

Wytyczne stosowania systemów zarządzania ruchem

00-0000.00.00

Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu

WR-Z-42

WR-Z-42

Wytyczne stosowania systemów zarządzania ruchem

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 © Karol Żarski

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. Zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci autostrad, dróg ekspresowych i drogach współpracujących

- 4.1. Cel i zakres rozdziału
- 4.2. Inteligentne drogi szybkiego ruchu
- 4.3. Kontekst bezpieczeństwa ruchu drogowego i efektywnego zarządzania ruchem drogowym
 - 4.3.1. Podejście „Bezpieczny System”
 - 4.3.2. Inżynieria systemów
- 4.4. Korzyści z realizacji inteligentnych dróg szybkiego ruchu
 - 4.4.1. Problemy z wydajnością
 - 4.4.2. Rola aktywnego zarządzania ruchem
- 4.5. Elementy inteligentnych dróg szybkiego ruchu
 - 4.5.1. Zintegrowany System Zarządzania Siecią Drogową
 - 4.5.2. Cele operacyjne inteligentnych dróg szybkiego ruchu
 - 4.5.3. Podstawowe funkcjonalności inteligentnej drogi szybkiego ruchu
 - 4.5.4. Elementy inteligentnej drogi szybkiego ruchu
- 4.6. Architektura i modularność systemów zarządzania ruchem

5. Zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci ulic w miastach i drogach współpracujących

- 5.1. Dynamiczny system informacji i naprowadzania na parkingi – środowisko miejskie
- 5.2. Aktywny system ostrzegania o nadmiernej prędkości i przejściach dla pieszych

6. Założenia do opracowania wytycznych projektowania usług ITS w zakresie nie objętym WR-Z-41 - 43

- 6.1. Zakres wytycznych projektowania usług ITS objętych WR-Z-41 - 43
- 6.2. Usługi ITS wymagające opracowania lub uzupełnienia wytycznych i standardów projektowania

Dokument chroniony prawami autorskimi

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Niniejszy dokument określa zasady stosowania wybranych systemów zarządzania ruchem na autostradach, drogach ekspresowych oraz na sieci ulic w miastach.

(2) Celem dokumentu jest dostarczenie projektantom, zarządcom dróg oraz organom zarządzającym ruchem praktycznych wskazówek technicznych i organizacyjnych, których stosowanie przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, podniesienia efektywności wykorzystania infrastruktury oraz zapewnienia płynności ruchu pojazdów.

(3) Wytyczne zostały opracowane z uwzględnieniem obowiązujących w Polsce regulacji prawnych dotyczących organizacji ruchu drogowego, a także wybranych standardów i praktyk międzynarodowych w obszarze stosowania zmiennej organizacji ruchu.

(4) Zakres wytycznych obejmuje:

- a) zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci autostrad, dróg ekspresowych i drogach współpracujących, z uwzględnieniem modularności systemów, integracji, źródeł danych oraz kryteriów monitorowania i oceny efektywności,
- b) zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci ulic w miastach i drogach współpracujących, z uwzględnieniem specyficznych warunków ruchu miejskiego, takich jak wysokie natężenie ruchu, duża liczba pieszych i rowerzystów, transport zbiorowy oraz ograniczenia przestrzenne,
- c) założenia do opracowania wytycznych projektowania usług ITS w zakresie nieobjętym obecnie wytycznymi i standardami, obejmujące w szczególności zagadnienia nowych usług ITS wymagających standaryzacji.

Dokument chroniony prawami autorskimi

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).
- [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. 2003 nr 177 poz. 1729 z późn. zm.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz. U. 2022 poz. 1518).
- [5] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego (Dz.U. 2019 poz. 1316)
- [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 – Stopień ochrony obudów (IP) – (opcjonalnie)
- [17] PN-EN 62262 – Odporność na uderzenia mechaniczne (kod IK) – (opcjonalnie)
- [18] PN-EN ISO/IEC/IEEE 15288 - Inżynieria systemów i oprogramowania – Procesy cyklu życia systemu
- [19] PN-EN 12352:2010 – Urządzenia do sterowania ruchem drogowym — Światłne urządzenia ostrzegawcze i sygnalizacyjne.

2.3. Pozostałe opracowania

- [20] Federal Highway Administration (FHWA), Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems: An Introduction for Transportation Professionals, FHWA-HOP-07-069, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, 2007.
- [21] VicRoads 2015, Managed motorways framework: network optimisation & operations rationale and technical requirements, VicRoads, Kew, Vic.
- [22] WR-D-13 – Wytyczne wykonywania analiz i prognoz ruchu drogowego, wersja 01, obowiązują od 5 maja 2023 r., rekomendowane przez Ministra Infrastruktury.

- [23] WR-D-12 – Wytyczne wykonywania pomiarów ruchu drogowego, wersja 01, obowiązują od 2022 r., rekomendowane przez Ministra Infrastruktury.
- [24] WR-D-31-1 – Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część 1: Wymagania podstawowe, wersja 01 z dnia 30 listopada 2022 r.
- [25] WR-D-31-2 – Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część 2: Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane, wersja 01 z dnia 30 listopada 2022 r.
- [26] WR-D-31-3 – Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część 3: Ronda, wersja 01 z dnia 30 listopada 2022 r.
- [27] WR-D-22-5 – Wytyczne projektowania odcinków dróg zamiejskich. Część 5: Uspokajanie ruchu na drogach, wersja 01 z dnia 25 lipca 2023 r.
- [28] WR-D-41-3 – Wytyczne projektowania infrastruktury dla pieszych. Część 3: Projektowanie przejść dla pieszych, wersja 01.1 z dnia 16 sierpnia 2024 r.
- [29] WR-D-33 – Wytyczne projektowania zjazdów, wyjazdów oraz wjazdów na drogach zamiejskich i ulicach, wersja 01 obowiązująca od 15 grudnia 2022 r. (z poprawkami z dnia 22 lutego 2023 r.).
- [30] 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.
- [31] Załącznik do Zarządzenia nr 58: Szczegółowe dodatkowe zalecenia do analiz i prognoz ruchu, GDDKiA 2015.
- [32] 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.
- [33] Zarządzenie nr 69 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 9 lipca 2010 r. w sprawie wzorcowej legendy dla dokumentacji projektowej organizacji ruchu
- [34] CEN DATEX II (EN 16157, w szczególności Part 6: ParkingPublication) – profil referencyjny dla danych parkingowych (obiekty, status, atrybuty).
- [35] TPEG2 / ISO/TS 21219 (Parking Information) – dystrybucja danych parkingowych do urządzeń pokładowych/mediów.
- [36] ETSI EN 302 637-2 (CAM), EN 302 637-3 (DENM) – ramy komunikacji C-ITS (kontekstowe wsparcie informacji parkingowej).
- [37] ISO 19321 (Cooperative ITS — IVI data dictionary) – struktury danych dla informacji w pojeździe (IVI).
- [38] ISO 14823 (Traffic and travel information — Graphic data dictionary) – kody/piktogramy (w tym dla znaków/IVI).
- [39] FRAME-NEXT Consortium, The European ITS Framework Architecture (FRAME) – dokumentacja projektu
- [40] U.S. Department of Transportation, ITS Joint Program Office, Architecture Reference for Cooperative & Intelligent Transportation (ARC-IT), wersje bieżące on-line (serwis referencyjny z bazą usług, przepływów danych i interfejsów), Waszyngton, DC.
- [41] GDDKiA, Krajowy System Zarządzania Ruchem. Instrukcja rozmieszczenia klas modułów wdrożeniowych w pasie drogowym, wersja 4.0, Warszawa, 8 stycznia 2019 r.
- [42] EU EIP – C-ITS Quality Package v1.0 (pakiet jakości dla usług C-ITS, minimalne kryteria jakości danych/usług) – 21.01.2022.
- [43] C-Roads Platform: Harmonised C-ITS Specifications, Release 2.0 (2021) – profil usług (Day-1/Day-1.5), w tym In-Vehicle Signage / Parking Information.
- [44] EasyWay / EU ITS Platform – Deployment Guidelines (m.in. wytyczne wdrożeniowe usług dla informacji parkingowej i transportu ciężkiego, w tym „Intelligent Truck Parking”) – edycje 2012 i wcześniejsze.

- [45] FHWA: Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD), 11th Edition, 2023.
- [46] Analiza warunków technicznych oraz zasad stosowania elementów organizacji ruchu na drogach w celu optymalizacji wydatków z Funduszy Unii Europejskiej na inwestycje drogowe oraz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Część 2: Wstępna propozycja wymagań, które powinny się znaleźć w nowym rozporządzeniu. Opracowanie konsorcjum IBDiM, Politechnika Gdańska, Politechnika Krakowska, Politechnika Lubelska, 2025.

Dokument chroniony prawami autorskimi

Dokument chroniony prawami autorskimi

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Aktywne przejście dla pieszych – przejście wyposażone w czujniki i pulsujące sygnały ostrzegawcze, uruchamiane w momencie pojawienia się pieszego w strefie dojścia do przejścia.

Algorytm zarządzania ruchem – część PZOR przedstawiający w graficznej formie zasady dokonywania zmian w organizacji ruchu poprzez wprowadzenie zmiennej organizacji ruchu w odpowiedzi na występowanie określonych sytuacji w ruchu drogowym, mający na celu utrzymanie bezpiecznych warunków jazdy, poprawę płynności ruchu lub komfortu jazdy. Opracowanie algorytmu zarządzania ruchem ma na celu przedstawienie zasad doboru właściwego scenariusza zarządzania ruchem w oparciu o opisane warunki inicjujące oraz odpowiednio spriorytetyzowane procedury zarządzania ruchem.

Back-office DSIP – zaplecze aplikacyjne i dane referencyjne DSIP, obejmujące: repozytorium stanów parkingów i metadanych (lokalizacja, pojemność, typ miejsc), mechanizmy pozyskiwania i walidacji danych, reguły publikacji (progi/histerezy), interfejsy wymiany (np. DATEX II, TIM/IVI), audyt i rejestrowanie wskaźników.

Bilansowanie wjazdów/wyjazdów – metoda wyznaczania liczby zajętych/wolnych miejsc na podstawie zliczania pojazdów na wjazdach i wyjazdach z parkingu (wejście/wyjście) z korektą o błędy i zdarzenia specjalne.

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

Dozowanie ruchu na węzłach (ang. Ramp Metering) – sterowanie dopływem pojazdów z łącznic na jezdnię główną (sygnalizacja wjazdowa) w celu utrzymania przepustowości i stabilizacji prędkości/przepływu.

Dynamiczny System Informacji Parkingowej (DSIP) – zintegrowany podsystem SZR gromadzący, przetwarzający i publikujący w czasie zbliżonym do rzeczywistego informacje o dostępności miejsc postojowych, prezentowane hierarchicznie na ZTT oraz w kanałach cyfrowych. Obejmuje warstwę pozyskiwania danych, logikę jakości i aktualności. DSIP prowadzi kierowców na wolne miejsca postojowe.

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

Komunikat – jednostka informacyjna bądź zbiór jednostek informacyjnych (znaków drogowych, wiadomości tekstowych, symbolu specjalnego, symbolu wtórnego lub sygnału świetlnego) przekazywanych przez pojedynczy ZTT.

Koncepcja Systemu Zarządzania Ruchem – dokumentacja techniczna opracowana na wczesnym etapie planowania SZR zawierająca informacje niezbędne do opracowania projektu systemowego oraz projektów budowlanych i wykonawczych SZR.

Krajowy Punkt Dostępowy (KPD) – krajowy węzeł publikacji i udostępniania danych o ruchu i transporcie (zgodny z dyrektywą ITS).

Obszar oddziaływania DSIP/SZR – część sieci, w której kierowcy podejmują decyzje o wyborze parkingu/trasy; obejmuje typowo wloty do miasta/obszaru, korytarze dojazdowe i wjazdy do obiektów, z hierarchicznym uszczegóławianiem treści.

Procedura zarządzania ruchem – 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.

Projekt zmiennej organizacji ruchu (PZOR) – projekt organizacji ruchu opisujący zasady dynamicznego zarządzania ruchem, zawierający co najmniej: opis techniczny, plan sytuacyjny przedstawiający lokalizację konstrukcji wsporczych ZTT, tabele sterowania, algorytmy i

scenariusze zarządzania ruchem oraz odpowiednio priorytetyzowane procedury zarządzania ruchem. W przypadku, gdy wdrażane funkcjonalności SZR wpływały będą na sterowanie ruchem przez sygnalizację/sygnalizacje świetlne, projekt zmiennej organizacji ruchu winien zawierać alternatywne programy sygnalizacji świetlnej/świetlnych. W przypadku wdrażania SZRS, projekt zmiennej organizacji ruchu winien zawierać plan orientacyjny przedstawiający przebieg tras alternatywnych oraz przedstawiony na planie sytuacyjnym sposób ich oznakowania.

Redundancja detekcji – zestaw dwóch lub więcej niezależnych źródeł danych o zajętości (np. bilans wjazd/wyjazd + kamery stanowiskowe), stosowany w celu podniesienia wiarygodności DSIP i zapewnienia ciągłości usługi.

Sekwencja (faza) – ściśle określona w czasie zmiana stanów niektórych ZZT zaliczających się do podgrupy znaków o zmiennej treści należących do określonego algorytmu.

Scenariusz zarządzania ruchem – ściśle określony, zmienny w czasie stan znaku lub grupy znaków o zmiennej treści uruchamiany w wyniku zaistnienia zdefiniowanych warunków inicjujących. Scenariusz zarządzania ruchem zostaje wyłączony na skutek zaniku warunków inicjujących lub po upływie określonego czasu. Scenariusz zarządzania ruchem stanowi wariant realizacyjny procedury zarządzania ruchem.

Symbol specjalny – symbol graficzny uzupełniający lub zastępujący wiadomość tekstową.

Symbol wtórny – informacja tekstowa wyświetlana na tabliczce pod ZZT.

Tabele sterowania – część PZOR zawierająca:

- 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,
- wykaz urządzeń oraz opis danych determinujących warunki wdrożenia i/lub wycofania z realizacji danej procedury zarządzania ruchem,
- wykaz urządzeń zaangażowanych w realizację danej procedury zarządzania ruchem,
- wykaz układów komunikatów dla poszczególnych ZZT zaangażowanych w realizację danej procedury zarządzania ruchem,
- wykaz komunikatów nadawanych przez poszczególne urządzenia zaangażowane w realizację danej procedury zarządzania ruchem (np. ZZT, nadajniki CB).

Tablica kierunkowa o zmiennej treści (TKZT) – tablice kierunkowe o zmiennej treści (TKZT) w postaci tablic przeddrogowskazowych (E-101), drogowskazowych (E-102) oraz uzupełniających (F-107a), które na wyodrębnionych polach, za pomocą ZZT czasowo wskazują trasy alternatywne.

Trasa alternatywna – droga wykorzystana w SZRS do przejęcia czasowo i na ograniczonym odcinku ruchu z drogi głównej.

TPEG2 / ISO/TS 21219 – standard dystrybucji informacji parkingowych do odbiorników pokładowych i mediów.

Treść znaku – konfiguracja składająca się ze znaków drogowych, symboli (specjalnych lub wtórnych) lub wiadomości tekstowych.

Trwałość użytkowa – deklarowany przez producenta okres, w którym ZZT zachowują minimalne parametry użytkowe, ze szczególnym naciskiem na parametry charakterystyki optycznej – nie mogą być one gorsze niż minimalne wartości określone w normie wyrobu.

Sanity-check – szybka kontrola danych lub stanu systemu, która ma wychwycić oczywiste błędy zanim trafią do publikacji lub algorytmów.

Zmienna organizacja ruchu – zmienna w czasie, zależna od określonych parametrów, organizacja ruchu drogowego realizowana z wykorzystaniem znaku lub grupy znaków ZZT.

3.2. Skróty

ANPR/LPR (ang. Automatic Number Plate Recognition / License Plate Recognition) – przetwarzanie obrazu służące identyfikacji pojazdu na podstawie tablic rejestracyjnych; w DSIP wykorzystywane jako jedno ze źródeł danych (np. wspomaganie bram zliczających, uprawnienia), z zachowaniem przepisów o ochronie danych.

ASOP – Aktywny system ostrzegania o nadmiernej prędkości – system zaliczany do grupy urządzeń BRD (bezpieczeństwa ruchu drogowego), które dynamicznie informują i ostrzegają kierujących o sytuacjach wymagających zachowania szczególnej ostrożności (np. przekroczenie dozwolonej prędkości, zbliżanie się pieszych lub rowerzystów do jezdni). Do ASOP zalicza się m.in. radarowe wyświetlacze prędkości, aktywne sygnalizatory ostrzegawcze przy przejściach dla pieszych oraz inne znaki zmienne (np. dynamiczne znaki „Szkoła – Zwolnij”). Systemy ASOP nie stanowią urządzeń pomiarowych w rozumieniu ustawy – pełnią wyłącznie funkcję informacyjno-ostrzegawczą.

BRD – bezpieczeństwo ruchu drogowego.

CAM – komunikat świadomości sytuacyjnej pojazdu (ang. Cooperative Awareness Message).

C-ITS – kooperacyjna komunikacja infrastruktura–pojazd–infrastruktura (I2V/V2I/V2X) wspierająca usługi zarządzania ruchem.

CCTV – monitoring wizyjny (ang. Closed-Circuit Television) – system kamer przekazujących obraz w zamkniętej sieci (np. do CZR), służący do monitorowania i rejestrowania zdarzeń w wybranym obszarze.

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

CZZT – to odmiana znaków o zmiennej treści wykorzystywanych do czasowej organizacji ruchu. Wyróżnia się przenośne i tymczasowe CZZT.

DENM – komunikat zdarzenia/ostrzeżenia (ang. Decentralized Environmental Notification Message).

DLM – dynamiczne zarządzanie pasami (ang. Dynamic Lane Management).

ETA – szacowany czas dojazdu (ang. Estimated Time of Arrival) od lokalizacji tablicy informacji o wolnych miejscach postojowych do wjazdu na parking przy bieżących warunkach; wykorzystywany jako horyzont predykcji publikowanej liczby.

GLOSA – doradztwo prędkości do koordynacji sygnalizacji świetlnej (ang. Green Light Optimal Speed Advisory).

HOV/HOT – pasy dla pojazdów wieloosobowych (z większą niż określony próg liczbą podróżnych) / płatne pasy HOV (ang. High-Occupancy Vehicle / High-Occupancy Toll).

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

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.

IVS – znaki w pojeździe (ang. In-Vehicle Signage), prezentacja znaków/ostrzeżeń w kokpicie.

IVI (ang. In-Vehicle Information) / **TIM** (ang. Traveler Information Message) – struktury danych i wiadomości C-ITS przekazywane do pojazdu (np. „znaki w pojeździe” IVS, informacje parkingowe, ostrzeżenia), zgodnie z ISO 19321 (IVI) i profilami C-ITS.

KPI (ang. Key Performance Indicators) – kluczowe wskaźniki oceny działania usług SZR (np. czas poszukiwania miejsca, rotacja, wiarygodność danych, skuteczność prowadzenia), rejestrowane i raportowane w cyklu eksploatacji.

KSZR – Krajowy System Zarządzania Ruchem.

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

MAP – opis/geometria skrzyżowania w komunikacji C-ITS (mapa pasów i wlotów).

MOP – Miejsce Obsługi Podróżnych (parking/udogodnienia przy drogach).

P+R – (ang. „Park and Ride”) – parkuj i jedź (środkiem transportu publicznego).

PKI – infrastruktura klucza publicznego (zaufanie/uwierzytelnianie w C-ITS).

PZOR – Projekt zmiennej organizacji ruchu

SLA – poziom świadczenia usługi (np. dostępność, opóźnienie, aktualność).

SMD – urządzenie półprzewodnikowe przeznaczone do montażu powierzchniowego (ang. Surface Mounted Devices).

SPaT – fazy i czasy sygnałów świetlnych (ang. Signal Phase and Timing) przekazywane do pojazdu.

SRP – pionowe znaki o zmiennej treści przeznaczone do Sterowania Ruchem na Pasie poprzez znaki drogowe i sygnały.

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.

SZRS – System Zarządzania Ruchem w Sieci to odmiana SZR stosowana w celu sterowania trasami alternatywnymi np. aby odciążyć określone odcinki sieci drogowej, na których występują zakłócenia lub osiągnąć lepszą efektywność wykorzystania sieci drogowej.

THT – technologia montażu urządzeń półprzewodnikowych (w szczególności diod LED) na płytkach obwodów elektronicznych (ang. Through-Hole Technology) .

TTL – maksymalny dopuszczalny wiek danych (ang. Time To Live); po jego przekroczeniu wartość nie jest publikowana (lub oznaczana jako niewiarygodna) do czasu pozyskania świeżych danych/potwierdzenia.

TSP – priorytet dla transportu zbiorowego (ang. Transit Signal Priority).

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

TZT-T / TZT-P / TZT-DP – odmiany tablic o zmiennej treści: odpowiednio tablica tekstowa; tablica z polami tekstowymi i polem programowalnym; tablica w pełni dowolnie programowalna (matryca RGB).

WIM (ang. Weigh-In-Motion) – ważenie pojazdów w ruchu (masa, naciski osi) – w WR-Z wykorzystywane pomocniczo (np. filtry i logika w scenariuszach), nie jest przedmiotem wytycznych.

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

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

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.

3.3. Symbole

(1) W Tab. 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
V _{dop}	km/h	prędkość dopuszczalna (wynikająca z organizacji ruchu)
V85	km/h	prędkość 85-procentylowa (prędkość nieprzekraczana przez 85% pojazdów w ruchu swobodnym), mierzona przed początkiem oddziaływania strefy
v	km/h	Prędkość pojazdu pomierzona przez urządzenie

Dokument chroniony prawami autorskimi

4. Zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci autostrad, dróg ekspresowych i drogach współpracujących

4.1. Cel i zakres rozdziału

(1) Celem niniejszego rozdziału jest określenie zasad stosowania systemów zarządzania ruchem na drogach szybkiego ruchu (autostradach i drogach ekspresowych) oraz metod wyznaczania obszaru ich oddziaływania. Rozdział definiuje wymagania dotyczące planowania, projektowania i eksploatacji systemów zarządzania ruchem w sposób zapewniający ich spójność funkcjonalną i techniczną w ramach krajowej sieci dróg, w tym powiązań z Krajowym Systemem Zarządzania Ruchem (KSZR).

(2) W niniejszych wytycznych termin „drogi szybkiego ruchu” obejmuje autostrady (klasa A) oraz drogi ekspresowe (klasa S), zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa krajowego. W dalszej części opracowania termin ten stosuje się jako określenie zbiorcze dla obu klas dróg.

4.2. Inteligentne drogi szybkiego ruchu

(1) Pojęcie „inteligentnych dróg szybkiego ruchu” odnosi się do autostrad i dróg ekspresowych wyposażonych w zintegrowane systemy informacyjne, komunikacyjne i kontrolne, umożliwiające aktywne zarządzanie ruchem drogowym. Rozwiązania te, wdrażane w infrastrukturze i jej otoczeniu, służą monitorowaniu warunków ruchu, przekazywaniu informacji w czasie rzeczywistym oraz reagowaniu na zmienne warunki drogowe.

(2) Systemy zarządzania ruchem na drogach szybkiego ruchu należy projektować i wdrażać tak, aby zwiększały bezpieczeństwo i przepustowość sieci, zapewniały optymalne wykorzystanie istniejącej infrastruktury, poprawiały płynność i niezawodność podróży, umożliwiały integrację z krajowymi i regionalnymi systemami ITS oraz zapewniały dostępność danych o ruchu w czasie rzeczywistym.

(3) W zależności od zakresu zastosowanych technologii i poziomu automatyzacji systemu inteligentne drogi szybkiego ruchu mogą być określane jako zarządzane drogi szybkiego ruchu.

(4) Systemy te stanowią zintegrowany pakiet rozwiązań ITS, obejmujący w szczególności skoordynowane sterowanie ruchem na węzłach i łącznicach, dynamiczne zarządzanie prędkością i dostępnością pasów ruchu, przekazywanie informacji dla podróżnych za pomocą znaków o zmiennej treści (ZZT) oraz automatyczne wykrywanie zdarzeń i monitorowanie warunków ruchu z wykorzystaniem urządzeń detekcyjnych.

(5) Aktywne zarządzanie ruchem oraz rozwój infrastruktury inteligentnej należy uznawać za podstawowe narzędzia poprawy bezpieczeństwa, efektywności i dostępności transportu oraz wspierania zrównoważonego rozwoju.

(6) Zaleca się, aby Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego oraz Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad prowadziły analizy kosztów i korzyści wdrażania nowych technologii wspierających rozwój inteligentnych systemów zarządzania ruchem oraz ich integrację w ramach Krajowego Systemu Zarządzania Ruchem (KSZR).

4.3. Kontekst bezpieczeństwa ruchu drogowego i efektywnego zarządzania ruchem drogowym

(1) Systemowe podejście do bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz zasady inżynierii systemów stanowią podstawę projektowania, wdrażania i eksploatacji inteligentnych dróg szybkiego ruchu. Ich celem jest zapewnienie, aby procesy projektowe, technologiczne i organizacyjne wspierały bezpieczne, efektywne i zrównoważone zarządzanie ruchem.

4.3.1. Podejście „Bezpieczny System”

(1) Projekty związane z wdrażaniem systemów zarządzania ruchem na drogach szybkiego ruchu są zazwyczaj inicjowane w celu zwiększenia przepustowości i efektywności sieci. Należy jednak uwzględnić, że systemy te posiadają również znaczący potencjał w zakresie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego.

(2) Niezależnie od pierwotnych celów inwestycji, projektowanie, budowa, eksploatacja i utrzymanie inteligentnych dróg szybkiego ruchu powinny być prowadzone zgodnie z zasadami podejścia „Bezpieczny System” (ang. Safe System Approach), przyjętego w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej oraz krajowych programach bezpieczeństwa ruchu drogowego (Rys. 4.3.1.1.).



Rys. 4.3.1.1. Podejście „Bezpieczny System”

(3) Podejście to opiera się na założeniu, że użytkownicy dróg popełniają błędy, a infrastruktura powinna być projektowana tak, aby minimalizować ryzyko wypadków oraz ograniczać ich skutki. W tym celu należy uwzględniać interakcje między drogą i jej otoczeniem, pojazdami, użytkownikami dróg, opieką powypadkową oraz zarządzaniem prędkością.

(4) Projektowanie i eksploatacja systemów zarządzania ruchem powinny umożliwiać redukcję ryzyka błędów ludzkich (Tab. 4.3.1.1.), m.in. poprzez czytelne i jednoznaczne przekazywanie informacji kierowcom, stosowanie systemów wspomagania decyzji w sytuacjach krytycznych, automatyczne wykrywanie zdarzeń i szybkie reagowanie służb utrzymania oraz harmonizację prędkości przy zmiennym natężeniu ruchu.

Tab. 4.3.1.1. Zasady projektowania i eksploatacji SZR ograniczające błędy kierowców

Kategoria działania	Opis funkcjonalny	Wpływ na bezpieczeństwo i eksploatację
Czytelne i jednoznaczne przekazywanie informacji	Jasne, zrozumiałe komunikaty na ZZT, dynamiczne zarządzanie pasami ruchu, oraz w systemach pokładowych pojazdów	Zmniejsza ryzyko błędnych decyzji kierowcy i nieprawidłowych manewrów
Systemy wspomagania decyzji w sytuacjach krytycznych	Automatyczne scenariusze reagowania, algorytmy sterowania ruchem, procedury zarządzania ruchem	Szybsze reakcje, redukcja opóźnień w obsłudze zdarzeń i mniejsza liczba zdarzeń wtórnych
Automatyczne wykrywanie zdarzeń i szybkie reagowanie służb	CCTV, AID, detektory ruchu, przekazywanie informacji dla służb utrzymania drogi	Skrócenie czasu wykrycia i obsługi zdarzenia, zmniejszenie skutków kolizji i zatorów
Harmonizacja prędkości w zmiennym ruchu	Dynamiczne zarządzanie prędkością, integracja z systemami zarządzania pasami ruchu	Ujednolicenie przepływu, redukcja gwałtownych hamowań, ograniczenie ryzyka kolizji

(5) Wymagania dotyczące BRD należy uwzględnić w wytycznych dla poszczególnych elementów SZR, w tym ZZT, detekcji, sterowania ruchem oraz łączności z KSZR.

(6) Każdy etap cyklu życia systemu, od planowania i projektowania po eksploatację, powinien być realizowany zgodnie z zasadami inżynierii systemów, zapewniającymi integralność funkcjonalną, bezpieczeństwo operacyjne oraz możliwość późniejszej rozbudowy i integracji z innymi systemami ITS.

4.3.2. Inżynieria systemów

(1) Projektowanie systemów zarządzania ruchem z myślą o przyszłych operacjach, w szczególności o integracji z ITS, stanowi kluczowy element zapewnienia bezpieczeństwa, efektywności i trwałości rozwiązań technicznych.

(2) Inżynieria systemów to interdyscyplinarne podejście inżynierskie, które koncentruje się na planowaniu, projektowaniu, wdrażaniu i eksploatacji złożonych systemów technicznych w całym ich cyklu życia. Podejście to umożliwia uwzględnienie zarówno aspektów technicznych, organizacyjnych, jak i operacyjnych na każdym etapie realizacji projektu.

(3) W odniesieniu do inteligentnych dróg szybkiego ruchu, inżynieria systemów powinna być stosowana jako ramy postępowania (Tab. 4.3.2.1.), umożliwiające identyfikację problemów i potrzeb operacyjnych przed projektowaniem, określenie mierzalnych celów i kryteriów wydajności, zdefiniowanie wymagań funkcjonalnych, technicznych i integracyjnych, zapewnienie weryfikacji i walidacji rezultatów względem celów operacyjnych oraz zarządzanie ryzykiem i kosztami w całym cyklu życia systemu.

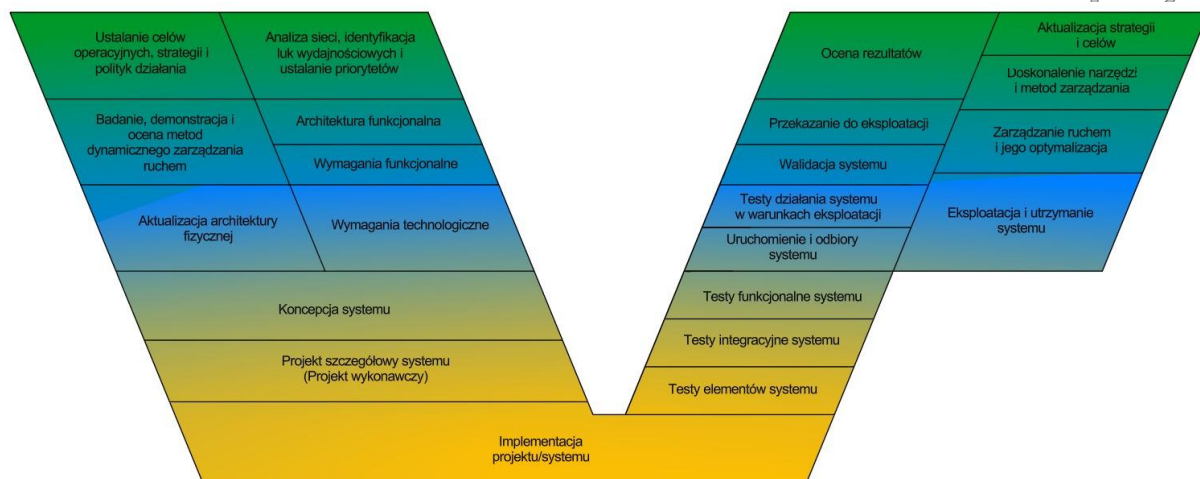
Tab. 4.3.2.1. Elementy inżynierii systemów i ich znaczenie

Element inżynierii systemów	Opis działania	Cel / efekt operacyjny
Identyfikacja problemów i potrzeb operacyjnych	Analiza obecnych i przyszłych wyzwań ruchowych oraz ograniczeń infrastruktury	Zapewnienie, że projekt odpowiada na rzeczywiste potrzeby oraz lukę wydajności
Określenie mierzalnych celów i kryteriów wydajności	Ustalenie KPI, wskaźników ruchowych, poziomów usług i celów funkcjonalnych	Umożliwienie późniejszej oceny sukcesu systemu i jego wpływu na ruch
Definicja wymagań funkcjonalnych, technicznych i integracyjnych	Opracowanie specyfikacji urządzeń, algorytmów, interfejsów i integracji z KSZR	Zapewnienie spójności projektowej i interoperacyjności systemu
Weryfikowalność i walidacja rezultatów	Testy komponentów, testy integracyjne, testy operacyjne i ocena wyników	Potwierdzenie, że system działa zgodnie z wymaganiami i celami operacyjnymi
Zarządzanie ryzykiem i kosztami w cyklu życia systemu	Identyfikacja ryzyk, scenariusze mitygacji, optymalizacja kosztów inwestycyjnych i operacyjnych	Minimalizacja ryzyka technicznego, finansowego i eksploatacyjnego

(4) Stosowanie zasad inżynierii systemów umożliwia minimalizację ryzyka inwestycyjnego, zwiększenie zwrotu z inwestycji oraz zapewnienie, że projektowane rozwiązania ITS odpowiadają rzeczywistym potrzebom użytkowników i zarządców infrastruktury.

(5) Zgodnie z dobrymi praktykami, proces inżynierii systemów dla inteligentnych dróg szybkiego ruchu powinien przebiegać zgodnie z modelem V, który ilustruje powiązanie pomiędzy etapami definiowania wymagań a ich późniejszym testowaniem i walidacją

(6) Diagram przedstawiający model V inżynierii systemów dla inteligentnych dróg szybkiego ruchu przedstawiono na Rys. 4.3.2.1.



Objaśnienia:

Kolor zielony - strategia sieci

Kolor niebieski - wymagania ruchowe i operacyjne

Kolor pomarańczowy - umożliwienie wdrożenia i funkcjonowania technologii

Rys. 4.3.2.1. Diagram przedstawiający model V inżynierii systemów dla inteligentnych dróg szybkiego ruchu (źródło: [20], [21])

(7) W górnej części modelu definiuje się cele operacyjne, potrzeby użytkowników oraz wymagania funkcjonalne. W dolnej części następuje ich weryfikacja i walidacja poprzez testy, integrację oraz odbiory systemu.

