

Wytyczne projektowania zmiennej organizacji ruchu (w zakresie ITS)

00-0000.00.00

Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu

WR-Z-43

WR-Z-43

Wytyczne projektowania zmiennej organizacji ruchu (w zakresie ITS)

Wersja: 00

Obowiązuje od: 0000.00.00

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 00 00000000 0000 r. (000-0.0000.0.0000)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów w sprawie znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego w rozumieniu ustawy – Prawo o ruchu drogowym,
- 2) zgodnie z ustawą – Prawo o ruchu drogowym i ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących projekty organizacji ruchu oraz organów zarządzających ruchem ze stosowania przepisów ustawy – Prawo o ruchu drogowym i aktów wykonawczych wydanych na jej podstawie.

Opracował Zespół w składzie:

Jacek Oskarbski, Konrad Biszko, Damian Iwanowicz, Aleksander Konior, Marcin Miodek,
Karol Żarski, Marek Żmijan

Koordynator zamówienia: Katarzyna Kwiecień

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © Marek Żmijan

Opracowanie sfinansowano ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu Pomoc Techniczna dla Funduszy Europejskich 2021-2027



Pomoc Techniczna
dla Funduszy Europejskich



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

- 2.1. Akty prawne
- 2.2. Normy
- 2.3. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

- 3.1. Definicje
- 3.2. Skróty
- 3.3. Symbole

4. Wytyczne opracowania projektu zmiennej organizacji ruchu

- 4.1. Podstawowe elementy i skład PZOR
 - 4.1.1. Algorytmy zarządzania ruchem
 - 4.1.2. Tabele sterowania
 - 4.1.3. Scenariusze zarządzania ruchem
 - 4.1.4. Procedury zarządzania ruchem
- 4.2. Wymagania do modelu ruchu na potrzeby projektu zmiennej organizacji ruchu
- 4.3. Zasady określania obszaru oddziaływania projektu zmiennej organizacji ruchu

5. Szczegółowe warunki sytuowania znaków o zmiennej treści i znaków aktywnych na sieci autostrad i dróg ekspresowych oraz na drogach współpracujących

- 5.1. Rozdział wyjaśniający i objaśniający zakres rozwiązań
- 5.2. Dynamiczne sterowanie ruchem pojazdów na jezdni
 - 5.2.1. Zarządzanie ruchem na odcinkach
 - 5.2.2. Dopuszczenie ruchu na pasie awaryjnym
 - 5.2.3. Ostrzeganie przed zatorami
 - 5.2.4. Harmonizacja strumienia ruchu
- 5.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem w tunelach poza obszarem zabudowanym
- 5.4. Dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów
- 5.5. Dynamiczne zarządzanie dostępnością pasów ruchu na jezdni
- 5.6. Dynamiczne zarządzanie ruchem na węzłach
 - 5.6.1. Sterowanie ruchem na pasach w obrębie węzła
 - 5.6.2. Dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną
 - 5.6.3. Stosowanie sygnalizacji świetlnej w obszarze węzła
- 5.7. Dynamiczne przekierowanie ruchu pojazdów na trasy alternatywne
 - 5.7.1. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem TKZT oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych
 - 5.7.2. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem TZT-DP lub TZT-P, znaków F-107a oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych

5.7.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z TZT-DP, TKZT, znaków F-107a oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych

5.7.4. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów poprzez przekazywanie informacji w formie wiadomości tekstowych na TZT-P

5.8. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach drogowych i ruchowych

5.8.1. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach drogowych

5.8.2. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach ruchowych

5.8.3. Systemy lokalne (wyspowe)

6. Rekomendacje w zakresie warunków sytuowania znaków o zmiennej treści i znaków aktywnych na sieci dróg zamiejskich poza autostradami i drogami ekspresowymi

7. Szczegółowe warunki sytuowania znaków o zmiennej treści na sieci ulic

7.1. Dynamiczne zarządzanie prędkością w miastach

7.2. Dynamiczne zarządzanie ruchem miejskim w tunelach

7.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem miejskim w zakresie dostępności pasów ruchu

7.4. Dynamiczne zarządzanie ruchem w sieci ulic z wykorzystaniem tras alternatywnych wobec autostrad i dróg ekspresowych

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Zapewnienie jednolitych zasad projektowania i wdrażania znaków o zmiennej treści (ZZT) ma kluczowe znaczenie dla budowy spójnego, przewidywalnego i bezpiecznego systemu zarządzania ruchem. W warunkach rosnącej złożoności sieci drogowej, większej dynamiki ruchu i coraz większych oczekiwań użytkowników, konieczne staje się takie kształtowanie systemów ITS, które w sposób konsekwentny przekazują kierującym jasne i jednoznaczne informacje.

(2) ZZT pełnią dziś rolę elementów aktywnie wspierających procesy decyzyjne w zarządzaniu ruchem. Nie są już wyłącznie urządzeniami prezentującymi treść, lecz działają w powiązaniu z detekcją ruchu, systemami monitoringu, analizą danych i modelami sterowania. Ich funkcjonowanie wymaga więc uporządkowanych zasad dotyczących sposobu aktywacji komunikatów, konfiguracji treści oraz powiązań z logiką sterowania ruchem.

(3) Istotną niniejszych Wytycznych, jest potrzeba oparcia działań projektowych na wiarygodnych analizach i danych. Modele ruchu, progi decyzyjne oraz scenariusze zarządzania oparte na lokalnych warunkach pozwalają podejmować decyzje w sposób przejrzysty, powtarzalny i odpowiedzialny — co ma szczególne znaczenie dla funkcjonowania dróg o wysokim udziale ruchu tranzytowego i zmiennych warunkach eksploatacyjnych.

(4) Duże znaczenie ma także integralność systemowa między ZZT, a innymi elementami infrastruktury. Skuteczność dynamicznego zarządzania ruchem zależy od spójności komunikatów oraz właściwych relacji pomiędzy znakami o zmiennej treści, sygnalizacją świetlną, urządzeniami detekcji i systemami monitoringu. Hierarchia sygnałów, przewidywalność działania i jednoznaczność przekazu są fundamentem zaufania kierowców do systemu.

(5) Współczesne zastosowania ZZT obejmują szeroki zakres funkcji: regulację prędkości, sterowanie dostępnością pasów, przekierowanie ruchu na trasy alternatywne, ostrzeganie o zagrożeniach pogodowych oraz informowanie o zdarzeniach drogowych. Te różnorodne zastosowania wymagają jasnych zasad projektowania, umożliwiających dopasowanie rozwiązań do rodzaju drogi, jej znaczenia w sieci oraz warunków eksploatacyjnych.

(6) Przyczynkiem do powstania niniejszych Wytycznych jest również jakość projektowania i wdrażania ZZT. Właściwa lokalizacja, odpowiednia widoczność, czytelność komunikatów i przewidywalna logika działania stanowią podstawę bezpiecznego prowadzenia ruchu. ZZT funkcjonujące w sposób wiarygodny przyczyniają się do zmniejszenia liczby zdarzeń drogowych, poprawy płynności ruchu oraz zwiększenia świadomości kierujących.

(7) Nieodłącznym elementem dobrze działającego Systemu Zarządzania Ruchem (SZR) jest utrzymanie urządzeń w cyklu życia infrastruktury. Regularna weryfikacja poprawności technicznej, aktualizacja scenariuszy zarządzania ruchem oraz wykorzystanie danych eksploatacyjnych do ciągłego doskonalenia systemu mają kluczowe znaczenie dla zachowania trwałej skuteczności ZZT. Zachowanie wysokiej jakości działania urządzeń wpływa bezpośrednio na wiarygodność całego systemu informacji drogowej.

(8) Wytyczne powstały w oparciu o obowiązujące regulacje prawne oraz doświadczenia płynące z międzynarodowych standardów stosowania dynamicznych znaków drogowych. Zapewnienie zgodności z obowiązującymi zasadami i praktykami stosowanymi w innych krajach pozwala rozwijać krajowy system ITS w oparciu o rozwiązania sprawdzone, skalowalne i zgodne z europejskimi kierunkami rozwoju.

(9) ZZT stanowią element większej architektury organizacji ruchu. Ich skuteczność zależy od właściwego powiązania z innymi rozwiązaniami ITS oraz od myślenia systemowego obejmującego planowanie, projektowanie, wdrażanie i eksploatację infrastruktury drogowej. Harmonijne współdziałanie różnych urządzeń, standardów i procedur stanowi klucz do efektywnego zarządzania ruchem w zmiennych warunkach.

(10) Ważnym aspektem, który uzasadnia opracowanie niniejszych Wytycznych, jest zapotrzebowanie na narzędzia wspierające organy zarządzające ruchem w ich codziennych decyzjach dotyczących zarówno stałej, jak i tymczasowej organizacji ruchu. Jasne zasady stosowania ZZT sprzyjają przewidywalności działań zarządcy oraz ułatwiają kierującym interpretację komunikatów.

(11) Niniejsze Wytyczne nie zastępują obowiązujących przepisów prawa, lecz stanowią ich rozszerzenie w obszarach, które wymagają większej precyzji technicznej i operacyjnej. Ich rolą jest doprecyzowanie zagadnień, które w przepisach ogólnych nie mogły zostać opisane szczegółowo, a które mają kluczowe znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania dynamicznego sterowania ruchem.

(12) Dokument jest częścią szerszego zestawu wytycznych WR-Z, które wspólnie tworzą spójną strukturę wspierającą rozwój Inteligentnych Systemów Transportowych w Polsce. Umożliwia to harmonijne wdrażanie rozwiązań na różnych rodzajach dróg i w różnych warunkach lokalnych.

(13) W niniejszym opracowaniu rozwinięto zagadnienia przedstawione w dokumentach WR-Z-41 i WR-Z-42, obejmując szczegółowe warunki sytuowania znaków o zmiennej treści oraz zasady ich integracji z innymi elementami systemów zarządzania ruchem. ZZT wpisują się tym samym w szeroki kontekst funkcjonalny nowoczesnych rozwiązań ITS, wspierając zarówno działania prewencyjne, jak i operacyjne. Zakres niniejszych wytycznych jest komplementarny wobec innych dokumentów serii WR-Z dotyczących Inteligentnych Systemów Transportu, w szczególności:

- a) WR-Z-41 "Wytyczne stosowania znaków o zmiennej treści stanowiące zbiór wytycznych dotyczących projektowania, sytuowania, stosowania i utrzymania znaków o zmiennej treści (ZZT), stanowiących element systemów zarządzania ruchem (SZR) oraz Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) na drogach publicznych w Polsce
- b) WR-Z-42 „Wytyczne stosowania systemów zarządzania ruchem” określa m.in. warunki stosowania wybranych znaków aktywnych, uzupełniających działania realizowane za pomocą znaków o zmiennej treści.

(14) Z uwagi na to, że rozmieszczenia informacji na znakach, jest powiązane z ich sytuowaniem w pasie drogowym, w rozdziale 5.5. rozwinięto kwestie poruszone w WR-Z-41 dotyczące charakterystyki lub warunków sytuowania znaków o zmiennej treści w pasie drogowym.

(15) W odniesieniu do wybranych znaków aktywnych przedstawionych w niniejszym WR-Z-43, warunki ich sytuowania przedstawiono w WR-Z-42 w rozdziale 5.2. Aktywny system ostrzegania o nadmiernej prędkości i przejściach dla pieszych.

(16) Niniejszy WR-Z-43 rozwija obszary opisane w WR-Z-41 i WR-Z-42 o szczegółowe warunki sytuowania ZZT oraz innych elementów SZR na autostradach, drogach ekspresowych oraz w sieci ulic miejskich wraz z charakterystyką kluczowych systemów.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Akty prawne

- [1] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1251, z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (t.j. Dz. U. z 2025 r. poz. 889.).
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 września 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem (Dz.U. z 2017 r. poz. 784 t. j.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz. U. 2022 poz. 1518, z późn. zm.).
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2023 r. w sprawie pilotowania pojazdów nienormatywnych (Dz.U. 2023 poz. 2480).
- [6] Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury, Spraw Wewnętrznych oraz Obrony Narodowej w sprawie znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego, stosowanych na drogach publicznych (...)

2.2. Normy

- [7] PN-EN 12966-1:2005 + A1:2009 – Pionowe znaki drogowe – Znaki zmiennej treści. Część 1: Norma wyrobu
- [8] PN-EN 12966-2 – Znaki zmiennej treści. Część 2: Wstępne badanie typu
- [9] PN-EN 12966-3 – Znaki zmiennej treści. Część 3: Zakładowa kontrola produkcji
- [10] PN-EN 12368:2015-07 – Urządzenia do sterowania ruchem drogowym – Sygnalizatory
- [11] PN-EN 50556 – Systemy sygnalizacji ruchu drogowego
- [12] PN-EN 12675:2017-10 – Kontrolery sygnalizatorów – Funkcjonalne wymagania bezpieczeństwa
- [13] PN-EN 50293:2013-05 – Systemy sygnalizacji ruchu drogowego – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
- [14] PN-EN 55022 – Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń – (opcjonalnie)
- [15] PN-EN 60068 – Badania środowiskowe (odporność na warunki atmosferyczne)
- [16] PN-EN 60529 – Stopnie ochrony obudów (IP) – (opcjonalnie)
- [17] PN-EN 62262 – Odporność na uderzenia mechaniczne (kod IK) – (opcjonalnie)

2.3. Pozostałe opracowania

- [18] Zarządzenie nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23 listopada 2015 r. w sprawie dokumentacji wymaganej do realizacji inwestycji oraz analiz i prognoz ruchu.
- [19] Załącznik do Zarządzenia nr 58: Szczegółowe dodatkowe zalecenia do analiz i prognoz ruchu, GDDKiA 2015.
- [20] Zarządzenie nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 26 lipca 2022 r. w sprawie typowych schematów oznakowania robót oraz pomiarów diagnostycznych prowadzonych w pasie drogowym.
- [21] Zarządzenie nr 69 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 9 lipca 2010 r. w sprawie wzorcowej legendy dla dokumentacji projektowej organizacji ruchu

- [22] Krajowy System Zarządzania Ruchem Instrukcja rozmieszczenia klas modułów wdrożeniowych w pasie drogowym, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 8 stycznia 2019 r., Wersja 4.0
- [23] Krajowy System Zarządzania Ruchem Wytyczne do opracowania Projektów Zmiennej Organizacji Ruchu, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa kwiecień 2023 r., Wersja 1.0
- [24] Oznakowanie eksperymentalne – Wytyczne, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa lipiec 2024 r., Wersja 6
- [25] EasyWay / European ITS Platform, Deployment Guidelines for Variable Message Signs (VMS), kolejne wydania 2012–2015.
- [26] Ministerstwo Infrastruktury, WR-D-13 Wytyczne wykonywania analiz i prognoz ruchu drogowego, wyd. 2023.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Algorytm zarządzania ruchem – opis logicznych powiązań między danymi wejściowymi systemu (np. detekcja ruchu, warunki pogodowe, informacje o zdarzeniach) a stanami urządzeń wykonawczych (ZZT, sygnalizacje świetlne, inne urządzenia ITS), stanowiący część projektu zmiennej organizacji ruchu (PZOR) i służący doborowi scenariuszy zarządzania ruchem.

Centrum Zarządzania Ruchem – jednostka organizacyjna wyposażona w systemy informatyczne i stanowiska operatorskie, odpowiedzialna za bieżące monitorowanie ruchu, podejmowanie decyzji i sterowanie urządzeniami (w tym znakami ZZT) na określonym obszarze sieci drogowej.

DATEX II – rodzina norm CEN EN 16157 określająca modele danych i interfejsy do wymiany informacji o ruchu i podróży.

Histereza (w publikacji treści) – zdefiniowane przedziały i opóźnienia czasowe przełączania treści (np. liczba ↔ status, wskazania parkingu A ↔ B), ograniczające „migotanie” przekazów przy zmianach granicznych.

Komunikat – pojedyncza wiadomość lub spójny zestaw wiadomości (znaki drogowe, wiadomości tekstowe, symbole specjalne, sygnały), nadawany w danym momencie przez jeden znak ZZT.

Miejsce wrażliwe – odcinek drogi o zwiększonym prawdopodobieństwie wystąpienia zagrożenia dla bezpieczeństwa ruchu, a w szczególności:

- a) miejsca, gdzie dochodzi do zwiększonej liczby zdarzeń drogowych;
- b) odcinki o ponadprzeciętnym natężeniu ruchu drogowego, w tym również ze zwiększoną ilością manewrów związanych ze zmianą pasa ruchu, gdzie często dochodzi do powstawania zatorów;
- c) odcinki o ponadprzeciętnym występowaniu niekorzystnych warunków atmosferycznych, takich jak mgła, oblodzenie, śliskość jezdni;
- d) tunel.

Model ruchu – matematyczne odwzorowanie sieci drogowej, potoków ruchu i zachowań uczestników ruchu, wykorzystywane do analizy i prognozowania warunków ruchu w różnych scenariuszach organizacji ruchu oraz do wspierania opracowania i wdrażania PZOR.

Norma wyrobu – norma przedmiotowa określająca wymagania dla znaków o zmiennej treści (w szczególności PN-EN 12966), w zawsze aktualnie obowiązującym wydaniu.

Obszar sterowania ruchem – obszar obejmujący powierzchnię krzyżowania się lub włączenia strumieni ruchu objętych kierowaniem ruchem za pomocą drogowej sygnalizacji świetlnej, w rozumieniu WR-Z-31 („obszar sterowania”).

Osłona przednia – element obudowy znaku ZZT chroniący powierzchnię obrazową przed wpływem czynników zewnętrznych (woda, pył, zanieczyszczenia).

Pole równoważne – obszar pozornie oświetlany przez elementy matrycy emitujące światło, obszar powierzchni obrazowej, który dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu elementów emitujących światło jest postrzegany jako ciągła linia lub powierzchnia tworząca symbol lub tekst.

Powierzchnia obrazowa – widoczna część znaków ZZT zawierająca elementy, które mogą być włączane w celu emitowania (nadawania) przekazów informacyjnych.

Procedura zarządzania ruchem – uporządkowany opis działań operatorów i systemu w reakcji na określone zdarzenia lub warunki ruchu, obejmujący wybór scenariuszy działania, kolejność czynności oraz zasady uruchamiania i odwoływania komunikatów.

Projekt systemowy – dokument opisujący architekturę i logikę systemu zarządzania ruchem, w szczególności konfigurację znaków ZZT, połączenia z urządzeniami i systemami ITS oraz powiązania z PZOR, stanowiący podstawę do implementacji informatycznej SZR.

Projekt zmiennej organizacji ruchu – projekt organizacji ruchu, w którym przewidziano dynamiczne sterowanie ruchem z wykorzystaniem znaków o zmiennej treści i innych urządzeń ITS, obejmujący w szczególności algorytmy sterowania, scenariusze i tabele sterowania oraz lokalizację i sposób wykorzystania znaków ZZT (szczegółowy zakres projektu określono w rozdziale 4).

Przekaz informacyjny – wiadomość tekstowa lub komunikat oparty na obrazach (znaki drogowe, symbole specjalne, sygnały świetlne), której przypisano jednoznaczne znaczenie dla uczestników ruchu.

Sekwencja (faza) – uporządkowany w czasie ciąg stanów znaku lub grupy znaków ZZT (np. kolejnych ekranów lub faz wyświetlania) przypisany do danego scenariusza lub komunikatu.

Scenariusz zarządzania ruchem – opis wariantu działania systemu dla zdefiniowanego zdarzenia lub warunków ruchu, określający w czasie stany znaków ZZT i sygnalizacji świetlnej, zgodnie z daną procedurą sterowania ruchem.

Symbol specjalny – symbol graficzny uzupełniający lub zastępujący wiadomość tekstową.

Symbol wtórny – informacja tekstowa wyświetlana na tabliczce pod ZZT.

Sygnał – sygnał określający sposób korzystania z pasa ruchu dla jezdni wielopasmowych lub pasów o zmiennym kierunku ruchu, nadawane są przez sygnalizatory S-4 i S-7.

System Zarządzania Ruchem – zintegrowany zespół urządzeń, systemów informatycznych i procedur służących do monitorowania warunków ruchu oraz sterowania ruchem (w szczególności za pomocą znaków ZZT, sygnalizacji świetlnej i systemów informacji dla podróżnych) w celu poprawy bezpieczeństwa, płynności i efektywności transportu.

Tabele sterowania – część PZOR zawierająca:

- a) opis warunków logicznych dokonywanych zmian w organizacji ruchu (wdrażania procedur zarządzania ruchem) w odpowiedzi na występowanie określonych zdarzeń drogowych np. w oparciu o analizę warunków pogodowych lub warunków ruchu,
- b) wykaz urządzeń oraz opis danych determinujących warunki wdrożenia i/lub wycofania z realizacji danej procedury zarządzania ruchem,
- c) wykaz urządzeń zaangażowanych w realizację danej procedury zarządzania ruchem,
- d) wykaz układów komunikatów dla poszczególnych ZZT zaangażowanych w realizację danej procedury zarządzania ruchem,
- e) wykaz komunikatów nadawanych przez poszczególne urządzenia zaangażowane w realizację danej procedury zarządzania ruchem (np. ZZT, nadajniki CB).

Tablica kierunkowa o zmiennej treści – znak o zmiennej treści przeznaczony do dynamicznego prowadzenia do celu lub na trasę alternatywną, zawierający pola tekstowe i/lub piktogramy odwzorowujące tablice kierunkowe.

Trasa alternatywna – ciąg drogowy wyznaczony w PZOR jako zamienny wobec odcinka podstawowego, wykorzystywany w przypadku zdarzeń, zatorów, robót drogowych lub innych ograniczeń.

Treść znaku – zestaw symboli, wiadomości tekstowych i sygnałów tworzących przekaz informacyjny znaku ZZT, widoczny na jego powierzchni obrazowe.

Trwałość użytkowa – deklarowany przez producenta okres, w którym znak ZZT zachowuje co najmniej minimalne wymagane parametry użytkowe, w szczególności parametry optyczne określone w normie wyrobu.

Wiadomość tekstowa – komunikat tekstowy nadawany przez znak ZZT, złożony z wyrazów języka polskiego (lub innej dopuszczonej wersji językowej), zgodnie z wymaganiami rozdziału dotyczącymi liternictwa i treści.

Zmienna organizacja ruchu – organizacja ruchu drogowego, której elementy (znaki, sygnały, ograniczenia) mogą być zmieniane w czasie w zależności od warunków ruchu, zdarzeń lub warunków pogodowych, z wykorzystaniem znaków o zmiennej treści i innych urządzeń ITS.

Ośłona przednia – osłona chroniąca powierzchnię obrazową znaków ZZT przed wodą, pyłami itp.

3.2. Skróty

ASOP – Aktywny system ostrzegania o nadmiernej prędkości (wyświetlacze prędkości rzeczywistej) – system zaliczany do grupy urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd), przeznaczony do informowania kierujących o ich aktualnej lub zalecanej prędkości w celu prewencji i poprawy poziomu bezpieczeństwa. ASOP składa się z czujnika pomiaru prędkości (np. radarowego) i wyświetlacza LED prezentującego zmienne komunikaty tekstowe, cyfrowe lub graficzne. System nie stanowi przyrządu pomiarowego w rozumieniu prawa o miarach – ma charakter informacyjno-ostrzegający.

BRD – bezpieczeństwo ruchu drogowego; w dokumencie stosowane w kontekście urządzeń i działań mających na celu ograniczanie liczby i skutków zdarzeń drogowych

C-ITS – kooperacyjne Inteligentne Systemy Transportowe (ang. Cooperative ITS) oparte na komunikacji infrastruktura–pojazd–infrastruktura / pojazd (I2V/V2I/V2X), służące m.in. do przekazywania komunikatów o ruchu i zagrożeniach bezpośrednio do pojazdów.

CZR – Centrum Zarządzania Ruchem, odpowiednio przygotowana i wyposażona jednostka posiadająca zdolność prawną, techniczną i organizacyjną do zarządzania ruchem na określonym obszarze sieci drogowej.

DATEX II – europejski standard wymiany danych dotyczących ruchu drogowego i zarządzania ruchem, stosowany do przekazywania informacji pomiędzy systemami ITS, CZR i KPD.

EV – pojazd elektryczny (ang. Electric Vehicle), w szczególności w kontekście informacji o dostępnych miejscach parkingowych dla tej kategorii pojazdów.

GPS – (ang. Global Positioning System); w dokumencie jako źródło danych o prędkościach i czasach przejazdu (np. dane z pojazdów flotowych, transportu zbiorowego).

GSM – cyfrowy system telefonii komórkowej wykorzystywany do transmisji danych w systemach ITS (komunikacja z urządzeniami terenowymi, modemami w ZZT itp.).

I2V – komunikacja infrastruktura → pojazd (ang. Infrastructure-to-Vehicle)

IMGW-PIB - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy.

ITS – Inteligentne Systemy Transportowe (ang. Intelligent Transport System) interdyscyplinarny zbiór technologii m.in. informatycznych, telekomunikacyjnych, pomiarowych, sterowania, biocybernetycznych oraz technik zarządzania transportem stosowanych w celu ochrony życia uczestników ruchu, zwiększenia efektywności systemów transportowych oraz ochrony środowiska naturalnego.

KPD – Krajowy Punkt Dostępowy do danych o ruchu drogowym. To centralna platforma uruchomiona przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA), zgodnie z wymogami dyrektywy 2010/40/UE oraz rozporządzenia delegowanego Komisji (UE) 2015/962, dotyczącego udostępniania danych o ruchu drogowym i usługach informacji o ruchu w sposób otwarty i interoperacyjny w całej Unii Europejskiej.

LED – dioda elektroluminescencyjna (ang. light-emitting diode) – dioda zaliczana do półprzewodnikowych przyrządów optoelektronicznych emitujących m.in. promieniowanie w zakresie światła widzialnego.

MOP – Miejsce Obsługi Podróżnych zlokalizowane przy drogach szybkiego ruchu, wyposażone w infrastrukturę parkingową i usługową.

P+R – Park & Ride – parking przesiadkowy, z którego użytkownicy kontynuują podróż transportem zbiorowym.

PP – odstęp między diodami (ang. Pixel Pitch) – parametr techniczny wskazujący na rozstaw pomiędzy punktami świetlnymi.

PZOR – Projekt zmiennej organizacji ruchu, dokumentacja określająca parametry techniczne, algorytmy, scenariusze i procedury sterowania ruchem oraz zestaw urządzeń ITS (w tym ZZT) wykorzystywanych do wdrażania zmiennej organizacji ruchu na danym obszarze.

SAT (Site Acceptance Test) – testy odbioru instalacji w terenie, potwierdzające prawidłowe działanie urządzeń ITS w miejscu montażu i ich komunikację z systemem centralnym.

SIT (System Integration Test) – testy integracyjne całego systemu ITS, sprawdzające współpracę urządzeń, oprogramowania i logiki sterowania zgodnie z PZOR.

SOR – stała organizacja ruchu.

SRP – pionowe znaki o zmiennej treści przeznaczone do sterowania ruchem na pasie (lub pasach) poprzez wyświetlanie znaków drogowych i sygnałów nad pasem ruchu, w szczególności w systemach ruchu pasowego nadzorowanych z CZR.

SRP-A – typ znaku SRP przeznaczony głównie do nadawania komunikatów ostrzegawczych wraz z ewentualnymi tabliczkami tekstowymi SRP-TA.

SRP-B – typ znaku SRP przeznaczony głównie do nadawania znaków zakazu i nakazu, ewentualnie z tabliczkami SRP-TB.

SRP-RGB – znak SRP wykonany jako pełnokolorowa matryca LED (RGB), umożliwiający wyświetlanie różnych grup znaków (ostrzeżenia, zakazy, informacje) oraz symboli wtórnych.

SRP-TA – tabliczka tekstowa o zmiennej treści mogąca uzupełniać znaki SRP-A, służąca do wyświetlania informacji dodatkowych (odległość, długość odcinka, symbole wtórne).

SRP-TB – tabliczka tekstowa o zmiennej treści współpracująca ze znakami SRP-B, stosowana w uzasadnionych przypadkach określonych w PZOR.

SZR – System Zarządzania Ruchem to rozwiązanie zawierające różne rodzaje urządzeń w tym m.in. urządzenia do sterowania ruchem, rejestracji i transmisji danych, urządzenia do monitorowania, przetwarzania i archiwizacji danych oraz kontroli parametrów funkcjonalnych elementów wchodzących w skład systemu. SZR stosowane są w celu: poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, optymalizacji parametrów ruchu oraz zwiększenia efektywności.

TEN-T – Transeuropejska Sieć Transportowa (ang. Trans-European Transport Network) obejmująca główne korytarze transportowe Unii Europejskiej, w tym odcinki dróg, na których zaleca się stosowanie zaawansowanych systemów ZZT i SZR.

TKZT – tablica kierunkowa o zmiennej treści (dynamiczny drogowaskaz) – znak o zmiennej treści wykorzystywany do prowadzenia ruchu (wskazywania tras, objazdów, pasów ruchu), zwykle w technologii mechanicznej (ZZT-C) lub LED (ZZT-N).

TZT – Tablica o Zmiennej Treści to odmiana ZZT, zawierająca dowolnie programowalne pola przeznaczone do nadawania wiadomości tekstowych, znaków lub sygnałów drogowych.

TZT-T – tablica o zmiennej treści przeznaczona do wyświetlania wyłącznie komunikatów tekstowych.

TZT-P – tablica o zmiennej treści składająca się z pola dowolnie programowalnego (RGB) oraz dodatkowych linii tekstowych, przeznaczona do wyświetlania kombinacji znaków graficznych, symboli i krótkich komunikatów tekstowych.

TZT-DP – tablica o zmiennej treści z pełnoformatową matrycą dowolnie programowalną (RGB), umożliwiającą wyświetlanie dowolnych wzorów znaków drogowych, symboli i komunikatów tekstowych na całej powierzchni.

V2I – komunikacja pojazd → infrastruktura (ang. Vehicle-to-Infrastructure).

V2X – komunikacja pojazd ↔ „wszystko” (pojazdy, infrastruktura, sieć; ang. Vehicle-to-Everything).

UTO – urządzenie transportu osobistego (np. deskorolka elektryczna, monocykl).

ZZT – to pionowy znak drogowy o zmiennej treści, umożliwiający przedstawianie zmiennych komunikatów. Znak o zmiennej treści wykonuje się z wykorzystaniem technologii LED lub graniastopów. ZZT ze względu na technologię wykonania dzielą się na dwa rodzaje: znaki o rysunku ciągłym i nieciągłym. Znaki o rysunku ciągłym posiadają lica wykonane z materiałów

jak dla znaków stałych. Znaki o rysunku nieciągłym wykorzystują elementy emitujące światło (zazwyczaj diody LED) do przedstawienia różnych przekazów informacyjnych na powierzchni obrazowej.

ZZT-C – znaki o zmiennej treści wykonane w technologii ciągłej (mechanicznej), np. z wykorzystaniem graniastopów lub paneli obrotowych, z ograniczoną liczbą predefiniowanych treści.

ZZT-N – znaki o zmiennej treści wykonane w technologii nieciągłej (LED, światłowodowy), w których treść powstaje poprzez sterowanie pojedynczymi punktami świetlnymi (pikselami).

ZZT-M – mobilny znak o zmiennej treści montowany na przyczepie, stosowany głównie przy zabezpieczaniu robót, zdarzeń drogowych i objazdów w ruchu utrzymaniu.

ZZT-P – znak o zmiennej treści montowany na pojeździe (elektroniczny lub mechaniczny), wykorzystywany m.in. przez pojazdy utrzymania, służby ratownicze i piloty transportów nienormatywnych.

3.3. Symbole

(1) W tabeli 3.3.1 zestawiono wykaz symboli użytych w niniejszych wytycznych wraz z odpowiednią jednostką oraz opisem.

Tab. 3.3.1. Wykaz zastosowanych symboli

Symbol	Jednostka	Opis
K_5	szt.	liczba odcinków o długości powyżej 5 km
L_5	km	suma długości wszystkich odcinków dłuższych niż 5 km
l_p	m	długość pojazdu przyjętego jako miarodajny ze struktury pojazdów ciężkich
N_p	szt.	szacunkowa liczba konstrukcji wsporczych (przekrojów P) ze znakami o zmiennej treści
S_e	m	największą długość odcinka pomiędzy pierwszą a ostatnią bramką sygnalizacyjną, mierzoną w osi pasa ruchu [m], którą pojazd zjeżdżający z tego odcinka musi pokonać zanim nastąpi zezwolenie na wjazd z kierunku przeciwnego
S_{mbs}	m	długość odcinka między bramkami sygnalizacyjnymi, na których następuje zmiana sygnału z SS-4a na SS-7mig
t_b	-	wartość mnożnika, zapewniającego zwiększenie czasu ewakuacji ostatniego pojazdu wjeżdżającego na odcinek o zmiennym kierunku ruchu.
t_{mf}	s	czas przejścia międzyfazowego
TMZ_{S4}	s	czas międzyzielony dla par strumieni kolizyjnych w organizacji ruchu na pasach o zmiennym kierunku ruchu
V_{dop}	m/s	prędkość dopuszczalna (wynikająca z organizacji ruchu)
V_{85}	km/h	85-percentyl z rozkładu prędkości w ruchu swobodnym (tj. prędkość nieprzekraczana przez 85% pojazdów w ruchu swobodnym), mierzona przed początkiem oddziaływania strefy
v	km/h	Prędkość pojazdu pomierzona przez urządzenie
W	szt.	liczba wjazdów z łącznic, parkingów itp.

Dokument chroniony prawami autorskimi

4. Wytyczne opracowania projektu zmiennej organizacji ruchu

4.1. Podstawowe elementy i skład PZOR

(1) Projekt zmiennej organizacji ruchu (PZOR) jest dokumentem wymagany przepisami ustawy [1] oraz rozporządzenia [5].

(2) Zgodnie z rozporządzeniem projekt organizacji ruchu (stałej, czasowej lub zmiennej) powinien zawierać m.in.: część opisową, część graficzną, plan orientacyjny, plan sytuacyjny, program sygnalizacji (jeżeli dotyczy), a także opinie wymaganych organów i instytucji.

(3) W przypadku zmiennej organizacji ruchu (ZOR) skład projektu rozszerza się o dodatkowe elementy, w tym algorytmy zarządzania ruchem, scenariusze zarządzania ruchem oraz opis integracji z systemami ITS i modelami ruchu. Szczegółowy zakres projektu przedstawiono w tabeli 4.1.1.

