

Projekt RID - I/50

OT2-2B/PK-PW-PG

„Nowoczesne metody obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu dla dróg poza aglomeracjami miejskimi, w tym dla dróg szybkiego ruchu”

**Wykonawca: Konsorcjum
Politechnika Krakowska PK - Lider,
Politechnika Warszawska PW,
Politechnika Gdańska PG**

Czas trwania: 33 miesiące 01.01.2016 ÷ 30.09.2018 (31.12.2018)

**dr inż. Krzysztof Ostrowski
Politechnika Krakowska
Stryków 6.11.2019**

CEL PROJEKTU

Celem projektu była aktualizacja metod oceny warunków ruchu i szacowania przepustowości dla dróg zamiejskich z uwzględnieniem metod HCM-6 i HBS2015 oraz najnowszych badań opublikowanych w literaturze krajowej i zagranicznej.

Metody uwzględniają obecność Lokalnych Ograniczeń Przepustowości (LOP) występujących na sieci drogowej, które mogą wynikać z przyczyn ruchowych oraz infrastrukturalnych. W projekcie rozpoznano przyczyny powstawania LOP, wykonano klasyfikację oraz opracowano katalog metod przeciwdziałania ich powstawaniu oraz łagodzeniu ich skutków w zarządzaniu ruchem (KSZR).

Efekty końcowe Projektu:

- metoda ustalania natężeń miarodajnych do wykonywania analiz warunków ruchu;
- metody obliczeniowe dla autostrad, dróg ekspresowych, wielopasowych i dwupasowych dwukierunkowych (1x2), dróg 2+1, węzłów drogowych oraz zwężeń drogowych z sygnalizacją (występujących na drogach 1x2).
- wytyczne do budowy i kalibracji mikrosymulacyjnych modeli ruchu.

WYKONAWCY PROJEKTU RID-I-50

Skład Konsorcjum PK-PW-PG

Politechnika Krakowska: dr hab. inż. Janusz Chodur, prof. PK, dr inż. Stanisław Gondek, dr inż. Krzysztof Ostrowski, dr inż. Mariusz Kieć, dr inż. Radosław Bak, dr inż. Malwina Spławińska, mgr inż. Piotr Grzywacz.

Politechnika Warszawska: dr hab. inż. Piotr Olszewski, prof. PW, dr inż. Tomasz Dybicz, mgr inż. Paweł Włodarek, mgr inż. Sebastian Grabiński, mgr inż. Piotr Mazurek.

Politechnika Gdańska: dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. PG, dr inż. Wojciech Kustra, dr inż. Aleksandra Romanowska, dr inż. Joanna Wachnicka, mgr inż. Tomasz Mackun, mgr inż. Julia Słowy, mgr inż. Aleksandra Czajkowska, inż. Daniel Bytner.

Sprawy administracyjne i finansowe:

- Politechnika Krakowska: **Agata Cholewka**,
- Politechnika Warszawska: **Andrzej Długolecki**
- Politechnika Gdańska: **Maciej Sawicki**

HARMONOGRAM WYKONANIA PROJEKTU

Nr zadania	Tytuł zadania	Podmiot realizujący zadanie	Planowane rezultaty realizacji zadania	Kamienie milowe	Okres realizacji	
					Termin rozpoczęcia data	Termin zakończenia data
1	Przygotowanie bazy wiedzy, podstaw metodycznych oraz założeń do badań i modelowania warunków ruchu i przepustowości	JN - PK, PW, PG	Lista wybranych poligonów badawczych. Szczegółowy zakres badań ruchu ze szczególnym uwzględnieniem występowania LOP.	Stworzenie listy wybranych poligonów badawczych. Ustalenie zakresu badań ruchu ze szczególnym uwzględnieniem występowania LOP.	01.01.2016	31.03.2017
2	Ustalanie natężeń miarodajnych do analiz warunków ruchu	JN - PK, PW, PG	Określenie miarodajnych charakterystyk ruchu do analiz warunków. Opracowanie metodyki ustalania natężeń miarodajnych do analiz warunków ruchu.	Określenie miarodajnych charakterystyk ruchu do analiz warunków ruchu.	01.06.2016	28.02.2018
3	Opracowanie metody oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości na odcinkach autostrad i dróg ekspresowych (klasy A i S) z uwzględnieniem lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP)	JN - PW, PG	Przygotowanie modeli, materiałów do opracowania instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla odcinków autostrad i dróg ekspresowych z uwzględnieniem LOP (Zadanie 8). Przygotowanie danych do kalibracji modeli zachowań kierowców wykorzystywanych w procedurach obliczeniowych modeli symulacyjnych (Zadanie 9).	Zakończenie modelowania wpływu wybranych cech drogi i ruchu na miary warunków ruchu i przepustowość autostrad i dróg ekspresowych (klasy A i S).	01.05.2016	31.03.2018
4	Opracowanie metody oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości na węzłach drogowych z uwzględnieniem lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP)	JN - PW, PG	Przygotowanie modeli, materiałów do opracowania instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości na węzłach dróg ruchu szybkiego z uwzględnieniem LOP (Zadanie 8). Przygotowanie danych do kalibracji modeli zachowań kierowców wykorzystywanych w procedurach obliczeniowych modeli symulacyjnych (Zadanie 9).	Zakończenie modelowania wpływu wybranych cech drogi i ruchu na miary warunków ruchu i przepustowość wyróżnionych elementów węzłów.	01.09.2016	31.03.2018

HARMONOGRAM WYKONANIA PROJEKTU cd.

Nr zadania	Tytuł zadania	Podmiot realizujący zadanie	Planowane rezultaty realizacji zadania	Kamienie milowe	Okres realizacji	
					Termin rozpoczęcia data	Termin zakończenia data
5	Opracowanie metody oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości na odcinkach dróg wielopasowych (klas G i GP) z uwzględnieniem lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP)	JN - PW, PG	Przygotowanie modeli, materiałów do opracowania instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla odcinków dróg wielopasowych z uwzględnieniem LOP (Zadanie 8). Przygotowanie danych do kalibracji modeli zachowań kierowców wykorzystywanych w procedurach obliczeniowych modeli symulacyjnych (Zadanie 9).	Zakończenie modelowania wpływu wybranych cech drogi i ruchu na miary warunków ruchu i przepustowość dróg wielopasowych.	01.09.2016	31.03.2018
6	Opracowanie metody oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości na odcinkach dróg dwupasowych, dwukierunkowych oraz dróg o przekroju 2+1	JN - PK	Ilościowe oszacowanie wpływu wybranych cech drogi i ruchu na miary warunków ruchu i przepustowość. Wybór metodyki analiz w warunkach polskich. Przygotowanie materiałów do opracowania instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla odcinków dróg dwupasowych dwukierunkowych, dróg 2+1 oraz zwężeń drogowych sterowanych sygnalizacją (Zadanie 8).	Zakończenie modelowania wpływu wybranych cech drogi i ruchu na miary warunków ruchu i przepustowości dla dróg dwupasowych dwukierunkowych, dróg 2+1 oraz zwężeń sterowanych sygnalizacją.	01.07.2016	31.05.2018
7	Rozpoznanie przyczyn powstawania lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP) oraz opracowanie sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu i łagodzenia ich skutków	JN - PW, PG	Rozpoznane przyczyny powstawania LOP na sieci dróg krajowych wraz z opracowaną klasyfikacją występujących LOP. Metoda prognozowania wpływu LOP na warunki ruchu pojazdów. Opracowanie sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu i łagodzenia skutków powstawaniu LOP.	Utworzenie katalogu metod przeciwdziałających powstawaniu LOP na sieci dróg krajowych oraz łagodzenia ich skutków.	01.01.2017	28.02.2018