(8) Każdy etap projektowania musi być powiązany z odpowiednim etapem testowania, co zapewnia zgodność rezultatów z założeniami operacyjnymi.

(9) Przed zastosowaniem technologii ITS należy przeprowadzić analizę wydajności, mającą na celu jednoznaczne określenie istniejącego lub przyszłego problemu oraz jego kontekstu operacyjnego. Technologie „inteligentne” powinny być stosowane wyłącznie w sytuacjach, w których wykazano ich zasadność ekonomiczną i operacyjną.

(10) Kontekst operacyjny stanowi punkt wyjścia dla opracowania koncepcji systemu. Powinien on być powiązany z celami strategicznymi transportu, zidentyfikowaną luką w wydajności systemu oraz oczekiwanymi rezultatami dla użytkowników dróg.

(11) Potrzeby operacyjne muszą wpływać na wybór technologii, stanowić odniesienie przy testowaniu i walidacji systemu oraz być podstawą oceny efektywności w fazie eksploatacji.

(12) Projektowanie inteligentnych dróg szybkiego ruchu powinno być zatem ściśle powiązane z wizją funkcjonowania danego odcinka sieci, a zastosowane rozwiązania techniczne muszą wspierać osiągnięcie pożądaných rezultatów w zakresie bezpieczeństwa, płynności i komfortu podróży.

4.4. Korzyści z realizacji inteligentnych dróg szybkiego ruchu

4.4.1. Problemy z wydajnością

(1) Drogi szybkiego ruchu projektowane są jako drogi o swobodnym przepływie ruchu, zapewniające wysoki poziom komfortu i bezpieczeństwa podróży. W praktyce jednak obserwuje się, że wraz ze wzrostem natężenia ruchu zbliżającego się do granicznej przepustowości drogi, przepływ może ulec gwałtownemu załamaniu. Zjawisko to występuje w bardzo krótkim czasie – w ciągu kilku minut – i prowadzi do powstania zatorów utrzymujących się przez wiele godzin, a w skrajnych przypadkach przez cały dzień.

(2) Drogi szybkiego ruchu stanowią kluczowy, a zarazem kosztowny element krajowej infrastruktury transportowej. Ich nieefektywne zarządzanie w okresach największego zapotrzebowania skutkuje znacznymi stratami społecznymi i ekonomicznymi. Niezarządzana droga szybkiego ruchu osiąga najniższą wydajność w momencie, gdy jest najbardziej potrzebna – w godzinach szczytu komunikacyjnego (Tab. 4.4.1.1.), co skutkuje stratami czasu użytkowników, wzrostem zużycia paliwa i kosztów eksploatacji pojazdów, zwiększeniem emisji zanieczyszczeń powietrza oraz pogorszeniem bezpieczeństwa (m.in. wskutek częstych zmian pasa, nagłych hamowań i dużych różnic prędkości).

Tab. 4.4.1.1. Skutki nieefektywnego zarządzania drogami szybkiego ruchu

Obszar wpływu	Opis skutku	Konsekwencje społeczne i ekonomiczne
Straty czasu użytkowników	Wydłużenie czasu przejazdu w okresach szczytowych	Mniejsze wykorzystanie czasu pracy, opóźnienia logistyczne, obniżona jakość podróży
Zwiększone zużycie paliwa i koszty eksploatacji pojazdów	Częste zatrzymania, zmiany prędkości i jazda w warunkach zatorów	Wyższe koszty transportu, wzrost kosztów eksploatacyjnych i serwisowych
Wzrost emisji zanieczyszczeń	Zwiększona emisja CO ₂ , NO _x i cząstek stałych w ruchu „start-stop”	Pogorszenie jakości powietrza, większe koszty zdrowotne i środowiskowe
Pogorszenie poziomu bezpieczeństwa	Większa liczba nagłych manewrów, zróżnicowane prędkości, częste zmiany pasa	Wzrost liczby kolizji, zdarzeń wtórnych i ryzyka dla służb reagujących

(3) Załoczone drogi szybkiego ruchu negatywnie wpływają także na funkcjonowanie szerszej sieci drogowej, ograniczając przepustowość węzłów i dróg współpracujących.

(4) Przykładowo, w Polsce autostrady i drogi ekspresowe stanowią około 6% długości sieci dróg krajowych, a jedynie około 2% całkowitej długości wszystkich dróg publicznych, jednak przenoszą ponad 35–40% całkowitego ruchu pojazdów w sieci krajowej. Najbardziej obciążone odcinki autostrad, takie jak A2 pomiędzy Łodzią i Warszawą oraz A4 pomiędzy Katowicami i Krakowem, osiągają średniodobowe natężenie ruchu przekraczające 100 000 pojazdów na dobę, a w okresach szczytowych lokalnie przekraczają 120 000 pojazdów na dobę. Dla porównania, ruch ten odpowiada dziennemu przemieszczaniu się około 300–400 tysięcy osób, czyli wielkości zbliżonej do łącznej liczby pasażerów kolei aglomeracyjnych w największych polskich miastach, takich jak Warszawa, Kraków czy Trójmiasto. Dane te wskazują, że systemy zarządzania ruchem na autostradach i drogach ekspresowych mają zasadnicze znaczenie dla utrzymania płynności i bezpieczeństwa podróży, a także dla efektywnego wykorzystania kosztownej infrastruktury drogowej, stanowiącej kręgosłup krajowego transportu.

(5) Inwestycje w systemy zarządzania ruchem na drogach szybkiego ruchu są kluczowe dla utrzymania długoterminowych efektów budowy infrastruktury oraz zapewnienia jej optymalnej przepustowości i bezpieczeństwa. Inteligentne drogi szybkiego ruchu, wykorzystujące technologię ITS, umożliwiają maksymalne wykorzystanie istniejącej infrastruktury poprzez dynamiczne sterowanie ruchem, informowanie użytkowników oraz szybkie reagowanie na zmieniające się warunki drogowe.

4.4.2. Rola aktywnego zarządzania ruchem

(1) Zarządzanie ruchem na autostradach i drogach ekspresowych powinno mieć charakter aktywny i prewencyjny, a nie wyłącznie reaktywny. Działania należy prowadzić zarówno w

odpowiedzi na zdarzenia, zatory i niekorzystne warunki atmosferyczne, jak i prewencyjnie, dla utrzymania stabilnego przepływu i zapobiegania jego załamaniom.

(2) Działania związane z zarządzaniem ruchem powinny być:

- a) skuteczne,
- b) opłacalne,
- c) proporcjonalne do poziomu zapewnianej usługi,
- d) wspierające ciągłość usług ITS,
- e) zapewniające interoperacyjność,
- f) zdolne do współpracy z istniejącymi systemami,
- g) uwzględniające parametry ruchu oraz warunki atmosferyczne,
- h) zgodne z wymaganiami normalizacyjnymi i gwarantujące spójność systemową.

(3) Wzrost natężenia ruchu i wydłużenie okresów szczytowych wymagają ciągłego pomiaru i analizy ruchu oraz dynamicznego dostosowywania sterowania i informacji dla kierowców. Systemy te powinny reagować automatycznie w czasie rzeczywistym, zgodnie z algorytmami dopasowanymi do przepustowości odcinka.

(4) Podstawowym narzędziem aktywnego zarządzania ruchem na drogach szybkiego ruchu jest koordynowana sygnalizacja wjazdowa (dozowanie ruchu na węźle), regulująca dopływ pojazdów z łącznic dla utrzymania płynności na głównym ciągu. Zastosowanie tej technologii zaleca się zwłaszcza w rejonach dużych aglomeracji i przy wysokim natężeniu ruchu weekendowego.

(5) Wspomagające elementy systemów aktywnego zarządzania ruchem powinny obejmować:

- a) systemy zarządzania pasami ruchu – do dynamicznego udostępniania lub zamykania pasów w zależności od sytuacji ruchowej,
- b) sterowanie prędkością dopuszczalną oraz czasowe wykorzystanie pasa awaryjnego – w celu zwiększenia przepustowości,
- c) systemy informacji dla kierowców (Tzt-P, Tzt-DP) – zapewniające komunikaty o zagrożeniach, zdarzeniach i trasach alternatywnych.

(6) Integralnym elementem inteligentnych dróg szybkiego ruchu jest system zarządzania zdarzeniami drogowymi, którego zadaniem jest ograniczenie skutków incydentów oraz skrócenie czasu przywracania płynności ruchu. W tym zaleca się stosowanie:

- a) automatycznych systemów detekcji zdarzeń (ang. Automatic Incident Detection - AID) oraz monitoringu CCTV,
- b) automatycznie i półautomatycznie wdrażanych scenariuszy zarządzania ruchem (zmiany ograniczeń prędkości, komunikaty na Zzt, sygnały SRP),
- c) dynamicznego przekierowywania pojazdów na trasy alternatywne z wykorzystaniem TKzt i/lub Tzt-DP oraz znaków F-107a, F-108a lub F-108b,
- d) sterowanie ruchem wjazdowym w tym czasowe zamykanie łącznic.

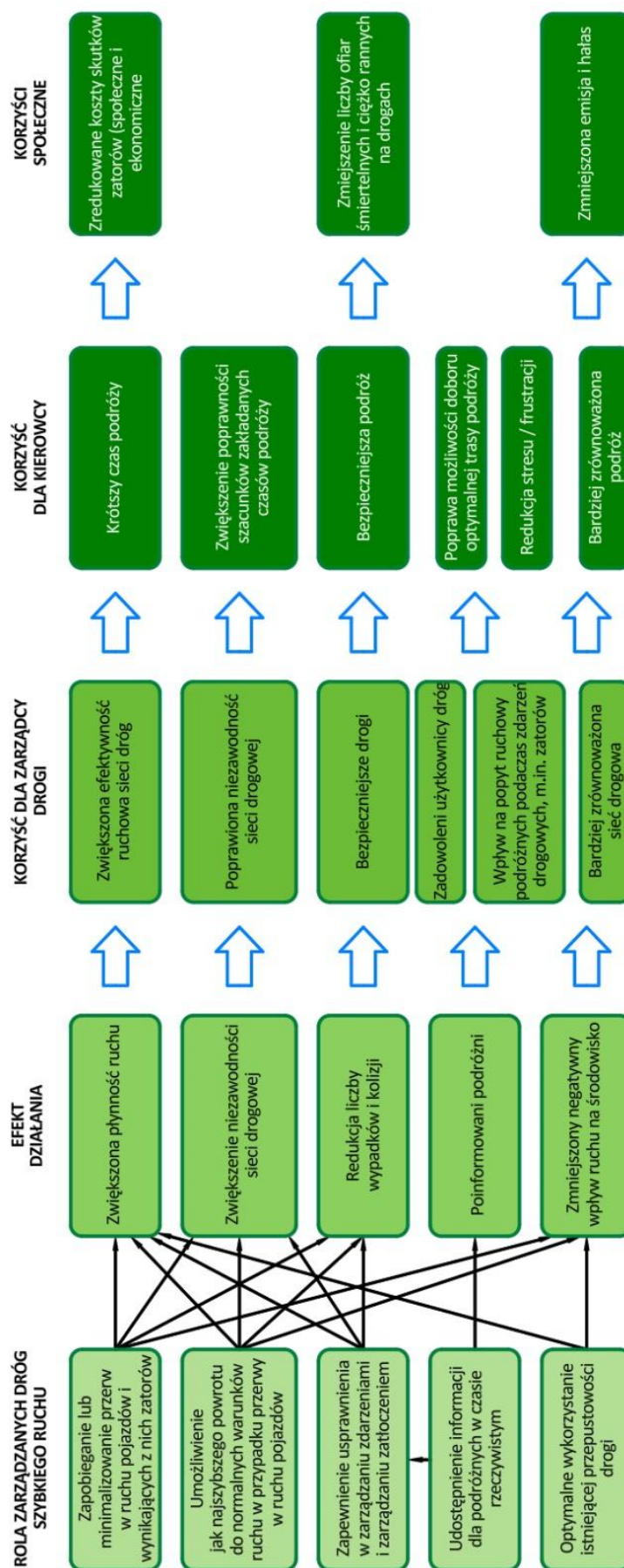
(7) Udział zatorów powstałych wskutek zdarzeń losowych w ogólnej strukturze kongestii drogowej wynosi w warunkach krajowych 20–30%. Skuteczne zarządzanie incydentami może ograniczyć ich skutki nawet o połowę, skracając czas reakcji i usprawniając sterowanie ruchem w otoczeniu zdarzenia.

(8) Wdrażanie inteligentnych (aktywnych) systemów zarządzania ruchem powinno stanowić priorytet w rozwoju dróg szybkiego ruchu w Polsce. Integracja zarządzania prędkością, pasami i wjazdami w ramach KSZR umożliwi zwiększenie bezpieczeństwa, poprawę przepustowości i płynności, redukcję skutków incydentów oraz ograniczenie oddziaływań środowiskowych.

(9) Zarządcy dróg coraz częściej koncentrują się na doskonaleniu usług operacyjnych poprzez lepsze zrozumienie potrzeb swoich klientów – użytkowników dróg.

(10) Informacja podróżna w czasie rzeczywistym zwiększa satysfakcję użytkowników, ułatwiając decyzje o trasie i czasie podróży oraz poprawiając przewidywalność przejazdu. Jednocześnie pozwala operatorom kierować ruchem tak, by ograniczać skutki incydentów i zatorów.

(11) Poprzez poprawę płynności ruchu i poziomu bezpieczeństwa, inteligentne drogi szybkiego ruchu przynoszą korzyści na wielu poziomach. Umożliwiają lepsze wykorzystanie infrastruktury, poprawiają komfort podróży oraz zwiększają efektywność gospodarczą, społeczną i środowiskową transportu. Konceptyjny model powiązań pomiędzy korzyściami przedstawiono na Rys. 4.4.2.1.



Rys. 4.4.2.1. Konceptyjny model powiązań korzyści z zastosowania ITS

4.5. Elementy inteligentnych dróg szybkiego ruchu

4.5.1. Zintegrowany System Zarządzania Siecią Drogową

(1) Inteligentne drogi szybkiego ruchu stanowią integralny element Zintegrowanego Systemu Zarządzania Siecią Drogową, obejmującego zarówno drogi szybkiego ruchu, jak i drogi współpracujące – np. krajowe klasy G i GP, wojewódzkie oraz arterie miejskie. Ich zadaniem jest zapewnienie spójnego, bezpiecznego i efektywnego funkcjonowania ruchu w skali całej sieci transportowej poprzez wdrożenie technologii umożliwiających monitorowanie, analizę i sterowanie przepływem pojazdów w czasie rzeczywistym.

(2) Na autostradach i drogach ekspresowych stosuje się zestaw wyspecjalizowanych narzędzi i systemów (Tab. 4.5.1.1.), w tym:

- sygnalizację wjazdową (dozowanie ruchu na węzłach) – umożliwiającą regulację dopływu pojazdów z łącznic,
- zarządzanie wykorzystaniem pasów ruchu – pozwalające na dynamiczne udostępnianie lub zamykanie pasów ruchu,
- dynamiczne (zmiennie) ograniczenia prędkości – dostosowujące prędkość do warunków ruchu, meteorologicznych i stanu nawierzchni,
- znaki o zmiennej treści (TZT-P i TZT-DP) – przekazujące użytkownikom aktualne informacje i komunikaty o zagrożeniach.

Tab. 4.5.1.1. Narzędzia i usługi ITS stosowane na drogach szybkiego ruchu

Narzędzie / system	Opis funkcjonalny	Cel stosowania
Sygnalizacja wjazdowa (dozowanie ruchu)	Sterowanie dopływem pojazdów z łącznic poprzez sygnalizację świetlną	Utrzymanie stabilnego przepływu na głównym ciągu; ograniczanie zatorów na węzłach
Zarządzanie wykorzystaniem pasów ruchu	Dynamiczne otwieranie i zamykanie pasów ruchu, w tym czasowe wykorzystanie pasa awaryjnego	Zwiększenie przepustowości, poprawa bezpieczeństwa i sprawne prowadzenie ruchu podczas zdarzeń
Dynamiczne (zmiennie) ograniczenia prędkości	Automatyczne dostosowanie prędkości do warunków ruchu, pogody i stanu nawierzchni	Harmonizacja prędkości, redukcja ryzyka kolizji, poprawa płynności ruchu
Znaki o zmiennej treści (TZT-P, TZT-DP)	Wyświetlanie bieżących komunikatów: ostrzeżeń, objazdów, utrudnień, warunków pogodowych	Informowanie użytkowników i wspieranie podejmowania bezpiecznych decyzji

(3) Na drogach głównych ruchu przyspieszonego oraz ulicach wlotowych do miast podstawowym narzędziem zarządzania ruchem pozostaje sygnalizacja świetlna, jednak coraz częściej uzupełnia się ją o rozwiązania ITS, takie jak TZT-P, TZT-DP, systemy detekcji ruchu, czujniki środowiskowe i kamery CCTV.

(4) W ramach szerszego systemu zarządzania siecią drogową elementy te tworzą spójny układ funkcjonalny obejmujący gromadzenie i wymianę danych o ruchu, bieżące monitorowanie i zarządzanie ruchem, zarządzanie incydentami oraz ocenę efektywności zarządzania ruchem i wydajności systemu.

(5) Aby wdrożenie inteligentnej drogi szybkiego ruchu rzeczywiście poprawiło funkcjonowanie całej sieci, na etapie planowania należy przeprowadzić analizę istniejących „wąskich gardeł” i ograniczeń przepustowości, prognozę przyszłych wzorców ruchu i obciążeń korytarza oraz opracować koncepcję systemu zarządzania ruchem, określającą sposób funkcjonowania drogi po wdrożeniu ITS.

(6) Opracowanie koncepcji systemu zarządzania ruchem powinno być zgodne z podejściem określonym w normie PN-EN ISO/IEC/IEEE 15288: Inżynieria systemów i oprogramowania – Procesy cyklu życia systemu, która opisuje standardowe etapy definiowania wymagań, projektowania, wdrożenia, testowania i eksploatacji systemów ITS.

(7) Zaleca się, aby przed rozpoczęciem realizacji projektu przeprowadzić audyt efektywności planowanego rozwiązania. Audyt ten powinien ocenić potencjalne ryzyka techniczne, funkcjonalne i eksploatacyjne, wskazać możliwe ograniczenia integracji z istniejącymi systemami KSZR oraz oszacować wpływ wdrożenia na warunki ruchowe po zakończeniu inwestycji.

(8) Przeprowadzenie takiego audytu umożliwia identyfikację problemów już na etapie koncepcji i zwiększa prawdopodobieństwo, że planowany system będzie w pełni zgodny z celami operacyjnymi i przyczyni się do zrównoważonego zarządzania ruchem w skali całej sieci drogowej.

4.5.2. Cele operacyjne inteligentnych dróg szybkiego ruchu

(1) Cele operacyjne inteligentnych dróg szybkiego ruchu odnoszą się do zapewnienia zintegrowanego zarządzania ruchem, które umożliwia utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa, płynności i przewidywalności podróży na sieci dróg szybkiego ruchu.

(2) System powinien być projektowany i eksploatowany w sposób zapewniający spójne działanie wszystkich jego elementów – zarówno infrastrukturalnych, jak i informacyjnych – w ramach Krajowego Systemu Zarządzania Ruchem.

(3) Zasadnicze cele operacyjne obejmują:

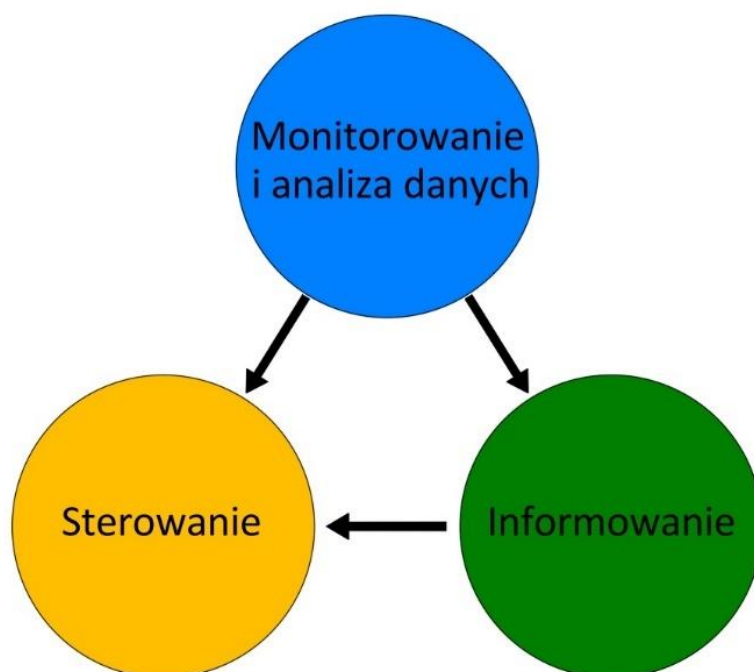
- a) Optymalizację bezpieczeństwa, przepustowości i prędkości podróży. System powinien minimalizować ryzyko załamania przepływu i powstawania zatorów poprzez dynamiczne zarządzanie prędkością, wjazdami i pasami ruchu, tak aby utrzymać możliwie równomierny przepływ pojazdów w całym korytarzu drogowym.
- b) Zwiększenie niezawodności czasu podróży. Należy dążyć do ograniczenia zmienności czasu przejazdu pomiędzy poszczególnymi dniami i porami doby, zapewniając kierowcom przewidywalność oraz stabilność warunków ruchowych, niezależnie od wahań popytu.
- c) Dostarczanie informacji podróżnych w czasie rzeczywistym. System powinien zapewniać bieżące informacje o warunkach ruchu, zdarzeniach, prędkościach dopuszczalnych oraz dostępnych trasach alternatywnych. Informacje te muszą być przekazywane za pomocą znaków o zmiennej treści (ZZT), serwisów internetowych, aplikacji mobilnych oraz integracji z Krajowym Punktem Dostępowym.
- d) Zintegrowane i skuteczne zarządzanie zdarzeniami drogowymi. Inteligentna droga szybkiego ruchu powinna umożliwiać szybkie wykrywanie, weryfikację i obsługę zdarzeń (kolizji, wypadków, przeszkód), a także minimalizowanie ich wpływu na przepływ ruchu. System powinien wspierać działania służb ratowniczych oraz służb utrzymania poprzez automatyczne przekazywanie informacji i uruchamianie scenariuszy zarządzania.
- e) Zarządzanie prędkością i różnicą prędkości pomiędzy pojazdami. W warunkach wzmożonego ruchu lub tworzenia się kolejek system powinien umożliwiać redukcję prędkości w sposób płynny i skoordynowany, co ogranicza liczbę nagłych manewrów i kolizji. Utrzymanie jednolitego tempa jazdy stanowi kluczowy czynnik poprawy bezpieczeństwa i komfortu podróży.
- f) Integrację z systemami zarządzania ruchem na drogach współpracujących. System inteligentnej drogi szybkiego ruchu powinien być w pełni zintegrowany z zarządzaniem ruchem na drogach krajowych klasy G i GP, wojewódzkich, powiatowych i gminnych, tworząc spójny układ funkcjonalny. Koordynacja ta powinna obejmować w szczególności:
 - synchronizację działań operacyjnych między centrami zarządzania ruchem,
 - wymianę danych o ruchu i zdarzeniach w czasie rzeczywistym,
 - współdziałanie sygnalizacji wjazdowej z systemami sterowania ruchem na sieci dróg dojazdowych.

4.5.3. Podstawowe funkcjonalności inteligentnej drogi szybkiego ruchu

(1) Elementy składowe inteligentnej drogi szybkiego ruchu można klasyfikować według ich funkcjonalności, które obejmują trzy podstawowe obszary:

- a) monitorowanie i analiza danych
- b) sterowanie
- c) informowanie

(2) Zależności między tymi trzema funkcjonalnościami przedstawiono na Rys. 4.5.3.1 i w Tab. 4.5.3.1.



Rys. 4.5.3.1. Diagram przedstawiający podstawowe funkcjonalności elementów inteligentnej drogi szybkiego ruchu

Tab. 4.5.3.1. Klasyfikacja elementów inteligentnej drogi szybkiego ruchu według funkcjonalności

Monitorowanie i analiza danych	Sterowanie i optymalizacja	Informowanie
Detektory ruchu	Sygnalizacja wjazdowa (dozowanie ruchu na węzłach)	Znaki o zmiennej treści ZZT na drodze szybkiego ruchu
Kamery CCTV (nadzór nad ruchem)	System zarządzania prędkością	ZZT na drogach współpracujących
Systemy wykrywania zdarzeń (AID)	System zarządzania pasami ruchu	Systemy obliczania czasu podróży
Telefonia alarmowa Nadajniki/odbiorniki CB	Dynamiczne wykorzystanie pasa awaryjnego	Komunikaty radiowe
Monitoring środowiskowy (pogoda, hałas, emisje)	Ostrzeganie i zarządzanie prędkością	Systemy wbudowane w pojazdy (V2V, V2I, V2X)
Dane zewnętrzne (GPS, flotowe, ważenie, pomiar czasu podróży)	Systemy informacji oraz pozostałe usługi ITS	Aplikacje mobilne i webowe Publiczny podgląd CCTV online

(3) Funkcja monitorowania i analizy danych stanowi podstawę działania inteligentnej drogi szybkiego ruchu, zapewniając niezbędne informacje dla funkcji sterowania i informowania oraz dla procesów oceny efektywności systemu.

(4) Dzięki gromadzeniu i przetwarzaniu danych o ruchu, środowisku i zdarzeniach system uzyskuje bieżący obraz sytuacji drogowej, który umożliwia podejmowanie właściwych decyzji operacyjnych.

(5) Funkcje sterowania ruchem wykorzystują dane pochodzące z monitorowania do optymalizacji pracy drogi szybkiego ruchu, w szczególności w zakresie bezpieczeństwa, niezawodności i przepustowości.

(6) Na podstawie analizowanych informacji system automatycznie dostosowuje parametry ruchu – takie jak dopuszczalna prędkość, dostępność pasów ruchu czy dopływ pojazdów z łącznic – tak, aby utrzymać płynny przepływ pojazdów i zapobiec gwałtownego pogorszenia warunków ruchu.

(7) Funkcja informowania użytkowników wspiera kierowców w podejmowaniu świadomych decyzji dotyczących trasy, czasu i sposobu podróży.

(8) Aktualne dane o warunkach ruchu, czasie przejazdu czy zdarzeniach są przekazywane za pomocą znaków o zmiennej treści (ZZT), aplikacji mobilnych lub komunikatów radiowych.

(9) Szczególne znaczenie ma informowanie w warunkach nietypowych, takich jak zdarzenia drogowe, roboty utrzymaniowe czy ekstremalne warunki pogodowe – umożliwia ono bezpieczne i efektywne zarządzanie ruchem w sytuacjach odbiegających od normalnych.

4.5.4. Elementy inteligentnej drogi szybkiego ruchu

(1) Funkcja monitorowania i analizy danych stanowi fundament działania inteligentnej drogi szybkiego ruchu – zapewnia ciągły, wiarygodny obraz sytuacji ruchowej, zasila funkcje sterowania i informowania oraz umożliwia ocenę efektów operacyjnych systemu.

(2) Urządzenia detekcyjne dostarczają dane o natężeniu, prędkości, zajętości pasa i klasyfikacji pojazdów (na poziomie pasa ruchu), wykorzystywane do monitorowania, uruchamiania automatycznych algorytmów sterowania oraz udostępniania informacji w systemach komercyjnych i aplikacjach użytkowników.

(3) Dla zapewnienia pełnej funkcjonalności zaleca się możliwie największe pokrycie odcinka kamerami CCTV z funkcją PTZ (ang. pan-tilt-zoom), służącymi do oceny płynności ruchu, wsparcia zarządzania zdarzeniami, nadzorowania sygnalizacji wjazdowej i kolejek na łącznicach, obserwacji dróg współpracujących oraz przekazywania obrazu służbom i centrom zarządzania ruchem.

(4) Incydenty mogą być wykrywane bezpośrednio przez analizę obrazu w czasie rzeczywistym lub pośrednio – algorytmami identyfikującymi nagłe zmiany prędkości, natężenia albo zajętości pasów; system wykrywania zdarzeń inicjuje reakcję zgodnie z wcześniej zdefiniowanymi scenariuszami operacyjnymi.

(5) Telefony alarmowe umożliwiają zgłoszenie zdarzeń, awarii pojazdu lub przeszkód na jezdni, skracając czas reakcji służb i poprawiając bezpieczeństwo.

(6) Systemy monitorujące warunki pogodowe i stan nawierzchni obejmują m.in. pomiar temperatury nawierzchni i powietrza, wiatru, widzialności, przyczepności, intensywności opadu, poziomu wody na nawierzchni, zagrożeń pogodowych, a także hałasu i emisji. Dane te mogą automatycznie uruchamiać urządzenia (np. instalacje przeciwołedziowe w rejonie tuneli) oraz generować komunikaty na ZZT.

(7) Dane z monitorowania mogą być uzupełniane informacjami z systemów zewnętrznych (m.in. preselekcja wagowa, WIM, monitoring obiektów inżynierskich, Bluetooth, ANPR, GPS z flot pojazdów), co wymaga spójnych standardów gromadzenia, przechowywania i udostępniania informacji.

(8) System informowania użytkowników zapewnia szybki dostęp do wiarygodnych danych o warunkach ruchu przed podróżą i w jej trakcie: poprzez kanały przed podróżne (strony, aplikacje, media), komunikaty przed wjazdem na drogę szybkiego ruchu (ZZT i/lub CB oraz V2V/V2I/V2X na drogach współpracujących) oraz przekaz w ciągu głównym (ZZT i/lub CB oraz V2V/V2I/V2X na drodze szybkiego ruchu).

(9) Informowanie w czasie rzeczywistym obejmuje komunikaty o czasie przejazdu (aktualnym i prognozowanym), poziomie zatłoczenia, zdarzeniach i utrudnieniach, robotach i zamknięciach pasów, zdarzeniach specjalnych oraz warunkach atmosferycznych wpływających na ruch. Celem jest zwiększenie bezpieczeństwa, przewidywalności czasu podróży i odporności sieci oraz wsparcie decyzji kierowców (zmiana trasy, czasu przejazdu lub rezygnacja z podróży).

(10) SZR na drodze szybkiego ruchu musi zapewniać pracę urządzeń w trybie domyślnym, automatyczne lub półautomatyczne generowanie komunikatów specjalnych w razie incydentów, robót lub kongestii oraz spójność przekazu na wszystkich urządzeniach; integracja obejmuje również jednolitą bibliotekę komunikatów i piktogramów oraz jednolite skróty, terminologię i standardy graficzne zgodne z KSZR.

(11) Informacje są przekazywane głównie przez ZZT (przed wjazdem – na drogach współpracujących i w rejonie węzłów, a w ciągu głównym – na ZZT na drodze szybkiego ruchu) oraz uzupełniane kanałami poza drogowymi, takimi jak radio (w tunelach z możliwością retransmisji i nadawania komunikatów bezpieczeństwa), systemy nawigacji i multimedia

pojazdów, strony internetowe i media społecznościowe. Obraz z kamer może być udostępniany użytkownikom cyklicznie (quasi-na-żywo), a aplikacje mapowe i społecznościowe – dzięki udostępnianiu danych bieżących i historycznych przez administracje drogowe – zwiększają zasięg i jakość informacji docierającej do kierowców.

(12) Korzyści realizacji funkcjonalności informowania użytkowników drogi szybkiego ruchu przedstawiono w Tab. 4.5.4.1

Tab. 4.5.4.1. Korzyści realizacji funkcjonalności informowania użytkowników drogi szybkiego ruchu

Korzyści dla kierowców	Korzyści dla sieci drogowej
Unikanie korków i opóźnień	Zwiększona odporność na incydenty
Świadome decyzje dotyczące trasy, czasu, trybu podróży	Redukcja kongestii
Większa przewidywalność czasu podróży	Poprawa bezpieczeństwa
Wyższy komfort podróży	Ograniczenie skutków incydentów

(13) Funkcja sterowania ruchem obejmuje zestaw narzędzi umożliwiających dynamiczne oddziaływanie na parametry ruchu w celu utrzymania płynności, bezpieczeństwa i optymalnego wykorzystania przepustowości drogi szybkiego ruchu. Elementy te działają w sposób zintegrowany, korzystając z danych pochodzących z funkcji monitorowania i analizy.

(14) Nowoczesne systemy dozowania ruchu na węzłach umożliwiają pracę w trybie autonomicznym (izolowanym), polegającym na sterowaniu dopływem ruchu na pojedynczej łącznicy, oraz w trybie skoordynowanym, w którym steruje się grupą łącznic w układzie typu master-slave, jeżeli wymaga tego sytuacja ruchowa na odcinku głównym.

(15) Skoordynowana sygnalizacja wjazdowa (dozowanie ruchu na wjazdach na jezdnię główną) pozwala dopasować dopływ pojazdów do przepustowości niewrażliwych odcinków, ograniczać ryzyko załamania przepływu w rejonie tzw. „wąskich gardeł”, równoważyć kolejki i czasy oczekiwania między łącznicami, przenosić opóźnienia na łącznice o większej pojemności oraz redukować przepiętnienie krótkich łącznic poprzez ich odciążanie ruchem kierowanym z kolejnych węzłów.

(16) Dynamiczne (zmiennie) ograniczenia prędkości są stosowane na inteligentnych drogach szybkiego ruchu w celu zwiększenia bezpieczeństwa oraz poprawy przepustowości poprzez dostosowywanie dopuszczalnej prędkości do warunków ruchowych i środowiskowych.

(17) Zarządzanie prędkością może być inicjowane w sytuacjach narastającej kongestii, incydentu drogowego lub zatrzymania pojazdu, robót drogowych, niekorzystnych warunków pogodowych (np. silnego wiatru, opadów lub oblodzenia) oraz zdarzeń szczególnych wpływających na ruch.

(18) Korzyści wynikające z zastosowania dynamicznego (zmiennego) zarządzania prędkością opisane w Tab. 4.5.4.2. obejmują zmniejszenie różnic prędkości między pojazdami, ograniczenie gwałtownych zmian pasa i hamowania, zwiększenie czasu reakcji kierowców, redukcję prędkości przed tworzącymi się kolejkami oraz zmniejszenie prawdopodobieństwa kolizji i ograniczenie ich skutków.

