

# Integracja systemów kolejowych: system rmCBTC, standaryzacja interfejsów

---

dr inż. Wawrzyniec Wychowański, dr inż. Paweł Wontorski



# Agenda – Plan prezentacji, część 1: rmCBTC

## System rmCBTC®:

- Fundusze UE jako podstawa realizacji systemu
- Architektura i podstawowe funkcjonalności systemu

## Kierunek rozwoju – Autonomizacja pojazdów metra:

- Stopnie automatyzacji GoA
- Posiadane referencje
- Cele do osiągnięcia

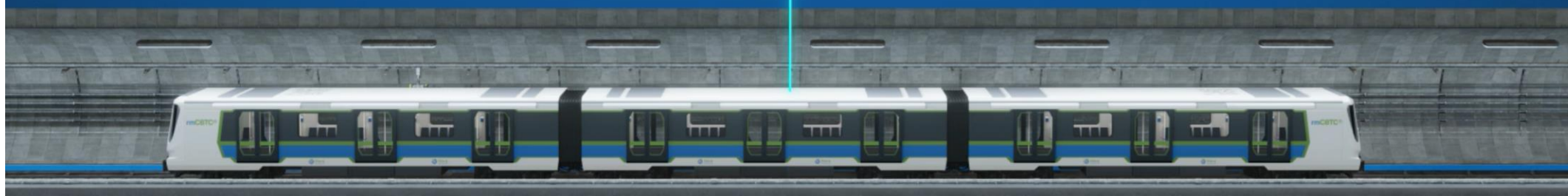
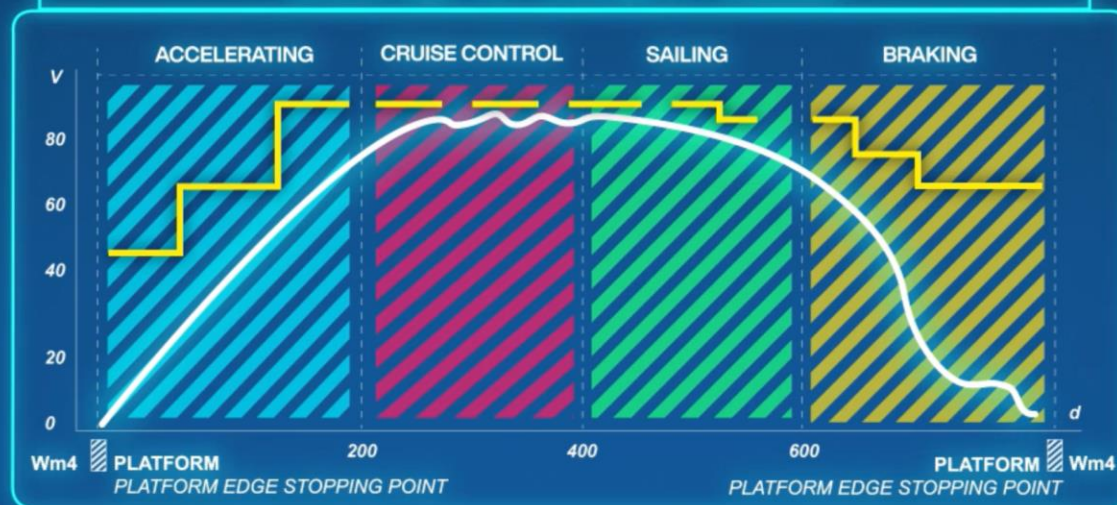


# rmCBTC<sup>®</sup> system

Communications-Based Train Control

Aglomeracyjny transport szynowy

## ATO PROFILE



# FUNDUSZE EUROPEJSKIE

Projekt B+R realizowany przez Rail-Mil Computers oraz Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej



Fundusze  
Europejskie  
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita  
Polska



RM  
rail-mil.eu



Wydział  
Transportu  
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



POIR.01.01.01-00-0276/17

**Nr projektu:**

**POIR.01.01.01-00-0276/17**

**Tytuł projektu:**

System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC, wykorzystujący unikalne połączenie dwukierunkowej bezprzewodowej transmisji danych oraz komponentów interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, zwiększający poziom wydajności i bezpieczeństwa w aglomeracyjnym transporcie szynowym

\*Wszystkie znaki towarowe i nazwy firm zostały użyte jedynie w celu informacyjnym i są wyłączną własnością tychże firm.

