

Ekspertyza

**Wdrożenie systemu ETCS poziom 1 LS (Limited Supervision)
na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T**

WARSZAWA, 23 grudnia 2024 r.

STRONA DOKUMENTACYJNA		
1. Nr projektu: 004303	2. Rodzaj pracy: ekspertyza	3. Język: polski
4. Tytuł i podtytuł: Wdrożenie systemu ETCS poziom 1 LS (Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T		7. Nakład: 2 egz.
		8. Stron: 137
		9. Rys.: 34
		10. Fot.: -
5. Tytuł i podtytuł w tłumaczeniu: nie dotyczy	6. Tytuł i podtytuł w tłumaczeniu: nie dotyczy	11. Tabl. 29
		12. Wykr.: -
		13. Zał./Str.: -
10. Autorzy: dr hab. inż. Marek Pawlik, prof. IK, dr inż. Andrzej Białoń, prof. IK mgr inż. Marta Rogowska-Jędra, mgr inż. Beata Piwowar, mgr inż. Krzysztof Ochociński, dr inż. Magda Kycko mgr inż. Paweł Gradowski, mgr inż. Przemysław Brona, mgr inż. Piotr Chyliński, dr Krzysztof Polak		
14. Wykonawca: Instytut Kolejnictwa ul. Chłopickiego 50 04-275 Warszawa	15. Zleceniodawca: Ministerstwo Infrastruktury ul. Chałubińskiego 4/6 00-928 Warszawa	
16. Streszczenie: Przeprowadzono ekspertyzę w zakresie wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie LS (Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T. W ramach pracy przybliżono najważniejsze zagadnienia związane z kontrolą jazdy pociągów (samoczynne hamowanie pojazdu, system ETCS, w tym poziomy oraz tryby pracy). Opisano charakterystyki linii kolejowych, będących poza siecią TEN-T. Określono nakłady konieczne dla wdrożenia analizowanych rozwiązań, a także zidentyfikowano zagrożenia związane z ewentualnym wprowadzeniem systemu ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision. Przeanalizowano możliwe rozwiązania techniczne w zakresie LS (warianty) oraz dokonano ich oceny na podstawie przeprowadzonej analizy wielokryterialnej.		
17. Dostępność: do użytku Ministerstwa Infrastruktury oraz Instytutu Kolejnictwa	18. Rozdzielnik Ministerstwo Infrastruktury – 1 egz. Instytut Kolejnictwa – 1 egz.	
19. Słowa kluczowe wg PKT: kontrola jazdy pociągów, SHP, ETCS, Limited Supervision, ograniczony nadzór		
20. Zatwierdzam (imię i nazwisko, funkcja/stanowisko):	21. Podpis:	22 Data: 23.12.2024

Spis treści

Spis treści	3
Wykaz skrótów	5
1 Cel i zakres ekspertyzy	7
2 Wprowadzenie	8
2.1 Podstawowe informacje o systemie SHP	8
2.2 Podstawowe informacje o systemie ETCS	11
2.3 Podstawowe informacje o koncepcji „Limited Supervision”	15
2.4 Główne argumenty używane w dyskusji o wdrożeniu systemu ETCS poziom 1 w trybie LS 16	
3 Opis techniczny systemu SHP	19
3.1 Przytorowa instalacja SHP	19
3.2 Czuwak aktywny stanowiący bazę pokładowej instalacji SHP	19
3.3 Pokładowa instalacja SHP	21
4 Opis techniczny systemu ETCS	24
4.1 Podstawowe informacje o systemie ETCS	24
4.2 Rozróżnianie wzorców, wydań, wersji, poziomów, trybów pracy	31
4.3 System ETCS w trybie pełnego nadzoru FS versus ETCS w trybie LS	41
4.4 Funkcje realizowane przez ETCS w różnych trybach pracy	43
4.5 Analiza powiązań infrastruktura – tabor	46
4.6 Obowiązek implementacji ETCS w przepisach prawnych	54
5 Rozpatrywane w Polsce warianty systemu ETCS poziom 1 w trybie LS	56
6 Analiza SPAD i nieuprawnionych uruchomień pojazdów kolejowych	60
6.1 Definicja SPAD:	60
6.2 Argumenty odnośnie SPAD używane do wdrożenia L1LS:	61
6.3 Wykaz SPAD prowadzony przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.	62
7 Wdrożenia systemu ETCS L1LS (Limited Supervision) w Europie	69
7.1 Szwajcaria	69
7.2 Belgia	74
7.3 Republika Czeska	77
7.4 Wnioski	82
8 Analiza zasadności wdrożenia systemu w Polsce	84
8.1 Funkcjonowanie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS w warunkach polskich	84
8.2 Charakterystyka linii kolejowych	86
9 Analiza ryzyka	101

9.1.	Definicja systemu	101
9.2.	Metodyka analizy ryzyka	101
10	Nakłady na wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie LS.....	111
10.1	Nakłady wyposażania infrastruktury i taboru kolejowego	111
10.2	Proces certyfikacji we wdrażaniu systemu ETCS poziom 1 w trybie LS	112
10.3	Wpływ modułów oceny na przebieg procesu certyfikacji systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS	114
10.4	Wpływ modułów oceny zgodności na koszty systemu ETCS poziom 1 w trybie LS.....	116
10.5	Podsumowanie.....	117
11	Analiza wielokryterialna	119
11.1.	Kryteria przyjęte do analizy	119
11.2.	Metodyka oceny kryteriów – zasady punktacji	121
11.3.	Wyniki oceny dla poszczególnych kryteriów.....	127
11.4.	Wyniki analizy wielokryterialnej	128
11.5.	Podsumowanie.....	129
12.	Wnioski i zalecenia	130
13.	Wykaz najważniejszych dokumentów	135
14.	Spis tabel	136
15.	Spis rysunków	137

Wykaz skrótów

Skrót	Wyjaśnienie
ATC	Automatic Train Control (Automatyczna Kontrola Pociągu)
ATO	Automatic Train Operation (Automatyczna Obsługa Pociągu)
ATP	Automatic Train Protection (Automatyczna Ochrona Pociągu)
AWS	Automatic Warning System (Automatyczny System Ostrzegania)
BKJP	Bezpieczna Kontrola Jazdy Pociągu (stosowane w Polsce)
CA	Czuwak Aktywny
CBTC	Communication Based Train Control – odpowiednik BKJP
CCO	Control Command On-board - urządzenia/systemy pokładowe tzn. instalowane w pojazdach trakcyjnych, współpracujące z urządzeniami przytorowymi
CC	Control Command – odpowiednik BKJP
COBiRTK	Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Transportu Kolejowego Obecnie Instytut Kolejnictwa
CPK	Centralny Port Komunikacyjny – jako zarządca infrastruktury kolejowej
DMI	Driver Machine Interface (Monitor Zobrazowania Maszynisty)
EOA	End of Authority, koniec zezwolenia na jazdę
EOG	Europejski Obszar Gospodarczy
ERA	European Railway Agency (Europejska Agencja Kolejowa – obecnie EUAR)
ERRI	European Railway Research Institute (Europejski Instytut Badań Kolejowych)
ERTMS	European Railway Traffic Management System/Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym Określenie łączne dla systemów ETCS i GSM-R (ewentualnie ETCS, RMR i ATO)
ETCS	European Train Control System (Europejski System Sterowania Pociągami Europejski system kontroli jazdy pociągu; system kontroli pociągu klasy A)
ETCS FRS	European Train Control System Functional Requirements Specification (Specyfikacja Wymagań Funkcjonalnych dla ETCS)
ETCS SRS	European Train Control System System Requirements Specification (Specyfikacja Wymagań Systemowych dla ETCS)
EUAR	European Union Agency for Railways (Agencja Kolejowa Unii Europejskiej)
FS	Full Supervision (Pełny nadzór - jeden z trybów pracy urządzeń pokładowych ETCS)
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System (Przyszły System Mobilnej Komunikacji Kolejowej)

Skrót	Wyjaśnienie
GSM-R	<i>GSM for Railways</i> (Kolejowa Sieć GSM - Europejski system łączności kolejowej; system głosowej łączności radiowej oraz radiowej wymiany danych klasy A)
LEU	Lineside Electronic Unit (koder)
LS	Limited Supervision (Ograniczony nadzór - jeden z trybów pracy urządzeń pokładowych ETCS)
LSSMA	Lowest Supervised Speed within the Movement Authority (Najniższa nadzorowana prędkość w ramach zezwolenia na jazdę)
RBC	Radio Block Centre (Centrum sterowania radiowego)
Reverse STM	Reverse Specific Transmission Module (Odwrócony Specyficzny Moduł Transmisyjny)
RMR	Railway mobile radio (Kolejowe radio mobilne)
SHP	Samoczynne Hamowanie Pociągu (polski system ostrzegania maszynistów; polski system kontroli pociągu klasy B)
SPAD	Signal Passed At Danger, przejazd za sygnalizator wskazujący sygnał „Stój”, względnie przejechanie miejsca będącego odpowiednikiem fizycznego sygnalizatora wskazującego sygnał „Stój” przy sygnalizacji kabinowej czyli przejazd za koniec zezwolenia na jazdę
srk	System sterowania ruchem kolejowym
STM	Specific Transmission Module/Specyficzny Moduł Transmisyjny
TEN-T	Trans-European Transport Network (Transeuropejska sieć transportowa)
TSI	Technical Specification for Interoperability / Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności
UE	European Union (Unia Europejska)
UIC	International Union of Railways (Międzynarodowy Związek Kolei)
UNIFE	European Rail Supply Industry Association

1 Cel i zakres ekspertyzy

Celem dokumentu jest przeprowadzenie analizy zasadności wdrożenia systemu ETCS poziomu 1 w trybie Limited Supervision (Ograniczony Nadzór) na części sieci kolejowej nieujętej w sieci TEN-T. Analizie podlegają zaproponowane w dokumencie¹ warianty systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS. Wynikiem pracy jest rekomendacja Wykonawcy w zakresie zasadności stosowania ww. wariantów na odcinkach linii o danej charakterystyce uwzględniając aspekt techniczny, ekonomiczny oraz bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego, w tym przede wszystkim ograniczenia przejechania semafora z sygnałem S 1 „Stój”.

Zakres niniejszego dokumentu

W opracowaniu przybliżono podstawowe informacje dotyczące systemów kontroli jazdy pociągów, w tym w szczególności samoczynnego hamowania pojazdu (SHP), systemu ETCS, jego poziomów oraz trybów pracy (m.in. Limited Supervision). Szczegółowej analizie poddano system ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru (Limited Supervision). Przeanalizowano możliwe rozwiązania techniczne w zakresie systemu (warianty). Dokonano charakterystyki linii kolejowych będących poza siecią TEN-T, w tym w szczególności pod kątem ich obciążenia i dopuszczalnych prędkości. Opisano proces certyfikacji dla poszczególnych wariantów, w tym kosztów, a także określono wpływ modułów oceny na przebieg procesu certyfikacji dla systemu ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision.

Przeanalizowano również tryb LS w innych krajach. Opisano doświadczenia zarządców kolejowych ze Szwajcarii, Belgii oraz Republiki Czeskiej.

W ramach ekspertyzy dokonano również analizy ryzyka, identyfikując najważniejsze zagrożenia wynikające z wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision, a także określono nakłady konieczne do wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru (LS) na liniach kolejowych znajdujących się poza siecią TEN-T. Ostatnim elementem ekspertyzy było wykonanie analizy wielokryterialnej, umożliwiającej ocenę zasadności wdrożenia poszczególnych wariantów trybu ograniczonego nadzoru w porównaniu do systemu funkcjonującego w trybie pełnego nadzoru (Full Supervision).

¹ Koncepcja techniczna systemu ETCS poziom 1 LS (Limited Supervision) - linie poza siecią KPW „Sterowanie” — nowe podejście

2 Wprowadzenie

Uznaje się, że dla zrozumienia przedstawionych w ekspertyzie zagadnień oraz toku rozumowania autorów, a także wniosków konieczne jest przekazanie w ramach wprowadzenia podstawowych informacji odnośnie systemu SHP, systemu ETCS, oraz koncepcji „Limited Supervision”.

2.1 Podstawowe informacje o systemie SHP

W system Samoczynnego Hamowania Pociągów – system SHP – wyposażonych jest w Polsce siedemnaście tysięcy kilometrów linii kolejowych (w większości dwutorowych), oraz niemal wszystkie pojazdy trakcyjne (są bardzo nieliczne wyjątki). W porównaniu do innych systemów opartych na wymianie informacji pomiędzy urządzeniami w torach i urządzeniami na pojazdach jest to system bardzo szeroko stosowany. Wynika to między innymi z dziesiętków lat braku rozwoju takich systemów w Polsce. System pozostaje w eksploatacji ponad pięćdziesiąt lat. System ten szeroko omawia książka pt. „Urządzenia SHP typu punktowego”² z 1971 r., wydana ponad 50 lat temu, z której już z pierwszego rozdziału dowiadujemy się między innymi że:

„Wszystkie tego rodzaju urządzenia, [od autora: w tekście wcześniej mowa o blokadach liniowych zwiększających przepustowość szlaków pomiędzy stacjami kolejowymi] nawet w najnowocześniejszym rozwiązaniu, nie zapewniają jednak absolutnego bezpieczeństwa pociągów poruszających się po szlaku i wjeżdżających na stacje. Ciągle jeszcze bezpieczeństwo ruchu jest uzależnione od czujności maszynisty i bezwzględnego przestrzegania przez niego informacji wynikających ze wskazań na semaforach, w szczególności zaś - od zatrzymania pociągu przed semaforem wskazującym sygnał „Stój”. Niedostosowanie się maszynisty do wskazań sygnałowych na semaforach może być przyczyną katastrofy.

Współczesny maszynista, prowadzący coraz to szybsze pociągi po szlakach wyposażonych w dużą liczbę semaforów z wieloma wskazaniem, jest poddany nieustannemu napięciu nerwowemu, co ma istotny wpływ na jego stan psychiczny, a tym samym i na sposób prowadzenia pociągu. Jeśli do czynników tych dodamy jeszcze inne niekorzystne warunki jak:

- zła widzialność (mgła, deszcz, śnieżyca, dym z innych pociągów przesłaniający sygnały),
- zmylenie sygnałów przy wjeździe na stację o dużej liczbie semaforów
- odwrócenie uwagi maszynisty od sygnałów wskutek technicznych usterek pojazdu trakcyjnego,
- omyłność zmysłów,
- monotonia jazdy ,
- nagła niedyspozycja,

to musimy liczyć się z możliwością popełnienia przez maszynistę omyłki, która może doprowadzić do przejechania sygnału „Stój”. Ponieważ ludzkiej omyłności nie można całkowicie wykluczyć, dlatego też specjaliści na całym świecie pracują od wielu lat nad skonstruowaniem takiego urządzenia, które w chwili zawodności człowieka będzie czuwało nad bezpieczeństwem poruszającego się pociągu.

W wyniku prac prowadzonych od blisko 100 lat [od autora: pisze autor w roku 1971] stworzono wiele systemów i typów urządzeń, od najprostszych mechanicznych do bardziej skomplikowanych, w których wykorzystano elementy elektroniczne. Tylko niektóre z nich znalazły szersze zastosowanie i ich opis jest podany w części pierwszej.

[...]

W roku 1931 rozpoczęto badania urządzeń systemu indukcyjno-rezonansowego typu 3-punktowego o częstotliwościach 500, 1 000 i 2 000 Hz z kontrolą szybkości [od autora : to z tej technologii sprzed blisko 100 lat korzysta system SHP, ale po jej uproszczeniu do jednej częstotliwości]. W trzy lata później ruszyła seryjna produkcja tych urządzeń oraz ich montaż na pojazdach trakcyjnych. Produkcję prowadziły trzy podstawowe firmy niemieckie VES (Siemens i Halske), Lorenz AG i Knorr-Bremse AG. [...] Urządzenia te znane są obecnie pod nazwą Indusi.

[...]

² Świderski B., Urządzenia SHP typu punktowego, Warszawa 1971.

System Indusi, w którym wykorzystano zjawiska zachodzące w sprzężonych obwodach rezonansowych, jest stosowany lub wypróbowywany przez Zarządy Kolejowe Jugosławii, Rumunii, Hiszpanii, Portugalii, Indii i Australii. Podobne systemy indukcyjne są stosowane na kolejach ZSRR, Polski, CSRS, NRD, Szwajcarii, USA, Austrii, Japonii, Francji, Belgii.

[...]