Tab. 4.1.1. Skład projektu zmiennej organizacji ruchu

Element	Zakres treści
Przedmiot i cel opracowania	Określenie obszaru i zakresu oddziaływania systemu zarządzania ruchem oraz głównych celów (np. poprawa bezpieczeństwa ruchu, płynności i efektywności ruchu, minimalizacja wpływu na środowisko).
Podstawy prawne i formalne	Wskazanie podstawowych aktów prawnych (PoRD, rozporządzenia, zarządzeń GDDKiA, zarządzeń lokalnych), decyzji administracyjnych i uzgodnień, które stanowią podstawę opracowania projektu.
Plan orientacyjny	Szkic w skali od 1:10 000 do 1:25 000, wskazujący lokalizację drogi, skrzyżowań, węzłów i obiektów istotnych dla ruchu.
Plan sytuacyjny	Plan w skali 1:500–1:2000 przedstawiający oznakowanie, sygnalizację, urządzenia bezpieczeństwa ruchu, znaki o zmiennej treści oraz elementy zarządzania ruchem.
Opis stanu istniejącego	Charakterystyka i inwentaryzacja istniejącej organizacji ruchu, oznakowania, sygnalizacji, pomiary i analizy ruchu, wypadkowość, analiza warunków bezpieczeństwa.
Identyfikacja problemów i potrzeb	Wskazanie problemów: wąskich gardeł, nadmiernych strat czasu, lokalizacji zdarzeń drogowych, miejsc kolizyjnych; uwzględnienie potrzeb wszystkich użytkowników (kierowcy, piesi, rowerzyści, transport zbiorowy).
Analiza funkcjonalna i wymogi	Określenie wymagań funkcjonalnych systemu: typy komunikatów, hierarchia komunikatów, zasięg oddziaływania, wymogi integracji z ITS.
Opis techniczny	Szczegółowy opis przyjętych rozwiązań: konstrukcje wsporcze, urządzenia ZZT, sygnalizacja, systemy monitorowania, opis źródeł zasilania i łączności, procedury utrzymania.
Algorytmy zarządzania ruchem	Opis algorytmów uruchamiania znaków o zmiennej treści: warunki inicjujące, warunki brzegowe uruchomienia scenariusza zarządzania ruchem, priorytetyzacja scenariuszy i komunikatów, logika działania systemu, tabele sterowania.
Scenariusze zarządzania ruchem	Zdefiniowanie scenariuszy reakcji systemu na typowe zdarzenia: zdarzenia drogowe, zatory, ograniczona widoczność, warunki pogodowe; określenie warunków inicjujących i reakcji systemu.
Programy sygnalizacji i objazdy	Projekty alternatywnych programów sygnalizacji świetlnej na objazdach, propozycje tras objazdów, ich oznakowanie oraz wymagane opinie zarządców dróg i Policji.
Obszar oddziaływania PZOR	Określenie granic oddziaływania projektu z uwzględnieniem dróg alternatywnych, wpływu na transport zbiorowy, ruch pieszzy i rowerowy, współpracy z sąsiednimi obszarami.
Model ruchu (zalecane)	Wyniki analiz i prognoz ruchu z wykorzystaniem modeli ruchu (mikro, mezo, makro), opis danych wejściowych, kalibracja modelu, integracja z systemem zarządzania ruchem.
Zasady zarządzania z uwzględnieniem sterowania	Określenie hierarchii komunikatów, procedur awaryjnych, współpracy z CZR, integracji z modelami ruchu i innymi systemami ITS.
Załączniki i opinie	Wymagane opinie Policji, zarządców dróg, organów nadzoru; dodatkowe materiały jak rysunki szczegółowe, symulacje komputerowe, wyniki testów pilotażowych.

4.1.1. Algorytmy zarządzania ruchem









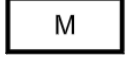
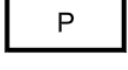
(1) Algorytmy zarządzania ruchem stanowią opis logicznych powiązań między danymi wejściowymi systemu (detektory, czujniki, dane pogodowe, dane o zdarzeniach, dane z modelu ruchu), a stanami wyjściowymi urządzeń wykonawczych (ZZT, sygnalizacje świetlne, komunikaty głosowe, komunikaty V2X).

(2) Projekt PZOR powinien być opracowany w taki sposób, aby umożliwiał etapowe wdrażanie oraz łatwą aktualizację scenariuszy i algorytmów zarządzania ruchem w miarę rozwoju systemów ITS oraz zmiany warunków ruchu.

(3) W PZOR dopuszcza się używać symboli do oznaczenia znaków ZZT przedstawionych w tabeli 4.1.2. Natomiast zaleca się przedstawianie na planie sytuacyjnym miniatur znaków z pokazaniem komunikatów wyświetlanych w danym scenariuszu.

(4) Elementy składowe algorytmów zarządzania ruchem przedstawiono w tabeli 4.1.3.

Tab. 4.1.2. Symbole znaków ZZT o rysunku nieciągłym stosowane na projektach organizacji ruchu.

Nazwa	Symbol
TZT-T	
TZT-P	
TZT-DP	
SRP-A z tabliczką SRP-TA	
SRP-A	
SRP-B z tabliczką SRP-TB	
SRP-B	
SRP-RGB	
Mobilne ZZT (ZZT-M)	
ZZT-P	

Tab. 4.1.3. Zawartość algorytmów sterowania ruchem

Element	Zakres / opis	Uwagi projektowe / powiązania
Opis ogólny algorytmu zarządzania ruchem	Logiczny opis powiązań pomiędzy danymi wejściowymi systemu (detekcja ruchu, czujniki pogodowe, dane z modelu ruchu, dane z CZR) a reakcjami systemu (ZZT, sygnalizacje, komunikaty C-ITS).	Należy uwzględnić zależności czasowe, priorytety komunikatów i bezpieczeństwo logiczne (brak konfliktów).
Dane wejściowe	Dane z czujników ruchu, radarów, kamer, czujników stanu nawierzchni, pogody, informacji o zdarzeniach drogowych i danych predykcyjnych.	Źródła danych określone w opisie integracji ITS; patrz tabela 4.1.4
Warunki inicjujące i brzegowe	Określają progi aktywacji i dezaktywacji algorytmu (np. przekroczenie prędkości, natężenie > progowe, widoczność < określona).	Zaleca się aby wartości graniczne były oparte o analizę danych historycznych i modelu ruchu.
Logika działania	Sekwencja reguł sterowania: <i>jeśli – to – wtedy</i> , łącznie z warunkami nadrzędnymi i wykluczającymi.	Stosować reguły deterministyczne lub logiki rozmytej (jeżeli uzasadnione).
Priorytetyzacja	Ustalanie hierarchii ważności działań: bezpieczeństwo > płynność ruchu > informacja.	Hierarchia priorytetów: bezpieczeństwo ruchu (ostrzeżenia, ograniczenia prędkości) ma pierwszeństwo przed płynnością (zarządzanie kongestią) i informacją (komunikaty ogólne). W przypadku konfliktu system zawsze wybiera działania zapewniające bezpieczeństwo
Tryby pracy systemu	Automatyczny, półautomatyczny (zatwierdzany przez operatora CZR) i ręczny.	Każdy tryb musi posiadać zdefiniowaną odpowiedzialność decyzyjną.
Integracja z ITS i CZR	Opis powiązań logicznych z innymi systemami (prognozy ruchu, detekcja wypadków, C-ITS).	Należy zapewnić spójność formatów danych.
Testowanie i walidacja algorytmów	Procedury weryfikacji poprawności działania logiki sterowania i jej wpływu na bezpieczeństwo i płynność ruchu.	Testy symulacyjne z wykorzystaniem modelu ruchu oraz testy terenowe SAT/SIT.

(5) Priorytetyzacja oznacza ustalanie kolejności i hierarchii działań systemu w sytuacjach, gdy równocześnie mogą występować różne zdarzenia wymagające reakcji (np. zator, wypadek, pogorszenie pogody).

(6) System zmiennej organizacji ruchu powinien przyjąć następującą zasadę hierarchii celów:

- Bezpieczeństwo ruchu – nadrzędny priorytet, obejmujący działania mające na celu zapobieganie wypadkom i ochronę uczestników ruchu. Oznacza to m.in. pierwszeństwo aktywacji komunikatów ostrzegawczych (A-112, A-126, A-127, A-128) oraz ograniczeń prędkości (B-118).
- Płynność i efektywność ruchu – drugi poziom priorytetu, obejmujący działania mające na celu ograniczanie kongestii, zatorów i strat czasu. W tym zakresie stosuje się m.in. dynamiczne ograniczenia prędkości, komunikaty o objazdach, informacje o czasie przejazdu i rekomendacje tras alternatywnych.
- Informacja i komfort użytkownika – trzeci poziom priorytetu, obejmujący przekazywanie komunikatów o charakterze informacyjnym, nieistotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa lub płynności (np. informacje o pogodzie, zajętości parkingów, pracach utrzymaniowych).

(7) W przypadku konfliktu między różnymi scenariuszami zarządzania ruchem, system powinien zawsze realizować w pierwszej kolejności działania zapewniające bezpieczeństwo, nawet jeśli oznacza to ograniczenie płynności ruchu lub skrócenie czasu prezentacji komunikatów informacyjnych.

(8) Hierarchia ta stanowi również podstawę do priorytetyzacji komunikatów ZZT w sytuacjach, gdy w danym miejscu dostępna jest ograniczona liczba urządzeń wyświetlających (np. jedno ZZT obsługujące kilka typów ostrzeżeń).

(9) Źródła danych wykorzystywane w algorytmach zarządzania ruchem określa się w projekcie integracji systemu ITS i powinny one obejmować kategorie przedstawione w tabeli 4.1.4.

Tab. 4.1.4 Źródła danych wykorzystywane w algorytmach zarządzania ruchem

Kategoria danych	Opis / charakterystyka	Typowe źródła i urządzenia pomiarowe	Uwagi projektowe / zastosowanie
Dane o ruchu drogowym	Informacje o natężeniu, prędkości, strukturze rodzajowej i kierunkach ruchu.	Czujniki indukcyjne i magnetyczne, radary Dopplera, lidary, pętla mikrofalowe, wideodetekcja, czujniki Bluetooth/Wi-Fi, dane V2I z pojazdów.	Kluczowe dla aktywacji scenariuszy zarządzania ruchem w warunkach utrudnień w ruchu i detekcji zatorów; dane wykorzystywane do kalibracji modeli ruchu.
Dane o warunkach środowiskowych i pogodowych	Parametry wpływające na bezpieczeństwo: temperatura, widoczność, wiatr, opady, śliskość.	Stacje meteorologiczne drogowe, czujniki temperatury i wilgotności nawierzchni, detektory oblodzenia, dane IMGW-PIB, dane ze stacji pogodowych GDDKiA.	Wykorzystywane do dynamicznego ograniczania prędkości i ostrzegania (np. A-112, A-126).
Dane o stanie infrastruktury i urządzeń	Informacje o pracy i stanie technicznym elementów ITS.	Moduły diagnostyczne ZZT, sterowniki sygnalizacji, liczniki energii, czujniki otwarcia drzwiczek, statusy komunikacji, czujniki położenia ZZT-M/P.	Służą do monitorowania dostępności urządzeń i detekcji awarii; warunek poprawnego działania procedur awaryjnych.
Dane o zdarzeniach i utrudnieniach w ruchu	Zgłoszenia o wypadkach, kolizjach, robotach drogowych, blokadach pasa.	Dane CZR, Policji, GDDKiA, PSP, systemów ratowniczych, komunikaty DATEX II i Krajowego Punktu Dostępowego.	Uruchamiają scenariusze globalne i regionalne (objazdy, zamknięcia, komunikaty na ZZT).
Dane predykcyjne i analityczne	Prognozy ruchu, czasu podróży, poziomu obsługi (PSR) i natężenia.	Modele mikro-, mezo- i makroskopowe ruchu, analizy danych historycznych, systemy predykcji sztuczna inteligencja, dane symulacyjne.	Wykorzystywane do adaptacji progów sterowania i oceny skuteczności scenariuszy zarządzania ruchem.
Dane zewnętrzne i crowdsourcingowe	Informacje dostarczane przez użytkowników i aplikacje komercyjne.	Interfejsy API komercyjnych dostawców aplikacji/systemów nawigacji, dane flotowe, aplikacje miejskie, zgłoszenia społecznościowe.	Wspomagają wczesne wykrywanie zdarzeń i weryfikację informacji o utrudnieniach; wymagają walidacji wiarygodności.

(10) Wszystkie źródła danych muszą być zintegrowane w ramach architektury komunikacyjnej ITS zgodnej z formatem DATEX II, z zapewnieniem:

- synchronizacji czasowej,
- rejestracji danych w bazie operacyjnej CZR,
- zgodności z Krajowym Punktem Dostępu do danych o ruchu (KPD),
- możliwości wizualizacji oraz weryfikacji danych w czasie rzeczywistym.

(11) W tabeli 4.1.5 przedstawiono powiązanie danych wejściowych z wykorzystaniem ich przez urządzenia wykonawcze SZR.

(12) Wymagania funkcjonalne i integracyjne:

- Wszystkie urządzenia wykonawcze muszą umożliwiać sterowanie z poziomu CZR oraz lokalnie (tryb awaryjny).
- System powinien zapewniać synchronizację czasową i przestrzenną między wszystkimi elementami.
- Dane wyjściowe muszą być zapisywane w bazie operacyjnej w strukturze umożliwiającej analizę zdarzeń i ocenę efektywności PZOR.
- Urządzenia wyświetlające komunikaty (ZZT, TKZT, ASOP) muszą spełniać wymagania PN-EN 12966, natomiast sygnalizacje i urządzenia bezpieczeństwa odpowiednich norm PN-EN.

(13) W tabeli 4.1.6 przedstawiono logiczny przebieg informacji w systemie: od detekcji i pozyskania danych, przez analizę algorytmiczną, po reakcję urządzeń wykonawczych i weryfikację skutków.

Tab. 4.1.5. Dane wyjściowe i urządzenia wykonawcze w algorytmach sterowania

Kategoria / urządzenie wykonawcze	Zakres działania i funkcje sterowania	Rodzaj danych wyjściowych / komunikatów	Uwagi projektowe / wymagania integracyjne
Znaki o zmiennej treści (ZZT)	Prezentacja dynamicznych znaków drogowych i komunikatów tekstowo-graficznych.	Treści komunikatów SRP-A, SRP-B, TZT-T/P/DP, TKZT.	Zgodność z PN-EN 12966; sterowanie lokalne i centralne; możliwość synchronizacji z sygnalizacją świetlną i czujnikami pogodowymi.
Tablice kierunkowe TKZT	Dynamiczne kierowanie ruchem na trasach alternatywnych i przy objazdach.	Nazwy miejscowości, numery dróg, symbole kierunkowe, czasy przejazdu.	Integracja z KPD; synchronizacja z CZR i PZOR.
Sygnalizacje świetlne	Zarządzanie ruchem na skrzyżowaniach i w tunelach, zmiana programów w zależności od scenariusza zarządzania ruchem.	Programy sygnalizacji adaptacyjnej lub na czas objazdu	Komunikacja przez dedykowane protokoły; współpraca z algorytmem priorytetów.
Systemy ostrzegawcze i aktywne znaki (ASOP)	Ostrzeganie o przekroczeniu prędkości, wykryciu pojazdu, niebezpiecznych warunkach.	Sygnały błyskowe LED, wyświetlana prędkość, napisy typu „ZWOLNIJ”, „NIEBEZPIECZNY ZAKRĘT”.	W przypadku ASOP - urządzenia niebędące ZZT, lecz ujęte jako element systemu BRD.
Urządzenia zmiany organizacji pasów ruchu	Zmiana kierunku lub dostępności pasa, informacja o zamknięciach pasów ruchu.	Sygnały S-4, S-7, strzałki kierunkowe.	Synchronizacja między znakami nadpasowymi i bocznymi; wymagana automatyczna detekcja błędów wyświetlania.
Urządzenia informacji parkingowej (P+R, MOP)	Informowanie o liczbie wolnych miejsc i kierowanie do parkingów.	Komunikaty tekstowe, strzałki, symbole „WOLNY/PEŁNY”.	Integracja z systemami CZR; zalecana aktualizacja w czasie ≤ 60 s.
Systemy informacji o zdarzeniach	Wyświetlanie informacji o zdarzeniach, objazdach, warunkach ruchu.	Teksty: „WYPADEK ZA 2 km”, „OBJAZD DK91 →”.	Powiązanie z modułami detekcji zdarzeń i raportowaniem w CZR.
Urządzenia mobilne i przenośne (ZZT-M, ZZT-P)	Tymczasowe lub mobilne wyświetlanie komunikatów w trakcie robót lub obsługi zdarzeń.	Komunikaty ostrzegawcze, strzałki opuszczenia pasa, ograniczenia prędkości.	Zasilanie autonomiczne; archiwizacja treści; globalizacja (GPS) urządzenia mobilnego i/lub przenośnego.
Urządzenia dla pieszych i rowerzystów (np. małaformatowe TZT)	Informowanie i ostrzeganie użytkowników niechronionych.	Komunikaty o przejściach, ruchu rowerowym, dostępności dróg.	Stosowane głównie na dogach o prędkości dopuszczalnej ≤ 50 km/h lub w przypadku występowania dróg rowerowych; wymagany niski poziom luminancji.
Interfejsy komunikacji C-ITS (V2X)	Wymiana danych między infrastrukturą, a pojazdami.	Komunikaty bezpieczeństwa, zalecenia.	Zgodność z ETSI EN 302 637.
Systemy raportowania i archiwizacji	Rejestracja stanów urządzeń i działań operatorów.	Zdarzenia systemowe, raporty scenariuszy, dane statystyczne.	Dane w formacie CSV/XML.

Tab. 4.1.6. Dane wyjściowe i urządzenia wykonawcze w algorytmach zarządzania ruchem

Etap procesu sterowania	Opis / funkcja	Dane wejściowe (źródła)	Dane wyjściowe (urządzenia wykonawcze)	Uwagi projektowe / wymagania integracyjne
Pozyskanie danych (detekcja)	Gromadzenie aktualnych informacji o stanie ruchu, warunkach atmosferycznych i infrastrukturze.	Czujniki ruchu (radar, lidar, pętle), stacje meteorologiczne, kamery, dane CZR, zgłoszenia zdarzeń, crowdsourcing.	—	Synchronizacja czasowa; rejestracja w bazie danych operacyjnych.
Walidacja i filtracja danych	Weryfikacja jakości i spójności danych, eliminacja błędów pomiarowych.	Zalecane pozyskanie danych z min. 2 niezależnych źródeł dla każdej kategorii pomiaru.	Dane przetworzone i potwierdzone do dalszego użycia.	Stosować mechanizmy autowalidacji i raportów błędów.
Analiza i klasyfikacja zdarzenia	Określenie typu zdarzenia lub sytuacji wymagającej reakcji systemu.	Dane zwalidowane z etapu walidacji i filtracji danych.	Identyfikacja klasy zdarzenia: zator, wypadek, pogoda, prędkość.	Analiza reguł lub zastosowanie logiki rozmytej.
Aktywacja algorytmu zarządzania ruchem	Dobór odpowiedniego scenariusza zarządzania ruchem z projektu PZOR i uruchomienie logiki sterowania.	Wynik klasyfikacji zdarzenia.	Lista urządzeń doysterowania i przypisane komunikaty.	Priorytety wg hierarchii bezpieczeństwo > płynność > informacja.
Wysterowanie urządzeń	Przekazanie poleceń do znaków, sygnalizacji, systemów ostrzegawczych i komunikacyjnych.	Polecenia sterujące z algorytmu zarządzania ruchem.	ZZT (SRP, TZT, TKZT), sygnalizacje S-4/S-7, ASOP, ZZT-M/P, C-ITS.	Wymagane potwierdzenie poprawnej aktywacji.
Prezentacja komunikatów	Wyświetlenie treści lub sygnałów na urządzeniach w terenie.	—	Komunikaty wizualne i/lub dźwiękowe: znaki, teksty, symbole.	Luminancja i kontrast zgodne z PN-EN 12966; spełnienie warunków czytelności.
Monitorowanie skuteczności	Ocena wpływu komunikatu na zachowanie uczestników ruchu.	Dane z detekcji ruchu po aktywacji.	Raport skuteczności (spadek prędkości, brak zdarzeń).	Analiza porównawcza danych „przed / po”.
Dezaktywacja scenariusza	Automatyczne lub ręczne zakończenie działania po ustąpieniu warunków.	Warunki brzegowe (czas, parametry ruchu).	Wyłączenie komunikatów, powrót do stanu neutralnego.	Wymagane wygaszenie wszystkich komunikatów SRP/TZT w ciągu ≤ 30 s.
Raportowanie i archiwizacja	Zapis całego cyklu sterowania w systemie CZR.	Dane z poszczególnych etapów.	Raport zdarzenia, statystyki efektywności.	Format CSV/XML.

(14) Cały cykl sterowania powinien być odwzorowany w systemie CZR jako „łańcuch przyczynowo-skutkowy” (ang. Cause–Effect Chain), umożliwiający weryfikację skuteczności działania algorytmu.

(15) Wymagane jest zapewnienie ciągłości danych w czasie rzeczywistym oraz możliwości ich analizy retrospektywnej.

(16) W przypadku integracji z systemami C-ITS należy przewidzieć dodatkowy tor danych dla komunikatów przekazywanych do pojazdów.

4.1.2. Tabele sterowania

(1) Tabele sterowania stanowią implementację algorytmów w formie powiązania stanów wejść (zdarzenia, warunki) z reakcjami systemu (treści komunikatów, aktywacja znaków). W tabeli 4.1.7 przedstawiono elementy tabeli sterowania.

(2) Faza I (ostrzeżenie) przedstawiona w tabeli 4.1.8 – stosowana do wcześniejszego poinformowania kierujących o zbliżającym się utrudnieniu lub objazdem; komunikaty mają charakter prewencyjny (np. „ZWOLNIJ”, „ZA 1 KM”).

(3) Faza II (działanie zasadnicze) w tabeli 4.1.9 – komunikaty są decyzyjne (np. „OBJAZD BIAŁYSTOK”, „PAS LEWY ZAMKNIĘTY”).

Tab. 4.1.7. Elementy tabeli sterowania

Element	Opis
Układ tabeli	Każdy wiersz reprezentuje scenariusz sterowania dla określonego odcinka drogi i kierunku ruchu.
Zawartość	Zawiera zestawy: warunek wejścia → urządzenie docelowe → treść komunikatu → czas aktywacji → warunek wygaszenia.
Podział	Część 1 – jezdnia prawa; Część 2 – jezdnia lewa (w przypadku dróg dwujezdniowych); możliwość rozdzielenia na odcinki dróg.
Treści komunikatów	Odniesienia do komunikatów, zawierających zestawy komunikatów dla SRP, TZT i TKZT i przedstawienie sekwencji (faz) komunikatów.
Forma graficzna	Tabele mogą być uzupełnione o wizualizację znaków dla przejrzystości.
Uzgodnienia	Tabele muszą być spójne z harmonogramem scenariuszy zarządzania ruchem i priorytetami procedur zarządzania ruchem.

Tab. 4.1.8. Przykładowa tabela sterowania dla komunikatów sekwencyjnych (dwie fazy- dwie sekwencje) - Faza I (etap ostrzegawczy)

Lokalizacja / Moduł sterujący	System / Konfiguracja sterowania	Urządzenia sterowane	Wyświetlane treści / sygnały
Lokalizacja 1 – Węzeł główny / Moduł sterujący M1	System nad pasami ruchu z tablicami o zmiennej treści (TZT-DP)	TZT - komunikat nad pasem nr 2	Znak ostrzegawczy (graficzny i/lub tekstowy) – np. „Niebezpieczeństwo” / „Roboty na drodze”
		Tablica tekstowo-graficzna (TZT-DP1)	Komunikat (graficzny i/lub tekstowy ostrzegawczy: „OBJAZD”
			Dodatkowa linia: „ZA 1 KM”
		Inne urządzenia ITS (czujniki / sygnalizacja / kamera)	Rejestracja i potwierdzenie zdarzenia, brak ingerencji w ruch

Tab. 4.1.9. Przykładowa tabela sterowania dla komunikatów sekwencyjnych (dwie fazy- dwie sekwencje) - Faza II (etap właściwy / kierujący ruchem)

Lokalizacja / Moduł sterujący	System / Konfiguracja sterowania	Urządzenia sterowane	Wyświetlane treści / sygnały
Lokalizacja 1 – Węzeł główny / Moduł sterujący M1	System nad pasami ruchu z tablicami o zmiennej treści (TZT-DP)	TZT - komunikat nad pasem nr 2	Sygnał zamknięcia pasa (np. czerwony „X”)
		Tablica tekstowo-graficzna (TZT-DP 1)	Komunikat kierujący: „OBJAZD →”
			Dodatkowa linia: „KIERUNEK GDAŃSK” lub nazwa lokalizacji docelowej
		TZT - komunikat nad pasem nr 1	Sygnał dopuszczający ruch (np. zielona strzałka lub sygnał neutralny- np. czarne tło lub symbol białej strzałki)

(4) W razie potrzeby można dodawać kolejne fazy (III – odwołanie, IV – powrót do trybu neutralnego).

(5) W kolumnie „Urządzenia sterowane” zaleca się wskazywać typy (SRP, TZT, kamera, czujnik, sygnalizator).

(6) W kolumnie „Wyświetlane treści / sygnały” dopuszcza się zarówno opis tekstowy, jak i prezentowany komunikat graficzny komunikatu lub znaku.

4.1.3. Scenariusze zarządzania ruchem

(1) Scenariusze zarządzania ruchem są aktywowane w sytuacji przekroczenia określonych progów alarmów (natężenia, zajętości pasa ruchu lub czasu podróży), wskazujących na stan zbliżony do przeciążenia lub wystąpienia zatoru. Celem ich wdrożenia jest ograniczenie skutków kongestii, poprawa płynności ruchu oraz przekierowanie części potoku na trasy alternatywne lub ostrzeżenie kierowców o warunkach ruchu i zmianie organizacji ruchu.

(2) Typowe alarmy (warunki aktywacji):

- Zajętość pasa powyżej ustalonego progu, np. 85–90%.
- Średnia prędkość potoku poniżej progu, np. < 40 km/h dla dróg ekspresowych.
- Czas podróży przekraczający wartość referencyjną (np. +30% względem nominalnego).
- Liczba pojazdów w kolejce przekraczająca określoną długość odcinka.
- Dane z systemów detekcji lub modelu ruchu w czasie rzeczywistym potwierdzają utrzymujące się zjawisko przez określony czas (np. >3 min).

(3) W tabeli 4.1.10 przedstawiono charakterystykę scenariuszy zarządzania ruchem, natomiast w tabeli 4.1.11 przykładowe, typowe scenariusze zarządzania ruchem.

Tab. 4.1.10. Charakterystyka scenariuszy zarządzania ruchem

Rodzaj scenariusza	Charakterystyka / zakres treści	Uwagi projektowe / powiązania
Lokalne (adresowane)	Reakcja na zdarzenia w obrębie pojedynczego modułu – np. wypadek, zator, ograniczona widoczność.	Scenariusz przypisany do modułów przewidzianych w algorytmie zarządzania ruchem i tabeli sterowania.
Regionalne (sektorowe)	Obejmują grupę urządzeń w ciągu drogi (np. cały węzeł lub odcinek międzywęzłowy).	Powiązane z algorytmem koordynacji odcinków dróg/sieci drogowej.
Globalne	Uruchamiane przez CZR dla dużych zdarzeń (objazdy, zamknięcia, warunki pogodowe). W przypadku zastosowania komunikatów wczesnego ostrzegania większy obszar sieci drogowej – do kilkudziesięciu kilometrów).	Powiązane z algorytmem koordynacji sieci drogowej.
Struktura scenariusza	Opis zdarzenia → warunek aktywacji → zestaw komunikatów → urządzenia ZZT → warunki odwołania.	Musi być jednoznaczny i zgodny z priorytetami systemu.
Wizualizacja graficzna	Schematyczny plan z aktywowanymi urządzeniami z prezentacją treści komunikatów.	Zgodnie z tabelami sterowania.
Parametry czasowe	Czas reakcji, minimalny czas aktywacji, opóźnienie wygaszenia.	Czas reakcji systemu ≤ 10 s; minimalny czas prezentacji komunikatu ≥ 30 s; opóźnienie wygaszenia ≥ 10 s. Dla komunikatów dynamicznych stosować histerezę czasową; dla informacyjnych dopuszczalne dłuższe czasy ekspozycji (1–3 min).
Powiązanie z modelami ruchu	Możliwość oceny skutków scenariusza w modelu ruchu (mezo/mikro).	Dane wejściowe: natężenie, czas podróży, PSR.
Raportowanie	Automatyczne zapisywanie aktywacji i czasu trwania scenariusza w systemie CZR.	Automatyczny zapis w systemie CZR: czas uruchomienia i zakończenia scenariusza, treść komunikatów, stan urządzeń, identyfikator operatora. Dane służą do analizy i raportowania pracy systemu.

Tab. 4.1.11. Typowe scenariusze zarządzania ruchem

Typ działania	Przykładowe zastosowanie	Urządzenia / środki
Dynamiczne ograniczenie prędkości	Spowolnienie ruchu przed zatorami, poprawa płynności	SRP-B (B-118), SRP-A z ostrzeżeniem o zatorze, informacje wyświetlane również na TZT
Komunikaty informacyjne o zatorach	Informacja o czasie przejazdu, kierowanie na trasy alternatywne	TZT-T, TZT-P, TZT- DP, TKZT
Wskazanie tras objazdowych	Odciążenie przeciążonych odcinków	TKZT, ZZT-M, objazdy czasowe
Ograniczenie dostępu / wjazdu	Kontrola dopływu ruchu (np. dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną, wjazdy do wyznaczonych obszarów w miastach)	Sygnalizacja świetlna, ZZT
Priorytet dla transportu zbiorowego	Utrzymanie niezawodności transportu zbiorowego w warunkach zatłoczenia	Sygnalizacje adaptacyjne z priorytetem dla pojazdów transportu zbiorowego, dynamiczne wyznaczanie wydzielonych pasów dla autobusów (również w warunkach ruchu zmiennokierunkowego)

(4) Parametry czasowe systemu sterowania powinny zapewniać odpowiednią dynamikę reakcji na zmieniające się warunki ruchu i bezpieczeństwa. Czas reakcji układu (od chwili wystąpienia zdarzenia lub przekroczenia progu detekcji do uruchomienia komunikatu na znaku ZZT) nie powinien przekraczać 5–10 sekund w przypadku scenariuszy bezpieczeństwa (np. wypadek, zator, pogorszenie widoczności). Minimalny czas prezentacji komunikatu powinien wynosić co najmniej 30 sekund, aby zapewnić kierującym możliwość percepcji i reakcji, a opóźnienie wygaszenia komunikatu nie powinno być krótsze niż 10 sekund – tak, by unikać migotania lub częstych zmian treści, mogących wprowadzać dezorientację. W scenariuszach dynamicznych (np. zarządzanie prędkością, zmiana kierunków ruchu) należy stosować mechanizm histerezy czasowej, zapobiegający zbyt częstym przełączeniom stanów. Dla komunikatów informacyjnych (np. warunki pogodowe, objazdy planowe) dopuszcza się dłuższe czasy aktywacji i wygaszania (1–3 minuty), pod warunkiem zachowania spójności przekazu w całym ciągu drogi.

(5) Dane z czujników ruchu (natężenie, prędkość, zajętość, kierunek) stanowią podstawę logiczną do uruchomienia scenariuszy zarządzania ruchem w zakresie:

- zmiany komunikatów na ZZT,
- włączenia ograniczeń prędkości,
- wysyłania komunikatów do CZR,
- lub przełączenia programu sygnalizacji.

4.1.4. Procedury zarządzania ruchem

(1) Procedury zarządzania ruchem stanowią opracowany i szczegółowo opisany sposób postępowania wprowadzający zmienną organizację ruchu w odpowiedzi na występowanie określonych zdarzeń drogowych, mający na celu utrzymanie bezpiecznych warunków jazdy, poprawę płynności ruchu lub komfortu jazdy. Procedury zarządzania ruchem mogą zawierać wiele wariantów realizacyjnych, zwanych scenariuszami zarządzania ruchem.

(2) Określają one kolejność czynności, źródła danych, warunki uruchomienia i odwołania komunikatów oraz zasady współpracy z CZR.

(3) W odróżnieniu od scenariuszy zarządzania ruchem, które opisują logikę i treść konkretnego działania (np. „wypadek na pasie prawym”, „objazd przez DK91”), procedury określają sposób postępowania i sekwencję decyzji operacyjnych – od wykrycia zdarzenia po jego obsługę i raportowanie.

(4) Można więc przyjąć, że:

- scenariusz opisuje co zrobić (np. jakie komunikaty, w jakiej kolejności, na jakich urządzeniach),
- procedura określa, jak to zrobić (np. kto uruchamia, w jakim trybie, w jakiej kolejności, jakie dane wejściowe i potwierdzenia).

- dla każdego zdarzenia lub typu sytuacji (np. kolizja, mgła, zator, roboty drogowe) procedura powinna definiować następujące etapy przedstawione tabeli 4.1.12.

Tab. 4.1.12. Etapy w procedurze sterowania ruchem

Etap / czynność	Opis działania	Uwagi projektowe / powiązania
Detekcja zdarzenia	Wykrycie anomalii ruchowej lub warunkowej (np. zator, poślizg, mgła).	Dane z sensorów.
Weryfikacja i walidacja	Sprawdzenie wiarygodności danych (zalecane wielokrotne źródła).	Zalecana redundancja minimum 2 czujników.
Dobór scenariusza	Identyfikacja najbardziej odpowiedniego scenariusza sterowania.	Z uwzględnieniem hierarchii priorytetów – Tabela algorytmów.
Aktywacja komunikatów	Wysterowanie odpowiednich ZZT (SRP, TZT, TKZT) zgodnie z tabelą sterowania.	Potwierdzenie CZR.
Monitorowanie realizacji	Ciągły pomiar parametrów ruchu i kontrola stanu ZZT.	Porównanie z wartościami brzegowymi.
Odwołanie scenariusza	Dezaktywacja komunikatów po spełnieniu warunków końcowych.	Wygaszenie komunikatów → stan neutralny.
Raportowanie	Automatyczny zapis zdarzenia w bazie danych SZR oraz generacja raportu obejmującego m.in. czas wykrycia i obsługi zdarzenia, zastosowane komunikaty, aktywność poszczególnych urządzeń ZZT, wyniki analizy skuteczności działania systemu oraz dane o wpływie scenariusza na ruch (np. zmiana prędkości, czasu podróży, długości kolejki).	Raporty powinny być archiwizowane w SZR i udostępniane operatorom oraz administratorom systemu w postaci dzienników zdarzeń i zestawień dobowych, tygodniowych i miesięcznych. Dane te służą do oceny skuteczności systemu, planowania utrzymania i analiz BRD. Raportowanie obejmuje także rejestrację wszystkich działań manualnych operatora oraz komunikatów awaryjnych.
Procedury awaryjne	W przypadku utraty łączności pomiędzy ZZT, a systemem sterowania lub CZR, znak automatycznie przechodzi w stan bezpieczny – polegający na wygaszeniu treści lub powrocie do neutralnego komunikatu, który nie powoduje mylnej interpretacji przez kierujących. System musi samoczynnie wykrywać brak komunikacji i rejestrować to zdarzenie w logu systemowym. Po przywróceniu łączności znak może zostać ponownie wysterowany dopiero po otrzymaniu aktualnego polecenia z SZR lub po restarcie kontrolowanym.	Stan bezpieczny oznacza brak emisji jakiegokolwiek treści lub wyświetlanie neutralnego symbolu (np. czarne tło, brak światła). Procedura ta chroni użytkowników przed wyświetleniem nieaktualnych, błędnych lub częściowych komunikatów w sytuacji awarii transmisji, zasilania lub sterownika. System powinien umożliwiać automatyczne potwierdzanie przywrócenia komunikacji, a także archiwizować informacje o czasie awarii, rodzaju błędu i sposobie jego usunięcia. Zaleca się zapewnienie redundancji transmisji (np. kanał podstawowy + zapasowy LTE/VPN) oraz automatyczne powiadamianie operatora CZR o awarii.