Tab. 4.5.4.2. Korzyści wynikające z zastosowania dynamicznego zarządzania prędkością

Zakres korzyści	Opis oddziaływania	Efekt dla bezpieczeństwa i płynności ruchu
Zmniejszenie różnic prędkości między pojazdami	Harmonizacja prędkości w strumieniu ruchu	Mniej nagłych manewrów, redukcja ryzyka wypadków i kolizji związanych z najechaniem na tył pojazdu
Ograniczenie gwałtownych zmian pasów i hamowania	Ujednolicenie tempa jazdy	Stabilniejszy przepływ, mniej konfliktów między pojazdami
Zwiększenie czasu reakcji kierowców	Wcześniejsze sygnały o zmianach warunków ruchu	Wyższy margines bezpieczeństwa i mniejsza liczba zdarzeń
Redukcja prędkości przed tworzącymi się kolejkami	Wyprzedzające ostrzeganie przed miejscami spowolnienia	Ograniczenie ryzyka zderzeń w końcu kolejki
Zmniejszenie prawdopodobieństwa kolizji oraz ograniczenie ich skutków	Obniżenie prędkości i uspokojenie ruchu	Mniejsza liczba i ciężkość wypadków, szybszy powrót do normy ruchowej

(19) Na inteligentnych drogach szybkiego ruchu znaki ZZT są najczęściej elementem systemu zarządzania pasami ruchu i wyświetlane są na ZZT SRP lokalizowanych na bramownicach nad pasami.

(20) Integracja zarządzania prędkością z dozowaniem ruchu na węzłach umożliwia koordynację prędkości z dopływem ruchu, co maksymalizuje efektywność sterowania ruchem.

(21) Dynamiczne zarządzanie pasami ruchu jest narzędziem umożliwiającym wyznaczanie dostępności pasów ruchu, szczególnie istotnym w warunkach incydentów, robót drogowych czy zmiennych warunków pogodowych. System może służyć do częściowego wykorzystania pasa awaryjnego, pełnego wykorzystania wszystkich pasów przez całą dobę, dynamicznego zamykania pasów w zależności od zdarzeń oraz wskazywania prędkości dopuszczalnych nad poszczególnymi pasami.

(22) Zastosowanie dynamicznego zarządzania pasami ruchu umożliwia uzyskanie znaczącego wzrostu przepustowości na drodze głównej bez rozbudowy infrastruktury liniowej, a jednocześnie zwiększa poziom bezpieczeństwa poprzez jasne i dobrze widoczne komunikaty o stanie pasa (Tab. 4.5.4.3.).

(23) Znaki ZZT, zwykle montowane na bramownicach nad jezdnią, wskazują prędkość dopuszczalną, status pasa (otwarty, zamknięty, kierunek zmiany pasa) oraz komunikaty szczególne w sytuacjach awaryjnych.

Tab. 4.5.4.3. Korzyści wynikające z zastosowania dynamicznego zarządzania pasami ruchu

Zakres działania	Opis oddziaływania	Efekt dla bezpieczeństwa i płynności ruchu
Częściowe wykorzystanie pasa awaryjnego	Udostępnianie pasa awaryjnego jako pasa ruchu w wybranych okresach	Zwiększenie przepustowości w okresach dużego natężenia; poprawa płynności ruchu
Pełne wykorzystanie wszystkich pasów przez całą dobę	Stałe prowadzenie ruchu po wszystkich pasach dostępnych w przekroju drogowym	Maksymalne wykorzystanie istniejącej infrastruktury bez potrzeby jej rozbudowy
Dynamiczne zamykanie pasów w zależności od zdarzeń	Automatyczne lub ręczne wyłączanie pasów w przypadku incydentów, przeszkód, robót drogowych lub złych warunków pogodowych	Szybka reakcja na zagrożenia, ograniczenie ryzyka kolizji, bezpieczne prowadzenie ruchu
Wskazywanie prędkości dopuszczalnych nad poszczególnymi pasami	Wyświetlanie zmiennych limitów prędkości dedykowanych dla każdego pasa	Harmonizacja prędkości, zmniejszenie różnic prędkości między pasami, redukcja potencjalnych konfliktów

4.6. Architektura i modularność systemów zarządzania ruchem

(1) Architektura systemów zarządzania ruchem (SZR) powinna być budowana w oparciu o podejście modułowe, umożliwiające elastyczną rozbudowę, integrację z innymi systemami ITS oraz dostosowanie do specyficznych potrzeb obszaru oddziaływania (autostrady i drogi ekspresowe, sieci ulic w miastach).

(2) Modularność systemów należy rozumieć jako możliwość podziału systemu na powiązane podsystemy funkcjonalne, które mogą działać samodzielnie, a jednocześnie współpracować w ramach jednolitej architektury.

(3) Wdrożenie architektury modułowej ułatwia:

- etapowanie inwestycji,
- integrację systemów różnych producentów i dostawców,
- utrzymanie interoperacyjności zgodnie z europejskimi ramami ITS (np. FRAME NEXT, DATEX II),
- zapewnienie wysokiej dostępności usług oraz odporności systemu na awarie.

(4) Systemy zarządzania ruchem powinny być budowane w układzie hierarchicznym, z wyróżnieniem poziomu lokalnego (skrzyżowania, odcinki), regionalnego (miasto, korytarz, województwo) oraz krajowego (systemy centralne).

(5) Architektura musi zapewniać interoperacyjność pomiędzy różnymi systemami i producentami, zgodnie z europejskimi standardami wymiany danych (DATEX II).

(6) Poszczególne podsystemy powinny być wdrażane w taki sposób, aby możliwe było ich niezależne uruchamianie i utrzymanie, przy jednoczesnej zdolności do integracji w ramach szerszej platformy SZR.

(7) Modularność należy stosować zarówno w systemach zamiejskich, jak i miejskich – różni się jednak priorytet funkcjonalny: w miastach dominują podsystemy sygnalizacji i priorytetu dla transportu zbiorowego, a na autostradach podsystemy zarządzania prędkością i pasami ruchu.

(8) Systemy zarządzania ruchem w obszarach miejskich i na drogach zamiejskich pełnią różne funkcje i odpowiadają na odmienne wyzwania, co przedstawiono w Tab. 4.6.1.

Tab. 4.6.1. Podział na systemy miejskie i zamiejskie

Kryterium	Systemy miejskie	Systemy zamiejskie
Charakter ruchu	<p>Wysokie natężenie w godzinach szczytu, duża zmienność dobowo-tygodniowa</p> <p>Duża liczba skrzyżowań i relacji podporządkowanych</p> <p>Znaczny udział pieszych i rowerzystów</p> <p>Silne powiązanie z transportem zbiorowym (tramwaje, autobusy)</p> <p>Częste zakłócenia lokalne: roboty, imprezy masowe, wypadki na skrzyżowaniach</p>	<p>Przewaga ruchu tranzytowego i długodystansowego</p> <p>Wysokie prędkości dopuszczalne</p> <p>Duży udział pojazdów ciężkich</p> <p>Minimalny udział pieszych i rowerzystów na autostradach i drogach ekspresowych</p> <p>Zakłócenia głównie losowe: kolizje, warunki pogodowe</p>
Cele priorytetowe	<p>Priorytet dla transportu zbiorowego (zielone fale, komunikacja V2I, korytarze szybkiej komunikacji autobusowej: BRT – ang. Bus Rapid Transit)</p> <p>Bezpieczeństwo pieszych i rowerzystów, zwłaszcza na skrzyżowaniach i przejściach</p> <p>Redukcja kongestii w centrach miast i korytarzach dojazdowych</p> <p>Ograniczenie emisji i poprawa jakości powietrza w strefach gęstej zabudowy</p>	<p>Płynność ruchu tranzytowego (utrzymanie prędkości średniej na wysokim poziomie)</p> <p>Podwyższanie poziomu bezpieczeństwa ruchu przy dużych prędkościach (ograniczenie hamowania, zapobieganie zdarzeniom drogowym pierwotny i wtórnym)</p> <p>Minimalizacja skutków zdarzeń drogowych (szybka detekcja, informowanie kierowców)</p> <p>Ograniczenie emisji i hałasu</p>
Podstawowe usługi	<p>Sterowanie ruchem z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej: koordynacja, algorytmy adaptacyjne - Priorytet dla transportu zbiorowego (tramwaje, autobusy, V2I)</p> <p>Zarządzanie ruchem rowerowym (koordynacja sygnalizacji świetlnej, detekcja rowerzystów)</p> <p>Informacja pasażerska w czasie rzeczywistym (tablice, aplikacje)</p> <p>Systemy parkingowe (P+R, parkingi miejskie, strefy płatnego parkowania)</p> <p>Ograniczenia wjazdu (strefy niskoemisyjne, strefy ograniczonej dostępności)</p>	<p>Harmonizacja prędkości (zmiennie ograniczenia w zależności od ruchu i pogody)</p> <p>Dozowanie ruchu na wjazdach z węzłów</p> <p>Dynamiczne zarządzanie pasami (w tym otwieranie pasa awaryjnego)</p> <p>Informacja tranzytowa i kierunkowa (Tablice Kierunkowe Zmiennej Treści - TKZT)</p> <p>Organizacja tras objazdowych w razie zdarzeń</p> <p>Zarządzanie parkingami dla pojazdów ciężkich</p>
Architektura danych	<p>Integracja z systemami miejskimi (transport zbiorowy, parkingi, monitoring, zarządzanie energią)</p> <p>Platformy Smart City jako centralny broker danych</p> <p>Wykorzystanie big data (dane z telefonów, GPS, aplikacji mobilnych)</p> <p>Algorytmy sztucznej inteligencji/uczenia maszynowego do prognozowania ruchu i optymalizacji sygnalizacji</p>	<p>Integracja z systemami krajowymi i regionalnymi (KSZR, centra GDDKiA, służby ratunkowe)</p> <p>Standardy wymiany danych: DATEX II</p> <p>Modele makroskopowe, mezoskopowe i mikroskopowe do planowania wykorzystania przepustowości</p> <p>Integracja z C-ITS (V2I, V2V) i danymi flotowymi</p>

Kryterium	Systemy miejskie	Systemy zamiejskie
	Modele makroskopowe, mezoskopowe i mikroskopowe do planowania wykorzystania przepustowości	
Źródła danych	<p>Detektory pętlowe, radary, kamery CCTV</p> <p>Dane z pojazdów transportu zbiorowego (GPS, bilety elektroniczne)</p> <p>Dane crowdsourcingowe (Google, Waze)</p> <p>Monitoring środowiskowy (jakość powietrza, hałas)</p>	<p>Stacje meteorologiczne (śnieg, mgła, opady)</p> <p>Systemy ważenia pojazdów WIM</p> <p>Dane o ruchu pojazdów pozyskiwane z systemów lokalizacji satelitarnej (ang. Floating Car Data) od flot transportowych</p> <p>Sensory C-ITS w pojazdach ciężarowych i osobowych</p>
Technologie komunikacji	<p>V2I dla priorytetu dla transportu zbiorowego (tramwaje, autobusy)</p> <p>Łączność miejskich systemów ITS poprzez łączność światłowodową, LTE/5G</p> <p>Rozwiązania IoT (inteligentne latarnie, czujniki ruchu)</p>	<p>V2X dla pojazdów w ruchu tranzytowym</p> <p>Sieci krajowe ITS dla wymiany danych z centrami</p> <p>Integracja w ramach europejskich projektów korytarzowych (C-ROADS, CEF)</p> <p>Łączność światłowodowa</p>
Organizacja i zarządzanie	<p>Zarządy dróg miejskich, operatorzy transportu zbiorowego, jednostki Smart City</p> <p>Współpraca z policją, strażą miejską, centrami bezpieczeństwa</p>	<p>Centralne i regionalne centra zarządzania ruchem</p> <p>Koncesjonariusze autostrad</p> <p>Współpraca z policją i służbami ratunkowymi</p>
Kryteria oceny efektywności	<p>Średni czas podróży</p> <p>Punktualność transportu zbiorowego</p> <p>Liczba zdarzeń z udziałem pieszych/rowerzystów</p> <p>Emisje w centrach miast (NO_x, PM, CO₂)</p>	<p>Średnia prędkość przejazdu (v85)</p> <p>Poziom swobody ruchu (Poziom Warunków Ruchu, stopień wykorzystania przepustowości Q/C)</p> <p>Liczba wypadków i zdarzeń wtórnych</p> <p>Koszty użytkowników (czas, paliwo, emisje)</p>
Skala oddziaływania	<p>Lokalna i obszarowa (sieć ulic, centrum miasta)</p> <p>Możliwość powiązania z polityką mobilności miejskiej</p>	<p>Sieciowa (korytarze, całe odcinki autostrad i dróg ekspresowych)</p> <p>Efekt oddziaływania regionalnego i międzynarodowego</p>
Ograniczenia	<p>Ograniczona przestrzeń na nowe inwestycje</p> <p>Konflikt interesów (piesi vs samochody)</p> <p>Złożoność układów ulicznych i dużej liczby skrzyżowań</p>	<p>Wysokie koszty budowy i utrzymania infrastruktury</p> <p>Odcinki bez alternatywnych tras</p> <p>Ograniczone możliwości objazdów w razie zdarzeń</p>
Koszty inwestycyjne i utrzymaniowe	Wysokie koszty jednostkowe instalacji, wysokie koszty utrzymania ze względu na gęstość infrastruktury (sygnalizacja, detektory, kamery)	Bardzo wysokie koszty budowy systemów, ale utrzymanie prostsze ze względu na mniejszą gęstość urządzeń
Interoperacyjność cyfrowa	Integracja w ramach Smart City (mobilność, energia, bezpieczeństwo), interfejs programistyczny aplikacji (API – ang. Application Programming Interface) i otwarte dane miejskie, zgodność z ISO 37120/22	Wymiana danych w standardach europejskich (DATEX II), interoperacyjność w korytarzach TEN-T, integracja z systemami międzynarodowymi (C-ITS Corridor)
Powiązania z polityką klimatyczną	Strefy niskoemisyjne, ograniczenia wjazdu, promowanie transportu zbiorowego i rowerowego, monitoring emisji CO ₂ i NO _x	Ograniczenie emisji CO ₂ w korytarzach TEN-T, wykorzystanie dynamicznych ograniczeń prędkości w celu redukcji emisji i hałasu, integracja z polityką „Fit for 55”

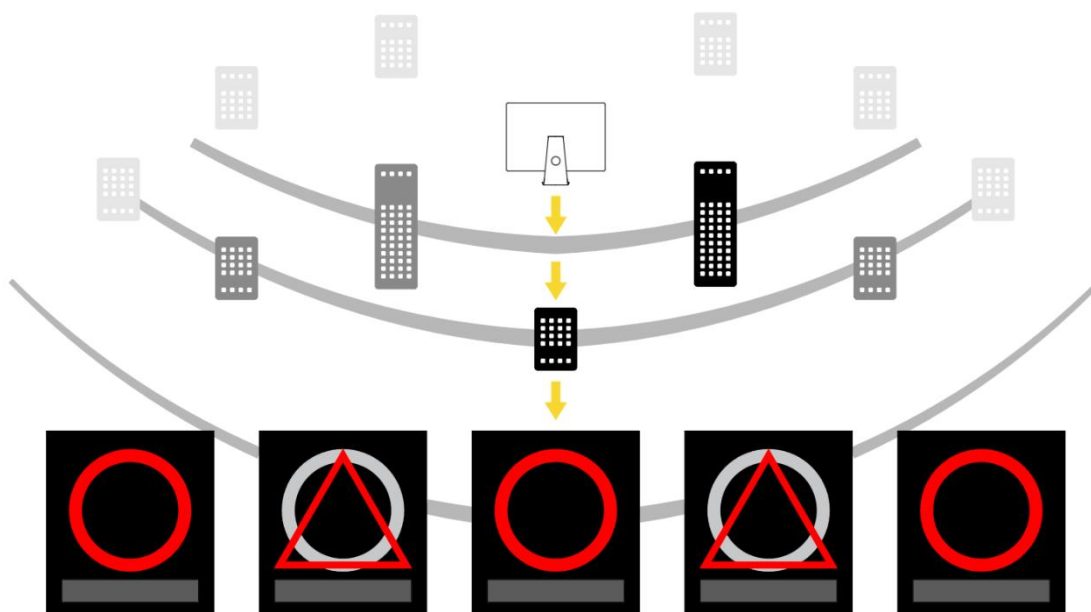
(9) Systemy Zarządzania Ruchem (SZR) zazwyczaj składają się z różnych podsystemów (usług), wliczając w to znaki o zmiennej treści, detekcję ruchu oraz parametrów środowiska, sygnalizację świetlną, CCTV, telefony alarmowe, ręczne/lokalne terminale i inne. Przykładowo znaki zmiennej

treści wraz ze sterownikami należą do jednego z podsystemów systemu zarządzania ruchem i można je skonfigurować na wiele różnych sposobów w warstwach architektury, sprzętu i oprogramowania. Komunikacja pomiędzy poszczególnymi elementami odbywa się przy wykorzystaniu odpowiednich protokołów komunikacyjnych.

(10) Przykładowo podsystem znaków o zmiennej treści zazwyczaj (możliwe są również inne konfiguracje) wykorzystuje następujące komponenty wraz z określonym sprzętem i oprogramowaniem:

- a) serwer komunikacyjny,
- b) stację pośrednią,
- c) sterownik zewnętrzny,
- d) znak o zmiennej treści.

(11) Na Rys. 4.6.1. System zarządzania ruchem (podsystem ZZT). przedstawiona została przykładowa poglądowa architektura podsystemu znaków o zmiennej treści.



Rys. 4.6.1. System zarządzania ruchem (podsystem ZZT)

5. Zasady stosowania systemów zarządzania ruchem oraz określania obszaru ich oddziaływania na sieci ulic w miastach i drogach współpracujących

(1) SZR stosowane w obszarach miejskich oraz na przyległych drogach zamiejskich (tzw. drogach współpracujących, np. obwodnicach, drogach dojazdowych do miast, węzłach multimodalnych) powinny funkcjonować w sposób zintegrowany i spójny. Oznacza to zapewnienie ciągłości zarządzania ruchem na styku sieci miejskiej i sieci dróg krajowych tak, aby użytkownik drogi doświadczył jednolitego, przewidywalnego sposobu sterowania ruchem. Integracja ta umożliwia płynne i bezpieczne przemieszczanie się pojazdów pomiędzy siecią pozamiejską a ulicami miejskimi, minimalizując negatywne zjawiska na granicy systemów (np. zatory tworzące się na wjazdach do miasta).

(2) Należy położyć nacisk na interoperacyjność systemów i ciągłość usług. Należy podkreślić potrzebę ścisłej współpracy pomiędzy służbami zarządzającymi ruchem na autostradach a CZR w aglomeracjach, szczególnie tam, gdzie trasy tranzytowe wchodzą w obszary miejskie. Dzięki temu zasady sterowania ruchem są jednolite, a działania podejmowane przez różnych zarządców dróg wzajemnie się uzupełniają zamiast kolidować.

(3) Kluczowym aspektem integracji jest wspólna platforma danych i interoperacyjność wykorzystywanych systemów. Należy zapewnić bieżącą wymianę informacji o sytuacji na drodze pomiędzy CZR różnych zarządców ruchu w czasie rzeczywistym, co wymaga uzgodnionych standardów wymiany danych i otwartych interfejsów. Przykładowo w Europie powszechnie stosuje się format DATEX II do komunikacji między systemami różnych instytucji. W praktyce zaleca się tworzenie zintegrowanych centrów lub platform gromadzących dane z obu obszarów i umożliwiających podejmowanie skoordynowanych decyzji. Dobrym wzorcem są otwarte standardy komunikacyjne definiujące jednolity sposób wymiany danych między urządzeniami i systemami różnych dostawców. Takie podejście pozwala powiązać działanie elementów infrastruktury – od sygnalizacji świetlnej po tablice o zmiennej treści – w jeden ekosystem zarządzania ruchem, w którym sygnały, ograniczenia i komunikaty są spójne.

(4) Należy podkreślić wagę koordynacji sygnałów i komunikatów przekazywanych uczestnikom ruchu. SZR w mieście i poza nim muszą uzgadniać treści poleceń i informacji tak, aby kierowcy nie otrzymywali sprzecznych sygnałów. Przykładowo, jeżeli na autostradowej obwodnicy miasta wprowadzane jest zmienne ograniczenie prędkości lub komunikat o objeździe, to analogiczne informacje powinny pojawić się na powiązanych drogach miejskich (i vice versa). W tym celu zarządcy dróg powinni wypracować procedury wspólnego planowania scenariuszy zarządzania ruchem na wypadek różnych sytuacji (wypadki, zatory, zdarzenia pogodowe, itp.), jeszcze zanim one wystąpią. Skoordynowanie planów umożliwia jednolitą reakcję kryzysową, np. równoczesne przekierowanie ruchu tranzytowego na obwodnice oraz dostosowanie sygnalizacji w mieście, by przejąć zwiększony napływ pojazdów.

(5) Harmonizacja priorytetów stanowi istotny element integracji systemów miejskich i pozamiejskich. W obszarach miejskich zarządzanie ruchem często podporządkowane jest celom takim jak bezpieczeństwo niechronionych uczestników ruchu oraz preferencje dla transportu publicznego (buspasy, priorytet sygnalizacji dla tramwajów itp.). Z kolei na drogach szybkiego ruchu priorytetem jest płynność tranzytu, wysoka przepustowość i minimalizacja czasu przejazdu na długich odcinkach. Integrując oba systemy, należy zrównoważyć te cele – tak aby zapewnić dogodne warunki dla transportu zbiorowego i ruchu w mieście, a równocześnie nie zakłócać ruchu dalekobieżnego poza miastem. Wymaga to uzgodnienia polityki sterowania ruchem na styku sieci (np. ustalenia, w jakich godzinach transport otrzymuje priorytety na wlotach do miasta, a kiedy większy nacisk kładzie się na obsługę ruchu miejskiego). Dzięki temu systemy mogą wspólnie realizować założenia zrównoważonej mobilności w całej aglomeracji, łącząc efektywność transportu zbiorowego z utrzymaniem płynności ruchu drogowego.

(6) Mimo odmiennych uwarunkowań, integracja w strefach granicznych (na styku miasta i drogi zamiejskiej) jest krytyczna dla sprawnego działania obu systemów. Strefami takimi są m.in. węzły przesiadkowe typu P+R, duże terminale komunikacyjne na obrzeżach oraz tzw. bramy miejskie (główne wjazdy do miasta). W tych miejscach systemy zarządzania ruchem muszą działać komplementarnie, przykładowo kierować podróżnych do pozostawienia samochodu na parkingu

P+R i kontynuowania podróży transportem zbiorowym, gdy sytuacja w centrum jest niekorzystna. Wymaga to połączenia informacji o dostępności miejsc parkingowych i kursowaniu transportu zbiorowego z systemem informacji drogowej na dojazdach do miasta. Dzięki temu kierowcy otrzymują zawczasu komunikaty zachęcające do skorzystania z węzłów przesiadkowych (np. informacja na tablicach o liczbie wolnych miejsc na P+R oraz o czasie przejazdu do centrum środkami publicznego transportu). Jednocześnie koordynacja sygnalizacji na skrzyżowaniach wlotowych do miasta oraz dozowanie ruchu na pasach zjazdowych z autostrad pozwala uniknąć nadmiernego dopływu pojazdów do centrum. Efektem jest płynne przejście części potoku pojazdów przez system miejski i uspokojenie ruchu tranzytowego w newralgicznych punktach, co poprawia warunki ruchu w mieście, jak i na sieci zewnętrznej.

(7) W Tab. 5.1. przedstawiono podstawowe funkcje integracji systemów miejskich i zamiejskich oraz odpowiadające im wymagania techniczne i cele działań.

Tab. 5.1. Podstawowe funkcje integracji systemów miejskich i zamiejskich oraz odpowiadające im wymagania techniczne i cele działań

Funkcja integracyjna	Wymagania techniczne	Cel integracji
Wymiana danych i interoperacyjność systemów	Stosowanie uzgodnionych standardów komunikacji i formatów danych (np. protokoły otwarte zgodne z DATEX II) Bezpośrednie łącza wymiany informacji pomiędzy centrami zarządzania ruchem różnych zarządców (drogi krajowe ↔ miasto)	Bieżący przepływ informacji o sytuacji na drodze między systemami miejskimi i pozamiejskimi, zapewniający wszystkim służbom ten sam obraz sytuacji Unikanie sprzecznych decyzji lub opóźnień wskutek braku danych u któregoś z zarządców
Koordynacja sterowania ruchem na styku sieci	Powiązanie algorytmów sterowania sygnalizacją uliczną z systemami kontroli ruchu na drogach szybkiego ruchu (np. synchronizacja sygnalizacji na wlotach z działaniem metody dozowania ruchu na węzłach) Możliwość zdalnego uzgadniania planów sygnalizacji oraz ograniczenia prędkości między centrami zarządzania różnymi sieciami	Utrzymanie płynności ruchu przy przejeździe z sieci zamiejskiej do miejskiej (i odwrotnie) Zapobieganie powstawaniu zatorów na granicach systemów (np. kolejki pojazdów z autostrady nie blokują miejskich skrzyżowań dzięki skoordynowaniu sygnalizacji świetlnej)
Spójna informacja dla podróżnych (komunikaty)	Integracja systemów informacji dla kierowców (ZZT, aplikacje) w mieście i na drogach dojazdowych Uzgadnianie treści komunikatów i ostrzeżeń (jednolita polityka informacyjna, wspólna baza danych zdarzeń)	Dostarczanie kierującym jednolitych komunikatów niezależnie od zarządcy odcinka drogi (np. ta sama informacja o wypadku czy objazdach na autostradzie i w miejskim systemie informacji) Zwiększenie zaufania użytkowników poprzez unikanie sprzecznych lub dublujących się informacji
Harmonizacja priorytetów transportowych	Uzgodnienie zasad nadawania priorytetów na wlotach do miasta (sygnalizacja świetlna, pasy ruchu) w porozumieniu między zarządcami ruchu Implementacja sterowania adaptacyjnego, które w razie zmiany sytuacji (np. duże opóźnienia transportu zbiorowego) potrafi korygować plan działania sygnalizacji i ZZT	Zrównoważenie potrzeb ruchu lokalnego i tranzytowego: zapewnienie płynnego tranzytu bez nadmiernego uszczerbku dla warunków ruchu w mieście Zapewnienie priorytetu dla transportu zbiorowego tam, gdzie to konieczne (np. buspasy, preferencje skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną), przy jednoczesnym utrzymaniu akceptowalnej przepustowości dla pozostałych pojazdów
Integracja węzłów przesiadkowych (Park&Ride)	Połączenie systemu dynamicznej informacji parkingowej (dane o dostępności miejsc na parkingach P+R) z systemem informacji drogowej na drogach dojazdowych Integracja danych z systemów transportu publicznego (rozkłady, opóźnienia) w platformie zarządzania ruchem, umożliwiającą podejmowanie decyzji o przekierowaniu podróżnych na komunikację zbiorową	Zmniejszenie zatłoczenia centrum miasta poprzez przechwycenie części ruchu na obrzeżach (zachęcenie do zostawienia pojazdu na P+R i skorzystania z transportu publicznego) Poprawa koordynacji między transportem indywidualnym a zbiorowym: kierowcy na bieżąco informowani o korzyściach (czasowych, kosztowych) z przesiadki, co zwiększa udział komunikacji zbiorowej w obsłudze podróży do miasta

(8) Wyzwania związane z integracją systemów miejskich i zamiejskich nie ograniczają się jedynie do aspektów technicznych. Kluczowym warunkiem skuteczności tej integracji jest także organizacyjne i instytucjonalne współdziałanie zarządców dróg o różnym statusie – zarówno administracyjnym (gminnym, powiatowym, krajowym), jak i funkcjonalnym. Konieczne jest wypracowanie modeli współpracy opartych na wymianie danych, wspólnych procedurach reagowania na zdarzenia drogowe oraz uzgadnianiu polityki informacyjnej. W tym celu zaleca się ustanawianie formalnych porozumień między zarządcami, tworzenie zintegrowanych centrów zarządzania ruchem lub platform wymiany informacji, a także stosowanie jednolitych narzędzi analitycznych i kryteriów oceny efektywności działań.

(9) Systemy zarządzania ruchem, które przekraczają granice pojedynczych obszarów administracyjnych, stanowią podstawę nowoczesnej mobilności miejskiej i regionalnej. Ich skuteczność zależy od zdolności do współdzielenia danych, podejmowania wspólnych decyzji operacyjnych i respektowania celów polityki transportowej wszystkich zaangażowanych stron. Dlatego przy planowaniu i wdrażaniu SZR należy już na etapie koncepcji uwzględniać integrację z sąsiednimi systemami, zarówno pod względem funkcjonalnym, jak i organizacyjnym. Tylko w ten sposób możliwe będzie osiągnięcie efektu synergii, który realnie wpłynie na poprawę warunków podróży, bezpieczeństwa i efektywności całego systemu transportowego w skali regionalnej i krajowej.

5.1. Dynamiczny system informacji i naprowadzania na parkingi – środowisko miejskie

(1) Dynamiczny System Informacji Parkingowej (DSIP) to element inteligentnego zarządzania ruchem, służący do kierowania kierowców na dostępne miejsca postojowe w obszarach o ich ograniczonej podaży.

(2) DSIP ma architekturę hierarchiczną, obejmującą warstwę lokalną (urządzenia w terenie) oraz warstwę centralną (system zarządzania). W Tab. 5.1.1. przedstawiono podstawowe elementy techniczne DSIP wraz z przypisanymi im funkcjami natomiast w Tab. 5.1.2. kluczowe parametry dynamicznego systemu informacji parkingowej.

Tab. 5.1.1. Warstwy i elementy składowe Dynamicznego Systemu Informacji Parkingowej (DSIP)

Warstwa / komponent	Przykładowe elementy techniczne	Funkcje w systemie DSIP
Detekcja zajętości	Czujniki na miejscach postojowych (ultradźwiękowe, radarowe, magnetyczne, IoT) Pętle indukcyjne w jezdni na wjazdach/wyjazdach Kamery z analizą obrazu (rozpoznawanie numerów rejestracyjnych, wykrywanie pojazdów, analityka obszarowa)	Pomiar i wykrywanie obecności pojazdów na poszczególnych miejscach lub zliczanie pojazdów na wjazdach i wyjazdach. Dostarczanie danych o liczbie wolnych miejsc na każdym parkingu w czasie rzeczywistym.
Transmisja danych	Sterowniki lokalne i koncentratory danych Sieć komunikacyjna (przewodowa – światłowód, Ethernet; bezprzewodowa – GSM/LTE, radio)	Przekazywanie zebranych danych z czujników do centrum zarządzania oraz dystrybucja poleceń sterujących do tablic zmiennej treści. Zapewnienie niezawodnej, odpornej na zakłócenia łączności w czasie rzeczywistym.
Centralne systemy zarządzania	Serwer systemu parkingowego z oprogramowaniem DSIP Baza danych i moduły analityczne Interfejs operatora (centrum zarządzania ruchem)	Gromadzenie i przetwarzanie danych o zajętości z całej sieci parkingów. Obliczanie liczby dostępnych miejsc, podejmowanie decyzji o treści komunikatów na tablicach, prognozowanie trendów. Integracja z innymi systemami zarządzania ruchem (ITS).

Warstwa / komponent	Przykładowe elementy techniczne	Funkcje w systemie DSIP
Prezentacja informacji	<p>Drogowe tablice informacji parkingowej (znaki o zmiennej treści wyświetlające informacje o liczbie wolnych miejsc postojowych)</p> <p>Tablice kierunkowe (stałe i zmienne) dojazdu do parkingów (zmienne prezentują również liczbę wolnych miejsc)</p> <p>Tablice przy wjazdach na parking (wyświetlanie liczby wolnych miejsc, komunikaty „WOLNY/ZAJĘTY”) – dedykowane dla konkretnego parkingu</p> <p>Kanały informacyjne dla użytkowników (aplikacje mobilne, serwisy www, nawigacja GPS)</p>	<p>Udostępnianie kierowcom aktualnych informacji o wolnych miejscach i kierunkach dojazdu.</p> <p>Tablice przydrożne wyświetlają komunikaty tekstowe i symbole (np. P i liczba miejsc), wskazując najbliższe parkingi z wolnymi miejscami.</p> <p>Inne kanały (aplikacje, nawigacje, informacja przekazywana przez system do pojazdu w ramach współpracujących inteligentnych systemów transportu (ang. Cooperative Intelligent Transportation Systems – C-ITS) mogą uzupełniać informacje.</p>

(3) System składa się z infrastruktury technicznej (czujników i tablic informacyjnych) oraz warstwy zarządzającej (oprogramowania i centrów sterowania), które wspólnie zapewniają bieżącą informację o stanie zajętości parkingów.

(4) Celem DSIP jest skrócenie czasu poszukiwania wolnego miejsca, zmniejszenie zbędnego ruchu kołowego w centrum (tzw. ruchu krążącego) oraz efektywniejsze wykorzystanie dostępnej przestrzeni parkingowej. Systemy poprawiają płynność ruchu w obszarach centralnych i zwiększają efektywność wykorzystania istniejących parkingów.

(5) Nowoczesne systemy tego typu integrują wszystkie dostępne parkingi w danym obszarze oraz rozpowszechniają informacje o wolnych miejscach wielokanałowo – nie tylko na tablicach drogowych, ale także poprzez nawigacje, aplikacje mobilne, radio i Internet. Dzięki temu kierowcy są informowani z wyprzedzeniem o sytuacji parkingowej i mogą podejmować decyzje o wyborze parkingu zanim wjadą w najbardziej zatłoczone rejony.

Tab. 5.1.2. Kluczowe parametry dynamicznego systemu informacji parkingowej

Parametr	Opis
Środowisko	Miejskie (centra miast, obszary deficytu parkingów, węzły przesiadkowe).
Główne cele	Redukcja ruchu kierowców poszukujących wolnych miejsc parkingowych, zmniejszenie kongestii i emisji, ułatwienie kierowcom znalezienia miejsca.
Funkcje	Zbieranie danych o wolnych miejscach, kierowanie ruchem na parkingi z wolnymi miejscami poprzez ZZT.
Dane wejściowe	Zajętość parkingów w czasie rzeczywistym (czujniki, kamery), ewentualnie dane o ruchu dojazdowym.
Logika sterowania	Aktualizacja wyświetlanych komunikatów przy zmianie dostępności; priorytetyzacja komunikatów najbliższych kierowcy; opcjonalnie algorytmy rozdziału ruchu między parkingi. Wykorzystanie algorytmów krótkoterminowego prognozowania liczby wolnych miejsc postojowych (dla ZZT zlokalizowanych w oddaleniu od parkingów).
Typy komunikatów	Liczba wolnych miejsc + nazwa parkingu i kierunek; komunikaty „pełny” lub „zajęty” gdy brak miejsc; strzałki kierunkowe, piktogramy „P”.
Wpływ na ruch	Krótszy czas szukania miejsc – mniej zatłoczenia i spalin (redukcja lokalnej kongestii, poprawa płynności); zwiększenie poziomu bezpieczeństwa ruchu (mniej nagłych manewrów i dekoncentracji kierowcy poszukującego wolnego miejsca).