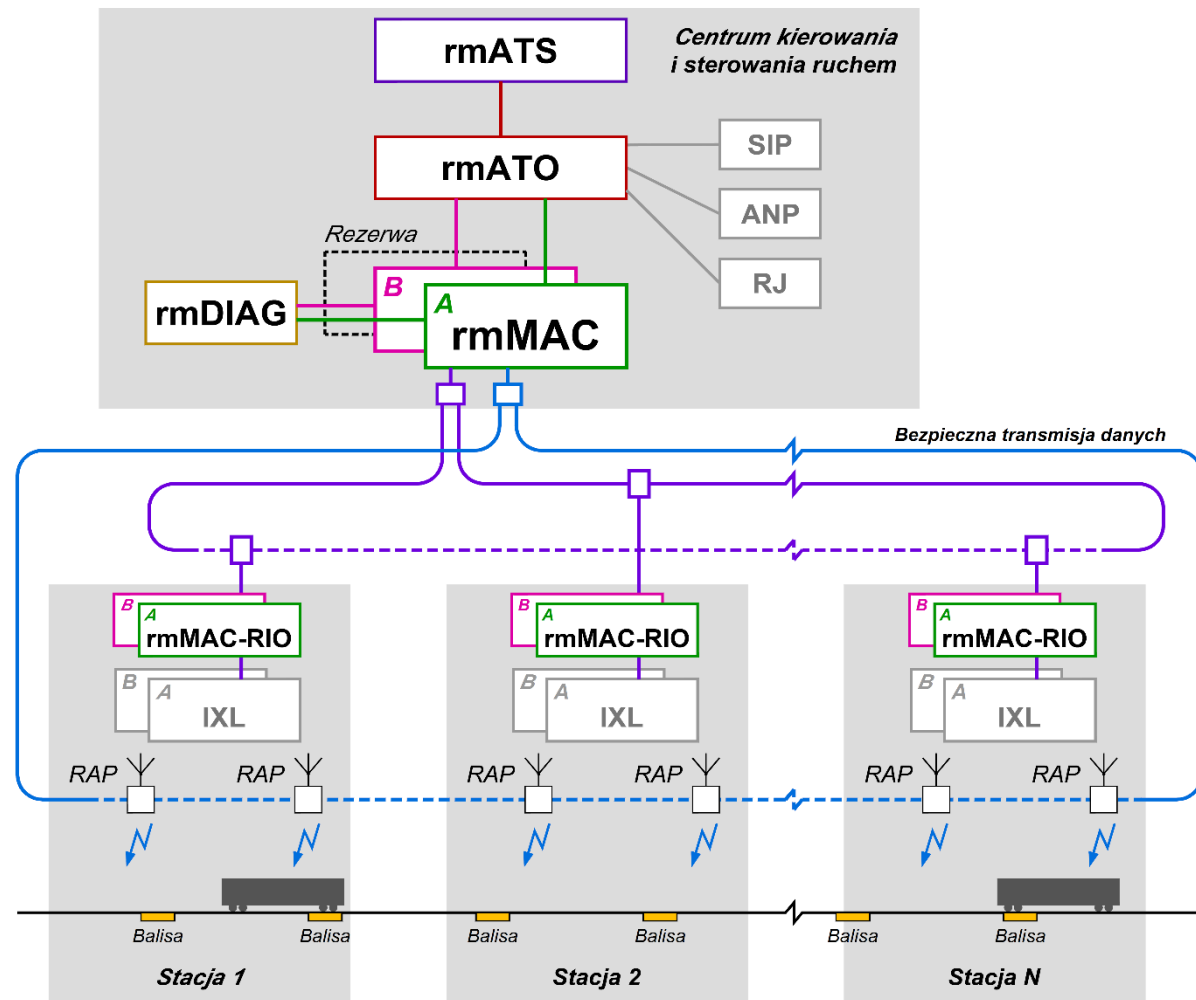
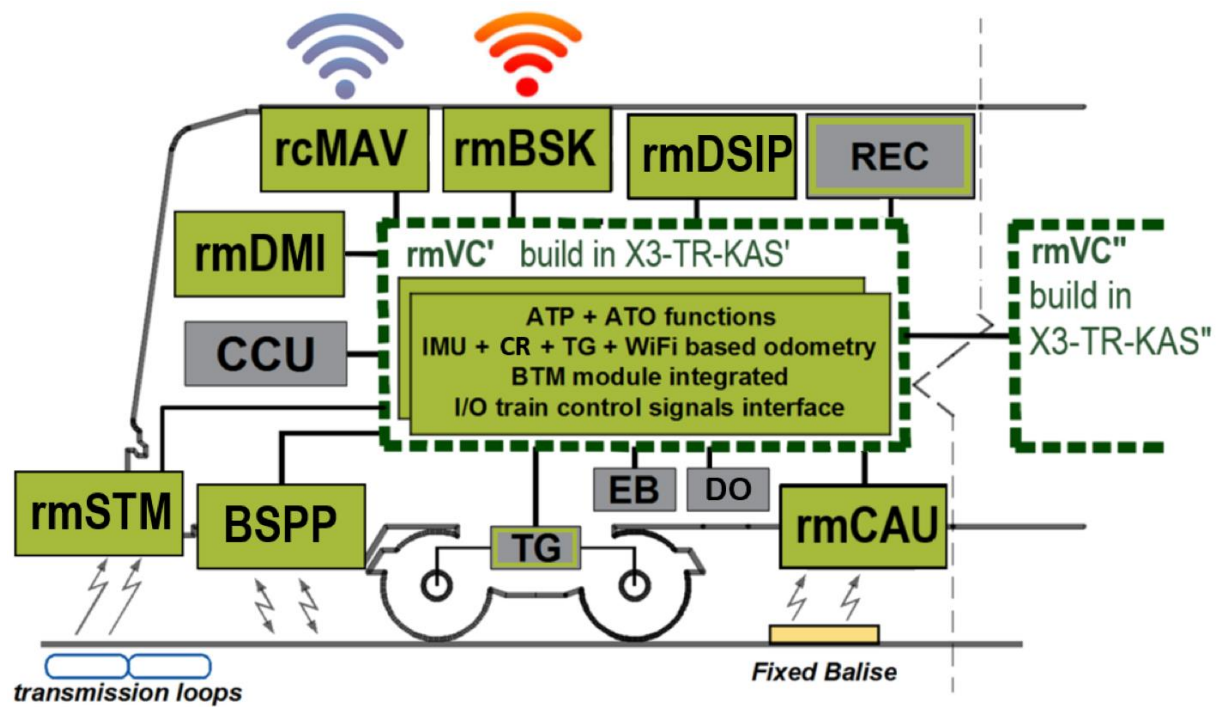
## rmCBTC<sup>®</sup> – podstawowe cechy systemu:

- Zgodność z wymaganiami standardów dla systemów AUGT & CBTC: IEEE-1474; IEC-62267, PN-EN62290, i pochodne...
- Prowadzenie pojazdów w oparciu o dwukierunkową bezprzewodową transmisję danych tor-pojazd
- Prowadzenie pojazdów zgodnie z zasadą ruchomego odstępu blokowego (ang. moving block principle)
- Obsługa ruchu mieszanego (ang. mixed-traffic coverage)
- Innowacyjny podsystem pojazdowego odometru SIL-4 z wbudowanym Sensor Fusion
- Innowacyjne technologie sieciowe, w tym: HSR, PTP, BroadR-Reach
- Stopień automatyzacji GoA-3 jako jeden z rezultatów projektu POIR/NCBIR

100% gotowości systemu do migracji w stopień automatyzacji GoA4 (pełna automatyzacja)