(5) Procedury sterowania powinny uwzględniać model ruchu operacyjnego, który dostarcza prognoz krótkoterminowych (np. 15–30 minut) i pozwala na adaptacyjne uruchamianie scenariuszy.

(6) Model ten wspiera decyzję czy scenariusz aktywować, odwołać lub zastąpić wariantem alternatywnym.

(7) Komunikacja z CZR powinna odbywać się w trybie dwukierunkowym:

- a) system lokalny przesyła dane o ruchu i stanie urządzeń,
- b) CZR zatwierdza aktywację scenariusza lub nakłada priorytety w sytuacjach konfliktowych.

(8) Poniżej przedstawiono przykład procedury obsługi zdarzenia drogowego:

- a) cel: zapewnienie bezpiecznego reagowania na wypadek lub kolizję.
- b) zakres: drogi klasy A, S, GP.
- c) etapy:
 - detekcja zdarzenia przez system;
 - weryfikacja wideo przez operatora CZR;
 - dobór scenariusza zarządzania ruchem (np. Scenariusz-A1 „Wypadek na pasie prawym”);

- aktywacja komunikatów: SRP-A, TZT-DP, TKZT – komunikat „OBJAZD →”;
- potwierdzenie aktywacji w CZR;
- monitorowanie parametrów ruchu i stanu ZZT;
- odwołanie scenariusza zarządzania ruchem po potwierdzeniu usunięcia zdarzenia;
- raport automatyczny do bazy danych SZR.

(9) W tabeli 4.1.13 przedstawiono różnice między scenariuszem zarządzania ruchem, a procedurą zarządzania ruchem.

Tab. 4.1.13. Wykaz różnic pomiędzy scenariuszem a procedurą

Cecha	Scenariusz zarządzania ruchem	Procedura sterowania
Zakres	Opisuje logikę i treść działania systemu dla danego zdarzenia.	Opisuje sposób realizacji – kolejność działań i decyzji operacyjnych.
Cel	Określenie, jakie komunikaty i znaki są aktywowane. Wskazuje priorytety poszczególnych urządzeń wykonawczych niezbędnych do realizacji scenariusza zarządzania ruchem.	Określenie, jak, kiedy i przez kogo są aktywowane.
Elementy	Algorytmy (zgodnie z procedurą zarządzania ruchem), tabele sterowania, komunikaty.	Etapy: detekcja, weryfikacja, aktywacja (zgodnie z algorytmem zarządzania ruchem), odwołanie, raportowanie.
Odpowiedzialność	System (logika automatyczna, półautomatyczna lub wybór scenariusza przez operatora).	Operator + system (działanie proceduralne).

4.2. Wymagania do modelu ruchu na potrzeby projektu zmiennej organizacji ruchu

(1) Model ruchu stanowi podstawowe narzędzie wspierające opracowanie i wdrożenie projektu zmiennej organizacji ruchu (PZOR). Jego celem jest zarówno ocena skuteczności planowanych rozwiązań na etapie planistycznym, jak i bieżące wspieranie procesu zarządzania ruchem poprzez prognozowanie i symulację zmian w warunkach ruchu.

(2) Model ruchu wykorzystywany w PZOR powinien umożliwiać odwzorowanie przepływu pojazdów i uczestników ruchu z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań, a także przewidywanie reakcji systemu na zmiany w warunkach ruchu, zdarzenia losowe oraz scenariusze zarządzania.

(3) Model powinien obejmować dane wejściowe pochodzące z pomiarów i monitoringu ruchu oraz prognoz długookresowych, a także uwzględniać dane dynamiczne wprowadzane w czasie rzeczywistym (patrz tabela 4.2.1).

(4) Model ruchu w PZOR musi spełniać podwójną funkcję:

- a) planistyczną – umożliwiającą ocenę wpływu zmiennej organizacji ruchu na cały układ komunikacyjny w obszarze oddziaływania,
- b) operacyjną – wspierającą bieżące decyzje w CZR poprzez prognozy krótkoterminowe i scenariusze zarządzania ruchem w odpowiedzi na zaistniałe zdarzenia.

(5) Zastosowanie planistyczne obejmuje w szczególności:

- a) identyfikację wąskich gardeł i obszarów problemowych w istniejącej organizacji ruchu,
- b) ocenę skutków wdrożenia nowych elementów ITS (np. znaków o zmiennej treści, ramp metering, sterowania adaptacyjnego),
- c) ocenę oddziaływania planowanych inwestycji infrastrukturalnych,
- d) symulację wpływu polityki transportowej (np. ograniczeń wjazdu, priorytetu dla transportu zbiorowego) na ruch drogowy i jego organizację.

Tab. 4.2.1. Wymagania do modelu ruchu w projekcie PZOR

Zakres	Wymagania
Źródła danych	Dane z pomiarów ruchu (pętle, radary, kamery, dane GPS i floating car data), dane z systemów ITS i CZR, dane o rozkładach jazdy transportu zbiorowego, dane o wypadkach i zdarzeniach drogowych, dane pogodowe.
Rodzaj danych	Dane historyczne (do kalibracji i walidacji modelu), dane bieżące (on-line z systemów zarządzania ruchem), dane prognozowane (krótko- i średnioterminowe).
Rodzaj modeli	Modele makroskopowe (planistyczne, strategiczne), mezoskopowe (analiza sieci korytarzowej), mikroskopowe (symulacje szczegółowe), modele hybrydowe.
Parametry modelu	Przepustowość, prędkości swobodne, czasy podróży, opóźnienia, liczba zatrzymań, wykorzystanie pasów ruchu, udział transportu zbiorowego, ruch rowerowy i pieszy.
Kalibracja i walidacja	Model musi być skalibrowany na podstawie danych empirycznych (pomiarów ruchu, badań podróży) i okresowo walidowany, aby odzwierciedlał aktualne warunki ruchu.
Funkcje planistyczne	Analiza wpływu projektowanych rozwiązań na ruch, identyfikacja wąskich gardeł, ocena scenariuszy zarządzania ruchem i inwestycji infrastrukturalnych.
Funkcje operacyjne (bieżące zarządzanie ruchem)	Prognozy krótkoterminowe (5–30 min), prognozy warunków ruchu w sytuacjach zakłóceń, wsparcie w doborze scenariuszy sterowania znakami o zmiennej treści i sygnalizacją świetlną.
Integracja z systemami	Interfejsy wymiany danych z systemami zarządzania ruchem, standardy wymiany danych (np. DATEX II), integracja z systemami informacji dla podróżnych i systemami bezpieczeństwa ruchu.
Wymagania techniczne	Możliwość pracy w trybie ciągłym, interoperacyjność z innymi modułami ITS, skalowalność w zależności od obszaru oddziaływania, zapewnienie odporności na błędy danych.

(6) Funkcja operacyjna modelu ruchu wiąże się z bieżącym zarządzaniem ruchem i wspieraniem decyzji podejmowanych w centrach zarządzania ruchem. Model powinien pracować w trybie quasi-rzeczywistym, integrując dane z systemów monitorowania ruchu i ITS, aby przewidywać skutki zdarzeń drogowych, zmian pogodowych czy nagłych wzrostów natężenia ruchu.

(7) Zastosowanie operacyjne obejmuje:

- prognozy krótkoterminowe (rzędu 5–30 minut) dotyczące natężeń ruchu, czasów przejazdu i poziomu nasycenia odcinków sieci,
- wspieranie operatorów CZR w wyborze optymalnego scenariusza zarządzania ruchem (np. wyznaczanie objazdów, włączanie tablic o zmiennej treści, zmiana programów sygnalizacji świetlnej),
- automatyczne generowanie rekomendacji działań korygujących w reakcji na wykryte zakłócenia (np. wypadki, zatory, niekorzystne warunki atmosferyczne),
- bieżące informowanie uczestników ruchu za pośrednictwem znaków o zmiennej treści oraz systemów informacji podróżnych.

(8) Podwójna funkcja modelu ruchu pozwala zintegrować perspektywę strategiczną (planowanie rozwoju sieci i wdrażania nowych rozwiązań) z perspektywą operacyjną (codzienne zarządzanie ruchem). Dzięki temu projekt PZOR staje się narzędziem, które nie tylko przygotowuje optymalne rozwiązania organizacyjne, lecz także umożliwia ich dynamiczne wykorzystanie w praktyce, zwiększając odporność systemu transportowego na zdarzenia losowe i zakłócenia w ruchu.

(9) Kalibracja modelu ruchu jest procesem dostosowania jego parametrów wejściowych do danych empirycznych tak, aby model wiernie odzwierciedlał rzeczywiste warunki ruchu.

(10) Proces ten powinien być przeprowadzony w oparciu o:

- wyniki pomiarów natężeń ruchu (np. z pętli indukcyjnych, radarów, kamer, danych floating car data),
- dane o prędkościach i czasach przejazdu (np. dane GPS, systemy monitoringu transportu publicznego),
- obserwacje przepustowości skrzyżowań i węzłów,
- dane o strukturze potoków ruchu (udział pojazdów ciężkich, transport zbiorowy, rowery).

(11) Walidacja modelu ruchu polega na sprawdzeniu jego poprawności poprzez porównanie wyników prognozowanych z rzeczywistymi obserwacjami w warunkach niezależnych od kalibracji.

(12) Walidacja powinna obejmować:

- a) weryfikację zgodności natężeń ruchu i rozkładów potoków na sieci z wartościami zmierzonymi,
- b) porównanie prognozowanych czasów przejazdu z wynikami rzeczywistych pomiarów,
- c) ocenę zgodności prognoz krótkoterminowych (operacyjnych) z obserwacjami bieżącymi,
- d) okresowe przeglądy i aktualizację modelu, zwłaszcza w przypadku istotnych zmian w sieci drogowej lub wzorcach podróży.

(13) Proces kalibracji i walidacji powinien być traktowany jako cykliczny i ciągły, ponieważ model ma nie tylko odzwierciedlać warunki istniejące na etapie opracowania projektu, lecz także wspierać bieżące decyzje w CZR. Dlatego:

- a) zaleca się stosowanie mechanizmów automatycznej rekalkulacji modelu na podstawie danych zbieranych w czasie rzeczywistym,
- b) modele planistyczne powinny być okresowo aktualizowane w cyklu kilkuletnim, natomiast modele operacyjne weryfikowane i dostrajane w cyklu dziennym lub tygodniowym,
- c) należy stosować mierniki jakości dopasowania (np. GEH, RMSE, wskaźniki zgodności czasów podróży), aby dokumentować poprawność modelu.

(14) Prawidłowo skalibrowany i zwalidowany model ruchu zwiększa wiarygodność prognoz i rekomendacji generowanych w ramach PZOR, a tym samym stanowi podstawę do podejmowania decyzji o wprowadzeniu zmian w organizacji ruchu w trybie bieżącym oraz do oceny skutków planowanych rozwiązań w perspektywie długoterminowej.

(15) Integracja modelu z systemami zarządzania ruchem powinna odbywać się z wykorzystaniem standardów wymiany danych stosowanych w ITS, zapewniając interoperacyjność i możliwość przyszłej rozbudowy systemu.

4.3. Zasady określania obszaru oddziaływania projektu zmiennej organizacji ruchu

(1) Obszar oddziaływania projektu zmiennej organizacji ruchu (PZOR) należy określać w taki sposób, aby uwzględnił wszystkie odcinki sieci transportowej, na których przewidywane są istotne zmiany warunków ruchu w wyniku wprowadzenia zmiennej organizacji ruchu. Obszar ten nie ogranicza się wyłącznie do miejsca wdrożenia rozwiązań technicznych (np. znaków o zmiennej treści), ale obejmuje także odcinki alternatywne, węzły powiązane oraz korytarze z uwzględnieniem transportu samochodowego, zbiorowego, pieszego i rowerowego.

(2) Wyróżnia się cztery poziomy obszarów oddziaływania:

- a) sieciowy – obejmujący większy układ dróg (np. sieć krajową, sieć dróg ekspresowych i autostrad),
- b) korytarzowy – odnoszący się do korytarzy drogowych,
- c) węzłowy – skoncentrowany na skrzyżowaniach i węzłach,
- d) lokalny (wyspowy) – ograniczony do punktowych rozwiązań.

(3) Wyznaczenie obszaru oddziaływania powinno być oparte na wynikach analiz i prognoz ruchu (modeli makro-, mezo- i mikroskopowych) oraz uwzględniać dane empiryczne pochodzące z pomiarów i systemów ITS (jeżeli takie istnieją w obszarze oddziaływania).

(4) Kryteria delimitacji obszaru oddziaływania powinny uwzględniać: natężenie ruchu, strukturę potoków ruchu (strukturę rodzajową z uwzględnieniem ruchu pojazdów ciężkich), relacje podróży, dostępność alternatywnych tras, priorytety transportu zbiorowego oraz lokalne uwarunkowania przestrzenne i środowiskowe, które powinny być rozpatrywane na etapie wyznaczania objazdów.

(5) W tabeli 4.3.1 przedstawiono metodykę określania obszaru oddziaływania PZOR.

(6) Kryteria określania obszaru oddziaływania PZOR przedstawiono w tabeli 4.3.2.

(7) W tabeli 4.3.3 przedstawiono zakres analizy wpływu projektu zmiennej organizacji ruchu na różne środki transportu. Przy wyznaczaniu obszaru oddziaływania PZOR należy brać pod uwagę nie tylko ruch samochodowy.

Tab. 4.3.1. Metodyka określania obszaru oddziaływania PZOR

Etap	Zakres działań	Narzędzia / dane
1. Definicja punktu wyjściowego	Identyfikacja lokalizacji wdrożenia (np. korytarz, skrzyżowanie, odcinek autostrady). Zdefiniowanie, czy obszar ma charakter: sieciowy, korytarzowy, węzłowy czy lokalny.	Dane geograficzne, mapy
2. Analiza ruchu podstawowego	Określenie obciążenia ruchem w punkcie wdrożenia.	Dane pomiarowe, model ruchu
3. Wyznaczenie strefy pierwszego rzędu	Odcinki dróg i skrzyżowania bezpośrednio powiązane funkcjonalnie z obszarem wdrożenia (np. węzły, drogi dojazdowe).	Model ruchu (mezo- lub makroskopowy)
4. Analiza dróg alternatywnych	Wskazanie tras, które przejmą część lub całość ruchu w przypadku objazdów lub zmiany warunków (np. zatorów, ograniczenia). Analiza obejmuje ocenę możliwości przekierowania ruchu pojazdów ciężkich.	Symulacje wariantowe z wykorzystaniem modeli ruchu, analiza sieci drogowej
5. Określenie obszaru rozszerzonego	Analiza wpływu na transport zbiorowy, ruch pieszy i rowerowy oraz sąsiednie obszary miejskie i podmiejskie.	Dane GTFS, badania podróży, dane o infrastrukturze pieszo-rowerowej
6. Weryfikacja modelowa	Sprawdzenie prognoz przy różnych scenariuszach (normalnych i awaryjnych). Ocena kryteriów jakości ruchu, efektywności ruchowej, bezpieczeństwa ruchu.	Prognozy, modele ruchu

Tab. 4.3.2. Kryteria określania obszaru oddziaływania PZOR

Kryterium	Opis zastosowania
Natężenie ruchu	Granice obszaru wyznaczone do miejsca, gdzie zmiana w organizacji ruchu powoduje $\geq 10\%$ zmiany natężenia ruchu.
Efektywność ruchowa	Wpływ na przepustowość i płynność ruchu.
Czasy przejazdu Jakość ruchu	Uwzględnienie odcinków, gdzie czas podróży zmienia się o $\geq 10\%$ w godzinach szczytu. Wpływ na komfort jazdy i straty czasu. Wpływ na zmianę poziomów swobody ruchu.
Bezpieczeństwo ruchu	Uwzględnienie miejsc występowania zdarzeń drogowych, które mogą być pośrednio oddziaływane zmianami w organizacji ruchu.
Transport zbiorowy	Włączenie korytarzy transportu zbiorowego, w których zmieniają się czasy kursów i niezawodność funkcjonowania.
Piesi i rowerzyści	Uwzględnienie zmian w dostępności i funkcjonowaniu przejść, tras rowerowych i infrastruktury aktywnej mobilności.
Drogi alternatywne	Analiza tras, które mogą przejąć $\geq 10\%$ ruchu z obszaru podstawowego.
Sąsiednie obszary	Ujęcie gmin, dzielnic lub węzłów transportowych, które mogą być obciążone dodatkowym ruchem tranzytowym.

Tab. 4.3.3. Uwzględnienie multimodalności

Rodzaj transportu	Elementy analizy w obszarze oddziaływania
Transport zbiorowy	Wpływ PZOR na czasy przejazdu i niezawodność kursowania, dostępność przystanków, węzłów przesiadkowych, trasy objazdów autobusów.
Ruch pieszzy	Dostępność przejść, zmiana strat czasu na przejściach i skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego w rejonie skrzyżowań i przejść dla pieszych.
Ruch rowerowy	Ciągłość i dostępność tras rowerowych, ciągłość sieci, konflikty z ruchem samochodowym, bezpieczeństwo w strefach skrzyżowań, wpływ objazdów na bezpieczeństwo rowerzystów, konflikty z ruchem samochodowym, oznakowanie uzupełniające.
Samochody osobowe	Skutki przeniesienia ruchu na drogi alternatywne, zmiany czasów przejazdu, nowe punkty koncentracji ruchu (węzły, skrzyżowania).
Transport towarowy	Dostępność dojazdu do centrów logistycznych, objazdy dla pojazdów ciężarowych, strefy ograniczeń tonażowych.

(8) Obszar oddziaływania PZOR powinien być elastycznie definiowany w zależności od skali i charakteru wdrażanego rozwiązania. W przypadku projektów korytarzowych (autostrady, drogi ekspresowe) obszar może obejmować kilkadziesiąt kilometrów, natomiast w obszarach miejskich może być ograniczony do kilku sąsiednich dzielnic, lecz z obowiązkowym uwzględnieniem transportu zbiorowego, pieszego i rowerowego.

(9) Współpraca z sąsiednimi obszarami powinna być zapewniona poprzez uzgodnienia między zarządcami dróg różnego szczebla oraz organami zarządzającymi ruchem.

Dokument chroniony prawami autorskimi

5. Szczegółowe warunki sytuowania znaków o zmiennej treści i znaków aktywnych na sieci autostrad i dróg ekspresowych oraz na drogach współpracujących

5.1. Rozdział wyjaśniający i objaśniający zakres rozwiązań

(1) Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów stanowi jeden z kluczowych obszarów rozwoju Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w drogownictwie. Jego istotą jest elastyczne i automatyczne dostosowywanie organizacji ruchu do aktualnych warunków na drodze – w czasie rzeczywistym, w oparciu o dane z systemów detekcji, prognozy ruchu oraz informacje meteorologiczne.

(2) W odróżnieniu od tradycyjnych rozwiązań statycznych, SZR pozwalające na wdrażanie zmiennej organizacji ruchu pozwalają na reagowanie na zmienne warunki środowiskowe i drogowe, takie jak natężenie ruchu, wypadki, roboty drogowe, ograniczona widzialność czy śliskość nawierzchni. Dzięki temu możliwe jest nie tylko zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników dróg, lecz również optymalizacja przepustowości i minimalizacja negatywnego wpływu transportu na środowisko.

(3) Celem wdrożenia rozwiązań zmiennej organizacji ruchu jest stworzenie systemu zdolnego do:

- a) utrzymania płynności ruchu poprzez automatyczne sterowanie prędkością i dostępnością pasów,
- b) zwiększenia bezpieczeństwa ruchu poprzez wcześniejsze ostrzeganie o zagrożeniach i warunkach atmosferycznych,
- c) efektywnego zarządzania infrastrukturą drogową, w tym pasami ruchu, węzłami i tunelami,
- d) zapewnienia spójności komunikatów drogowych dla kierowców w oparciu o dane z wielu źródeł (detektory, czujniki pogodowe, kamery, systemy monitoringu ruchu),
- e) redukcji zatorów i zdarzeń wtórnych, powstających w wyniku nagłych zmian prędkości lub braku informacji.

(4) SZR stanowią narzędzie wspierające zarządcę drogi w utrzymaniu wysokiego poziomu obsługi drogi (Level of Service – LOS), szczególnie na odcinkach o dużym natężeniu ruchu i zmiennej przepustowości.

(5) W niniejszym rozdziale przedstawiono zestaw kluczowych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych, które tworzą spójny system dynamicznego zarządzania ruchem.

(6) System dynamicznego zarządzania ruchem obejmuje:

- a) Sterowanie ruchem pojazdów na jezdni (opisane w rozdziale 5.2) – uwzględniające: zarządzanie ruchem na odcinkach, dopuszczanie ruchu na pasie awaryjnym, ostrzeganie przed zatorami oraz harmonizację strumienia ruchu. Rozwiązania te stanowią podstawowy element regulacji przepływu pojazdów w czasie rzeczywistym.
- b) Zarządzanie ruchem w tunelach (opisane w rozdziale 5.3) – uwzględniające sterowanie w warunkach zamkniętych przestrzeni oraz reagowanie na sytuacje awaryjne i zmienne warunki środowiskowe.
- c) Zarządzanie prędkością pojazdów (opisane w rozdziale 5.4) poprzez systemy zmiennych ograniczeń prędkości, których zadaniem jest adaptacyjne dopasowanie parametrów ruchu do aktualnych warunków drogowych.
- d) Zarządzanie dostępnością pasów ruchu (opisane w rozdziale 5.5) – uwzględniające zmianę funkcji pasa ruchu (np. włączenie pasa awaryjnego, pasów rewersyjnych) lub jego czasowe wyłączenie z ruchu.
- e) Zarządzanie ruchem na węzłach (opisane w rozdziale 5.6) – uwzględniające sterowanie ruchem na pasach wlotowych i wylotowych, dozowanie ruchu (ramp metering) oraz stosowanie sygnalizacji świetlnej w sposób zintegrowany z ruchem na drodze głównej.

- f) Dynamiczne przekierowanie ruchu na trasy alternatywne (opisane w rozdziale 5.7) – uwzględniające przekierowanie ruchu na trasy alternatywne w przypadku zatorów, zdarzeń lub utrudnień w ruchu, z wykorzystaniem danych o stanie sieci drogowej przy założeniu integracji z innymi systemami ITS (np. poprzez DATEX II).
 - g) Dynamiczne informowanie kierowców o zdarzeniach (opisane w rozdziale 5.8) – uwzględniające kompleksowy system przekazu informacji o warunkach drogowych i ruchowych, zarówno w ujęciu sieciowym, jak i lokalnym. W rozdziale tym w szczególności opisano systemy ostrzegania o zjawiskach pogodowych, takich jak: ograniczona widzialność, boczny wiatr, śliska nawierzchnia czy śliskość zimowa, a także systemy przekazujące informacje o obowiązku stosowania łańcuchów przeciwpoślizgowych.
- (7) Uwzględniono również systemy lokalne (wyspowe), które funkcjonują niezależnie, ale mogą być integrowane z systemem zarządzania ruchem.
- (8) Wszystkie wymienione podsystemy winny działać w ramach spójnej architektury ITS, opartej na centralnym zarządzaniu. Ich skuteczność zależy od jakości integracji danych, standaryzacji komunikatów oraz zastosowania jednolitych scenariuszy zarządzania ruchem.
- (9) Integracja ta powinna obejmować:
- a) współdziałanie z systemami detekcji i monitoringu (np. CCTV, pętle indukcyjne, radary, czujniki pogodowe),
 - b) wymianę danych w formatach zgodnych z DATEX II i udostępniania w ramach otwartych danych,
 - c) interoperacyjność z systemami miejskimi, regionalnymi i krajowymi.
- (10) Projektowanie ww. rozwiązań wymaga uwzględnienia:
- a) warunków topograficznych i środowiskowych drogi (np. tunele, mosty, odcinki górskie),
 - b) prognozowanego natężenia ruchu oraz kategorii drogi,
 - c) redundancji systemów zasilania i transmisji danych,
 - d) kompatybilności z istniejącą infrastrukturą drogową i oznakowaniem,
 - e) bezpieczeństwa funkcjonalnego i cyberbezpieczeństwa systemu.
- (11) Dobrze zaprojektowany SZR staje się elementem aktywnego zarządzania infrastrukturą, umożliwiając szybkie reagowanie na zdarzenia, minimalizowanie skutków utrudnień oraz utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa na drogach krajowych i autostradach.

5.2. Dynamiczne sterowanie ruchem pojazdów na jezdni

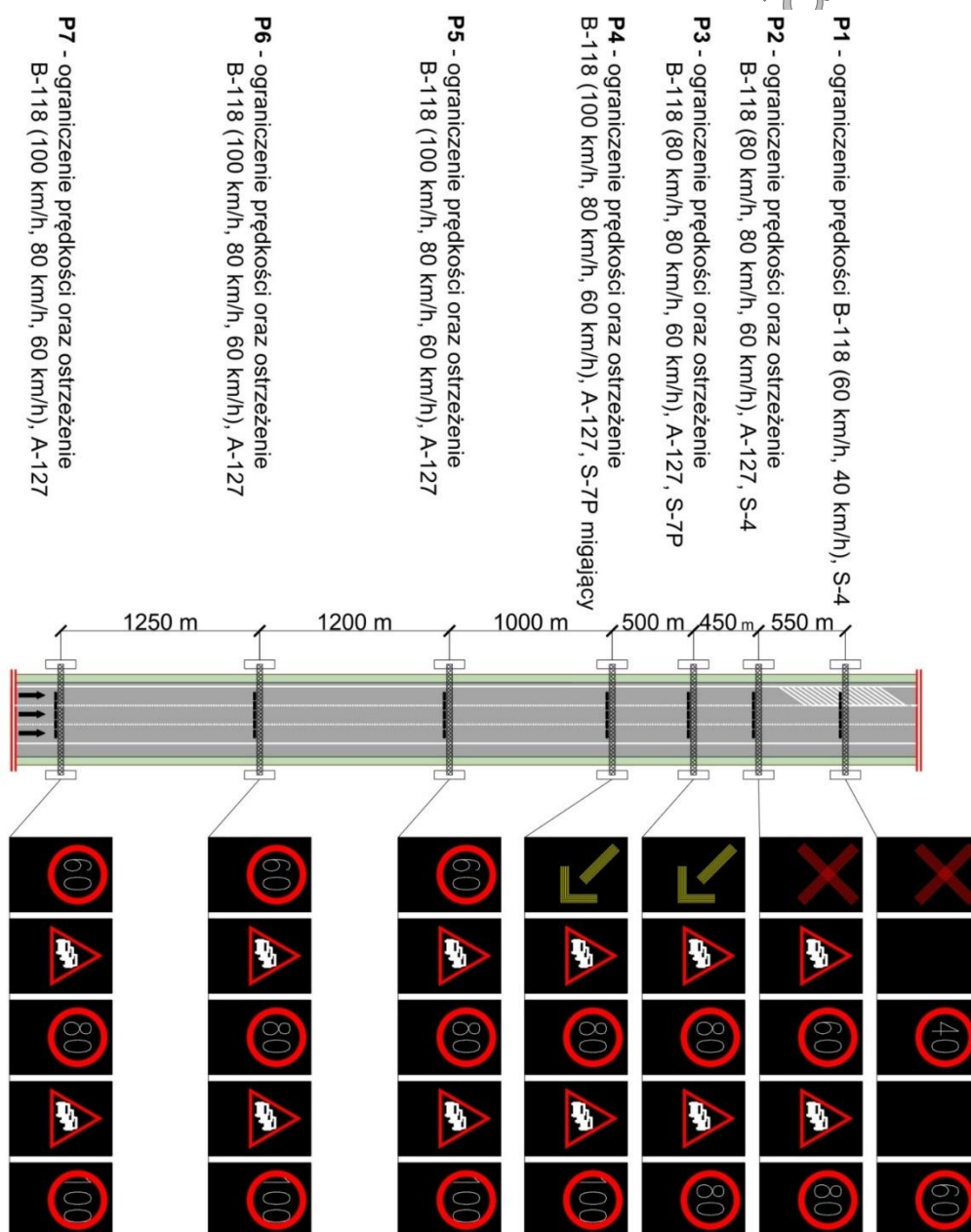
5.2.1. Zarządzanie ruchem na odcinkach

- (1) Odcinkowe systemy zarządzania ruchem oddziałują przede wszystkim na bezpieczeństwo oraz na poprawę wskaźników jakości warunków ruchu drogowego (liczba wypadków, czas przejazdu itp.). W wypadku wystąpienia sytuacji potencjalnie niebezpiecznych, zaleca się wraz z informacją przekazywaną przez znaki ostrzegawcze, ograniczać prędkość na pasach ruchu.
- (2) Zastosowanie systemu zarządzania ruchem na odcinkach może zwiększyć stopień wykorzystania przepustowości o około 5 do 10%.
- (3) Zaleca się instalowanie odcinkowych systemów zarządzania ruchem w wypadkach, gdy współczynnik wykorzystania przepustowości osiąga wartość 80% lub prędkość ruchu jest mniejsza niż 80 km/h.
- (4) Najmniejsza długość odcinka na jakim można instalować system zarządzania ruchem na odcinku wynosi 2000 m. Wyjątkiem jest system sterujący pasami na węzle, którego długość może wynosić mniej niż 1000 m.
- (5) Liczba konstrukcji wsporczych koniecznych do budowy system zarządzania ruchem na odcinku wiąże się bezpośrednio z analizą dokumentacji oraz danych o wskaźnikach wypadkowości oraz utrudnieniach. Rozmieszczenie uzależnione jest od lokalnych uwarunkowań i powinno być uzgadniane indywidualnie mając na uwadze zasady inżynierii ruchu oraz kryteria ekonomiczne.

(6) Szacunkowa liczba konstrukcji wsporczych ze znakami o zmiennej treści przeznaczonymi do zarządzania ruchem na odcinku może być określona na podstawie poniższych zasad:

- dwie bądź trzy konstrukcje na początku wybranego odcinka (np. stopniowanie prędkości 110, 80, 50 km/h);
- po każdej łącznicy wjazdowej, wjazdu z parkingu za odcinkiem przeplatania ruchu;
- jeżeli odległość pomiędzy wjazdami jest większa niż 5000 m należy umieścić znaki ZZT na takich odcinkach co najmniej w jednym przekroju (powinno się uwzględnić miejsca wrażliwe, łuki pionowe i poziome oraz odcinki przed tunelami);
- bezpośrednio przed końcem danego odcinka (np. odwołanie zakazów).

(7) Na rysunku 5.2.1 przedstawiono przykładowe rozmieszczenie przekrojów w wypadku zawężenia jezdni.



Rys. 5.2.1. Przykładowe rozmieszczenie konstrukcji wsporczych ze znakami SRP w wypadku zawężenia jezdni

(8) Orientacyjną liczbę N_p konstrukcji wsporczych P ze znakami o zmiennej treści na odcinku autostrady lub drogi ekspresowej można obliczyć, stosując równanie 5.2.1:

$$N_p = 3 + W + \sum \frac{L_5}{5} - K_5 \quad (5.2.1)$$

gdzie:

N_p – szacunkowa liczba konstrukcji wsporczych (przekrojów P) ze znakami o zmiennej treści

W – liczba wjazdów z łącznic, parkingów itp.

L_5 – suma długości wszystkich odcinków dłuższych niż 5 km

K_5 – liczba odcinków o długości powyżej 5 km.

5.2.2. Dopuszczenie ruchu na pasie awaryjnym

(1) W celu czasowego zwiększenia przepustowości określonego odcinka autostrady lub drogi ekspresowej (dwujezdniowej) lub zwiększenia obszaru kumulacji – w wypadku zaistnienia zatoru drogowego, dopuszcza się ruch pojazdów na pasie awaryjnym.

(2) Zaleca się wykorzystanie pasa awaryjnego w następujących przypadkach:

- a. spadek wskaźnika przepustowości spowodowany blokadą jednego bądź większej liczby pasów o ruchu w tym samym kierunku;
- b. wyczerpania przepustowości autostrady lub drogi ekspresowej w okresach wzmożonego ruchu (godziny szczytu, weekendy, okres wakacyjny).

(3) Algorytm zarządzania ruchem dopuszczający do ruchu pas awaryjny wymaga udziału operatora i uruchamiany jest na podstawie danych o ruchu oraz obrazu kamer monitoringu.

(4) Zaleca się, aby w czasie dopuszczenia ruchu na pasie awaryjnym na pozostałych pasach dozwolona prędkość wynosiła nie więcej niż 100 km/h.

(5) Odcinki dróg, na których przewiduje się dopuszczenie do ruchu pasa awaryjnego należy oznakować za pomocą następujących znaków o zmiennej treści:

(2) F-111e1 – początek odcinka drogi z ruchem dopuszczonym na pasie awaryjnym.

(3) F-111e2 – zakończenie odcinka drogi z ruchem dopuszczonym na pasie awaryjnym.

(4) F-111e3 – koniec odcinka drogi z ruchem dopuszczonym na pasie awaryjnym.

(5) Wygląd znaków F-111e1, F-111e2 i F-111e3 przedstawiono na rysunku 5.2.3.

(6) Znak F-111e1 umieszcza się na początku odcinka, na którym dopuszczono ruch na pasie awaryjnym. Znaki F-111e1 powtarza się, co około 1500 m, w zależności od warunków lokalnych.