(6) Informacja parkingowa powinna być prezentowana kierowcom w sposób czytelny i stopniowy, w miarę zbliżania się do docelowego obszaru. Zaleca się hierarchizację tablic DSIP – od informacji ogólnych na obrzeżach miasta, po szczegółowe wskazania przy samym parkingu. W Tab. 5.1.3. przedstawiono strukturę takiej hierarchii.

Tab. 5.1.3. Hierarchia tablic informacji parkingowej w systemie DSIP (przykładowa struktura funkcjonalna).

Rodzaj tablicy	Lokalizacja i rola	Zakres wyświetlanych informacji
Tablice obszarowe (zbiorcze)	Przy głównych wjazdach do obszaru (np. obwodnice, arterie wjazdowe do centrum). Mają za zadanie zaprezentować ogólną informację o sytuacji parkingowej w danej strefie miasta (np. „Centrum Północ”).	Nazwa strefy/obszaru (np. Centrum Północ) Łączna liczba wolnych miejsc w tej strefie lub komunikat zbiorczy (np. Wolne 250). Ewentualnie piktogram parkingu i kierunek (strzałka) do danej strefy.
Tablice kierunkowe szczegółowe (parkingowe)	W ciągu głównych ulic wewnątrz obszaru, przed ważnymi skrzyżowaniami i rozjazdami prowadzącymi do poszczególnych parkingów. Ich rola to wskazanie konkretnych parkingów i pokierowanie do nich.	Nazwy parkingów docelowych lub identyfikatory (np. Parking „Ratusz”, Parking P+R). Strzałki kierunkowe (prawo/léwo/prosto) do każdego parkingu. Bieżąca liczba wolnych miejsc na każdym z wymienionych parkingów (aktualizowana w czasie rzeczywistym).
Tablice przy wjazdach (wejściowe)	Bezpośrednio przed wjazdem na konkretny parking (typowo w odległości do 50–100 m od wjazdu, aby kierowca mógł jeszcze zareagować). Służą do potwierdzenia dostępności miejsca na danym parkingu.	Nazwa parkingu (opcjonalnie poziom, sekcja jeśli dotyczy). Komunikat o stanie: liczba wolnych miejsc lub komunikat słowny typu WOLNE / ZAJĘTY / ZAMKNIĘTY. Często zawierają symbol P oraz ewentualnie piktogramy usług (np. EV, niepełnosprawni).
Tabliczki kierunkowe uzupełniające	Mniejsze, stałe tabliczki kierunkowe ułatwiające dojazd. Umieszczane przy skrętach, rozjazdach bezpośrednio prowadzących na teren parkingu.	Symbol parkingu P z odpowiednią strzałką (zgodnie z zasadami oznakowania kierunkowego). Nazwa parkingu lub piktogram obiektu, jeżeli wymagane (np. Parking podziemny). Brak informacji dynamicznej – tabliczki służą jedynie fizycznemu nakierowaniu do wjazdu.

(7) Zaleca się lokalizować tablice DSIP w miejscach zapewniających ich pełną czytelność z odległości adekwatnej do prędkości dojazdowej; wartości orientacyjne minimalnej odległości odczytu wynoszą: ~60–70 m ($V_{dop}=30$ km/h), ~100 m ($V_{dop}=50$ km/h), ~150 m ($V_{dop}=70$ km/h).

(8) Tablice poprzedzające punkt decyzji zaleca się sytuować w odległości umożliwiającej bezpieczną zmianę pasa/kierunku po odczytaniu komunikatu.

(9) W strefach o wysokiej intensywności ruchu pieszego zaleca się, aby konstrukcje wsporcze nie zaważyły ciągów komunikacyjnych (zalecana wolna szerokość chodnika $\geq 2,0$ m) ani nie zasłaniały elementów infrastruktury; preferuje się mocowanie na istniejących słupach lub konstrukcjach wielofunkcyjnych.

(10) Zaleca się ograniczanie treści do informacji niezbędnych do decyzji kierunkowej; dodatkowe szczegóły (np. taryfy, usługi) publikuje się w kanałach cyfrowych.

(11) W Tab. 5.1.4. przedstawiono wymagania dotyczące lokalizacji tablic oraz podstawowe warunki czytelności.

Tab. 5.1.4. Lokalizacja tablic DSIP i warunki czytelności

Obszar zagadnień	Zalecenie szczegółowe	Parametry / progi (wartości orientacyjne)	Uzasadnienie	Uwagi wdrożeniowe
Czytelność przy dojeździe	Ustawiać tablice w miejscach zapewniających pełną czytelność z odpowiedniej odległości.	Dla V _{dop} =50 km/h: min. ~100 m odczytu. Dla V _{dop} =30 km/h: ~60–70 m. Dla V _{dop} =70 km/h: ~150 m.	Kierowca musi mieć czas na odczyt, zrozumienie i reakcję.	Odległość odczytu zależy od rozmiaru czcionki, kontrastu, geometrii drogi i tła za tablicą.
Punkty decyzji	Lokalizować przed skrzyżowaniami/rozjazdami, w odległości umożliwiającej bezpieczną zmianę pasa/kierunku po odczycie.	Ostatnia tablica poprzedzająca zjazd/skrzyżowanie: ≥ czasu reakcji + zmiany pasa" (zwykle 80–150 m w mieście w zależności od prędkości dopuszczalnej).	Minimalizacja nagłych manewrów i konfliktów.	-
Unikanie rozpraszania	Treści ograniczać do informacji niezbędnych; nie stosować zbędnych elementów graficznych.	Max 3-4 pozycje/parkingi na jedną tablicę; liczba wolnych miejsc lub stan WOLNE/PEŁNY.	Redukcja obciążenia poznawczego.	Dodatkowe detale (ceny, usługi) kierowac do kanałów cyfrowych.
Kolizje z ruchem pieszym	Konstrukcje nie powinny zawężać ciągów pieszych ani zasłaniać elementów przestrzeni.	Wolna szerokość chodnika po posadowieniu: ≥ 2,0 m (zalecane).	Zapewnienie bezpieczeństwa i dostępności.	W strefach gęstej zabudowy preferować mocowanie na istniejących słupach.
Wykorzystanie istniejącej infrastruktury	Preferować montaż na słupach oświetleniowych/sygnalizatorach lub konstrukcje wielofunkcyjne.	—	Ograniczenie ingerencji i kosztów, porządek wizualny.	Uzgodnić obciążenia, zasilanie i serwis z gestorami.
Kontrast i widoczność	Zapewnić wysoki kontrast i brak olśnień; treści czytelne w dzień/nocy i w złej pogodzie.	Tło ciemne, znaki/piktogramy jasne; jasność automatycznie regulowana.	Stać czytelność w zmiennych warunkach.	W warunkach zimowych przewidzieć schematy o podwyższonym kontraście.
Ciągłość prowadzenia	Zapewnić sekwencję: zapowiedź obszaru → wskazanie strefy → wskazanie parkingu → potwierdzenie przy wjeździe.	Zalecane kolejne ekspozycje przed punktami skreću	Spójność na całej trasie do wjazdu.	Unikać „urwanych” prowadzeń bez potwierdzenia przy bramie.

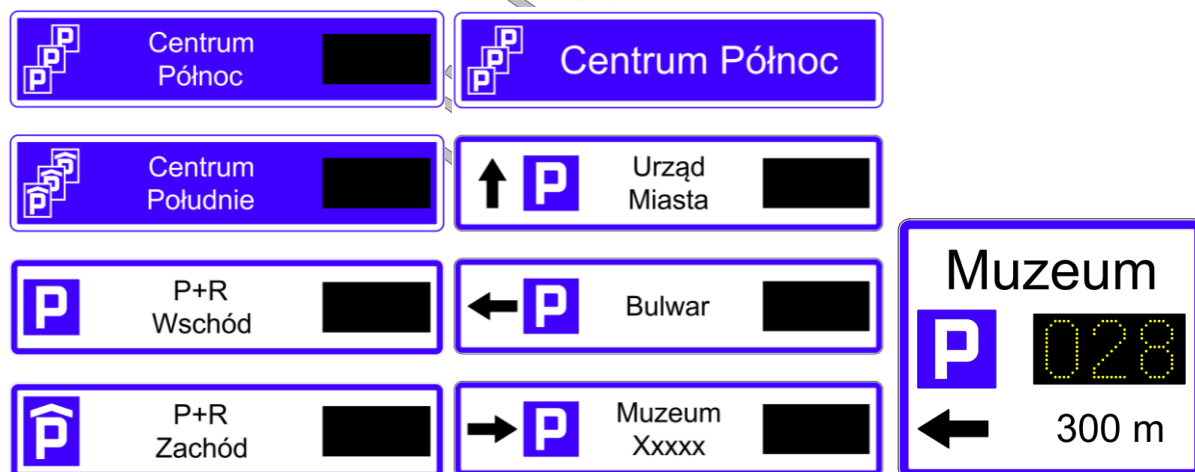
(12) Hierarchiczne rozmieszczenie tablic (Tab. 5.1.5) powinno odpowiadać strukturze układu drogowego miasta. Najbardziej ogólne znaki (tablice obszarowe) instaluje się na dojazdach do centrum z głównych tras, tak aby już na wlocie kierowca wiedział np. czy w danej strefie miasta są wolne miejsca. Następnie, tablice szczegółowe pojawiają się przy kolejnych decyzjach (rozgałęzieniach dróg wewnątrz centrum) – wskazując konkretne parkingi w pobliżu. Wreszcie tablice wjazdowe upewniają kierowcę, że dojeżdżając do bramy parkingu znajdzie tam wolne miejsce lub ostrzegają o braku miejsc przed wjazdem. Całość uzupełnia tradycyjne oznakowanie kierunkowe (tabliczki obejmujące znaki typu D-201 z odpowiednimi strzałkami), które powinno być spójne z systemem dynamicznym tj. kierowac do tych samych obiektów (Rys. 5.1.1.).

Tab. 5.1.5. Hierarchia treści i prezentacja informacji

Warstwa informacji	Cel i zawartość	Format treści (przykładowo)	Kiedy stosować	Uwagi
Obszar miasta / strefa	Informacja zbiorcza o dostępności w obszarze (np. „Centrum Północ”).	Nazwa obszarów + łączna liczba wolnych miejsc / ocena (WOLNY/ZAJĘTY).	Na wlotach do miasta / przed strefą centralną lub na obwodnicach.	Decyzja strategiczna: jechać w dany obszar czy wybrać alternatywę.
Podobszar / korytarz	Zawężenie do części obszaru, ukierunkowanie ruchu.	Nazwa podobszaru + lista parkingów ze wskazaniem liczby wolnych miejsc.	W miarę zbliżania się do obszaru/strefy lub w obrębie strefy w przypadku nagromadzenia parkingów objętych systemem.	Opcjonalnie.
Lista parkingów	Wybór konkretnego parkingu z aktualnym stanem.	Maksymalnie 4 nazwy + strzałki + liczba wolnych (lub WOLNY/ZAJĘTY).	Przed skrzyżowaniami prowadzącymi do tych parkingów (możliwość powtarzania informacji w kolejnych kluczowych lokalizacjach).	Sortować wg dostępności i wygody dojazdu z aktualnego kierunku.
Potwierdzenie przy wjeździe	Ostateczna informacja o dostępności danego obiektu.	Nazwa parkingu + liczba wolnych / WOLNY/ZAJĘTY.	50–100 m przed wjazdem.	W razie „PEŁNY” – wskazać najbliższą alternatywę.

(13) Dla warstw „obszar/strefa” dopuszcza się prezentację wskaźnika zbiorczego (łączna liczba wolnych miejsc lub komunikat WOLNY/ZAJĘTY), natomiast „lista parkingów” ogranicza się do 3–4 pozycji z kierunkiem i dostępnością.

(14) Potwierdzenie przy wjeździe zaleca się umieszczać w odległości 50–100 m przed bramą; w przypadku braku dostępności można wskazać najbliższą alternatywę.



Rys. 5.1.1. Przykład hierarchicznego prowadzenia na wolne miejsca postojowe (od lewej: tablica obszarowa, tablica kierunkowa, tablica przed wjazdem na parking)

(15) Minimalny zestaw treści na tablicach DSIP obejmuje: identyfikator strefy/parkingu, kierunek (strzałka), liczbę wolnych miejsc lub status słowny (WOLNY/ZAJĘTY) oraz piktogramy funkcjonalne (np. EV) według potrzeb.

(16) Progi prezentacji (przełączenie liczby ↔ status słowny) należy zdefiniować w dokumentacji wdrożenia dla danej jednostki miejskiej; w razie zapełnienia parkingu system automatycznie może ukrywać obiekty niedostępne i promować alternatywy (w przypadku zastosowania tablic pełnoformatowych RGB lub dowolnie programowalnych pól z nazwami parkingów).

(17) Aktualność danych zapewnia się poprzez aktualizacje w czasie rzeczywistym z mechanizmami buforowania i sanity-check (szybka kontrola danych lub stanu systemu, która ma wychwycić oczywiste błędy zanim trafią do publikacji/algorytmów); zaleca się rejestrację danych historycznych do oceny efektywności i trendów.

(18) Zalecenia odnośnie treści na tablicach, progów prezentacji oraz sposobu prezentacji przedstawiono w Tab. 5.1.6.

Tab. 5.1.6. Zalecenia w zakresie prezentacji treści na tablicach DSIP

Zagadnienie	Zasada szczegółowa	Parametr / logika	Cel	Uwagi
Minimalny zestaw treści	Tylko informacje bezpośrednio potrzebne do decyzji kierunkowej.	Nazwa / strefa, strzałka, liczba wolnych lub napis: WOLNY/ZAJĘTY, ewentualnie piktogramy (np. EV).	Skrócenie czasu percepcji.	Ceny, godziny, usługi – do kanałów cyfrowych.
Progi prezentacji	Próg przełączenia liczby → status słowny.	Np. ≥ 50 miejsc: „WOLNE”; < 50 : liczba; 0: „ZAJĘTY”.	Jednoznaczność przekazu.	Progi dobrać lokalnie (podaż/popyt).
Aktualność danych	Aktualizacje w czasie rzeczywistym, filtrowanie błędnych / nieprecyzyjnych wskazań.	Buforowanie i wygładzanie, czasy ważności informacji.	Wiarygodność informacji.	Stosować redundancję czujników i sanity-check.
Alternatywy przy zapelnieniu	Wskazywać najbliższy parking alternatywny (w przypadku tablic pełnoformatowych RGB lub dowolnie programowalnych pół z nazwami parkingów).	Gdy dostępność $<$ progu – ukryć przepelnione i promować alternatywne.	Dystrybucja ruchu.	Konfigurować per korytarz dojazdowy.

(19) DSIP można integrować z systemem zarządzania ruchem (SZR) w zakresie logiki priorytetów, scenariuszy zdarzeń oraz wspólnej dystrybucji komunikatów; zapewnia się spójność treści między tablicami DSIP a pozostałymi ZTT.

(20) Urządzenia powinny spełniać wymagania fotometryczne i czytelności (automatyczna regulacja jasności, brak olśnień i efektów migotania) oraz umożliwiać serwis bez naruszania ciągów pieszych i jezdni.

(21) Istotnymi kwestiami są utrzymanie jakości danych, audytu treści i zgodności z przepisami o ochronie danych (w tym przy zastosowaniu wykrywania numerów rejestracyjnych – automatyczne otwarcie szlabanu na wyjeździe z parkingu w przypadku identyfikacji pojazdu, którego kierowca uiścił opłatę postojową). Zaleca się prowadzić ewidencję eksploatacyjną i ocenę wskaźników (czas poszukiwania miejsca, zapelnienie, rotacja, wiarygodność danych).

(22) W Tab. 5.1.7. przedstawiono zalecane zasady i wymagania odnośnie integracji, stosowanych urządzeń i eksploatacji.

(23) W systemie DSIP na tablicach informacji parkingowej publikuje się wartości liczbowe liczby wolnych miejsc parkingowych na wszystkich poziomach prowadzenia (wjazdy do miasta/obszaru, korytarze dojazdowe, wjazdy do obiektu) lub informację „WOLNY/ZAJĘTY” wg. zasad przedstawionych w Tab. 5.1.8.

(24) Publikacja liczbowa wymaga zapewnienia bieżącej aktualności i wiarygodności danych poprzez:

- aktualizacje o wysokiej częstotliwości,
- predykcję krótkoterminową na horyzont czasu dojazdu,
- mechanizmy sanity-check - ograniczenie zakresu ($0 \leq$ liczba wolnych miejsc \leq pojemność), limit tempa zmian (brak nagłych skoków), weryfikacja wieku danych (TTL), zgodność bilansu wjazdu-wyjazdy i przełączenie na źródło zapasowe (jeżeli jest dostępne) przy rozbieżnościach lub zaprzestanie przekazywania komunikatu.

Tab. 5.1.7. Integracja, urządzenia i eksploatacja

Obszar	Zasada szczegółowa	Parametry / wymagania	Cel	Uwagi
Integracja z SZR	DSIP zintegrowany z innymi ZZT (opcjonalnie).	Wspólna logika priorytetów i scenariuszy zdarzeń.	Spójne zarządzanie ruchem. Maksymalizacja wykorzystania infrastruktury.	Współdzielenie kanału komunikatów w sytuacjach nadzwyczajnych. W sytuacjach nadzwyczajnych komunikaty bezpieczeństwa i organizacji ruchu zastępują treści DSIP na nośnikach ZZT do czasu odwołania scenariusza przez SZR (dotyczy tablic dowolnie programowalnych, które wykorzystuje się w celu informowania i prowadzenia na parkingi). Do sytuacji nadzwyczajnych zalicza się zdarzenia bezpieczeństwa, nagłe ograniczenia przepustowości, ekstremalne warunki pogodowe/środowiskowe, wydarzenia masowe oraz awarie systemowe wpływające na wiarygodność danych.
Urządzenia i montaż	Preferować konstrukcje kompaktowe/wielofunkcyjne, zgodne z wymaganiami fotometrycznymi.	Automatyczna regulacja jasności, brak oślnienia, brak migających „efektów”.	Czytelność i akceptacja społeczna.	Serwis możliwy bez blokowania ciągów pieszych oraz jezdni.
Utrzymanie i RODO	Zapewnić jakość danych, audyt treści, zgodność ochrony danych (np. gdy używa się rozpoznawania numerów rejestracyjnych w celu określenia liczby pojazdów wyjeżdżających i wjeżdżających na parking).	Harmonogram przeglądów, retencja danych, cyberbezpieczeństwo.	Niezawodność i legalność.	Rejestrować wskaźniki (czas szukania, zapętnienie, rotacja).

(25) Warstwa centralna w CZR utrzymuje spójną semantykę danych parkingowych; dane publikowane na tablicach powinny posiadać określony czas życia (TTL), po którego przekroczeniu nie podlegają prezentacji.

(26) Dla tablic zlokalizowanych w odległości >1 km od parkingu zaleca się stosowanie korekty stanu o przewidywane zmiany w horyzoncie ETA (predykcja „na przyjazd” dla danego korytarza).

(27) System zapobiega migotaniu i prezentacji oczywistych błędów poprzez histerezę, ograniczenie tempa zmian, krzyżową weryfikację źródeł lub blokadę publikacji danych „przetrimowanych” (TTL).

(28) W przypadku spadku dostępności poniżej progu alarmowego (konfigurowanego lokalnie) system przełącza listę priorytetów i promuje najbliższe alternatywy z prezentacją liczby wolnych miejsc w przypadku tablic o funkcji wyświetlania nazw parkingów (na wzór TZT-P i TZT-DP).

Tab. 5.1.8. Publikacja dokładnej liczby wolnych miejsc vs. odległość, odświeżanie, jakość danych (przykład)

Odległość od parkingu	Domyślny typ komunikatu	Maks. interwał odświeżania (TTL)	Predykcja na horyzont ETA	Kontrola jakości (minimum)	Zachowanie przy ryzyku błędnego komunikatu
> 3 km (wjazdy/obwodnica)	Dokładna liczba dla 3–4 kluczowych parkingów/stref	≤ 60–90 s	Obowiązkowa: korekta stanu o napływ/odpływ na ETA danego korytarza	Sanity-check tempa zmian; wykrywanie anomalii; spójność modelu danych	Gdy prognoza na ETA < próg (np. 10): nie pokazuj parkingu lub wskaż alternatywę
1–3 km (wejście do strefy)	Dokładna liczba + kierunek (3–4 obiekty)	≤ 30–60 s	Obowiązkowa (kalibracja per pora dnia)	Histeresa anty-migotanie (np. 0↔5); weryfikacja krzyżowa źródeł	Gwałtowny spadek → natychmiast przełącz listę priorytetów lub nie pokazuj wartości lub parkingu
300–1000 m (korytarz dojazdowy)	Dokładna liczba dla wybranego obiektu	≤ 20–30 s	Zalecana (krótki horyzont)	Weryfikacja wskazań liczników wjazd/wyjazd; filtr tempa zmian	Jeśli liczba ≤ próg (np. 5): równolegle pokazuj alternatywę lub nie pokazuj wartości lub parkingu
< 300 m (ostatnia decyzja)	Dokładna liczba; przy 0 → „PEŁNY” lub „0”	≤ 5–20 s	Niewymagana (liczy się bieżący pomiar)	Blokada publikacji „starych” danych (TTL); brak migotania	Nie pokazuj lub wskaż alternatywę jeżeli system to umożliwia
Przy wjeździe / brama	Potwierdzenie: liczba / „WOLNY/PEŁNY”	Zdarzeniowo (natychmiast)		Nadrzędność danych z bram wjazdowych i wyjazdowych lub systemu zliczania; rejestr zmian (log)	Jeśli kolejka > próg: można zastosować komunikat o czasie oczekiwania

(29) Dokładność i wiarygodność informacji prezentowanej przez DSIP zależy wprost od przyjętej metody detekcji zajętości. Wymaga się, aby dobór technologii (lub ich kombinacji) uwzględniał typ parkingu (miejsca postojowe w pasie drogowym/parking przy ulicy, kubaturowy), oczekiwaną rozdzielczość danych (np. suma z dokładnością do jednego miejsca), warunki środowiskowe oraz koszty cyklu życia. Dane pomiarowe muszą być pozyskiwane w czasie rzeczywistym, objęte kontrolą jakości (sanity-check, TTL) i – tam, gdzie to zasadne – wspierane predykcją na horyzont ETA. Dopuszcza się rozwiązania hybrydowe (np. pętle na wjazdach i wyjazdach oraz kamery w strefach krytycznych), o ile zapewniona jest spójność semantyczna i logika rozstrzygania rozbieżności między źródłami. Stosowane metody detekcji zajętości miejsc postojowych przedstawiono w Tab. 5.1.9.

Tab. 5.1. 9. Przegląd metod detekcji zajętości miejsc parkingowych

Technologia	Pętle indukcyjne na wjeździe / wyjeździe	Czujniki ultradźwiękowe / radarowe nad miejscem postoju	Czujniki magnetyczne w nawierzchni (IoT)	Kamery wizyjne z analityką obrazu lub wykrywaniem numerów rejestracyjnych	Bramowe czujniki IR (fotokomórki)
Zakres zastosowania (typ parkingu)	Przy ulicy lub kubaturowe, parkingi ogrodzone z kontrolą wjazdu	Kubaturowe, ulice (w pasie drogowym)	W pasie ulicy lub na parkingach przy ulicy	Strefy o dobrej widoczności	Kubaturowe/parkingi przyuliczne
Dane wyjściowe	Suma: licznik wjazdów / wyjazdów → liczba wolnych miejsc	Poziom pojedynczego miejsca	Poziom pojedynczego miejsca	Suma i/lub poziomy pojedynczego miejsca zależnie od konfiguracji	Suma: zliczanie przejazdów

Technologia	Pętle indukcyjne na wjeździe / wyjeździe	Czujniki ultradźwiękowe / radarowe nad miejscem postoju	Czujniki magnetyczne w nawierzchni (IoT)	Kamery wizyjne z analityką obrazu lub wykrywaniem numerów rejestracyjnych	Bramowe czujniki IR (fotokomórki)
Dokładność typowa	Wysoka dla sumy (zazwyczaj >98% zdarzeń)	Bardzo wysoka (często ≥95%-98% / miejsce)	Wysoka (typowo 90–98% / miejsce, zależna od zakłóceń)	Wysoka przy dobrych warunkach; spadki przy śniegu/olśnieniu/mgle	Wysoka, zbliżona do pętli, przy czystych soczewkach
Zalety (kiedy preferować)	Niezawodność, odporność na warunki zewn.; prosta logika, niskie ryzyko fałszywych detekcji	Najwyższa rozdzielczość; szybkie prowadzenie ruchu wewnątrz obiektu (LED zielony /czerwony)	Dyskretny montaż, brak okablowania	Pokrycie wielu miejsc jedną kamerą; dodatkowe funkcje (kolejki, wykrywanie numerów tablic rejestracyjnych)	Montaż bez nacinania; redundancja dla pętli
Ograniczenia / ryzyka	Brak informacji o konkretnych miejscach; konieczność nacięcia nawierzchni	Duża liczba urządzeń; wrażliwość na montaż i odbicia; zasilanie / komunikacja	Żywotność baterii; podatność na zakłócenia magnetyczne; prace drogowe	Zależność od oświetlenia / pogody; prywatność / RODO; kalibracja	Czułość na zabrudzenia/ptaki/liście; wymagane osiowanie
Utrzymanie / LCC (koszt cyklu życia)	Niski, okresowa kontrola pętli/sterowników	Średni-wyższy (wymiana / serwis wielu punktów)	Średni (wymiana baterii, kalibracje)	Średni, czyszczenie kalibracja, serwis	Niski-średni, regularne czyszczenie

(30) Zaleca się:

- Dla systemów opartych na zliczaniu sumy (pętle/IR/kamery na bramach) należy przewidzieć sanity-check bilansowy i mechanizmy odzyskania poprawnej referencji (np. reset licznika po inwentaryzacji).
- Dla systemów opartych na wykrywaniu pojedynczych miejsc (ultradźwięk / radar / magnetyczne / kamera) należy zapewnić monitoring stanu urządzeń, progi TTL i reguły wykluczania błędnych sensorów z kalkulacji.
- W rozwiązaniach hybrydowych należy określić hierarchię zaufania źródeł i reguły rozstrzygania rozbieżności (np. „brama nadrzędna wobec miejsca” lub odwrotnie, zależnie od scenariusza).

(31) Przykładową architekturę systemu przedstawiono na Rys. 5.1.2

(32) Dane z systemów opłat (parkometry, aplikacje mobilne, abonamenty) traktuje się jako źródło pośrednie służące do estymacji obciążenia obszarów/odcinków ulic, a nie do wyznaczania liczby wolnych miejsc „co do sztuki”.

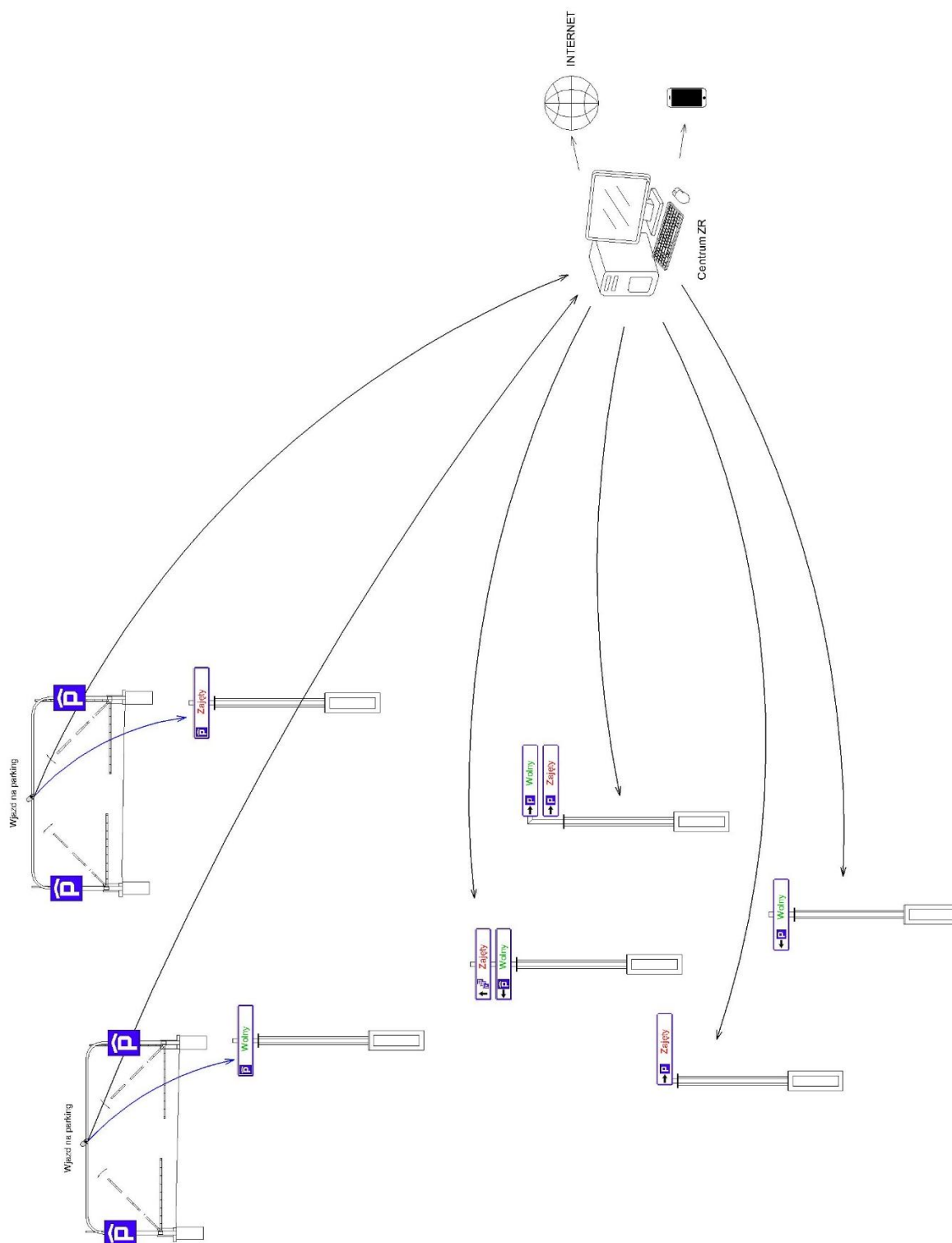
(33) Zasady publikacji:

- Na nośnikach ZTT nie publikuje się liczby wolnych miejsc pochodzącej wyłącznie z danych opłat; publikuje się stopień obciążenia (procent lub kategoria).
- Komunikaty o obciążeniu muszą być oznaczone jako wartość szacowana, jeżeli brak jest bezpośredniej detekcji miejsc.
- Dokładną liczbę wolnych miejsc można publikować wyłącznie tam, gdzie funkcjonuje bezpośrednia detekcja (bramy / liczniki wjazd-wyjazd, czujniki miejsc, kamery z analityką).

(34) CZR stosuje sanity-check ($0\% \leq \text{obciążenie} \leq 100\%$, limity tempa zmian, kontrola wieku danych/TTL) oraz ciągłą kalibrację współczynnika zgodności płatniczej i pojemności ewidencyjnej (aktualizacja po zmianach organizacji, remontach).

(35) Estymacje z parkometrów krzyżowo weryfikuje się z czujnikami referencyjnymi (pętla, kamery, sensory miejsc) – jeżeli są stosowane; w razie rozbieżności obniża się zaufanie do strumienia opłat i nie publikuje komunikatów do czasu potwierdzenia.

(36) W Tab. 5.1.10. przedstawiono przykład mapowania obciążenia ze wskazań parkometrów / aplikacji do uiszczania opłat parkingowych – estymacja obszarowa.



Rys. 5.1.2. Przykładowa architektura systemu DSIP

Tab. 5.1.10. Przykład mapowania obłożenia ze wskazań parkometrów / aplikacji do uiszczania opłat parkingowych – estymacja obszarowa

Obłożenie (estymacja)	Komunikat na ZTT	Działanie systemowe / wskazówka
≤ 40%	Niskie obłożenie	Utrzymuj standardową trasę prowadzenia.
41–70%	Umiarkowane obłożenie	Prezentuj obszar/ulicę jako dostępny; brak potrzeby alternatyw.
71–90%	Wysokie obłożenie	Przygotuj alternatywę; w warstwach hierarchii preferuj parkingi z bezpośrednią detekcją.
> 90%	Bardzo wysokie obłożenie	Promuj alternatywną ulicę / obszar lub P+R; prezentuj komunikat „ZAJĘTE”.
Brak aktualnych danych (TTL przekroczony) / dane niepewne	Dane niedostępne	Ukryj wskaźnik; wstrzymaj komunikaty o dostępności do czasu odświeżenia.

(37) Dynamiczny system informacji parkingowej nie powinien funkcjonować w izolacji – zaleca się ścisłą integrację z miejskim Systemem Zarządzania Ruchem (SZR) oraz uwzględnienie szerszego kontekstu transportowego miasta. Integracja ta przebiega na kilku poziomach, które przedstawiono w Tab. 5.1. 11.

