 \\ 0,0 & \text{dla } 0,97 < \rho \leq 1,00 \end{cases}$$

- Dławienie przez relacje skreću w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL lub BL, w przypadku gdy występują na wydzielonym pasie (na rys. 4.5 krzywa nr ②):

$$f_{rd} = \begin{cases} -0,6551 \cdot \rho_{rd}^2 - 0,4206 \cdot \rho_{rd} + 1 & \text{dla } 0,00 \leq \rho \leq 0,92 \\ -0,1267 \cdot \rho_{rd}^2 - 0,9060 \cdot \rho_{rd} + 1 & \text{dla } 0,92 < \rho \leq 0,97 \\ 0,0 & \text{dla } 0,97 < \rho \leq 1,00 \end{cases}$$

- Dławienie przez:

- relację na wprost z wlotu podporządkowanego CW lub DW, w przypadku gdy relacja ta występuje na wspólnym pasie z relacją skreću w lewo CL lub DL i udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie przekracza 10%, lub
- relację skreću w prawo z wlotu podporządkowanego CP lub DP, w przypadku gdy relacja ta nie występuje na wspólnym pasie z relacją skreću w lewo CL lub DL lub udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie nie przekracza 10% (na rys. 4.5 krzywa nr ③):

$$f_{rd} = -0,9745 \cdot \rho_{rd}^2 - 0,0048 \cdot \rho_{rd} + 1 \quad \text{dla } 0,00 \leq \rho \leq 1,00$$

- Dławienie przez relację skreću w prawo z wlotu podporządkowanego CP lub DP, w przypadku gdy relacja ta występuje na wspólnym pasie z relacją skreću w lewo CL lub DL i udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie przekracza 10% (na rys. 4.5 linia nr ④):

$$f_{rd} = 1,0$$

- Dławienie przez relację na wprost z wlotu podporządkowanego CW lub DW, w przypadku gdy relacja ta nie występuje na wspólnym pasie z relacją skreću w lewo CL lub DL lub udział relacji CL lub DL w natężeniu ruchu na pasie nie przekracza 10% (na rys. 4.5 krzywa nr ⑤):

$$f_{rd} = -0,4530 \cdot \rho_{rd}^2 - 0,5474 \cdot \rho_{rd} + 1 \quad \text{dla } 0,00 \leq \rho \leq 1,00$$