(7) Znaki F-111e2 umieszcza się na odcinku końcowym z tym, że należy umieścić, co najmniej dwa znaki w odległości ok. 750 m.

(8) Znak F-111e3 umieszcza się na końcu odcinka, na którym dopuszczono ruch na pasie awaryjnym w odległości około 750 m od ostatniego znaku F-111e2.

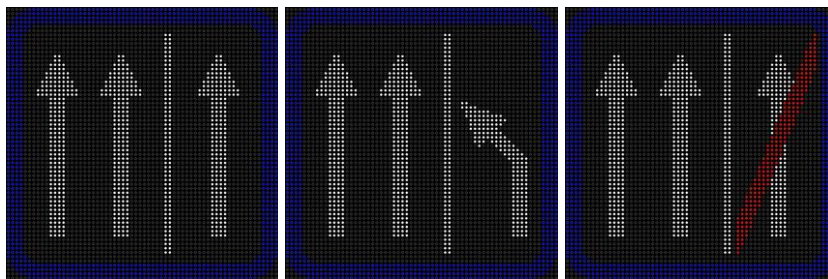
(9) Przykładowy schemat rozmieszczenia znaków F-111e przedstawiono na rysunku 5.2.4.

(10) Instalacje znaków F-111e1, F-111e2 i F-111e3 rekomenduje się na odcinkach dróg, gdzie cyklicznie występują okresy wzmożonego ruchu powodujące powstawanie zatorów oraz na odcinkach, gdzie nie ma możliwości dobudowania dodatkowego pasa ruchu i występuje wykorzystanie przepustowości na poziomie 0,8. Przyjmuje się, że wskazaniem do wdrożenia systemu jest gęstość ruchu na poziomie 17-28 pojazdów na kilometr na pas ruchu.

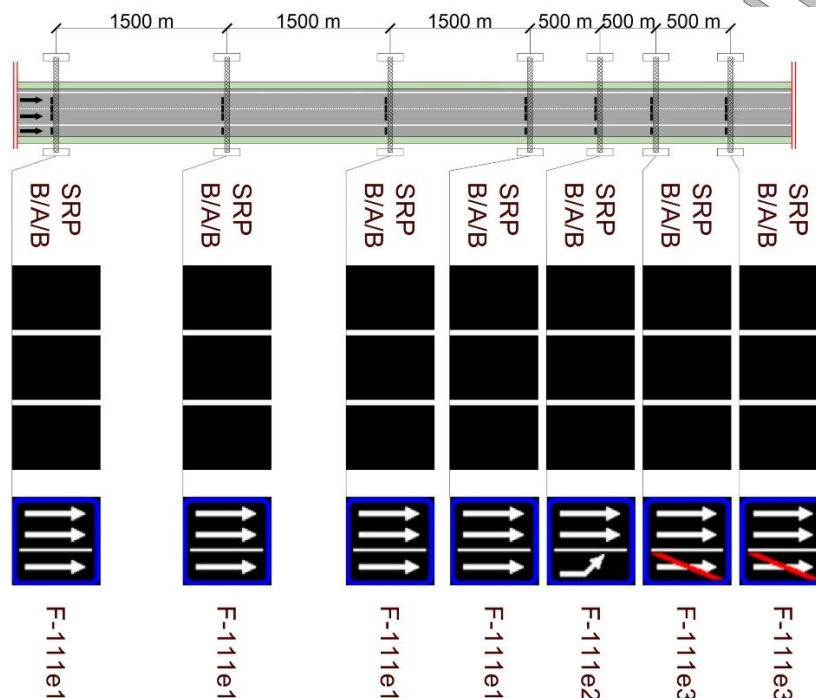
(11) Warunkiem wdrożenia systemu dopuszczającego ruch na pasie awaryjnym są odpowiednie parametry techniczne drogi (w szczególności parametr szerokości i nośności pasa awaryjnego) oraz realizacja zatok awaryjnych w rozstawie nie rzadziej niż 1000 m.

(12) Wdrażając system dopuszczający ruch na pasie awaryjnym zaleca się zastosowanie dodatkowych systemów monitoringu ruchu (CCTV) oraz detekcji zdarzeń w celu dynamicznego zarządzania zdarzeniami oraz nadzoru nad przestrzeganiem przez kierowców zasad ruchu wynikających z wdrożonej zmiennej organizacji ruchu.

(13) Znaki F-111e1, F-111e2 oraz F-111e3 wykonuje się w technologii znaków LED lub ZZT-C.



Rys. 5.2.3. Wygląd znaków F-111e1, F-111e2 i F-111e3

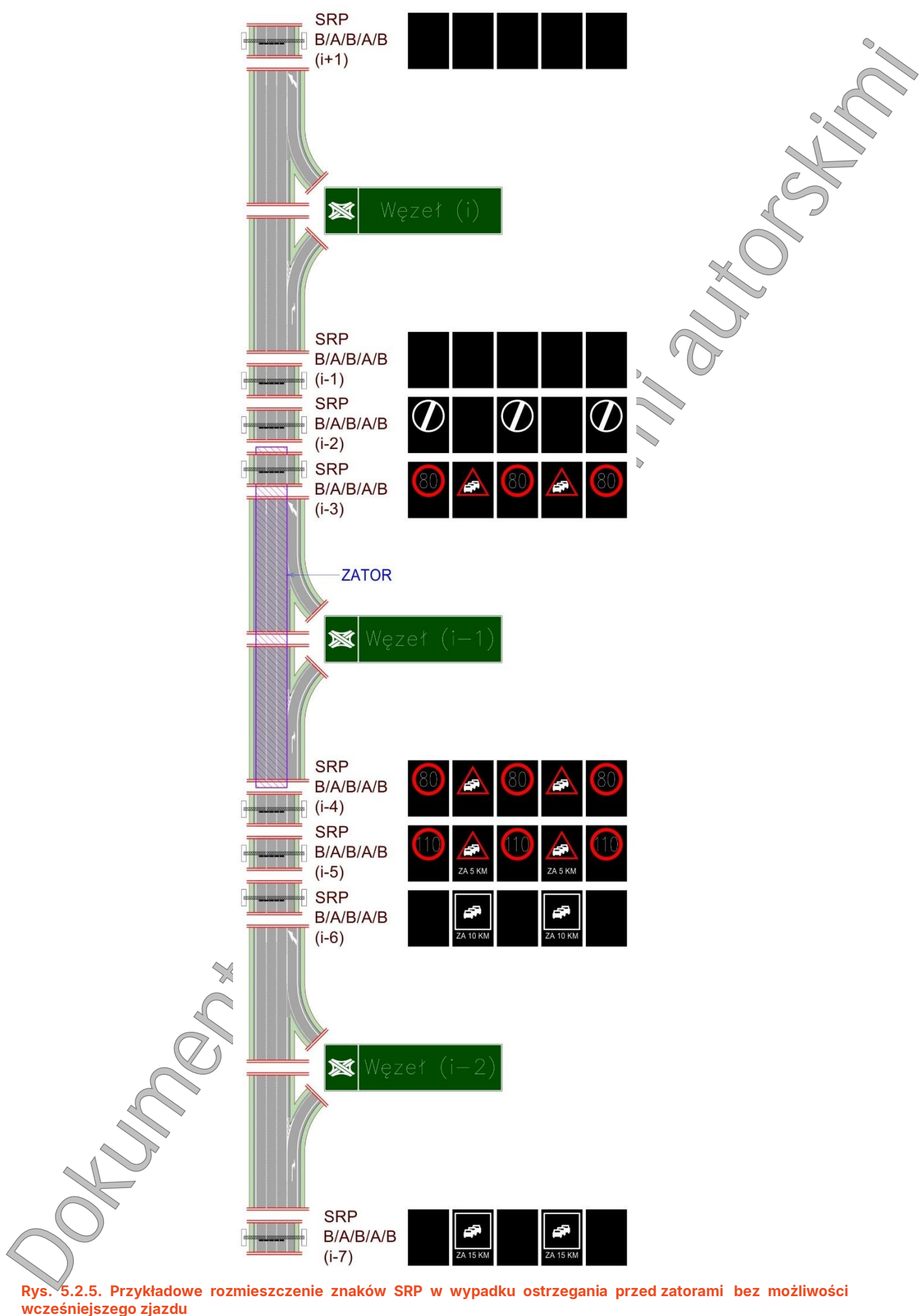


Rys. 5.2.4. Przykładowe rozmieszczenie znaków F-111e1, F-111e2 i F-111e3 w ciągu drogi

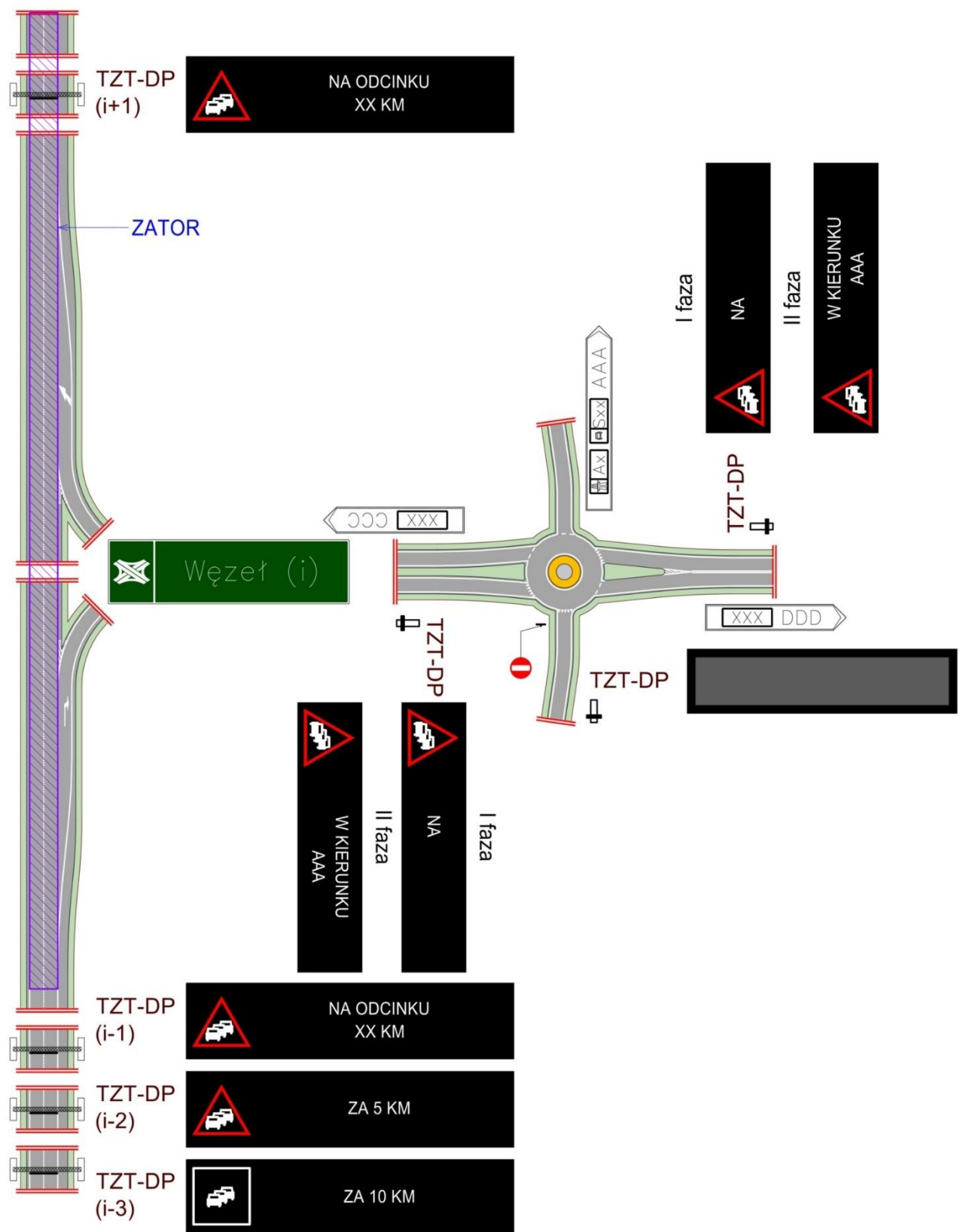
5.2.3. Ostrzeżenie przed zatorami

(1) Można rozróżnić następujące przypadki wystąpienia zatorów na drogach ekspresowych lub autostradach:

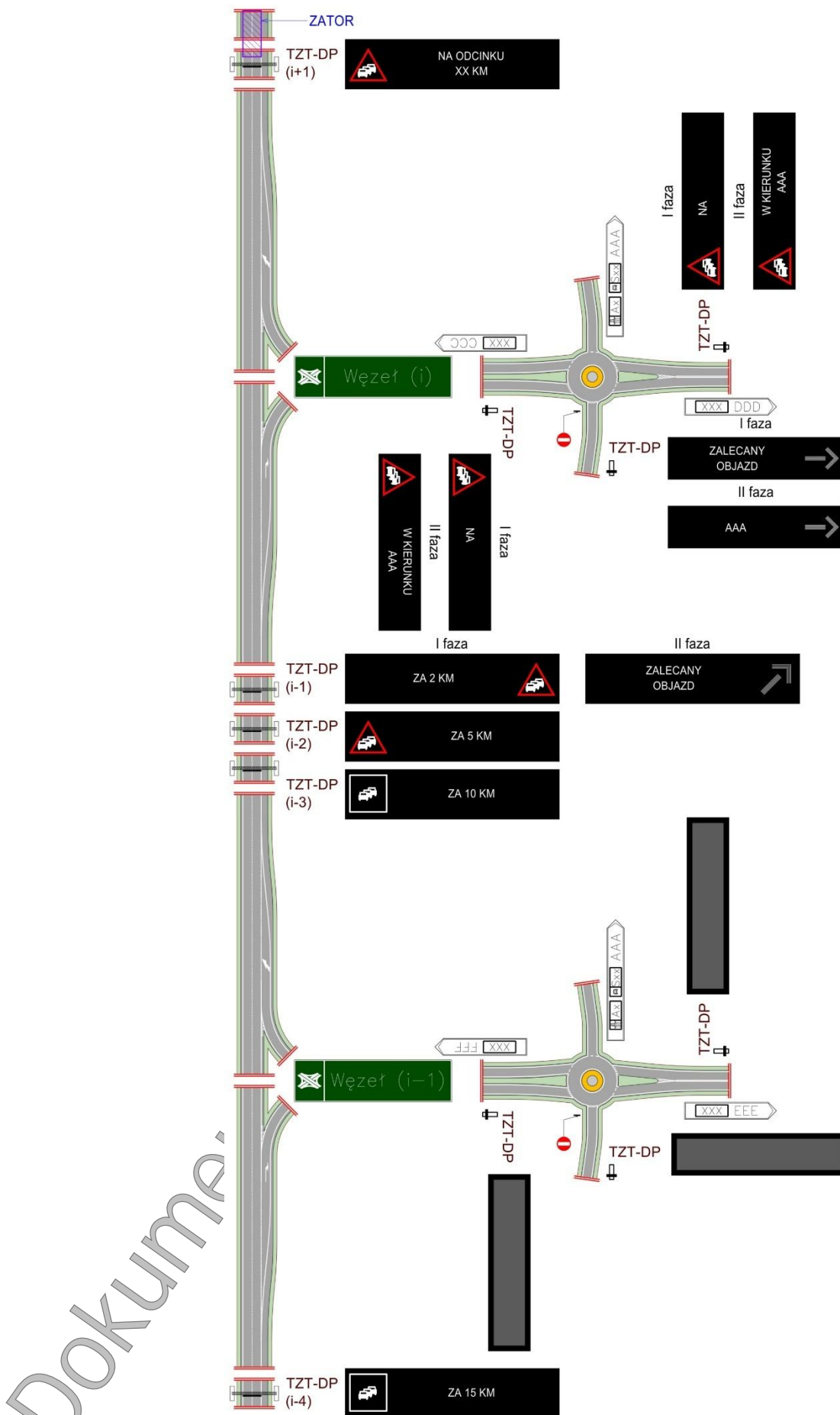
- na jezdni głównej bez możliwości wcześniejszego zjazdu (rys. 5.2.5 i 5.2.6),
- na jezdni głównej z możliwością wcześniejszego zjazdu (rys. 5.2.7),
- na wyjeździe (rys. 5.2.8),
- całkowite zamknięcie autostrady spowodowane zdarzeniem drogowym lub robotami na drodze (rys. 5.2.9 i 5.2.10),
- całkowite zamknięcie wyjazdu spowodowane zdarzeniem drogowym lub robotami na drodze (rys. 5.2.11).



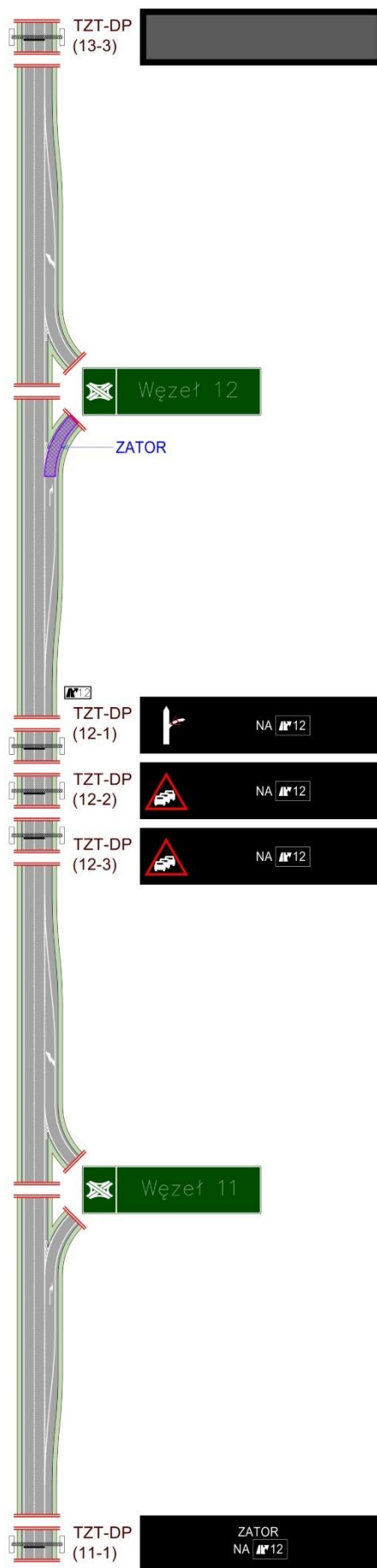
Rys. 5.2.5. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w wypadku ostrzegania przed zatorami bez możliwości wcześniejszego zjazdu



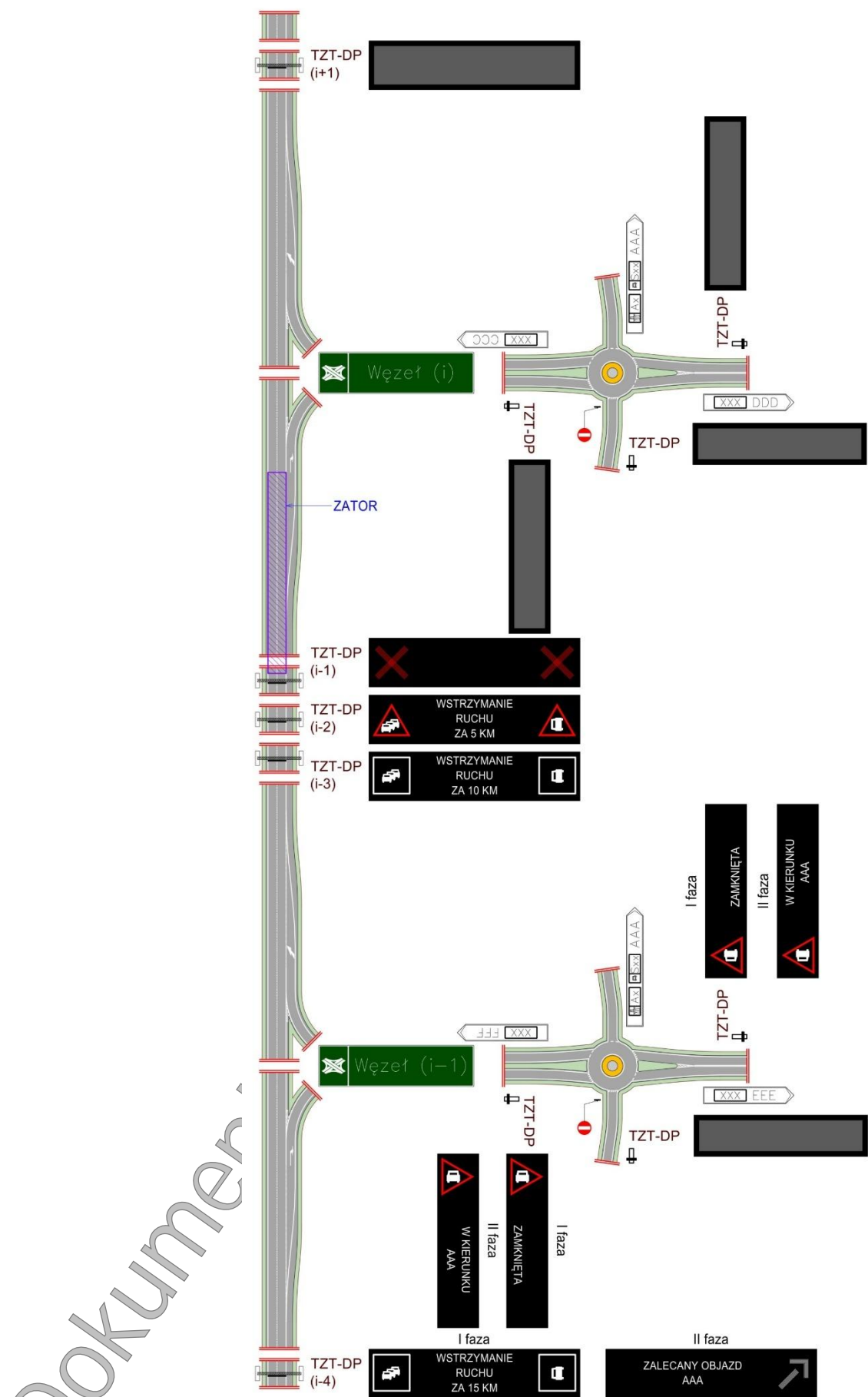
Rys. 5.2.6. Przykładowe rozmieszczenie znaków TZT-DP w wypadku ostrzegania przed zatorami bez możliwości wcześniejszego zjazdu



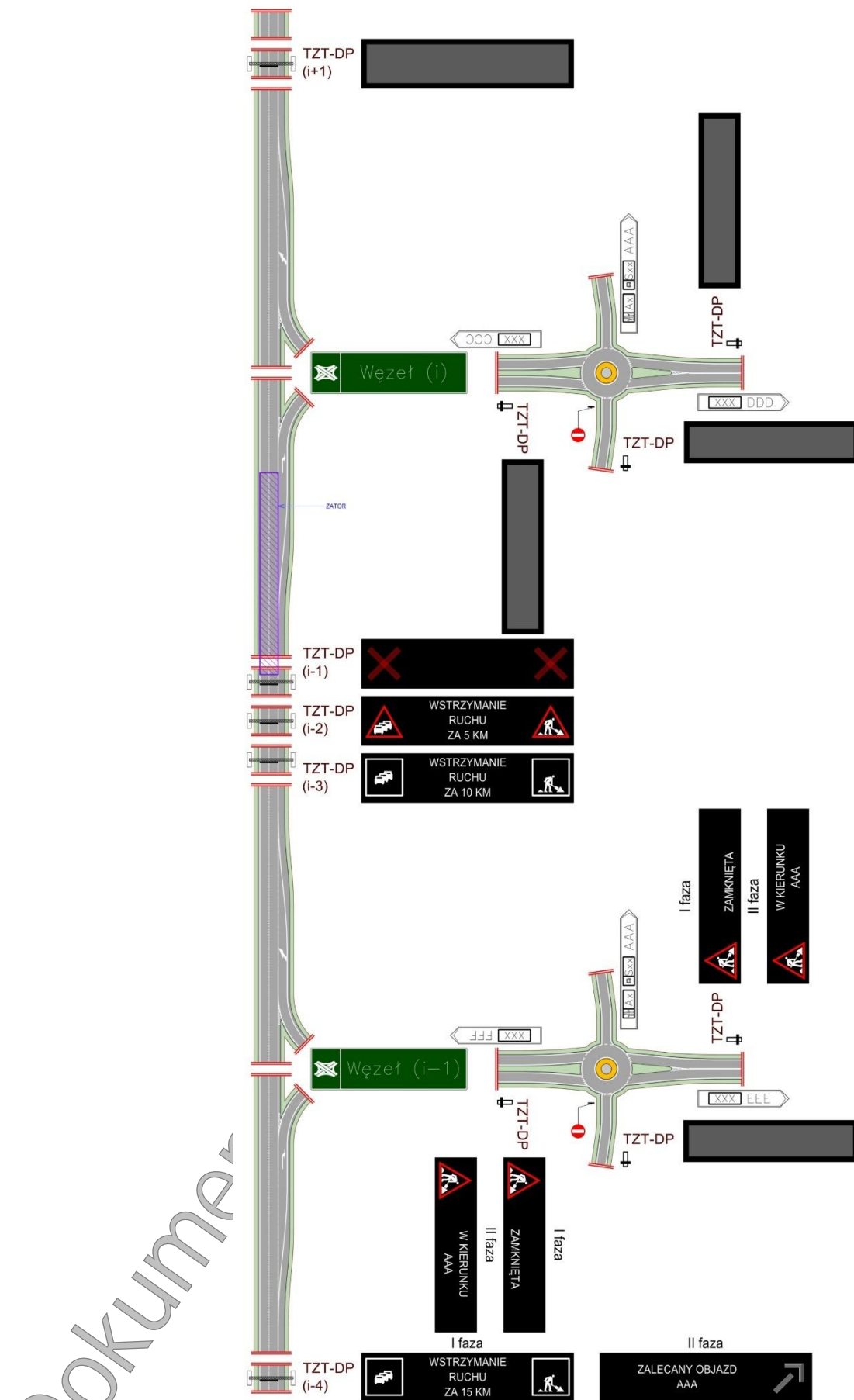
Rys. 5.2.7. Przykładowe rozmieszczenie znaków TZT-DP w wypadku ostrzegania przed zatorami z możliwością wcześniejszego zjazdu



Rys. 5.2.8. Przykładowe rozmieszczenie znaków TZT-DP w wypadku ostrzegania przed zatorami na wyjeździe



Rys. 5.2.9. Przykładowe rozmieszczenie znaków TZT-DP w przypadku całkowitego zamknięcia autostrady spowodowane zdarzeniem drogowym



Rys. 5.2.10. Przykładowe rozmieszczenie znaków TZT-DP w przypadku całkowitego zamknięcia autostrady spowodowane robotami na drodze

(2) Zaleca się odpowiednie oznakowanie odcinków dróg ekspresowych i autostrad o podwyższonym prawdopodobieństwie wystąpienia zatorów, w sposób umożliwiający kierującym pojazdami zjazd z obranej trasy, o ile istnieje taka możliwość. W uzasadnionych przypadkach, o ile spełnione są przyjęte kryteria związane z parametrami drogi, należy odpowiednio wskazać trasę alternatywną umożliwiającą ominięcie utrudnienia.

(3) Zaleca się wytyczenie stałych tras alternatywnych za pomocą tabliczek F-108a lub F-108b na odcinkach o zwiększonym prawdopodobieństwie wystąpienia poważnych utrudnień. W takim przypadku należy przewidzieć możliwość wskazania trasy alternatywnej za pomocą tablic TZT i TZT-DP zalecając opuszczenie jezdni głównej autostrady lub drogi ekspresowej w miarę możliwości na 3 węzłach poprzedzających miejsce utrudnienia.

(4) W wypadku utrudnień bądź zablokowania łącznicy zjazdowej należy poinformować kierujących o takim zdarzeniu, co najmniej na dwóch węzłach poprzedzających węzeł, na którym występują utrudnienia, za pomocą znaków wcześniej ostrzegających na TZT-DP zgodnie z zasadami ich użycia.

(5) Na autostradach oraz drogach ekspresowych, na odcinkach o podwyższonym prawdopodobieństwie lub cyklicznym wystąpieniu zatorów (tzw. miejsca wrażliwe), należy stosować odpowiednie oznakowanie o zmiennej treści ostrzegające kierujących o niebezpieczeństwie i utrudnieniach. Przykładowe rozmieszczenie znaków ZYT w ciągu drogi przedstawiono na rysunku 5.2.12.

(6) W przypadku wystąpienia utrudnień skutkujących pogorszeniem warunków ruchu, a w szczególności osiągnięciem przepustowości drogi na poziomie 80%, w zależności od warunków lokalnych, należy przewidzieć możliwość nadawania komunikatów, związanych z zatorami drogowymi oraz odpowiednio ograniczyć prędkość na wszystkich pasach ruchu.

(7) Zaleca się informowanie o utrudnieniach w ruchu (o zatorze) w znacznej odległości od miejsca wrażliwego za pomocą znaków SRP-A emitując znak A-127W (rys. 5.2.12).

5.2.4. Harmonizacja strumienia ruchu

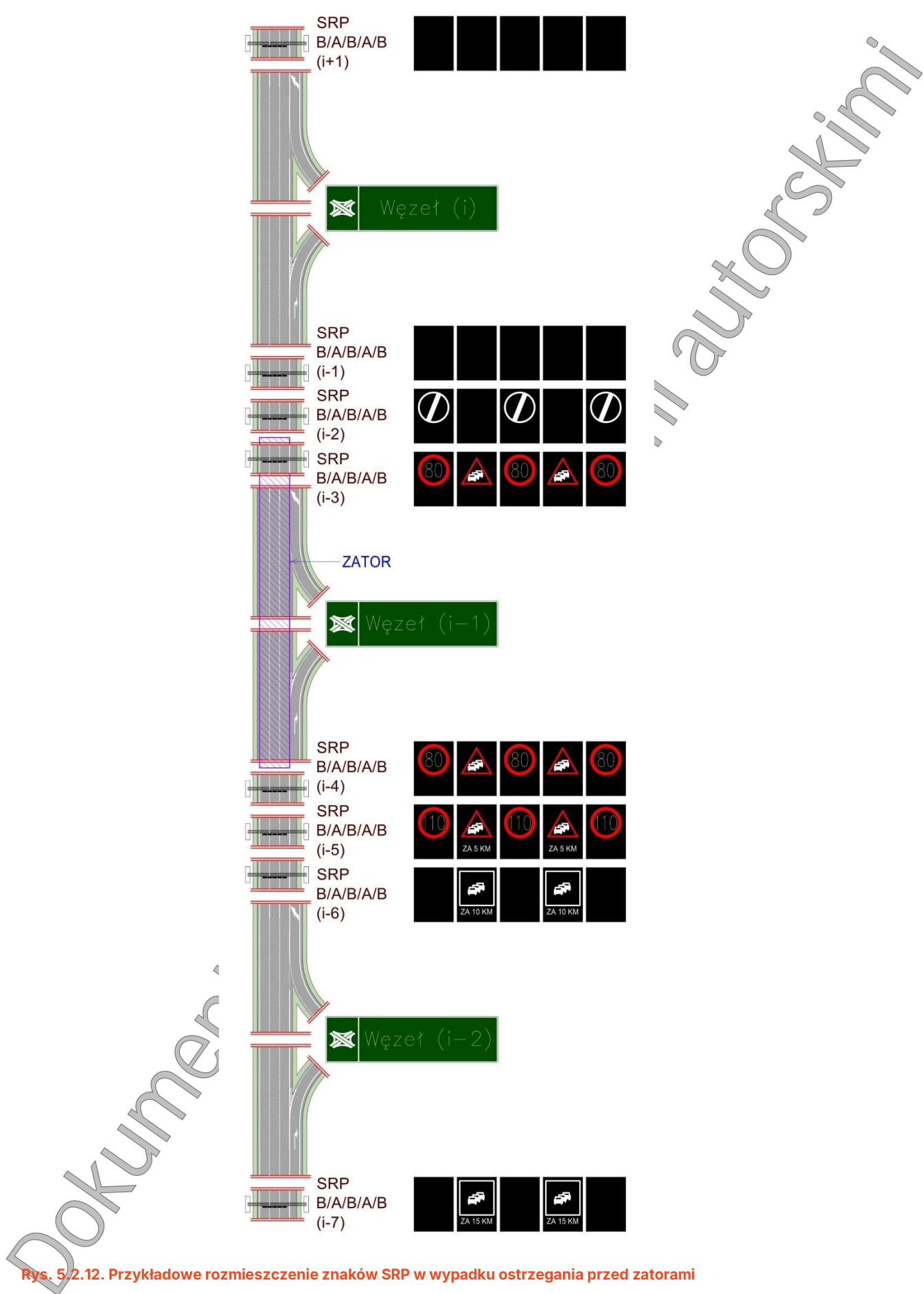
(1) Ograniczenie prędkości i harmonizacja poruszania się pojazdów zmniejsza ryzyko zatorów, zwiększa przepustowość oraz poprawia wskaźniki bezpieczeństwa ruchu drogowego.

(2) W celu zharmonizowania ruchu pojazdów na drogach ekspresowych oraz autostradach, w zależności od parametrów ruchu, stosuje się odpowiednie ograniczenia prędkości np. 120, 100, 80 km/h. Jednocześnie wraz z jego wdrożeniem na autostradzie lub drodze ekspresowej o trzech lub więcej wyznaczonych pasach ruchu na jezdni w jednym kierunku można wprowadzić zakaz wyprzedzania przez pojazdy ciężarowe.

(3) Jeżeli w ciągu drogi obowiązuje jednakowe ograniczenie prędkości w kilku kolejnych przekrojach z wyjątkiem jednego przekroju, na którym jest dopuszczona większa prędkość maksymalna np.: 100, 100, 100, 120, 100, 100 km/h, to w takich odcinkach należy ujednolicić wartość ograniczenia i wyświetlić ograniczenie do 100 km/h na wszystkich przekrojach.

(4) Kryteria aktywacji oraz zakres stosowania algorytmu harmonizacji ruchu uzależniony jest od wielu lokalnych czynników, m.in. od trendu nasilenia ruchu, prędkości średniej, gęstości ruchu pojazdów ciężarowych. Warunki atmosferyczne mogą wpływać na potrzebę aktywacji tego algorytmu.

(5) Kryteria aktywacji czas trwania oraz obszar oddziaływania należy określić wykorzystując odpowiednie modele ruchu.