W Polsce, [...] w roku 1960 rozpoczęto badania eksploatacyjne urządzeń kabinowych SHP typu dwupunktowego (1 000 i 2 000 Hz), zbudowanych w COBiRTK³ [od autora: obecnie Instytut Kolejnictwa] i zamontowanych na 8 parowozach. Badania te przeprowadzono na linii Bydgoszcz - Kutno. Punkty oddziaływania znajdowały się przy tarczach ostrzegawczych oraz semaforach i były uzależnione od ich wskazań. W roku 1965 rozpoczęto badania terenowe prototypowych urządzeń SHP typu jednopunktowego (1 000 Hz) bez uzależnienia, opracowanych w COBiRTK a wyprodukowanych przez Zakłady Wytwórcze Urządzeń Sygnalizacyjnych w Welnowcu. Od lipca 1966 r. datuje się seryjna produkcja tych urządzeń oraz powszechne ich stosowanie na pojazdach trakcyjnych i sieci PKP⁴. Dalsze prace modernizacyjne urządzeń SHP na PKP są prowadzone w kierunku uzależnienia urządzeń torowych od wskazań semaforów i wyposażenia urządzeń kabinowych w zespoły kontrolujące szybkość pojazdu trakcyjnego na drodze hamowania.”

Od lipca 1966 r. powszechnie stosuje się SHP w pojazdach trakcyjnych i na sieci kolejowej w Polsce, przy czym są to urządzenia jednopunktowe bez uzależnienia od wskazań sygnalizatorów i bez kontroli prędkości.

Z tej samej książki⁵, tyle że z ostatniego rozdziału dowiadujemy się, że

„Przyjęty na PKP system rezonansowy urządzeń SHP typu punktowego miał stanowić pierwszy etap rozwoju i stosowania tych urządzeń. W chwili obecnej, ze względu na zarysowujące się w szerokim zakresie tendencje w polityce modernizacji kolei w PRL polegające na wybraniu najodpowiedniejszych kierunków rozwojowych i unowocześnienia PKP, nie ma jeszcze ostatecznej decyzji co do dalszego rozwoju urządzeń SHP. Jeśliby decyzja została podjęta w kierunku kontynuowania dalszej rozbudowy i modernizacji urządzeń SHP, to drugi etap rozwoju tych urządzeń zawierałby modernizację obecnego systemu. Polegałaby ona na wprowadzeniu w pierwszej kolejności kontroli szybkości na drodze hamowania przed semaforem. Modernizacja taka podniosłaby niewątpliwie istniejący stopień bezpieczeństwa ruchu pociągów. Pierwszą fazą tego etapu byłoby uzależnienie rezonatorów od wskazań sygnalizatorów przytorowych. Tylko w takim przypadku wprowadzenie kontroli szybkości byłoby uzasadnione. Kontrola szybkości na drodze hamowania wyeliminowałaby w znacznym stopniu możliwość przejazdu obok semafora z sygnałem „Stój”. Zadziałanie urządzenia SHP tylko wówczas, gdy semafor wskazuje sygnał „Stój”, przyczyniłoby się do większego respektowania sygnału ostrzegawczego i wzmożonej czujności drużyny trakcyjnej. Periodyczne naciskanie przycisku czujności przed każdym semaforem w urządzeniach bez uzależnienia, przyzwyczajają maszynistów do niebezpiecznego nawyku, przy którym nawet w chwili krótkiej drzemki potrafią podświadomie nacisnąć przycisk czujności, nie zwracając uwagi, do jakiego sygnału zbliża się pociąg. Naciśnięcie przycisku czujności wyłącza możliwość spowodowania samoczynnego hamowania pociągu i umożliwia kontynuowanie jazdy z pełną szybkością, mimo że semafor, do którego zbliża się pociąg, wskazuje sygnał „Stój”.

Z przedstawionego przykładu wynika, jak dużą korzyść w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa ruchu może wnieść uzależnienie oddziaływania rezonatorów w połączeniu z zastosowaniem kontroli szybkości. Potwierdzeniem tego są doświadczenia innych zarządków kolejowych, które od dawna stosują taki system.

W zależności od kierunku przyjętej decyzji dalszy rozwój urządzeń SHP typu punktowego mógłby pójść drogą zastosowania kontroli szybkości i zwiększenia liczby przekazywanych z toru na pojazd informacji w oparciu

³ obecnie Instytut Kolejnictwa

⁴ PKP – Polskie Koleje Państwowe – do 2001 r. zarządca linii kolejowych w Polsce

⁵ Świderski B., Urządzenia SHP typu punktowego, Warszawa 1971

o maksymalne wykorzystanie sprzętu już istniejącego i eksploatowanego lub przejść na drogę całkowitej modernizacji tych urządzeń w oparciu o kontrolę tych szybkości i maksymalną liczbę informacji niezbędnych do prowadzenia szybkiego ruchu. Decyzja o kierunku wykorzystania do maksimum istniejącego sprzętu miałaby już do wyboru pewne koncepcje, które zostaną w skrócie przedstawione.

K o n c e p c j a 1.

Podstawą tej koncepcji jest całkowite wykorzystanie istniejących urządzeń torowych i kabinowych bez potrzeby wykonywania większych zmian konstrukcyjnych. Urządzenia torowe stanowią dwa rezonatory 1 000 Hz uzależnione od tarczy ostrzegawczej. Jeden z nich jest usytuowany 200 m przed tarczą ostrzegawczą, drugi obok niej. Oba rezonatory są uzależnione od wskazań sygnałowych tarczy ostrzegawczej. Dla sygnalizatora z sygnałem „Stój” czynne są oba rezonatory, dla sygnalizatora z sygnałem „Wolna droga ze zmniejszoną szybkością” czynny jest tylko rezonator przy tarczy ostrzegawczej. Dla sygnalizatora z sygnałem „Wolna droga” oba rezonatory są wyłączone. Urządzenia kabinowe pozostają bez zmian, jedynie pomiędzy aparatem głównym a szybkościomierzem jest wbudowana przystawka czasowa, która po upływie około 20 s od zadziałania urządzenia kontroluje szybkość pojazdu. Jeśli szybkość jest większa od ustalonej, to rozpoczyna się samoczynne hamowanie. Oddziaływanie dwóch rezonatorów dla sygnalizatora z sygnałem „Stój” daje pewną gwarancję zadziałania urządzenia nawet w razie uszkodzenia jednego z nich.

K o n c e p c j a 2.

Polega ona na tym, że rezonatory 1 000 Hz są ułożone po obu stronach toru oraz uzależnione od wskazań tarczy ostrzegawczej i semafora. Urządzenia umieszczone w pojeździe trakcyjnym ulegają przeróbce schematowej. Informacje są tworzone z kombinacji oddziaływania poszczególnych rezonatorów.

- Informacja nr 1-oddziaływanie rezonatora prawego (R1 lub R4).
- Informacja nr 2-oddziaływanie rezonatora lewego (R2).
- Informacja nr 3-oddziaływanie rezonatorów R3 i R4 jednocześnie, w pewnych granicach tolerancji.

Każdy czujnik ma własny przekaźnik impulsowy umieszczony w lokomotywie. Czujniki są przełączane na odpowiednie przekaźniki w zależności od kierunku jazdy. Rodzaj otrzymanej informacji jest odczytany w zespole wykonawczym poprzez stan przekaźników impulsu. Koncepcja ta daje możliwości różnych wariantów ruchowych.

K o n c e p c j a 3.

W koncepcji tej założono 3-punktową kontrolę szybkości na drodze hamowania przed semaforem z sygnałem „Stój”. Jest to maksymalna liczba punktów kontroli przy uwzględnieniu wykorzystania tylko istniejących zestyków szybkościomierza. Dla przekazywania informacji zastosowano tu cztery częstotliwości. Znaczenie informacji podporządkowanym poszczególnym częstotliwościom byłoby następujące:

- f1 -informacja ostrzegająca o zbliżaniu się do sygnału ograniczającego szybkość,
- f2 -pierwsza kontrola szybkości przed sygnalizatorem z sygnałem „Stój” lub pierwsza kontrola szybkości przed sygnalizatorem z sygnałem ograniczającym szybkość do 40 km/h,
- f3 -druga kontrola szybkości przed sygnalizatorem z sygnałem „Stój” lub druga kontrola przed sygnalizatorem z sygnałem „40 km/h”,
- f4 -trzecia kontrola szybkości przed sygnalizatorem z sygnałem „Stój”.

Z rezonatorów o różnej częstotliwości można w tym przypadku robić pewne kombinacje, które umożliwiają zwiększenie liczby przekazywanych informacji. Stosowanie w miejscu oddziaływania dwóch oddzielnych

rezonatorów zwiększa stopień pewności oddziaływania i stwarza pewnego rodzaju warunki samokontroli rezonatorów umieszczonych w danym miejscu oddziaływania. Uszkodzenie jednego z rezonatorów i przyjęcie informacji przez urządzenia kabinowe tylko jednej informacji powoduje natychmiastowy alarm. Przy założeniu, że jedna informacja może się składać nie tylko z dwóch, ale z trzech częstotliwości, można stworzyć warunki dla uzyskania 8 informacji.

Koncepcja 2 i 3 mają wiele wariantów, które znacznie różnicują urządzenia w zależności od potrzeb i warunków. Przedstawione tu koncepcje są tylko fragmentem możliwości, jakie można uzyskać stosując urządzenia systemu punkowego.

Komisja ORE⁶, która rozpatrywała systemy stosowane na różnych kolejach, stwierdziła, że systemy punkowe - jako urządzenia już istniejące - powinny być modernizowane w kierunku zwiększenia liczby przekazywanych informacji i kontroli szybkości, w celu zwiększenia bezpieczeństwa ruchu pociągów w najbliższej przyszłości.

Na początku lat 70-tych XX w. jasne było, że jednopunktowe SHP bez uzależnienia od wskazań sygnalizatorów nie zapewnia bezpieczeństwa ruchu. Dostępne były koncepcje uzależnienia, ale nie zostały zrealizowane.

ORE (późniejsze ERRI, które opracowało ETCS w latach 90-tych XX w.) na końcu lat 60-tych XX w. rekomendowało kontrolę prędkości na dojeździe do sygnału „Stój”. W Polsce nie podjęto realnych działań.

2.2 Podstawowe informacje o systemie ETCS

Koleje narodowe w ramach Międzynarodowego Związku Kolei UIC w roku 1992 rozpoczęły prace nad europejskim systemem kontroli zgodności jazdy pociągów z zezwoleniami – nad systemem ETCS – od podpisania „Deklaracji projektu ETCS”. Deklarację podpisało między innymi Przedsiębiorstwo Państwowe Polskie Koleje Państwowe. Zgodnie z zapisami deklaracji opracowanie Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami uznano za konieczne zarówno ze względów ekonomicznych, jak i ze względów biznesowych i technicznych. Jednocześnie zunifikowane rozwiązania europejskie zaczęto określać jako systemy „klasy A”, a rozwiązania krajowe jako systemy „klasy B”.

Czytając Deklarację projektu ETCS [2] z roku 1992 dowiadujemy się, że przyczyny te były następujące (tekst opracowano na podstawie oryginału deklaracji w języku angielskim):

Ekonomiczne przyczyny opracowania europejskiego systemu klasy A:

Uznano, że postępująca liberalizacja transportu prowadzi do ciągłego wzrostu konkurencji pomiędzy różnymi rodzajami transportu, a ta wymaga między innymi ograniczenia zarówno kosztów zakupu, zabudowy oraz utrzymania systemów CBTC/CC [od autora: ang. Communication Based Train Control (tym określeniem rodzaju urządzeń posługuje się transport miejski np. Metro w Warszawie) lub ang. Control Command (tym określeniem posługuje się prawo kolejowe UE) oba są synonimami i odpowiadają polskiemu BKJP czyli bezpiecznej kontroli jazdy pociągu]. Opracowanie jednego europejskiego systemu powinno prowadzić do ograniczenia kosztów dzięki efektowi skali, jednak od samego początku oczywiste było, że koniecznym, ale niewystarczającym, warunkiem ograniczenia kosztów jest zapewnienie konkurencji pomiędzy wieloma producentami. Systemy klasy B nie zapewniały konkurencji między producentami. Poszczególni producenci posiadali wyłączność na produkcję i zabudowę konkretnych systemów, ponieważ w skali poszczególnych sieci konieczne było zachowywanie spójności pomiędzy CCT i CCO [od autora: ang. Control Command Trackside

⁶ Międzynarodowa komisja, której obowiązki realizowane są obecnie przez Agencję Unii Europejskiej ds. Kolei

(urządzenia/systemy przytorowe tzn. instalowane na infrastrukturze zarówno w torach jak i budynkach/szafach w pobliżu torów) oraz ang. Control Command On-board (urządzenia/systemy pokładowe tzn. instalowane w pojazdach trakcyjnych, współpracujące z urządzeniami przytorowymi].

Krajowe systemy podobnie jak warstwa podstawowa powiązane były z przepisami ruchowymi obowiązującymi na poszczególnych sieciach kolejowych. Tym samym wprowadzenie systemu klasy A wymagało określenia sposobów modyfikowania działania systemu dla dostosowania go do przepisów obowiązujących na poszczególnych sieciach kolejowych. Brak takiej możliwości stawiałby koleje przed koniecznością unifikacji przepisów ruchowych i sygnalizacyjnych, która z wielu względów, w tym ze względu na olbrzymie zagrożenie bezpieczeństwa w okresie przejściowym uznana została za nie możliwą do zrealizowania. Jako alternatywę rozpatrywano opracowanie europejskiego systemu ATC o ograniczonej funkcjonalności. Wymagałoby to ograniczenia kontroli zgodności prowadzenia pojazdu przez maszynistę z zezwoleniami MA do podstawowych sytuacji ruchowych i bezwzględnie kompletnej informacji dostępnej dla urządzeń pokładowych. Jednak taki system nie zastąpiłby systemów klasy B.

Jednocześnie coraz bardziej dotkliwe stawały się bariery techniczne na granicach pomiędzy poszczególnymi sieciami kolejowymi – na granicach państw w tym w szczególności na wewnętrznych granicach w ramach Wspólnoty Europejskiej. Bariery celne dotyczyły wszystkich rodzajów transportu, ale bariery techniczne w konkurujących z koleją rodzajach transportu w praktyce nie istniały. Oznaczało to, że przyjęty sposób modyfikowania działania ETCS dla dostosowywania go do zróżnicowanych przepisów musi pozwalać nie tylko na wdrożenie takiego systemu w dowolnym kraju, ale także na płynne przejeżdżanie pomiędzy sieciami kolejowymi z automatycznym dostosowywaniem się do obowiązujących przepisów.

Z powodów ekonomicznych uzgodniono także, że opracowując europejski system należy ograniczyć do minimum ilość wszelkiego rodzaju kabli, zarówno informacyjnych, jak i zasilających.

Biznesowe przyczyny opracowania europejskiego systemu klasy A:

Uznano, że postępujący wzrost konkurencji pomiędzy różnymi rodzajami transportu wymaga oferowania przez kolej coraz bardziej niezawodnych, coraz bardziej bezpiecznych, coraz bardziej efektywnych ekonomicznie usług transportowych.

W transporcie pasażerskim rozpoczął się już proces wprowadzania usług transportowych z dużymi prędkościami. Usługi takie z natury rzeczy wymagają likwidacji barier na granicach poszczególnych sieci, gdyż te są przekraczane niemal zawsze przy pełnej prędkości jazdy. Wprowadzone na początku stosowanie wielu krajowych systemów pokładowych z ręcznym przełączaniem przez maszynistów, nie zapewnia satysfakcjonującego poziomu niezawodności i bezpieczeństwa. Wiele systemów CCO zmniejsza łączną niezawodność, a więc i dostępność taboru. Im więcej różnych pokładowych systemów AWS, ATP, ATC, [od autora: ang. Automatic Warning System AWS to systemy ostrzegania niekontrolujące prowadzenia pociągu; ang. Automatic Train Protection ATP to systemy automatycznej kontroli prędkości bez uwzględniania dynamiki ruchu; ang. Automatic Train Control ATC to systemy automatycznego sterowania prowadzące kontrolę prędkości z uwzględnieniem dynamiki ruchu; aktualne przepisy UE definiują także Automatic Train Operation ATO czyli automatyczne prowadzenie pociągów], tym więcej pojazdów trakcyjnych przewoźnik musi utrzymywać w gotowości do natychmiastowego wykorzystania w sytuacjach awarii. Awaria choćby jednego systemu powoduje niesprawność pojazdu uniemożliwiając jego wykorzystywanie do czasu naprawy lub ograniczając jego przydatność np. ograniczając maksymalną prędkość jazdy.

Uznano także, że w transporcie towarowym zapewnienie konkurencyjności kolei wymaga zwiększania długości i ciężaru składów oraz minimalizacji czy wręcz eliminacji strat czasu na granicach pomiędzy sieciami kolejowymi. Zatrzymywanie ciężkich pociągów towarowych i ich ponowne uruchamianie to olbrzymie zużycie mocy trakcyjnej. Wszędzie tam, gdzie tylko można należy unikać niepotrzebnych zatrzymań takich składów. Także to wskazano jako jeden z celów opracowania i wdrożenia ETCS.