# rmCBTC<sup>®</sup> – architektura systemu



# rmCBTC<sup>®</sup> – typy pojazdów analizowanych w zakresie TIU

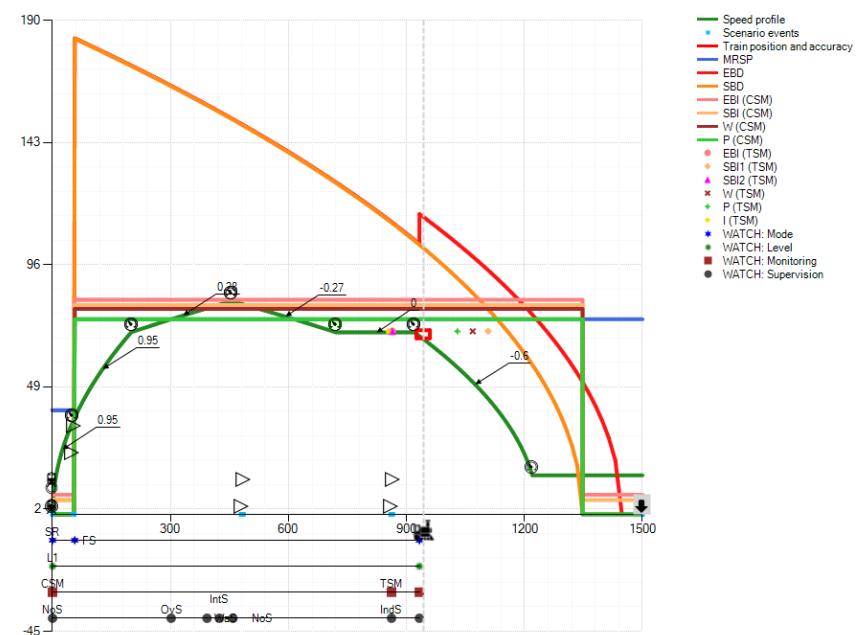
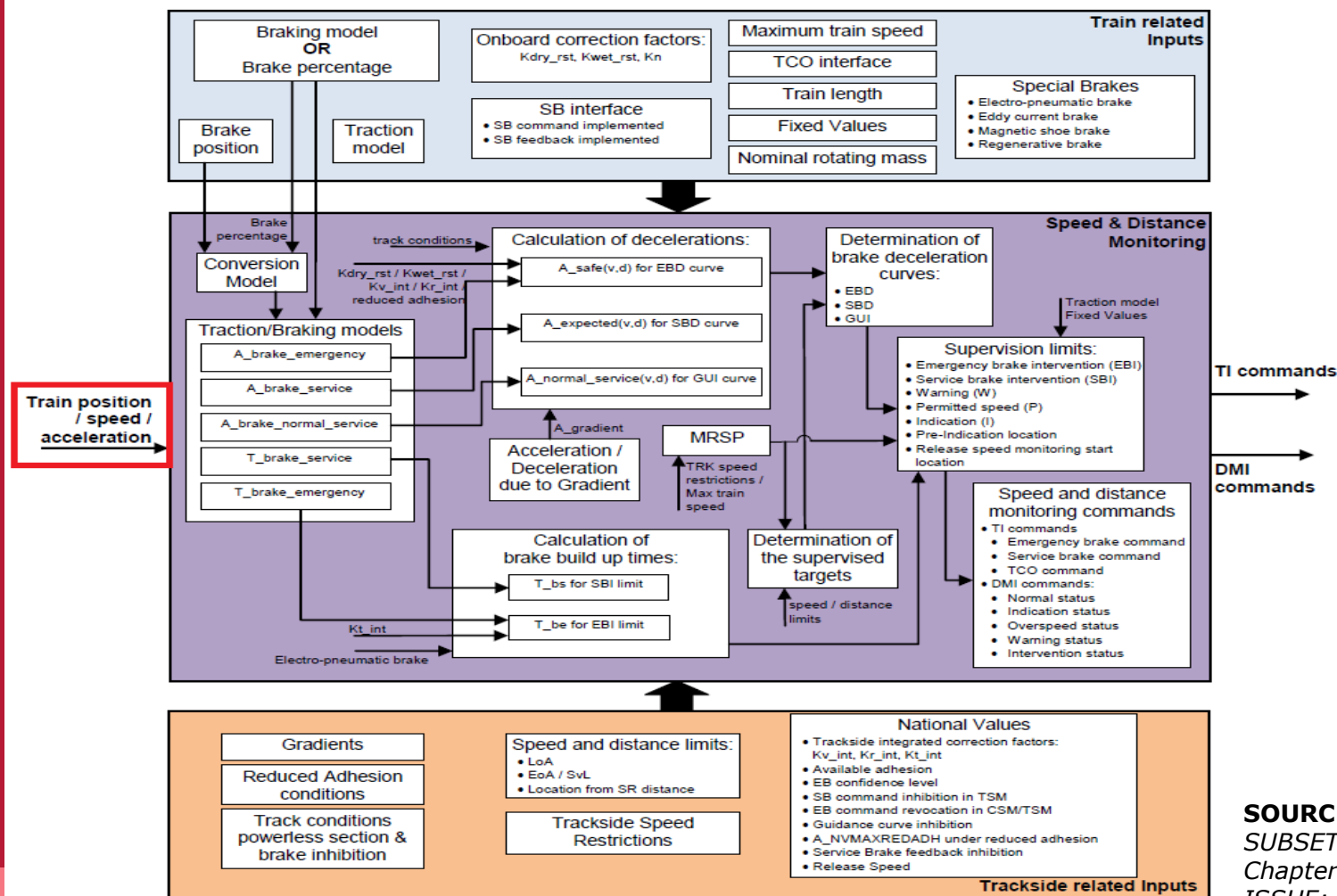


# rmCBTC<sup>®</sup> - warstwa sprzętowa systemu






# rmCBTC<sup>®</sup> – implementacja Speed & Distance Monitoring



**SOURCE:**  
 SUBSET-026-3: ERTMS/ETCS System Requirements Specification -  
 Chapter 3 - Principles, ERA - UNISIG - EEIF ERTMS USERS GROUP,  
 ISSUE: 3.4.0: 12/05/2014

# rmCBTC® – świadectwo dopuszczenia do eksploatacji (czasowe)

Załącznik do decyzji Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego z dnia 27 listopada 2020 r. nr DTW-WRIK.8001.28.2020.ML

  
RZECZPOSPOLITA POLSKA  
PREZES  
URZĘDU TRANSPORTU KOLEJOWEGO  
*Ignacy Góra*

Warszawa, dnia 27 listopada 2020 r.

**ŚWIADECTWO**  
NR: PL 59 2020 0077  
dopuszczenia do eksploatacji typu

**Rodzaj i typ urządzenia:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC.

**Producent lub jego upoważniony przedstawiciel:** Rail-Mil Computers spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa.

**Charakterystyka urządzenia:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC jako system klasy CBTC wykorzystuje dwukierunkową bezprzewodową transmisję danych oraz komponenty interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, celem zwiększenia wydajności i bezpieczeństwa realizowanego procesu przewozowego na obszarze objętym systemem. W architekturze systemu, konstrukcyjnie i funkcjonalnie wydzielono dwie części: stacjonarną oraz pojazdową. Ruch pojazdów prowadzony jest zgodnie z zasadą ruchomego odstepu blokowego, w oparciu o ciągłą dwukierunkową transmisję danych. System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych rmCBTC, jako system automatycznego prowadzenia pociągu klasy ATC, dedykowany jest do zastosowania w systemach metra, kolei aglomeracyjnych, liniach tramwajowych, na bocznicach kolejowych, infrastrukturze prywatnej oraz sieciach kolejowych, które są funkcjonalnie wyodrębnione z systemu kolei i przeznaczone tylko do prowadzenia przewozów wojewódzkich lub lokalnych.

**Badania techniczne urządzenia:** zostały przeprowadzone przez Instytut Kolejnictwa, co potwierdzają następujące dokumenty: certyfikat zgodności typu nr IK CZT-150/2020 – 01 z 2 listopada 2020 r., a także „System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC typu rmCBTC. Opinia techniczna”, praca nr 000035-07/10, Warszawa, 31 sierpnia 2020 r.


**Warunki techniczne eksploatacji:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC powinien być zgodny z dokumentami: „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCp (Część pojazdowa). Dokumentacja Techniczno-Ruchowa”, nr DTR rmCBTCp/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z czerwca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCp (Część pojazdowa). Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru”, nr DTR rmCBTCp/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z lipca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCs (Część stacjonarna). Dokumentacja Techniczno-Ruchowa”, nr DTR rmCBTCs/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z czerwca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCs (Część stacjonarna). Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru”, nr DTR rmCBTCs/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z lipca 2020 r.

Świadectwo wydaje się w celu przeprowadzenia prób eksploatacyjnych systemu automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC zgodnie z porozumieniem w sprawie przeprowadzenia prób eksploatacyjnych z 9 października 2020 r., a także załączonym do porozumienia dokumentu pt. „System RMCBTC. Program prób eksploatacyjnych. Wersja 1.0.”, praca nr 000035-0610, Warszawa, 27 lipca 2020 r.

Świadectwo jest ważne: od dnia doręczenia decyzji DTW-WRIK.8001.28.ML do 28 lutego 2022 r.

Świadectwo wydano na wniosek: Rail-Mil Computers spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa.