Rys. 5.2.12. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w wypadku ostrzegania przed zatorami

5.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem w tunelach poza obszarem zabudowanym

(1) W przypadku planowania realizacji systemu sterowania ruchem w tunelu drogowym, każdorazowo należy przeprowadzić szczegółową analizę rozstrzygającą, czy w obszarze oddziaływania systemu zarządzania ruchem w tunelu nie znajdują się inne systemy zarządzania ruchem. Jeśli w obszarze oddziaływania systemu zarządzania ruchem w tunelu znajdują się inne systemy zarządzania ruchem należy bezwzględnie zintegrować niniejsze systemy w celu uniemożliwienia wyświetlania treści wzajemnie się wykluczających lub mogących wprowadzić kierowców w błąd.

(2) Znaki o zmiennej treści należy stosować w tunelach drogowych o długości większej niż 500 m z wyjątkiem sytuacji, gdy wewnątrz tunelu zlokalizowany jest wyjazd.

(3) Stosuje się ograniczenie prędkości bezpośrednio przed tunelem za pomocą odpowiedniego znaku SRP, umieszczonego 500 m przed tunelami. Ograniczenie prędkości zaleca się powtórzyć w odległości od 15 do 40 m przed wlotem do tunelu. Odwołanie ograniczenia prędkości za tunelem należy sygnalizować odpowiednim znakiem w odległości ok. 100 m od wyjazdu. W tunelach z jezdnią dwukierunkową o dwóch pasach ruchu dopuszczalna prędkość powinna wynosić nie więcej niż 70 km/h.

(4) Niezależnie od ograniczeń prędkości wewnątrz tuneli, stosuje się sygnały S-4 w odległości co 150 m umieszczone nad pasami ruchu.

(5) W razie konieczności, zaleca się ograniczanie prędkości w tunelach z krokiem nie większym niż 20 km/h.

(6) Ograniczenie prędkości w tunelu należy tak projektować, aby na całej długości tunelu była dopuszczalna taka sama prędkość.

(7) Rekomendowane wyposażenie tuneli w zależności od ich długości przedstawiono w tabeli 5.3.1.

Tab. 5.3.1. Rekomendowane wyposażenie tuneli w zależności od ich długości

Długość tunelu	Długość tunelu
Poniżej 500 m	W wypadku tuneli o długości mniejszej niż 500 m wyposażenie w ZST nie jest wymagane. Ograniczenia prędkości należy umieszczać bezpośrednio na wlocie lub na poprzedzających tunel ZST, o ile ich lokalizacja nie znajduje się w odległości większej niż 500 m od wlotu do tunelu. W takich przypadkach powtarzanie ograniczeń prędkości na wlocie do tunelu nie jest wymagane. W przypadku wystąpienia utrudnień lub zagrożeń spowodowanych warunkami meteorologicznymi należy stosować zasady ogólne. W zależności od miejsca wystąpienia np. mgły, ograniczenie prędkości nadawane jest przez znaki umieszczone w bezpośrednim sąsiedztwie wjazdu lub przy wyjeździe z tunelu.
Od 500 m do 1000 m	W przypadku tuneli o długości od 500 m do 1000 m oprócz ZST występujących w sąsiedztwie w odległości do 500 m, należy powtarzać ograniczenie prędkości na wjeździe do tunelu. W przypadku wystąpienia utrudnień lub zagrożeń spowodowanych warunkami meteorologicznymi należy stosować zasady ogólne. W zależności od miejsca wystąpienia np. mgły, ograniczenie prędkości nadawane jest przez znaki umieszczone w bezpośrednim sąsiedztwie wjazdu lub przy wyjeździe z tunelu.
od 1000 m do 2000 m	Tunele o takiej długości, oprócz wyposażenia jak dla tuneli o długości od 500 do 1000 m są wyposażone dodatkowo w jedno powtórzenie znaków zakazu wewnątrz tunelu.
Powyżej 2000 m	W tunelach o długości większej niż 2000 m należy stosować podobne wyposażenie jak w tunelach do 2000 m długości oraz dodatkowo, należy powtarzać znaki zakazu co ok. 1000 m.

5.4. Dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów

(1) Na większości dróg stałe ograniczenia prędkości są ustawione tak, aby odzwierciedlały prędkość odpowiednią dla średnich warunków. Jednak w celu uwzględnienia ruchu drogowego, warunków drogowych i pogodowych w czasie rzeczywistym można stosować dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów. Systemy realizujące funkcjonalność dynamicznego zarządzania prędkością pojazdów są aktywowane w określonym czasie w wyniku natężenia ruchu lub innych warunków środowiskowych.

(2) Dzięki dynamicznemu zarządzaniu prędkością pojazdów ograniczenia prędkości mogą być dostosowywane zdalnie, automatycznie przez algorytm lub ręcznie przez operatora. Umożliwia to pokazanie różnych ograniczeń prędkości o różnych porach dnia i w różne dni tygodnia. Dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów jest wprowadzane w celu harmonizacji przepływu ruchu, co często zakłada się poprawę zarówno przepustowości, jak i bezpieczeństwa ruchu.

(3) Zmniejszenie ograniczeń prędkości za pomocą ZZT służy nie tylko zmniejszeniu prędkości jazdy, ale ma również na celu ostrzeżenie kierowców o wystąpieniu zdarzenia drogowego, a tym samym zwrócenie uwagi.

(4) Oczekuje się, że poprawa przepustowości będzie wynikać z korzyści wynikających z harmonizacji prędkości. Funkcjonalność dynamicznego zarządzania prędkością pojazdów jest czasami stosowana w celu zmniejszenia emisji z pojazdów i hałasu drogowego.

(5) Ostateczny wpływ dynamicznego zarządzania prędkością na bezpieczeństwo ruchu drogowego zależy od poziomu przestrzegania przepisów przez kierowców.

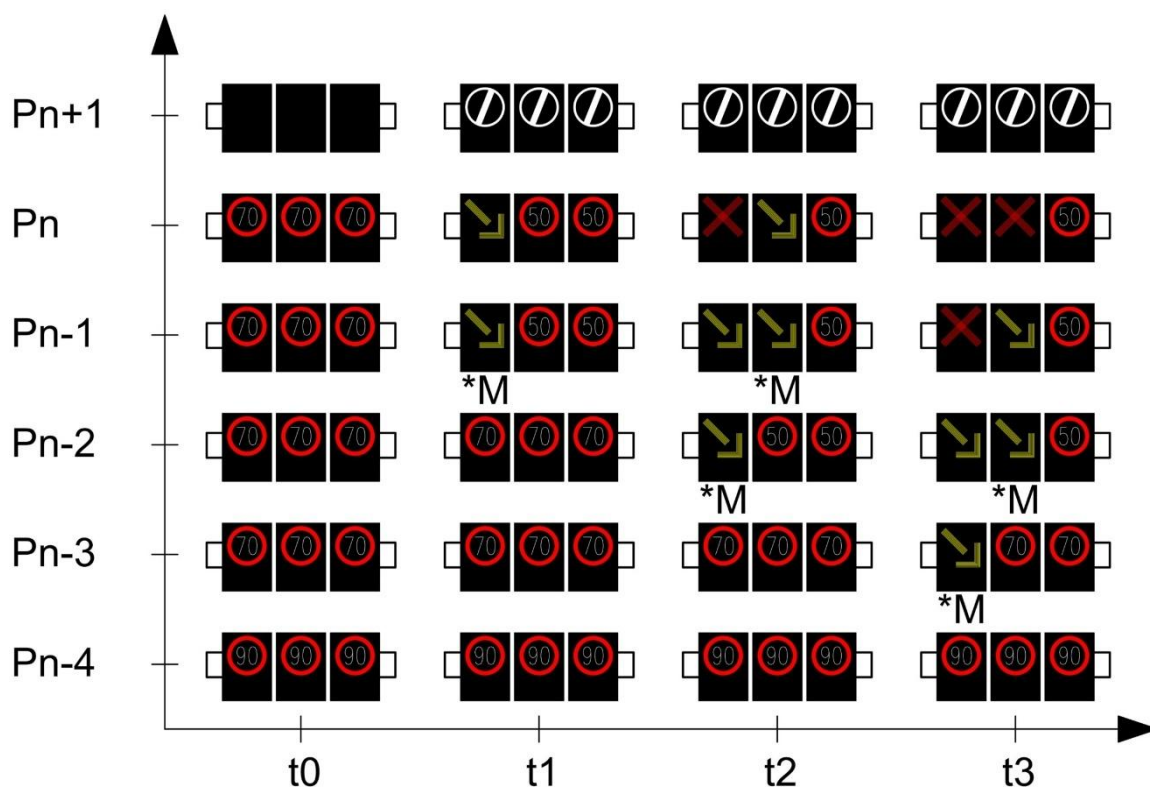
(6) Aktualne analizy badawcze kosztów i korzyści skutków wypadków drogowych wykazały, że stosunek korzyści do kosztów wynosi około 0,7, co oznacza, że koszty zwykle przewyższają korzyści. Naukowcy doszli do wniosku, że nie ma przekonujących dowodów na to, że koszty systemu z funkcjonalnością dynamicznego zarządzania prędkością przewyższają obecnie oczekiwane korzyści w zakresie zapobiegania awariom.

(7) Należy jednak podkreślić, iż dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów może być łączona ze znacznie efektywniejszą funkcjonalnością zarządzania pasami ruchu za pomocą znaków SRP.

(8) W przypadku takich rozwiązań należy zapewnić spójność komunikatów nadawanych przez SRP w poszczególnych przekrojach.

(9) Maksymalna różnica prędkości pomiędzy poszczególnymi przekrojami nie powinna być większa niż 30 km/h.

(10) W wypadku zmian wyświetlanych treści, należy zagwarantować odpowiednie odstępy czasowe przełączenia poszczególnych SRP w określonych przekrojach oraz odpowiednio zsynchronizowaną zmianę komunikatów. Na rysunku 5.4.1 przedstawiono przykładową sekwencję realizowaną w ramach algorytmu sterującego.



Rys. 5.4.1. Przykładowy algorytm sterujący zawierający sekwencję wdrażania ograniczeń na poszczególnych pasach ruchu wraz wdrażaniem ograniczeń dopuszczalnej prędkości pojazdów (*M – sygnał SS-7mig)

5.5. Dynamiczne zarządzanie dostępnością pasów ruchu na jezdni

(1) Sterowanie dostępnością pasów ruchu może być realizowane przy wykorzystaniu:

- wszystkich pasów w przekroju drogowym do prowadzenia ruchu o przemiennym kierunku i w zależności od warunków ruchu, dynamiczne otwieranie lub zamykanie pasów ruchu w określonych kierunkach lub przy określonym harmonogramie pracy,
- części z dostępnych pasów do prowadzenia ruchu (przy zamknięciu pozostałych), a w miarę potrzeb określonych warunkami ruchu, dynamiczne otwieranie zamkniętych pasów w kierunkach tego wymagających.

(2) Zastosowanie sygnalizacji sterującej pasami o przemiennym kierunku ruchu, uwarunkowane jest zapewnieniem określonych wymagań dotyczących organizacji ruchu, które są następujące:

- szerokości pasów ruchu nie mniejsze niż 3 m w stałej organizacji ruchu,
- oznakowanie drogi z pasami o zmiennym kierunku jako posiadające pierwszeństwo przejazdu,
- zakazy zatrzymywania na całym odcinku jezdni wyposażonej w sygnalizację, dotyczące również dostaw,
- eliminowanie relacji pojazdów skręcających w lewo,
- ograniczenie ruchu związanego z obsługą posesji przylegających do drogi lub innych obiektów,
- możliwość lokalizacji urządzeń sygnalizacji z uwzględnieniem warunków skrajni.

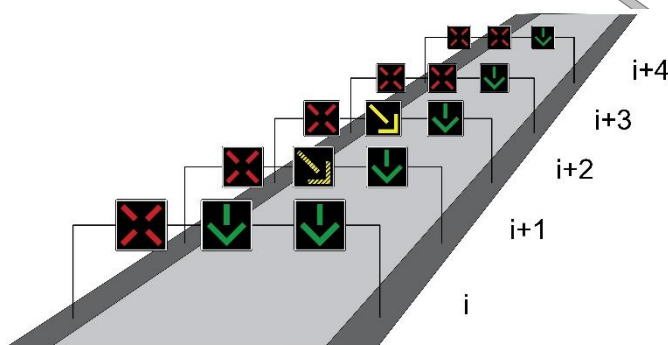
(3) W przypadku ruchu w różnych kierunkach na pewnych odcinkach pasów ruchu, odcinki te muszą być oddzielone co najmniej jednym odcinkiem między bramkami sygnalizacyjnymi, na którym ruch jest zamknięty dla obu kierunków. Przykład tak działającej sygnalizacji na pasach, przedstawiony został na rysunku 5.5.1 i 5.5.2. Zaleca się utrzymywanie zamkniętego odcinka jezdni na długości pomiędzy dwoma bramkami sygnalizacyjnymi.

(4) W przypadku, gdy w zmiennej organizacji ruchu zmienny kierunek ruchu dotyczy jednego skrajnego pasa ruchu (np. do czasowego uruchamiania kontrapasa ruchu na jednej z jezdni drogi), należy zapewnić właściwy czas międzyzielony pomiędzy skrajnymi bramkami, zanim uruchomiony zostanie kontraruch na jezdni.

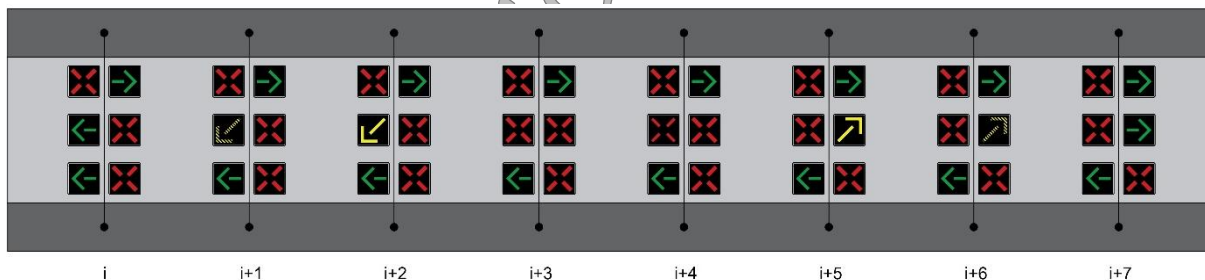
(5) Sygnalizacja określająca sposób korzystania z pasa ruchu może być również zastosowana w następujących sytuacjach:

- przy czasowych zamknięciach odcinków drogi na skutek wypadków, prowadzonych robót drogowych lub innych sytuacjach awaryjnych,
- w sytuacji występujących przewężeń i zmniejszania liczby pasów ruchu,
- w obszarze węzłów drogowych,
- do dostosowania do obciążeń i wskazywania dostępności do stałych punktów kontrolnych np. na przejściach granicznych i w punktach poboru opłat,
- przed wjazdami do tuneli drogowych i w tunelach,
- na czasowo udostępnianych pasach ruchu, w tym dla wybranych środków transportu (uczestników ruchu drogowego).

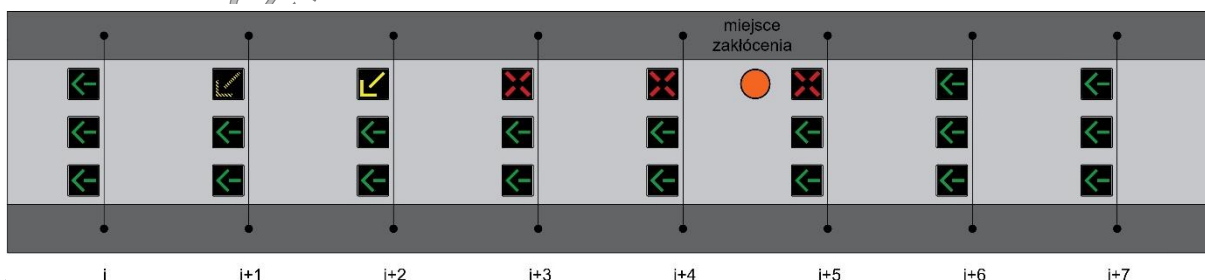
(6) Przykład zastosowania drogowych sygnałów świetlnych określających sposób korzystania z pasów ruchu na jezdni jednokierunkowej (np. w tunelu) przedstawiono na rys. 5.5.3. Zaleca się stosowanie zamknięcia pasa ruchu na odległości pomiędzy dwoma bramkami sygnalizacyjnymi.



Rys. 5.5.1. Przykład zastosowania układu bramek i sygnalizatorów nad pasami ruchu o zmiennym kierunku ruchu na jednej jezdni



Rys. 5.5.2. Przykład zalecanego zastosowania sygnalizatorów S-4 i S-7 (lub znaków o zmiennej treści z symbolami sygnałów nadawanych przez te sygnalizatory) w zmiennej organizacji ruchu (na pasach ruchu o zmiennym kierunku na jednej jezdni)



Rys. 5.5.3. Przykład dopuszczalnego zastosowania sygnalizacji do zamknięcia pasa ruchu przed przeszkodą na jednej jezdni (np. przed wjazdem do tunelu, punktem poboru opłat w ciągu autostrady lub drogi ekspresowej itp.)

(7) Przykładowa procedura zmiany sekwencji sygnału z SS-4o na SS-4x dla jezdni o zmiennym kierunku ruchu została przedstawiona na rys. 5.5.4, natomiast dla jezdni jednokierunkowej – na rys. 5.5.5.

(8) Nie dopuszcza się stosowania dynamicznego sterowania dostępnością pasów ruchu w tunelu na całej długości odcinka. Dostępność pasów ruchu powinna być dostosowana przed wjazdem do tunelu.

(9) Projektując zmienną organizację ruchu na drodze z dynamicznym sterowaniem dostępnością pasów ruchu powinno się uwzględniać wskazania dla dynamicznego zarządzania prędkością za pomocą znaków o zmiennej treści na takim odcinku drogi.

(10) Obliczenia czasów międzyzielonych dla par strumieni kolizyjnych w organizacji ruchu na pasach o zmiennym kierunku ruchu TMZ_{S4} (wzór 5.5.1) należy prowadzić analogicznie, jak zostało to scharakteryzowane w WR-Z-31 z uwzględnieniem odpowiedniego czasu bezpieczeństwa t_b . Czas potrzebny do przełączenia się wszystkich sygnalizatorów S-4 (i S-7) na odpowiedni symbol na danej bramce sygnalizacyjnej został scharakteryzowany w dalszej części jako TMZ_{S4} (wzór 5.5.2).

(11) Obliczenie czasu międzyzielonego, liczonego od momentu przełączenia się na wszystkich bramkach sygnału zakazującego korzystanie z pasa (pasów) ruchu, prowadzić należy według poniższego wzoru:

$$TMZ_{S4} = \frac{s_e + l_p}{v_{dop}} \cdot t_b \quad (5.5.1)$$

gdzie:

s_e - największą długość odcinka pomiędzy pierwszą a ostatnią bramką sygnalizacyjną, mierzoną w osi pasa ruchu [m], którą pojazd zjeżdżający z tego odcinka musi pokonać zanim nastąpi zezwolenie na wjazd z kierunku przeciwnego,

l_p - długość pojazdu przyjętego jako miarodajny ze struktury pojazdów ciężkich [m],

v_{dop} - prędkość dopuszczalna na odcinku pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi (ustalona na znakach drogowych pionowych tradycyjnych lub na znakach o zmiennej treści) [m/s],

t_b - wartość mnożnika, zapewniającego zwiększenie czasu ewakuacji ostatniego pojazdu wjeżdżającego na odcinek o zmiennym kierunku ruchu.

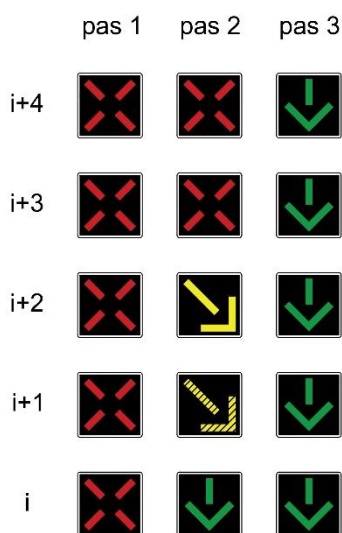
(12) Wartość mnożnika t_b nie powinna być mniejsza niż 2 co oznaczać będzie, iż wartość czasu międzyzielonego pomiędzy ewakuującym się pojazdem z odcinka drogi o zmiennym kierunku ruchu (gdy na wszystkich bramkach sygnalizacyjnych nadawany będzie już sygnał zakazujący korzystanie z pasa ruchu lub SS-4x) a pojazdem, który z przeciwnej strony drogi (jezdni) otrzyma zezwolenie na ruch, będzie uwzględniać co najmniej dwukrotność czasu niezbędnego do zjazdu z całego odcinka drogi pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi. Oznacza to pewien zapas bezpieczeństwa w okresie ewakuacji pojazdów z odcinka w przypadku, gdy którykolwiek z kierowców poruszać się będzie wolniej od zakładanej prędkości dopuszczalnej. Zaleca się przyjmowanie wartości 3 mnożnika t_b .

(13) W procedurze zmiany sygnałów SS-4o (otwarty pas ruchu) na SS-4x (zamknięty pas ruchu), gdy dotyczy to jezdni jednokierunkowej, należy wyznaczyć czas pomiędzy przełączeniem się tych sygnałów z uwzględnieniem sygnałów SS-7mig i SS-7 według przykładowego schematu ukazanego na rys. 5.5.6, który nie powinien trwać krócej niż 12 s.

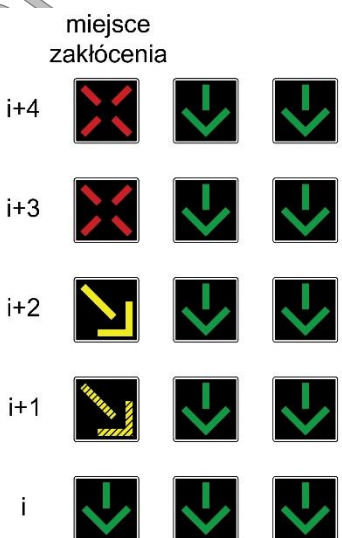
(14) Przykładowa, preferowana procedura zmiany faz na wybranych pięciu przekrojach nad pasami ruchu, nad którymi nastąpi zmiana dostępności pasa (pasów) ruchu została stabelaryzowana w tabeli 5.5.1.

Tab. 5.5.1. Przykładowy scenariusz realizacji faz dla 5 przekrojów bramek sygnalizacyjnych z zamknięciem jednego pasa ruchu

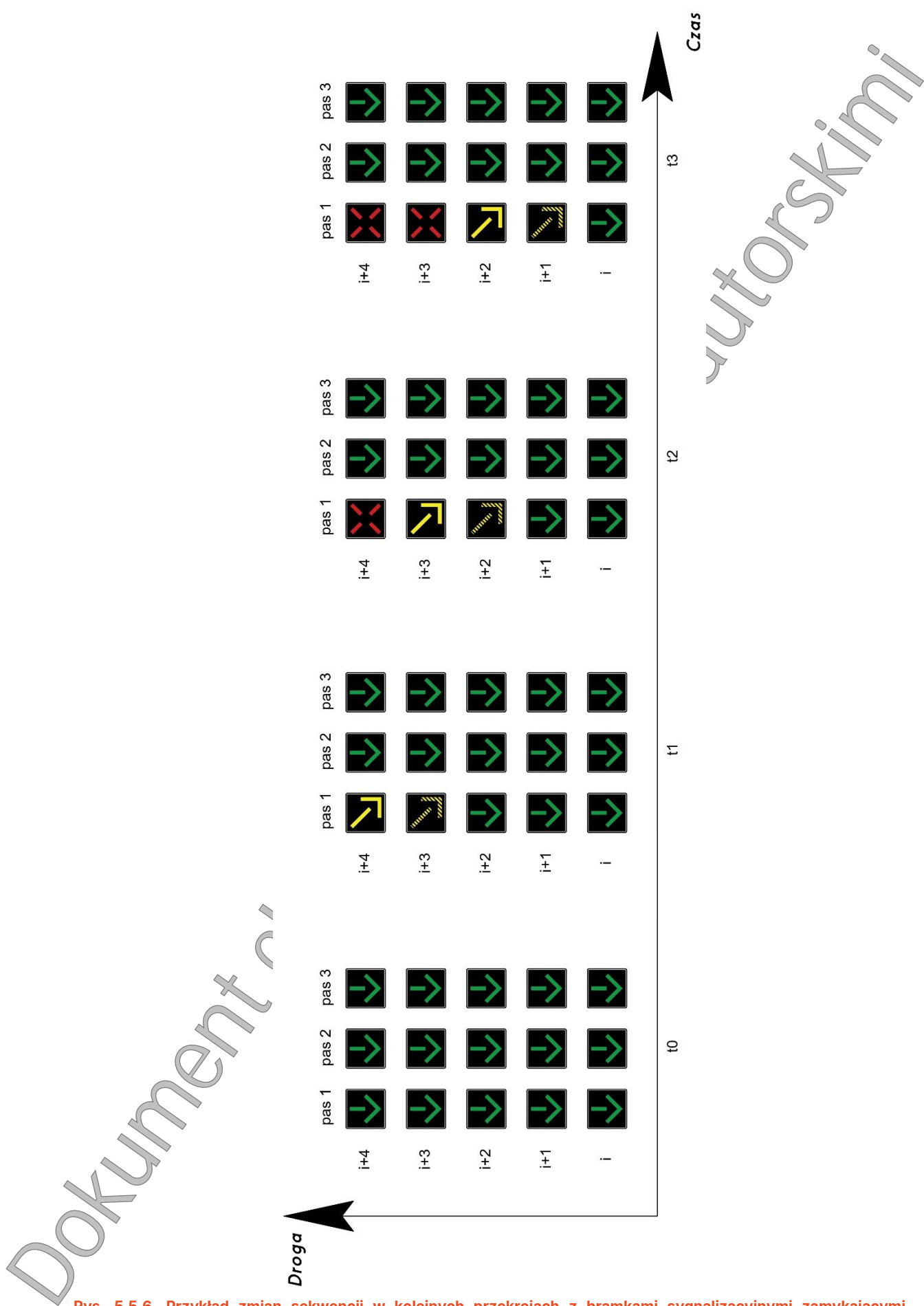
Czas sterowania	Charakterystyka	Wprowadzone zmiany w nadawanych sygnałach świetlnych
t0	„sterowanie niezakłócone”	brak sygnały SS-4o na wszystkich sygnalizatorach
t1	„zakłócenie” – konieczność zamknięcia pasa ruchu nr 1 – nakaz opuszczenia pasa ruchu	wprowadzenie sygnału SS-7 na ostatniej bramce przed wywołanym zakłóceniem oraz SS-7mig na bramce poprzedzającej
t2	„zakłócenie” – konieczność zamknięcia pasa ruchu nr 1 – zamknięcie pasa ruchu	wprowadzenie sygnału SS-4x na ostatniej bramce przed wywołanym zakłóceniem, na bramce poprzedzającej sygnał stały SS-7, a na kolejnej – SS7-mig
t3	„zakłócenie” – konieczność zamknięcia pasa ruchu nr 1 – bufor bezpieczeństwa na zamkniętym pasie ruchu	wprowadzenie sygnału SS-4x na dwóch brawkach poprzedzających zakłócenie oraz na kolejnych dwóch następująco sygnału SS-7 oraz SS7-mig



Rys. 5.5.4. Zestaw sygnałów świetlnych w dynamicznym zarządzaniu dostępnością na pasach ruchu na jezdni o zmiennym kierunku ruchu z zachowaną separacją braku dostępności na środkowym pasie ruchu dla jednego z kierunków ruchu



Rys. 5.5.5. Zestaw sygnałów świetlnych w dynamicznym zarządzaniu dostępnością na pasach ruchu na jezdni przed dojazdem do przeszkody z zachowaniem separacji na dwóch brawkach sygnalizacyjnych



Rys. 5.5.6. Przykład zmian sekwencji w kolejnych przekrojach z bramkami sygnalizacyjnymi zamykającymi dostępność jednego z pasów ruchu

(15) Czas trwania przejścia międzyfazowego można wyliczyć za pomocą wzoru (5.5.2), zaokrąglając obliczoną wartość w górę do wartości całkowitej:

$$t_{mf} = \max \left\{ \frac{2 \cdot s_{mbs}}{v_{dop}}, 12 \right\} \quad (5.5.2)$$

gdzie:

t_{mf} – czas przejścia międzyfazowego, [s],

s_{mbs} – długość odcinka między bramkami sygnalizacyjnymi, na których następuje zmiana sygnału z SS-4o na SS-7mig [m],

v_{dop} – prędkość dopuszczalna ustalona na znakach stałych lub na znakach o zmiennej treści w chwili realizacji scenariusza zamknięcia pasa ruchu, [m/s].

(16) W przypadku, gdy istnieje potrzeba zastosowania sygnału SS4x na większej liczbie bramek sygnalizacyjnych niż 5, procedurę przeprowadza się analogicznie do zadanego przekroju, w którym ostatnia z bramek sygnalizacyjnych będzie nadawała sygnał żółty migający w postaci strzałki skierowanej ukośnie w dół (SS7mig). Nie należy dopuszczać do sytuacji, w której na pierwszym z przekrojów z bramkami sygnalizacyjnymi zastosowany jest sygnał SS4x bez wcześniejszego uprzedzenia kierujących pojazdami o planowanym zamknięciu pasa ruchu. Wyjątek stanowi przekrój drogi rozpoczynający jezdnię wielopasową lub z pasem awaryjnym albo dodatkowym pasem ruchu jak wjazd do tunelu lub na kontrapas.

(17) Minimalne odległości sytuowania sygnalizatorów S-4 i S-7 (lub znaków o zmiennej treści nadających symbole sygnałów tych sygnalizatorów zostały zamieszczone w tab. 5.5.2.

(18) Zaleca się, aby maksymalne odległości pomiędzy bramkami z sygnalizatorami (znakami o zmiennej treści) nie przekraczały 500 m, przy czym w tunelach o długości do 1000 m zaleca się, by nie były one większe niż 200 m.

(19) Dopuszcza się w przypadku jezdni jednokierunkowych, aby maksymalna odległość pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi nie przekraczała 1000 m, z wyłączeniem:

- tuneli, w których maksymalna odległość pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi nie powinna być większa niż 150 m,
- obszarów węzłów, w których maksymalna odległość pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi nie powinna być większa niż 300 m.

(20) Liczba bramek sygnalizacyjnych powinna wynikać ze szczegółowej analizy lub prognozy danych o ruchu i zdarzeń drogowych. Rozmieszczenie uzależnione jest od lokalnych uwarunkowań i powinno być uzgadniane indywidualnie mając na uwadze zasady inżynierii ruchu oraz kryteria ekonomiczne. Minimalna liczba bramek sygnalizacyjnych na typowych odcinkach dróg została przedstawiona w tab. 5.5.3.

Tab. 5.5.2. Minimalne odległości sytuowania sygnalizatorów S-4 i S-7 (lub znaków o zmiennej treści nadających symbole sygnałów tych sygnalizatorów)

Prędkość dopuszczalna [km/h]	Minimalna* odległość między bramkami sygnalizacyjnymi lub rozmieszczeniem sygnalizatorów [m]
do 60	50
od 60 do 70	75
od 70 do 90	100
od 90 do 110	125
powyżej 110	150
dynamiczne zarządzanie prędkością	100

Tab. 5.5.3. Minimalna liczba bramek sygnalizacyjnych stosowanych w dynamicznym zarządzaniu dostępnością pasów ruchu na jezdni

Obszar stosowania na typowych przekrojach odcinków dróg	Liczba bramek sygnalizacyjnych (konstrukcji wsporczych)	
	Minimalna	Minimalna zalecana
Odcinek drogi jednojezdniowej z organizacją ruchu o zmiennym kierunku	8	10
Odcinek drogi dwujezdniowej z organizacją ruchu o zmiennym kierunku	3	5
Dojazd do obszaru węzła	5	8
Tunel	3	5

5.6. Dynamiczne zarządzanie ruchem na węzłach

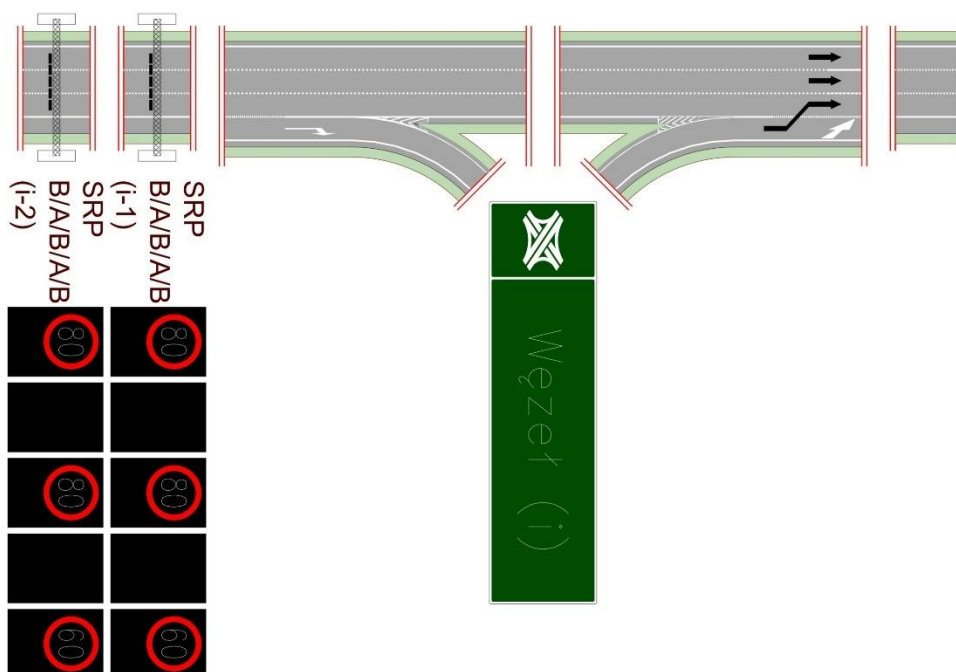
5.6.1. Sterowanie ruchem na pasach w obrębie węzła

(1) W przypadku węzłów (wraz ze zjazdami i wjazdami), na których dochodzi do częstych utrudnień spowodowanych zbyt małą przepustowością, można zastosować system sterujący ruchem na pasach lub ograniczyć strumień pojazdów wjeżdżających na węzeł. Możliwość zastosowania tych dwóch środków regulacji ruchu zależy od typu węzła i charakteru potoku ruchu, dlatego każdorazowo należy dokonać indywidualnej analizy przepustowości węzła dobierając odpowiednie rozwiązania.

(2) Przykład rozwiązania ograniczającego prędkość na prawym pasie przedstawiono na rysunku 5.6.1.