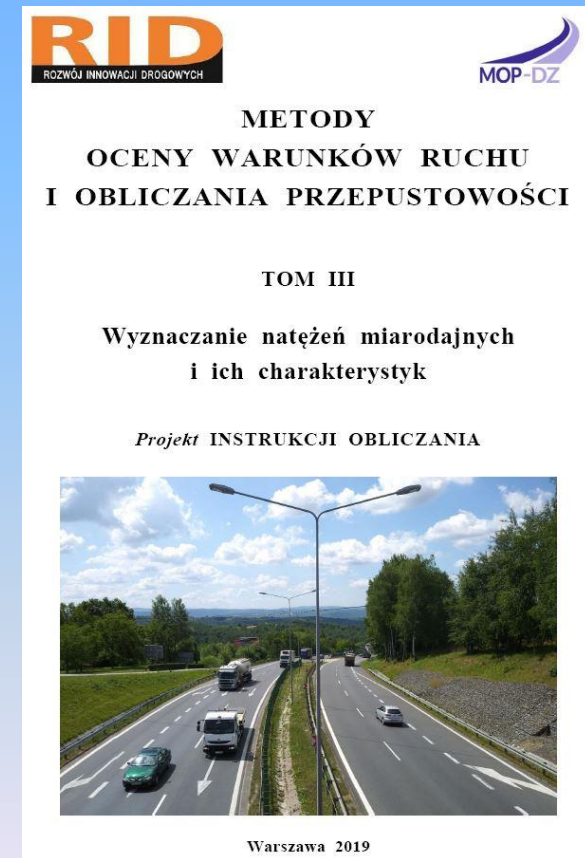
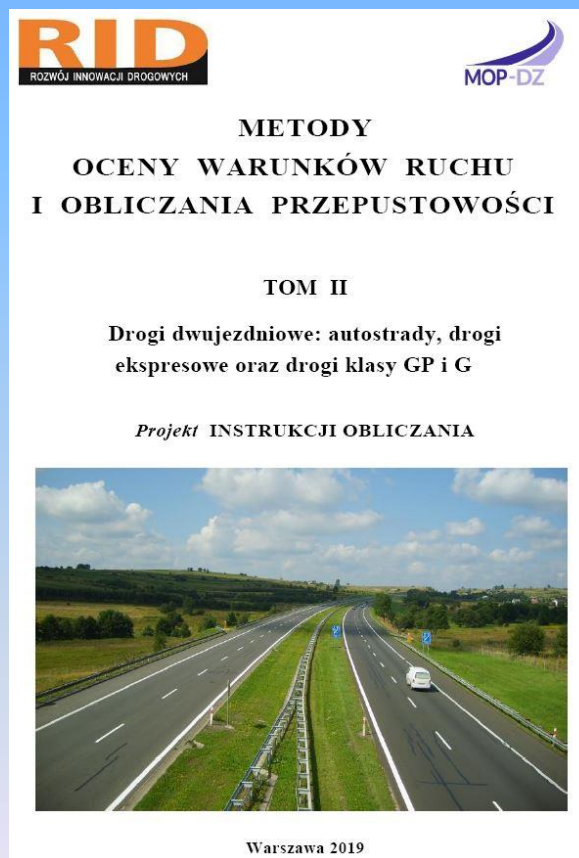
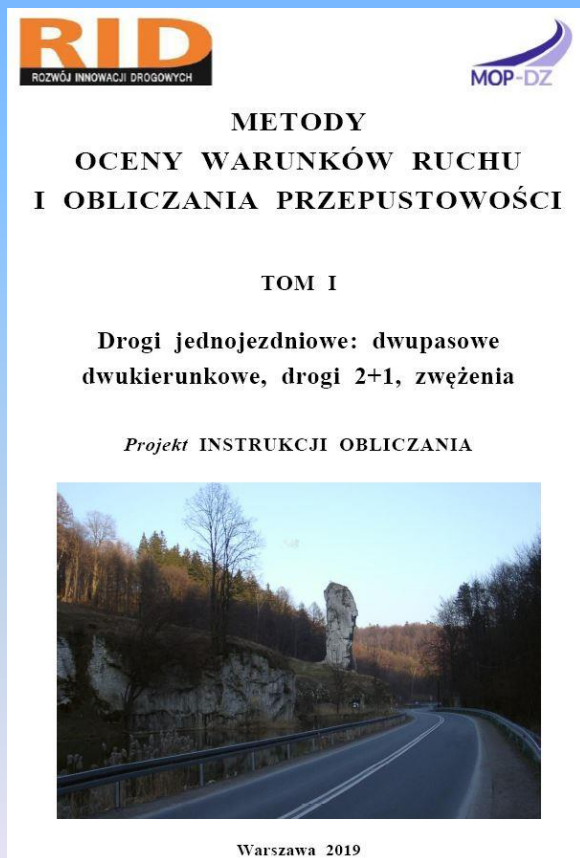
HARMONOGRAM WYKONANIA PROJEKTU cd.

Nr zadania	Tytuł zadania	Podmiot realizujący zadanie	Planowane rezultaty realizacji zadania	Kamienie milowe	Okres realizacji	
					Termin rozpoczęcia data	Termin zakończenia data
8	Opracowanie projektów instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla dróg krajowych, zamiejskich z uwzględnieniem lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP)	JN - PK, PW, PG	Projekty instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla krajowych dróg zamiejskich.	Ukończenie projektu instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla krajowych dróg zamiejskich.	01.01.2018	30.09.2018
9	Opracowanie wytycznych wykonywania mikrosymulacyjnych modeli ruchu dla dróg zamiejskich	JN - PW, PG	Wytyczne do budowy mikrosymulacyjnych modeli ruchu.	Opracowanie wytycznych do wzorcowych mikrosymulacyjnych modeli.	01.01.2017	31.07.2018