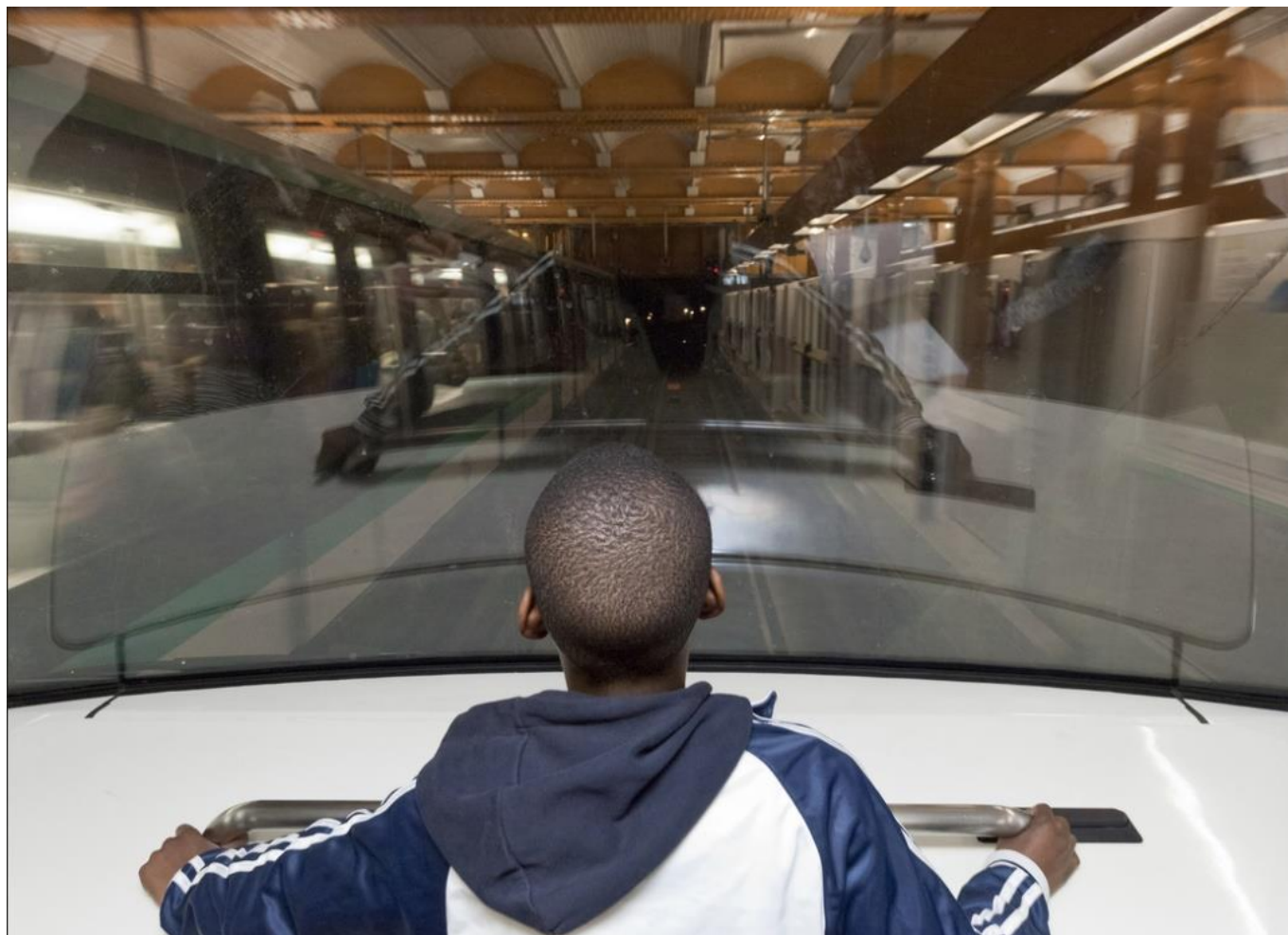
Podstawa prawna: Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (tekst jednolity: Dz. U. z 2020 r. poz. 1043, z późn. zm.)

  
PREZES  
Urzędu Transportu Kolejowego  
(podpis)

ŚWIADECTWO  
NR: PL 59 2020 0077  
27 listopada 2020




# Kierunek rozwoju → autonomizacja pojazdów metra



# Automatyzacja pojazdów metra – stopnie automatyzacji GoA

Grade of automation	Train operation	Setting the train in motion	Driving and stopping the train	Opening and closing the doors	Operation in the event of disruptions
1	ATP with a driver	Driver	Driver	Driver	Driver
2	ATP and ATO with a driver	Driver / Automatic	Automatic	Driver	Driver
3	Driverless	Automatic	Automatic	Automatic / Attendant	Attendant
4	Unattended	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

ATP - Automatic Train Protection  
ATO - Automatic Train Operation







# Autonomizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje

- ☐ Rozbudowa drugiej linii metra warszawskiego o stacje: C01..C05, C19..C21, C00 STP Mory
- ☐ Modernizacja systemu sterowania ruchem pociągów na pierwszej linii metra A01-A23
- ☐ Koncepcja budowy nowych stacji A12 i A16 na pierwszej linii metra w Warszawie
- ☐ Serwis i utrzymanie istniejącej infrastruktury metra w ruchu
- ☐ Audyt pierwszej linii metra w zakresie systemu sterowania ruchem pociągów
- ☐ Koncepcja podsystemu sterowania ruchem pociągów dla systemu metra w Krakowie
- ☐ **rmCBTC® – system automatycznego prowadzenia pociągu o pełnej funkcjonalności systemów klasy CBTC, gotowy do bezpiecznej realizacji funkcji ATP + ATO na poziomie automatyzacji GoA4**

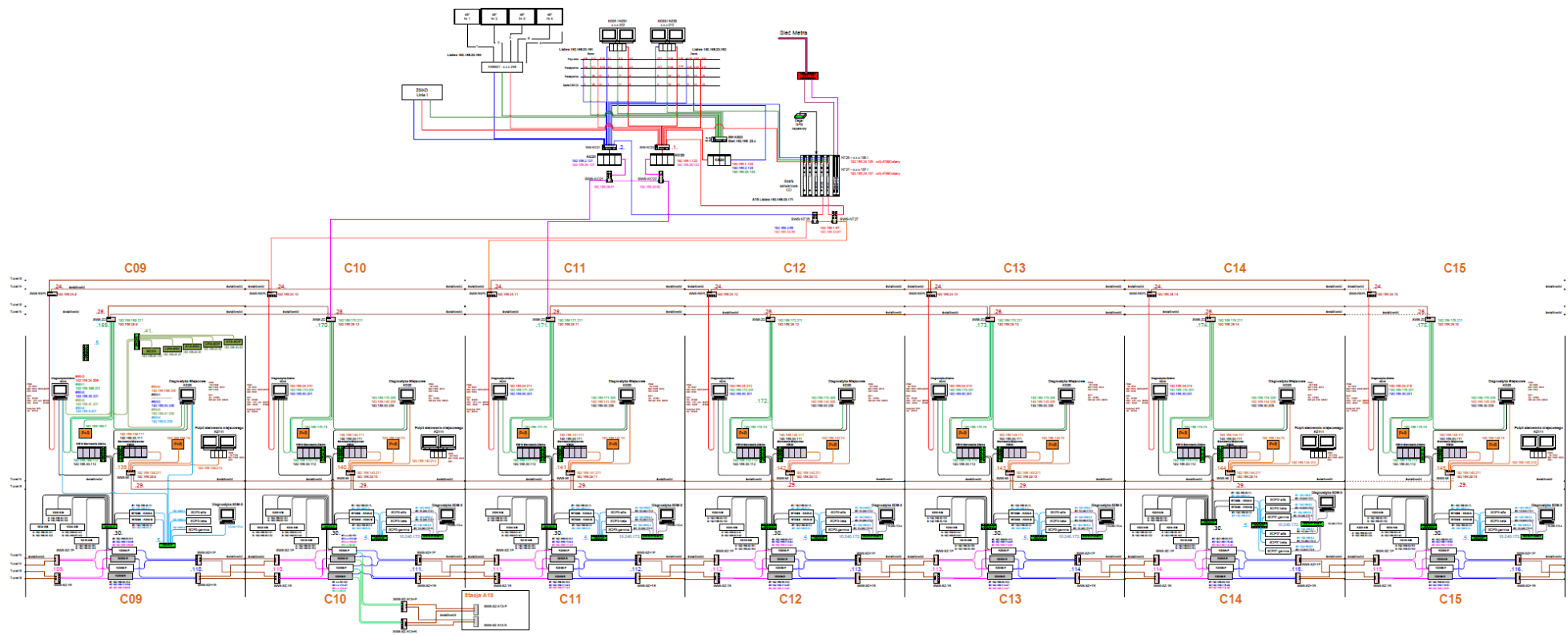
# Autonomizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje

- ❑ 2006/2007 projekt i wdrożenie systemu WT ZSiKD w ramach budowy nowego centrum sterowania dla Metra Warszawskiego, w tym proces przeniesienia Centralnej Dyspozytorni przeprowadzony bez przerwy w ruchu (ponad 13 różnych zcentralizowanych systemów całoliniowych w nowej lokalizacji)



# Autonomizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje

- ❑ WT ZSiKD – zdalne sterowanie i kontrola dyspozytorska
- ❑ WT UZm – komputerowe urządzenia zależnościowe
- ❑ WT EPN – elektroniczny pulpit nastawczy dla metra
- ❑ WT GSS – elektroniczny interfejs IXL do systemu ATC

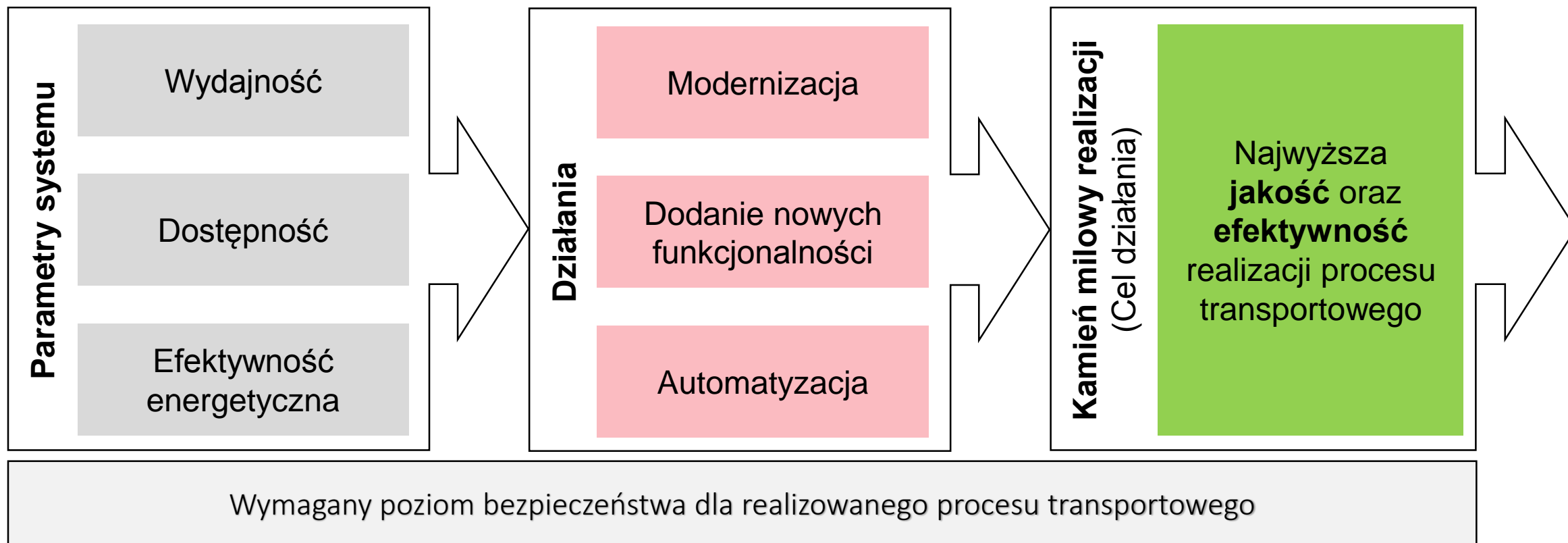


# Autonomizacja pojazdów metra – stan istniejący

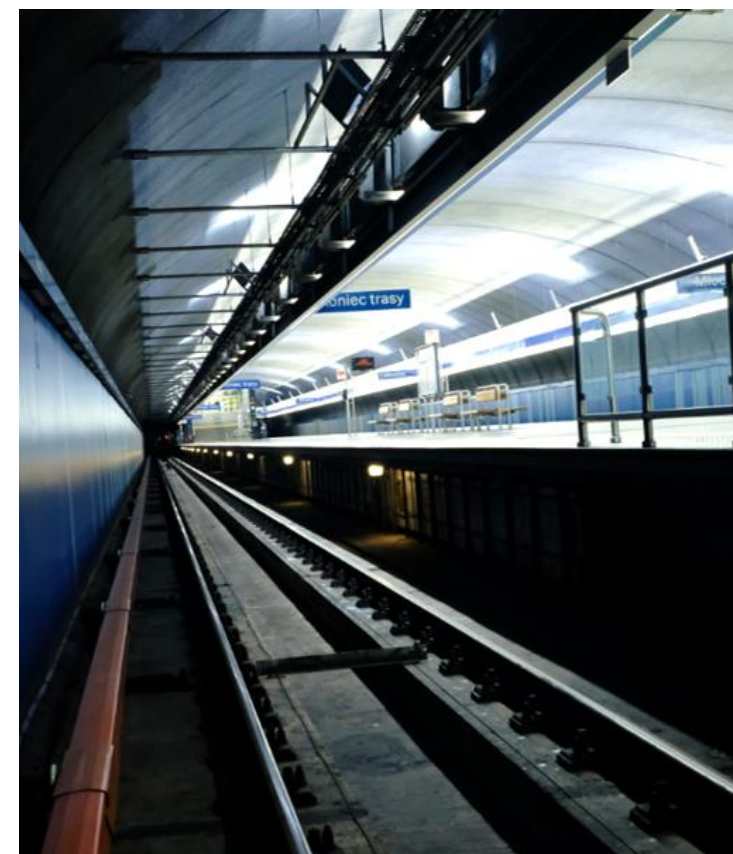
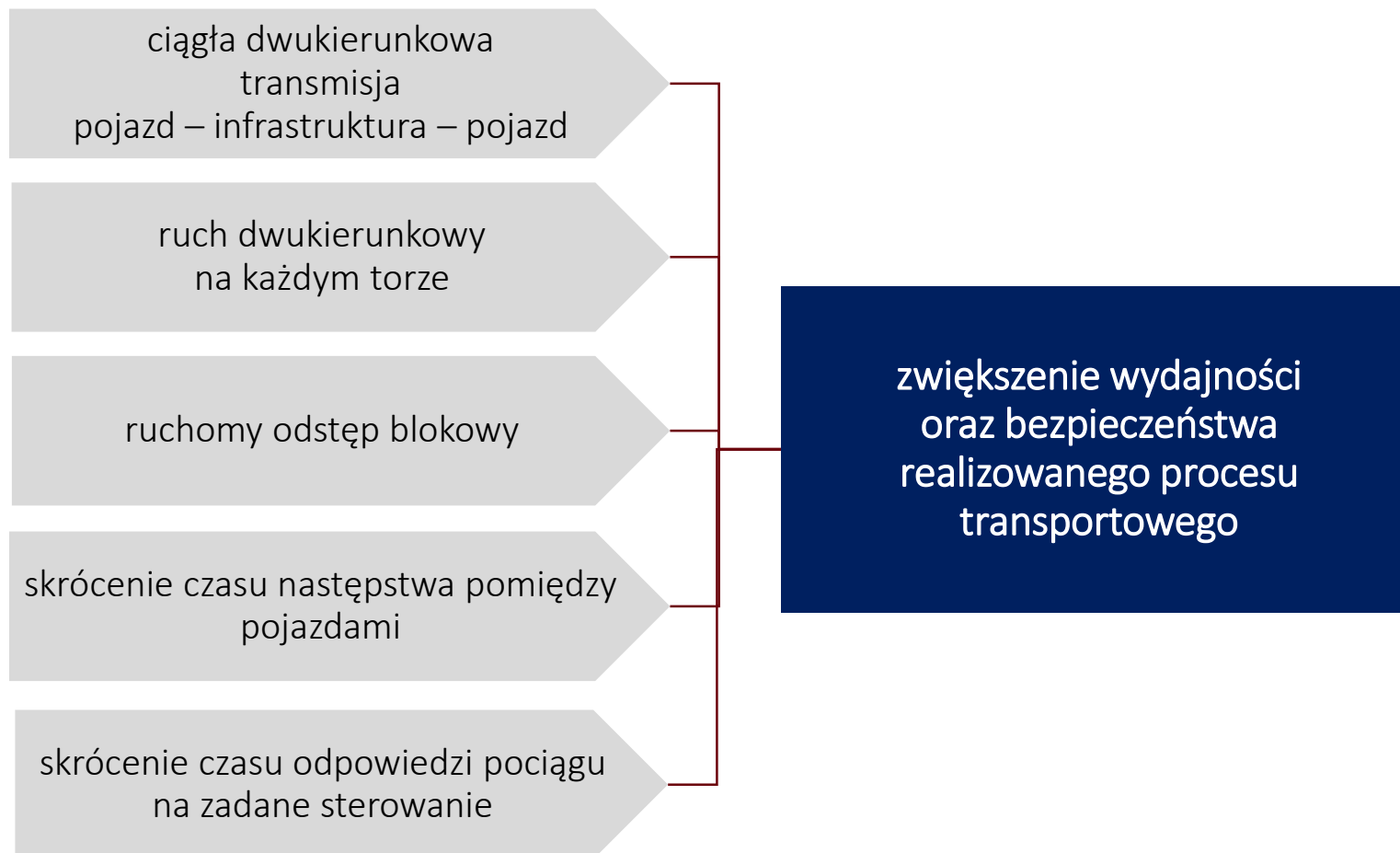
- ☐ I Linia Metra Warszawskiego – poziom automatyzacji GoA1
- ☐ I Linia Metra Warszawskiego – brak systemu ciągłej bezprzewodowej transmisji tor/pojazd
- ☐ I Linia Metra Warszawskiego – brak realizacji funkcjonalności CBTC
- ☐ I Linia Metra Warszawskiego – ruch jednokierunkowy
  