(3) W przypadku stosowania ograniczenia prędkości na prawym pasie w celu harmonizacji ruchu, ułatwienia przeplatania oraz zwiększenia przepustowości zaleca się stosowanie systemów sterowania strumieniem pojazdów.

(4) Maksymalna różnica prędkości w przekroju na pasie prawym oraz pozostałych pasach jezdni głównej nie może być większa niż 20 km/h.



Rys. 5.6.1. Przykład rozwiązania ograniczającego prędkość na prawym pasie w obrębie węzła

5.6.2. Dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną

(1) Dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną (tzw. ramp metering) należy stosować w wypadkach, gdy nie można zapewnić odpowiedniego stopnia warunków ruchu na drodze głównej, w tym w szczególności w obszarze węzła.

(2) Dozowanie ruchu strumienia pojazdów jest rozwiązaniem stosowanym w szczególnych sytuacjach. W przypadku dużego zapotrzebowania na ruch ze strony strumienia pojazdów wjeżdżających z łącznicy lub jezdni zbiorczo-rozprowadzającej na jezdnię główną węzła drogowego, w celu utrzymania płynności ruchu na jezdni głównej oraz ułatwienia manewru włączenia lub przeplatania, może zaistnieć potrzeba regulacji dopływu pojazdów strumieni podporządkowanych za pomocą sygnalizatorów drogowych. Regulacja ruchu z drogi podporządkowanej odbywa się w taki sposób, aby nie zakłócić płynności ruchu na jezdni głównej.

(3) System dozowania ruchem na węźle dokonuje rejestracji parametrów ruchu na jezdni głównej oraz na wlocie podporządkowanym.

(4) Szczególnym zastosowaniem systemu dozowania ruchu na wjazdach jest dozowanie ruchu z łącznic na wielu węzłach. W takim przypadku wymaga się synchronizacji pracy poszczególnych instalacji w celu doprowadzenia do zatrzymania ruchu na jezdni głównej.

(5) Sygnalizatory zarówno nad jezdnią, jak i obok jezdni, mogą być wyposażone w ekrany kontrastowe barwy żółtej.

(6) Dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną węzła stosuje się na drogach, do których włączenie odbywa się poprzez łącznice węzłów drogowych oraz jezdnie zbierająco-rozprowadzające na węzłach drogowych. Dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną odbywa się poprzez sygnalizację świetlną zlokalizowaną przy łącznicy lub jezdni zbierająco-rozprowadzającej prowadzącej do jezdni głównej.

(7) Dozowanie ruchu na jezdnię główną węzła należy rozważyć w sytuacji braku możliwości poprawy warunków ruchu na jezdni głównej innymi sposobami (np. poprzez dostosowanie przekroju drogi do występującego natężenia ruchu lub zastosowanie sterowania prędkością w celu jej optymalizacji i maksymalizacji przepustowości), w szczególności w sytuacji:

- a) występowania znacznych natężeń ruchu na łącznicach wprowadzających ruch na jezdnię główną, istotnie wpływających na ograniczenie przepustowości przekroju jezdni głównej,
- b) znacznego obniżenia prędkości pojazdów na jezdni głównej, spowodowanego ruchem wjazdowym z łącznicy,
- c) występowania zwiększonej liczby zdarzeń drogowych w porównaniu do innych rejonów włączeń na jezdnię główną.

(8) Rekomenduje się wprowadzanie sygnalizacji dozującej ruch w taki sposób, aby jej uruchomienie skorelowane było z programami sygnalizacji świetlnej sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, a funkcjonowanie dozowania ruchu nie powodowało niekontrolowanych zakłóceń w ruchu na pobliskich skrzyżowaniach lub ograniczało je do niezbędnego minimum.

(9) Dozowanie ruchu na jezdni głównej węzła odbywa się za pomocą sygnalizatorów S-1 o średnicy 300 mm w sekwencji podstawowej sygnałów.

(10) Zaleca się stosowanie znaku A-124 z tabliczką z napisem „Dozowanie ruchu” w odległości co najmniej 100 m od lokalizacji sygnalizatora dozującego ruch na łącznicy. Ponadto, zaleca się zamieszczenie sygnalizatora ostrzegawczego S-8 nad tym znakiem, który włączany jest w trybie sygnału żółtego migającego tylko wtedy, gdy dozowanie ruchu jest uruchomione. Dozwolone jest również stosowanie znaku o zmiennej treści w tym zakresie.

(11) Lokalizacja sygnalizatorów sterujących ruchem wjazdowym na łącznicy lub jezdni zbierająco-rozprowadzającej węzła powinna uwzględniać podstawowe zasady sytuowania sygnalizatorów, zawarte w rozdziale 12 WR-Z-31 oraz uwzględniać dodatkowo następujące wymagania:

- a) sygnalizatory, w miarę możliwości, powinny być widoczne z odległości co najmniej 60 m,

- b) sygnały nadawane przez te sygnalizatory nie powinny być, w miarę możliwości, widoczne dla uczestników ruchu poruszających się po drodze głównej,
- c) lokalizacja sygnalizatorów i położenie linii zatrzymań przed nimi powinny umożliwiać rozpędzenie się pojazdów w celu zmiany pasa ruchu przed wjazdem na jezdnię główną; zaleca się, uwzględnienie możliwości rozpędzenia samochodów ciężarowych do 70 km/h na pasie włączenia (co stanowi odległość ok. 200 m od końca pasa włączenia w przypadku braku znaczących pochyleń).

(12) Dopuszcza się stosowanie dwóch grup sygnalizacyjnych na wlocie przy dozowaniu ruchem w przekroju dwupasowym łącznicy węzła, stosując sygnalizatory nad pasami ruchu jako podstawowe z zaleceniem stosowania dodatkowych sygnalizatorów po obu stronach jezdni.

(13) Zaleca się pod sygnalizatorami umieszczać dodatkowe tabliczki z napisem „Tylko jeden pojazd na zielonym”.

(14) Przykładowe rozmieszczenie sygnalizatora dozującego ruch na łącznicy węzła wraz z niezbędnymi polami detekcji przedstawiono na 5.6.2. Rekomendowanym, minimalnym układem detekcji ruchu w rejonie obszaru sterowania na potrzeby dozowania ruchu pojazdów na jezdnię główną węzła stanowi układ zaprezentowany na rys. 5.6.2. Charakterystyka tego układu została zaprezentowana w tabeli 5.6.1.

(15) Przykładowy scenariusz realizacji włączenia sygnalizacji dozującej ruchem został zilustrowany na rys. 5.6.3.

(16) Sygnalizacja świetlna jest załączana w zależności od bieżących lub prognozowanych potrzeb ruchowych. Programy sygnalizacji świetlnej powinny być tak tworzone, aby zapobiegać wjazdowi na jezdnię główną kolumn pojazdów, gdy warunki ruchu na jezdni głównej ulegają pogorszeniu oraz aby przeciwdziałać powstawaniu kolejek na łącznicy sięgających drogowej sieci, z której następuje dozowanie ruchu. W tym celu zaleca się dozować ruch poprzez dopuszczanie do jezdni głównej pojedynczych pojazdów.

(17) W przypadku stosowania programów dopuszczających na jezdnię określonej liczby pojazdów zaleca się stosowanie tabliczek informujących o liczbie pojazdów dopuszczanych w jednym cyklu sygnalizacyjnym, instalowanych pod sygnalizatorem jako ZZT-C. Przykładowa treść takiej tabliczki została umieszczona na rys. 5.6.4.

(18) W trakcie dozowania ruchu pojazdów na główną jezdnię węzła należy stosować następujące czasy trwania poszczególnych sygnałów nadawanych przez sygnalizatory S-1:

- a) sygnał czerwony z żółtym – 1 s,
- b) sygnał zielony – co najmniej 2 s,
- c) sygnał żółty – 1 s,
- d) sygnał czerwony – co najmniej 2 s.

(19) Dopuszcza się, aby długość sygnału zielonego wynosiła 2 s przy braku stosowania sygnału żółtego w sekwencji sterowania ruchem, co przełoży się łącznie na cykl 5 s dozowania ruchem na jezdnię główną (pomija się sygnał żółty).

(20) Zalecana długość sygnału powinna wynosić:

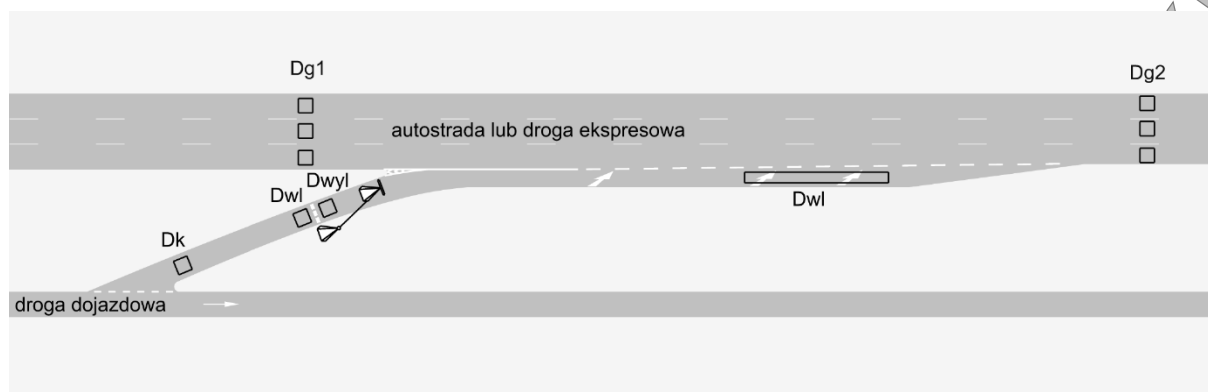
- a) Nie więcej niż 2 s sygnału zielonego, gdy dopuszcza się wjazd tylko jednego pojazdu, przy czym długość sygnału czerwonego nie powinna być mniejsza niż 2 s,
- b) Nie więcej niż 5 s sygnału zielonego, gdy dopuszcza się wjazd tylko dwóch pojazdów z jednego pasa ruchu, przy czym długość sygnału czerwonego nie powinna być mniejsza niż 10 s,
- c) Nie więcej niż 8 s sygnału zielonego w pozostałych przypadkach.

(21) Zaleca się w każdym przypadku pominięcie w sekwencji sygnałów dozowania ruchem sygnału żółtego.

(22) W sygnalizacji sterującej ruchem na wjazdach z łącznic na jezdnie główne, nadzorem należy objąć wszystkie sygnały. Brak jakiegokolwiek sygnału powinien powodować przetączenie sygnalizacji świetlnej w tryb wyłączenia.

(23) Przy uruchomieniu sygnalizacji świetlnej, w programie startowym, należy zapewnić wyświetlenie sygnałów:

- żółtego migającego o długości co najmniej 30 s,
- żółtego ciągłego o długości 5 s,
- czerwonego o czasie nie krótszym niż 5 s.

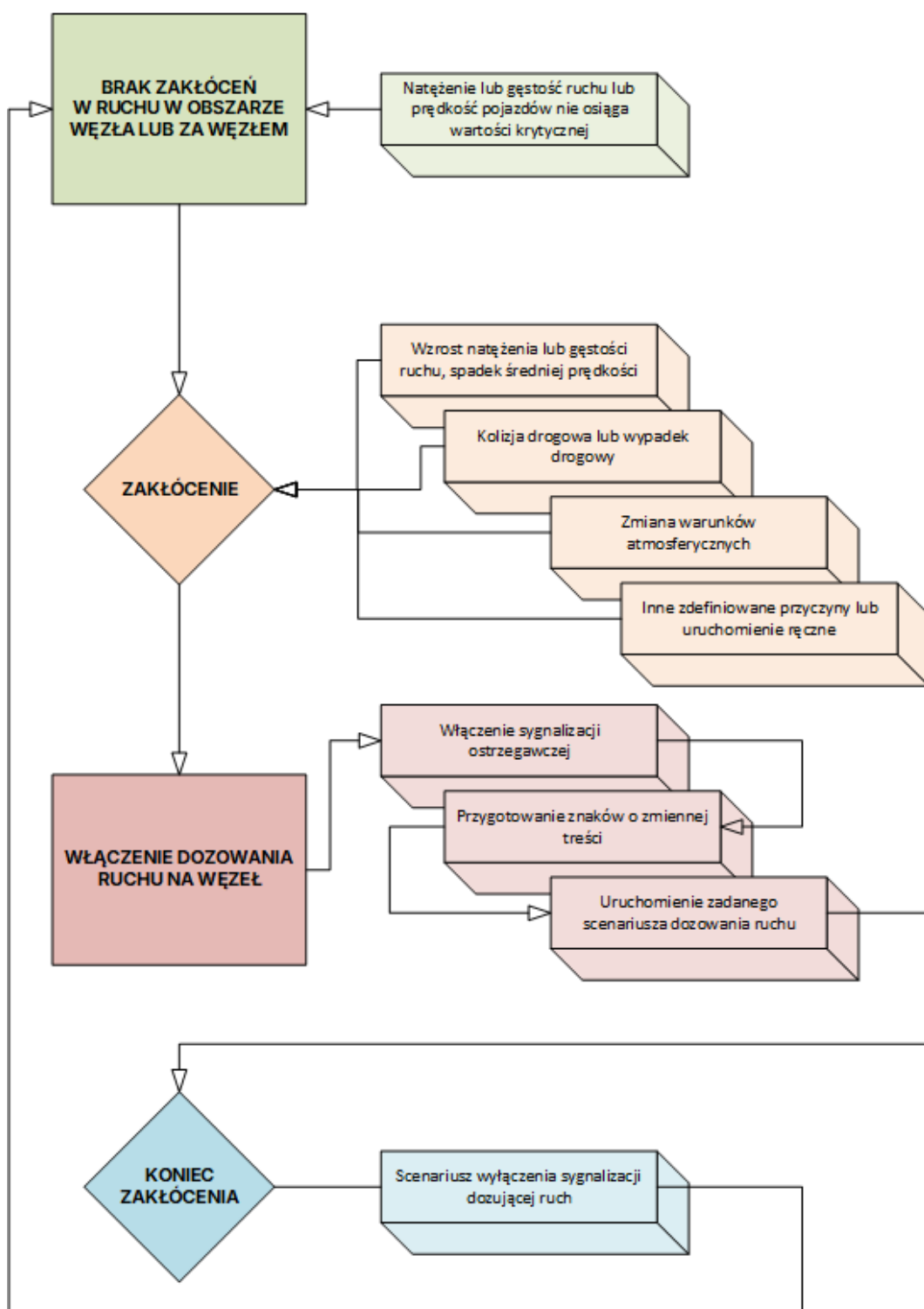


Rys. 5.6.2. Przykładowy schemat sytuowania sygnalizatorów drogowych wraz z układem detekcji dla sygnalizacji dozującej ruchem na łącznicy węzła

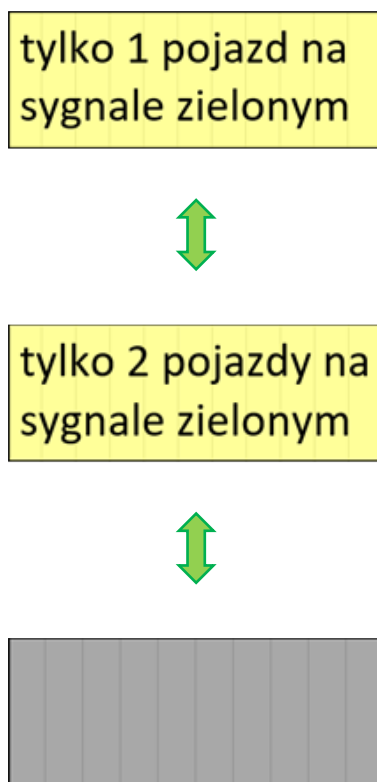
Tab. 5.6.1. Minimalny zakres układu detekcji na przykładowym wjeździe na jezdnię główną węzła za pomocą sygnalizacji świetlnej dozującej ruch pojazdów

Nazwa detektora	Charakterystyka detekcji
Dwj	detektor wjazdowy - wykrywa zapotrzebowanie na obsługę pojazdu wjeżdżającego na drogę ruchu szybkiego i powoduje przydzielenie sygnału zielonego po zrealizowaniu odpowiedniej długości sygnału czerwonego
Dwy	detektor wyjazdowy - powoduje zakończenie sygnału zielonego przydzielonego na obsługę pojazdu wjeżdżającego na drogę ruchu szybkiego
Dk	detektor wykrywający kolejki pojazdów - może przeciwdziałać powstawaniu kolejki przekraczającej możliwości akumulacyjne łącznicy oraz przeciwdziałać gwałtownemu rozładowaniu kolejki i niekontrolowanemu wjazdowi kolumny pojazdów na jezdnię główną (może funkcjonować jako zestaw wielu detektorów lub podukładów detekcji na dojeździe do węzła)
Dwl	detektor pasa włączenia, którego stan zajętości wskazuje na występowanie utrudnień przy włączaniu się do ruchu i przedłuża czas trwania sygnału czerwonego do wartości ustalonej minimalną wartością stopnia ograniczenia dostępu
Dg1	zestaw detektorów na drodze głównej przed łącznicą z dozowaniem ruchu - co najmniej 50 m przed początkiem pasa włączenia
Dg2	zestaw detektorów na drodze głównej za łącznicą z dozowaniem ruchu - co najmniej 50 m za końcem pasa włączenia

(24) Wyłączenie sygnalizacji świetlnej nie może nastąpić w momencie nadawania sygnału zielonego lub czerwonego z żółtym. Zaleca się, aby wyłączenie sygnalizacji dozującej ruch następowało po upływie 2 s sygnału czerwonego, po którym to okresie można rozpocząć nadawanie sygnału żółtego migającego przez maksymalnie 30 s, a następnie wyłączyć pracę sygnalizacji. Dopuszcza się wygaszenie wszystkich sygnałów na sygnalizatorach w chwili, gdy dozowanie ruchu na jezdnię główną węzła nie jest już konieczne, jednak tylko w przypadku, gdy długość sygnału czerwonego jest nie mniejsza niż 5 s.



Rys. 5.6.3. Przykładowy schemat prowadzący do włączenia dozowania ruchu pojazdów na jezdnię główną węzła



Rys. 5.6.4. Przykładowa treść znaku ZST-C pod sygnalizatorem dozującym ruch pojazdów na łącznicy węzła

(25) Zaleca się stosować metodę adaptacyjnego sterowania zależnego od ruchu na jezdni głównej i łącznicy, pomijając programy stałoczasowe. W tej metodzie o zakresie dozowania ruchu na jezdnię główną węzła odpowiada automatyczny pomiar ruchu wykonany przed rejonem włączenia (co najmniej 50 m przed początkiem pasa włączania) i za rejonem włączenia (co najmniej 50 m za końcem pasa włączania), określający aktualną relację pomiędzy natężeniem ruchu na wjeździe na węzeł, warunkami ruchu na jezdni głównej i jej przepustowością. Należy również uwzględnić detekcję wykrywającą kolejkę na łącznicy lub w bardziej zaawansowanych systemach zliczanie pojazdów dojeżdżających ze skrzyżowania na węzle.

(26) Dane uzyskiwane z detekcji zaleca się uzupełniać danymi historycznych, odpowiednim modelem danych ruchowych uwzględniającym poszczególne dni tygodnia i godziny szczytów komunikacyjnych wykorzystywanych w dozowaniu ruchem. Model ten powinien być regularnie aktualizowany, zwłaszcza w sytuacji identyfikowania trwałych zmian w natężeniach ruchu na jezdni głównej. W przypadku awarii detekcji taki model danych powinien stanowić podstawę do wprowadzenia sterowania niezależnego od ruchu.

(27) Dla odcinków dróg, dla których zasadne jest zastosowanie sygnalizacji świetlnej dozującej ruch na łącznicach na kilku węzłach, zaleca się stosowanie ich w sposób zsynchronizowany, polegający na zarządzaniu zasięgiem kolejek na węzłach na odcinku objętym dozowaniem ruchu w celu minimalizacji utrudnień w korytarzu jezdni głównej oraz minimalizacji negatywnego wpływu na drogi dojazdowe do węzłów, szczególnie w obszarach zurbanizowanych na obwodnicach miast.

5.6.3. Stosowanie sygnalizacji świetlnej w obszarze węzła

(1) Skrzyżowania z sygnalizacją świetlną w obszarze węzła projektuje się z zachowaniem zasad określonych we wcześniejszych rozdziałach, przy zachowaniu zasad projektowania skrzyżowań drogowych z rozdziału 9 w WR-D-32.

(2) Projekt programu sygnalizacyjnego dla potrzeb sterowania ruchem na skrzyżowaniach w obszarze węzła powinien być spójny z zasadami określonymi w WR-Z-31. Jego nieodłącznym elementem powinien być specjalnie przygotowany scenariusz sterowania na wypadek dynamicznego zarządzania ruchem w obszarze węzła, uwzględniając zasady dynamicznego zarządzania ruchem:

- a) na jezdni głównej węzła;
- b) na jezdniach zbiorczo-rozprowadzających węzła;
- c) na odcinkach jezdni z dozowaniem ruchu;
- d) w przypadku prowadzenia pojazdów na trasy alternatywne;

co oznacza, że program sygnalizacyjny nie może bazować wyłącznie na danych z detekcji obszaru sterowania ruchem w rozumieniu WR-Z-31, ale również na danych z usług ITS zlokalizowanych w obrębie węzła.

(28) Jeżeli skrzyżowania z sygnalizacją świetlną w obszarze węzła nie funkcjonują wraz z innymi elementami dynamicznego zarządzania ruchem drogowym w tym obszarze, nie dopuszcza się, aby podstawowe programy sygnalizacji świetlnej na tych skrzyżowaniach były programami stałoczasowymi. Zaleca się, aby projektowane programy sygnalizacyjne dla takich skrzyżowań zawsze posiadały logikę sterowania ruchem (algorytm) uwzględniający dane z detekcji ruchu poza obszarem sterowania w rozumieniu WR-Z-31.

5.7. Dynamiczne przekierowanie ruchu pojazdów na trasy alternatywne

(1) Z uwagi na rodzaj planowanych do zastosowania ZZT rozróżnia się dynamiczne przekierowanie ruchu pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem:

- a) TKZT (tablic przeddrogowskazowych E-101c, tablic drogowskazowych E-102c, znaków F-107a) oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych,
- b) TZT-DP lub TZT-P, znaków F-107a oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych,
- c) wszystkich ww. znaków,
- d) wiadomości tekstowych na TZT-P.

(2) Nie przewiduje się umieszczania TKZT w tunelach.

5.7.1. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem TKZT oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych

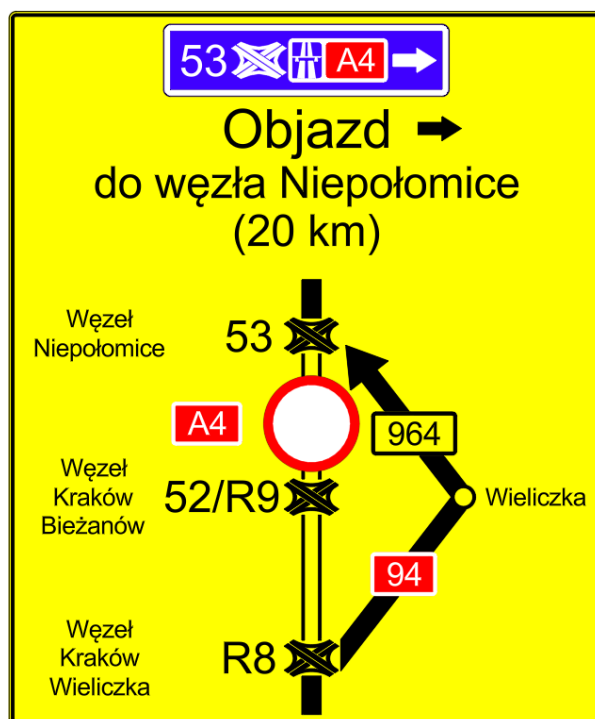
(1) Tablice kierunkowe o zmiennej treści stanowią instrument do sterowania trasami alternatywnymi w celu odciążenia odcinków sieci drogowej, na których występują okresowe utrudnienia. Częściowe skierowanie potoków ruchu na trasę alternatywną zmniejsza intensywność utrudnień na drodze szlakowej. Dzięki temu osiąga się zmniejszenie strat czasu podróży obliczane dla ruchu całkowitego oraz większe wykorzystania przepustowości sieci drogowej.

(2) Tablice kierunkowe o zmiennej treści kierują ruch na trasę alternatywną z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym, zanim powstanie zator na drodze szlakowej bądź zaraz po wystąpieniu symptomów utrudnienia.

(3) Ze względu na sposób zarządzania ruchem rozróżnia się następujące rodzaje tablic kierunkowych o zmiennej treści:

- a) tablice kierunkowe o zmiennej treści zamienne – to takie znaki, na których następuje zamiana drogi szlakowej na trasę alternatywną. Kierujący nieznaający sieci nie rozpozna, iż podróżuje trasą alternatywną,
- b) tablice kierunkowe o zmiennej treści rozszerzone – to takie tablice kierunkowe, które wskazują drogę szlakową na części o stałej treści oraz na wyraźnie wydzielonej powierzchni, za pomocą znaków o zmiennej treści wskazują trasę alternatywną.
- c) tablice kierunkowe o zmiennej treści uzupełniające (F-107a) – informują o:
 - i. numerze drogi klasy A lub S oraz numerze węzła, na którym kończy się trasa alternatywna,
 - ii. kierunku pierwszego manewru w celu zjazdu na trasę alternatywną;
 - iii. przebiegu drogi alternatywnej i jej długości;
 - iv. punktach decyzyjnych na trasie objazdu;

(4) Przykład jednej z treści tablicy kierunkowej o zmiennej treści uzupełniającej F-107a przedstawiono na rysunku 5.7.1.



Rys. 5.7.1. Przykład jednej z treści tablicy kierunkowej o zmiennej treści uzupełniającej F-107a.

(5) Integralną częścią oznakowania trasy alternatywnej są stałe tabliczki F-108a (właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy A) lub F-108b (właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy S).

(6) Tabliczki te winny zawierać:

- Piktogram znaku D-107 lub D-109,
- numer drogi klasy A lub S,
- symbol węzła oraz numer węzła, na którym kończy się trasa alternatywna,
- strzałkę kierunkową wskazującą kierunek manewru w punkcie decyzyjnym (na trasie alternatywnej) w celu kontynuowania jazdy trasą alternatywną;

(7) Przykład stałej tabliczki F-108a przedstawiono na rys. 5.7.2.



Rys. 5.7.2. Przykład stałej tabliczki F-108a

(8) Przykład stałej tabliczki F-108b przedstawiono na rys. 5.7.3.



Rys. 5.7.3. Przykład stałej tabliczki F-108a

(9) Znaki o zmiennej treści o funkcji tablic kierunkowych TKZT do kierowania na trasy alternatywne do dróg klasy A i S, powinny być umieszczane w obrębie węzła, pełniąc przy tym funkcję informacyjną, decyzyjną oraz potwierdzającą sytuację ruchową.

(10) Dla dróg klasy A, powinno się stosować TKZT E-101c o funkcji wstępnego informowania kierującego pojazdem o sytuacji ruchowej przed węzłem i powinna być umieszczana w odległości 1500 m przed zjazdem na węzle.

(11) Dla dróg klasy A i S TKZT E-101c o funkcji decyzyjnej przekazująca informację w zakresie konieczności podjęcia decyzji o dalszych zamiarach kierującego pojazdem na najbliższym węźle powinna być umieszczana w odległości 500 m przed zjazdem na węzle.

(12) Dla dróg klasy A i S TKZT E-102c o funkcji decyzyjnej przekazująca informację w zakresie konieczności podjęcia decyzji o dalszych zamiarach kierującego pojazdem na węźle powinna być umieszczana w przekroju zjazdu z jezdni głównej na tym węźle.

(13) Na węzłach typu WA dróg klasy A i S w połowie długości pasa wyłączenia powinno się stosować znak F-107a o funkcji potwierdzenia sytuacji ruchowej przekazujący informację dla kierującego o trasie dojazdu do węzła na autostradzie lub drodze ekspresowej stanowiącego koniec trasy alternatywnej.

(14) Na węzłach typu WB dróg klasy A i S przed pierwszym skrzyżowaniem po opuszczeniu ciągu głównego drogi klasy A lub S powinno się stosować znak F-107a o funkcji potwierdzenia sytuacji ruchowej przekazujący informację dla kierującego o trasie dojazdu do węzła na autostradzie lub drodze ekspresowej stanowiącego koniec trasy alternatywnej.

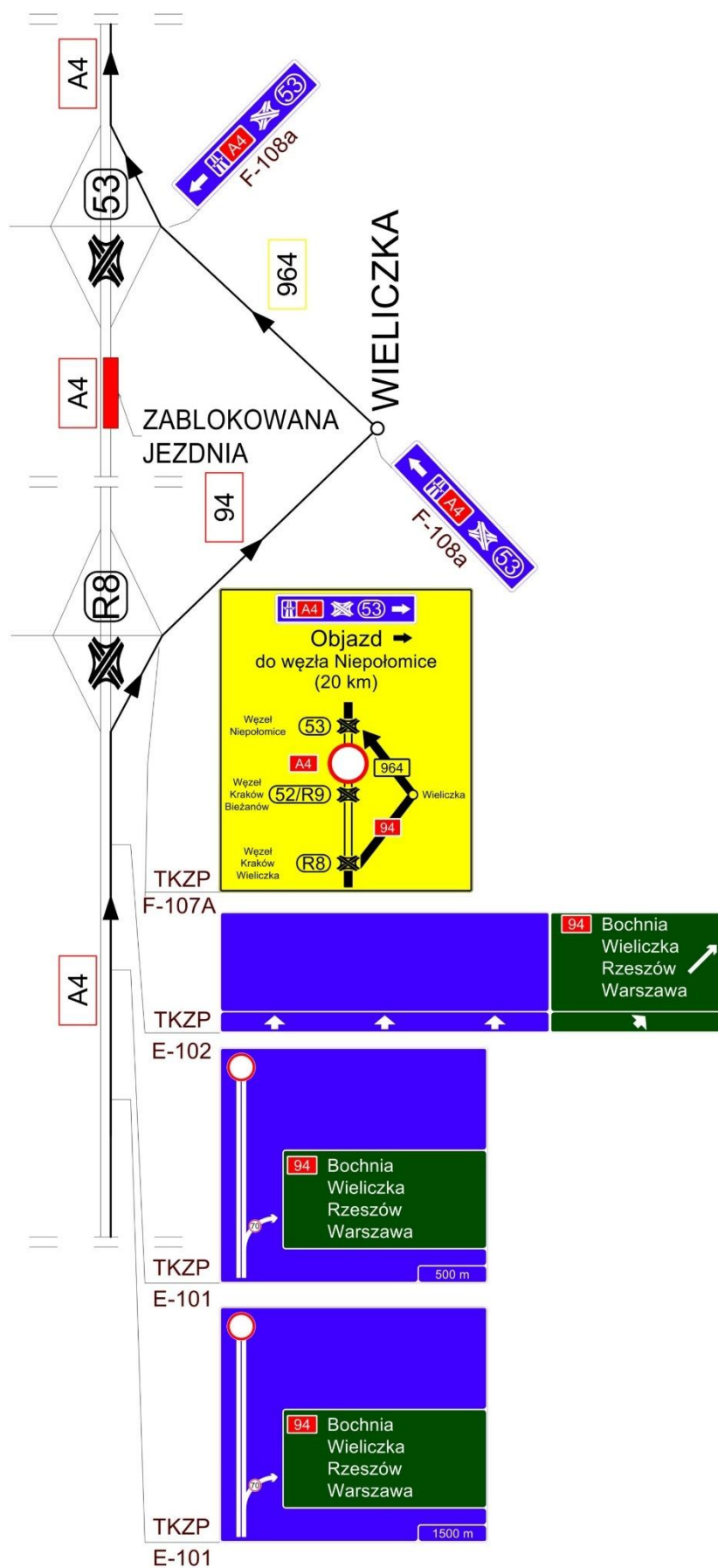
(15) Wskazując trasę alternatywną, komunikat TKZT powinien podawać (i) przyczynę/skutek utrudnienia i lokalizację zdarzenia lub odcinka (np. wskazanie zamkniętego odcinka drogi), oraz (ii) zalecenie/kierunek (strzałka + nazwa miejscowości/ numer drogi), z zachowaniem układu tablic E-101c, E-102c, F-107a.

(16) W miejscach decyzyjnych na trasie alternatywnej do drogi klasy A i S obligatoryjnie należy stosować znaki F-108a właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy A lub znaki F-108b właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy S.

(17) W przypadku, gdy w miejscach decyzyjnych na trasie alternatywnej do drogi klasy A i S występują znaki kierunku (E-102, E-103, E-104, E-105, E-106, E-108, E-109), znaki F-108a lub F-108b należy lokalizować na tej samej konstrukcji wsporczej co ww. znaki kierunku.

(18) Przykładowy układ tablic TKZT w ciągu drogi klasy A oraz w sieci drogowej stanowiącej trasę alternatywną przedstawiono na rysunku 5.7.4.

(19) Przykładowy układ tablic TKZT w ciągu drogi klasy S oraz w sieci drogowej stanowiącej trasę alternatywną przedstawiono na rysunku 5.7.5.



Rys. 5.7.4. Przykładowy układ tablic TKZT w ciągu drogi klasy A oraz w sieci drogowej stanowiącej trasę alternatywną

5.7.2. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem TZT-DP lub TZT-P, znaków F-107a oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych

(1) Funkcję przekierowania na trasę alternatywną mogą realizować również TZT-DP. Przykład treści wskazującej na przekierowanie ruchu na trasę alternatywną przedstawiono na rysunku 5.7.6.



Rys. 5.7.6. Przykładowa wiadomość tekstowa na TZT-DP informująca o przekierowaniu na trasę alternatywną.

(2) Dopuszcza się przekierowanie ruchu na trasy alternatywne bez zastosowania TKZT E-101c i E-102c pod warunkiem realizacji tej funkcjonalności przez:

- minimum dwa kolejne TZT-DP zlokalizowane na odcinku międzywęzłowym poprzedzającym węzeł stanowiący początek trasy alternatywnej;
- znak F-107a,
- znaki F-108a (właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy A) lub znaki F-108b (właściwe dla trasy alternatywnej do drogi klasy S).

(3) Przykładowy układ tablic znaków TZT-DP, F-107a w ciągu drogi klasy S oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b w sieci drogowej stanowiącej trasę alternatywną przedstawiono na rysunku 5.7.7.