Tab. 5.1. 11. Poziomy integracji DSIP z SZR/ITS

Poziom integracji DSIP z SZR/ITS	Charakterystyka i przykłady zastosowań
Wymiana danych	Dwukierunkowe połączenie DSIP z centrum/SZR: dane o zapelnieniu parkingów wspierają decyzje SZR (np. scenariusze sygnalizacji), a dane SZR (zatory, zamknięcia, czasy przejazdu) korygują treści DSIP (np. kierowanie na parking alternatywny, prognozy zajętości).
Koordinacja z innymi ZTT	Uzgodnienie priorytetów treści na tablicach: w razie zdarzeń komunikaty parkingowe mogą być czasowo zastąpione ostrzeżeniami/objazdami, a po ustaniu zdarzenia automatycznie wraca funkcja parkingowa (tablice konfigurowalne).
Obszar oddziaływania	Wyznaczenie, gdzie DSIP ma zainicjować podjęcie decyzji przez kierowcę (wloty, obwodnice, główne ulice, strefy ograniczonego ruchu). W praktyce: kierowanie na parkingi buforowe przed wjazdem do stref (np. starówka), instalacja tablic już na obwodnicy/dojazdach.
Transport zbiorowy i P+R	Uwzględnienie parkingów Park&Ride i integracja z polityką zrównoważonego transportu: promowanie P+R na wlotach do miast (np. „P+R – wolne... – dalej metrem”), definiowanie stref o zerowej podaży miejsc (np. starówka) i kierowanie na obrzeża.
Analiza natężenia ruchu	Wykorzystanie danych z czujników ruchu (kamery, pętle) do przewidywania zapelnienia i sterowania popytem: przy wysokich natężeniach DSIP może wcześniej przekierować pojazdy na inne parkingi (np. przy 90% zajętości i kolejce do wjazdu przestać promować Parking A i wskazywać Parking B).

(38) Dobrze zaprojektowany DSIP powinien być traktowany jako element szerszego ekosystemu mobilności w mieście. Musi współgrać z organizacją ruchu (kierować do parkingów bez generowania zatorów), respektować priorytety bezpieczeństwa (nie rozpraszać nadmiarem treści) oraz wspierać politykę transportową miasta (np. ograniczanie ruchu w centrum, promocję transportu zbiorowego). Wymaga to jasnych zasad projektowych w skali makro (lokalizacja i rodzaj tablic) i mikro (treści, formaty, kolory). Zagraniczne wytyczne (m.in. projektowane w Niemczech) wskazują potrzebę unifikacji i standaryzacji ze względu na dotychczasowe rozbieżności. Doświadczenia miast europejskich pokazują, że właściwie wdrożony DSIP ogranicza kongestję i emisję (mniej błędzenia w poszukiwaniu wolnych miejsc postojowych) oraz poprawia komfort kierowców i mieszkańców. Dzięki detekcji, skutecznej informacji i integracji z SZR systemy te stają się ważnym elementem nowoczesnej infrastruktury drogowej.

5.2. Aktywny system ostrzegania o nadmiernej prędkości i przejściach dla pieszych

(1) Aktywne systemy ostrzegania o prędkości to urządzenia BRD, które dynamicznie informują kierowców o przekroczeniu dozwolonej prędkości w miejscach o dużym ruchu pieszych, np. przy szkołach i przejściach dla pieszych. Wykorzystują technologie detekcji pojazdów i ostrzegania w czasie rzeczywistym, takie jak radarowe wyświetlacze prędkości, sygnalizatory ostrzegawcze aktywowane ruchem pieszym oraz dynamiczne tablice LED z komunikatami (np. „Szkoła – Zwolnij” lub symbolem „Dzieci”). W odróżnieniu od znaków stałych reagują na sytuację (pojawienie się pieszego lub zbyt dużą prędkość), zwiększając czujność kierowców i skłaniając do redukcji prędkości w newralgicznych miejscach.

(2) Poprawnie zastosowane aktywne wyświetlacze prędkości i znaki ostrzegawcze skutecznie obniżają średnie prędkości pojazdów na odcinku ich działania (typowo o 1–10 km/h w zależności od lokalizacji) oraz zmniejszają odsetek kierowców rażąco przekraczających dopuszczalną prędkość. Choć efekt spowolnienia dotyczy głównie bezpośredniego otoczenia urządzenia (kierowcy często ponownie przyspieszają po minięciu urządzenia), to stała obecność takich systemów w strefach wzmożonego ruchu pieszego lub rowerowego przekłada się na poprawę poziomu bezpieczeństwa i redukcję wypadków z udziałem niechronionych uczestników ruchu. Urządzenia ASOP są przydatne zwłaszcza w lokalizacjach pozbawionych sygnalizacji świetlnej, stanowiąc środek pośredni między zwykłym oznakowaniem a pełną sygnalizacją świetlną.

(3) W Tab. 5.2.1 przedstawiono podstawowe typy aktywnych systemów ostrzegania o konieczności ograniczenia prędkości (łącznie z zatrzymaniem przed przejściem dla pieszych w przypadku pojawienia się niechronionych użytkowników ruchu) stosowanych w miejscach wzmożonego ruchu pieszych i strefach szkolnych oraz ich charakterystykę.

Tab. 5.2.1. Podstawowe typy aktywnych systemów ostrzegania

Typ urządzenia	Opis i działanie	Typowe zastosowania
Radarowy wyświetlacz prędkości	Tablica z wbudowanym czujnikiem radarowym mierzącym prędkość nadjeżdżającego pojazdu. Aktualna prędkość wyświetlana jest na ekranie LED – zwykle na zielono, gdy jest zgodna z limitem, lub na czerwono, gdy przekracza dozwoloną. Często dodatkowo pokazywany jest komunikat tekstowy (np. „ZWOLNIJ” dla przekroczeń lub „DZIĘKUJĘ” dla jadących prawidłowo) albo emotikon (uśmiech/smutna mina) wzmacniający przekaz. Urządzenie to pełni funkcję informacyjno-psychologiczną – uświadamia kierowcy jego prędkość i zachęca do jej redukcji. Nie nakłada sankcji, ale może sugerować obecność kontroli (efekt „wirtualnego patrolu”) i jest przez to skuteczne w wymuszaniu samodyscypliny u kierujących.	Wloty do stref szkolnych (okolice szkół, przedszkoli). Strefy pieszce lub ograniczonej prędkości (np. Tempo 30) – zwłaszcza gdy kierowcy nie przestrzegają ograniczeń. Odcinki przed przejściami dla pieszych o wzmożonym ruchu pieszych (np. w centrach, przy przystankach). Ulice lokalne i zbiorcze.
Aktywne przejścia dla pieszych (sygnalizacja przejścia dla pieszych dla pieszych aktywowana detekcją pieszego)	System czujników (PIR – czujniki podczerwieni/kamera/lidar) wykrywających zbliżającego się pieszego po obu stronach jezdni oraz ostrzegawcze światła pulsujące dla kierowców. Najczęściej montowane są żółte sygnaty błyskowe (migające) umieszczone nad znakiem D-6 lub D-6b „przejście dla pieszych”, ewentualnie w nawierzchni lub na krawędzi przejścia (tzw. kocie oczka LED). Sygnaty świetlne ostrzegawcze powinny być zlokalizowane w górnej części znaku i działać w sposób pulsacyjny, zsynchronizowany po obu stronach przejścia. W chwili, gdy pieszy zamierza wejść na jezdnię, czujnik (np. detektor ruchu lub kamera) uruchamia pulsujące światła ostrzegawcze, zwiększając widoczność przejścia i alarmując kierowców o konieczności zatrzymania. System dezaktywuje się po pewnym czasie od opuszczenia zebry przez pieszego.	Przejścia dla pieszych poza skrzyżowaniami, szczególnie na drogach o wyższych prędkościach (50 km/h i więcej), gdzie brak sygnalizacji świetlnej. Przejścia w pobliżu szkół, placówek oświatowych, parków – miejsca o dużej liczbie pieszych (dzieci, seniorzy). Lokalizacje o ograniczonej widoczności, gdzie aktywne ostrzeżenie zwiększa szansę reakcji kierowcy. Stosuje się na przejściach bez sygnalizacji świetlnej.
Dynamiczne tablice LED	Znak o zmiennej treści lub wyświetlacz LED prezentujący ostrzeżenia lub komunikaty dla kierowców w zależności od sytuacji. Przykładem jest elektroniczny znak z symbolem dzieci lub napisem „Szkoła – Zwolnij”, który aktywuje się automatycznie w określonych godzinach (początek/koniec lekcji) lub po przekroczeniu przez pojazd zadanego progu prędkości. Innym przykładem są tablice pokazujące dozwoloną prędkość (znak B-118) w formie LED – stale lub tylko gdy kierowca przekracza limit (np. migający symbol ograniczenia). Tablice te wykorzystują technologie ZZT w małej skali – często są to programowalne znaki zgodne ze standardem EN 12966 dla znaków o zmiennej treści (odporne na warunki pogodowe, dobrze widoczne). Dynamiczne tablice mogą być zintegrowane z czujnikami ruchu (PIR, radar, pętle indukcyjne) lub z kalendarzem (harmonogram działania, np. dni robocze 7:00–17:00).	Strefy wokół szkół – np. znaki ograniczenia prędkości 30 km/h funkcjonujące w godzinach zajęć szkolnych. Osiedla i strefy zamieszkania – tablice przypominające o pierwszeństwie pieszych w strefach „Tempo 20/30”. Drogi w obszarach rekreacyjnych – wyświetlanie komunikatu „Uwaga – piesi” w weekendy itp. Miejsca sezonowe (np. okolice kąpielisk latem) – z dynamicznym ostrzeganiem kierowców w okresach wzmożonego ruchu pieszych.

(4) Typowy system aktywnego ostrzegania składa się z następujących komponentów: czujników, sterownika, urządzeń wyświetlających sygnał oraz modułów zasilania i komunikacji. Czujniki odpowiadają za detekcję sytuacji na drodze – mogą to być radary dopplerowskie mierzące prędkość pojazdów, czujniki podczerwieni lub kamery wykrywające ruch pieszych, ewentualnie pętle indukcyjne w jezdni. Sygnał z czujnika trafia do sterownika (mikroprocesorowego modułu kontrolnego), który decyduje o wygenerowaniu odpowiedniego komunikatu ostrzegawczego. Urządzeniami wyświetlającymi są najczęściej panele LED wysokiej jasności oraz sygnalizatory świetlne LED. Całość jest zasilana z sieci elektroenergetycznej lub za pomocą zestawu solarnego. Coraz częściej urządzenia te wyposażone są w moduły łączności bezprzewodowej (GPRS/GSM), które umożliwiają zdalny dostęp w ramach SZR ITS.

(5) W Tab. 5.2.2. przedstawiono główne komponenty techniczne omawianych systemów wraz z ich rolą i typowymi rozwiązaniami.

Tab. 5.2.2. Główne komponenty techniczne systemów aktywnego ostrzegania wraz z ich rolą i typowymi rozwiązaniami

Komponent	Funkcja w systemie	Przykładowe rozwiązania techniczne
Czujnik prędkości / detektor ruchu	Wykrywa pojazd lub pieszego i mierzy parametry ruchu (prędkość, obecność). Informuje sterownik, kiedy należy wyświetlić ostrzeżenie.	<p>Radar dopplerowski (pasmo K/Ka) do pomiaru prędkości pojazdów (zakres pomiaru zwykle ok. 10–250 km/h, dokładność ± 1 km/h).</p> <p>Czujnik PIR (podczerwień) lub lidar wykrywający pieszego zbliżającego się do przejścia (zasięg typ. 5–10 m).</p> <p>Pętla indukcyjna w jezdni do detekcji pojazdów (stosowane rzadziej ze względu na ingerencję w nawierzchnię).</p>
Sterownik	Przetwarza sygnały z czujników i steruje sygnalizacją. Zawiera oprogramowanie decydujące o tym, jaki komunikat / sygnał wyświetlić w danej sytuacji.	<p>Moduł mikroprocesorowy z pamięcią na konfigurację (np. ustalone limity prędkości, czasy świecenia).</p> <p>Algorytmy filtrujące fałszywe alarmy (np. ignorowanie ptaków, pojedynczych błędnych pomiarów radaru itp.).</p> <p>Wejścia/wyjścia do integracji z innymi systemami (np. sterownik może wysłać sygnał do miejskiego systemu ITS o przekroczeniu prędkości).</p>
Wyświetlacz / znak LED / sygnalizator	Prezentuje informacje wizualne kierowcy – prędkość, symbole, komunikaty tekstowe lub sygnały świetlne. Jego zadaniem jest zwrócenie uwagi i przekazanie zrozumiałego ostrzeżenia. Przekaz ostrzegawczy (cyfry / piktogram / sygnały świetlne).	<p>Matryca LED o wysokiej jasności, pozwalająca wyświetlać cyfry i proste komunikaty (kolor biały, żółty, zielony lub czerwony na czarnym tle – zgodnie z wymogami dla znaków zmiennej treści).</p> <p>Dwa sygnalizatory żółte LED 100–200 mm, migające (przy aktywnym przejściu dla pieszych).</p> <p>Oświetlenie przejścia: dodatkowo niektóre systemy włączają doświetlenie LED przejścia po wykryciu pieszego, poprawiając widoczność.</p>
Zasilanie	Zapewnia energię elektryczną do pracy systemu 24h na dobę, również w warunkach braku zasilania sieciowego.	<p>Zasilacz sieciowy 230 V AC -> 12/24 V DC (jeśli dostępna infrastruktura elektryczna).</p> <p>Zestaw solarny: panel fotowoltaiczny (typ. 50–150 W) ładujący akumulator (np. 2x45 Ah).</p> <p>Systemy oszczędzania energii: automatyczna redukcja jasności nocą, usypianie wyświetlacza gdy brak ruchu itp., by wydłużyć czas pracy na baterii.</p>
Moduł komunikacji	Umożliwia zdalny nadzór, konfigurację i integrację z SZR.	<p>Modem GPRS/3G/LTE zapewniający łączność z Internetem (transmisja danych o prędkościach, alarmach, statusie urządzenia).</p> <p>Bluetooth/Wi-Fi do komunikacji lokalnej (np. serwisant może podłączyć się bezprzewodowo w pobliżu urządzenia celem pobrania danych lub zmiany ustawień).</p> <p>Porty Ethernet lub RS-485 w bardziej rozbudowanych instalacjach (np. gdy urządzenie jest elementem systemu miejskiej sygnalizacji).</p> <p>Zapewnienie cyberbezpieczeństwa: Bezpieczeństwo transmisji: komunikacja zdalna powinna być szyfrowana i zabezpieczona uwierzytelnieniem (hasła, klucze dostępu), aby zapobiec nieautoryzowanym zmianom ustawień urządzenia.</p>

(6) Efektywność aktywnych systemów ostrzegania w dużej mierze zależy od ich właściwego ulokowania oraz zasadności zastosowania. Zaleca się przestrzegać wytycznych dotyczących doboru miejsc instalacji, parametrów montażu oraz stref oddziaływania, aby urządzenia skutecznie wpływały na zachowanie kierowców i poprawiały bezpieczeństwo pieszych. Poniżej omówiono warunki brzegowe wdrożenia takich systemów, techniczne parametry lokalizacji (odległości, wysokości, widoczność) oraz kryteria optymalizacji zasięgu ich wpływu na zachowania kierowców.

(7) W zakresie warunków brzegowych wdrożenia, aktywne wyświetlacze prędkości i sygnalizatory powinny być instalowane tam, gdzie tradycyjne środki (znaki ograniczenia prędkości, oznakowanie poziome) okazały się niewystarczające do zapewnienia przestrzegania limitów w miejscach o wysokiej obecności pieszych.

(8) Przestankami do wdrożenia są m.in.: przekraczanie prędkości przez znaczną część kierowców, historia wypadków z udziałem pieszych w danej lokalizacji, szczególna podatność użytkowników (dzieci, osoby starsze) oraz duży ruch pieszcy w określonych porach (początek i koniec zajęć szkolnych, przerwy).

(9) Stosuje się je przede wszystkim w strefach szkolnych, na trasach pieszych prowadzących do szkoły oraz strefach zamieszkania lub strefach „Tempo 30”, w których notuje się przypadki łamania przepisów. Nie zaleca się (niemniej dopuszcza) montażu takich urządzeń w miejscach, gdzie ruch pojazdów jest znikomy lub wymuszona infrastrukturalnie prędkość jest już bardzo niska (np. strefy ruchu współdzielonego) – ich wpływ byłby tam nieznaczny. Wysokie natężenie ruchu pojazdów samo w sobie nie dyskwalifikuje użycia systemu, ale trzeba brać pod uwagę, że przy ruchu bliskim ciągłego (np. w godzinach szczytu) efektywność tablic radarowych może być mniejsza (kierowcy jadący w zwartej kolumnie mają krótszy czas na reakcję, urządzenie może wyświetlać informację dla pierwszego pojazdu i być mniej zauważalne dla kolejnych). W takich sytuacjach urządzenia te należy traktować jako uzupełnienie innych środków (fizycznego uspokojenia ruchu, sygnalizacji czy nadzoru). Ważnym warunkiem jest także występowanie realnego zagrożenia pieszego – np. przekrój drogi bez wysp azylu, przejście przez wiele pasów ruchu, okolica przystanku – bo właśnie w takich miejscach dodatkowe ostrzeżenie daje największe korzyści w postaci zwiększenia czujności kierowców.

(10) Urządzenia ASOP nie powinny być instalowane w miejscach, gdzie ruch pieszych jest już regulowany sygnalizacją świetlną – systemy aktywne przeznaczone są do lokalizacji pozbawionych sygnalizacji i nie powinny być integrowane z istniejącą sygnalizacją. W szczególności na drogach o przekroju 2/2 i prędkości dopuszczalnej ≥ 50 km/h przejścia dla pieszych należy wyposażać w sygnalizację świetlną (adaptacyjną lub stałoczasową). Aktywne ostrzeganie (migające sygnalizatory przy przejściu lub aktywne znaki D-106) bez sygnalizacji co do zasady nie powinno być tam stosowane – dopuszczalne jedynie wyjątkowo i tymczasowo, po analizie bezpieczeństwa, do czasu realizacji sygnalizacji.

(11) W Tab. 5.2.3 przedstawiono kryteria kwalifikujące dane miejsce do zastosowania aktywnego systemu ostrzegania.

Tab. 5.2.3. Kryteria kwalifikujące zastosowanie aktywnego systemu ostrzegania

Czynnik / scenariusz lokalizacyjny	Zalecenia dotyczące wdrożenia systemu aktywnego ostrzegania
Strefa szkolna (ulica przy szkole, duże grupy dzieci w określonych porach)	<p>Obowiązkowe ograniczenie prędkości (np. 30 km/h) wsparte aktywną tablicą radarową lub migającym znakiem „Szkoła”.</p> <p>Rozważyć migające sygnały ostrzegawcze przy przejściach dla pieszych używanych przez dzieci (w godzinach przed i po lekcjach).</p> <p>Urządzenie aktywne szczególnie zalecane, jeżeli 85 percentyl prędkości (V85) przekracza znacząco dozwoloną (np. o ≥ 10 km/h) mimo oznakowania strefy.</p>
Przejście dla pieszych o dużym ruchu, bez sygnalizacji świetlnej (np. przy przystanku, obiekcie handlowo-usługowym, parku)	<p>Aktywne przejście: czujniki i pulsujące światła ostrzegawcze, jeśli często dochodzi do nieustąpienia pierwszeństwa pieszym.</p> <p>Jeżeli widoczność przejścia jest ograniczona (np. zakręt, wzniesienie, nocą słabe oświetlenie) – aktywne sygnały znacząco poprawią dostrzegalność pieszego.</p> <p>Stosować na drogach o wyższych prędkościach (≥ 50 km/h) lub tam, gdzie nie ma uzasadnienia zastosowania sygnalizacji świetlnej.</p>

Czynnik / scenariusz lokalizacyjny	Zalecenia dotyczące wdrożenia systemu aktywnego ostrzegania
Strefa zamieszkania / piesza z ruchem dopuszczonym (strefa ruchu współdzielonego)	<p>W razie problemów z egzekwowaniem prędkości można rozważyć niewielkie wyświetlacze prędkości przy wjazdach, choć z reguły w takich strefach lepsze są środki infrastrukturalne/organizacji ruchu (zwężenia, progi).</p> <p>Alternatywnie: interaktywne znaki D-142 (strefa zamieszkania) z migającymi elementami, przypominające kierowcom o pierwszeństwie pieszych.</p>
Droga osiedlowa / lokalna (ruch mieszany) z nadmierną prędkością pojazdów	<p>Tablice radarowe na wlotach do osiedla lub przy placach zabaw, jeśli skargi mieszkańców potwierdzają problem szybkiej jazdy.</p> <p>Dobrze sprawdzają się urządzenia z funkcją zbierania statystyk, co pozwala ocenić skalę problemu i skuteczność interwencji.</p> <p>Rozważyć fizyczne uspokojenie ruchu (progi, szyny).</p>
Strefa z nasilonym ruchem rowerowym (ciągi pieszo-rowerowe lub rowerowe przecinające jezdnię)	<p>Podobnie jak przy pieszych: aktywny znak ostrzegawczy (np. pulsujący symbol roweru) w miejscach, gdzie kierowcy nie ustępują pierwszeństwa rowerzystom.</p> <p>Rozważyć systemy detekcji rowerzystów z wyprzedzeniem (np. pętla przed przejazdem rowerowym uruchamiająca żółte światło ostrzegawcze dla nadjeżdżających pojazdów).</p>
Ulica o przekroju 2x2 w mieście (arteria wielopasowa; brak sygnalizacji; $V_{dop} \geq 50$ km/h)	<p>Docelowo zastosować sygnalizację dla pieszych (wzbudzaną/pętlą) – na jezdniach z ≥ 2 pasami w jednym kierunku i przy $V \geq 50$ km/h przejście projektuje się z sygnalizacją; aktywne ostrzeganie nie zastępuje sygnalizacji.</p> <p>Do czasu realizacji sygnalizacji: radarowy wyświetlacz prędkości na dojazdach (ok. 80–120 m przy V_{85} 60–70 km/h; 50–80 m przy V_{85} 50–60 km/h), po obu stronach lub nad jezdniowo.</p> <p>Aktywny znak/sygnal żółty migający przy przejściu (również na znakach D-106 lub D-106a,b) na ulicach 2x2 co do zasady nie stosować; dopuszczalne jedynie wyjątkowo po analizie ryzyka – preferowana jest sygnalizacja.</p>

(12) Po wybraniu odpowiedniego miejsca należy prawidłowo zaprojektować usytuowanie urządzenia na drodze. Kluczowe parametry to: odległość od punktu konfliktu, wysokość i położenie montażu oraz kąty widoczności dla nadjeżdżających. Urządzenia aktywne powinny być instalowane w odległości zapewniającej kierowcy czas na reakcję i bezpieczne wyhamowanie przed strefą zagrożoną (np. przejściem). Zwykle oznacza to umieszczenie wyświetlacza nie dalej niż ok. 50–100 m przed przejściem przy prędkościach miejskich do 50 km/h – zbyt wczesne ostrzeżenie może spowodować, że kierowca zwolni, a następnie ponownie przyspieszy przed dotarciem do przejścia. Jeśli celem jest ogólne utrzymanie niskiej prędkości w długiej strefie (np. droga przez całą miejscowość), zaleca się instalację seryjną – np. kilka tablic co kilkaset metrów – aby podtrzymywać efekt psychologiczny na dłuższym odcinku lub zastosowanie odcinkowego pomiaru prędkości i fizycznych środków uspokojenia ruchu.

(13) Wysokość montażu powinna gwarantować dobrą widoczność wyświetlacza, nie przeszkadzając jednocześnie pieszym ani nie oślepiając kierowców. Przyjmuje się, że dolna krawędź tablicy radarowej powinna znajdować się ok. 2,2–2,5 m nad poziomem terenu (jak typowy znak drogowy w obszarze zabudowanym zgodnie ze skrajnią pionową nad chodnikiem). Zapewnia to czytelność dla kierowców pojazdów osobowych, a jednocześnie minimalizuje ryzyko zasłonięcia przez pieszych stojących na chodniku. Jeżeli urządzenie montowane jest nad jezdnią (np. nad przejściem), wysokość powinna spełniać normy skrajni pionowej i poziomej dla jezdni. Lateralne usytuowanie – zwykle prawe pobocze lub chodnik, twarzą do nadjeżdżających. Urządzenie powinno być skierowane pod odpowiednim kątem do osi jezdni, tak aby ekran był prostopadły do kierunku obserwacji kierowcy na dystansie kilkudziesięciu metrów (większość wyświetlaczy ma szeroką czytelność kątową, rzędu 20–30°, lecz precyzyjne ukierunkowanie poprawia jasność odbioru). Należy też uwzględnić widoczność i linie wzroku – urządzenie nie może być zasłonięte przez drzewa, reklamy, wiaty przystankowe itp.

(14) Minimalna odległość widoczności urządzenia powinna przekraczać dystans potrzebny do zatrzymania z prędkości dozwolonej – np. jeśli ograniczenie wynosi 50 km/h (droga hamowania ok. 28 m na suchej nawierzchni), to dobrze aby znak był zauważalny ze 100 m, dając zapas czasu na reakcję. W przypadku dróg krętych lub ze spadkami, zaleca się lokalizować wyświetlacz przed zakrętem/wzniesieniem, nigdy za nim – tak, aby komunikat pojawił się przed potencjalnym

punktem niebezpiecznym. Montaż musi też respektować inne przepisy dot. znaków: urządzenia nie wolno instalować za blisko innych znaków czy sygnałów, by nie odwracało uwagi w krytycznym miejscu (np. nie montować tuż przed skrzyżowaniem czy sygnalizacją świetlną). Jeśli w pobliżu występuje wiele znaków, warto zachować odsunięcie co najmniej kilkunastu metrów, by uniknąć „szumu informacyjnego”.

(15) W przypadku aktywnych przejść dla pieszych z pulsującymi światłami, zlokalizowanych tak blisko, że kierowca widzi co najmniej dwa jednocześnie, wymaga się desynchronizacji ich pracy, aby uniknąć wrażenia ciągłego migotania na dłuższym odcinku drogi; osiąga się to przez przesunięcie fazy i/lub niewielkie zróżnicowanie częstotliwości w dopuszczalnym zakresie, przy zachowaniu lokalnej aktywacji (bez wzajemnego wyzwiania), parametrów fotometrycznych, braku efektów stroboskopowych oraz z funkcją losowego startu, która zapobiega samoistnemu zrównaniu faz w eksploatacji..

(16) W Tab. 5.2.4 przedstawiono zestawienie typowych parametrów lokalizacyjnych:

Tab. 5.2.4. Typowe parametry lokalizacyjne systemów ostrzegania

Parametr lokalizacji	Wartości orientacyjne / wymagania	Uwagi do projektowania
Odległość od przejścia/punktu zagrożenia	30–80 m przed przejściem dla prędkości do 50 km/h (tak aby kierowca miał ≥ 3 –4 s na reakcję). 80–150 m przed przejściem dla prędkości 70–90 km/h (drogi podmiejskie). (Jeśli znak dotyczy całej strefy, zaleca się umieścić go na początku strefy/odcinka zagrożenia.)	Odległości dobierać indywidualnie na podstawie widoczności i drogi hamowania. Za bliska lokalizacja (np. tuż przed samym przejściem) może być nieskuteczna – kierowca nie zdąży zareagować. Z kolei za daleka może spowodować, że efekt nie utrzyma się do miejsca docelowego.
Wysokość montażu (dolna krawędź urządzenia nad poziomem jezdni)	2,2–2,5 m – standardowo przy poboczu/na chodniku (jak znak drogowy). $\geq 4,5$ m (zgodnie ze skrajnią dla danej drogi) – w przypadku montażu nad jezdnią (ramię wysięgnika, bramownica). Sygnalizatory boczne przy przejściu: ok. 2,2–3,0 m (żółte lampy nad znakiem D-106).	Przy montażu na chodniku zachować <i>min.</i> 0,5 m odstępu od krawędzi jezdni (zgodnie ze skrajnią poziomą dla drogi). Wysokość dobrać tak, by światła nie oślepiały kierowców (szczególnie istotne w nocy – diody świecą w dół pod kątem).
Orientacja i kąt względem drogi	Ekran skierować frontem do osi pasa ruchu, który chcemy kontrolować. Dopuszczalne niewielkie odchylenie ukośne (np. 5–10°), by wydłużyć czas ekspozycji dla nadjeżdżających z większej odległości. Pochylenie w pionie: lekkie nachylenie w dół jeśli urządzenie jest wysoko, tak by ekran „patrzył” na kierowcę.	W przypadku dróg wielopasowych rozważyć zastosowanie dwóch urządzeń – osobno dla każdej strony jezdni lub nad jezdnią – aby kierowcy z wewnętrznych pasów również wyraźnie widzieli komunikat. Jeśli montaż jednostronny, zaleca się prawą stronę jezdni (kierowcy instynktownie tam wypatrują znaków). Urządzenia nie montować na tuku poziomym o małym promieniu – ekran będzie widoczny tylko w wąskim wycinku drogi.
Widoczność i otoczenie	Pole widzenia: co najmniej 100 m przed urządzeniem wolne od przeszkód zasłaniających (drzewa, reklamy). Oświetlenie: unikać montażu w cieniu lub na tle jaskrawego światła – może to utrudnić dostrzeżenie komunikatu. Inne znaki: zachować odstęp (np. ≥ 15 m) od najbliższych znaków, sygnalizatorów lub tablic, aby kierowca mógł skupić uwagę na przekazie urządzenia.	Konieczna jest lustracja terenu przed montażem: sprawdzić, z jakiej odległości urządzenie będzie widoczne dla kierowcy i czy coś nie odwróci uwagi. Jeśli w pobliżu są światła ostrzegawcze (np. inne migające lampy na skrzyżowaniu), skoordynować charakterystykę błysków, aby nie doszło do złań sygnaliów (np. zachować różnicę częstotliwości lub fazy migania).

(17) Zasięg oddziaływania systemu to obszar, w którym kierowcy zmieniają zachowanie pod wpływem urządzenia. Dla wyświetlaczy prędkości typowy efekt to zwolnienie na odcinku kilkudziesięciu metrów przed i za urządzeniem – badania wskazują, że kierowcy często ponownie przyspieszają po minięciu znaku. Aby zoptymalizować ten efekt, zaleca się lokalizowanie urządzenia możliwie blisko chronionego obszaru, tak by okres utrzymania niższej prędkości pokrył się z obszarem występowania pieszych. Jeżeli chcemy wydłużyć strefę oddziaływania, dobrym zabiegiem jest stosowanie kilku etapowych ostrzeżeń: np. najpierw znak

dynamiczny „Uwaga, rejon szkoły” wcześniej, a następnie konkretny wyświetlacz prędkości bliżej przejścia. Można też łączyć urządzenia z fizycznymi środkami – kierowca uprzedzony przez znak zwalnia, a następnie próg lub wyniesione przejście wymusza utrzymanie niskiej prędkości. W warunkach wysokiego natężenia ruchu (ciągły strumień pojazdów) zasięg wpływu może się zwiększyć, gdyż spowolnienie jednego pojazdu wpływa falowo na następne – jednak z drugiej strony kierowcy mogą też adaptować się do stałego elementu i ignorować go przy codziennej jeździe. Dlatego zaleca się, by w miarę możliwości aktywne systemy nie działały non-stop bez względu na sytuację, lecz adaptacyjnie: np. wyświetlacz prędkości uaktywnia komunikat dopiero powyżej ustalonego progu (często ok. 5 km/h ponad limit prędkości dopuszczalnej), dzięki czemu kierowcy jadący prawidłowo nie są rozpraszeni, a ci przekraczający normę otrzymują wyraźny bodziec. Takie kalibrowanie progu detekcji i wyświetlania informacji zmniejsza ryzyko przyzwyczajania się kierowców do widoku ciągle świecącego znaku. Można również przewidzieć relokację urządzeń co kilka miesięcy, aby ponownie zwrócić uwagę kierujących.

(18) W praktyce zaleca się również okresowo monitorować skuteczność – np. analizować zarejestrowane przez urządzenie statystyki prędkości przed i po instalacji – i na tej podstawie korygować ustawienia (dłuższy czas wyświetlania komunikatu, zmiana treści, dołączenie drugiego urządzenia w serii, itp.). Gdy na danym obszarze jest wiele przejść czy punktów generujących ruch pieszych, należy tak rozplanować rozmieszczenie urządzeń, aby pokryć wszystkie kluczowe wloty w ten rejon. Przykładowo, jeśli szkoła ma dojazd z dwóch stron osiedla, obie powinny być wyposażone w odpowiednie ostrzeżenia, inaczej kierowcy mogą rozpędzać się na niewyposażonym odcinku, niwecząc cel jakim jest całościowe uspokojenie ruchu wokół szkoły. W przypadku obecności transportu zbiorowego (np. autobusów szkolnych, tramwajów) – zasięg wpływu systemu powinien uwzględniać także te elementy: np. jeśli dzieci wysiadają z autobusu i przekraczają jezdnię 100 m od szkoły, to strefa działania znaków powinna rozciągać się również do przystanku.

(19) W miastach o gęstej zabudowie ograniczenia przestrzenne mogą utrudnić optymalne rozmieszczenie (brak miejsca na dodatkowy słup, bliskość budynków) – wtedy rozważa się montaż urządzeń na istniejących słupach (sygnalizacji, latarni) lub stosowanie mniejszych form (np. tylko sygnalizatory LED przy przejściu bez tablicy). Zawsze jednak priorytetem jest zapewnienie, by urządzenie było widoczne i czytelne z dostatecznej odległości i we właściwym momencie prowadziło do zmiany zachowania kierowcy.

(20) Projektując i dobierając systemy aktywnego ostrzegania, należy zwrócić uwagę na spełnienie określonych wymogów technicznych i użytkowych. Kluczowe aspekty to czytelność urządzenia, czas reakcji (zarówno systemu, jak i kierowcy na bodziec), widoczność w różnych warunkach, adaptacyjność do zmiennych warunków otoczenia oraz efektywność energetyczna.

(21) W obszarach o dopuszczalnej prędkości do 50 km/h dla wyświetlanych cyfr prędkości na urządzeniach ASOP zaleca się wysokość co najmniej 250 mm, a w lokalizacjach o większym przekroju (2/2), rozpraszającym lub ograniczającym widoczność tła wizualnym lub przy wysokim V85 (tj. $V85 \geq V_{dop} + 10 \text{ km/h}$) – preferowane 300–320 mm. Dla części tekstowej (np. „ZWOLNIJ”) stosować co najmniej grupę C (240 mm), a w razie potrzeby (tj. przy wysokim V85, wymaganej odległości czytelności > 100 m, dużym kącie obserwacji/odsuńnięciu od osi jezdni, na łukach/pochyleniach lub w otoczeniu o silnym „szumie” wizualnym) – grupę D (320 mm). Dobór grup A–E zgodnie z tabelą liternictwa ZZT/TZT (WR-Z-41), co zapewnia czytelność z odległości rzędu 100 m. W zakresie kolorystyki zaleca się kolor zielony dla prędkości bezpiecznej i czerwony dla przekroczeń, natomiast komunikaty tekstowe (np. „ZWOLNIJ”) najczęściej wyświetla się kolorem żółtym na czarnym tle.