Ręczne przełączanie się pomiędzy systemami przez maszynistów wprowadza zagrożenie jazdy przy włączonym niewłaściwym systemie, a zatem bez pobierania informacji o ograniczeniach jazdy, tym większe im więcej jest systemów zainstalowanych w pojeździe i tym większe im częściej maszynista musi systemy przełączać. Precyzyjne określenie ilości systemów AWS, ATP, ATC wykorzystywanych w Unii Europejskiej jest trudne, bo kilka systemów wdrożonych jest w więcej niż jednym kraju, ale z pewnymi modyfikacjami dla

ich dostosowania do wymagań kolei narodowych, a kilka innych posiada więcej niż jedną wersję ze względu na rozwój techniczny systemów bez zapewnienia pełnej spójności wszystkich wdrożeń przytorowych i wszystkich wdrożeń pokładowych. Liczenie takich systemów porównać można do liczenia ilości języków jakimi posługują się ludzie. Tak więc wiele systemów musi zostać zastąpionych zunifikowanym jednym europejskim systemem ATC. Jednocześnie ze względu na skalę sieci kolejowej w Europie i konieczność zapewnienia efektywności ekonomicznej, nie do zaakceptowania jest zamrożenie europejskiego systemu ATC. Założono, że system musi umożliwiać wprowadzanie w nim poważnych zmian przy czym opracowywanie kolejnych wersji systemu musi być możliwe z zachowaniem spójności z wcześniejszymi wersjami.

Techniczne przyczyny opracowania europejskiego systemu klasy A:

Uznano, że transport kolejowy podobnie jak konkurujące rodzaje transportu musi korzystać z postępu technicznego. Rozwiązania cyfrowe, programowalne, wielowarstwowe, oparte na bezprzewodowej transmisji danych, a także potencjalnie na przykład na nawigacji satelitarnej nie mogą pozostawać całkowicie poza koleją. Kolej bez nowoczesnych rozwiązań stałaby się powoli rozwiązaniem historycznym przede wszystkim w zakresie przewozów pasażerskich.

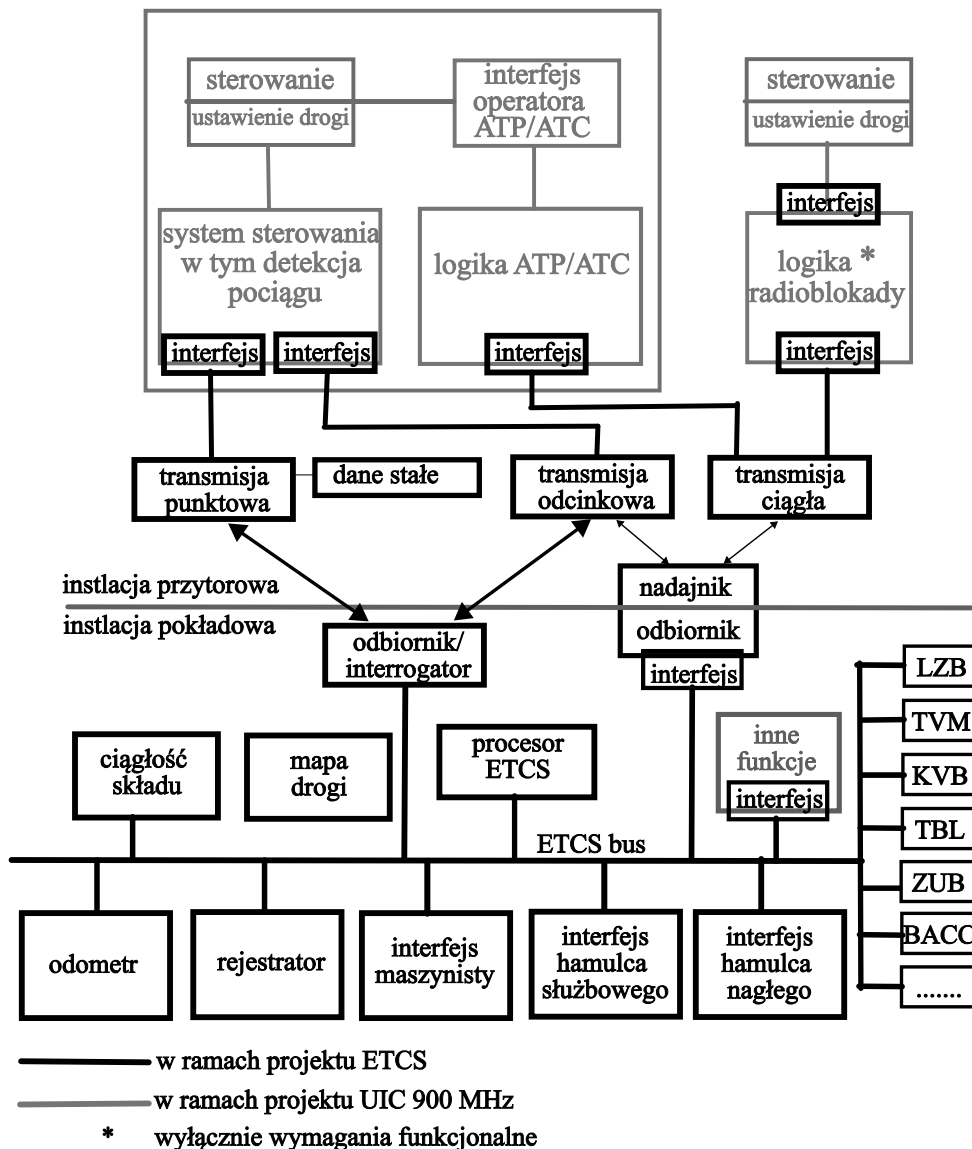
Jednocześnie wzrost złożoności rozwiązań technicznych powoduje wzrost kosztów opracowania takich rozwiązań. Konieczne są większe zespoły eksperckie, bardzo dobra koordynacja ich prac, szczegółowo i przejrzysto opracowywane dokumenty, narzędzia weryfikacji rozwiązań na różnych etapach opracowywania i wdrażania. Tym samym wzrasta koszt opracowania i wdrożenia systemu – rosną potrzebne środki finansowe oraz wydłuża się czas opracowania i wdrożenia nowego rozwiązania. Jednocześnie kolejowe warunki eksploatacji stawiają trudne do spełnienia wymagania w zakresie trwałości (kilkadziesiąt lat) i ostre wymagania środowiskowe (odporność na ekstremalne temperatury, wilgotność, drgania, zanieczyszczenie środowiska pracy, etc.).

Nie mniej istotnym wyzwaniem jest zapewnienie możliwości współpracy europejskiego systemu ATC z różnymi typami i różnymi generacjami systemów sterowania wykorzystywanych w warstwie podstawowej sterowania ruchem kolejowym.

Bezpieczeństwo ruchu nie było głównym celem projektu ETCS, bo wiele kolei wcześniej już na wielu liniach wdrożyła systemy ATC kontrolujące prędkość z uwzględnieniem dynamiki – kontrolujące hamowanie, tyle że były to różne rozwiązania. Brak było zgodności pomiędzy tymi rozwiązaniami.

Deklaracja projektu ETCS zawiera także zakres projektu przedstawiony schematycznie. Schemat ten przywołano poniżej. Na schemacie wyraźnie zaznaczono przyjmowaną wówczas koncepcję budowy urządzeń pokładowych z wykorzystaniem szyny wymiany danych ze szczegółowo zdefiniowaną technologią wymiany informacji pomiędzy poszczególnymi komponentami. Szyna „ETCS bus” miała zapewnić wymienialność modułów oferowanych przez różnych dostawców przemysłowych. Interoperacyjności pojazdów w stosunku do sieci kolejowych różnych krajów zapewnianej przez interoperacyjne instalacje na liniach i w pojazdach miała towarzyszyć wymienialność modułów. Koncepcja „interoperability + interchangeability” szybko stała się przyczyną braku współpracy ze strony przemysłu. Na schemacie poniżej (Rysunek 1) widać także planowane od deklaracji projektu powiązania ETCS z systemem GSM-R czyli projektem UIC dedykowanym do radia kolejowego w paśmie 900 MHz.

Zakres projektu ETCS wg Deklaracji ETCS z 1992 r.



Rysunek 1 Schemat powiązań systemu ETCS z GSM-R.
(źródło: Deklaracja projekt ETCS)

Na podstawie deklaracji projektu ETCS powołane i uruchomione zostały zespoły robocze do opracowania poszczególnych dokumentów łącznie definiujących system ETCS. Prace prowadzone były w latach 1994-1996, w ramach Europejskiego Instytutu Badań Kolejowych ERRI, wcześniej ORE.

Grupa ETCS FRS opracowywała wymagania funkcjonalne bez bezpośredniego udziału przemysłu. Koleje narodowe i Międzynarodowy Związek Kolei UIC stały na stanowisku, że wymagania na poziomie funkcjonalnym muszą uzgodnić przedstawiciele użytkowników. Specyfikacja ETCS FRS powstała bez udziału przedstawiciela kolei polskich, ale na bazie tej specyfikacji i wstępnych założeń odnośnie zobrazowania ETCS w kabinie maszynisty powstał prototyp zobrazowania, który był testowany między innymi w Polsce przez polskich maszynistów.

Do prac w grupie ETCS SRS i podprojektach przemysł został zaproszony. Udział przemysłu był jednak znikomy. W prace nad ETCS SRS zaangażowani byli natomiast przedstawiciele wielu kolei, w tym: belgijskich, brytyjskich, czeskich, duńskich, francuskich, hiszpańskich, holenderskich, niemieckich, polskich, szwedzkich. Znikomy udział przemysłu związany był z kontestowaniem przez przemysł idei precyzyjnego zdefiniowania systemu ETCS w publicznie dostępnych dokumentach, których szczegółowość miała pozwolić zarówno na zapewnienie pełnej spójności pomiędzy wyposażeniem pokładowym i wyposażeniem linii czyli na zapewnienie interoperacyjności, i likwidację barier na granicach, jak i na zapewnienie pełnej spójności na poziomie modułów czyli wymieniałości modułów od różnych producentów. Idea jednego europejskiego systemu klasy A burzyła pozycję poszczególnych podmiotów przemysłowych na rynkach poszczególnych krajów.

Specyfikacja ETCS SRS w wersji 03.01 wydana w sierpniu 1996 roku obejmowała blisko trzy tysiące stron podzielone na sześć tomów i uwzględniała zarówno wymóg interoperacyjności, jak i wymieniałości modułów. Uwzględniała wszystkie funkcjonalności zdefiniowane w specyfikacji ETCS FRS (wersja trzecia) wydanej w listopadzie 1995 roku i była powiązana z dokumentami szczegółowymi z podprojektów Eurobalise, Euroradio, ETCS MMI.

Następnie projekt na bazie umowy między UIC i Komisją Europejską został przejęty przez Unię Europejską, która jednocześnie zaczęła uwzględniać ETCS w powstających przepisach prawnych oraz włączyła przemysł w prace nad ETCS rezygnując z wymieniałości modułów.

Europejski System Sterowania Pociągiem - ETCS to zunifikowany system ATC kontrolujący prędkość z uwzględnieniem dynamiki – to zunifikowany system, który przy pełnym wdrożeniu w pełni kontroluje hamowanie pojazdów zarówno do sygnału „Stój”, jak i do ograniczeń prędkości.

2.3 Podstawowe informacje o koncepcji „Limited Supervision”

System ETCS zdefiniowany w latach dziewięćdziesiątych przy bezpośrednim dużym zaangażowaniu przedstawicieli wielu kolei europejskich nie obejmował trybu pracy ograniczonego nadzoru (**Limited Supervision**, dalej także **LS**). Obejmował dwa tryby jazdy pociągowej (**Full Supervision**, dalej także jako **FS**, oraz zlikwidowany później tryb propelling), kilka trybów jazdy z niepełnym nadzorem (**Partial Supervision**), jeden tryb jazdy manewrowej (**Shunting**), oraz kilka trybów pomocniczych.

Dla potrzeb migracji od systemów krajowych (systemów klasy B) do systemu ETCS (systemu klasy A) zdefiniowano tzw. Specyficzny Moduł Transmisyjny STM. Do wdrażania ETCS zobligowane były państwa UE. Były one także zobligowane do zapewnienia opracowania stosownych modułów STM. Obowiązku takiego nie miała Szwajcaria. Koleje szwajcarskie dysponując zaawansowanym systemem kontroli jazdy (system ZUB) po szczegółowych analizach zdecydowały, że zastosują koncepcję STM, ale nie w systemie ETCS, a w systemie ZUB.

Konfiguracja ETCS poziom 1 w trybie LS została wprowadzona do Specyfikacji Wymagań Funkcjonalnych ETCS na wniosek Szwajcarii. Przeciwny jej wprowadzeniu był w szczególności ‘przemysł ETCS’, czyli podmioty produkujące, instalujące i konfiguruje urządzenia ETCS na liniach kolejowych oraz w taborze trakcyjnym.

Szwajcaria zwracała uwagę na fakt, że nie jest członkiem Unii Europejskiej (UE). Nie jest nawet członkiem Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG), ale graniczy wyłącznie z krajami członkami UE. Regulacje prawne Parlamentu Europejskiego (PE) i Komisji Europejskiej (KE) w zakresie interoperacyjności kolei, w tym te dotyczące ETCS, mają zastosowanie zarówno do państw członków

UE, które wszystkie są członkami EOG, jak i do państw członków EOG nie będących członkami UE. Szwajcaria jednak nie jest członkiem ani UE ani EOG.

Na wniosek Szwajcarii do Specyfikacji ETCS SRS (do Specyfikacji Wymagań Systemowych) wprowadzone zostały dwa komplementarne rozwiązania, które łącznie pozwoliły Szwajcarii zachować spójność wewnętrzną kolei dzięki zachowaniu krajowego systemu ZUB do czasu pełnego przejścia na ETCS oraz zapewnić spójność swojego systemu kolejowego z systemem kolejowym UE wyposażonym sukcesywnie w ETCS. Obok konfiguracji ETCS poziom 1 w trybie LS był to tzw. odwrócony STM (Reverse STM). Jak wspomniano powyżej zdefiniowana w Specyfikacji ETCS SRS koncepcja specyficznych modułów transmisyjnych (STM) to metoda zapewniania migracji od systemów klasy B, w przypadku Szwajcarii od systemu ZUB, do ETCS czyli systemu klasy A. Moduł STM w pokładowej konfiguracji ETCS w oparciu o dane odbierane z krajowego systemu klasy B opracowuje zezwolenie na jazdę w języku systemu ETCS. Odwrócony STM w oparciu o dane odbierane z instalacji klasy A na linii kolejowej, czyli instalacji ETCS, generuje na pokładzie pojazdu dane dla pokładowego systemu klasy B. W tym celu do specyfikacji ETCS SRS wprowadzony został pakiet o numerze 44.

Warunkiem wprowadzenia do specyfikacji ETCS SRS konfiguracji ETCS poziom 1 w trybie LS oraz pakietu 44 było sfinansowanie przez Szwajcarię prac ‘przemysłu ETCS’ koniecznych dla dostosowania urządzeń ETCS do zmian w specyfikacji systemu.

Szwajcaria te koszty poniosła, a następnie wyposażyla szereg linii w instalacje ETCS poziom 1 w trybie LS włącznie z pakietem 44, oraz jednocześnie zmodyfikowała urządzenia pokładowe systemu klasy B, systemu ZUB, zainstalowane w większości szwajcarskich pojazdów trakcyjnych, tak aby korzystały z danych z pakietu 44 do nadzoru nad jazdą pociągów. Dzięki temu w Szwajcarii wdrażanie ETCS w pojazdach mogło być realizowane z zachowaniem spójności z systemem klasy B. Zauważyć przy tym należy, że w Szwajcarii nie ma podziału na zarządcę infrastruktury kolejowej i przewoźników kolejowych, co ułatwia koordynację wdrażania systemów, których komponenty są zabudowywane zarówno w taborze, jak i w infrastrukturze.

Polska jako państwo jest członkiem zarówno UE, jak i EOG, i musi instalować ETCS zgodnie z przepisami prawa UE. Zgodnie z Rozporządzeniem KE 2023/1695 pojazdy trakcyjne wyposaża się w kompletne instalacje ETCS realizujące wszystkie pokładowe funkcje ETCS. Nie jest możliwe stworzenie taniej pokładowej instalacji ETCS poziom 1 w trybie LS. Wykorzystanie Reverse STM w przypadku Polski nie jest możliwe ze względów formalnych. Jednocześnie zastosowanie Reverse STM nie jest zasadne, lub jest co najmniej bardzo wątpliwe, ze względów technicznych, bo system SHP jest zbyt prosty i nie zapewnia danych koniecznych dla nadzorowania jazdy.