5.7.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów na trasy alternatywne z TZT-DP, TKZT, znaków F-107a oraz stałych tabliczek F-108a lub F-108b informujących o przebiegu trasy alternatywnej w miejscach decyzyjnych

(1) Mając na uwadze dynamiczny rozwój technologii ITS oraz konieczność optymalnego wykorzystywania wszystkich dostępnych narzędzi ITS do dynamicznego zarządzania ruchem pojazdów na trasy alternatywne, dopuszcza się stosowanie łączne TZT-DP oraz TKZT.

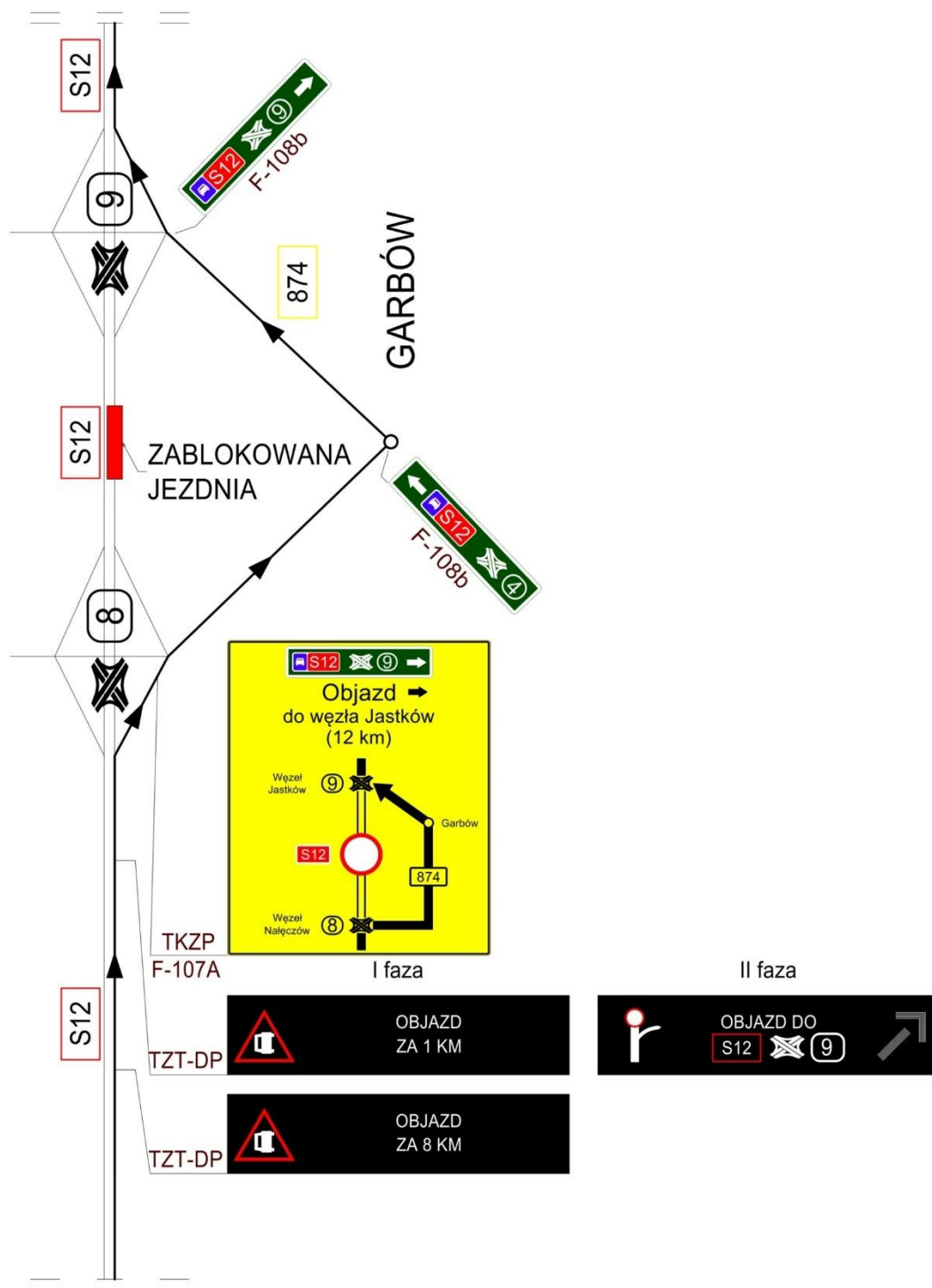
(2) Przykład takiego zastosowania przedstawiono na rysunkach 5.7.8.

5.7.4. Dynamiczne zarządzanie ruchem pojazdów poprzez przekazywanie informacji w formie wiadomości tekstowych na TZT-P

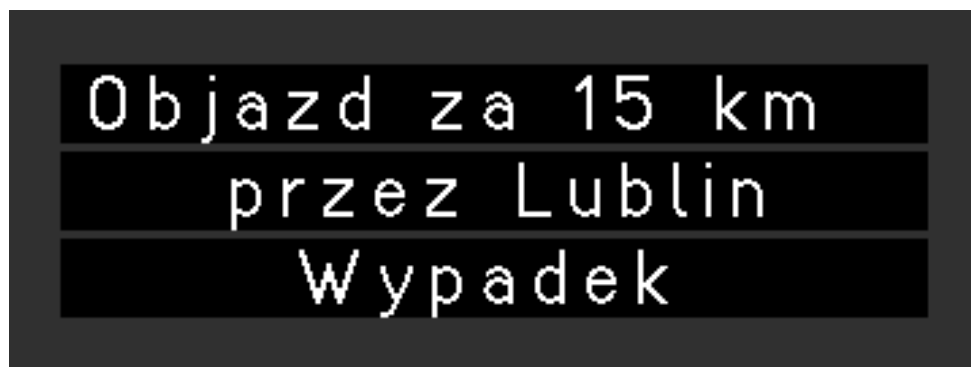
(1) Innym sposobem zarządzania ruchem w sieci jest przekazywanie kierującym informacji w formie wiadomości tekstowych. Ma on zastosowanie w szczególności w obszarach miejskich, gdzie nie ma możliwości wyznaczenia stałych tras alternatywnych lub też oznakowanie wszystkich dostępnych tras alternatywnych jest nieuzasadnione finansowo.

(2) Poprzez informacje nadawane przez TZT-T można wpływać na zachowania tej części kierujących, którzy znają lokalną sieć drogową. Tablice nadają komunikat najczęściej zawierający w trzech lub czterech liniach skutki zdarzenia dla ruchu, jego miejsce oraz zalecenia (rysunek 5.7.9).

Uczestnicy ruchu znający sieć drogową, dzięki informacji o skutkach, miejscu oraz zaleceniach związanych ze zdarzeniem drogowym, mogą w odpowiedni sposób zmodyfikować swoją trasę przejazdu w celu uniknięcia ewentualnych opóźnień.



Rys. 5.7.7. Przykładowy układ tablic znaków TKT-DP, F-107a w ciągu drogi klasy S oraz stałych tabliczek F-108b w sieci drogowej stanowiącej trasę alternatywną



Rys. 5.7.9. Przykładowa wiadomość tekstowa na TZT-T informująca o przekierowaniu na trasę alternatywną.

5.8. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach drogowych i ruchowych

5.8.1. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach drogowych

- (1) Ostrzeżenia o niebezpiecznych warunkach atmosferycznych stosuje się w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego.
- (2) Każda stacja pomiarowa, wyposażona w odpowiednie czujniki stanu atmosfery oraz nawierzchni, dostarcza odpowiednich danych o warunkach meteorologicznych. Informacje te są zazwyczaj wstępnie przetworzone w taki sposób, aby można je było wykorzystać bezpośrednio do aktywacji odpowiednich algorytmów ostrzegających przed niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi.
- (3) Wymagania dotyczące wyposażenia stacji meteorologicznych znajdują się w odrębnych opracowaniach, specyfikacjach technicznych, np. w specyfikacji PN-EN 15518 oraz wytycznych technicznych.
- (4) W każdym wypadku, stosując ograniczenie prędkości, należy uwzględnić przepisy ogólne.

5.8.1.1 Ograniczona widzialność

- (1) Na drogach ekspresowych i autostradach, na odcinkach wrażliwych, na których cyklicznie występują zjawiska ograniczonej widzialności (np. intensywnie zamglenia), zaleca się stosowanie systemu dynamicznego informowania kierujących pojazdami o warunkach drogowych. Znaki o zmiennej treści umieszcza się na całym obszarze występowania zjawisk.
- (2) Czujniki pomiarowe powinny zostać rozmieszczone zwłaszcza w punktach o najwyższej intensywności zjawisk.
- (3) Rekomenduje się utworzenie co najmniej trzech stopni widzialności. W zależności od stopnia widzialności należy ograniczać odpowiednio prędkość do 110, 80 oraz 60 km/h.
- (4) Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed ograniczoną widzialnością przedstawiono na rysunku 5.8.1.
- (5) Przykładowe komunikaty na TZT-DP w celu ostrzegania przed ograniczoną widzialnością przedstawiono na rysunku 5.8.2.

5.8.1.2 Boczny wiatr

- (1) Ostrzeżenie przed bocznym wiatrem stosuje się w obszarach występowania intensywnych porywów wiatru przekraczających 8 m/s.
- (2) Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed bocznym wiatrem przedstawiono na rysunku 5.8.3.
- (3) Przykładowe komunikaty na TZT-DP w celu ostrzegania przed bocznym wiatrem przedstawiono na rysunku 5.8.4

5.8.1.3 Śliska nawierzchnia

(1) Na odcinkach dróg, na których cyklicznie występuje ryzyko możliwości poślizgu pojazdu, którego kierujący może się nie spodziewać, zaleca się stosowanie systemu dynamicznego informowania kierujących pojazdami o warunkach drogowych. Poślizg ten może być spowodowany w szczególności stałym lub okresowym zawilgoceniem jezdni.

(2) Znaki o zmiennej treści umieszcza się przed odcinkami wrażliwymi, na których cyklicznie występują ryzyko możliwości poślizgu pojazdu, np. w obrębie przejścia przez krzywą przejściową łuku poziomego obrębie, którego występują powierzchnie o utrudnionym spływie wód opadowych z jezdni.

(3) Ostrzeżenie powinno być generowane automatycznie po wykryciu zmniejszonej szorstkości jezdni wskutek zjawisk atmosferycznych (np. warstwy cienkiego filmu wodnego po lub w trakcie opadów deszczu stwarzającego zagrożeniem powstania zjawiska "aquaplaningu").

(4) Czujniki pomiarowe powinny zostać rozmieszczone zwłaszcza w punktach o najwyższej intensywności zjawisk.

(5) Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed śliską nawierzchnią przedstawiono na rysunku 5.8.5.

(6) Przykładowe komunikaty na TZT-DP w celu ostrzegania przed śliską nawierzchnią przedstawiono na rysunku 5.8.6.

5.8.1.4 Śliskość zimowa

(1) Na odcinkach dróg, na których cyklicznie występuje ryzyko występowania na drodze oszronienie jezdni lub gołoledź, zaleca się stosowanie systemu dynamicznego informowania kierujących pojazdami o warunkach drogowych.

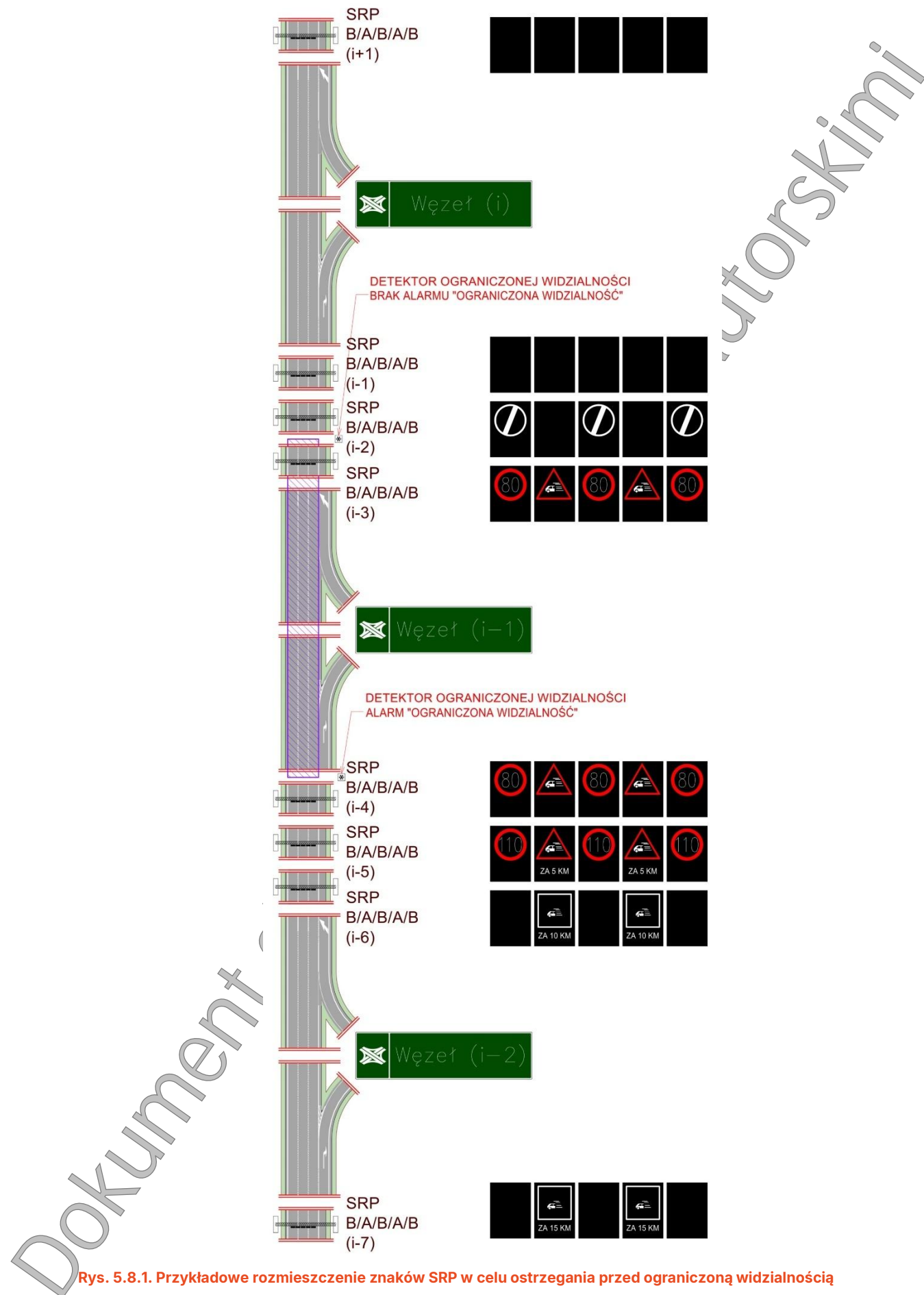
(2) Systemu dynamicznego informowania kierujących pojazdami ostrzegający o śliskości zimowej zaleca się stosować w szczególności w obrębie mostów, wiaduktów i dróg górskich, gdzie ryzyko oszronienia lub gołoledzi jest większe ze względu na przewiewność lub zacienienie.

(3) Czujniki pomiarowe powinny zostać rozmieszczone zwłaszcza w punktach o najwyższej intensywności zjawisk.

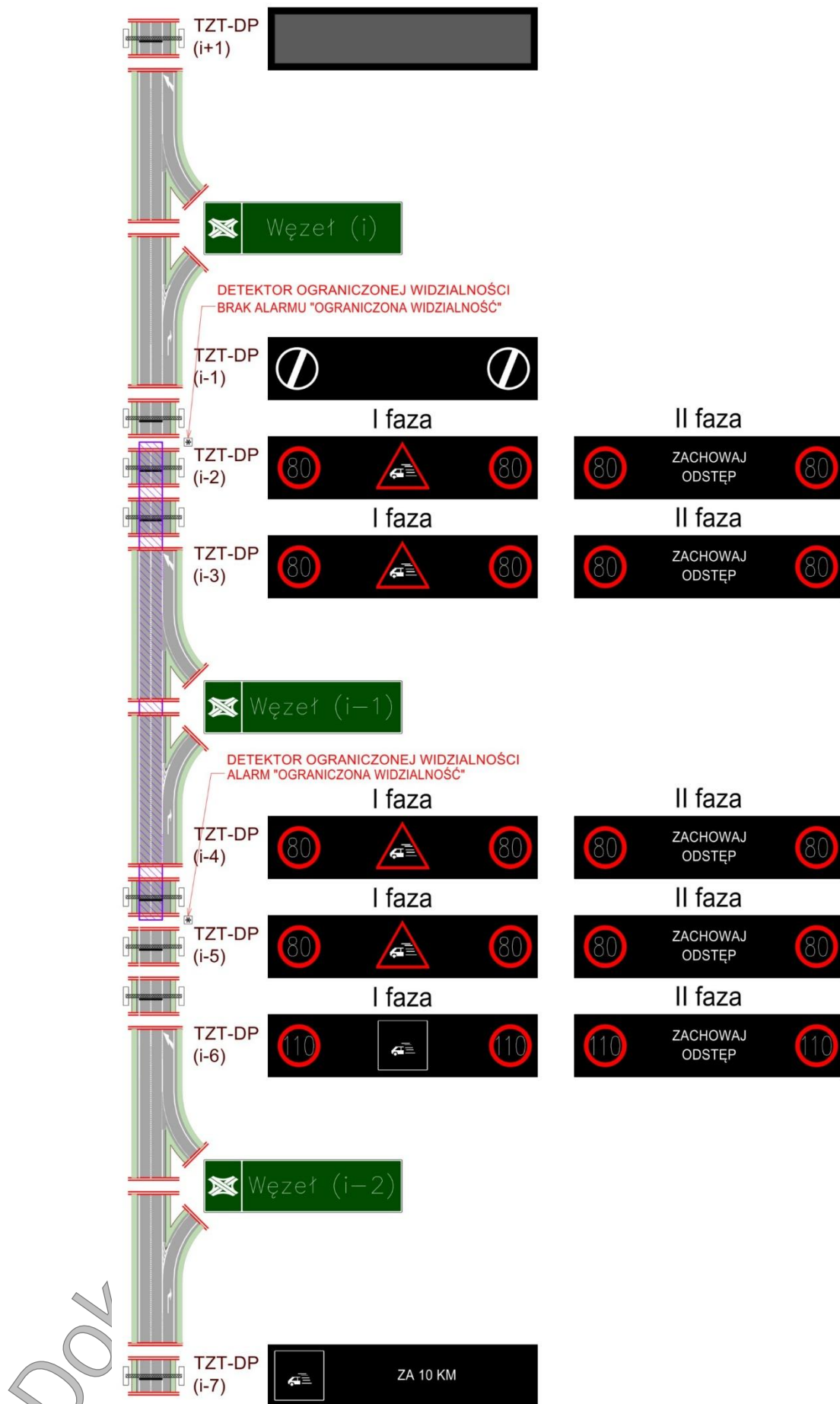
(4) Ostrzeżenie powinno być generowane automatycznie po wykryciu oszronienia lub gołoledzi.

(5) Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed śliskością zimową przedstawiono na rysunku 5.8.7.

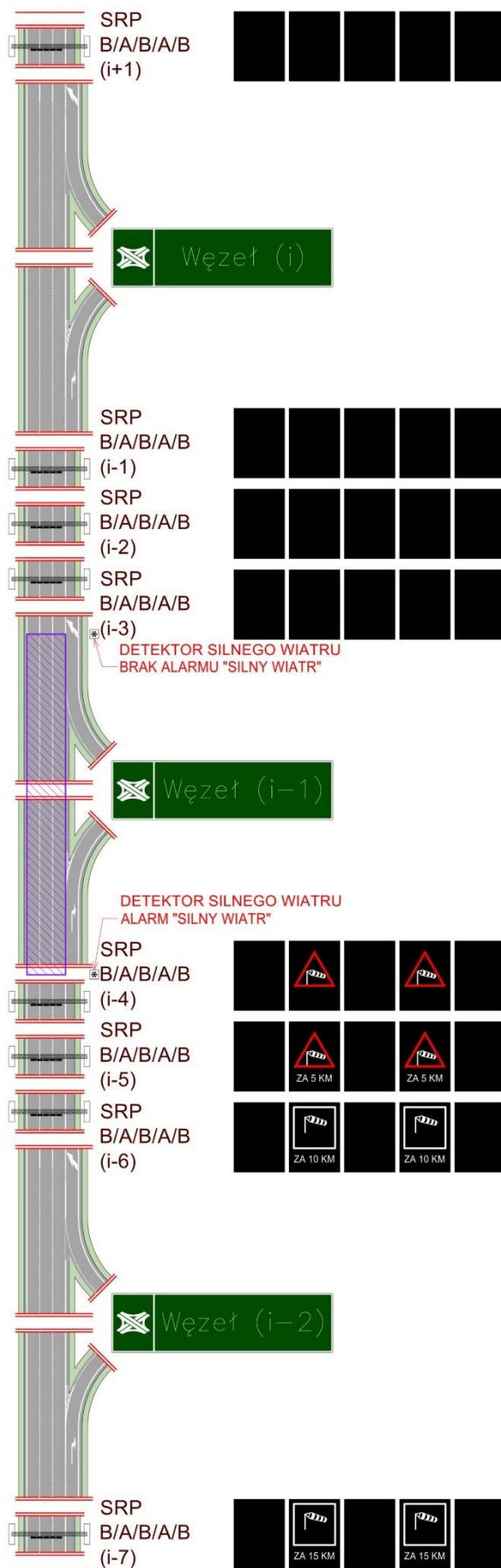
(6) Przykładowe komunikaty na TZT-DP w celu ostrzegania przed śliskością zimową przedstawiono na rysunku 5.8.8.



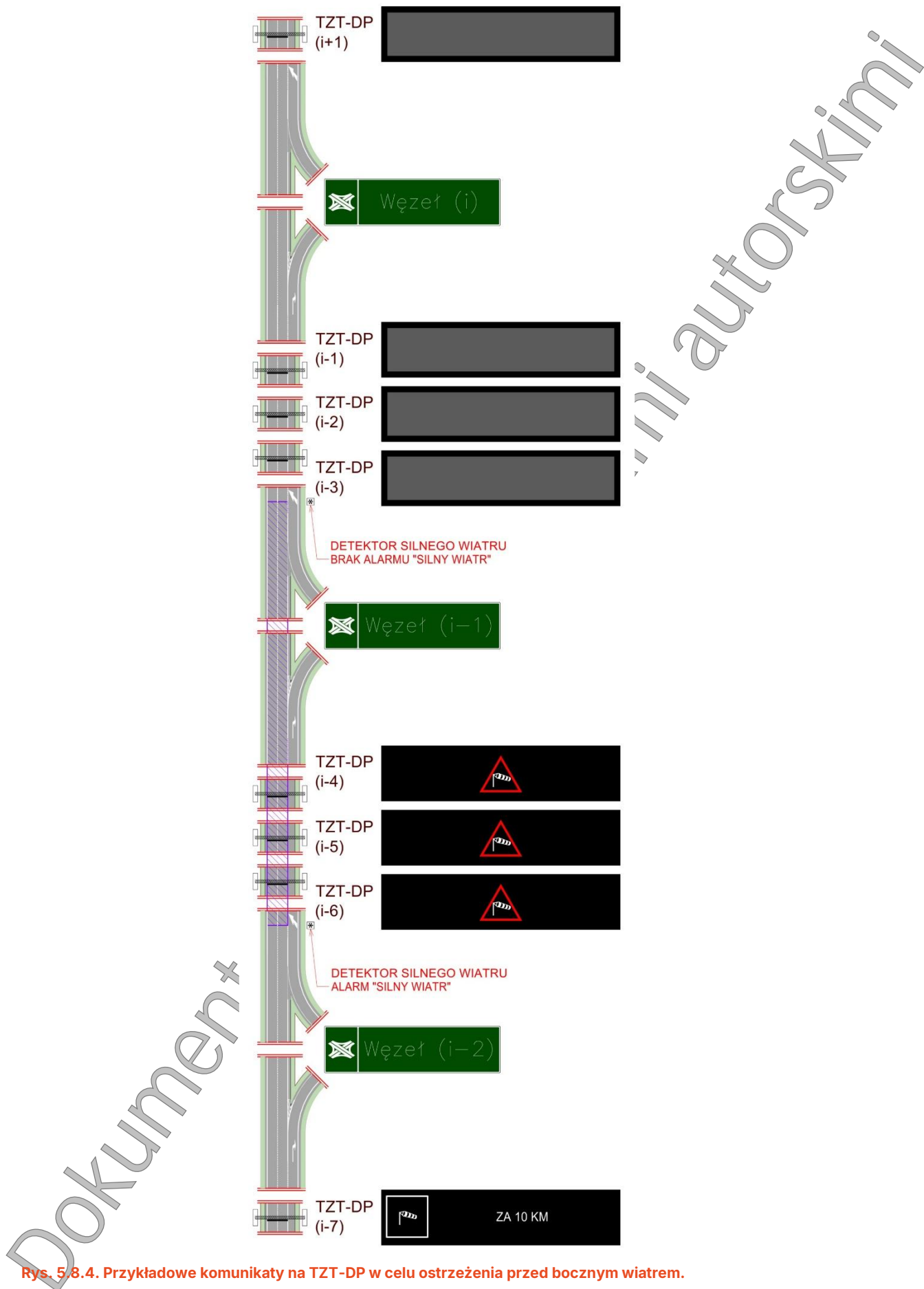
Rys. 5.8.1. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed ograniczoną widzialnością



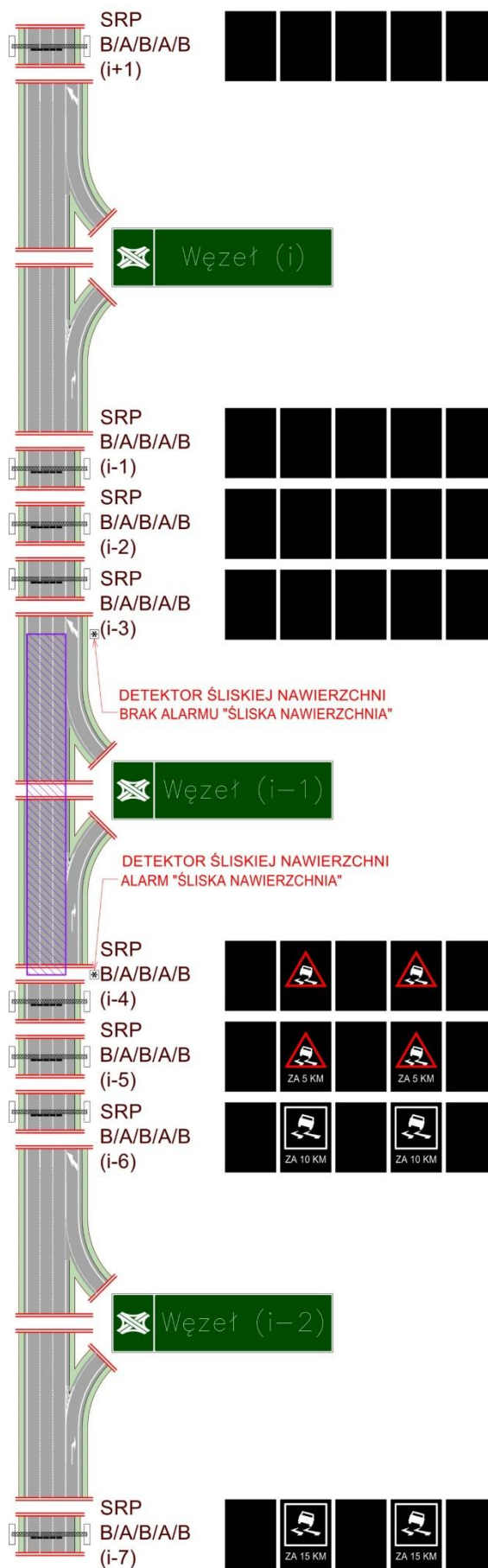
Rys. 5.8.2. Przykładowe komunikaty na TZT-DP w celu ostrzeżenia przed ograniczoną widzialnością.



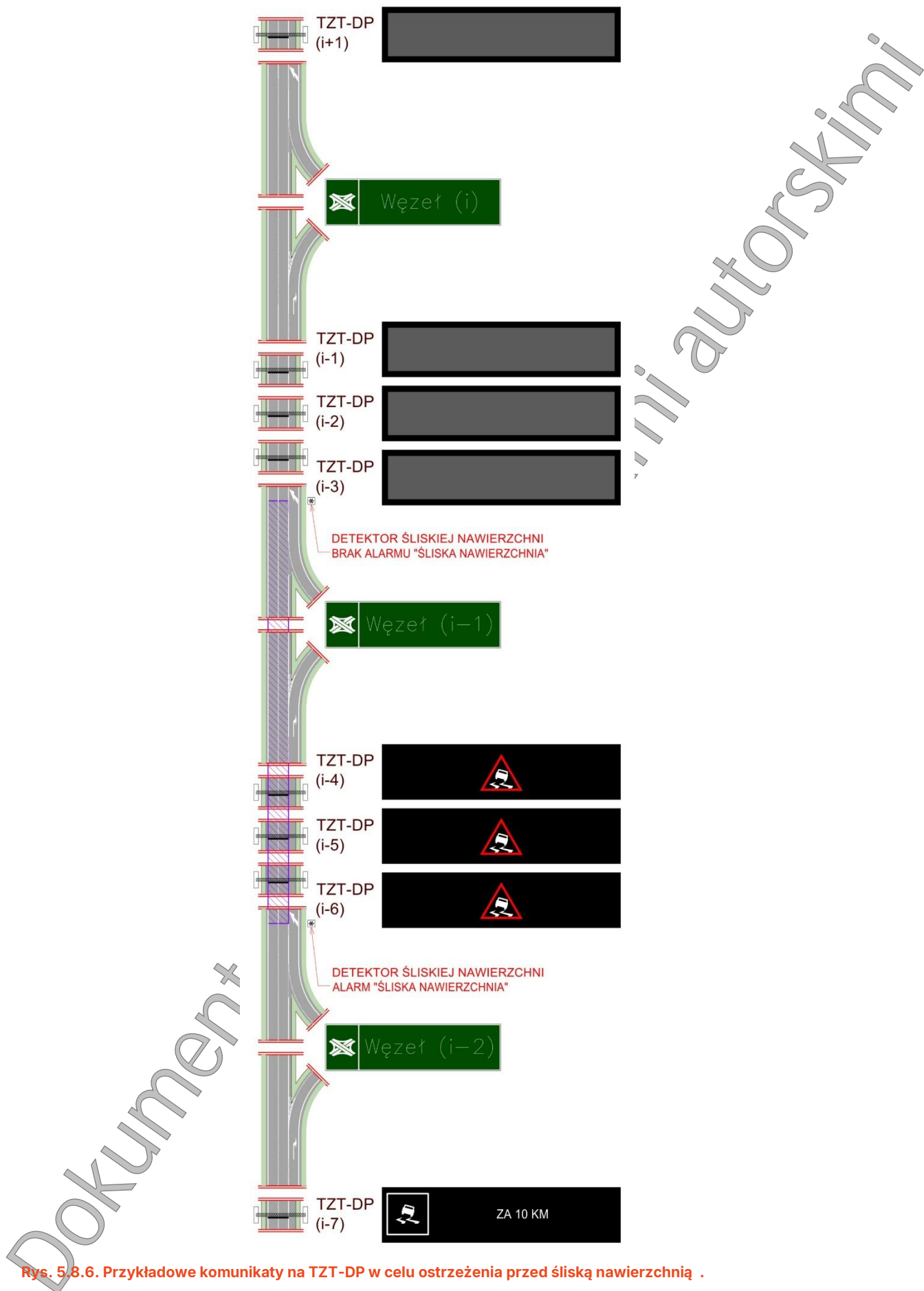
Rys. 5.8.3. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed bocznym wiatrem.



Rys. 5.8.4. Przykładowe komunikaty na TZA-DP w celu ostrzeżenia przed bocznym wiatrem.

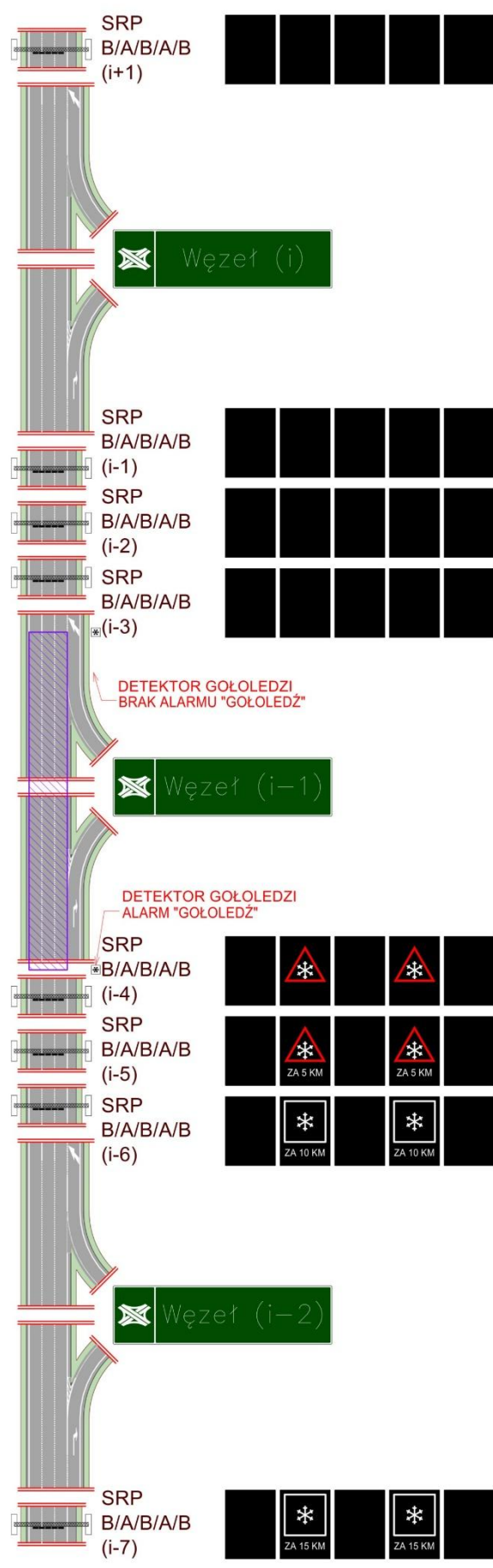


Rys. 5.8.5. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed śliską nawierzchnią.