(22) Treść komunikatów powinna być zwięzła – zaleca się używanie prostych słów lub piktogramów zamiast długich napisów, by kierowca nie musiał odrywać wzroku od drogi na zbyt długo. Ponadto przekaz musi być intuicyjny: wyświetlanie aktualnej prędkości wraz ze znakiem ograniczenia lub słowem „ZWOLNIJ” jest bardziej zrozumiałe niż sama liczba. Nie zaleca się stosowania elementów mogących rozpraszać – np. zbyt agresywne migotanie, animacje. Komunikaty tekstowe powinny ograniczać się do zwrotów powszechnie zrozumiałych i standardowych (np. „ZWOLNIJ”, ewentualnie komunikat dwujęzyczny w obszarach turystycznych). Nie zaleca się używania potocznych fraz typu „ZA SZYBKO!” ani wyświetlania potencjalnych sankcji (np. kwoty mandatu). W komunikacie zaleca się podanie punktu odniesienia – np. symbol znaku ograniczenia prędkości (B-118 z właściwą wartością) – aby

kierowca od razu wiedział, do jakiej wielkości prędkości odnosi się ostrzeżenie, chyba, że ograniczenie prędkości jednoznacznie wynika z oznakowania pionowego.

(23) Przekaz na urządzeniach ASOP należy projektować kontekstowo:

- dla kierowcy zaleca się prezentować punkt odniesienia (np. piktogram B-118 z właściwym limitem) wraz z prędkością kierowcy lub krótkim zaleceniem „ZWOLNIJ”,
- dopuszcza się układy: [cyfry prędkości + B-118] lub [B-118 + 'ZWOLNIJ']; sama liczba bez odniesienia do limitu jest niewystarczająca,
- treści ogranicza się do 1–2 elementów jednocześnie, bez animacji i rotacji niezależnych komunikatów; barwa treści żółtej, wysokość cyfr min. 250 mm (preferowana 300–320 mm dla przekroju ulicy 2/2)."

(24) W Tab. 5.2.5 i Tab. 5.2.6. przedstawiono przykładowe wzory i parametry prezentacji komunikatu na ASOP.

Tab. 5.2.5. Przykładowe wzory prezentacji ASOP

Wzór	Stan spoczynku (brak wykrycia pojazdu)	Warunek aktywacji (v-prędkość pojazdu)	Treść/układ w stanie aktywnym	Czas ekspozycji	Kolorystyka	Uzasadnienie wyświetlania
A	Napis „TWOJA PRĘDKOŚĆ” może być stały nagłówek lub wygaszony	$v \text{ pojazdu} \leq \text{limit}$ $\text{limit} < v \leq \text{limit}+5 \text{ km/h}$ $v > \text{limit}+5 \text{ km/h}$	$v \leq \text{limit}$: wartość prędkości pojazdu, po ~2 s wygaszenie. $\text{limit} < v \leq \text{limit}+5 \text{ km/h}$: cyfry + piktogram B-118. $v > \text{limit}+5 \text{ km/h}$: cyfry + B-118 (migająca obwódka) + „ZWOLNIJ”.	Typowo 2–3 s - ostrzeżenie	Cyfry / „ZWOLNIJ” – żółty; czerwien tylko w obwódce B-118	Kierowca widzi swoją prędkość, punkt odniesienia (B-118) i wymagane działanie („ZWOLNIJ”) – minimalny czas decyzji
B	Wygaszony	$v > \text{limit}$	Tylko piktogram B-118 + „ZWOLNIJ” poniżej (bez wyświetlania aktualnej prędkości pojazdu)	2–3 s	Treści żółty lub biały; czerwien tylko w obwódce B-118	Minimalna treść, brak wątpliwości: jaki jest limit i co zrobić – czytelne przy krótkiej ekspozycji
C	Wygaszony	$v \leq / > \text{limit}$	$v \leq \text{limit}$: „DZIĘKUJĘ” lub ☺ (~1 s). $v > \text{limit}$: „ZWOLNIJ” lub ☹ (+ opcjonalnie wskazanie prędkości pojazdu)	„DZIĘKUJĘ” ~1 s; ostrzeżenie 2–3 s	Treści biały, żółty lub zielony w przypadku zachowania limitu i czerwony przy przekroczeniu z odpowiednim i kolorami; emotikonów	Pozytywne/negatywne wzmocnienie – prosty przekaz bez przeładowania treścią

(25) Nie zaleca się wyświetlania potencjalnej kary finansowej (kwoty mandatu) na znaku, choć technicznie jest to możliwe (takie praktyki są niestandardowe i mogą odwracać uwagę kierowcy od drogi). W sytuacjach przekroczenia dopuszczalnej prędkości poza skalę wyświetlacza lub ustalony próg (np. limit prędkości plus 30–40% limitu), urządzenie zamiast pokazywać dużą wartość prędkości powinno wyświetlić symbol (np. migający znak ograniczenia B-118) lub komunikat ostrzegawczy „ZWOLNIJ” – zapobiega to podejmowaniu przez niektórych kierowców negatywnego wyzwania (testowania jak wysoką prędkość pokaże urządzenie).

(26) W zakresie szybkości działania, czas reakcji systemu powinien być na tyle krótki, aby nawet szybko poruszający się pojazd został uchwycony i ostrzeżony zanim minie urządzenie. Wymagane jest niemal natychmiastowe wyświetlenie wyniku pomiaru – opóźnienie rzędu maksymalnie kilkudziesięciu milisekund do 0,1–0,3 s jest akceptowalne (praktycznie niedostrzegalne dla oka). Dłuższe opóźnienia mogą sprawić, że pojazd zbliży się zbyt blisko lub

minie wyświetlacz zanim pokaże się komunikat. Również lampy na znakach D-106 muszą zadziałać niezwłocznie – idealnie w tym samym momencie, gdy pieszy dochodzi do krawędzi jezdni (dlatego detektory pieszych często montuje się 2–3 m przed przejściem, by wykryć pieszego z wyprzedzeniem). Szybkość działania dotyczy też czasów wygaszania: komunikat powinien zniknąć wkrótce po zakończeniu zdarzenia (np. po przejechaniu pojazdu czy opuszczeniu przejścia przez pieszego), aby nie wprowadzać w błąd kolejnych kierowców. Przy projektowaniu czasu wyświetlania bierze się pod uwagę ewentualną kolumnę pojazdów – np. jeśli jadą blisko siebie, wyświetlacz może pozostać aktywny ciągle, ale po oddaleniu się ostatniego powinien się wyłączyć lub zresetować. Bezładność systemu (np. zbyt długie świecenie komunikatu) może zmniejszyć jego czytelność dla następnych użytkowników.

Tab. 5.2.6. Parametry wspólne dla wzorów ASOP

Parametr	Zalecenie
Wysokość cyfr prędkości	min. 250 mm (preferowane 300–320 mm dla przekroju 2/2 lub rozpraszającego otoczenia znaku)
Wysokość „ZWOLNIJ”	zgodnie z tabelą liternictwa (WR-Z-41): grupa C (240 mm) min. dla 50 km/h; w trudnych warunkach grupa D (320 mm)
Liczba elementów	Jednocześnie 1–2 elementy (np. cyfry + B-118 albo B-118 + „ZWOLNIJ”); bez przewijania/animacji i bez rotacji niezależnych komunikatów
Czas ekspozycji	Ostrzeżenie 2–3 s po przekroczeniu progu; wygaszenie natychmiast po zaniknięciu zdarzenia
Progi aktywacji	Typowo limit +5 km/h (ostrzeżenie) i limit +10 km/h (ostrzeżenie wzmocnione – np. migająca obwódka B-118)
Kolorystyka	Treści w kolorze żółtym lub białym lub zielonym w przypadku zachowania limitu i czerwonym przy przekroczeniu prędkości; czerwień w symbolach zakazu/obwódkach wyświetlanego znaku;

(27) W zakresie widoczności i kontrastu urządzenia muszą być dobrze widoczne zarówno w dzień przy silnym słońcu, jak i w nocy. Ekrany LED powinny mieć dostateczną jasność oraz automatyczną regulację tej jasności w zależności od oświetlenia otoczenia. W pełnym słońcu zalecana jest maksymalna moc diod, natomiast po zmroku urządzenie powinno się ściemniać, by nie oślepić kierowców. Typowo stosuje się foteoelement (fotorezystor) mierzący jasność otoczenia – sterownik na jego podstawie płynnie zmniejsza lub zwiększa jasność wyświetlacza. Dodatkowo niektóre wyświetlacze mają tryb oszczędny nocny – np. nie pokazują prędkości, jeśli jest ona zgodna z limitem, a jedynie reagują kolorem lub krótkim komunikatem, dzięki czemu nie przyciągają uwagi niepotrzebnie w porze mniejszego ruchu. Kontrast wyświetlanych informacji powinien spełniać normy dla znaków zmiennej treści (zgodnie z PN-EN 12966). Kolory LED muszą odpowiadać barwom przepisowym – np. jeśli wyświetlany jest symbol znaku drogowego (jak ograniczenie prędkości), to powinny być pokazywane w inwersji kolorów. Urządzenia mogą być wyposażone w powierzchnie przeciwodblaskowe lub osłony przeciwsłoneczne, aby promienie słońca nie oślepiły kierowców i nie powodowały refleksów utrudniających odczytanie komunikatu.

(28) Nowoczesne systemy ostrzegawcze mogą dynamicznie dostosowywać się do warunków ruchowych i pogodowych. Adaptacyjność oznacza tu, że urządzenie reaguje w zależności od sytuacji: np. może podnieść próg czułości czujnika w godzinach szczytu (by nie reagować na każdy pojazd w zatorze), a obniżyć w porze nocnej, gdy ruch jest płynniejszy i nawet pojedyncze przekroczenie prędkości stanowi zagrożenie. Również możliwe jest dostosowanie komunikatu do warunków pogodowych – np. czujnik deszczu mógłby aktywować komunikat „Śliska nawierzchnia – zwolnij” w razie opadów wraz z dynamiczną zmianą limitu prędkości. W praktyce najbardziej rozpowszechnioną funkcją adaptacyjną jest wspomniane wcześniej automatyczne sterowanie jasnością wyświetlacza w zależności od pory dnia i pogody.

(29) Ponadto systemy powinny być projektowane zgodnie z wymaganiami środowiskowymi: zakres temperatur pracy co najmniej od –20°C do +60°C (aby działały w zimie i upale bez awarii), odporność na wilgoć i pył (min. IP65 dla obudów zewnętrznych). W warunkach polskich istotna jest odporność na oblodzenie – obudowy lamp i wyświetlaczy powinny mieć kształty utrudniające zaleganie śniegu, ewentualnie być wyposażone w grzałki/matę grzewczą utrzymującą elektronikę w dopuszczalnym zakresie temperatur.

(30) Energooszczędność to kolejny ważny aspekt. Urządzenia zasilane bateryjnie/solarnie muszą cechować się niskim poborem mocy (typowo pojedynczy wyświetlacz prędkości LED zużywa kilka watów w stanie czuwania i kilkanaście watów podczas świecenia ciągłego). Stosowanie diod LED nowej generacji, wydajnych przetwornic zasilania oraz trybów uśpienia

pozwała wydłużyć czas działania na akumulatorze. Z kolei system zasilany z sieci powinien mieć zabezpieczenia przed zanikiem napięcia (np. zapasową baterię podtrzymującą przez kilka godzin, by nawet przy awarii zasilania sygnał ostrzegawczy działał w krytycznych momentach – np. podczas awarii latarni ulicznych w nocy). Wymagania te często przekładają się na konkretne parametry przy przetargach – np. można określić, że radarowy wyświetlacz prędkości musi wytrzymać co najmniej 120 godzin ciągłej pracy w całkowitej ciemności na zasilaniu akumulatorowym.

(31) Wszystkie powyższe elementy – czytelność, szybkość, widoczność, adaptacyjność i oszczędność energii – decydują o skuteczności i niezawodności systemu, dlatego na etapie projektu należy je zapewnić poprzez dobór sprzętu o odpowiednich parametrach. W Tab. 5.2.7. przedstawiono podsumowanie wybranych kluczowych parametrów technicznych zalecanych dla aktywnych urządzeń ostrzegawczych.

Tab. 5.2.7. Wybrane zalecane kluczowe parametry techniczne ASOP

Parametr	Standardowe wymagania / zalecenia	Uwagi
Zakres pomiaru prędkości	20–200 km/h, dokładność pomiaru ± 1 km/h.	Typowe radary działają od ok. 10 km/h (niższe prędkości są trudne do pomiaru radarowego). Typowo górny zakres 200 km/h ze znacznym zapasem pokrywa teoretycznie możliwe prędkości w obszarach zabudowanych.
Detekcja pieszego	Detekcja z wyprzedzeniem 2–3 m od krawędzi przejścia	PIR/lidar/wideo; minimalizacja fałszywych alarmów
Odległość detekcji pojazdu	co najmniej 100 m dla samochodu osobowego, do ok. 200–300 m w warunkach idealnych.	Daleki zasięg pozwala wcześniej wykryć pojazd i ustabilizować pomiar prędkości zanim kierowca dotrze do wyświetlacza. Jednak zbyt wczesne wyświetlenie może być ignorowane – dlatego czasem celowo ogranicza się efektywny zasięg radaru (np. poprzez ustawienie czułości), by urządzenie wykrywało pojazd dopiero w odległości ~100 m.
Barwy i kontrast	Ekran LED: piksele (typowy kontrast $>8:1$). Zielony kolor dozwolony do sygnalizowania prawidłowej prędkości (np. zielona liczba). Błyskowe lampy ostrzegawcze – tylko barwa żółta zgodnie z przepisami. Automatyczna regulacja jasności.	Zastosowane diody muszą spełniać normy chromatyczności barw dla sygnałów drogowych. Kolor czerwony wykorzystuje się ostrożnie – głównie do wyświetlania cyfry prędkości przekroczonej lub czerwonej obwódki znaku ograniczenia. Zbyt częste użycie czerwieni może spowodować zbagatelizowanie (efekt „ciągle czerwonego światła”). Zaleca się więc, by czerwień pojawiała się tylko przy poważniejszych przekroczeniach.
Częstotliwość pulsowania	Dla lamp ostrzegawczych LED: ok. (60 ± 15) błysków na minutę (ok. 1 Hz, zakres 55–75 błysków/min), błyski na przeciwległych słupkach powinny być zsynchronizowane.	Przyjęta częstotliwość powinna zapewniać wyraźne postrzeganie migania, ale nie powodować dyskomfortu (unikaj się >4 Hz by nie prowokować efektów stroboskopowych niebezpiecznych dla osób z epilepsją). Standardowe przerywacze dają 40–60 błysków/min.
Czas wyświetlania komunikatu	Regulowany w zależności od prędkości obiektu: typowo ~2–3 sekundy po zaniku detekcji. Dla pieszych: aktywne błyski ~10 sekund lub do wykrycia opuszczenia przejścia.	Czasy należy dobrać tak, by komunikat był widoczny wystarczająco długo dla zidentyfikowanego obiektu (np. pojazd jadący 30 km/h pokona ~17 m w 2 s – powinno minąć znak zanim ten zgaśnie). Nadmierne długi czas świecenia po wykryciu może jednak mylić kolejnych kierowców. Dla przejść ustawowy czas migania powinien pokryć cały moment przechodzenia pieszych plus margines bezpieczeństwa.
Czas reakcji systemu (od detekcji do sygnału)	$\leq 0,3$ s (niemal natychmiastowe wyświetlenie ostrzeżenia po wykryciu)	Krótki czas reakcji zapobiega sytuacji, w której pojazd minie urządzenie zanim komunikat zostanie wyświetlony. Zaleca się, by opóźnienie nie przekraczało ułamka sekundy (maks. ~0,1–0,3 s), co odpowiada praktykom branżowym – dłuższe opóźnienia obniżają skuteczność ostrzegania.
Zakres temperatur pracy	$-30^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ (bez utraty funkcjonalności)	Urządzenia powinny niezawodnie działać w warunkach zimowych mrozów oraz letnich upałów spotykanych w Polsce. W razie potrzeby stosuje się elementy grzejne (maty, grzałki) zapobiegające nadmiernemu wychłodzeniu podzespołów oraz oblodzeniu czujników i lamp.
Odporność na czynniki zewnętrzne	Obudowa min. IP65 (pyło- i bryzgoszczelna)	Sprzęt musi być zabezpieczony przed przenikaniem kurzu, wody opadowej i topniejącego śniegu. Zaleca się solidne uszczelnienie obudów zgodnie z klasą

Parametr	Standardowe wymagania / zalecenia	Uwagi
		IP65 lub wyższą, co odpowiada standardom dla urządzeń drogowych w innych krajach. Należy również uwzględnić odporność na promieniowanie UV oraz wibracje od ruchu pojazdów.
Pamięć danych i rejestracja	Urządzenie powinno rejestrować dane statystyczne: liczba pojazdów, prędkości (średnia, V85), czasy aktywacji. Pamięć na minimum 100 000 zdarzeń lub 30 dni ciągłej pracy.	Rejestracja danych nie jest wymagana do funkcjonowania ostrzegania, ale jest bardzo przydatna – pozwala ocenić skuteczność działania i dostarcza informacji do zarządzania ruchem. Dane mogą być cyklicznie wysyłane do CZR (np. codzienny raport). Należy zabezpieczyć dostęp do pamięci hasłem, by dane nie zostały skasowane lub zmienione przez osoby niepowołane.
Łączność i integracja	Interfejs zdalny (GPRS/3G) do transmisji danych i sterowania; ewentualnie porty lokalne (RS-232/USB/Bluetooth) do serwisowej zmiany ustawień.	Łączność pozwala np. synchronizować czasy działania (wiele znaków w mieście włącza się jednocześnie według centralnego zegara) albo zintegrować tablice z systemem informacji dla kierowców. Wykorzystywane rozwiązania komunikacyjne powinny opierać się na otwartych protokołach (np. zgodnych ze standardami ITS), co umożliwi łatwą integrację z nadrzędnymi systemami zarządzania ruchem.
Zasilanie i zużycie energii	Jeśli solar: panel dobrany do lokalizacji (naświetlenie) – zwykle ≥ 50 W mocy na każde 10 W zużycia ciągłego; akumulator zapewniający min. 5 dni autonomii. Jeśli sieć: pobór mocy urządzenia < 50 W (średni), zasilacz z certyfikatem do pracy zewnętrznej.	W projekcie należy sprawdzić możliwość zasilania z istniejącej infrastruktury (latarnie, sygnalizacja). Przy solarach uwzględnić najkrótsze dni zimowe – panel powinien ładować akumulatory nawet przy słabym słońcu. Akumulatory montować w sposób zabezpieczony (zamykane skrzynki, wysoko nad ziemią by utrudnić kradzież).

(32) Wdrożenie aktywnych systemów ostrzegania należy rozpatrywać w kontekście całej sieci drogowej w rejonie, aby właściwie wyznaczyć obszar oddziaływania i nie przerzucać problemu prędkości na ulice sąsiednie. Obszar oddziaływania obejmuje miejsca, gdzie odczuwalny będzie wpływ systemu (np. spadek prędkości, zmiana tras, poprawa bezpieczeństwa). Przy dużym natężeniu ruchu urządzenia działają punktowo, ale efekt może oddziaływać na dojazd i sąsiednie przejścia.

(33) Przy dużej liczbie pieszych i rowerzystów obszar oddziaływania często wykracza poza jedno przejście (np. okolice szkoły w promieniu kilku ulic). Dlatego samo oznakowanie przy bramie szkoły bywa niewystarczające. Warto objąć rejon strefą ograniczenia prędkości (np. Tempo 30) i w jej ramach stosować aktywne tablice na głównych drogach dojazdowych.

(34) Transport zbiorowy w strefie (np. autobus) może jednocześnie spowalniać ruch i zwiększać ryzyko (ograniczona widoczność, duże gabaryty). Warto rozważyć integrację, np. uruchamianie znaku „Uwaga dzieci” w momencie dojazdu autobusu na przystanek, rozwiązania tego typu są testowane w niektórych krajach.

(35) Ograniczenia przestrzenne (wąskie chodniki, gęsta zabudowa, ochrona konserwatorska) mogą wymuszać kompromisy, gdy nie ma miejsca na urządzenie na danej ulicy, należy wzmocnić zabezpieczenia na ulicach równoległych lub zastosować inne środki uspokojenia (np. progi, szyszkany).

(36) Planując lokalizację urządzeń, trzeba uwzględnić możliwość omijania – po spowolnieniu na jednej ulicy ruch może przenieść się na równoległą. Analiza przedwdrożeniowa powinna obejmować okoliczny układ drogowy, a w razie ryzyka objazdów, objąć szerszy obszar strefą i zastosować pakiet środków na kilku ulicach.

(37) Obszar oddziaływania wyznacza się na podstawie analizy zagrożeń dla pieszych, relacji ruchu (skąd–dokąd) oraz potencjalnych luk, przez które problem przeniesie się w inne miejsce. System powinien być elementem całościowej organizacji ruchu i strefy bezpieczeństwa dla danego obszaru.

(38) Aktywne urządzenia ostrzegawcze uzupełniają ITS, dostarczają danych i mogą reagować na zmienne warunki. Integracja obejmuje m.in. monitoring (pomiar prędkości/czasów przejazdu do oceny skuteczności BRD), zdalne sterowanie i diagnostykę (zmiany progów/trybów pracy, alarmy awarii) oraz koordynację z innymi elementami, np. powiązanie z sygnalizacją w celu redukcji prędkości.

(39) W SZR możliwe jest też wyświetlanie ostrzeżeń na większych tablicach ZZT na podstawie danych z lokalnych czujników. Integracja pionowa polega na zasilaniu systemu centralnego danymi lokalnymi, a pozioma – na współpracy urządzeń w terenie (w tym perspektywicznie I2V/V2X, komunikaty do pojazdów).

(40) Zaleca się stosowanie otwartych interfejsów i protokołów, aby urządzenia można było włączać do istniejących systemów i zarządzać nimi sieciowo, np. synchronizować godziny działania znaków w całej strefie.

(41) Integracja może dotyczyć również zasilania (monitoring baterii/instalacji solarnych) oraz bezpieczeństwa – np. współdzielenie sygnałów z kamer (detekcja pieszych i przekaz obrazu do centrum monitoringu).

(42) Należy zapewnić regularne przeglądy i konserwację: czyszczenie optyki i czujników, kontrolę zasilania (akumulatory, panele) oraz weryfikację detekcji. Sprawdzac trzeba też mocowania i okablowanie pod kątem uszkodzeń i wpływu pogody (typowo co 6–12 miesięcy). System powinien automatycznie sygnalizować awarie (zasilanie, LED, łączność).

(43) Aktywne systemy ostrzegania należy traktować jako element szerszego zarządzania ruchem – ich skuteczność rośnie, gdy współdziałają z innymi narzędziami i instytucjami (np. policją, sygnalizacją, informacją). W podejściu Smart City warto przewidywać zdalną komunikację z urządzeniami i możliwość rozbudowy (np. o dodatkowe moduły).

6. Założenia do opracowania wytycznych projektowania usług ITS w zakresie nie objętym WR-Z-41 - 43

(1) W niniejszym rozdziale przedstawiono:

- a) katalog usług ITS już objętych wytycznymi WR-Z-41 – WR-Z-43 (oraz – tam gdzie to zasadne – powiązanymi WR-D-30)
- b) zasygnalizowano obszary usług ITS, dla których nie istnieją jeszcze krajowe wytyczne lub wymagają one uzupełnienia.

Część a) jest podsumowana w rozdz. 6.1, natomiast obszary wskazane w b) są rozwijane rozdz. 6.2 z przedstawieniem założeń do opracowania. Zakres rozdziału obejmuje usługi ITS wpływające na zarządzanie ruchem bezpośrednio lub pośrednio.

(2) Metodyka analizy objęła następujące kroki:

- a) Przegląd WR-Z-41 – WR-Z-43: dokonano identyfikacji usług/ funkcji ITS opisanych już w wytycznych (poziom: pełne wytyczne / częściowe wytyczne / ogólne zalecenia).
- b) Mapowanie do architektur ITS: usługi opisane w WR-Z zestawiono z rodzinami usług w FRAME (grupy usług i scenariusze) oraz ARC-IT (pakiety usług), aby zapewnić spójne nazewnictwo i uniknąć pominięć.
- c) Analiza modułów rozproszonych KSZR (Instrukcja GDDKiA): zweryfikowano pokrycie względem modułów rozproszonych KSZR (MR) wskazanych w Instrukcji rozmieszczenia klas modułów.
- d) Synteza i standaryzacja terminologii: ujednolicono nazwy usług i zakresy funkcjonalne w odniesieniu do nomenklatury WR-Z, FRAME i ARC-IT, wskazując odpowiedniki i relacje między pojęciami.

Wnioski syntetyczne: wyniki punktów a)-c) posłużyły do wyodrębnienia listy usług już uregulowanych oraz wymagających dalszych wytycznych.

(3) Podczas identyfikacji listy usług wymagających opracowania wytycznych dokonano przeglądu wytycznych i praktyk wdrożeniowych dotyczących usług ITS w krajach zaawansowanych we wdrażaniu ITS, a także odniesiono się do architektury europejskiej FRAME i amerykańskiej ARC-IT. Dla zachowania neutralności technologicznej porównania prowadzono na poziomie usług/funkcji (nie urządzeń), a wyniki mapowano do MR KSZR.

6.1. Zakres wytycznych projektowania usług ITS objętych WR-Z-41 - 43

(1) Niniejszy podrozdział syntetyzuje usługi ITS, które są obecnie objęte zakresem wytycznych WR-Z-41 (znaki o zmiennej treści), WR-Z-42 (stosowanie systemów zarządzania ruchem) oraz WR-Z-43 (projektowanie zmiennej organizacji ruchu w zakresie ITS). Zestawienie pokazuje: nazwę i opis usługi, dokument źródłowy i typ pokrycia (pełne / częściowe / ogólne), orientacyjne przypisanie do rodzin usług FRAME/ARC-IT oraz do modułów KSZR.

(2) W ramach dokumentów WR-Z-41, WR-Z-42 i WR-Z-43 opisano szereg systemów i usług Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) obejmujących m.in. dynamiczne oznakowanie, systemy informacji dla kierowców oraz powiązane rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo i efektywność ruchu. W Tab. 6.1.1 przedstawiono zestawienie tych usług ITS wraz z odpowiadającymi im terminami z architektur FRAME i ARC-IT, określeniem zakresu ujęcia w poszczególnych wytycznych (pełne wytyczne, częściowe wytyczne, ogólne zalecenia lub brak) oraz krótkim opisem funkcjonalnym. Zestawienie to pozwala ocenić stopień pokrycia poszczególnych usług ITS w dokumentach WR-Z-41 – 43 przed przeprowadzeniem analizy luk względem standardowych architektur ITS.

Tab. 6.1.1. Usługi ITS objęte wytycznymi WR-Z-41 – 43, z odniesieniami do terminologii FRAME i ARC-IT oraz zakresem opisanym w poszczególnych dokumentach

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41/42/43	Opis zakresu
Adaptacyjne sterowanie ruchem z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej	Sterowanie ruchem z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej	Brak /ogólne zalecenia w zakresie konieczności integracji systemów miejskich i zamiejskich /brak	System sterowania ruchem ulicznym dostosowujący programy sygnalizacji do bieżących warunków ruchu. Wytyczne WR-Z nie zawierają szczegółowych zaleceń dot. projektowania adaptacyjnych sygnalizacji świetlnych (np. logiki sterowania, doboru detekcji, priorytetów). WR-Z-42 jedynie wskazuje ogólnie możliwość wykorzystania adaptacyjnego sterowania jako elementu systemów zarządzania ruchem, bez przedstawienia technicznych wytycznych wdrożeniowych.
Automatyczne systemy egzekwowania przepisów ruchu (fotoradary, rejestratory przejazdu na czerwonym świetle, odcinkowy pomiar prędkości)	Wsparcie w egzekwowaniu prawa/Ostrzeżenia o prędkości i egzekwowanie, egzekwowanie wjazdu na czerwonym świetle	Brak/brak/brak	Wytyczne WR-Z 41-43 nie obejmują usług z zakresu automatycznego egzekwowania przepisów ruchu (np. fotoradary, rejestratory wjazdu na czerwonym świetle, odcinkowy pomiar prędkości). Systemy te są regulowane w ramach innych aktów prawnych i podlegają kompetencjom organów egzekwujących przepisy, nie zarządców dróg lub zarządzających ruchem.
Dynamiczna informacja parkingowa i prowadzenie na parkingi	Sterowanie ruchem drogowym – systemy parkingowe/Zarządzanie informacją o parkingach	Brak/pełne/brak	System dynamicznego informowania kierowców o dostępności miejsc parkingowych i kierowania na wolne parkingi. WR-Z-42 opisuje zastosowanie znaków zmiennej treści do podawania nazw parkingów i liczby wolnych miejsc w czasie rzeczywistym. Wytyczne obejmują zasady wyświetlania komunikatów parkingowych i prowadzenia na wolne miejsca.
Dynamiczne ograniczenia prędkości ze względów środowiskowych (emisja, hałas)	Sterowanie ruchem drogowym – zanieczyszczenia generowane przez ruch/zarządzanie strefami niskiej emisji	Brak/ogólne zalecenia/brak	Dynamiczne zarządzanie prędkością w celu ograniczenia hałasu lub emisji spalin na wrażliwych obszarach. WR-Z-42 wspomina o możliwości dynamicznego ograniczania prędkości na obszarach, gdzie odnotowuje się przekroczenia poziomów hałasu lub w strefach czystego transportu. Są to jednak ogólne zalecenia bez szczegółowych wytycznych technicznych (brak konkretnych procedur doboru progów emisji/hałasu oraz doboru urządzeń pomiarowych).
Dynamiczne ostrzeganie o zagrożeniach na drodze (wypadki, zatory, koniec kolejki, warunki pogodowe, zwierzęta na drodze itp.)	Ostrzeganie i postępowanie w sytuacjach awaryjnych (drogowe)/Dynamiczne ostrzeżenia o sytuacji na drodze	Pełne/brak/pełne	Systemy automatycznego wykrywania zagrożeń i informowania kierowców o zagrożeniach na drodze za pomocą znaków i sygnałów ostrzegawczych. WR-Z 41 i WR-Z 43 szczegółowo opisują zasady stosowania znaków ostrzegawczych (ZZT i SRP), w tym warunki aktywacji, integrację z detekcją zagrożeń (np. czujniki pogody, obecność zwierząt, zatory, wypadki). WR-Z 42 nie zawiera dedykowanego rozdziału w tym zakresie. Zalecane jest opracowanie wytycznych w zakresie szczegółowych kryteriów informowania o zagrożeniach pogodowych – w szczególności progów aktywacji komunikatów w oparciu o detekcję zjawisk atmosferycznych (np. mgła, opady, śliskość, wiatr).
Dynamiczne zarządzanie dostępem do stref/obszarów miasta (strefy piesze, czasowe wyłączenia, strefy z ograniczeniami dostępu)	Sterowanie ruchem drogowym – zarządzanie przepustowością (dostęp)/zarządzanie dostępem	Częściowe /brak /brak	Systemy umożliwiające czasowe zamykanie dostępu pojazdów do określonych dróg lub obszarów (np. deptaków, starówek, stref wydarzeń/imprez specjalnych). WR-Z-41 opisuje komponent oznakowania (m.in. B-101 – czasowe zamknięcie odcinka; B-103/104a – okresowe wyeliminowanie ruchu w drogach/obszarach, np. strefa piesza, imprezy, epizody smogowe, okna dostaw) wraz z warunkami wyświetlania, ale nie definiuje polityk dostępu, kryteriów decyzyjnych, integracji z rejestracjami/ANPR ani procedur operacyjnych; WR-Z-43 – brak zapisów dot. miejskich stref dostępu (skupia się na ZOR dla zamknięć odcinków i objazdów).
Dynamiczne zarządzanie pasami ruchu (w tym pasy)	Sterowanie ruchem drogowym – sterowanie	Pełne w zakresie przekazywanych komunikatów i lokalizacji /brak	Systemy umożliwiające zmianę dostępności kierunków lub pasów ruchu w zależności od bieżących potrzeb (np. pasy z odwracalnym kierunkiem ruchu, pasy ruchu włączane czasowo, wykorzystanie pobocza,