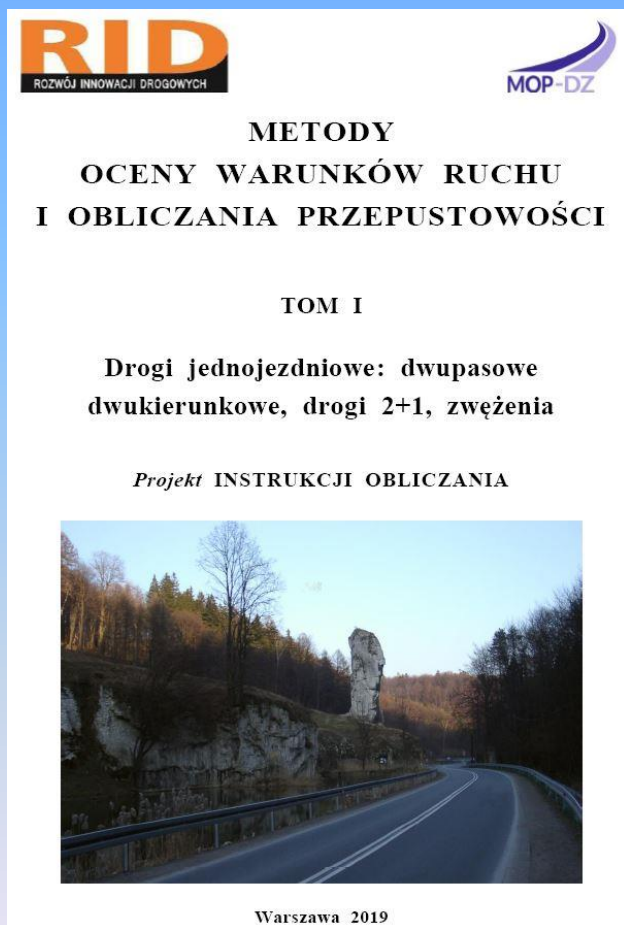
HARMONOGRAM WYKONANIA PROJEKTU cd.

Nr zadania	Tytuł zadania	Podmiot realizujący zadanie	Planowane rezultaty realizacji zadania	Kamienie milowe	Okres realizacji	
					Termin rozpoczęcia data	Termin zakończenia data
8	Opracowanie projektów instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla dróg krajowych, zamiejskich z uwzględnieniem lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP)	JN - PK, PW, PG	Projekty instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla krajowych dróg zamiejskich.	Ukończenie projektu instrukcji oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla krajowych dróg zamiejskich.	01.01.2018	30.09.2018
9	Opracowanie wytycznych wykonywania mikrosymulacyjnych modeli ruchu dla dróg zamiejskich	JN - PW, PG	Wytyczne do budowy mikrosymulacyjnych modeli ruchu.	Opracowanie wytycznych do wzorcowych mikrosymulacyjnych modeli.	01.01.2017	31.07.2018

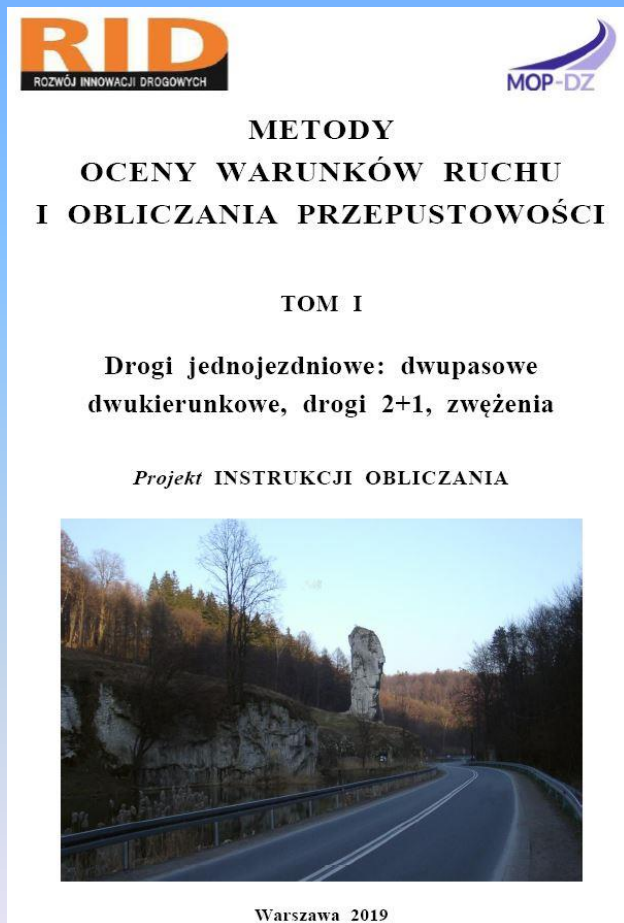
METODY OBLICZENIOWE



TOM I



- METODYKA ANALIZ NA ODCINKU DROGI JEDNOJEZDNIOWEJ
- METODYKA ANALIZ NA ODCINKU DROGI 2+1
- ZWĘŻENIE DROGI Z REGULACJĄ RUCHU ZA POMOCĄ SYGNALIZACJI
- Przykłady obliczeniowe

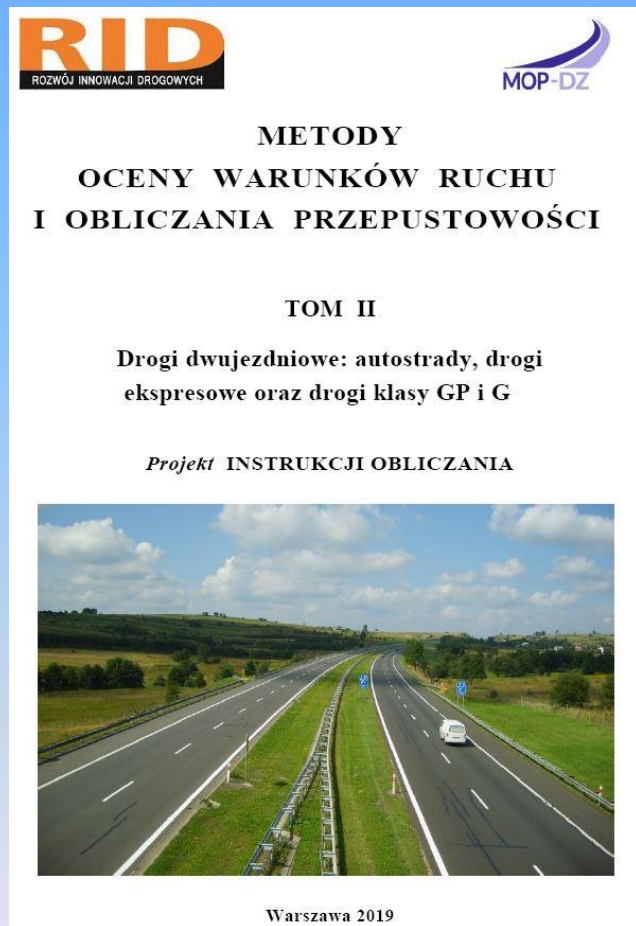


- METODY OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI
- METODY OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI
- ZŻEŻENIA DROGOWE
- Przykład