2.4 Główne argumenty używane w dyskusji o wdrożeniu systemu ETCS poziom 1 w trybie LS

Jednym z kluczowych argumentów za wdrożeniem systemu ETCS poziom 1 w trybie LS jest natychmiastowe podniesienie bezpieczeństwa ruchu kolejowego poprzez radykalne obniżenie ilości zdarzeń typu SPAD. Natychmiast zastrzec należy, że system ETCS zabudowany na torach, niezależnie od konfiguracji (wzorca, wersji, wariantu, trybu pracy) wpływa na bezpieczeństwo tylko jeśli po torach porusza się pociąg z odpowiednią konfiguracją urządzeń pokładowych. Kwestia zgodności konfiguracji przytorowych i konfiguracji pokładowych w kontekście LS jest bardzo istotna. Została ona omówiona w rozdziale 5.

System ETCS zainstalowany na linii ma wpływ na bezpieczeństwo ruchu tylko jeśli pociąg jest wyposażony w urządzenia pokładowe o konfiguracji zgodnej z konfiguracją instalacji ETCS w torach

Kwestii samych zdarzeń SPAD poświęcony został rozdział 6. Przeanalizowano dane z ostatnich 5 lat (lata 2019-2023) odnoszące się do zdarzeń zakwalifikowanych jako SPAD w Polsce, na sieci TEN-T oraz poza siecią TEN-T. W dedykowanym rozdziale niniejszego dokumentu zwrócono uwagę nie tylko na ilości i zróżnicowanie zdarzeń typu SPAD, ale także samą definicję tego typu zdarzeń. Pokazano, że istotnej części zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD nie będzie towarzyszyć reakcja systemu ETCS, nawet w pełnej konfiguracji, mimo że w Polsce są postrzegane jako to poważne zdarzenia eksploatacyjne.

Europejski System Sterowania Pociągiem ETCS zainstalowany na linii i w taborze wykorzystywany w pełnym zakresie nie zapobiegnie około połowie zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD.

Wskazuje się także, że wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS zapewni wspomaganie maszynistów w prowadzeniu pojazdów. Niestety, tryb pracy Limited Supervision należy do grupy trybów niepełnego nadzoru i działa w tle, co oznacza, że na monitorze ETCS w kabinie maszynisty nie będą wyświetlane informacje nawet te znane urządzeniom pokładowym. Autorzy specyfikacji uzgodnili, że pełna informacja w tym statyczne i dynamiczne zmiany dopuszczalnej prędkości w trybach niepełnego nadzoru (Partial Supervision) nie mogą być wyświetlane maszynistom, bo tworzyłoby to złudzenie, że ETCS w pełni nadzoruje jazdę pociągu. Tymczasem nadzór nie jest pełny.

Pokładowe urządzenia ETCS w trybie pracy Limited Supervision nie wyświetlają na monitorze ETCS (na DMI) danych wspierających prowadzenie pociągu przez maszynistę. Tryb LS działa w tle.

Stawiana jest także teza, że wdrożenie ETCS poziom 1 w trybie LS na dużej części linii kolejowych poza siecią TEN-T zapewni interoperacyjność całej polskiej infrastruktury kolejowej. Przywołać przy tym należy, że zgodnie z obowiązującymi specyfikacjami ETCS w trybie pracy Limited Supervision dostępne są niemal wszystkie funkcjonalności wykorzystywane w trybie pełnego nadzoru FS. Pozostają one jednak opcjonalne. Tryb pracy LS może, w zależności od konfiguracji, być bardzo prosty, realizować wybrane funkcje lub być w praktyce tożsamy z trybem FS. Szczegóły przedstawiono w rozdziale 3.4.

Interoperacyjność to zgodnie z zapisami Dyrektywy w sprawie interoperacyjności kolei „*zdolność systemu kolei do zapewnienia bezpiecznego i nieprzerwanego ruchu pociągów o charakterystykach odpowiednich dla danych linii kolejowych, zależna od wszystkich warunków technicznych, prawnych i eksploatacyjnych, których zachowanie zapewnia dotrzymanie zasadniczych wymagań*”. Do tych wymagań należą: ‘bezpieczeństwo’, ‘niezawodność i dostępność’, ‘brak zagrożenia dla zdrowia’, ‘ochrona środowiska’, ‘zgodność techniczna’, oraz ‘dostępność dla osób o ograniczonych możliwościach poruszania się’. Uwzględniając to, że dyrektywa definiuje pięć podsystemów strukturalnych i trzy eksploatacyjne, i rozбивa opis wymagań zasadniczych na dotyczące całego systemu kolei oraz dotyczące poszczególnych podsystemów, należy natychmiast skorygować, że system ETCS poziom 1 w trybie LS wdrożony na dużej części linii kolejowych poza siecią TEN-T nie zapewni interoperacyjności całej polskiej infrastruktury kolejowej, a co najwyżej interoperacyjność w zakresie podsystemów „sterowanie – urządzenia przytorowe” oraz „sterowanie – urządzenia pokładowe”. Także taka teza natychmiast budzi wątpliwości, bo w rozdziale 3. specyfikacji TSI CCS poszczególnym funkcjom ETCS przyporządkowano określone akapity z załącznika do dyrektywy definiujące poszczególne aspekty wymagań zasadniczych. Tymczasem system ETCS poziom 1 w trybie LS to tylko wybrane funkcje, więc ich wdrożenie nie zapewnia pełnego pokrycia wymagań zasadniczych.

Zwrócić należy jeszcze uwagę, że pewien poziom nadzoru nad bezpieczeństwem ruchu pokładowe instalacje ETCS zapewniają także podczas jazd po liniach niewyposażonych. Można by więc postawić tezę, że wystarczy na wszystkich kolejowych przejściach granicznych zamontować pojedyncze balisy informujące o identyfikatorze kraju i maksymalnej prędkości jazdy w trybie jazdy po linii niewyposażonej. Byłoby to naprawdę tanie rozwiązanie, ale z pewnością nie zapewniałoby interoperacyjności całej sieci kolejowej.

Jednocześnie zwrócić należy uwagę, że prawo UE obecnie nie dopuszcza wyposażania taboru trakcyjnego w uproszczone/niepełne instalacje pokładowe. Tak więc o taborze, który byłby wyposażany w ETCS zgodnie z obecnie obowiązującym prawem można powiedzieć, że w zakresie podsystemu „sterowanie – urządzenia pokładowe” stałby się on interoperacyjny. Osobną kwestią omawianą w rozdziale 10. jest techniczna i finansowa skala wyposażania całego taboru trakcyjnego.

Tryb LS zdefiniowano tak, aby możliwe było odwzorowanie funkcji różnych systemów klasy B, wedle potrzeb, jednak odwzorowanie funkcji systemu klasy B, szczególnie gdy system klasy B jest ubogi w funkcje wspierające bezpieczeństwo, z całą pewnością nie zapewnia interoperacyjności.

Stawiana jest także teza, że wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS zapewni możliwość rezygnacji z systemu klasy B. Należy jednak zadać pytanie, czy zmiana środków technicznych z bezpośrednim odwzorowaniem funkcji systemu klasy B jest rzeczywiście rezygnacją z systemu klasy B. Niezależnie od odpowiedzi rezygnacja z utrzymywania czy demontaż elektromagnesów torowych SHP można uznać za zasadne tylko jeśli skala wyposażania taboru trakcyjnego w ETCS osiągnie skalę obecnego wyposażenia taboru trakcyjnego w pokładowe instalacje SHP. Są w nie wyposażone w praktyce wszystkie pojazdy kolejowe. Nie są wyposażone niektóre wolno poruszające się pojazdy np. dwudrogowe maszyny budowlane.

Wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS umożliwi rezygnację z systemu SHP tylko jeśli w pokładowe urządzenia ETCS wyposażone będą w praktyce wszystkie trakcyjne pojazdy kolejowe.

Stawiana jest także teza, że certyfikacja wdrożeń systemu ETCS poziom 1 w trybie LS będzie wyraźnie tańsza w szczególności dzięki uproszczeniu projektowania, zabudowy. Do tej kwestii odnosi się rozdział 10 niniejszego dokumentu.

3 Opis techniczny systemu SHP

3.1 Przytorowa instalacja SHP

System SHP jest systemem klasy AWS stosowanym przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. dla pociągów jeżdżących z prędkością do 160 km/h. System ten jest szeroko stosowany na liniach kolejowych w Polsce.

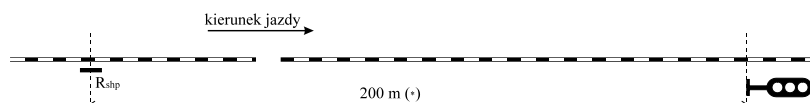
Zadania systemu SHP wdrożonego na sieci kolejowej w Polsce zdefiniowano następująco:

- zwrócenie szczególnej uwagi maszynisty na wskazanie sygnalizatora odstępowego na blokadzie na szlaku oraz sygnalizatora wjazdowego na stację, znajdujących się w odległości 200 m przed pociągiem,
- sprawdzenie czujności maszynisty przy przejeździe obok stacyjnych sygnalizatorów wjazdowych i sygnalizatorów grupowych/drogowskazowych,
- uruchomienie nagłego hamowania w razie braku czujności maszynisty.

Urządzeniem przytorowym SHP jest bierny obwód rezonansowy nastrojony na częstotliwość rezonansową 1 000 Hz nazywany rezonatorem bądź elektromagnesem torowym. Miejsce, w którym zamontowany jest rezonator określa się mianem punktu oddziaływania. Przytorowa instalacja SHP przedstawiona została na poniższym rysunku (Rysunek 2).

Rezonator przykręca się do podkładów z prawej strony toru równolegle do osi toru zgodnie z kierunkiem ruchu pociągów.

Rezonatory są montowane 200 m przed semaforami liniowymi i wjazdowymi oraz na osi semaforów stacyjnych i grupowych.



Rshp – rezonator systemu SHP

Rysunek 2 Schemat lokalizacji przytorowych urządzeń SHP

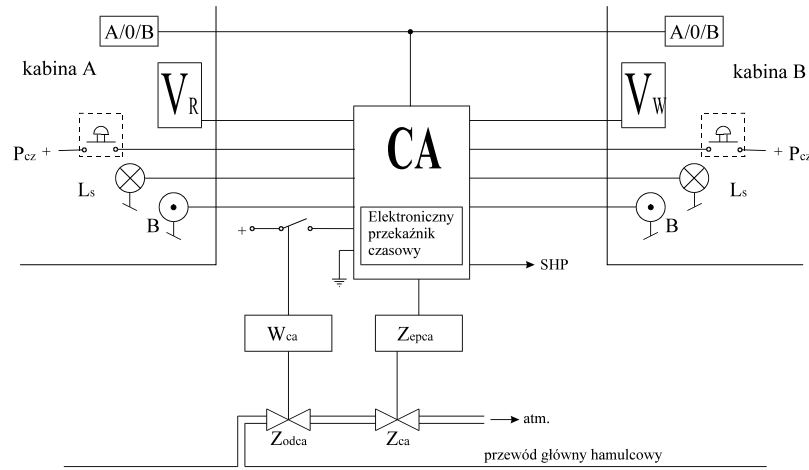
(źródło: opracowanie własne na podstawie Skryptu kursu ABB ZWUS Signal sp. z o.o.,
Katowice/Rybnik 1995)

W systemie SHP do transmisji informacji z toru do pojazdu wykorzystuje się indukcyjne oddziaływanie między obwodami rezonansowymi zainstalowanymi w torze i na pojazdach. Bierne obwody rezonansowe instalowane są w torze, a aktywne na pojazdach trakcyjnych.

3.2 Czuwak aktywny stanowiący bazę pokładowej instalacji SHP

Czuwak aktywny (CA) nie jest systemem AWS. Jednak współpracuje bezpośrednio z systemem SHP stosowanymi na PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. System ten jest tak istotny, że rozważa się także dalsze wykorzystywanie go na PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. po wdrożeniu standardowego europejskiego systemu BKJP zgodnego ze standardem ETCS. Warto również zaznaczyć, że system CA jest zainstalowany niemal na wszystkich środkach trakcyjnych poruszających się po torach kolejowych w Polsce.

Podstawową funkcją systemu czuwaka aktywnego jest okresowa kontrola czujności maszynisty na pojeździe trakcyjnym oraz ochrona przed staczaniem się pojazdu z prędkością większą niż 10 % V_{max} .



Pcz – przycisk czujności, Ls – lampka sygnalizacyjna, B – buczek, VR – szybkościomierz rejestrujący, VW – szybkościomierz wskazujący, A/0/B – nastawnik kierunku jazdy, Wca – wyłącznik główny czuwaka aktywnego, Zepca – zawór elektropneumatyczny czuwaka aktywnego, Zoda – zawór odcinający CA, Zca – zawór CA, SHP – opcjonalne powiązanie z systemem Samoczynnego Hamowania Pociągu, atm. – ujęcie z przewodu hamulcowego do atmosfery

Rysunek 3. Schemat pokładowych urządzeń CA

(źródło: opracowanie własne na podstawie Skryptu kursu ABB ZWUS Signal sp. z o.o.,
Katowice/Rybnik 1995)

Czuwak aktywny posiada tylko urządzenia pokładowe – nie posiada części przytorowej. Urządzenia pokładowe systemu CA przedstawione na powyższym schemacie (Rysunek 3) to:

- aparat główny CA, w ramach którego jako zasadniczy element inicjujący kontrolowanie czujności maszynisty zaznaczono elektroniczny przekaźnik czasowy o zwłoce 60 s, wyznaczający cykl czuwania. W skład aparatu głównego wchodzi także: zespół wzmacniaczy sterujących elektrozaworem hamulcowym, migacz elektroniczny do sterowania lampką sygnalizacyjną, elektroniczny układ opóźniający do sterowania buczkiem i układy przekaźnikowe.
- układ zasilania, obejmujący filtrowanie i stabilizację napięcia,
- przycisk czujności w każdej kabinie maszynisty,
- lampkę sygnalizacyjną w każdej kabinie maszynisty,
- buczek w każdej kabinie maszynisty,
- zawór elektropneumatyczny czuwaka służący do wdrażania hamowania nagłego,
- wyłącznik główny pozwalający na wyłączenie systemu CA.

System czuwaka aktywnego posiada także wyjście do współpracy z systemem SHP.

CA współpracuje ponadto z:

- nastawnikiem kierunku jazdy,
- układem hamulcowym,
- szybkościomierzem rejestrującym i szybkościomierzem wskazującym.

Czuwak aktywny posiada dwa zasadnicze stany pracy - stan wzbudzenia czuwaka - występujący wówczas gdy elektroniczny przekaźnik czasowy wytwarza sygnał sterujący i stan odwzbudzenia czuwaka.

Po załączeniu na pojeździe trakcyjnym napięcia pokładowego i naciśnięciu przycisku czujności system CA rozpoczyna pracę w cyklu postojowym krótszym niż 16s. Jednak w czasie postoju i jazdy z prędkością mniejszą od 10 % V_{max} nie wymaga się od maszynisty obsługiwanego przycisku czujności. Lampka sygnalizacyjna i buczek pozostają wyłączone.

Po czasie maksimum 16s od chwili osiągnięcia przez pojazd prędkości równej 10 % V_{max} następuje odwzbudzenie czuwaka i włącza się lampka sygnalizacyjna (światło migające). Jeśli maszynista

naciśnię przycisk czujności to czuwak zostanie wzbudzony i lampka przestanie migać. Jeśli maszynista nie obsłuży przycisku czujności to po około 3 s od włączenia lampki sygnalizacyjnej nastąpi włączenie buczka. Sygnał akustyczny ostrzega, że za około 2 s w wypadku braku reakcji maszynisty system wdroży hamowanie nagłe. Jeśli w tym czasie maszynista przycisnie przycisk czujności to czuwak zostanie wzbudzony i wdrożenie hamowania nie będzie miało miejsca. Po wdrożeniu hamowania maszynista

w celu przerwania hamowania musi obsłużyć przycisk czujności. W przypadku ustawienia nastawnika kierunku jazdy w pozycji zero obsłużenie przycisku czujności nie spowoduje przerwania hamowania. Czuwak uniemożliwia jazdę z prędkością większą od 10 % V_{max} jeśli nastawnik kierunku ustawiony jest w pozycji zero. W czasie jazdy pojazdu z prędkością większą od 10 % V_{max} co około 60s następuje odwzbudzenie czuwaka sygnalizowane włączeniem migającej lampki sygnalizacyjnej. Jeśli maszynista naciśnię przycisk czujności to czuwak zostanie wzbudzony na około 60s i lampka przestanie migać do czasu ponownego odwzbudzenia czuwaka. Jeśli maszynista nie obsłuży przycisku czujności po odwzbudzeniu czuwaka, to po około 3 s od włączenia lampki sygnalizacyjnej nastąpi włączenie buczka. Sygnał akustyczny ostrzega, że za około 2 s w wypadku braku reakcji maszynisty system wdroży hamowanie nagłe. Jeśli w tym czasie maszynista przycisnie przycisk czujności to czuwak zostanie wzbudzony i wdrożenie hamowania nie będzie miało miejsca. Po wdrożeniu hamowania maszynista

w celu przerwania hamowania musi obsłużyć przycisk czujności.