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41 /42 /43	Opis zakresu
odwracalne, dodatkowe)	przepustowością dróg/dynamiczne zarządzanie pasami ruchu i wykorzystanie pasa awaryjnego	/pełne w zakresie przekazywanych komunikatów i lokalizacji	zamykanie pasów ruchu). WR-Z-41: komponent doraźnego prowadzenia i zamykania pasów przy użyciu ZTT oraz sygnałów S-7/S-4 (w tym mobilne zamknięcia z wykorzystaniem ZTT-M i ZTT-P) w zakresie przekazywanych komunikatów. WR-Z-43: zasady stosowania sygnalizatorów S-4/S-7 dla pasów o zmiennym kierunku, przykładowe sekwencje zmian, ograniczenia (np. zakaz pełnego zarządzania pasami w tunelu), powiązanie z zarządzaniem prędkością – ale bez algorytmów decyzyjnych i progów przełączeń ⇒ zakres częściowy.
Elektroniczny pobór opłat za przejazd	Elektroniczne pobieranie opłat	Brak /brak /brak	Systemy służące do elektronicznego pobierania opłat drogowych (np. viaTOLL, e-TOLL) nie są ujęte w wytycznych WR-Z-41 – 43. Projektowanie i wdrażanie systemów poboru opłat leży poza zakresem tych dokumentów (regulowane odrębnymi standardami krajowymi).
Harmonizacja prędkości	Sterowanie przepustowością / harmonizacja prędkości	Brak /ogólne zalecenia /opisowe wskazania	Działania polegające na sekwencyjnym, dynamicznym dostosowywaniu ograniczeń prędkości na wybranych odcinkach (np. przed zjazdami, tunelami, odcinkami przeplatania), aby zmniejszyć różnice prędkości i wygładzić przepływ. WR-Z-42 sygnalizuje usługę na poziomie koncepcji. WR-Z-43 zawiera opisowe wskazania (m.in. przykładowe ciągi typu „120→100→80 km/h” i kontekst zastosowania), bez progów aktywacji, algorytmów, zasad histerezy czy kryteriów odwołania – stąd zakres częściowy.
Informacja dla podróżnych (kanały ogólne poza infrastrukturą drogową)	Systemy wspomagania podróżnych (informacja) /spersonalizowana informacja dla podróżnych	Brak/brak/Brak	Usługi przekazywania informacji dla podróżnych przed i w trakcie podróży kanałami innymi niż urządzenia drogowe (np. strona www, aplikacja, radio, integratorzy danych) nie są objęte WR-Z. Obszar nieobjęty bezpośrednimi wytycznymi – zapisy mają charakter szacunkowy.
Ograniczenia prędkości w rejonach szkół (ochrona pieszych)	Sterowanie ruchem drogowym – użytkownicy wrażliwi (bezpieczeństwo ruchu drogowego) /bezpieczeństwo niechronionych użytkowników dróg	Brak/zalecenia i przykłady/brak	Rozwiązania ITS poprawiające bezpieczeństwo pieszych w pobliżu szkół i przedszkoli, np. poprzez dynamiczne ograniczanie prędkości do 30 km/h w godzinach przyjazdu i odjazdu dzieci. WR-Z-42 zaleca takie działania – wskazano, że w strefach szkół można wprowadzać czasowe ograniczenia często połączone z sygnalizacją ostrzegawczą lub detekcją ruchu pieszych.
Priorytet dla transportu zbiorowego w sygnalizacji	Zarządzanie transportem zbiorowym – priorytety w sygnalizacji świetlnej dla pojazdów transportu zbiorowego	Brak /ogólne zalecenia /brak	System nadawania priorytetu tramwajom/autobusom na skrzyżowaniach. WR-Z-42 wymienia jako podstawową usługę („Priorytet dla transportu zbiorowego – tramwaje, autobusy, V2I”), ale nie zawiera szczegółowych wytycznych (detekcja, algorytmy, kryteria przyznania/odwołania priorytetu, integracja z CZR), dlatego klasyfikacja „Ogólne zalecenia”.
Sterowanie ruchem w tunelach drogowych	Sterowanie ruchem drogowym – systemy w tunelach /zarządzanie ruchem w tunelach	Brak/Brak/Pełne w zakresie zarządzania ruchem	Specyficzne systemy ITS stosowane w tunelach – np. sygnalizatory i znaki o zmiennej treści w tunelu do zamykania pasa, ograniczania prędkości czy przekazywania komunikatów w sytuacjach awaryjnych. WR-Z-43 zawiera szczegółowe zasady dla tuneli: progi długości i wymagane ZTT/VSL, lokalizacja i powtórzenia ograniczeń (500 m przed, 15–40 m przed wlotem, odwołanie ~100 m za wylotem), S-4 co 150 m w tunelu, limity odległości między bramkami (w tunelach ≤ 300 m), minimalna liczba bramek; zakaz pełnego sterowania pasami ruchu w tunelu (ustawianie dostępności przed wjazdem).
Sterowanie ruchem na węzłach (dozowanie)	Sterowanie ruchem drogowym – sterowanie	Brak /Brak /Pełne w zakresie lokalizacji	WR-Z-43 zawiera opisy stosowania systemu: cel (utrzymanie płynności na jezdni głównej), kiedy rozważyć dozowanie (gdy inne środki nie zapewniają parametrów ruchu), zasady lokalizacji i widoczności

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41/42/43	Opis zakresu
ruchu na wjazdach na drogę główną na węzłach)	przepustowością dróg /zarządzanie ruchem na wjazdach na drogę główną autostrady/drogi ekspresowej	urządzeń i oznakowania	sygnalizatorów, rekomendacje dot. linii zatrzymań, możliwość dwóch grup sygnalizacyjnych, a także synchronizację dozowania na wielu węzłach. Zawiera schemat minimalnego układu detekcji i tabelę charakterystyk. Po przeprowadzeniu badań zasadne będzie uzupełnienie o algorytmy sterowania/progi i zasad histerezy w celu utrzymania stabilności systemu..
Systemy detekcji i nadzoru ruchu (czujniki, kamery CCTV)	Sterowanie ruchem drogowym – elementy pomiarowe /zarządzanie oparte na infrastrukturze	Częściowe /częściowe /częściowe	WR-Z-41: ujmuje detekcję jako etap procesu sterowania (lista źródeł: czujniki ruchu, stacje meteo, kamery; integracja danych), bez projektowania sieci detekcji/CCTV. WR-Z-42: konkretne zalecenia dla wybranych usług (np. parking/DSIP – porównanie technologii, sanity-check, TTL, hierarchie zaufania źródeł), lecz brak ogólnych wytycznych dla sieci nadzoru ruchu. WR-Z-43: szczegółowe wymagania detekcyjne dla dozowania wjazdu (ang. ramp metering) – schemat minimalnego układu detekcji i funkcje detektorów; nie stanowi to jednak pełnych wytycznych dla całej sieci nadzoru.
Zarządzanie zdarzeniami (incydentami) drogowymi (wypadki, kolizje, awarie)	Ostrzeganie i postępowanie w sytuacjach awaryjnych; zarządzanie ruchem /system zarządzania incydentami	Częściowe /brak /częściowe	Działania z zakresu wykrywania, weryfikacji i obsługi zdarzeń drogowych w celu minimalizacji skutków dla ruchu i bezpieczeństwa. WR-Z-41 zawiera liczne zapisy o dynamicznym ostrzeganiu i doraźnym zamykaniu ruchu przy zdarzeniach oraz zasady ich wyświetlania na ZZT. To jest jednak tylko część procesu zarządzania zdarzeniami (warstwa oznakowania/ostrzeżeń), bez procedur koordynacji służb i objazdów. WR-Z-42 nie wnosi merytorycznych, odrębnych wytycznych dla zarządzania zdarzeniami. WR-Z-43 obejmuje częściowo scenariusze organizacji ruchu w reakcji na zdarzenia: zamknięcia odcinków/wjazdów spowodowane zdarzeniem, wskazywanie i sygnalizowanie tras alternatywnych, wymagania dla tuneli, a także elementy regulacji ruchu na węzłach. To nie jest pełny system zarządzania zdarzeniami drogowymi (brak procedur międzyinstytucjonalnych).
Zarządzanie ruchem w strefach robót drogowych	Sterowanie ruchem drogowym – utrzymanie sieci drogowej /zarządzanie w strefie robót drogowych, utrzymanie pasa drogowego	Częściowe /ogólne (ramowe) /częściowe	Zastosowanie ITS dla poprawy bezpieczeństwa i płynności w rejonie robót jest ujęte w WR-Z-41 poprzez zasady użycia ZZT (stałych, mobilnych ZZT-M/ZZT-P) i ostrzeżeń oraz komunikatów tekstowych, co stanowi częściowe wytyczne operacyjne dla robót drogowych. WR-Z-42 daje ramowe elementy metodyki (procedury SZR, listy komunikatów /urządzeń) – bez dedykowanego rozdziału. WR-Z-43 zawiera częściowe zasady zmiennej organizacji ruchu, które stosuje się również przy robotach (np. harmonizacja prędkości, sekwencje ostrzegawcze, SRP w tunelach), ale bez pełnego opisu stref robót (planowania objazdów, etapowania itp.). Katalog oznakowania robót drogowych, którego elementem są ZZT zawarto w WR-Z-50.
Zmienne ograniczenia prędkości	Sterowanie ruchem drogowym – sterowanie przepustowością dróg /zmienne ograniczenia prędkości	Brak /brak /pełne w zakresie przekazywania informacji na ZZT	Systemy automatycznej zmiany dopuszczalnej prędkości na odcinku drogi w zależności od warunków (pogodowych, natężenia, kolizji, itp.), często realizowane poprzez znaki B-118 o zmiennej treści. WR-Z-43 zawiera zapisy dot. harmonizacji prędkości (przykładowe ciągi 120→100→80 km/h, ujednolicanie limitów między przekrojami) oraz zarządzanie prędkością w tunelach: znak ograniczenia 500 m przed wlotem, powtórzenie 15–40 m przed wlotem, odwołanie ok. 100 m za wylotem; wewnątrz tunelu dopuszcza się krok ≤ 20 km/h i wymaga stałej prędkości na całej długości tunelu. Brak pełnych progów /algorytmów i zasad histerezy – stąd zakres częściowy..

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41 /42 /43	Opis zakresu
Zarządzanie ruchem podczas wydarzeń specjalnych	Zarządzanie ruchem podczas wydarzeń specjalnych	Częściowe /brak /brak	Scenariusze czasowych zmian organizacji ruchu, sterowanie korytarzowe, komunikaty przed i w trakcie podróży. Obecne WR-Z obejmują oznakowanie i wybrane sekwencje, ale brakuje pełnych procedur planowania, koordynacji i wskaźników efektywności.
Zintegrowane zarządzanie korytarzem	Zintegrowane/re gionalne zarządzanie ruchem	Brak / Ogólne / Częściowe	W WR-Z-42 wskazano fundamenty zarządzania korytarzowego (integracja usług, koordynacja priorytetów), zaś WR-Z-43 rozwija wybrane strategie korytarzowe (harmonizacja/zarządzanie prędkością, objazdy, zarządzanie ruchem na pasach, dozowanie ruchu na węzłach).
Zarządzanie ruchem w niekorzystnych warunkach atmosferycznych	Zarządzanie ruchem w niekorzystnych warunkach atmosferycznych /Informacja o warunkach pogodowych	Częściowe / brak / częściowe	Zasady ostrzegania o gołoledzi/mgłę/wietrze, zmienne ograniczenia prędkości. WR-Z-41 zawiera katalog komunikatów pogodowych na ZZT oraz wskazuje automatyczną aktywację po przekroczeniu progów meteorologicznych (bez podania wartości progowych); WR-Z-42 – brak dedykowanych zapisów pogodowych; WR-Z-43 – zapisy częściowe: harmonizacja/zarządzanie prędkością z uwzględnieniem wpływu pogody oraz reguły dla tuneli (lokalizacja i konsekwencja ograniczeń). Rekomendowane: dopisanie progów aktywacji i histerezy pogodowej (mgła, opady, śliskość, boczny wiatr) – konieczne przeprowadzenie badań dla warunków polskich.
Zarządzanie objazdami i dystrybucja ruchu na trasy alternatywne	Objazdy /Prowadzenie ruchu na trasy alternatywne	Częściowe / brak / częściowe	Wyznaczanie i komunikowanie spójnych objazdów (ZZT / TZT-DP / TKZT E-1, E-2, F-8 / znaki wcześniej ostrzegające + dane do kanałów poza-infrastrukturą). Do uzupełnienia: reguły wyboru objazdu, progi uruchomienia, koordynacja między zarządcami, spójność komunikatów w trakcie i przed podróżą.
Ostrzeganie o pojeździe ponadgabarytowym / przekroczeniu skrajni / Systemy ważenia w ruchu	Ostrzeganie, zarządzanie ograniczeniami dostępu / dynamiczne ostrzeżenia drogowe	Częściowe /brak /brak	Systemy detekcji nadmiernej wysokości (ew. szerokości/masy) pojazdu i ostrzeganie kierujących z wykorzystaniem ZZT oraz kierowanie na objazd. WR-Z-41 zawiera szczegółowe zastosowania znaków B-106a (dynamiczne ograniczenie wjazdu ze względu na wysokość), B-106b /B-107 /B-108 (szerokość/masa/nacisk) – wprost wskazując użycie w systemach automatycznego wykrywania pojazdów zbyt wysokich przed obiektami o ograniczonej skrajni (tunele, wiadukty) w celu skierowania na bezpieczną trasę; opisano też zastosowania tymczasowe (remonty, konstrukcje tymczasowe). WR-Z-42: brak dedykowanych zapisów tej usługi. WR-Z-43: brak odrębnego pakietu dot. pojazdów o przekroczonych parametrach; zagadnienia tunelowe dotyczą m.in. zarządzania prędkością i sygnalizacji w tunelach, nie precyzują jednak progów ani logiki dla skrajni.
Nadawanie priorytetu pojazdom uprzywilejowanym	Priorytety w sygnalizacji świetlnej dla pojazdów uprzywilejowanych	Brak / brak / brak	Priorytety sygnalizacji dla pojazdów Straży Pożarnej/Policji/karetek pogotowia ratunkowego (tryby pełny /warunkowy), wymagania łączności i bezpieczeństwa. W opracowanych WR-Z brak wytycznych dotyczących sieciowego priorytetu na skrzyżowaniach. Ujęta w przepisach ogólnych jest jedynie sygnalizacja w miejscu wyjazdu pojazdów uprzywilejowanych (zatrzymanie ruchu na czas wyjazdu), co nie zastępuje wytycznych dla systemu priorytetów (detekcja, algorytmy). Zalecane uzupełnienie o: detekcję (transponder/GPS/AVL, V2I/V2X), reguły bezpieczeństwa, rozstrzyganie konfliktów z innymi priorytetami w sygnalizacji, rejestrację zdarzeń i kryteria aktywacji /odwołania.
Zarządzanie pasami uprzywilejowanymi (BUS/HOV/HOT-	Zarządzanie pasami (Bus/HOV/HOT)	Częściowe / brak / częściowe	Zasady oznakowania dynamicznego i kontroli dostępności pasów BUS (bus lane – pas dla autobusów), HOV (High-Occupancy Vehicle – pas dla pojazdów wieloosobowych, np. 2+ lub 3+) oraz HOT (High-Occupancy Toll – pas wieloosobowy z

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41/42 /43	Opis zakresu
pasy dla autobusów, dla pojazdów wieloosobowych, dla wieloosobowych z opłatą)			możliwością wykupu wjazdu za opłatą, zwykle ze zmienną stawką); integracja z TSP (Transit Signal Priority – priorytet dla transportu zbiorowego w sygnalizacji) i DLM (Dynamic Lane Management – dynamiczne zarządzanie pasami, np. pasy odwracalne, tymczasowe otwieranie pasa awaryjnego). Brak kryteriów przydziału/dowodów uprawnień dla HOV/HOT oraz algorytmów przełączeń (progi /histerezy), stąd zakres częściowy.
Repozytorium i analiza danych ruchowych	Archiwum danych ITS / Monitorowanie efektywności	Częściowe / ogólne / brak	Standardy jakości/archiwizacji danych (parametry ruchu, wykrywanie zdarzeń, dane pogodowe), wskaźniki efektywności (KPI), raportowanie i audyt. WR-Z-41 zawiera zapisy dot. raportowania i archiwizacji (m.in. formaty CSV/XML, odwzorowanie łańcucha przyczynowo skutkowego, wymóg ciągłości i analizy retrospektywnej) – zakres częściowy; WR-Z-42: ogólne wymagania jakości danych i rejestrowania wskaźników (np. w DSIP: audyt treści, retencja, cyberbezpieczeństwo, KPI), bez przekrojowych wytycznych dla całej „hurtowni danych ITS”; WR-Z-43: brak.
Informacja parkingowa dla pojazdów ciężarowych	Informacja parkingowa dla pojazdów ciężarowych	Brak / brak / brak	WR-Z-42 szczegółowo opisuje DSIP (hierarchie tablic, minimalny zestaw treści, progi prezentacji liczba↔status, aktualność danych, sanity-check), ale bez rozróżnienia na parkingi ciężarowe i bez kryteriów specyficznych dla pojazdów ciężarowych (czas postoju, bezpieczeństwo, udogodnienia, rezerwacje). WR-Z-41 dopuszcza prezentację komunikatów parkingowych na TZT (nazwa/strefa, liczba wolnych miejsc, ewentualnie typ miejsca jak EV/BUS), nie wskazując jednak wymagań dedykowanych dla pojazdów ciężarowych. WR-Z-43 nie zawiera odrębnych zapisów dla systemu. Rekomendacja: opracowanie wytycznych dla pojazdów ciężarowych z: wiarygodnością źródeł danych i redundancją detekcji, zakresem atrybutów (dostępność „long-stay/short-stay”, wysokość/naciski, bezpieczeństwo, udogodnienia), progami i histerezą publikacji oraz polityką wskazywania alternatyw. Hierarchiczne prowadzenie i logikę przełączania treści można oprzeć na istniejących zasadach DSIP w WR-Z-42.
Zarządzanie przejazdami kolejowo-drogowymi (ostrzeganie /objazdy)	Ostrzeżenia na przejazdach kolejowych / zarządzanie objazdami w przypadku zdarzeń	Częściowe / brak / częściowe	WR-Z-41: przewiduje dynamiczne ostrzeganie o zbliżającym się pociągu – m.in. automatyczne wyświetlanie znaku ostrzegawczego po integracji z systemem kolejowym (np. przy awarii rogatek lub w trybie prac/remontów) → na ZZT (ostrzeżenie), bez interfejsów danych o czasie zamknięcia. WR-Z-42: brak dedykowanych zapisów nt. przejazdów (brak procedur, progów, kanałów informacji przed podróżą). WR-Z-43: zawiera reguły objazdowe (TKZT/TZT-DP, wczesne ostrzeganie, wyprzedzające wskazania tras alternatywnych na 2–3 węzłach) przy utrudnieniach/zamknięciach, które można zastosować także dla długotrwałych zamknięć przejazdów; nadal brak spójnej metodyki (przewidywany czas otwarcia, koordynacja z zarządcą kolei, reguły aktywacji /odwołania).
Priorytet dla rowerów /pieszych i koordynacja sygnalizacji dla rowerzystów	Bezpieczeństwo niechronionych uczestników ruchu / Priorytety – Sterowanie sygnalizacją	Brak / częściowe / brak	Usługa obejmuje detekcję pieszych i rowerzystów oraz mechanizmy priorytetu/ koordynacji sygnalizacji (warunkowe skracanie /opóźnianie faz, wydłużanie zielonego dla niechronionych uczestników ruchu). WR-Z-42 zawiera ogólne wskazania dla BRD pieszych i rowerzystów oraz przykłady rozwiązań aktywnych (np. aktywne przejścia, ostrzeganie w rejonie szkół, zalecenia dla miejsc o nasilonym ruchu rowerowym), lecz nie definiuje algorytmów priorytetu w sygnalizacji ani progów aktywacji – stąd klasyfikacja „Częściowe”.

Usługa ITS	Odpowiednik FRAME/ARC IT	WR-Z-41 /42 /43	Opis zakresu
			<p>WR-Z-41 nie dotyczy sterowania z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej, więc nie obejmuje priorytetu dla pieszych i rowerzystów.</p> <p>WR-Z-43 koncentruje się na PZOR i strategiach ruchu pojazdów – brak dedykowanych wytycznych dla priorytetu pieszo-rowerowego.</p> <p>Zalecane uzupełnienia: definicje detekcji niechronionych uczestników ruchu (technologie, lokalizacje), progi aktywacji i odwołania priorytetu (histereza), integracja z CZR, wskaźniki efektywności (straty czasu pieszych i rowerzystów, straty pojazdów, poziom BRD), tryby priorytetu (pełny/warunkowy), testy i walidacja.</p>
Kooperacyjna komunikacja drogowa (C-ITS: V2I/ V2X/ I2V) – profil usług dla zarządzania ruchem	Systemy kooperacyjne – C-ITS	Brak /brak /brak	<p>Zbiorcza usługa C-ITS realizująca dystrybucję komunikatów I2V (infrastruktura → pojazd) i wymianę danych V2I /V2X na potrzeby informacji dla podróżnych i zarządzania ruchem w obszarze miejskim i na drogach współpracujących.</p> <p>Funkcje /usługi (przykłady): ostrzeżenia pogodowe, ostrzeżenie o końcu zatoru, strefa zmniejszonej prędkości / zamknięcie pasa, ostrzeżenia o pasach z ograniczeniami; znaki i komunikaty w pojeździe; SPaT/MAP/GLOSA (fazy i czasy sygnałów, geometria skrzyżowań, doradztwo prędkości do koordynacji sygnalizacji; priorytet dla transportu zbiorowego, V2I; priorytet dla pojazdów uprzywilejowanych);</p> <p>Integracje sterujące (SZR/ZZT): zmienne ograniczenia prędkości, harmonizacja prędkości, dynamiczne zarządzanie pasami /poboczem/ pasem awaryjnym – koordynacja treści ZZT i komunikatów C-ITS.</p> <p>Interfejsy/komunikaty: SPaT/MAP, IVS/TIM, ostrzeżenia: koniec zatoru, roboty drogowe, ograniczenia prędkości/pasa, zagrożenia pogodowe; żądania priorytetu; dystrybucja do komputerów pokładowych /aplikacji i odbiór danych z pojazdów.</p> <p>Wymagania jakości i bezpieczeństwa: profile komunikatów i histerezy/progi aktywacji; PKI (bezpieczeństwo i zaufanie), SLA (dostępność /opóźnienie /aktualność), testy interoperacyjności i bezpieczeństwa; mechanizmy degradacji i priorytetyzacja względem komunikatów bezpieczeństwa /organizacji ruchu.</p> <p>Dane/KPI: wejście – czujniki SZR, sygnalizacje, VMS/DSIP, meteo, dane pojazdowe; wyjście – komunikaty IVS/TIM, SPaT/MAP, komendy sterujące SZR; KPI – skuteczność ostrzeżeń, redukcja prędkości / kolizji, czasy przejazdu, skuteczność priorytetów.</p> <p>WR-Z-41/42/43 nie regulują obecnie warstwy C-ITS (obejmują głównie ZZT); wymaga się opracowania pełnych wytycznych C-ITS (interfejsy, profile komunikatów, progi/histerezy, PKI, SLA, scenariusze testów i interoperacyjności).</p>

(3) W kolejnym kroku dokonano oceny, w jakim stopniu dotychczas opracowane wytyczne WR-Z-41, WR-Z-42 i WR-Z-43 pokrywają obszary funkcjonalne określone jako tzw. moduły rozproszone w „Instrukcji rozmieszczenia klas modułów ITS” (wyd. GDDKiA, 2019). Analiza objęła zestawienie treści WR-Z z modułami 101–115, reprezentującymi kluczowe funkcje systemów ITS w zakresie informowania, detekcji, zarządzania ruchem i bezpieczeństwa.

(4) Wyniki wskazują, że największe pokrycie (często pełne) dotyczy modułów 101 i 102 – tj. informowania podróżnych oraz sterowania prędkością i dostępnością pasów – które są szczegółowo opisane w WR-Z-41 i WR-Z-43, m.in. w zakresie zastosowania znaków zmiennej treści, komunikatów drogowych oraz zmiennej organizacji ruchu. Moduły 107 i 108 (parkingi i MOP-y) również zostały w pewnym stopniu objęte konkretnymi wytycznymi (np. dynamiczna informacja parkingowa).

(5) Z kolei takie moduły jak 103, 104, 106, 112 czy 114 – dotyczące pozyskiwania danych z detekcji i czujników środowiskowych – są ujęte częściowo, głównie w WR-Z-42 i WR-Z-43, jako komponenty wymagane do integracji w architekturze SZR, bez pełnych wytycznych technicznych.

(6) Wytyczne WR-Z w niewielkim stopniu lub wcale nie odnoszą się do niektórych krytycznych funkcji: sterowania adaptacyjnego sygnalizacją (111), zaawansowanego zarządzania zdarzeniami (105), czy usług współpracujących V2I/V2X (115), mimo że są one przewidziane jako standardowe elementy KSZR. Wskazuje to na potrzebę opracowania dedykowanych wytycznych uzupełniających dla tych obszarów w kolejnych etapach standaryzacji.

(7) W Tab. 6.1.2. przedstawiono zbiorcze zestawienie pokrycia poszczególnych modułów przez wytyczne WR-Z-41 – 43.

Tab. 6.1.2. Zestawienie pokrycia poszczególnych modułów wdrożeniowych GDDKiA przez wytyczne WR-Z-41 – 43

Klasa modułu wdrożeniowego	Opis funkcji	Ocena pokrycia wytycznymi WR-Z-41/42/43	Uwagi i opis zakresu w poszczególnych WR-Z
101. Informowanie podróżujących	ZZT: czasy przejazdu, zdarzenia, roboty, objazdy, zalecana prędkość, ostrzeżenia; także informacje o warunkach ruchu, pogodzie, tunelach.	WR-Z-41: pełne w zakresie przekazywania informacji WR-Z-42: częściowe WR-Z-43: pełne w zakresie przekazywania informacji	WR-Z-41 – zasady wyświetlania treści na ZZT/TZT (ostrzeżenia, zakazy, ograniczenia), WR-Z-43 – korytarzowe sekwencje i lokalizacje (np. w tunelach, przed węzłami), integracja z innymi środkami (zarządzanie prędkością, objazdy). WR-Z-42 – wskazuje usługę na poziomie koncepcji i interoperacyjności, bez pełnych specyfikacji kanałów informacyjnych.
102. Sterowanie prędkością i pasami ruchu	Zmienne ograniczenia prędkości, harmonizacja prędkości, zarządzanie pasami.	WR-Z-41: pełne w zakresie przekazywania informacji WR-Z-42: częściowe WR-Z-43: pełne w zakresie przekazywania informacji	WR-Z-43 – reguły i przykłady zmiennego zarządzania prędkością 120→100→80 km/h, powtarzanie i odwołania, ograniczenia dla tuneli; sygnalizatory S-4/S-7 i ich rozmieszczenie. WR-Z-41 – komponent znakowy (B-118, sygnały pasowe) jako nośnik komunikatu. WR-Z-42 – bez algorytmów decyzji/histerez; akcent interoperacyjności strategii.
103. Pozyskiwanie danych o pojazdach	Pozyskiwanie danych identyfikacyjnych i atrybutów pojazdu na potrzeby zarządzania ruchem i BRD: ANPR (automatyczne rozpoznawanie tablic), WIM (ważenie w ruchu: masa/naciski/klasy osi), klasyfikacja pojazdów (długość/gabaryty/typ),	WR-Z-41: brak WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: brak	WR-Z nie regulują pomiarów typu WIM/ANPR – poza użyciem danych wtórnych do wyzwalania komunikatów. Wymagania pomiarowe – poza zakresem WR-Z.
104. Lokalne wykrywanie zdarzeń	Wykrywanie incydentów na podstawie danych (ruch/pogoda/wideo).	WR-Z-41: częściowe WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: częściowe	WR-Z-41/43 – opisują reakcję systemu po wykryciu zdarzenia, nie algorytmy wykrywania zdarzeń. WR-Z-42 – kontekst usług SZR i współpraca systemów, bez metodyk detekcji/werfikacji.
105. Wykrywanie zdarzeń poprzez łączność alarmową	Łączność CB/zgłoszenia alarmowe do CZR; klasy 105.B powiązane z 101.G.	WR-Z-41: brak WR-Z-42: brak WR-Z-43: brak	Mechanizmy łączności alarmowej i ich parametry nie są przedmiotem WR-Z; uregulowane w Instrukcji KSZR i dokumentach telekomunikacyjnych.
106. Pozyskiwanie danych wizyjnych (CCTV)	Podgląd sytuacji (węzły, odcinki A/S, trasy objazdów); klasy 106.A–D.	WR-Z-41: ogólne WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: ogólne	WR-Z odwołują się do wykorzystania CCTV jako źródła wyzwalania lub weryfikacji (np. przy dozowaniu ruchu na węzłach, zarządzania ruchem w tunelach), ale bez projektowania sieci CCTV (gęstość, parametry).
107. Pozyskiwanie informacji o zajętości MOP/parkingów	Detekcja zajętości miejsc (w szczególności dla pojazdów ciężarowych)/informacji o parkingach i ewentualnej rezerwacji miejsc: bilansowanie wjazdów/wyjazdów,	WR-Z-41: brak WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: brak	WR-Z-42 – ogólne: w rozdziałach DSIP wskazuje rodzaje danych wejściowych (czujniki stanowiskowe, kamery na bramach, zliczanie wjazd/wyjazd) oraz logikę prezentacji/hierarchię tablic i uogólnioną logikę sterowania (aktualizacje,

Klasa modułu wdrożeniowego	Opis funkcji	Ocena pokrycia wytycznymi WR-Z-41/42/43	Uwagi i opis zakresu w poszczególnych WR-Z
	klasyfikacja pojazdów (8+1), pozyskiwanie znaczników czasowych; dane przekazywane dalej do modułu 108 (prezentacja na ZTZ). Podział funkcji i przykładowe wymagania dla klas 107.A/107.B opisuje Instrukcja KSZR.		rozdział ruchu, prognozowanie krótkoterminowe). Nie definiuje jednak technologii i metryk jakości pomiaru (dokładność, sanity-check, TTL/aktualność, hierarchia zaufania źródeł, testy/kalibracja), stąd ocena „ogólne”. Brak wytycznych dotyczących informacji o zajętości parkingów dla pojazdów ciężarowych.
108. Przekazywanie informacji o zajętości MOP/parkingów	ZTZ dla 3 kolejnych MOP (nazwa, odległość, zajętość).	WR-Z-41: częściowe WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: pełne (nośnik i lokalizacja)	WR-Z-43 – reguły prowadzenia/oznaczeń (np. D-115, węzły/wyloty, kanały alternatywne w opisie); WR-Z-41 – ogólne zasady treści na ZTZ; WR-Z-42 – kontekst usługi w SZR.
110. Dozowanie wjazdu – dozowanie ruchu na węzłach (ang. Ramp Metering)	Sygnalizacja na łącznicach w celu ograniczenia dopływu strumieni, rozpraszania kolumn pojazdów	WR-Z-41: brak WR-Z-42: brak WR-Z-43: częściowe	WR-Z-43 opisuje kiedy rozważać dozowanie (gdy nie da się utrzymać parametrów ruchu innymi środkami), ogólną koncepcję systemu (rejestracja parametrów na jezdni głównej i wlocie), oraz wielowęzłowe dozowanie z synchronizacją instalacji. Określono elementy oznaczeń i lokalizacji urządzeń. Dokument nie podaje algorytmów sterowania, progów aktywacji ani zasad histerezy – dlatego zakres oceniamy jako częściowy (warstwa organizacji ruchu i nośników, bez logiki sterowania). Rozwinięcie wymaga przeprowadzenia badań dla warunków polskich.
111. Sterowanie ruchem poprzez sygnalizację świetlną	Sterowanie skrzyżowaniami, w tym priorytety dla transportu zbiorowego i współdziałanie z SZR.	WR-Z-41: ogólne WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: brak	WR-Z nie stanowią „podręcznika sygnalizacji” – odnoszą się do wpływu na organizację ruchu (komunikaty, sekwencje); pełne wytyczne dot. priorytetów oraz wymagań adaptacyjnych – poza WR-Z opisujących rozwiązania ITS. Zapisy dotyczące sygnalizacji świetlnej w odrębnym WR-Z
112. Pozyskiwanie danych pogodowych	Stacje/źródła meteo; wariant 112.G – mobilne zbieranie danych (pojazdy utrzymania).	WR-Z-41: ogólne WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: częściowe	WR-Z-43 – powiązanie z zarządzaniem prędkością/ostrzeganiem (gołoledź, mgła, wiatr) i reguły wyświetlania (w tym dla tuneli); brak progów/histerezy aktywacji – do doprecyzowania w przyszłości po realizacji badań w tym zakresie.
114. Pozyskiwanie danych o ruchu	Dane E2 dla sterowania i informacji (np. prędkość, natężenie/kategorie, kierunek/pas, znacznik czasu).	WR-Z-41: częściowe WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: częściowe	WR-Z-43 – wymagania detekcyjne dla wybranych usług (np. dozowanie ruchu); WR-Z-41 – detekcja jako element wyzwalania komunikatów na ZTZ; WR-Z-42 – kontekst jakości danych.
115. I2V/V2I (C-ITS)	Przekazywanie danych z infrastruktury do pojazdów (I2V) i pozyskiwanie danych z pojazdów (V2I); m.in. zdarzenia, pogoda, utrudnienia, czasy przejazdu, treści z ZTZ, zajętość MOP/parkingów; klasy 115.A (I2V) i 115.B (V2I).	WR-Z-41: ogólne WR-Z-42: ogólne WR-Z-43: brak	WR-Z-41 zawiera ogólne odniesienie do „Interfejsów komunikacji C-ITS (V2X)” oraz zgodności z ETSI EN 302 637 – ale bez zdefiniowanych profili, progów i logiki aktywacji. WR-Z-42 wymienia integrację z C-ITS (V2I, V2V) w opisie usług/architektury danych oraz wskazuje standardy ETSI EN 302 637-2/-3, ISO 19321, ISO 14823 – nadal jako kontekst, nie jako wytyczne implementacyjne. WR-Z-43 nie reguluje warstwy V2X.

(8) Rozdział 6.1 porządkuje usługi ITS już objęte WR-Z-41/42/43 oraz wskazuje obszary ujęte jedynie częściowo lub poza ich zakresem — m.in. C-ITS (I2V/V2I), adaptacyjne, systemowe sterowanie ruchem z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej, zarządzanie zdarzeniami, sieciowa detekcja i jakość danych w odniesieniu do FRAME/ARC-IT i modułów KSZR GDDKiA. Tab. 6.1.1. i

Tab. 6.1.2. pokazują, że przy pełnym lub zaawansowanym opisie nośników (ZZT) i wybranych strategii sterowania, brakuje spójnych profili usług, progów/histerez, wymagań jakości danych i procedur operacyjnych dla części kluczowych funkcji (np. priorytety w sygnalizacji świetlnej, harmonizacja prędkości z algorytmami decyzyjnymi, informacja parkingowa dla pojazdów ciężarowych, C-ITS). To uzasadnia potrzebę kolejnego etapu standaryzacji wykraczającego poza sam nośnik informacji.

(9) Rekomenduje się uruchomienie ukierunkowanych badań naukowych i projektów pilotażowych w warunkach polskich (miasto, drogi współpracujące), których celem będzie:

- Określenie i kalibracja progów i histerez aktywacji usług (pogoda, zatory, zarządzanie prędkością, zarządzanie pasami),
- walidacja metod detekcji oraz jakości/świeżości danych (TTL, sanity-check, hierarchie zaufania),
- opracowanie profili usług i interfejsów (w tym dla C-ITS/IVI: SPaT/MAP/TIM, PKI, SLA),
- metodologia oceny skuteczności (KPI: BRD, czasy, emisje, niezawodność), a następnie przeniesienie wyników do szczegółowych wymagań i załączników metodycznych WR-Z.