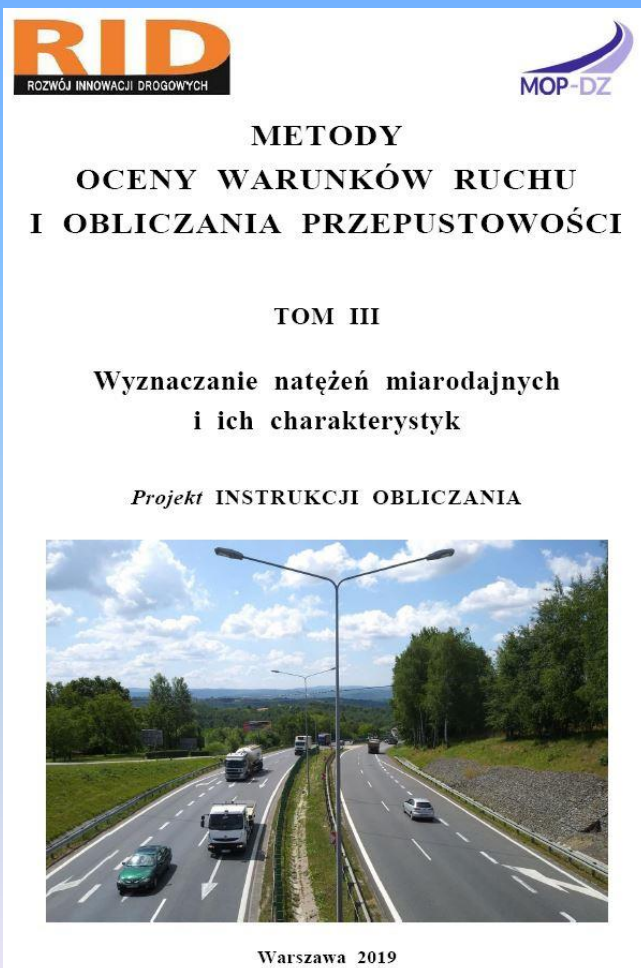
NKU
NKU
CJĄ
IZACJI

TOM II



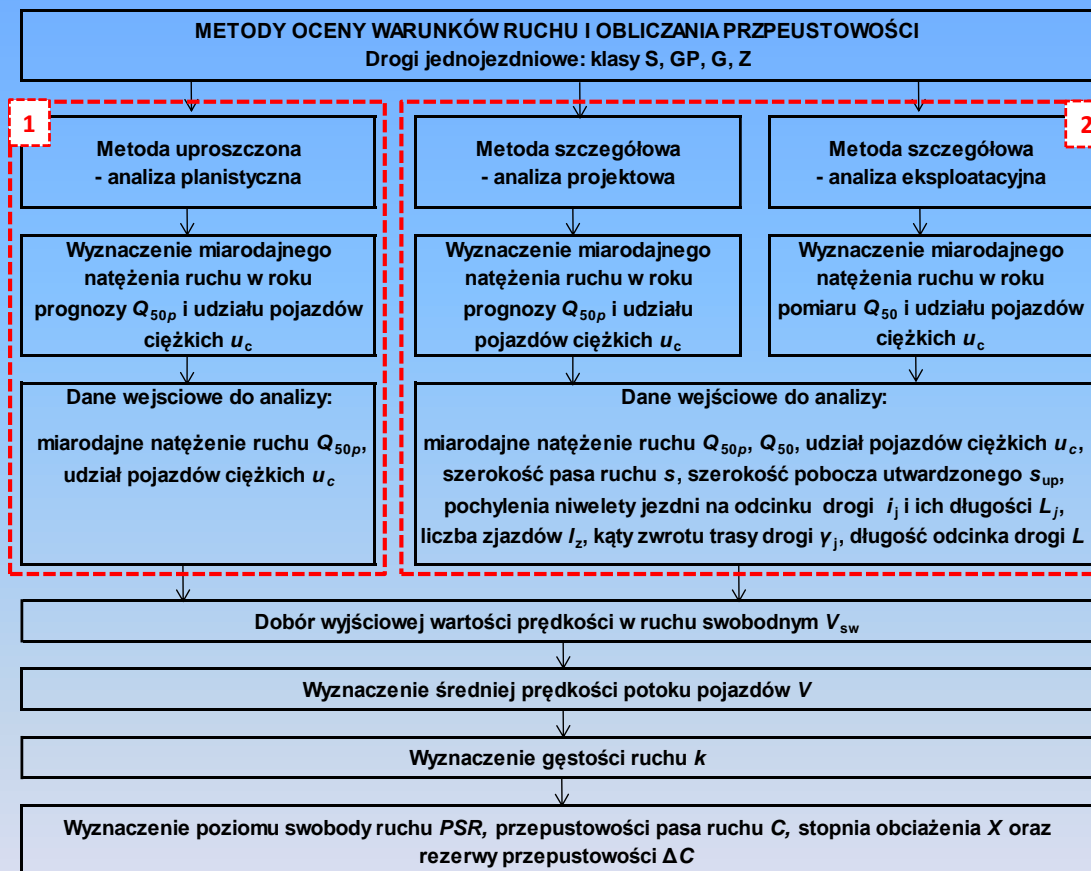
- METODA ANALIZY ODCINKÓW MIĘDZYWĘZŁOWYCH
- METODA ANALIZY OBSZARÓW PRZEPLATANIA
- METODA ANALIZY OBSZARÓW WJAZDÓW I WYJAZDÓW NA WĘZŁACH DROGOWYCH
- Przykłady obliczeniowe

TOM III



- WYZNACZANIE NATEŻEŃ MIARODAJNYCH I ICH CHARAKTERYSTYK DO ANALIZ WARUNKÓW RUCHU NA DROGACH JEDNOJEZDNIOWYCH
- WYZNACZANIE NATEŻENIA MIARODAJNEGO DO ANALIZY WARUNKÓW RUCHU NA DROGACH DWUJEZDNIOWYCH
- Przykłady obliczeniowe

Tom I. Drogi jednojezdniowe. Schemat analizy



1 - studium sieciowe, studium korytarzowe

2 - STES, koncepcja programowa, projekt budowlany, eksploatacja drogi

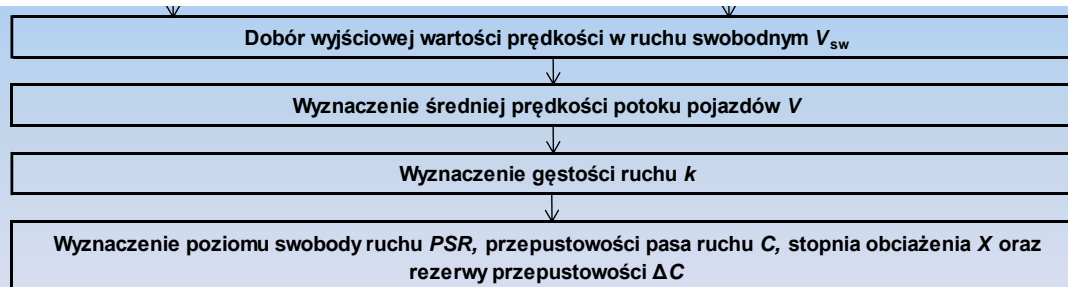
Tom I. Drogi jednojezdniowe. Schemat analizy

METODY OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI

Drogi jednojezdniowe: klasy S, GP, G, Z

Tab. 6.1. Dobór wartości wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym V_{sw}