Przycisk czujności czuwaka nie może pozostawać wciśnięty przez czas dłuższy, gdyż umożliwiałoby to obchodzenie kontroli czujności maszynisty poprzez zakleszczenie przycisku. W związku z tym w wypadku zakleszczenia wciśniętego przycisku system po około 1 s włącza sygnalizację optyczną. Jeśli przycisk nie zostanie zwolniony to po kolejnych 3 s włączona zostanie sygnalizacja dźwiękowa. Jeśli przycisk czujności nadal nie zostanie zwolniony to po kolejnych 2 s wdrożone zostanie hamowanie nagłe.

3.3 Pokładowa instalacja SHP

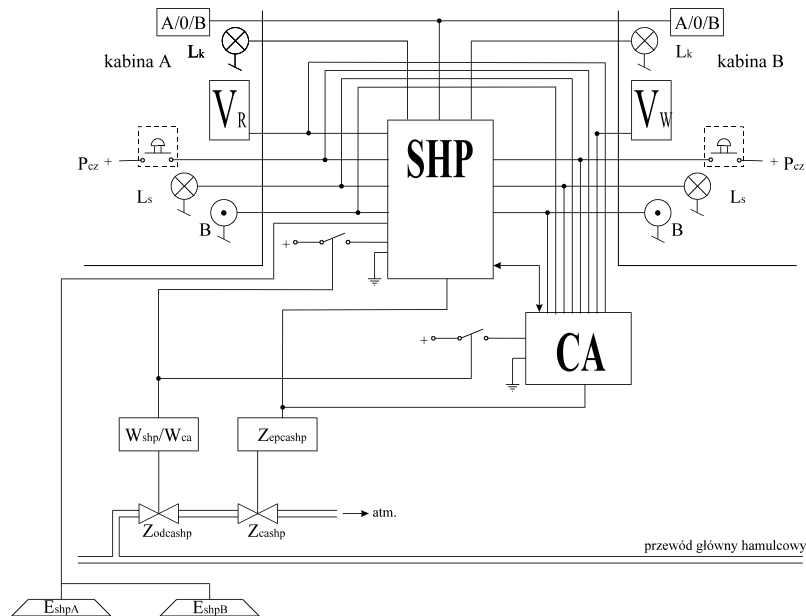
Urządzenia pokładowe SHP obejmują:

- aparat główny SHP określany mianem generatora,
- elektromagnesy pojazdowe,
- oporniki redukcyjne w układach zasilania,
- lampki sygnalizacyjne,
- buczki,
- przyciski czujności,
- zawór elektropneumatyczny,
- wyłącznik główny.

System samoczynnego hamowania pociągu współpracuje ponadto z:

- nastawnikiem kierunku jazdy,
- układem hamulcowym,
- szybkościomierzem rejestrującym.

Schemat urządzeń pokładowych SHP przedstawiono na poniższym rysunku (Rysunek 4).



Pcz – przycisk czujności, Ls – lampka sygnalizacyjna, B – buczek, Lk – lampka kontrolna, VR – szybkościomierz rejestrujący, VW – szybkościomierz wskazujący, A/0/B – nastawnik kierunku jazdy, Wca – wyłącznik główny CA, Wshp – wyłącznik główny SHP, Zpcashp – zawór elektropneumatyczny CA i SHP, Zdcashp – zawór odcinający CA i SHP, Zcashp – zawór CA i SHP, atm. – ujęcie z przewodu hamulcowego do atmosfery, EshpA – elektromagnes (czujnik) SHP aktywny podczas jazdy w przód z kabiny A, EshpB – elektromagnes (czujnik) SHP aktywny podczas jazdy w przód z kabiny B

Rysunek 4 Schemat pokładowych urządzeń SHP

(źródło: opracowanie własne na podstawie Skryptu kursu ABB ZWUS Signal sp. z o.o.,
Katowice/Rybnik 1995)

Każdy elektromagnes lokomotywowo mocowany jest do regulowanego wspornika w pojeździe trakcyjnym i ustawiany na odległość 140 mm nad powierzchnią rezonatora przytorowego. Każdy pojazd trakcyjny jest wyposażony w dwa elektromagnesy pojazdowe umieszczone po dwóch stronach lokomotywy, przy czym aktywny jest tylko elektromagnes znajdujący się po prawej stronie zgodnie z kierunkiem jazdy.

Urządzenia SHP są dostosowane do zasilania prądem stałym o napięciu 24 V, 48 V i 110 V, przy czym wartość napięcia pokładowego zależy od typu lokomotywy.

Generator połączony jest z przełącznikiem kabin (nastawnikiem kierunku), lampką sygnalizacyjną SHP, buczkiem, przyciskiem czujności, zaworem elektropneumatycznym, szybkościomierzem rejestrującym, wyłącznikiem głównym i lampką kontrolną włączenia zasilania urządzeń SHP. Należy zaznaczyć, że stosowana nazwa „generator jest niewłaściwa gdyż poza generatorem obejmuje układy wzmacniające i przekładnikowe.

Wyłącznik główny SHP służy do wyłączenia zasilania aparatu głównego SHP oraz odcięcia pokładowej instalacji SHP od układu hamulcowego pociągu. Wyłącznik główny SHP w przeciwieństwie do wyłącznika głównego CA nie był stosowany od początku i z tego względu nie jest zainstalowany we wszystkich lokomotywach wyposażonych w system SHP.

Zawór elektropneumatyczny służy do wdrażania hamowania nagłego w wypadku wykrycia braku czujności maszynisty.

Rozmieszczenie lampek sygnalizacyjnych i ich ilość zależą od lokomotywy. Jednak najczęściej stosowane jest rozwiązanie z dwoma lampkami sygnalizacyjnymi SHP po bokach i lampką

sygnalizacyjną CA po środku. Lampka sygnalizacyjna CA świeci światłem migowym, a lampki sygnalizacyjne SHP światłem ciągłym.

Funkcje buczka, przycisku czujności i nastawnika kierunku pozostają takie jak w systemie czuwaka aktywnego. Nadto urządzenia te są wykorzystywane jednocześnie przez SHP i CA.

System SHP w przeciwieństwie do CA kontroluje czujność maszynisty nie w stałych odstępach czasowych, ale w określonych punktach drogi przebiegu w których czujność maszynisty jest istotna z punktu widzenia obserwowania sygnalizatorów świetlnych – 200 m przed semaforami liniowymi i wjazdowymi oraz przy semaforach stacyjnych i grupowych. Oba systemy wykorzystują wspólny przycisk czujności i wspólne urządzenia sygnalizacji kabinowej (panel lampek sygnalizacyjnych i buczek). Przejechanie nad rezonatorem SHP powoduje przejście pokładowego urządzenia SHP ze stanu czuwania w stan blokowania. Maszynista jest wówczas zobligowany do obsłużenia przycisku czujności. Natomiast obsłużenie tego przycisku przesuwą interwał czasowy czuwaka aktywnego.

W wypadku uszkodzenia CA maszynista wyłącza urządzenie z pracy za pomocą wyłącznika umieszczonego w aparacie głównym. Dalsza jazda kontynuowana jest tylko z urządzeniem SHP.

Kontrola czujności maszynisty inicjowana przez system SHP (wskutek przejazdu lokomotywy nad elektromagnesem torowym) powoduje włączenie ciągłej sygnalizacji optycznej. W wypadku braku czujności maszynisty (nieobsłużenie przycisku czujności) po około 3 s włącza się sygnalizacja akustyczna. Jeśli nadal brak jest potwierdzenia czujności maszynisty to po kolejnych 2 s system wdroży hamowanie nagłe. Jeśli przycisk czujności zostanie obsłużony przed upływem 5 s od włączenia sygnalizacji optycznej to generator zostanie wzbudzony i jednocześnie nastąpi przesunięcie cyklu czuwaka - kontrola czujności będzie miała miejsce za około 60 s.

Jeśli po włączeniu sygnalizacji optycznej CA (światło migające) odwzbudzony zostanie generator SHP (wskutek przejazdu lokomotywy nad elektromagnesem torowym) to sygnalizacja włączona zostanie również sygnalizacja optyczna SHP (światło ciągłe). Jednoczesny stan odwzbudzenia obu urządzeń pociąga za sobą konieczność dwukrotnego obsłużenia przycisku czujności w czasie krótszym od 1 s. Pierwsze obsłużenie przycisku wzbudza CA, drugie wzbudza generator SHP i wyłącza sygnalizację optyczną.

Jak pokazano na powyższym schemacie (Rysunek 4), system SHP współpracuje z szybkościomierzem rejestrującym. Rejestracja prowadzona jest na taśmie za pomocą pisaków przy prędkości przesuwu taśmy 5mm na godzinę podczas postoju pociągu i 5mm na 1 km drogi podczas jazdy. Uzyskiwany zapis jest trwały - brak możliwości wytarcia.

4 Opis techniczny systemu ETCS

4.1 Podstawowe informacje o systemie ETCS

Jak już wspomniano na wstępie niniejszej ekspertyzy, koleje europejskie doświadczając pojawiających się powszechnie problemów z kompatybilnością wynikającą z posiadania przez każdy kraj własnego krajowego systemu sygnalizacji na głównych liniach kolejowych, uznały iż koniecznym się staje opracowanie ujednoliconego systemu klasy ATP⁷, który stanie się standardem dla kolei europejskich. Podstawowym celem jaki postawiono opracowanemu systemowi ERTMS było zwiększenie interoperacyjności pociągów oraz poprawienie bezpieczeństwa i efektywności transgranicznych przewozów kolejowych w Unii Europejskiej. Efekty tych prac, w sposób prawny, zostały uregulowane dyrektywą⁸, który to dokument początkowo wprowadzał koncepcję systemu ERTMS jako zdefiniowanego interoperacyjnego systemu sterowania ruchem kolejowym dla kolei dużych prędkości. Kolejne nowelizacje tejże dyrektywy rozszerzyły interoperacyjność na cały system Kolei w Unii Europejskiej. Bazowe i nowelizowane techniczne specyfikacje interoperacyjności (TSI) są publikowane w określonych aktach prawnych, które zostały wykazane w rozdziale 4.2).

Na podstawie zapisów Rozporządzenia (WE) 881/2004⁹, z początkiem 2005 r., działalność zainicjowała Europejska Agencja Kolejowa¹⁰ (ERA ang. European Railway Agency), która rozpoczęła pełnienie funkcji regulatora rynku kolejowego w zakresie technicznym oraz zapewnienia państwom członkowskim Unii Europejskiej wsparcia technicznego w zakresie interoperacyjności i bezpieczeństwa kolei. Jej rola z jednej strony polega na ustalaniu ram normatywnych w dziedzinie bezpieczeństwa transportu kolejowego oraz interoperacyjności, a z drugiej kontroluje poszczególne kraje w zakresie ich przestrzegania.

Techniczne specyfikacje interoperacyjności, zgodnie z podpisanym w 2016 r. protokołem ustaleń (ang. Memorandum of Understanding MoU), parafowanym przez organizacje sektora kolejowego, mają ciągły nadzór nad ich zapisami przez sygnatariuszy w zakresie wdrożenia ERTMS oraz zapewnienia pewności prawnej i technicznej systemu. Wprowadzane przez lata modyfikacje, doprowadziły obecnie do rozwiązania, iż system ERTMS posiada ustandaryzowane interfejsy pomiędzy podsystemami przytorowym i pokładowym. Taka standaryzacja, ma zapewnić możliwość wyboru dowolnych dostawców do zestawienia zabudowy rozwiązania przytorowego i pokładowego, co ma umożliwić zwiększenie konkurencji oferujących rynkowi komponenty systemu.

System ERTMS składa się z kilku podstawowych funkcjonalności realizowanych przez następujące części składowe, tj.:

- Europejski system sterowania pociągiem (**ETCS**) obejmujący wyposażenie przytorowe i wyposażenie pokładowe. Urządzenia zabudowane na pojazdach trakcyjnych nadzorują ruch pociągu, łącznie z miejscem zatrzymania w oparciu o maksymalne dopuszczalne prędkości na

⁷ Automatyczna kontrola pociągu (ang. Automatic Train Protection ATP)

⁸ Dyrektywa Rady 96/48/WE z dnia 23 lipca 1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, Dokument 31996L0048, Dz.U. L 235 z 17.9.1996, wydanie specjalne: Rozdział 13 Tom 017 str. 152 – 170, uchylony 18.07.2010 r.

⁹ Rozporządzenie (WE) nr 881/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające Europejską Agencję Kolejową (Rozporządzenie w sprawie Agencji), Dokument 32004R0881, Dz.U. L 164 z 30.4.2004, wydanie specjalne: Rozdział 07 Tom 008 str. 214 – 226, uchylony 14.06.2016 r.

¹⁰ Przekształcenie w Agencję Kolejową Unii Europejskiej (EUAR, ang. European Union Agency for Railways) zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/796 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie Agencji Kolejowej Unii Europejskiej i uchylecia rozporządzenia (WE) nr 881/2004 (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dokument 32016R0796, Dz.U. L 138 z 26.5.2016, str. 1 – 43

różnych odcinkach linii. Pojazd trakcyjny odbiera informacje o parametrach torowych z przytorowych urządzeń ETCS, zabudowanych po stronie przytorowej, tj. eurobalis czy elementów infrastruktury przesyłu danych za pomocą cyfrowego kanału łączności, na podstawie których oblicza i nadzoruje prędkości maksymalne. Monitor zobrazowania maszynisty (ang. driver machine interface DMI) wyświetla maszyniście istotne informacje o aktualnej prędkości oraz ważne zapowiedzi o istotnych elementach znajdujących się na trasie przejazdu. Informacje przekazywane maszyniście, w określonych sytuacjach są przez niego potwierdzane w systemie.

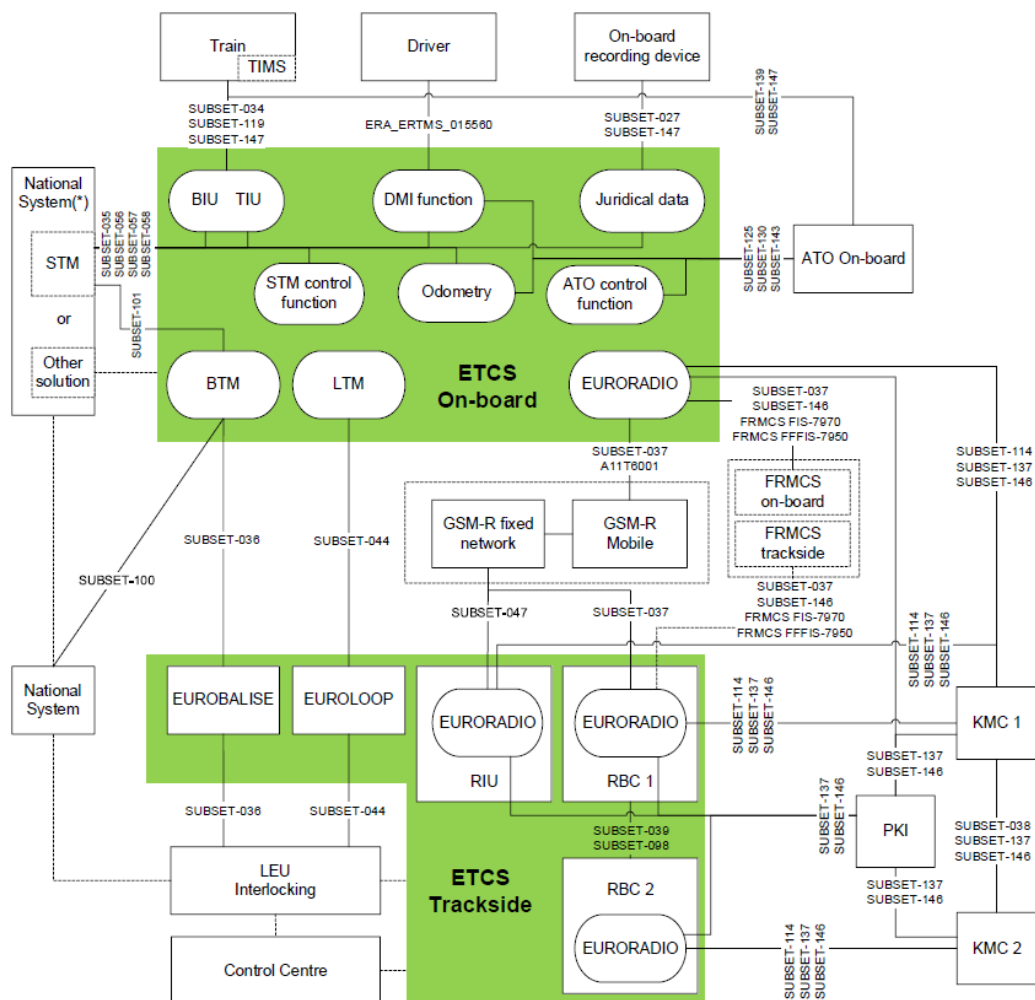
- Kolejowe radio mobilne (ang. Railway mobile radio RMR) jest podstawowym medium transmisji cyfrowej wykorzystywanym przez urządzenia systemu ERTMS. Komunikacja między pojazdem trakcyjnym a centrami sterowania ruchem kolejowym realizowana jest za pomocą:
 - GSM-R opierającego się na dedykowanej kolei zakresu częstotliwości cyfrowej technologii radiowej opartej na standardzie GSM;
 - FRMCS jako systemie telekomunikacji dla kolei. System został zaprojektowany jako następca GSM-R i tym samym stanowi kluczowy czynnik mający umożliwić cyfryzację transportu kolejowego.
- Automatyczne prowadzenie pociągu¹¹ (ATO) jest trzecią częścią składową systemu ERTMS. Jej zadaniem jest zautomatyzowanie eksploatacji pociągu zgodnie z poziomem 2 (ang. Grade of Automation 2 GoA2). ATO w poziomie GoA2 zapewni automatyczne uruchamianie i zatrzymanie pociągu, a ETCS zapewni funkcje automatycznej kontroli pociągu (ATP), monitorując parametry ruchu pojazdu trakcyjnego oraz ograniczenia prędkości na linii.