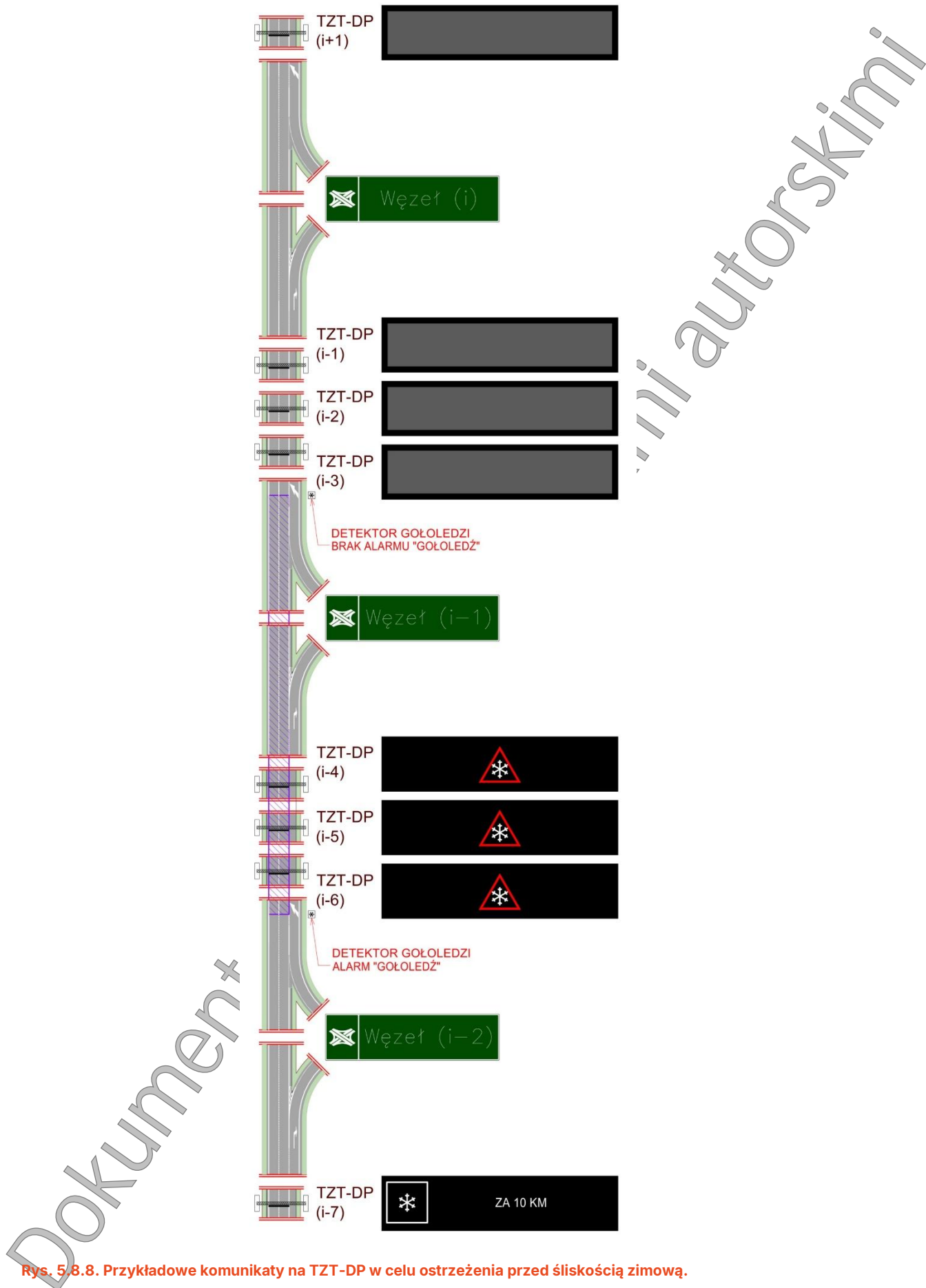


Rys. 5.8.6. Przykładowe komunikaty na TZZ-DP w celu ostrzeżenia przed śliską nawierzchnią .

autorskimi



Rys. 5.8.7. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w celu ostrzegania przed śliskością zimową.



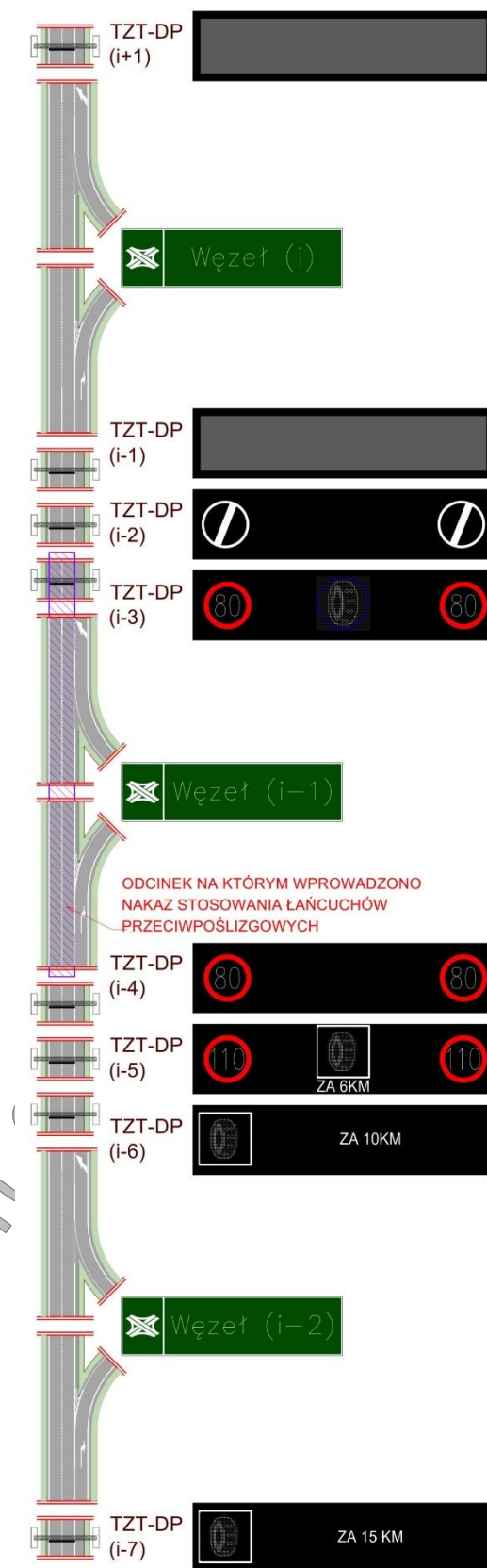
Rys. 5.8.8. Przykładowe komunikaty na TZZ-DP w celu ostrzeżenia przed śliskością zimową.

ZT w ciągu drogi, w sytuacji
chów przeciwpółszluzowych.
W, uzupełniony odpowiednio
wadzono nakaz stosowania

Rys. 5.8.9. Przykładowe rozprzecznościowe



(2) Przykładowe komunikaty na TZZ-DP w celu poinformowania kierowców o występowaniu utrudnień skutkujących nakazem stosowania łańcuchów przeciwpoślizgowych przedstawiono na rysunku 5.8.10



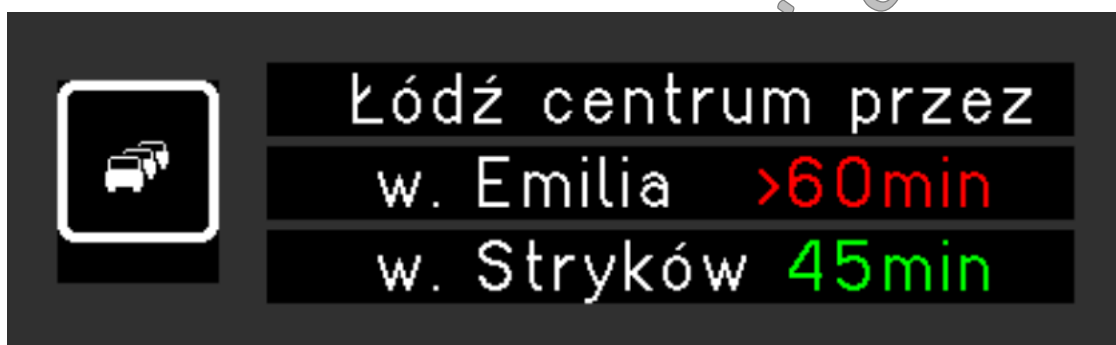
Rys. 5.8.10. Przykładowe rozmieszczenie znaków SRP w wypadku nakazu stosowania łańcuchów przeciwpoślizgowych

5.8.2. Dynamiczne informowanie kierujących pojazdami o warunkach ruchowych

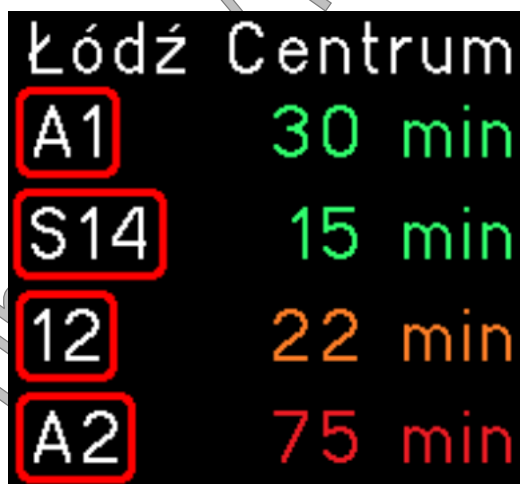
(1) Zadaniem TZT jest również przekazywanie komunikatów o aktualnej sytuacji ruchowej, np. o nakazie używania łańcuchów, zagrożeniach, czasie przejazdu.

(2) W wypadku tablic kierunkowych o zmiennej treści umieszczonych w pobliżu granic państwa, zaleca się wskazywanie najbliższych dużych miejscowości poza granicą państwa oraz o ile to konieczne, stosowanie nazw dwujęzycznych tzn. w języku polskim oraz języku angielskim.

(3) Szczególnym przypadkiem sterowania ruchem w sieci jest informowanie kierujących pojazdami o czasie dojazdu do określonego celu podróży. Przekazanie takich komunikatów ma na celu umożliwienie kierującym wyboru trasy dojazdu oraz efektywne wykorzystanie wydajności sieci drogowej. Informacja o czasie dojazdu powinna zostać dostarczona do kierujących szczególnie w przypadku wystąpienia utrudnień w ruchu spowodowanych zdarzeniami drogowymi. Na rysunkach 5.8.11 i 5.8.12 przedstawiono przykładowy układ informacji na powierzchni obrazowej znaku.



Rys. 5.8.11. Informacja o czasie dojazdu na tablicy TZT-P



Rys. 5.8.12. Przykładowa informacja o czasie dojazdu na TZT-P

(4) Na TZT-P lub TZT-DP należy wyświetlać maksymalnie 4 informacje o czasie dojazdu.

(5) Zaleca się, aby były one nadawane w wypadku, gdy poszczególne wartości różnią się o więcej niż 20 minut. Informacja o czasie dojazdu ma większe znaczenie niż zdarzenie, które wywołało określone skutki, dlatego nie ma konieczności powiadamiania kierujących o zaistniałych przyczynach.

(6) Rekomenduje się przyjęcie 4 wartości czasu wyświetlanych na tablicach TZT np. 15, 30, 45 min. oraz większej niż 1 h. Podane progi czasu przejazdu powinny się dostosować do specyficznych warunków lokalnych.

5.8.3. Systemy lokalne (wyspowe)

(1) Systemy lokalne (wyspowe) są rozwiązaniami mającymi zasięg lokalny, niezwiązane z żadnym systemem zarządzania ruchem. Można stosować je w sytuacjach ostrzegania przed zatorami, niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi, np. mgłą lub robotami na drodze.

(2) Do oznakowania w systemach wyspowych można stosować mobilne znaki o zmiennej treści ZZT-M.

(3) Systemy wyspowe znajdują również zastosowanie w przypadku oznakowania imprez masowych.

(4) Systemy wyspowe powinny posiadać system rejestracji nadawanych komunikatów.

(5) Do systemów wyspowych można zaliczyć np.:

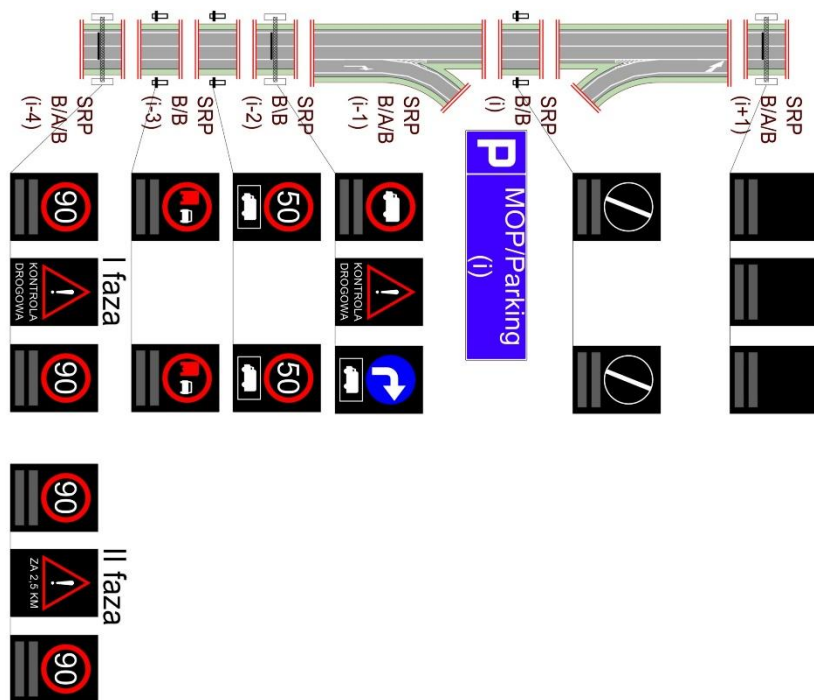
- Systemy informowania o dostępnych miejscach parkingowych zlokalizowanych w ciągu drogi, przeznaczonych dla pojazdów ciężarowych. Takie systemy należy stosować zwłaszcza w obszarach, gdzie cyklicznie występuje zjawisko zatrzymywania się samochodów ciężarowych na pasach włączenia i wyłączenia, spowodowane brakiem wolnych miejsc parkingowych. Przykład znaku informującego o wolnych miejscach parkingowych na drogach klasy A i S przedstawiono na rysunku 5.8.13.
- Systemy informujące o czasie oczekiwania na odprawę na jednym lub wielu przejściach granicznych. Przykład takiego przedstawiono na rysunku 5.8.14.
- Systemy wspierające prowadzenie kontroli drogowych np. w obrębie specjalnie wyznaczonych do tego miejsc lub jako element wyposażenia systemów preselekcji wagowej. W przypadku lokalizacji takiego systemu w ciągu drogi, na której zrealizowany jest SZR np. droga klasy A lub S w obrębie Miejsca Obsługi Podróżnych, system wspierający prowadzenie kontroli drogowej należy zintegrować z SZR w celu uniemożliwienia wyświetlania treści na ZZT wzajemnie się wykluczających lub mogących wprowadzić kierowców w błąd. Przykład zestawu znaków wykorzystywanych do kontroli drogowej przedstawiono na rysunku 5.8.15 i 5.8.16.

MOP	STAN	ODLEGŁOŚĆ
		
Przysiecz	ZAJĘTY	5 km
Góra św. Anny	WOLNY	40 km
Czechło	ZAJĘTY	70 km

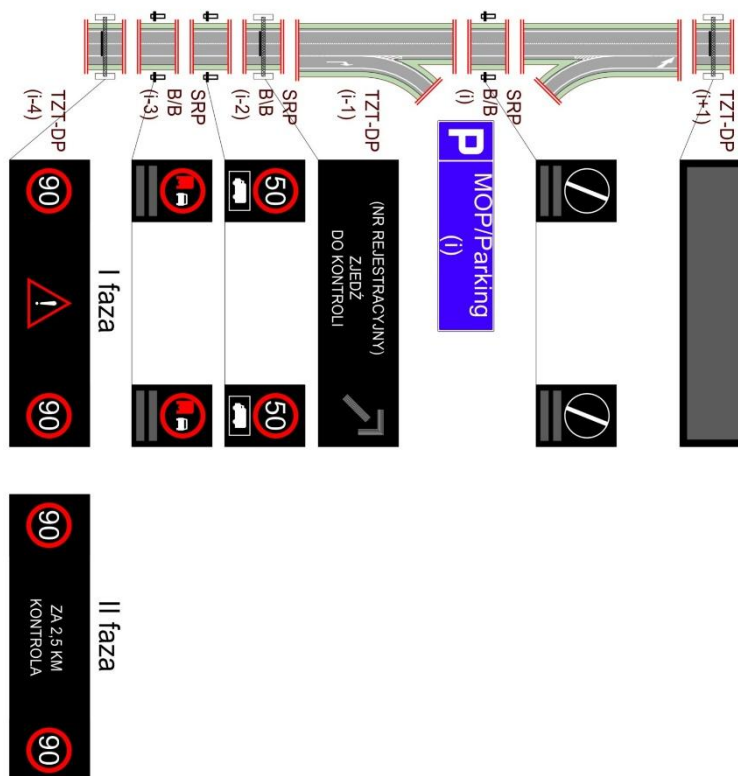
Rys. 5.8.13. Przykład znaku informującego o wolnych miejscach parkingowych stosowany na drogach klasy A i S

PRZEJŚCIE GRANICZNE				
czas oczekiwania h				
				
12 Dorohusk	PL UA			
74 Zosin	PL UA			
17 Hrebenne	PL UA			

Rys. 5.8.14. Przykład znaku informującego o czasie oczekiwania na odprawę na wielu przejściach granicznych



Rys. 5.8.15. Przykład zestawu znaków wykorzystywanych do kontroli drogowej umożliwiający skierowanie do kontroli grupy pojazdów ciężarowych



Rys. 5.8.16. Przykład zestawu znaków wykorzystywanych do kontroli drogowej umożliwiający skierowanie do kontroli wybranego pojazdu ciężarowego

Dokument chroniony prawami autorskimi

6. Rekomendacje w zakresie warunków sytuowania znaków o zmiennej treści i znaków aktywnych na sieci dróg zamiejskich poza autostradami i drogami ekspresowymi

(1) Znaki o zmiennej treści lub znaki aktywne w ramach dynamicznego zarządzania ruchem na drogach zamiejskich poza autostradami i drogami ekspresowymi powinny spełniać wszystkie wymagania techniczne i sytuowania w pasie drogowym scharakteryzowane w rozdziale 5.

(2) Na drogach krajowych systemy powinny być przygotowane i wdrożone do współpracy z Krajowym Systemem Zarządzania Ruchem. Zaleca się, aby na drogach pozostałych kategorii systemy dynamicznego zarządzania ruchem umożliwiały komunikowanie się z Krajowym Systemem Zarządzania Ruchem, np. poprzez standard DATEX II.

(3) W przypadku ustalenia tras alternatywnych (objazdowych) na wypadek konieczności zamknięcia ruchu na autostradzie lub drodze ekspresowej, o których mowa w rozdziale 5.7 – każda z dróg współpracujących kategorii innej niż krajowa powinna posiadać odpowiednie i dedykowane systemy dynamicznego zarządzania ruchem na drodze. Ich zakres, rodzaj oraz potencjał wykorzystania powinien być ustalony w drodze porozumienia pomiędzy organami zarządzającymi ruchem na drogach współpracujących.

(4) Dynamiczne zarządzanie ruchem drogowym na drogach zamiejskich poza autostradami lub drogami ekspresowymi powinno umożliwiać przekazywanie komunikatów dla kierujących pojazdami związanymi z:

- a) zagrożeniami występującymi na drogach lub skrzyżowaniach,
- b) zakłóceniami w ruchu na drogach lub skrzyżowaniach, w tym o rzeczywistych lub prognozowanych czasach dojazdu,
- c) regulacją prędkości dopuszczalnej,
- d) dostępności parkingowej,
- e) funkcjonowaniu systemów transportowych powiązanych z ruchem drogowym (np. funkcjonowanie promu, centr logistycznych itp.),
- f) warunkami atmosferycznymi,
- g) kampaniach bezpieczeństwa ruchu drogowego.

(5) Na drogach kategorii innej niż drogi krajowe zaleca się wykorzystanie metodologii opracowanej w dokumencie [6].

Dokument chroniony prawami autorskimi

7. Szczegółowe warunki sytuowania znaków o zmiennej treści na sieci ulic

(1) W dynamicznym zarządzaniu ruchem na ulicach najczęściej występującymi znakami o zmiennej treści (ZZT) są:

- a) tablice o zmiennej treści T2T, przeznaczone do wyświetlania komunikatów tekstowych i graficznych, umieszczane nad jezdnią lub obok jezdni,
- b) znaki o zmiennej treści SRP lub sygnalizatory S-4 i S-7 przeznaczone do sterowania ruchem na pasie, umieszczane nad pasami ruchu,
- c) znaki o zmiennej treści SRP lub SRP-RGB, przeznaczone do aktywnego zarządzania ruchem w zakresie regulacji prędkości dopuszczalnej lub zakazów/nakazów ruchu, umieszczane obok jezdni lub nad jezdnią.

(2) Poza wyżej wymienionymi znakami o zmiennej treści w obszarach miast stosowane są również ZZT regulujące ruch drogowy w sposób zależny od systemów wyższej rangi, np. w powiązaniu z Krajowym Systemem Zarządzania Ruchem przy aktywowanym systemie prowadzenia ruchu pojazdów na trasy alternatywne (np. zjazd z autostrady lub drogi ekspresowej, którego objazd prowadzi przez obszar zabudowany).

(3) W miastach zarządzanie ruchem pojazdów na jezdni co do zasady powinno dotyczyć wyłącznie dróg dwujezdniowych o funkcji magistralnej (tranzytowej). Dopuszcza się stosowanie znaków o zmiennej treści do dynamicznego zarządzania ruchem pojazdów na jezdni na ulicach układu podstawowego.

(4) Podstawowymi znakami o zmiennej treści w dynamicznym zarządzaniu ruchem pojazdów na sieci ulic są znaki instalowane nad jezdnią lub przy krawędzi jezdni. Pozwalają one na dynamiczne zarządzanie prędkością, jak również pozwalają na wyświetlanie komunikatów tekstowych lub komunikatów tekstowych wraz z piktogramami znaków konwencjonalnych.

(5) Jako uzupełnienie podstawowych znaków o zmiennej treści w dynamicznym zarządzaniu ruchem pojazdów na jezdni ulic stosować można tablice o zmiennej treści, ukazujące kierującym pojazdami wskazówki dojazdu z funkcją naprowadzania na drogi alternatywne. Na tych tablicach dopuszcza się także wskazywanie kierującym pojazdami informacji o utrudnieniach w ruchu na magistralnej lub podstawowej sieci ulic w danym obszarze zabudowanym.

(6) Uzupełnieniem systemu sterowania ruchem drogowym może być także stosowanie wyświetlaczy prędkości zalecanej na odcinkach dróg ze skoordynowaną sygnalizacją świetlną pomiędzy skrzyżowaniami.

(7) Liczba konstrukcji wsporczych oraz rodzaj dobranych znaków lub tablic o zmiennej treści powinna wynikać z analiz studialnych oraz danych o wskaźnikach wypadkowości, utrudnieniach oraz warunkach meteorologicznych. Rozmieszczenie uzależnione jest od lokalnych uwarunkowań i powinno być uzgadniane indywidualnie mając na uwadze zasady inżynierii ruchu oraz kryteria ekonomiczne.

(8) Zaleca się, aby na sieci ulic:

- a) znak o zmiennej treści stosowane przy krawędzi jezdni umieszczane były w odległości nie dalszej niż 300 m pomiędzy sobą i od skrzyżowania;
- b) znaki lub tablice o zmiennej treści nad jezdnią umieszczane były co najmniej na zjeździe z węzła lub skrzyżowania oraz w odległości odpowiadającej około 50% dystansu do następnego skrzyżowania lub węzła, przy czym w przypadku, gdy odległość od poprzedniego przekroju ze znakami lub tablicami nad jezdnią jest mniejsza niż 500 m nie zaleca się ich stosowania; należy również stosować powtórzenia tych znaków, jeżeli na drodze występują wloty/wjazdy, żeby poinformować kierowców wjeżdżających o funkcjonującej zmiennej organizacji ruchu;
- c) tablice o zmiennej treści ze wskazówkami dojazdu lokalizować w rejonie dojazdu do kluczowych skrzyżowań ulic układu magistralnego lub podstawowego;
- d) wyświetlacze prędkości zalecanej stosować na zjazdach ze skrzyżowań, przy czym rekomenduje się ich stosowanie nad jezdnią w osi wylotu.

7.1. Dynamiczne zarządzanie prędkością w miastach

(1) Na większości dróg w miastach stałe ograniczenia prędkości są ustawione tak, aby odzwierciedlały prędkość odpowiednią dla średnich warunków ruchu przy zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa niechronionych użytkowników ruchu. Jednak w celu uwzględnienia ruchu drogowego, warunków drogowych i pogodowych w czasie rzeczywistym można stosować dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów. Systemy realizujące funkcjonalność dynamicznego zarządzania prędkością pojazdów są aktywowane w określonym czasie w wyniku natężenia ruchu, danych o czasie przejazdu lub innych warunków środowiskowych.

(2) Na potrzeby dynamicznego zarządzania prędkością w miastach możliwe jest ograniczenie prędkości dostosowywane zdalnie, automatycznie przez algorytm lub ręcznie przez operatora. Umożliwia to pokazanie różnych ograniczeń prędkości o różnych porach dnia i w różne dni tygodnia w zależności od założeń i potrzeb.

(3) Dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów w miastach jest wprowadzane przede wszystkim w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Związane jest to głównie z bardziej zagęszczonym układem sieci ulicznej przeplatanej przez naziemne przejścia dla pieszych, skrzyżowania z sygnalizacją świetlną i bardziej zróżnicowane klasy techniczne dróg.

(4) Dlatego na odcinkach dróg, na których występuje podwyższenie prędkości najczęściej o przekroju 2/2 ruchu rekomenduje się wyznaczanie miejsc w których lokalizuje się znaki o zmiennej treści.

(5) Najbardziej skutecznym układem znaków wskazującym na ograniczenie prędkości i jego przyczynę mogą być zarówno TZT-DP oraz znaki SRP.

(6) Szczególnym nadzorem należy objąć obiekty inżynierskie lub krytyczne punkty sieci (przed łukami pionowymi, skrzyżowaniami, na wjazdach do obszarów miejskich, w rejonach szkół) lub na odcinkach dróg co najmniej o przekroju 2/2.

(7) Do poprawnego działania dynamicznego zarządzania prędkością niezbędne są inne usługi ITS, które będą wytwarzały dane dla warunków brzegowych algorytmów sterujących poszczególnymi znakami.

(8) Dynamiczne zarządzanie prędkością pojazdów w miastach nie powinno polegać jedynie na zmniejszeniu prędkości jazdy, ale również na ostrzeżeniu kierowców o przyczynie ograniczenia prędkości na przykład przy wystąpieniu zdarzenia drogowego, niesprzyjających warunkach atmosferycznych lub ograniczeniach w ruchu w najbliższym miejscu, w którym są wykrywane takie sytuacje.

(9) Najczęściej wykorzystywanymi powinny być czujniki analizujące śliskość nawierzchni w miejscach narażonych na występowanie takiego zjawiska, na przykład w powiązaniu z występowaniem nietypowego łuku drogi.

(10) Do sprawnego zarządzania prędkością w szczególności w obszarach mocno zurbanizowanych lub w obszarach, gdzie znajdują się duże ośrodki generujące ruch, w tym szczególnie pod uwagę należy wziąć ruch ciężarowy – przydatnym źródłem danych dla algorytmów wpływających na prędkość powinny być informacje o czasie przejazdu. Może to odbywać się na odcinkach szczególnie narażonych na okresowe zwiększenie ruchu drogowego, co może powodować zagrożenie na drogach dojazdowych do miasta. Korzystnym sposobem analizowania czasów powinna być analiza na jak największym obszarze, nie tylko na drogach, na których można zarządzać prędkością, ale również na drogach przyległych.

(11) Podejmując decyzję o wykorzystaniu zarządzania prędkością należy stosować pozostałe wytyczne związane z planowaniem scenariuszy do Projektu Zmiennej Organizacji Ruchu wypełniając wszelkie wymogi formalne, aby taki projekt uwzględniał okoliczności, w których zakłada się zmianę prędkości.

(12) W celu weryfikacji poprawności działania algorytmów należy wyposażyć urządzenia terenowe w mechanizmy zabezpieczające historię przełączeń stanów na znakach zgodnie z założeniami przyjmowanymi w wytycznych.

(13) Mając na uwadze charakter układu drogowego w miastach może być możliwe bardziej lokalne zarządzanie prędkością bez konieczności budowy znaków w określonych odległościach, ponieważ odcinki do miejsca odwołania znaku mogą być na tyle krótkie, że nie będzie potrzebne przypominanie kierowcom o obowiązującej prędkości. Natomiast należy pamiętać, że duże zagęszczenie skrzyżowań może powodować konieczność zwiększenia liczby znaków, jeżeli zakłada się zarządzanie prędkością w takim układzie dróg.

(14) Zarządzanie prędkością w miastach analogicznie jak na drogach zamiejskich korzystnie jest łączyć z zarządzaniem pasami ruchu i w przypadku takich rozwiązań należy zapewnić spójność komunikatów nadawanych przez SRP w poszczególnych przekrojach.

(15) Połączenie zarządzania prędkością z zarządzaniem pasami ruchu może dać największe korzyści na odcinkach dróg o charakterze GP z występującymi mniejszymi węzłami.

(16) Maksymalna różnica prędkości pomiędzy poszczególnymi przekrojami nie powinna być większa niż 30 km/h.

(17) W wypadku zmian wyświetlanych treści, należy zagwarantować odpowiednie odstępy czasowe przełączenia poszczególnych SRP w określonych przekrojach oraz odpowiednio zsynchronizowaną zmianę komunikatów zgodnie ze wskazaniami wytycznych dla dróg zamiejskich.

7.2. Dynamiczne zarządzanie ruchem miejskim w tunelach

(1) W przypadku zarządzania ruchem w tunelach, które znajdują się w obszarze zabudowanym, rekomenduje się stosowanie wskazań zgodnie z rozdziałem 5.3.

(2) Zaleca się stosowanie tablic o zmiennej treści na dojazdach do tunelu, które pełnić będą funkcję informacji drogowej o warunkach ruchu w tunelu.

(3) Przed wjazdem do tunelu należy zastosować minimum 4 bramki sygnalizacyjne z sygnalizatorami S-4 i S-7 lub ze znakami o zmiennej treści, nadającymi sygnały SS-4x, SS-4o, SS-7 i SS-7mig. Dopuszcza się zastosowanie sygnalizatorów S-1 zlokalizowanych po obu stronach jezdni w przekroju wjazdu do tunelu.

7.3. Dynamiczne zarządzanie ruchem miejskim w zakresie dostępności pasów ruchu

(1) W przypadku zarządzania dostępnością pasów ruchu na jezdniach wielopasowych ulic jednokierunkowych, ulic dwujezdniowych dwu i wielopasowych lub ulic o zmiennym kierunku ruchu – należy stosować wskazania zgodne z rozdziałem 5.5.

(2) Minimalne odległości pomiędzy bramkami sygnalizacyjnymi z sygnalizatorami S-4 i S-7 (lub znakami o zmiennej treści) nie powinny być mniejsze niż 50 m, ale nie większe niż 300 m.

(3) Minimalna liczba bramek sygnalizacyjnych nie powinna być mniejsza niż 3.

(4) W przypadku dynamicznego zarządzania dostępnością pasów ruchu na węzłach znajdujących się w obszarach zabudowanych, należy stosować się do zasad scharakteryzowanych w rozdziale 5.6 przy uwzględnieniu lokalnych potrzeb układu dróg przyległych do węzła i obciążonych zwiększonym natężeniem ruchu bardziej swobodnie dojeżdżającym do węzła.

7.4. Dynamiczne zarządzanie ruchem w sieci ulic z wykorzystaniem tras alternatywnych wobec autostrad i dróg ekspresowych

(1) W przypadku ustalenia tras alternatywnych (objazdowych) na wypadek konieczności zamknięcia ruchu na autostradzie lub drodze ekspresowej w otoczeniu obszarów zabudowanych – każda z dróg współpracujących powinna posiadać odpowiednie i dedykowane systemy dynamicznego zarządzania ruchem na drodze.

(2) Zakres i wyposażenie dróg w odpowiednie znaki o zmiennej treści lub tablice o zmiennej treści powinien wynikać ze szczegółowej analizy drogowo-ruchowej Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad z przedstawicielami zarządu dróg i organów zarządzających ruchem na tych drogach, które wytypowane zostają jako trasy alternatywne.

(3) Na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, które stanowią przecięcie się dróg, z których co najmniej jedna z nich stanowi drogę w ciągu trasy alternatywnej, o których mowa w rozdziale 5.7, należy zawsze dysponować specjalnym programem sygnalizacyjnym (lub programami), odmiennym (odmiennymi) w zakresie typowego programu sygnalizacyjnego – jeżeli to niezbędne:

- a) oznaczaniem grup kolizyjnych o niedopuszczalnym jednoczesnym zezwoleniu na ruch,
- b) rodzajem faz sygnalizacyjnych i przejść międzyfazowych,
- c) kolejnością wywoływania faz sygnalizacyjnych,
- d) długościami sygnałów zielonych,
- e) długościami cykli sygnalizacyjnych.

(4) Programy, o których mowa w akapicie 3, powinny być opracowane w ramach PZOR przez zatwierdzanej przez organ zarządzający ruchem właściwy dla drogi, na której wprowadzono ograniczenia po uzyskaniu opinii zarządcy drogi oraz organu zarządzającego ruchem na drodze wykorzystywanej jako trasa alternatywna (trasa objazdu).

(5) Zakres, rodzaj oraz potencjał wykorzystania dynamicznego zarządzania ruchem na sieci ulic w zakresie prowadzenia ruchu na trasy alternatywne z autostrad i dróg ekspresowych powinien być ustalony w drodze porozumienia pomiędzy organami zarządzającymi ruchem na drogach współpracujących.

(6) W przypadku ingerencji w sieć miejską trasami alternatywnymi (objazdami) na przestrzeni większej liczby skrzyżowań z sygnalizacją świetlną od trzech, zaleca się objęcie projektem zmiennej organizacji ruchu zakresu obszaru oddziaływania także na innych skrzyżowaniach, na których trasa alternatywna nie jest wyznaczona, ale skutki ruchowe na tych skrzyżowaniach poprzez zmiany pracy programów sygnalizacyjnych na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną w ciągu tych tras mogą wywoływać istotne pogorszenie warunków ruchu.