Przypadek	Wyjściowa prędkość w ruchu swobodnym V_{sw} [km/h]	Szerokość składowych korytarza ruchu [m]
1	92,0	$s = 3,0$ m
2	92,6	$s = 3,5$ m
3	93,2	$s = 3,5$ m z opaską
4	93,8	$s = 3,5$ m z $s_{up} = 1,0$ m
5	94,4	$s = 3,5$ m z $s_{up} = 1,5$ m



1 - studium sieciowe, studium korytarzowe

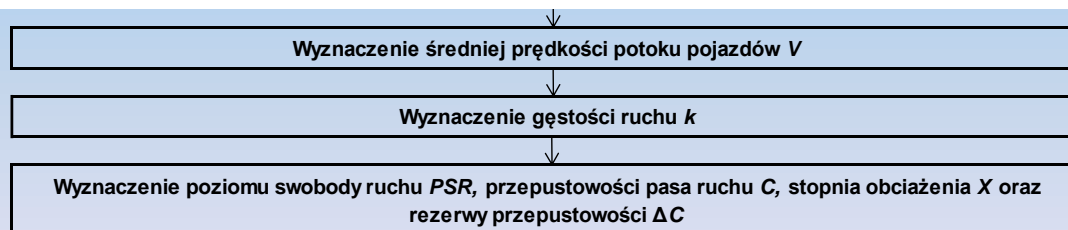
2 - STES, koncepcja programowa, projekt budowlany, eksploatacja drogi

Średnią prędkość potoku pojazdów można wyznaczyć zatem ze wzoru:

$$V = V_{sw} - 0,0272 \cdot Q_m - 0,10 \cdot kr - 0,125 \cdot g_z - 0,145 \cdot |i_w| \cdot u_c \quad [\text{km/h}] \quad (6.5)$$

gdzie:

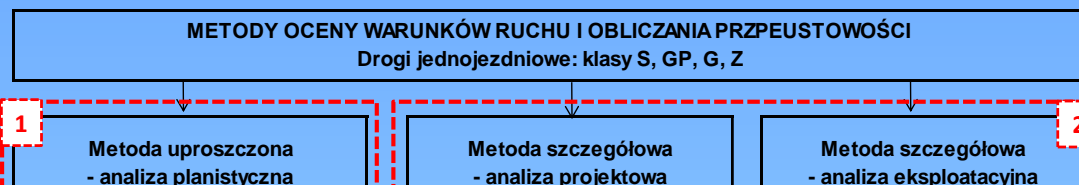
- V – średnia prędkość potoku pojazdów [km/h],
- V_{sw} – wyjściowa prędkość pojazdów w warunkach swobodnych [km/h] wg tablicy 6.1,
- Q_m – miarodajne natężenie ruchu w analizowanym kierunku (zazwyczaj kierunku o większym natężeniu ruchu) wyznaczone zgodnie z opisem w p. 2.2 tomu III [P/h],
- kr – krętość [$^{\circ}$ /km],
- g_z – gęstość zjazdów [zjazdów/km],
- i_w – średnie ważone pochylenie niwelety jezdni [%],
- u_c – udział pojazdów ciężkich w ruchu [%].



1 - studium sieciowe, studium korytarzowe

2 - STES, koncepcja programowa, projekt budowlany, eksploatacja drogi

Tom I. Drogi jednojezdniowe. Schemat analizy

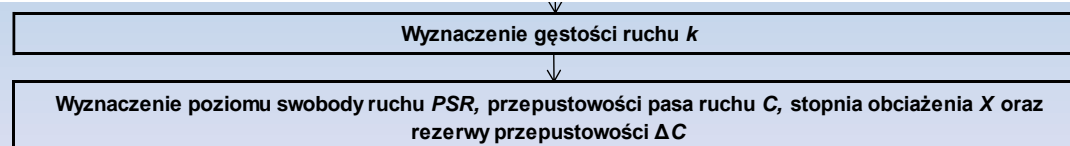


Gęstość ruchu należy obliczyć wg wzoru poniższego wzoru:

$$k = \frac{Q_m}{V} \quad [\text{P/km}] \quad (6.6)$$

gdzie:

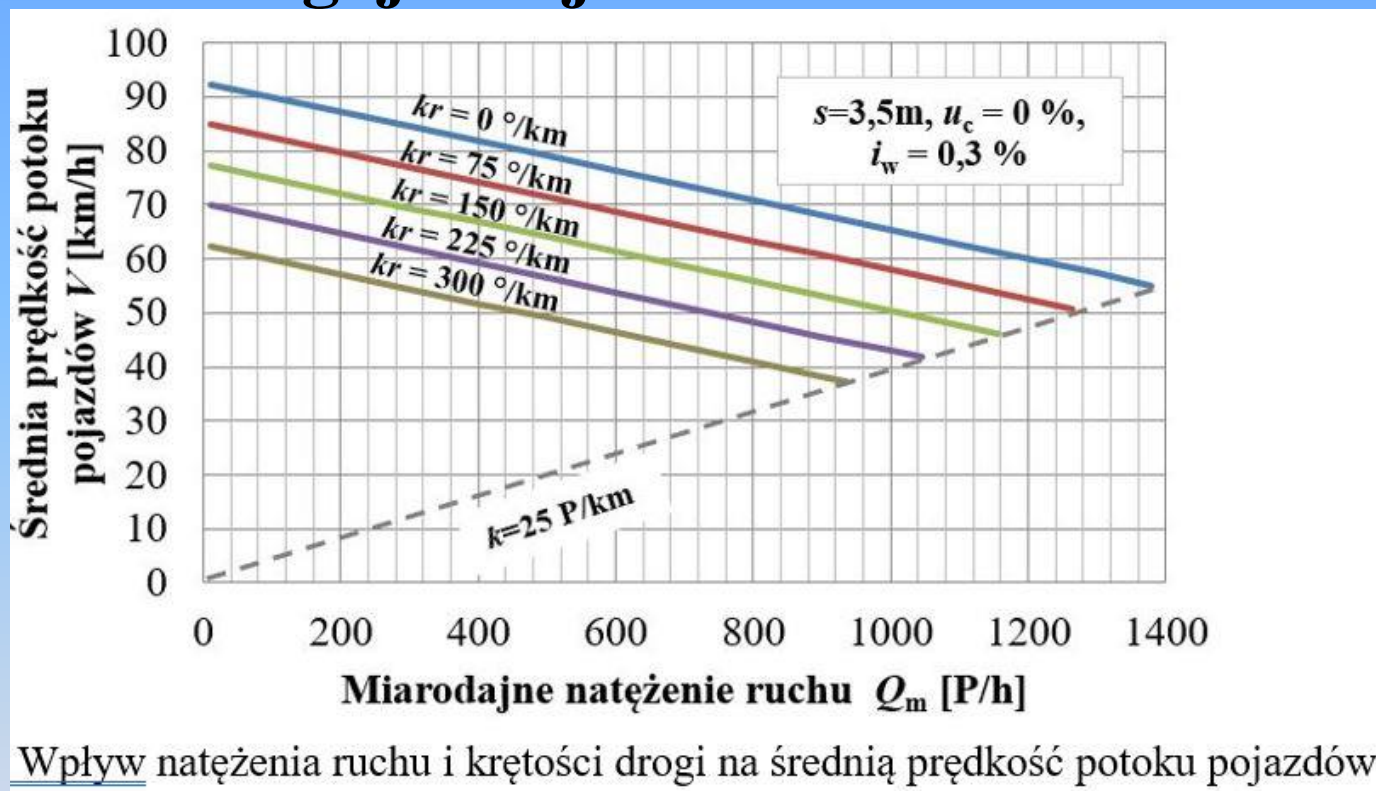
- k – gęstość ruchu [P/km],
- Q_m – miarodajne natężenie ruchu w analizowanym kierunku (zazwyczaj o większym natężeniu ruchu) [P/h],
- V – średnia prędkość potoku pojazdów [km/h].