Zgodnie z obowiązującymi na dzień powstania niniejszej ekspertyzy dokumentami technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemów Sterowanie¹² istnieją cztery poziomy systemu ETCS, którymi są:

- ETCS poziom 0;
- ETCS poziom NTC;
- ETCS poziom 1;
- ETCS poziom 2.

¹¹ ang. Automatic Train Operation (ATO)

¹² Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695 z dnia 10 sierpnia 2023 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej i uchylające rozporządzenie (UE) 2016/919 (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dokument 32023R1695, Dz.U. L 222 z 8.9.2023, str. 380 – 560



- (*) W zależności od jego funkcjonalności i pożądanej konfiguracji, system krajowy może być adresowany za pośrednictwem STM przy użyciu standardowego interfejsu lub za pośrednictwem innego rozwiązania krajowego

Rysunek 5 Referencyjna architektura ETCS
(źródło: *System Requirements Specification (SRS)*)¹³

Poszczególne poziomy zastosowania ETCS są sposobem na wyrażenie możliwych zależności eksploatacyjnych pomiędzy zróżnicowaniem zabudowy po stronie urządzeń przytorowych, a zabudowy po stronie urządzeń pokładowych. Definicja poziomu odnosi się do wykorzystywanych urządzeń przytorowych, sposobu w jaki informacje przytorowe docierają do urządzeń pokładowych oraz do tego, jakie funkcje są przetwarzane w urządzeniach przytorowych, a jakie w urządzeniach pokładowych. Zdefiniowano różne poziomy systemu, aby umożliwić każdemu zarządcy infrastruktury kolejowej swobodę do odpowiedniego zastosowania przytorowego ETCS, zgodnie z własną strategią wdrażania, eksploatowaną infrastrukturą i wymaganymi parametrami eksploatacyjnymi. Ponadto różne poziomy implementacji umożliwiają połączenie poszczególnych systemów sygnalizacji, jak i systemów sterowania pociągami z systemem ETCS. Poziomy ETCS definiują różne możliwości zastosowania

¹³ Referencyjną architekturę przywołano w formie takiej jak w oryginale, tj. bez tłumaczenia tekstów na rysunku uznając z jednej strony, że wprowadzenie polskich określeń na rysunku wymagałoby istotnych zmian schematu blokowego lub zastosowania bardzo małej czcionki co prowadziłoby do braku czytelności rysunku, oraz z drugiej, że schemat jest szczegółowo omówiony w treści opracowania, co zapewnia jego zrozumienie bez znajomości języka angielskiego.

ETCS jako systemu sterowania pociągami począwszy od komunikacji tor-pojazd (poziom 1), a skończywszy na ciągłej łączności między pociągiem a centrum sterowania radiowego (ang. radio block centre RBC) – poziom 2. Powiązania pomiędzy poszczególnymi częściami przytorowymi i pokładowymi zaprezentowano na Rysunku 5. Podstawowymi elementami wykorzystywanymi przez system ETCS w części przytorowej są eurobalisa, koder (ang. lineside electronic unit LEU), sieć komunikacji radiowej (FRMCS i/lub GSM-R), RBC, europętla (ang. euroloop), jednostka uaktualnienia radiowego (ang. radio infill unit RIU), centrum zarządzania kluczami (ang. key management centre KMC), infrastrukturę kluczy publicznych (ang. public key infrastructure PKI). Natomiast po stronie pokładowej występują podstawowe elementy systemu odpowiadające za komunikację z maszynistą (DMI), elementy systemowe instalowane na pociągu (interfejs hamulca ang. brake interface unit BIU, interfejs pociągu ang. train interface unit TIU, rejestrator prawny ang. juridical recording unit JRU, moduły anten: ang. balise transmission module BTM, ang. loop transmission module LTM) oraz elementy pokładowe systemów narodowych zabudowywane w ramach urządzeń pokładowych ETCS (ang. specific transmission module STM), urządzenia pokładowe systemu radiowego FRMCS i/lub GSM-R, czy wyposażenie pokładowe w części ATO.

Nowo zdefiniowany poziom 2, uwzględniający stały/ruchomy odstęp blokowy, zwiększa potencjał systemu ETCS. Ulepszenie to skutkuje zwiększoną przepustowością, obniżonymi kosztami (dzięki wyeliminowaniu przytorowych urządzeń detekcji taboru) oraz wzrostem wydajności (dzięki zwiększonej automatyzacji).

Poziom 0 systemu ETCS

ETCS poziom 0 jest wykorzystywany do eksploatacji na liniach, na których nie znajdują się żadne urządzenia kontroli jazdy pociągu (niewyposażone ang. unfitted) lub na liniach wyposażonych w system(-y) sterowania pociągami, ale eksploatacja pod ich nadzorem w systemie interoperacyjnym nie jest obecnie możliwa.

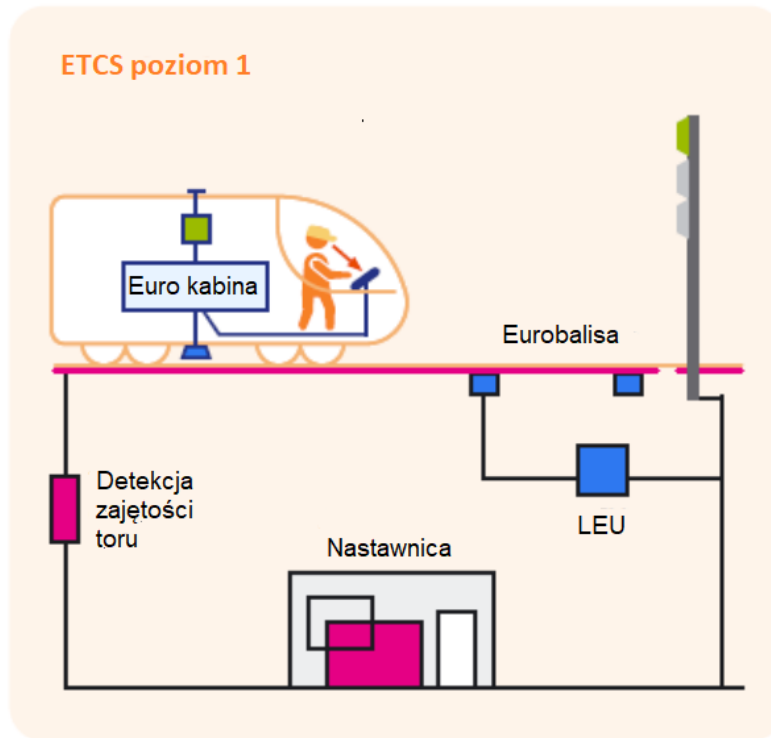
Poziom NTC systemu ETCS

ETCS poziom NTC wykorzystywany jest przez pojazd trakcyjny wyposażony w urządzenia pokładowe ETCS podczas eksploatacji na liniach wyposażonych w narodowe systemy klasy B. ETCS pełni tutaj rolę interfejsu między maszynistą a krajowym systemem kontroli pociągu.

Poziom 1/2 systemu ETCS

ETCS poziom 1, zaprezentowany na Rysunku 6, jest systemem warstwy nadrzędnej przeznaczonym do pracy na istniejących konwencjonalnych liniach kolejowych, które są już wyposażone w sygnalizatory przytorowe i systemy detekcji taboru. Łączność między torem a pojazdem trakcyjnym zapewniają eurobalisy zabudowane w osi toru w pobliżu sygnalizatorów w określonych odległościach, które poprzez koder (ang. lineside electronic unit LEU) są połączone z sygnalizatorem i/lub w określonych rozwiązaniach technicznych dodatkowo są połączone z systemami nastawczymi urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Pojazd trakcyjny odbierając poprzez urządzenia pokładowe ETCS zezwolenie na jazdę, uwzględniając dozwoloną prędkość, automatycznie dostosowuje kontrolę maksymalnej dozwolonej prędkości i oblicza parametry jazdy do następnego punktu hamowania (zatrzymania). Uwzględniana jest charakterystyka hamowania pociągu i dane parametryczne opisujące tor, po którym odbywa się jazda pociągu. Informacje wyświetlane są maszyniście na wyświetlaczu DMI zabudowanym w kabinie maszynisty. Główną korzyścią płynącą z zastosowania ETCS poziom 1 jest osiągnięcie interoperacyjności pomiędzy dostawcami wyposażenia klasy A, a dostawcami urządzeń systemów narodowych, a także wzrost bezpieczeństwa, ponieważ pociąg nadzoruje automatycznie prędkość

i hamuje w przypadku przekroczenia maksymalnej dozwolonej prędkości zdefiniowanej przez zarządcę infrastruktury dla określonej linii kolejowej.



Rysunek 6 Elementy składowe zabudowy ETCS poziom 1
(źródło: opracowanie własne¹⁴)

ETCS poziom 2, zaprezentowany na Rysunku 7, jest systemem warstwy nadrzędnej przeznaczonym do pracy z wykorzystaniem systemu komunikacji radiowej, który otrzymane informacje z warstwy urządzeń przytorowych wyświetla w kabinie maszynisty na monitorze DMI. Przekazywane informacje obejmują swoim zakresem dane o lokalizacji sygnalizatorów, jak i sytuacji ruchowej. Informacje o lokalizacji sygnalizatorów, które są „zaszyte” w systemie umożliwiają eliminację ich fizycznej zabudowy w części przytorowej urządzeń sterowania ruchem kolejowym, zlokalizowanych na określonej linii kolejowej. Zezwolenia na jazdę przekazywane są bezpośrednio do urządzeń pokładowych pojazdu trakcyjnego z centrum sterowania radiowego (RBC) za pośrednictwem kanału cyfrowego radia RMR (GSM-R lub FRMCS), ale wykrywanie pociągu i nadzór nad jego ciągłością odbywa się dalej przez urządzenia przytorowe. Komputer pokładowy (ang. european vital computer EVC) w sposób ciągły monitoruje dane otrzymywane z eurobalis nieprzełączalnych mijanych w torze i z RBC, w celu określenia ich położenia oraz wyliczenia dopuszczalnej maksymalnej prędkości. Wymieniane w sposób ciągły informacje, powodują przekazywanie maszyniście danych specyficznych dla danej linii kolejowej i sygnalizację stanu urządzeń sterowania ruchem kolejowym na poprzedzającej trasie przejazdu. Takie rozwiązanie umożliwia pociągowi osiągnięcie maksymalnej lub optymalnej prędkości przy zachowaniu bezpiecznej drogi hamowania.

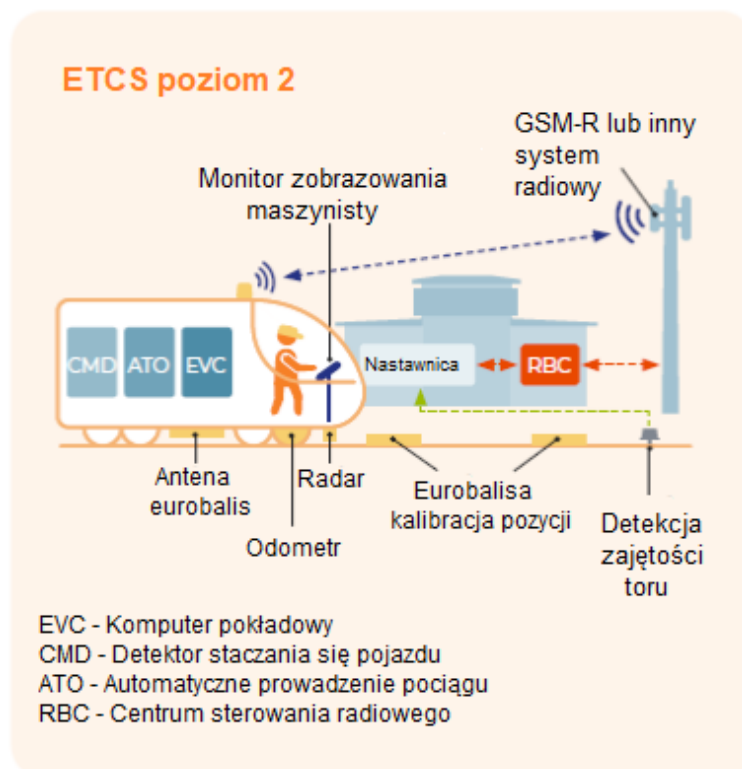
Zapewniając te same korzyści w zakresie interoperacyjności i bezpieczeństwa, co ETCS poziom 1, ETCS poziom 2 przynosi dodatkową korzyść w postaci zmniejszenia nakładów inwestycyjnych i kosztów utrzymania, dzięki temu, że sygnalizacja przytorowa może być zabudowywana tylko

¹⁴ Na podstawie factsheet #2 The European Rail Supply Industry Association (UNIFE)

fakultatywnie. Detekcja pociągu i kontrola jego ciągłości może być przeprowadzana przez urządzenia przytorowe będące poza zakresem ETCS lub mogą być zarządzane w tym zakresie przez ETCS.

Obowiązująca TSI¹⁵ dokonała połączenia pod wyróżnikiem ETCS poziom 2 - ETCS poziom 3 z ETCS poziom 2. W związku powyższym, w opisach systemu ERTMS dotyczących rozwiązań technicznych określających realizację określonych funkcji, nie jest już stosowany jako wyróżnik dla takich funkcjonalności jak stały odstęp blokowy / ruchomy odstęp blokowy z zapewnieniem integralności pociągu i jego lokalizacji w terenie.

Wdrożenie na nowo zdefiniowanego ETCS poziom 2 (połączonego z poziom 3) umożliwia zwiększenie przepustowości linii kolejowych poprzez umożliwienie przejazdów z wyższymi prędkościami eksploatacyjnymi i skracaniem odstępów między pociągami, co przełoży się na poprawę komfortu pasażerów.



Rysunek 7 Elementy składowe zabudowy ETCS poziom 2
(źródło: opracowanie własne¹⁶)

Decydując się na zabudowę systemu ETCS na liniach kolejowych nie musimy obawiać się braku możliwości przejścia pomiędzy poszczególnymi poziomami. ETCS został zaprojektowany tak, aby umożliwić płynną migrację z jednego poziomu na drugi. Na przykład modernizacja linii z ETCS poziom 1 do ETCS poziom 2 wymaga przede wszystkim instalacji sieci radiowej, centrum sterowania radiowego i kilku dodatkowych eurobalis do pozycjonowania włączenia się w sieć radiową. Poziomy i linie podstawowe ETCS są wstecznie kompatybilne, co oznacza, że pojazd trakcyjny wyposażony w ETCS poziomu 2 będzie mógł również poruszać się po strukturze przytorowej wyposażonej

¹⁵ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695

¹⁶ Na podstawie factsheet #2 The European Rail Supply Industry Association (UNIFE)

w poziomie 1. Jednakże w przypadku takiej migracji, ważnym aspektem pozostanie zastosowany zestaw specyfikacji, który może implikować powstanie braku kompatybilności wstecznej.