- ☐ II Linia Metra Warszawskiego – poziom automatyzacji GoA2, gotowość do osiągnięcia GoA3
- ☐ II Linia Metra Warszawskiego – jest system ciągłej bezprzewodowej transmisji tor/pojazd
- ☐ II Linia Metra Warszawskiego – gotowość do realizacji funkcjonalności CBTC w przyszłości
- ☐ II Linia Metra Warszawskiego – ruch dwukierunkowy
  
- ☐ III Linia Metra Warszawskiego – CM 05-2021, obecnie w fazie koncepcyjnej



# Automatyzacja pojazdów metra – kamienie milowe realizacji



# Automatyzacja pojazdów metra – cele do osiągnięcia (1)



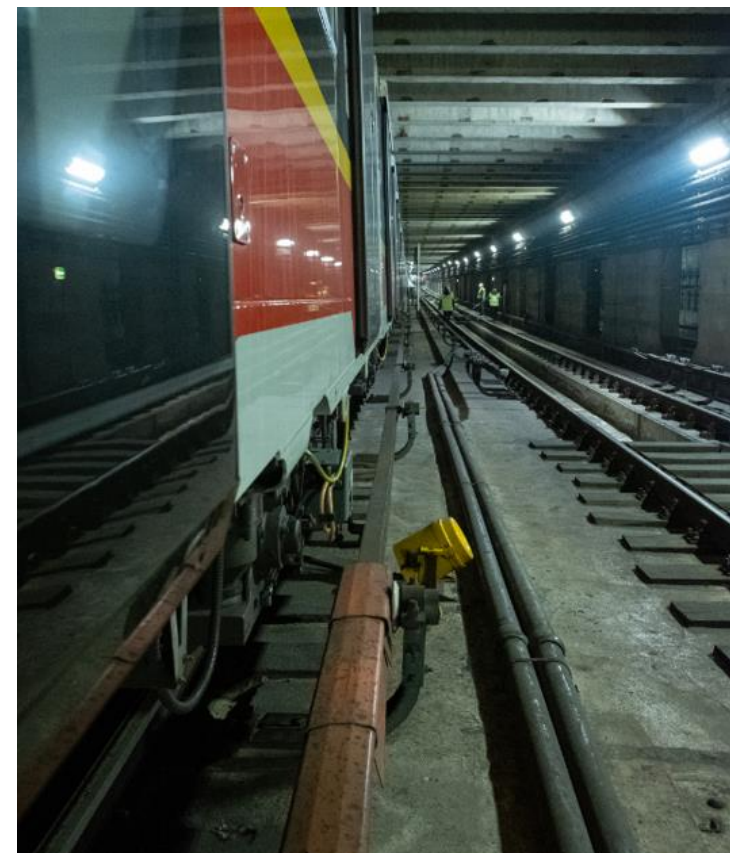
# Automatyzacja pojazdów metra – cele do osiągnięcia (2)

scentralizowane zarządzanie  
synchronizacją rozruchu oraz  
hamowania pojazdów

kontrola obciążenia pojedynczej  
podstacji trakcyjnej / ograniczenie  
jednoczesnego rozruchu pojazdów  
w obszarze

jazda energooszczędna w oparciu  
o profil jazdy automatycznej

zmniejszenie energochłonności  
realizowanego procesu  
przewozowego



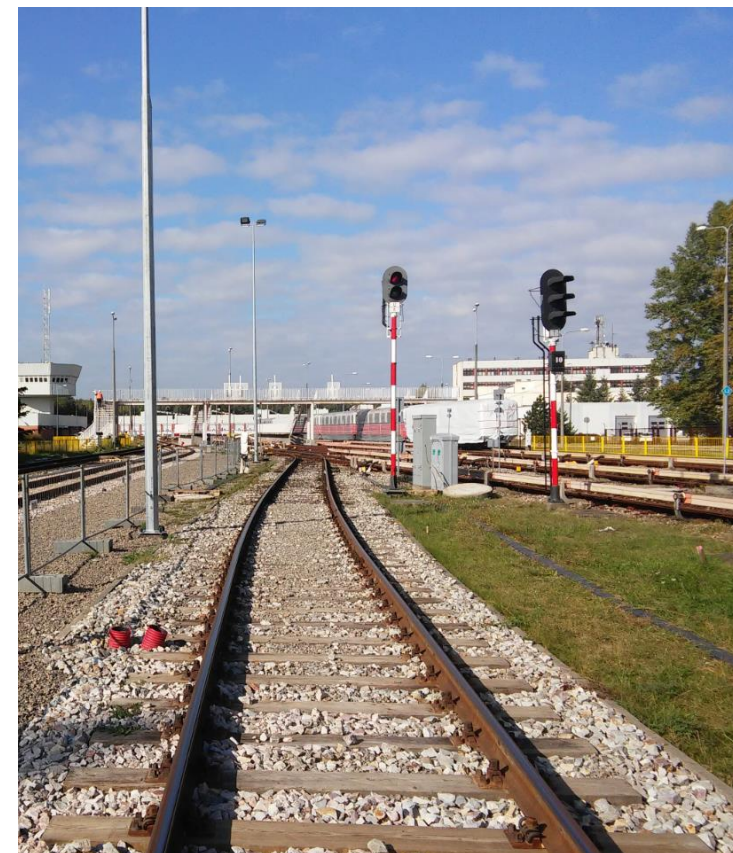
# Automatyzacja pojazdów metra – cele do osiągnięcia (3)