1 - studium sieciowe, studium korytarzowe

2 - STES, koncepcja programowa, projekt budowlany, eksploatacja drogi

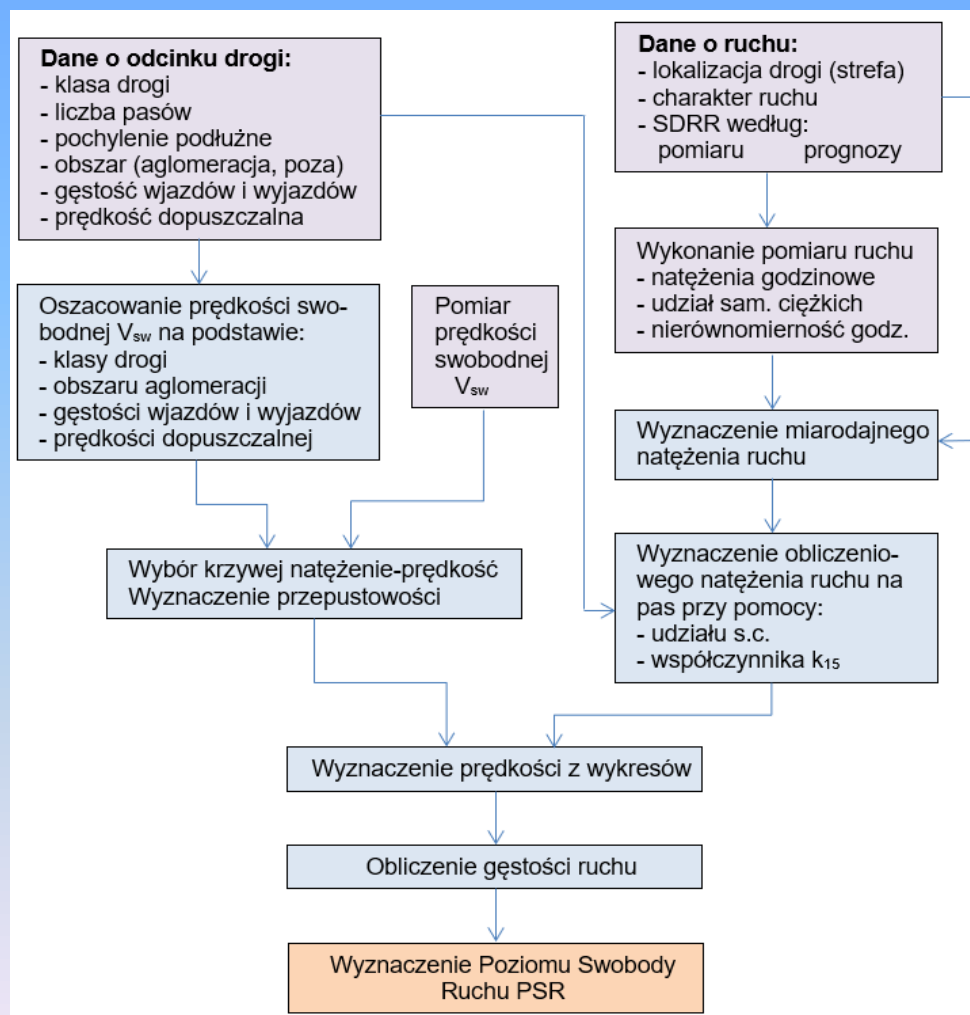
Tom I. Drogi jednojezdniowe. Schemat analizy



Wyznaczenie poziomu swobody ruchu PSR , przepustowości pasa ruchu C , stopnia obciążenia X oraz rezerwy przepustowości ΔC

$$C = 14,881 \cdot (V_{sw} - 0,10 \cdot kr - 0,125 \cdot g_z - 0,145 \cdot |i_w| \cdot u_c) \quad [\text{P/h}] \quad (6.8)$$

Tom II. Drogi dwujezdniowe. Schemat analizy



Tom II. Drogi dwujezdniowe. Schemat analizy

Dane o odcinku drogi:

- klasa drogi
- liczba pasów
- pochylenie podłużne
- obszar (aglomeracja, poza)
- gęstość wjazdów i wyjazdów
- prędkość dopuszczalna

Oszacowanie prędkości swobodnej V_{sw} na podstawie:

- klasy drogi
- obszaru aglomeracji
- gęstości wjazdów i wyjazdów
- prędkości dopuszczalnej

Pomiar prędkości swobodnej V_{sw}

Wybór krzywej natężenie-prędkość
Wyznaczenie przepustowości

Wyznaczenie prędkości

Obliczenie gęstości

Wyznaczenie Poziomu Ruchu PSR

Prędkość w ruchu swobodnym można oszacować z następujących wzorów, których postać zależy od klasy drogi. Dla autostrad (drogi klasy A):

$$V_{sw} = 82,2 - 10,7g_{wz} + 7,7\delta_z + 0,334 V_d \quad [\text{km/h}] \quad (5.1)$$

Dla dróg ekspresowych (drogi klasy S):

$$V_{sw} = 83,5 - 10,7g_{wz} + 7,7\delta_z + 0,334 V_d \quad [\text{km/h}] \quad (5.2)$$

Dla dróg dwujezdniowych klasy GP i G:

$$V_{sw} = 80,5 - 10,7g_{wz} + 7,7\delta_z + 0,334 V_d \quad [\text{km/h}] \quad (5.3)$$

gdzie:

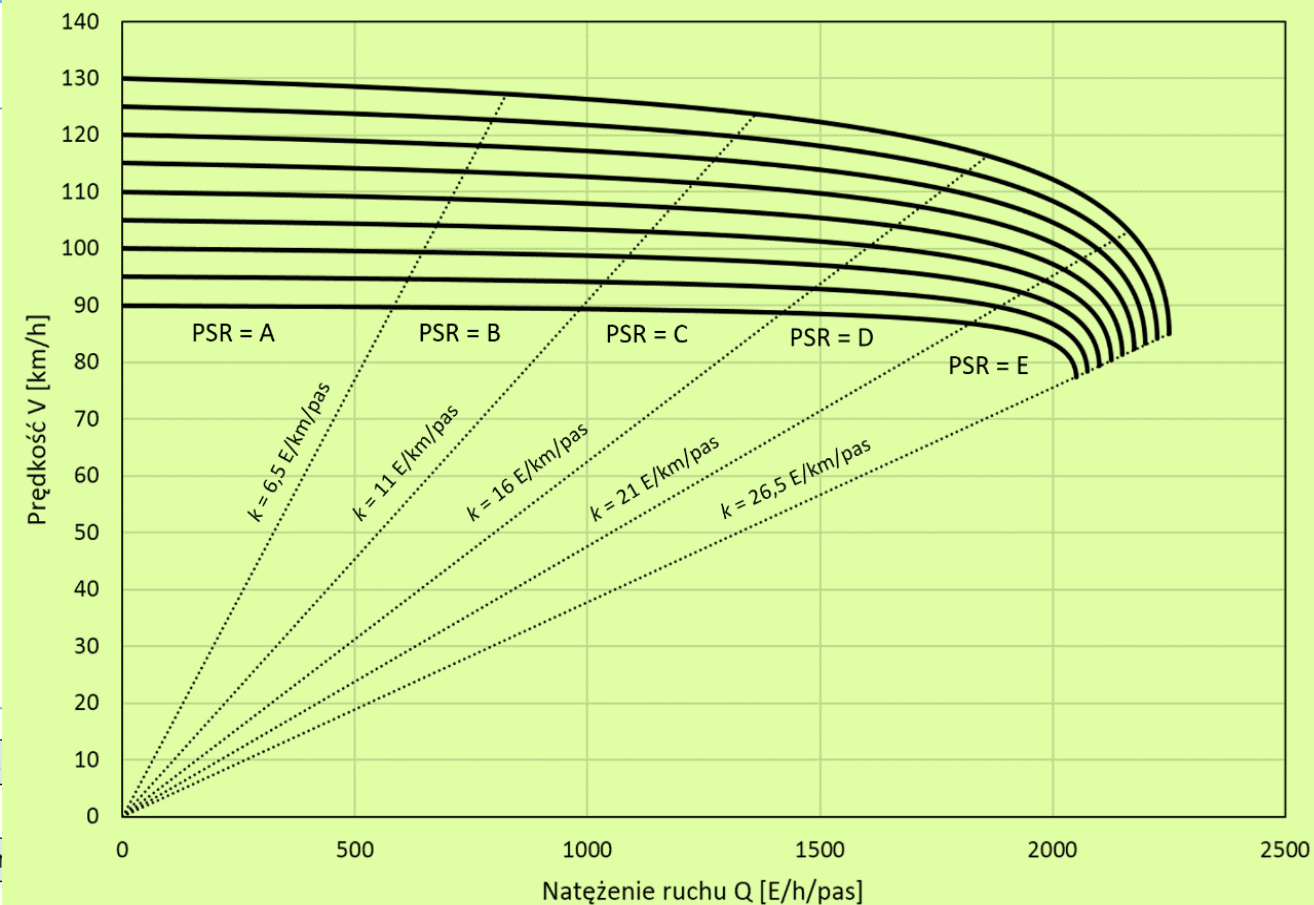
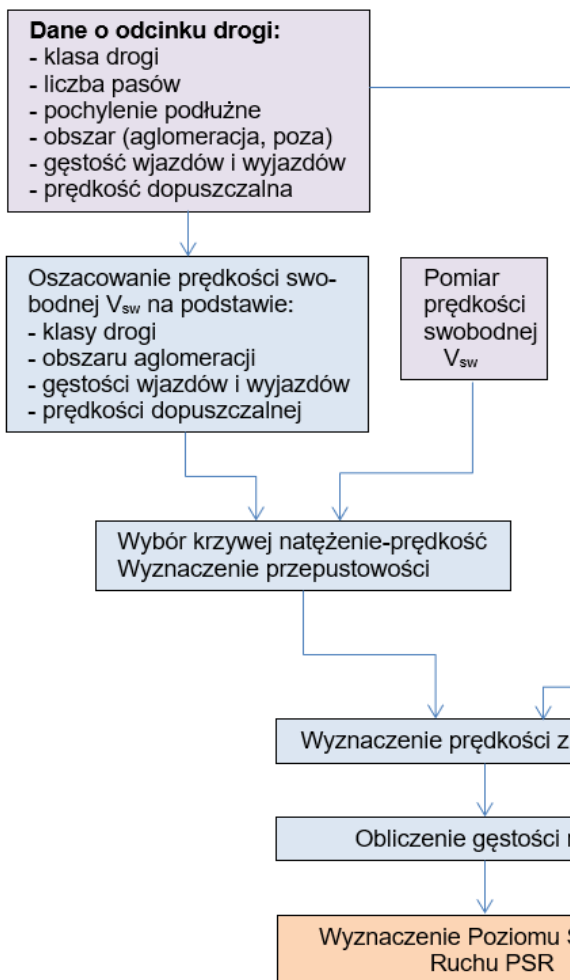
g_{wz} – gęstość wjazdów i wyjazdów [1/km],

δ_z – wskaźnik obszaru ($\delta_z = 0$ dla obszaru aglomeracji, $\delta_z = 1$ poza aglomeracją),

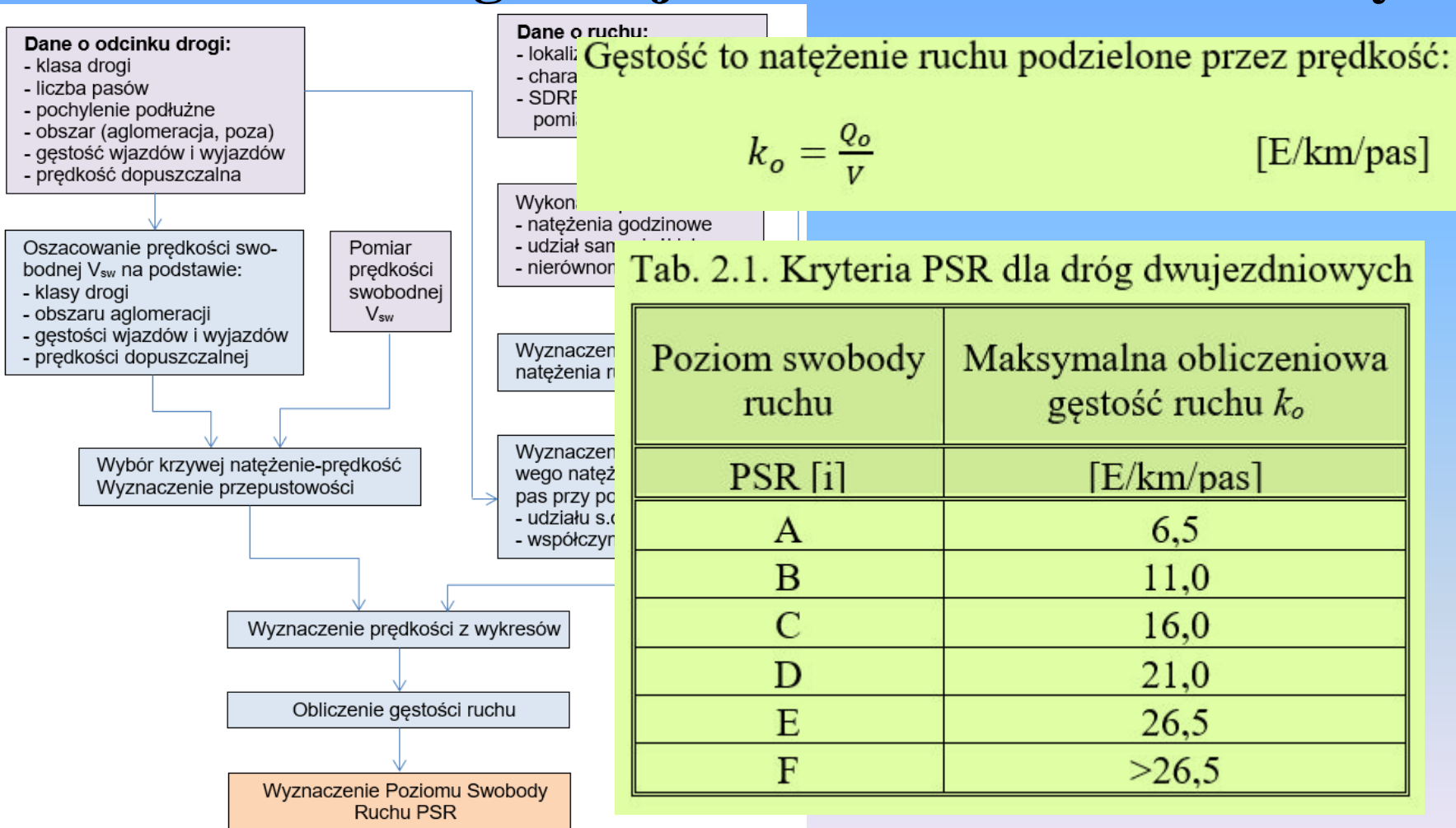
V_d – prędkość dopuszczalna [km/h].