Transmisja w systemie ETCS

ETCS oparto na cyfrowej transmisji informacji pomiędzy torem a pojazdem. Transmisja realizowana jest poprzez eurobalisy, europętle, cyfrowy kanał radiowy oraz specjalizowane moduły transmisyjne (STM). Balisy montowane w torze służą do przekazywania informacji do przejeżdżających pociągów. Balisy określane mianem eurobalisa szczegółowo zdefiniowano dedykowanymi specyfikacjami. Zdefiniowano eurobalisy pasywne, zawsze przekazujące taką samą informację i aktywne, zdolne do przekazywania danych zależnych od sytuacji ruchowej. ETCS posiada możliwość przekazywania danych z toru do pojazdu z wykorzystaniem kabli układanych w torze, tzw. kablem ciekącym. Przyjęte rozwiązanie określono jako Euroloop. System ERTMS posiada zdefiniowane kodowanie konieczne dla przekazywania danych drogą radiową z wykorzystaniem radia cyfrowego. Niezależnie od tych trzech kanałów transmisyjnych uznano, że w okresie przejściowym konieczne jest zapewnienie możliwości jazdy pojazdów z urządzeniami klasy A po liniach kolejowych z instalacjami klasy B – po liniach wyposażonych we wcześniej już istniejące systemy narodowe. W tym celu zdefiniowano moduł STM umożliwiający pobieranie MA z przytorowych urządzeń innych systemów AWS, ATP, ATC.

Wykorzystanie danych w systemie ETCS – profile statyczne i profil dynamiczny

Dane o infrastrukturze opisujące drogę przebiegu oraz dane o pociągu opisujące pojazd (np. masa pociągu, siła hamująca, itp.) służą do obliczania statycznych i dynamicznych profili prędkości. Statyczne profile prędkości odwzorowują ograniczenia prędkości w funkcji drogi narzucane przez sytuację ruchową i drogę kolejową. Dynamiczne profile prędkości uzupełniają profile statyczne o ograniczenia prędkości w funkcji drogi wynikające z uwzględnienia dodatkowo parametrów pojazdów w szczególności tych parametrów, które wpływają na dynamikę hamowania. Obliczony profil dynamiczny jest ciągle porównywany z aktualną prędkością w funkcji drogi. Konieczna jest do tego funkcja określająca położenie pociągu względem ograniczeń ruchu.

Śledzenie w ETCS położenia pojazdu względem ograniczeń i wdrażanie hamowania

Do śledzenia położenia pojazdów trakcyjnych służy funkcja lokalizacji oparta na jednoznacznie rozróżnialnych (poprzez unikalny numer) i precyzyjnie lokalizowanych urządzeniach do transmisji punktowej – eurobalisach. W przypadku przekroczenia zezwolenia MA automatycznie wdrażane jest hamowanie. Kolejność realizacji funkcji pozostaje stała, ale to które funkcje realizowane są w urządzeniach pokładowych a które w urządzeniach przytorowych zależy od poziomu systemu ETCS i wykorzystywanych kanałów transmisyjnych.

Poziomy zastosowania w systemie ETCS

Wdrożenie ETCS może być realizowane na dwóch poziomach zastosowania określonych jako poziom pierwszy i drugi. Możliwa jest jazda pod nadzorem ETCS po linii niewyposażonej, określona jako poziom zero oraz jazda pod nadzorem ETCS po linii wyposażonej w system klasy B, z którego dane pobierane są za pośrednictwem modułu STM określonej jako poziom NTC. Wyraźnie rozróżniono poziom urządzeń w torze od poziomu urządzeń na pojeździe trakcyjnym. Przykładowo lokomotywa wyposażona w urządzenia poziomu drugiego może poruszać się po liniach wyposażonych w urządzenia pierwszego i drugiego poziomu ETCS, ale lokomotywa wyposażona tylko w urządzenia pierwszego poziomu ETCS nie może poruszać się, bez wprowadzania poważnych ograniczeń eksploatacyjnych, po liniach wyposażonych w drugi poziom ETCS, gdyż od pierwszej napotkanej eurobalisy odbierze sygnał

„STÓJ”. Używanie bądź nie poszczególnych funkcji zależy od zawartości informacji odebranej z toru, czyli od poziomu zastosowania systemu ETCS i jego konfiguracji na linii kolejowej (patrz omówienie – Rozdział 4.2).

Poziomy zastosowania pozwalają na dostosowywanie wdrożeń do potrzeb konkretnych linii względnie typów przewozów, tak aby z jednej strony nie tylko nie ograniczać możliwości eksploatacyjnych, ale wręcz je zwiększać, a z drugiej strony nie powodować nadmiernych kosztów.

Perspektywy systemu ERTMS

Osiągnięty przez ERTMS sukces na sieci kolejowej całego świata, nie jest jeszcze ostatnim słowem dotyczącym tegoż systemu. Obecnie Wspólne Europejskie Przedsięwzięcie Kolejowe (ang. Europe's Rail Joint Undertaking ERJU (EU-Rail)) poprzez filar systemowy¹⁷, prowadzi prace nad rozszerzeniem standaryzacji systemu ERTMS na cały system sygnalizacji, w tym systemy nastawnic i systemy zarządzania ruchem, wspierając konkurencyjność i wydajność kolei europejskich.

4.2 Rozróżnianie wzorców, wydań, wersji, poziomów, trybów pracy

Jak wspomniano już powyżej, Komisja Europejska przy aprobach ze strony Państw Członkowskich we współpracy z kolejami, ale także z przemysłem rozpoczęła w 1996 r. prace nad własnym zestawem specyfikacji bez uwzględnienia wymieniałości modułów. Jako pierwsze przyjęte zostały dwie decyzje o parametrach podstawowych systemu ETCS:

- Decyzja Komisji Europejskiej 1999/569/WE¹⁸ (definiujące częstotliwość pracy anteny ETCS i częstotliwość radia cyfrowego)

oraz

- Decyzja Komisji Europejskiej 2001/260/WE¹⁹ (podstawowe parametry systemu ETCS i GSM-R).

Następnie aktami prawnymi przyjmowane były kolejne wersje specyfikacji narzucane jako dokumenty obowiązkowego stosowania narzucone tzw. Techniczną Specyfikacją Interoperacyjności dla podsystemu „Sterowanie” – TSI CCS. Poszczególne kolejno przyjmowane regulacje to:

- Decyzja Komisji Europejskiej 2002/731/WE²⁰ (pierwsza TSI CCS dedykowana dla kolei dużych prędkości – jedna z sześciu TSI dla kolei dużych prędkości wydanych razem w roku 2002 narzucająca stosowanie ETCS dla linii i pojazdów kolei dużych prędkości);

¹⁷ Platforma współpracy, na której koleje i dostawcy mogą wykorzystać swoją wiedzę specjalistyczną w celu opracowania norm, które mają być stosowane na poziomie europejskim w przyszłych projektach kolejowych

¹⁸ 1999/569/EC: Commission Decision of 28 July 1999 on the basic parameters for the command-and-control and signalling subsystem relating to the trans-European high-speed rail system (notified under document number C(1999) 2475) - (Text with EEA relevance) Dz.U. L 216 z 14.8.1999, str. 23 – 23, uchylony 11.09.2002

¹⁹ 2001/260/EC: Commission Decision of 21 March 2001 on the basic parameters of the command-and-control and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to as "ERTMS characteristics" in Annex II(3) to Directive 96/48/EC (Text with EEA relevance) (notified under document number C(2001) 746), Dz.U. L 93 z 3.4.2001, str. 53—56, uchylony 11.09.2002

²⁰ Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2002 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu kontrolno-decyzyjnego oraz sygnalizacyjnego transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, o którym mowa w art. 6 ust. 1 dyrektywy Rady 96/48/WE (notyfikowana jako dokument nr C(2002) 1947) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 245 z 12.9.2002, str. 37- 142, wydanie specjalne Rozdział 13 Tom 030 str. 41 – 148, uchylony 06.11.2006

- Decyzja Komisji Europejskiej 2004/447/WE²¹ (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS zarówno dla kolei konwencjonalnej jak i kolei dużych prędkości);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2006/679/WE²² (pierwsza kompletna TSI CCS dla kolei konwencjonalnych narzucająca stosowanie ETCS także dla linii i pojazdów kolei konwencjonalnych);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2006/860/WE²³ (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS dla kolei dużych prędkości);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2007/153/WE²⁴ (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS niezależnie od prędkości);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2008/386/WE²⁵ (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS niezależnie od prędkości);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2009/561/WE²⁶ (dotycząca wdrażania TSI CCS dla kolei konwencjonalnych);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2010/79/WE²⁷ (zmieniająca TSI CCS dla kolei dużych prędkości i TSI CCS dla kolei konwencjonalnych);

²¹ Decyzja Komisji z dnia 29 kwietnia 2004 r. modyfikująca załącznik A do decyzji Komisji 2002/731/WE z dnia 30 maja 2002 r. i ustanawiająca główną charakterystykę systemu klasy A (ERTMS) podsystemu kontrolno-decyzyjnego oraz sygnalizacyjnego transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych, o którym mowa w dyrektywie 2001/16/WE (notyfikowana jako dokument C(2004) 1559) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 155 z 30.4.2004, str. 65 – 79, wydanie specjalne: Rozdział 13 Tom 034 str. 811 – 823, uchylony 06.11.2006

²² 2006/679/WE: Decyzja Komisji z dnia 28 marca 2006 r. dotycząca technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu sterowania ruchem kolejowym transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (notyfikowana jako dokument nr C(2006) 964) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 284 z 16.10.2006, str. 1 – 176, uchylony 25.01.2012

²³ 2006/860/WE: Decyzja Komisji z dnia 7 listopada 2006 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości oraz zmieniająca załącznik A do decyzji 2006/679/WE z dnia 28 marca 2006 r. dotyczącej specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (notyfikowana jako dokument nr C(2006) 5211) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 342 z 7.12.2006, str. 1 – 165, uchylony 25.01.2012

²⁴ 2007/153/WE: Decyzja Komisji z dnia 6 marca 2007 r. zmieniająca załącznik A do decyzji 2006/679/WE dotyczącej technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu sterowania ruchem kolejowym transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych oraz załącznik A do decyzji 2006/860/WE dotyczącej specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2007) 675) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 67 z 7.3.2007, str. 13 – 17, uchylony 25.01.2012

²⁵ 2008/386/WE: Decyzja Komisji z dnia 23 kwietnia 2008 r. zmieniająca załącznik A do decyzji 2006/679/WE dotyczącej technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu sterowania ruchem kolejowym transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych oraz załącznik A do decyzji 2006/860/WE dotyczącej specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 1565) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 136 z 24.5.2008, str. 11 – 17, uchylony 25.01.2012

²⁶ 2009/561/WE: Decyzja Komisji z dnia 22 lipca 2009 r. zmieniająca decyzję 2006/679/WE w odniesieniu do wdrażania technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu sterowania ruchem kolejowym transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 5607) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 194 z 25.7.2009, str. 60 – 74, uchylony 25.01.2012

²⁷ Decyzja Komisji z dnia 19 października 2009 r. zmieniająca decyzje 2006/679/WE oraz 2006/860/WE w zakresie technicznych specyfikacji interoperacyjności dotyczących podsystemów transeuropejskich systemów kolei konwencjonalnych i kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 7787) (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. L 37 z 10.2.2010, str. 74 – 81, uchylony 25.01.2012

- Decyzja Komisji Europejskiej 2012/88/UE²⁸ (nowe TSI CCS i nowy załącznik A wskazujący obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS);
- Sprostowanie do Rozporządzenia (UE) 2012/88²⁹;
- Decyzja Komisji Europejskiej 2012/462/UE³⁰ (zmieniająca TSI CCS dla kolei dużych prędkości);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2012/463/UE³¹ (koordynacja zapisów w TSI CCS dla kolei dużych prędkości i TSI CCS dla kolei konwencjonalnych);
- Decyzja Komisji Europejskiej 2012/696/UE³² (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS, wprowadzenie wzorca trzeciego);
- Decyzja Komisji Europejskiej (UE) 2015/14³³ (zmiana załącznika A wskazującego obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS, uporządkowanie nazewnictwa jako ETCS i GSM-R);
- Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) 2016/919³⁴ (nowe TSI CCS i nowy załącznik A wskazujący obowiązujące dokumenty definiujące system ETCS);
- Sprostowanie do Rozporządzenia (UE) 2016/919³⁵;
- Rozporządzenie Wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2019/776³⁶ (dostosowanie specyfikacji TSI w tym TSI CCS do zmiany Dyrektywy w sprawie interoperacyjności przyjętej w ramach tzw. czwartego pakietu kolejowego);

²⁸ 2012/88/UE: Decyzja Komisji z dnia 25 stycznia 2012 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 172) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 51 z 23.2.2012, str. 1 – 65, uchylony 04.07.2016

²⁹ Sprostowanie do decyzji Komisji 2012/88/UE z dnia 25 stycznia 2012 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (Dz.U. L 51 z 23.2.2012), Dz.U. L 126 z 15.5.2012, str. 15 – 15,

³⁰ 2012/462/UE: Decyzja Komisji z dnia 23 lipca 2012 r. zmieniająca decyzje 2002/731/WE, 2002/732/WE, 2002/733/WE, 2002/735/WE i 2006/66/WE oraz uchylająca decyzję 2002/730/WE, dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 4982) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 217 z 14.8.2012, str. 1 – 10

³¹ 2012/463/UE: Decyzja Komisji z dnia 23 lipca 2012 r. zmieniająca decyzje 2006/679/WE oraz 2006/860/WE dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 4984) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 217 z 14.8.2012, str. 11 – 19, uchylony 25.01.2012

³² 2012/696/UE: Decyzja Komisji z dnia 6 listopada 2012 r. zmieniająca decyzję 2012/88/UE w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 7325) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 311 z 10.11.2012, str. 3 – 13, uchylony 04.07.2016

³³ Decyzja Komisji (UE) 2015/14 z dnia 5 stycznia 2015 r. zmieniająca decyzję 2012/88/UE w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2014) 9909) Tekst mający znaczenie dla EOG, Dz.U. L 3 z 7.1.2015, str. 44 – 58, uchylony 04.07.2016

³⁴ Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 z dnia 27 maja 2016 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej (Tekst mający znaczenie dla EOG) C/2016/3044, Dz.U. L 158 z 15.6.2016, str. 1 – 79, uchylony 27.09.2023

³⁵ Sprostowanie do rozporządzenia Komisji (UE) 2016/919 z dnia 27 maja 2016 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej (Dz.U. L 158 z 15.6.2016) C/2016/6516, Dz.U. L 279 z 15.10.2016, str. 94 – 94

³⁶ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/776 z dnia 16 maja 2019 r. zmieniające rozporządzenia Komisji (UE) nr 321/2013, (UE) nr 1299/2014, (UE) nr 1301/2014, (UE) nr 1302/2014 i (UE) nr 1303/2014, rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 oraz decyzję wykonawczą Komisji 2011/665/UE w odniesieniu do dostosowania do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 oraz realizacji celów szczegółowych określonych w decyzji delegowanej Komisji (UE) 2017/1474 (Tekst mający znaczenie dla EOG.), Dz.U. L 139I z 27.5.2019, str. 108 – 311, uchylony 27.09.2023

- Rozporządzenie Wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2020/387³⁷ (zmiany w zakresie zarządzania wzorcami systemu ETCS);
- Rozporządzenie Wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2020/420³⁸ (sprostowanie niemieckiej wersji językowej);
- Rozporządzenie Wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2023/1695 (kompletna nowa TSI CCS oparta na wydaniu 1 wzorca 4 systemu ETCS, poprawce 1 wzorca 1 systemu GSM-R, wzorcu 0 systemu FRMCS oraz wydaniu 1 wzorca 1 systemu ATO).

Od 28 września 2023 r. przy wdrażaniu ERTMS należy stosować wzorzec 4 wydanie 1 dla ETCS; wzorzec 1 wydanie 1 dotyczące utrzymania dla GSM-R; wzorzec 0 dla FRMCS; wzorzec 1 wydanie 1 dla systemu ATO.