redukcja do absolutnego minimum urządzeń instalowanych w infrastrukturze

wprowadzenie scentralizowanej diagnostyki predykcyjnej dla pojazdów i infrastruktury

instalacja systemu na STP Kabaty

zmniejszenie kosztów obsługi i utrzymania systemu





# Autonomizacja pojazdów metra – efekty wdrożenia



# Autonomizacja pojazdów metra i potencjalne obszary działania

- ☐ I Linia Metra Warszawskiego
- ☐ III Linia Metra Warszawskiego
- ☐ Nie tylko pojazdy metra ...
- ☐ Tramwaje oraz aglomeracyjny transport szynowy
- ☐ Wydzielone linie kolejowe nie objęte Technicznymi Specyfikacjami Interoperacyjności TSI
- ☐ ATO over ETCS dla linii kolejowych z wymaganą zgodnością z TSI



# Koniec części pierwszej

└ dr inż. Wawrzyniec Wychowański  
*wawrzyniec.wychowanski@metroprojekt.pl*

Biuro Projektów "Metroprojekt" spółka z o.o.

03-982 Warszawa, ul. Kosmatki 8 / tel. (0 22) 628 47 75 / e-mail: [biuro@metroprojekt.pl](mailto:biuro@metroprojekt.pl)

# Agenda – Plan prezentacji, część 2: interfejsy

- Interfejs a powiązanie w projektowaniu
- Powiązania urządzeń komputerowych
- Standaryzacja interfejsów
- Założenia projektu standaryzacji interfejsów
- Schemat blokowy interfejsów systemów ksrk
- Przewidywane efekty projektu BRIK

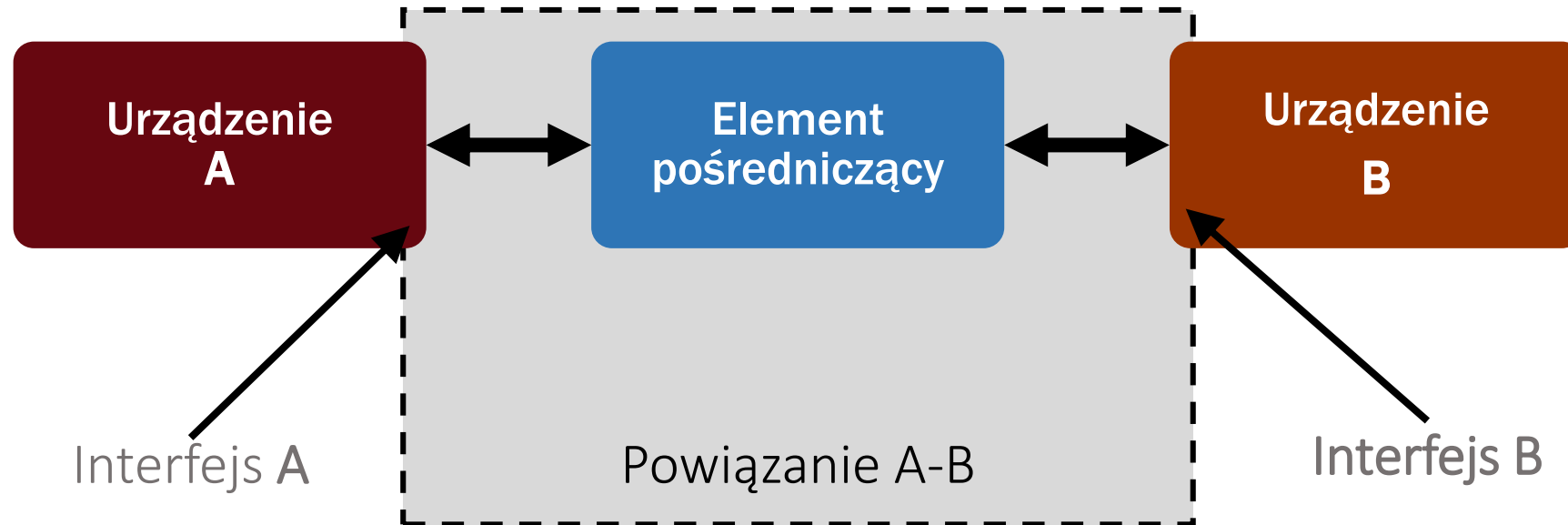




# Interfejs a powiązanie w projektowaniu

## Interfejs ≠ Powiązanie

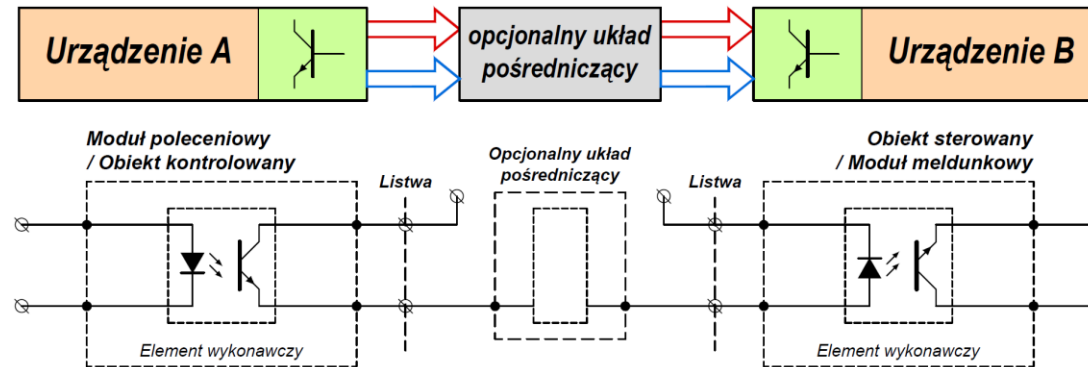
- **Interfejs** – układ wejść i wyjść danego urządzenia wraz z sygnałami przez nie przesyłanymi i logiką
- **Powiązanie** – układ połączeń wykorzystujący interfejsy urządzeń, który umożliwia łączenie i współpracę pomiędzy urządzeniami