W powyższych wzorach jako prędkość dopuszczalną V_d należy wstawić faktyczną prędkość dozwoloną na danym odcinku. Jeśli nie ma lokalnego ograniczenia prędkości, wstawiamy wartości ogólne: 140 km/h dla autostrad, 120 km/h dla dróg ekspresowych oraz 100 km/h dla dróg klasy GP i G.

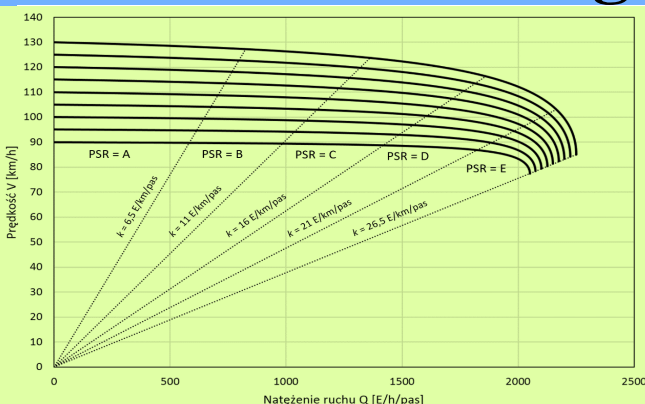
Tom II. Drogi dwujezdniowe. Schemat analizy



Tom II. Drogi dwujezdniowe. Schemat analizy



Tom II. Drogi dwujezdniowe. Schemat analizy

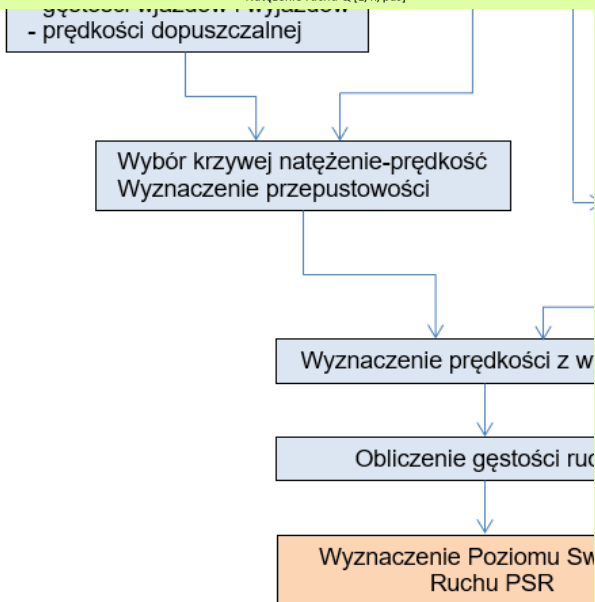


Plany o ruchu:
lokalizacja drogi (strefa)
charakter ruchu
SDRR według:
pomiaru prognozy

Wykonanie pomiaru ruchu

Tab. 5.4. Wartości przepustowości bazowej dla autostrad, dróg ekspresowych oraz dróg GP i G

Prędkość w ruchu swobodnym V_{sw}	Autostrady		Drogi ekspresowe		Drogi GP i G	
	Przepustowość C_o	Prędkość optymalna V_{op}	Przepustowość C_o	Prędkość optymalna V_{op}	Przepustowość C_o	Prędkość optymalna V_{op}
km/h	E/h/pas	km/h	E/h/pas	km/h	E/h/pas	km/h
130	2250	85	-	-	-	-
125	2225	84	-	-	-	-
120	2200	83	2150	80	-	-
115	2175	82	2125	79	-	-
110	2150	81	2100	78	2000	70
105	2125	80	2075	77	1975	69
100	2100	79	2050	76	1950	68
95	2075	78	2025	75	1925	67
90	2050	77	2000	74	1900	66
85	-	-	-	-	1875	65
80	-	-	-	-	1850	64



Inne rezultaty Projektu RID-I-50

- Rozpoznanie przyczyn powstawania lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP) oraz opracowanie sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu i łagodzenia skutków
- Instrukcja budowy i kalibracji mikrosymulacyjnych modeli ruchu
- Projektowanie sygnalizacji świetlnej na zwężeniu drogi jednojezdniowej

Metody oceny warunków ruchu i wyznaczania przepustowości odcinków drogowych i zwężeń drogowych, metoda wyznaczania natężeń miarodajnych, instrukcje dotyczące LOP i sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu oraz instrukcje budowy i kalibracji modeli ruchu należy cyklicznie aktualizować wzorem metody amerykańskiej.

Inne rezultaty Projektu RID-I-50

- Rozpoznanie przyczyn powstawania lokalnych ograniczeń przepustowości (LOP) oraz opracowanie sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu i łagodzenia skutków
- Instrukcja budowy i kalibracji mikrosymulacyjnych modeli ruchu
- Projektowanie sygnalizacji świetlnej na zwichnięciu drogi jednojezdniowej

Dziękuję za uwagę

Metody oceny warunków ruchu i wyznaczania przepustowości odcinków drogowych i zwężeń drogowych, metoda wyznaczania natężeń miarodajnych, instrukcje dotyczące LOP i sposobów przeciwdziałania ich powstawaniu oraz instrukcje budowy i kalibracji modeli ruchu należy cyklicznie aktualizować wzorem metody amerykańskiej.