Tylko takie podejście pozwoli bezpiecznie i efektywnie ujednolicić praktykę wdrożeniową w Polsce, zachowując neutralność technologiczną i kompatybilność z architekturami referencyjnymi.

6.2. Usługi ITS wymagające opracowania lub uzupełnienia wytycznych i standardów projektowania

(1) Część zaawansowanych usług nie jest ujęta w opracowanych wytycznych projektowych. Z analiz krajowych i międzynarodowych wynika, że np. rozwiązania takie jak komunikacja pojazd-infrastruktura (C-ITS) czy dozowanie wjazdu są już wymieniane w dokumentach programowych (strategiach, programach i planach), ale brak dla nich kompleksowych, zintegrowanych wskazówek projektowych. Wytyczne (WR-Z-41, 42, 43) nie wyczerpują całościowo zakresu ITS. Szczególne braki dotyczą m.in. systemów harmonizacji prędkości, dynamicznego zarządzania pasami ruchu, koordynacji ruchu przy wydarzeniach masowych, informacji parkingowej dla pojazdów ciężarowych czy wykorzystania danych w C-ITS. W nowych wytycznych należy więc szczególnie uwzględnić wymagania interoperacyjności (możliwość współpracy różnych systemów ITS), standaryzację interfejsów komunikacyjnych, zapewnienie wysokiej jakości danych pomiarowych oraz precyzyjne definiowanie wskaźników efektywności (KPI) dla usług ITS.

(2) W toku analizy rozwiązań ITS ujawniono grupę usług, dla których nie ma jeszcze w kraju spójnych, kompleksowych wytycznych projektowych, albo istniejące zapisy mają charakter fragmentaryczny (ograniczony do nośników informacji, bez algorytmiki i kryteriów decyzyjnych). Dotyczy to zwłaszcza usług wymagających skoordynowania wielu podsystemów (czujniki, centra zarządzania ruchem, kanały informacyjne, sygnalizacja, systemy parkingowe, dane pogodowe) oraz jednoznacznie zdefiniowanych interfejsów i standardów danych.

(3) Tab. 6.2.1. wskazuje przykładowe grupy usług i technologii ITS, dla których należy opracować nowe lub uzupełnić istniejące wytyczne projektowe, wraz z założeniami do ich przygotowania i opisem zakresu.

Tab. 6.2.1. Grupy usług i technologii ITS, dla których należy opracować nowe lub uzupełnić istniejące wytyczne projektowe

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
Dozowanie wjazdu na węzłach	Określenie kryteriów zastosowania na drogach szybkiego ruchu (klasy A/S) – warunki ruchu, przepustowości i klasy natężenia (np. powyżej 50 000 poj./dobę, poziom warunków ruchu PSR=D/E). Wymaganie integracji z systemem sterowania sygnalizacją przy węzłach oraz z nadrzędnym systemem	Wytyczne powinny precyzować: lokalizację elementów (tablice o zmiennej treści, detektory ruchu) na łącznicach wjazdowych (według zasad ustalonej klasyfikacji dróg), algorytmy sterowania (np. adaptacyjne algorytmy detekcyjne, stałe cykle itp.), parametry kontroli

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
	zarządzania ruchem. Kryteria uruchomienia (progi ruchowe/bezpieczeństwa), tryby lokalne i skoordynowane, wymagania detekcyjne, hierarchia priorytetów; interoperacyjna wymiana danych z CZR i sąsiednimi węzłami.	(maksymalna długość kolejki, minimalny odstęp między wjazdami). Schematy sterowania (algorytmy, histerezy, odwołania), widoczność i lokalizacja sygnalizatorów, integracja z ograniczeniami prędkości i komunikatami ostrzegawczymi. Należy zdefiniować wskaźniki KPI: płynność ruchu, redukcja zatorów na jezdni głównej, współczynnik zatrzymań, czas podróży na jezdni głównej, redukcja wahań prędkości, długość i zmienność kolejki. Zakres: scentralizowane i lokalne sterowanie, współpraca z sygnalizacją świetlną oraz informacja dla kierowców (znaki o zmiennej treści) o stanie strefy wjazdowej. Integracja z innymi funkcjami ITS (np. stacje poboru opłat, informacje pogodowe) wymaga interoperacyjnych standardów interfejsów.
Współpracujące systemy pojazd–infrastruktura (C-ITS). Kooperacyjna komunikacja drogowa (C-ITS: I2V/V2X) – profil usług i integracja	Ustalenie zestawu usług i komunikatów oraz technologii radiowej, zgodnie z normami UE. Wymaganie integracji C-ITS z istniejącą infrastrukturą (centrów zarządzania ruchem, systemów sygnalizacji, informacji pasażerskiej itp.). Opracowanie wytycznych bezpieczeństwa i ochrony danych. Zdefiniowanie zestawu komunikatów, profile bezpieczeństwa, czasy reakcji i niezawodność, interfejsy do sygnalizacji, systemów zarządzania ruchem na pasach, ostrzegania, informacji parkingowej.	Wytyczne powinny obejmować: definicję architektury C-ITS, metod i protokołów wymiany danych pomiędzy pojazdami i infrastrukturą drogową, zgodność ze standardami europejskimi. Usługi: sygnały i mapy skrzyżowań (SPaT/MAP), znaki w pojeździe (IVI), ostrzeżenia o zatorze/pogodzie/robotach, priorytety dla transportu zbiorowego i pojazdów uprzywilejowanych. Zakres: uruchamianie usług adaptacyjnej sygnalizacji świetlnej z udziałem pojazdów, ostrzeganie o zatorach i zagrożeniach komunikowanych przez pojazdy, zarządzanie priorytetami pojazdów uprzywilejowanych, obwieszczenia pogodowe i drogowe. Określenie minimalnej jakości transmisji i opóźnień, wymagań sprzętowych. Przygotowanie scenariuszy testowych i KPI efektywności działania (np. redukcja czasu podróży, płynność jazdy, opóźnienie komunikatu, skuteczność dostarczenia, redukcja zatrzymań/zagrożeń).
Wykorzystanie danych V2X (dane z pojazdów)	Zdefiniowanie ram prawnych i technicznych pozyskiwania i analizy danych generowanych przez pojazdy – prędkość, kierunek, lokalizacja. Ustalenie mechanizmów anonimizacji oraz minimalnych wymagań jakości danych (częstotliwość, synchronizacja).	Wytyczne powinny wyjaśniać, jak integrować „ruchome czujniki” (pojazdy) z centrami zarządzania ruchem. Zakres: gromadzenie danych z pojazdów w stacjonarnych centrach, estymacja natężenia ruchu z danych z pojazdów, uzupełnianie tradycyjnych detektorów. Należy określić standardy przesyłania (np. formaty wiadomości) i walidacji danych, sposoby reagowania na błędne pomiary. Kluczowe zagadnienia to prywatność i zabezpieczenia transmisji oraz interoperacyjność zbieranych danych w różnych systemach ITS.
Systemy harmonizacji prędkości	Opracowanie zasad korzystania z dynamicznych ograniczeń prędkości przy różnych scenariuszach (nasycenie ruchu, pogoda, wypadki). Ustalenie wartości prędkości progowych i wyzwalaczy zmiany limitu oraz czasu reakcji systemu.	Wytyczne powinny obejmować: minimalne wymagania techniczne dla ZTT (określono w WR-Z-41-43), procedury decyzyjne zmiany limitów, koordynację z sygnalizacją świetlną i znakami stałymi. Zasięg i lokalizacja:

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
	Integracja z czujnikami warunków ruchu i warunków drogowych. Progi aktywacji (ruch, pogoda, wypadki), kroki zmian prędkości, histerezy i zasady odwołania; spójność korytarzowa.	przede wszystkim autostrady i drogi ekspresowe; rozpatrzenie stosowania w obszarach miejskich. Zakres: algorytmy obniżające prędkość przed tworzącym się zatorami, ostrzeganie o złej pogodzie (opady, wiatr), minimalizacja fałszywych alarmów. KPI: zmniejszenie liczby gwałtownych hamowań, procent jazdy w zalecanej limicie, redukcja wypadków, spadek liczby zdarzeń wtórnych.
Dynamiczne zarządzanie pasami ruchu w ruchu zmiennokierunkowym	Ustalenie warunków stosowania zmiany kierunku ruchu na pasach (np. między porannym i popołudniowym szczytem), procedur bezpieczeństwa i sygnalizacji (syntetyczne tablice kierunkowe, sygnalizatory S-4/S-7). Wymaganie integracji z systemami sterowania ruchem na węzłach i monitoringu.	Wytyczne powinny zawierać: definicję sygnałów poziomych i pionowych używanych do zarządzania kierunkiem pasów, procedury synchronizacji zmian w sieci drogowej, minimalne czasy przełączeń pasów, zasady ostrzegania kierowców (czujniki zatoru, sygnały na ZZT). Zakres: rozwiązania jednopasowe na autostradach/drogach ekspresowych, zarządzanie pasami bus/powolny/ruch wahadłowy. KPI: uniknięcie konfliktów przy zmianie kierunku ruchu, płynność ruchu na sieci. Należy również przewidzieć testowanie wpływu na bezpieczeństwo.
Zarządzanie ruchem w tunelach – ujęcie kompleksowe	Integracja ruchu, bezpieczeństwa i utrzymania (wentylacja, czujniki), scenariusze zdarzeń i ewakuacji, ścieżki komunikatów.	Poza oznakowaniem: matryce decyzji dla pożaru, zdarzeń i awarii, testy integracyjne; KPI: czas reakcji systemu, drożność ewakuacji, dostępność urządzeń.
Zarządzanie ruchem przy wydarzeniach specjalnych	Wytyczne przygotować na podstawie scenariuszy ruchu przy imprezach masowych (stadiony, koncerty, wyścigi itp.): prognoza ruchu, planowanie objazdów, tymczasowe sygnalizatory i oznakowanie. Uwzględnienie procedur współpracy służb (policji, organizatorów, służb drogowych).	Wytyczne powinny określać: procedury opracowywania i wdrażania czasowych organizacji ruchu, w tym plany awaryjne, koordynację sterowania sygnalizacją. Zakres: definicja stref „wydarzeń”, sposoby powiadamiania kierowców o utrudnieniach (ZZT, aplikacje mobilne), procedury kierowania ruchem na miejscu (narzędzia symulacyjne). KPI: efektywne opróżnienie stref parkingowych, ograniczenie zatorów, bezpieczeństwo pieszych i dojazdów ratunkowych. Konieczne jest zdefiniowanie interoperacyjnych interfejsów między systemem zarządzania ruchem a systemami bezpieczeństwa imprez.
Informacja parkingowa dla pojazdów ciężarowych	Zasady integracji danych o dostępności miejsc postojowych dla pojazdów ciężarowych (czujniki infrastrukturalne, zgłaszanie przez kierowców). Standardowe formaty udostępniania informacji. Wymaganie spójności z istniejącymi systemami Park&Ride.	Wytyczne powinny precyzować: źródła informacji (detektory na parkingach, monitoring wjazdów), częstotliwość aktualizacji danych, minimalne wymagania komunikatów dla użytkowników. Zakres: dynamiczne informowanie o wolnych miejscach parkingowych dla pojazdów ciężarowych na sieci dróg krajowych, integracja z nawigacją i systemami zarządzania flotą. Należy zdefiniować interfejsy informacyjne (np. dane wyjściowe do aplikacji mobilnych i systemów nawigacyjnych) oraz metody walidacji danych. KPI: skrócenie czasu szukania miejsca, redukcja

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
Systemy monitorowania pogody i warunków drogowych	Określenie typów danych meteorologicznych istotnych dla ITS (temperatura, opady, wiatr, stan nawierzchni) i sposobów ich pozyskiwania (stacje pogodowe, detektory nawierzchniowe). Wymaganie standardów wymiany danych pogodowych. Profile progowe dla: mgły, opadów, śliskości, bocznego wiatru; histerezy i uśrednianie czasowe; reguły publikacji ostrzeżeń.	parkowania w niedozwolonych miejscach. Wytyczne powinny obejmować: lokalizację i minimalne parametry czujników pogodowych i drogowych, procedury przekazywania ostrzeżeń i progi wyzwalania komunikatów (np. ZTZ, raporty do centrum sterowania ruchem). Zakres: uwzględnianie miejsc wrażliwych na warunki meteorologiczne (np. obiekty mostowe, tunele). Integracja: adaptacja limitów prędkości i sygnalizacji na podstawie pogody, automatyczne alerty dla zarządzających drogami. Kluczowe jest zapewnienie jakości danych (kalibracja czujników) i spójności interfejsów (np. publikacja danych pogodowych jako otwarte dane zgodnie ze standardami). KPI: trafność ostrzeżeń: udział komunikatów uzasadnionych (potwierdzonych czujnikami), opóźnienie reakcji: czas od przekroczenia progu do publikacji komunikatu, czas ekspozycji vs. zjawisko: różnica między czasem działania ostrzeżenia a czasem rzeczywistego zjawiska), BRD: liczba zdarzeń/zdarzeń wtórnych na odcinkach z aktywnym ostrzeganiem, płynność: udział jazdy poniżej ograniczenia prędkości, redukcja ostrych hamowań, stabilność prędkości, jakość danych: dostępność czujników, odsetek pomiarów odrzuconych, średni wiek danych, zbieżność źródeł.
Zarządzanie zdarzeniami	Opracować międzyinstytucyjne scenariusze działania z wykorzystaniem usług ITS (role i odpowiedzialności: CZR/SZR, Policja, Straż Pożarna, służby medyczne, zarządca drogi, utrzymanie, operator tunelu); klasy zdarzeń z progami uruchomienia działań; model łączności podstawowej i zapasowej (kanały, redundancja, czasy przełączeń); interfejsy wymiany danych (jednoznaczny identyfikator zdarzenia, statusy życia zdarzenia, minimalne atrybuty, SLA publikacji/aktualizacji); standard meldunku (zgłoszenie → weryfikacja → eskalacja → zamknięcie); matryce decyzji dla typów zdarzeń; ujednolicone słowniki komunikatów i zasady ich priorytetyzacji w kanałach; wymagania cyberbezpieczeństwa.	Wytyczne powinny określać: matrycę działań „wykrycie → weryfikacja → reakcja → odwołanie”, w tym progi czasowe i histerezy; wieloźródłową detekcję (CCTV, czujniki ruchu/pogodowe, zgłoszenia) i spójne komunikaty w kanałach (ZZT, IVI/aplikacje, serwisy drogowe) z TTL i zasadami odświeżania; zarządzanie objazdami i dystrybucję tras alternatywnych w korytarzu; koordynację prac służb na miejscu (pierwszeństwo: zabezpieczenie → informacja → objazdy/zarządzanie pasami → przywracanie ruchu); odwołanie (warunki i kolejność schodzenia z ograniczeń prędkości/ostrzeżeń); raport końcowy (zakres danych, wnioski, działania zapobiegawcze). KPI: czas wykrycia, skuteczność wykrycia, czas weryfikacji, czas dojazdu, czas usunięcia przeszkody, czas przywrócenia normalnego ruchu, liczba zdarzeń wtórnych, poprawność/spójność komunikatów.
Priorytet dla transportu zbiorowego	Zdefiniować kryteria przyznania/odwołania (m.in. opóźnienie względem rozkładu, napełnienie pojazdu, znaczenie linii/korytarza, dopuszczalne odchylenie od rozkładu). Określić tryby: warunkowy, bezwarunkowy, zapowiedź z wyprzedzeniem. Zapisać limity i histerezy	Zakres wytycznych powinien obejmować: detekcję (progi aktywacji wg opóźnienia, prognozy, napełnienia), wpływ priorytetu na cykle/offset (zachowanie koordynacji korytarzowej), mechanizmy ochronne dla ruchu ogólnego i niechronionych

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
	<p>(maks. wydłużenia zielonego, minimalne czasy międzyfazowe, minimalne zielone dla relacji kolizyjnych), aby uniknąć degradacji koordynacji. Wymagania dla detekcji/łączności, niezawodności transmisji i trybów awaryjnych. Integracja z koordynacją oraz reguły rozstrzygania konfliktów (ranking linii, priorytet tramwaju vs autobusu, uwzględnienie innych priorytetów w sygnalizacji).</p>	<p>użytkowników (nie naruszać minimalnych zielonych dla pieszych/rowerów, gwarantować minimalne zielone i fazy bezpieczeństwa dla relacji kolizyjnych). Ustalić profile pracy (pojedyncze skrzyżowanie/odcinek/korytarz), maks. liczba przyznań priorytetu, maks. skumulowane wydłużenie), reguły wyłączania (np. w szczytach krytycznych, podczas zdarzeń/objazdów), KPI: punktualność i regularność, straty czasu ogółem, wpływ na pieszych/rowery i ruch ogólny (średnia prędkość, liczba zatrzymań, poziom warunków ruchu), a także sprawozdawczość (cykl raportowy, benchmarki korytarzowe).</p>
<p>Priorytet dla pojazdów uprzywilejowanych</p>	<p>Zdefiniować tryby pracy: pełny (wstawienie/skrócenie faz, szybkie „korytarze zielone”) oraz warunkowy (wydłużenia/skrót zielonego bez naruszania minimalnych zielonych dla kolizji). Określić ramy łączności (OBU/AVL, kanał mobilny, redundancja), geofencing i okna zapowiedzi (ETA, odległość/prog prędkości), autoryzację i bezpieczeństwo (szyfrowanie, certyfikaty, polityka kluczy, role), histerezy i limity (maks. liczba kolejnych nadań priorytetów, minimalne odstępy). Zapisać priorytetyzację wielu zgłoszeń (ranking: Straż Pożarna/służby medyczne/Policja; skorygowany ETA), kolizje z innymi priorytetami i standardową koordynacją oraz procedury przywracania planu sygnalizacji.</p>	<p>Wytyczne powinny określać: detekcję i weryfikację zgłoszenia (ciągła telemetria, potwierdzenia z wielu źródeł), logikę na poziomie skrzyżowania i korytarza (przestawianie offsetów, fazy serwisowe do „wyczyszczenia” wlotów), ochronę BRD (nienaruszalne minimalne zielone dla pieszych/rowerów, czasy międzyzielone), obsługę konfliktów (dwa pojazdy jednocześnie, przeciwny kierunek – reguły rozstrzygania), tryby awaryjne. Zakres implementacyjny: interfejsy do sterowników sygnalizacji i CZR, rejestracja zdarzeń, testy integracyjne, monitoring i KPI: czas reakcji systemu, czas przejazdu jednostek, skuteczność (odsetek udanych korytarzy), liczba konfliktów/kolizji po zmianach planu, wpływ na ruch ogólny (straty czasu), czas i sposób przywrócenia koordynacji.</p>
<p>Zarządzanie pasami uprzywilejowanymi (BUS/HOV/HOT)</p>	<p>Zdefiniować kategorie pasów i uprawnienia: BUS (transport zbiorowy + służby wskazane w organizacji ruchu), HOV (pojazdy z $\geq n$ osobami; próg n i wyjątki), HOT (wjazd HOV bezpłatny, inni za opłatą wg zasad). Określić dynamiczne reguły włączania/wyłączania i zmiany statusu pasa (pory dnia, progi ruchowe/BRD, zdarzenia), sygnalizację i oznakowanie (nośniki, treść, TTL, hierarchia komunikatów). Zapisać wymagania detekcji i łączności (pomiar prędkości/przepływu, stan zajętości, kolizje), weryfikacji uprawnień (np. identyfikacja pojazdu/klasa, liczby pasażerów – dopuszczalne metody i ich dokładność), oraz integrację z priorytetem w sygnalizacji świetlnej dla transportu zbiorowego i DLM (przełączanie dostępności pasów). Ustalić KPI i limity (progi jakości, dostępność systemu).</p>	<p>Wytyczne powinny obejmować: (1) Projekt i lokalizację odcinków (ciągłość korytarza, wloty/wyloty, separacja fizyczna, punkty kontroli). (2) Logikę sterowania – profile pracy (stały/dynamiczny), progi uruchomienia/odwołania (ruch, BRD, zdarzenia), histerezy i minimalne czasy utrzymania stanu, reguły współistnienia z zarządzaniem prędkością i zamknięciami pasów. (3) Oznakowanie i informację – zestandaryzowane komunikaty na ZZT (np. „BUS/HOV 2+”, „HOT – OPŁATA AKTYWNA”), czytelność i spójność z kanałami cyfrowymi (przed i w trakcie podróży). (4) Weryfikację uprawnień – dopuszczalne narzędzia (np. klasyfikacja pojazdu, identyfikacja pojazdów uprawnionych, systemy wspomaganie zliczania osób tam, gdzie to prawnie dopuszczalne), obsługę naruszeń (rejestr naruszeń, przekazywanie do właściwych organów) z poszanowaniem przepisów. (5) Integrację korytarzową</p>

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
		<p>– współdziałanie z priorytetem w sygnalizacji dla pojazdów transportu zbiorowego i czasowym udostępnieniem/zamknięciem pasa (sterowanie ruchem na pasach), reguły rozstrzygania konfliktów. (6) Operacje i utrzymanie – procedury awaryjne, dostępność urządzeń, czasy napraw (SLA), audyt treści. KPI: prędkość i niezawodność na pasie vs. pasach ogólnych, przepustowość (osoby/godz.), odsetek naruszeń, wpływ na BRD (zdarzenia/lkm), wpływ na ruch ogólny (prędkość, zatrzymania), punktualność transportu zbiorowego.</p>
Pojazdy ponadgabarytowe/przeciążone	<p>Zdefiniować progi dla przejazdu pod obiektami o ograniczonej skrajni pionowej i nośności: wysokość graniczna = skrajnia obiektu – margines bezpieczeństwa (np. –10...–20 cm), masa/naciski wg obowiązujących limitów z histerezą i tolerancją pomiaru. Określić czujniki wysokości (np. wiązki laserowe/LiDAR; dwie kurtyny na różnych wysokościach dla eliminacji fałszywych trafień) oraz WIM (ważenie w ruchu) do preselekcji przeciążonych pojazdów. Określić punkty wczesnego wykrywania, logikę potwierdzania (2-źródłowa weryfikacja: czujnik + CCTV/ANPR) i komunikaty (sygnalizator, ZZT). Ustalić ścieżki objazdów (zdefiniowane warianty dla klas pojazdów), priorytety informacyjne, TTL komunikatów. Wymagane bezpieczeństwo i autoryzacja („biała lista” dla przejazdów planowanych, np. pilotaż nadzwyczajny).</p>	<p>Wytyczne powinny określać: (1) Projekt lokalizacji czujników (geometria dojazdów, punkty decyzji przed rozwidleniami, widoczność ZZT), (2) Algorytm reakcji: wykrycie → potwierdzenie → wybór komunikatu → automatyczny wybór trasy alternatywnej (z uwzględnieniem gabarytów i ograniczeń mostów/tuneli na objazdach) → opcjonalnie fizyczna blokada przed obiektem, (3) Integrację z obiektami wrażliwymi (tunele, wiadukty), (4) Zasady treści i prezentacji: piktogram nadwymiaru + skrócony komunikat (np. „POJ. ZBYT WYSOKI – ZJEDŹ NA OBJAZD A→B”), spójność z kanałem cyfrowym (aplikacje, IVI), (5) Obsługę wyjątków: przejazdy na zezwoleniach – integracja z rejestrem zezwoleń i asystą (eskorta, tymczasowe wyłączenia), (6) Tryby awaryjne: awaria czujników → obniżony tryb działania (manualna weryfikacja/CCTV), awaria łączności → lokalne sterowanie ZZT/sygnalizatorem, (7) Utrzymanie i kalibrację: testy okresowe czujników (kontrola offsetu wysokości, kalibracja WIM), serwis SLA, log zdarzeń. KPI: liczba skutecznych wykryć vs. fałszywych alarmów, liczba naruszeń (wejść „na czerwonym” po alarmie), skuteczność przekierowań (% pojazdów, które zjechały na objazd), czas reakcji (detekcja→komunikat), zdarzenia/uszkodzenia infrastruktury z udziałem pojazdów nadwymiarowych, dostępność systemu (%), średni czas blokady ruchu przy incydencie oraz wpływ na płynność ruchu.</p>
Przejazdy kolejowo-drogowe – Integracja ostrzegania i objazdy	<p>Zdefiniować interfejs danych z systemami kolejowymi (status: otwarty/zamknięty/awaria/usterka sygnalizacji, przewidywany czas otwarcia – ETA, liczba/typ pociągów w kolejce, prędkość i kierunek) oraz z urządzeniami przejazdowymi (stan rogatki, sygnalizatorów, czujników torowych). Zapisać częstotliwość, opóźnienie maks., dostępność, format komunikatów i reguły walidacji (porównanie z detekcją drogową/CCTV).</p>	<p>Wytyczne powinny obejmować: (1) Automatyczne ostrzeganie i informację – publikacja na ZZT i w kanałach cyfrowych (IVI/aplikacje) komunikatów o zamknięciu, ETA ponownego otwarcia, czasie oczekiwania, wskazaniu objazdów; szablony treści (piktogram, nazwa przejazdu/ulicy, kierunek). (2) Wyznaczanie i dystrybucję objazdów – reguły wyboru trasy alternatywnej (przepustowość, obiekty wrażliwe,</p>

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
	<p>Ustalić logikę sterowania ruchem drogowym w rejonie przejazdu. Wymagane tryby pracy (automatyczny/półautomatyczny/ręczny), histerezy i TTL komunikatów oraz zasady pracy awaryjnej (brak danych z kolei).</p>	<p>długość kolejki), spójność komunikatów na całym korytarzu; progi przełączenia na objazdy (np. czas zamknięcia > X min lub kolejka > Y m). (3) Koordynację sygnalizacji na skrzyżowaniach na dojeździe (fazy opróżniające dojazdy do przejazdu), integracja z urządzeniami przejazdowymi (otwarcie rogatek dopiero po przejeździe pociągu), ograniczenia prędkości w rejonie przejazdu. (4) Detekcję i monitoring – pętle/obrazy do pomiaru długości kolejki i czasu postoju, wykrywanie pojazdu uwięzionego na torach, rejestracja zdarzeń. (5) Obsługę awarii i wyjątków – usterka rogatek/sygnalizacji, prace torowe, zamknięcia długotrwałe; reguły ręcznej weryfikacji i komunikacji z dyżurnym ruchu. (6) BRD – zasady zabezpieczenia miejsca, komunikaty dla pieszych/rowerów. KPI: czas postoju pojazdów w rejonie przejazdu, średnia i maksymalna długość kolejki, liczba zdarzeń na dojazdach (w tym „najechnia” i blokowanie torowiska), trafność ETA (błąd prognozy), czas reakcji systemu (dane → komunikat), udział ruchu przekierowanego na objazdy, dostępność interfejsu danych i urządzeń.</p>
Monitoring wizyjny (CCTV) – projektowanie sieci i parametryzacja	<p>Zdefiniować kryteria lokalizacji (węzły, tunele, mosty/estakady, odcinki i skrzyżowania o wysokiej wypadkowości, wjazdy/wyjazdy, MOP/parkingi, odcinki z zarządzaniem prędkością, pasami, dozowaniem wjazdu na węzły), docelowe pokrycie korytarzowe i orientacyjne gęstości (np. miasto: co 1–2 km; poza miastem: co 3–5 km – doprecyzować po analizie ryzyka i geometrii). Określić zasięgi i kąty widzenia, strefy bez zasłaniania), typy kamer (stałe, obrotowe, termiczne/dualne) i parametry minimalne (rozdzielczość, czułość nocna). Ustalić wymogi zasilania i łączności, cyberbezpieczeństwo oraz standardy streamingu i retencji.</p>	<p>Wytyczne powinny określać: model wymiarowania pola widzenia (dla obserwacji/rozpoznania/identyfikacji; minimalne wysokości i kąty montażu; ograniczenie ośleń), parametry transmisji, integrację z systemem wykrywania zdarzeń i CZR (strumienie + metadane zdarzeń: zatrzymany pojazd, jazda pod prąd, długość kolejki, dym/pożar w tunelu), alarmy serwisowe (utrata sygnału, sabotaż, maskowanie), politykę retencji (np. operacyjna 30 dni / dowodowa 90 dni z e-pieczęcią/watermarkiem i łańcuchem dowodowym), maskowanie prywatności (strefy prywatne), aktualizacje oprogramowania.</p>
Zarządzanie korytarzem – integracja strategii	<p>Zdefiniować korytarz (autostrada/droga ekspresowa ↔ drogi miejskie ↔ transport publiczny ↔ systemy parkingowe) oraz model współpracy (jedno źródło dla danych i komunikatów). Uzgadniać procedury uzgadniania strategii (tryby normalny/zakłócenia/incydent), Ustalenie ról w procesie dla zarządców/operatorów, wspólne KPI i mierzalne parametry wymiany danych (częstotliwość, opóźnienie, dostępność). Ustalić reguły konfliktów między strategiami (np. zarządzanie prędkością vs. objazdy, priorytety w sygnalizacji świetlnej, zarządzanie na pasach vs. dozowanie wjazdu) oraz hierarchię celów (BRD → przepustowość → informacja). Przyjąć standard komunikatów (szablony, priorytety, TTL) z synchronizacją przed podróżą/w trakcie przejazdu przez korytarz, w całym korytarzu.</p>	<p>Zakres powinien obejmować: (1) Plany korytarzowe: zbiory scenariuszy (godziny szczytu, roboty, incydenty, pogoda), mapy decyzji i punkty przełączeń między strategiami. (2) Integrację strategii: zarządzanie prędkością i harmonizację prędkości, ostrzeganie o końcu zatoru, dozowanie wjazdu, zarządzanie ruchem na pasach (pasy odwracalne/wykorzystanie pobocza/pasa awaryjnego), zarządzanie objazdami, system priorytetu dla transportu zbiorowego i koordynacja sygnalizacji świetlnej, informacja parkingowa (P+R/MOP), koordynacja z tunelami/mostami. (3) Reguły konfliktów: priorytetyzacja działań w kolizji (np. gdy objazd pogarsza koordynację sygnalizacji – kiedy mimo to go uruchomić),</p>

Wytyczne i standardy wymagające opracowania	Założenia do przygotowania wytycznych	Uwagi i opis zakresu wytycznych
		<p>histerezy korytarzowe i minimalne czasy utrzymania stanu, granice zmian offsetów/limitów prędkości. (4) Synchronizację komunikatów: spójność treści na ZZT, w aplikacjach i systemach przewoźników. (5) Dane i interoperacyjność: wspólny słownik zdarzeń/stanów, identyfikatory odcinków, jakość danych (walidacja, sanity-check), rejestr decyzji i efektów. (6) Ocena efektów: metody „przed/po”, okresowe przeglądy i aktualizacje planu. KPI (przykładowe): czas podróży i niezawodność (np. czasowa), przepustowość (osoby/godz.), transfer ruchu między gałęziami/trasami (udział objazdów, obciążenie P+R), średnia prędkość i liczba zatrzymań, długość/ czas trwania kolejek, zdarzenia wtórne, zgodność i terminowość komunikatów, dostępność danych/urządzeń w korytarzu.</p>
<p>Dynamiczne zarządzanie popytem (informacja o opłatach/limitach)</p>	<p>Zestandaryzować komunikowanie zasad dla stref/opłat/limitów: taryfy (stawka, jednostka: zł/odcinek, zł/km, zł/h; klasy pojazdów; pora dnia/tygodnia), okna czasowe (np. dostawy 6:00–10:00/18:00–22:00), limity (masa/tonaże, emisje, głośność nocna), geofencing (granice stref), wyjątki/zezwoleń i terminy funkcjonowania. Interoperacyjna wymiana danych z operatorami (opłaty drogowe, parking, przewoźnicy/logistyka, HOT/HOV), format API, warunki aktualizacji (częstotliwość, opóźnienie, dostępność), TTL i priorytety. Uwzględnić informację przed podróżą/w trakcie podróży (spójne szablony komunikatów). Zapewnić zgodność prawną (minimum danych osobowych, anonimizacja) oraz tryb degradacji (co publikować, gdy brak części danych).</p>	<p>Zakres powinien obejmować: (1) Kanały i treści – przed podróżą: kalkulator kosztów, podgląd alternatyw tras/czasów; w trakcie podróży: ZZT przy wlotach do stref („STREFA OPŁAT • 7:00–10:00 • 15 zł”), IVI/aplikacje (koszt, czas obowiązywania, alternatywy), komunikaty dla dostaw („OKNO DOSTAW 6:00–10:00 • WJAZD ZA POZWOLENIEM”). (2) Reguły decyzyjne – kiedy i jak dynamizować stawki/limity (progi ruchowe/środowiskowe, zdarzenia, imprezy), histerezy (min. czas utrzymania stawki), publikacja z wyprzedzeniem i ostrzeżenia o spodziewanych zatorach. (3) Integrację – z systemami opłat/parkingu/logistyki (status miejsc P+R, stawki parkingowe, zasady wjazdu dostaw), z korytarzowymi strategiami (objazdy, zarządzanie prędkością, priorytety w sygnalizacji świetlnej dla transportu zbiorowego), z egzekwowaniem (walidacja uprawnień/zezwoleń – bez gromadzenia nadmiarowych danych). (4) Jakość danych – sanity-check taryf/limitów (niepuste pola, jednostki, czas lokalny), wersjonowanie i ew. odwołania; spójność komunikatów przed podróżą/w trakcie podróży w całym korytarzu. (5) Utrzymanie i testy – cykl publikacji zmian (harmonogram, minimalny horyzont powiadomienia), testy z użytkownikami (zrozumiałość piktogramów/skrótów), audyt treści i log decyzji. KPI: zmiana rozkładu w czasie/przestrzeni (udział przejazdów poza szczytem), odciążenie węzłów (spadek obciążenia/kolejek), skuteczność informowania, zgodność decyzji z zasadami (odsetek naruszeń), wpływ na czas podróży i niezawodność, wykorzystanie P+R/alternatyw, dostępność API/aktualność danych.</p>

(4) Zaproponowany zakres prac nad nowymi lub uzupełniającymi wytycznymi pozwoli ujednolicić logikę sterowania i interfejsy danych w usługach, które obecnie działają punktowo, bez pełnej standaryzacji. Każde z zagadnień powinno otrzymać zestaw KPI, wymagania interoperacyjności (formaty danych, cykle odświeżania, bezpieczeństwo) oraz procedury testów/odbiorów. Wprowadzenie takich wytycznych umożliwi spójne wdrażanie strategii zarządzania ruchem w skali korytarzy i regionów, zwiększając skuteczność i porównywalność efektów działań.

Dokument chroniony prawami autorskimi