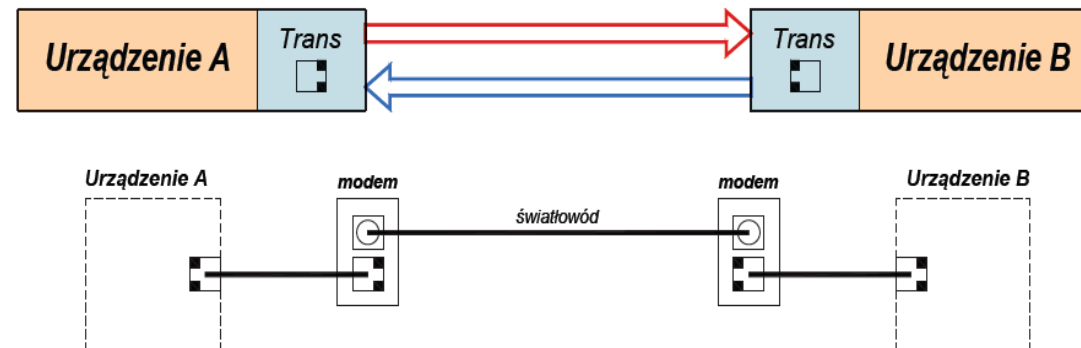
# Powiązania urządzeń komputerowych

26

## a) elektroniczne binarne



## b) elektroniczne komunikacyjne



# Standaryzacja interfejsów

## Inicjatywa PKP PLK (BRIK)

- *Badania i opracowanie standardowych rozwiązań technicznych w zakresie interfejsów w komputerowych urządzeniach sterowania ruchem kolejowym (srk)*
- Zamawiający  
**NCBiR i PKP PLK S.A.**
- **BRIK** - Badania i Rozwój w Infrastrukturze Kolejowej

Instytut Kolejnictwa oraz Rail-Mil Computers Sp. z o.o. Sp.k. realizują projekt dofinansowany z Funduszy Europejskich pt. „Standaryzacja wybranych interfejsów komputerowych urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym (srk)”

Celem projektu jest opracowanie specyfikacji ustandaryzowanych interfejsów komputerowych urządzeń srk, umożliwiających osiągnięcia kompatybilności elementów różnych typów, oferowanych przez różnych producentów.



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



[www.mapadotacji.gov.pl](http://www.mapadotacji.gov.pl)



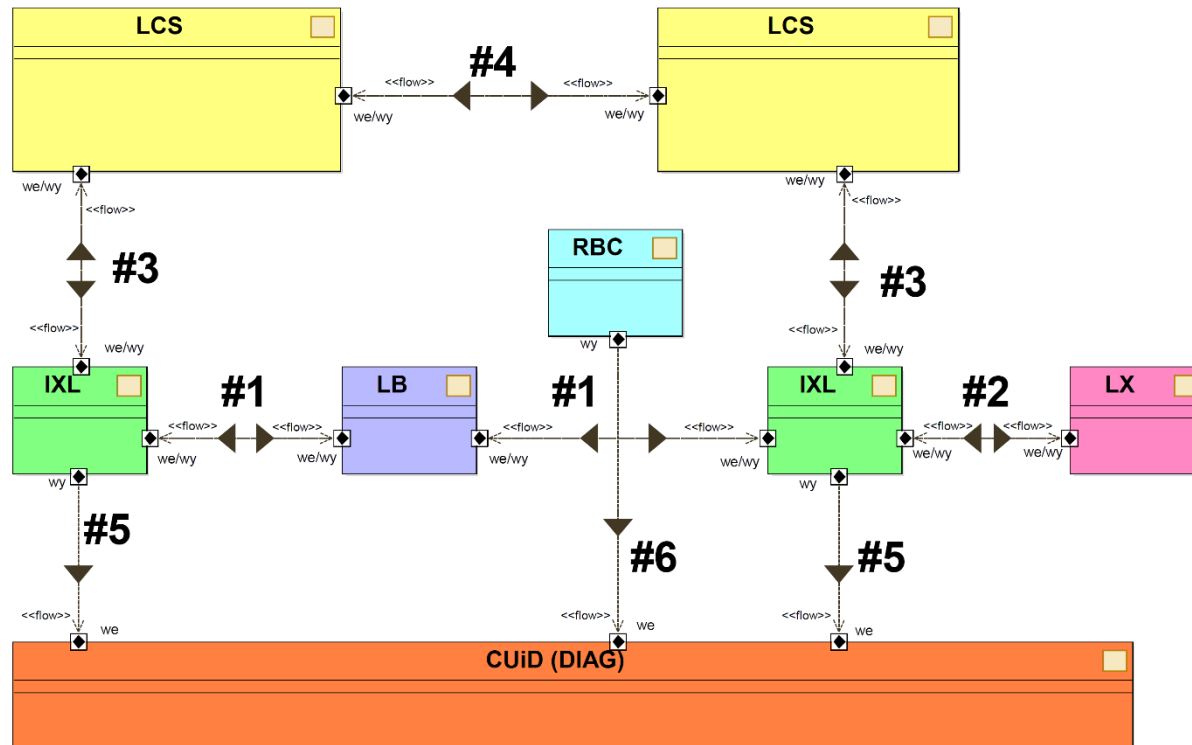
# Założenia projektu standaryzacji interfejsów

- Określenie listy elementów występujących w podsystemie „Sterowanie”
- Identyfikacja wszystkich teoretycznych możliwych interakcji między tymi elementami (macierz elementów podsystemu „Sterowanie”),
- Ograniczenie listy interfejsów do faktycznie występujących w podsystemie „Sterowanie”,
- Wybór, wspólnie z PKP PLK S.A. interfejsów wymagających standaryzacji

Etap	Wykonawca	Opis prac w etapie
1	IK	Definicja listy interfejsów
2	IK	Specyfikacja interfejsów: IXL – LB, IXL – LX
3	IK	Specyfikacja interfejsów: IXL – LCS, LCS – LCS, IXL – CUiD, RBC – CUiD
4	RMC	Opracowanie modeli interfejsów: IXL – LB, IXL – LX
5	RMC	Opracowanie modeli interfejsów IXL – LCS, LCS – LCS, IXL – CUiD, RBC – CUiD
6	IK	Przeprowadzenie badań laboratoryjnych interfejsów: IXL – LB, IXL – LX
7	IK	Przeprowadzenie badań laboratoryjnych interfejsów: IXL – LCS, LCS – LCS, IXL – CUiD, RBC – CUiD
8	RMC	Przygotowanie badań terenowych wybranych interfejsów
9	IK	Przeprowadzenie badań terenowych wybranych interfejsów



# Schemat blokowy interfejsów systemów ksrk



- 1) **LB – IXL** (blokada liniowa – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- 2) **LX – IXL** (urządzenia przejazdowe – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- 3) **LCS – IXL** (lokalne centrum sterowania – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- 4) **LCS – LCS** (lokalne centrum sterowania – lokalne centrum sterowania),
- 5) **IXL – CUID** (urządzenia stacyjne zależnościowe – centrum utrzymania i diagnostyki),
- 6) **RBC – CUID** (radiowe centrum sterowania – centrum utrzymania i diagnostyki).

# Przewidywane efekty projektu BRIK

- Przyjęcie uniwersalnego protokołu transmisji danych między urządzeniami ksrk – UDPS
- Standardowe interfejsy urządzeń i systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym
- Dokumentacja zawierająca opis standardów
- Wytyczne stosowania i projektowania tych interfejsów
- Uproszczenie projektowania i implementacji interfejsów
- Możliwość wdrożenia modułowej architektury systemu ksrk

# Dziękujemy za uwagę.

---

dr inż. Paweł Wontorski  
[pawel.wontorski@metroprojekt.pl](mailto:pawel.wontorski@metroprojekt.pl)