Baseline, wzorzec, wydanie, wersja

Zestaw specyfikacji lub wzorzec systemu ETCS opisywany podstawowo przez specyfikacje wymagań systemowych (SRS - System Requirements Specifications) wyznacza techniczną linię bazową systemu ERTMS, którego implementacja realizowana jest albo po stronie przytorowej, albo po stronie pokładowej. Analizując powyżej wymienione akty prawne, można zidentyfikować te, które wprowadziły do obiegu prawnego nowe zestawy technicznych specyfikacji interoperacyjności lub te, które wprowadzały uaktualnienia do obowiązujących TSI. Na dzień dzisiejszy w realizacjach występują rozwiązania techniczne wykorzystujące bazowe poziomy zestawu specyfikacji nr 1³⁹ (potocznie nazywane jako baseline 2 lub B2 albo wzorzec 2), który jest zgodny z SRS 2.3.0d; zestawu specyfikacji nr 2⁴⁰ (potocznie nazywane jako baseline 3 lub prawidłowo B3MR1 albo wzorzec 3 wydanie 1), który jest zgodny z SRS 3.4.0; zestawu specyfikacji nr 3⁴¹ (potocznie nazywanego jako baseline 3 lub prawidłowo B3R2 albo wzorzec 3 wydanie 2), który jest zgodny z SRS 3.6.0 oraz obowiązującego na dzień opracowania niniejszej ekspertyzy zestawu specyfikacji nr 4⁴² (potocznie nazwanej jako baseline 4 lub B4 albo zgodnie z realizacją⁴³), który jest zgodny z SRS 4.0.0. W tym miejscu należy zauważyć, iż potocznie używanie sformułowania baseline 3 do 2 różnych wydań wzorca 1 lub 2 w zestawieniach analitycznych powoduje generowanie wyników wskazujących wykorzystanie różnych rozwiązań technicznych jako tożsamyh ze sobą. W najbliższym czasie, możliwe jest wystąpienie podobnej sytuacji dla baseline 4, dla wydania którego przewidziane są 3 różne wydania, tj. wzorzec 4 wydanie 1 dla ETCS RMR: wzorzec 1 wydanie 1 dotyczące utrzymania dla GSM-R i wzorzec 0 dla FRMCS; wzorzec 1 wydanie 1 dla ATO. Wszystkie aktualne poziomy operacyjne są zdefiniowane w każdym schemacie bazowym ERTMS.

³⁷ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/387 z dnia 9 marca 2020 r. zmieniające rozporządzenia (UE) nr 321/2013, (UE) nr 1302/2014 i (UE) 2016/919 w odniesieniu do rozszerzenia obszaru użytkowania i etapów przejściowych (Tekst mający znaczenie dla EOG) C/2020/1272, Dz.U. L 73 z 10.3.2020, str. 6 – 18, uchylony 27.09.2023

³⁸ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/420 z dnia 16 marca 2020 r. w sprawie sprostowania niemieckiej wersji językowej rozporządzenia Komisji (UE) 2016/919 w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej (Tekst mający znaczenie dla EOG) C/2020/1552, Dz.U. L 84 z 20.3.2020, str. 5 - 6, uchylony 27.09.2023

³⁹ Decyzja Komisji 2012/696/UE - uchylona 04.07.2016 r.

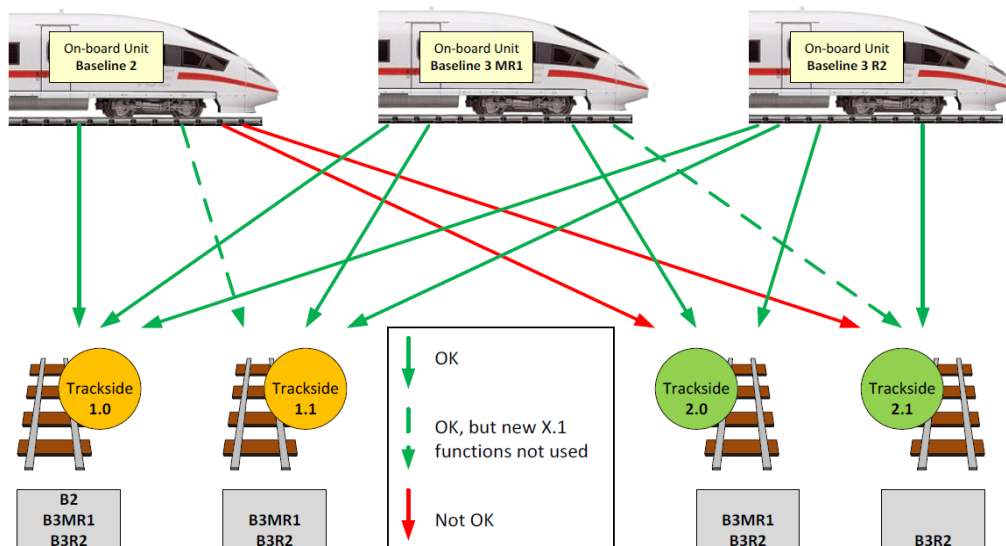
⁴⁰ Decyzja Komisji (UE) 2015/14 – uchylony 04.07.2016 r.

⁴¹ Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 – uchylony 27.09.2023 r.

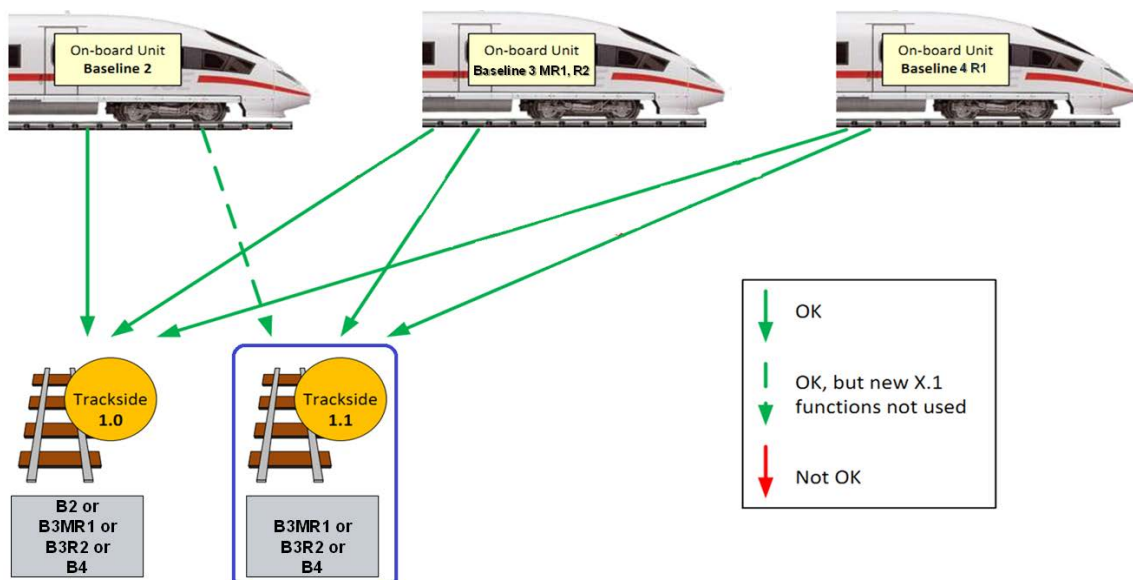
⁴² Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695

⁴³ Wzorzec 4 wydanie 1 dla ETCS RMR: wzorzec 1 wydanie 1 dotyczące utrzymania dla GSM-R i wzorzec 0 dla FRMCS; wzorzec 1 wydanie 1 dla ATO

Rozważając wzorzec i wydanie, szczególną uwagę należy również zwrócić na wersję systemu, która jednoznacznie definiuje obowiązkowe funkcje systemu ETCS zapewniające techniczną interoperacyjność między ERTMS. Wersja systemu nie jest wersją, która jest przyrównywana do zestawu specyfikacji czy wzorca systemu. Korelacja pomiędzy wyposażeniem pokładowym a wersją systemu przytorowego, celowo pozostawiona w oryginalnej wersji językowej odnoszącej się do licznych zapisów w dokumentacji ERA, została zaprezentowana na Rysunku 8 i Rysunku 9.



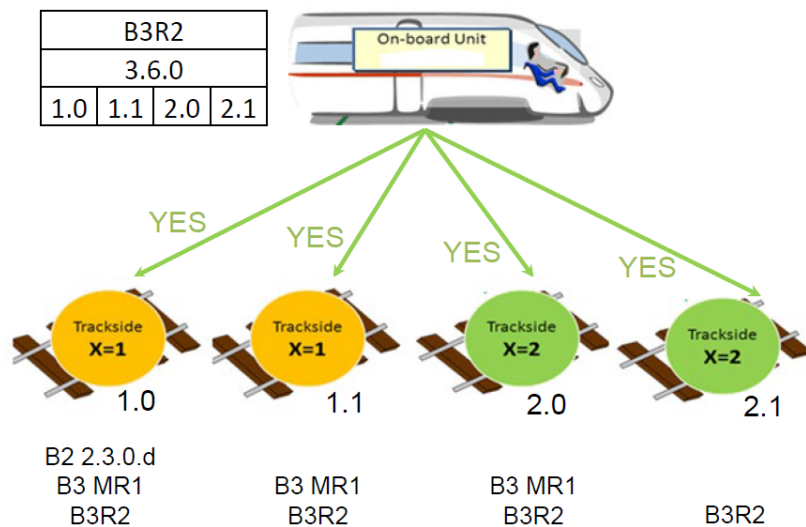
Rysunek 8 Kompatybilność wsteczna urządzeń ETCS
(źródło: kompilacja dokumentów ERTMS Users Group i ERA)⁴⁴



Rysunek 9 Kompatybilność wsteczna urządzeń pokładowych wzorca 4⁴⁴

⁴⁴ Na rysunkach 8, 9, 10 opisy pozostawiono w oryginale, tj. bez tłumaczenia na j. polski uznając, że wprowadzenie polskich określeń na wymagałoby zastosowania bardzo małej i tym samym nieczytelnej czcionki, oraz że omówienie w treści opracowania zapewnia pełne zrozumienie relacji bez znajomości języka angielskiego.

(źródło: kompilacja dokumentów ERTMS Users Group i ERA)



Rysunek 10 Wzorzec wyposażenia pokładowego w odniesieniu do wzorca wyposażenia przytorowego i wersji systemu

(źródło: kompilacja dokumentów ERTMS Users Group i ERA)⁴⁴

Przytoczone powyżej kompatybilności jak i zaprezentowane na Rysunku 10 porównanie części wyposażenia pokładowego z częścią wyposażenia przytorowego wskazują, iż zestaw specyfikacji lub wzorzec systemu ETCS mogą zawierać kilka wersji systemu. Oznacza to, że przyjęty do implementacji zestaw specyfikacji lub wzorzec systemu definiuje które wersje systemu są dostępne. Poruszające się pojazdy trakcyjne wyposażone w czynne urządzenia pokładowe ETCS po liniach kolejowych wyposażonych w czynne urządzenia przytorowe ETCS, są weryfikowane pod względem zgodności technicznej pomiędzy implementacją wersji systemu przytorowego i dostępnymi wersjami pokładowymi, a nie między wersją zestawu specyfikacji lub wzorca systemu w wersją SRS.

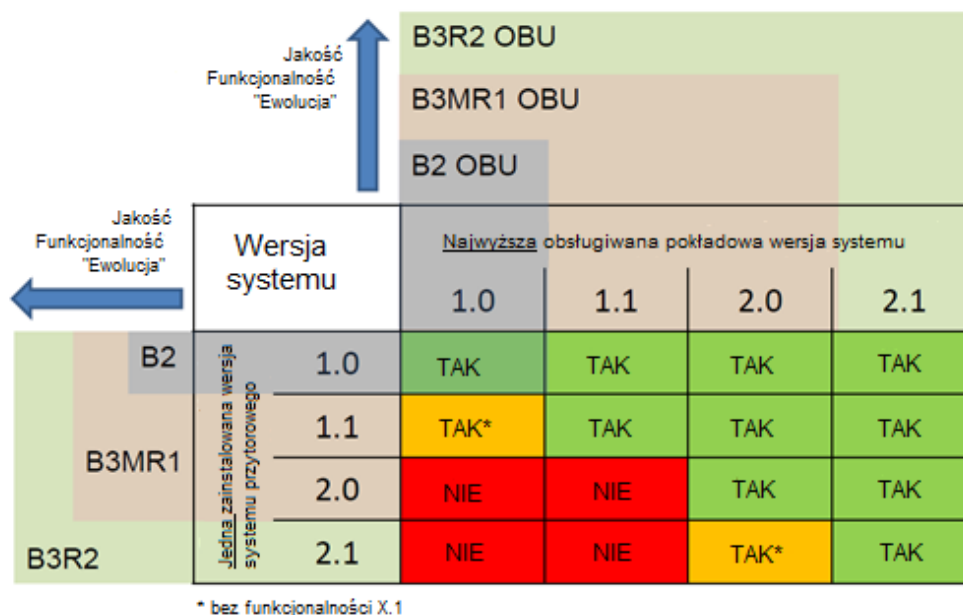
Wyposażenie pokładowe pojazdów trakcyjnych może być kompatybilne zarówno wstecz, np. wzorzec 4 (Rysunek 11) i w przód, np. pokładowy system B2 a wersja systemu 1.1 czy B3MR1 a wersja systemu 2.1 (Rysunek 11). Stosowanie w praktyce kompatybilności w przód wymaga przestrzegania środków mitygacji⁴⁵ określanych w dokumentach związanych z oceną zgodności wzorca specyfikacji ETCS. Dokumenty takich weryfikacji, wykonywane przez ekspertów, są regularnie publikowane zgodnie z artykułem 9⁴⁶ w oficjalnych dokumentach⁴⁷ Agencji Kolejowej Unii Europejskiej (ERA). Jednakże kompatybilność w przód ma swoje ograniczenia i pojazdy trakcyjne wyposażone w urządzenia pokładowe wykonane w technologii B2 będą mogły poruszać się po liniach kolejowych wykonanych w wersji systemu 2.0 dla B3MR1 lub B3R2 albo wersji systemu 2.1 dla B3R2.

⁴⁵ Sprawdzenie kompatybilności pomiędzy B3 i B2 oraz w obrębie B3 zdefiniowało dla B3R2 mitygację dla wszystkich 55 Change Requests (CR)

⁴⁶ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695

⁴⁷ Opinion OPI 2020-2 Error correction to the CCS TSI – <https://www.era.europa.eu/content/eraopi2020-2-opinion-european-union-agency-railways-european-commission-regarding-error>

Sumaryczne podsumowanie korelacji zestawu specyfikacji lub wzorca systemu w odniesieniu do wersji systemu przedstawiono na poniższym schemacie (Rysunek 11).



Rysunek 11 Kompatybilność wsteczna urządzeń pokładowych wzorca 4
(źródło: kompilacja dokumentów ERTMS Users Group i ERA)

Europejski System Sterowania Pociągami ETCS w trybie LS (Limited Supervision) wymaga zabudowy urządzeń przytorowych w wersji systemu minimum 2.0.

Tryby pracy urządzeń pokładowych ETCS:

Na dzień opracowania niniejszej ekspertyzy obowiązuje *Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695 w sprawie technicznych specyfikacji Interoperacyjności podsystemów Sterowanie* z dnia 10 sierpnia 2023 r. Akt ten wszedł do obiegu prawnego w dniu 28 września 2023 r. uchylając zapisy wcześniejszych technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu Sterowanie. Wraz z wprowadzeniem nowego wydania TSI Sterowanie, w Tabeli A 2 tegoż dokumentu, wskazane zostały wykazy specyfikacji obowiązkowych dotyczących systemu ERTMS. Zgodnie ze wskazaniem obowiązującymi specyfikacjami są te, które opisują wzorzec 4 wydanie 1 dla ETCS RMR wzorzec 1 wydanie 1 dotyczące utrzymania dla GSM-R i wzorzec 0 dla FRMCS; wzorzec 1 wydanie 1 dla ATO.

Większość systemów klasy B zapewniała wsparcie maszynistów w prowadzeniu pojazdów wyłącznie wówczas, gdy odebrała kompletne dane od instalacji przytorowej. Wyjątkiem były systemy najbardziej rozwinięte, np. francuski system TVM, które wykorzystywały kilka trybów pracy.

W odniesieniu do systemu ETCS podstawowym dokumentem opisującym system zarówno po stronie wyposażenia przytorowego jak i wyposażenia pokładowego jest specyfikacja wymagań systemowych⁴⁸ (ang. System Requirements Specification SRS). Dokument ten w poszczególnych rozdziałach definiuje wymagania stawiane systemowi. Począwszy od podstawowego opisu systemu przedstawiającego strukturę systemu ETCS oraz możliwe do zastosowania poziomy, w kolejnych częściach dokumentu

⁴⁸ System Requirements Specification SUBSET-026, ver. 4.0.0, 05.07.2023 r.

określa zasady dedykowane systemowi w odniesieniu do części przytorowej i części pokładowej w odniesieniu definiowania systemu w kategoriach ogólnych jak i funkcjonalnych. Dokument opisuje tryby wyposażenia pokładowego i definiuje wszystkie przejścia pomiędzy trybami. Przejścia pomiędzy stanami zdefiniowane są w części dotyczącej procedur, które są tak tworzone, aby możliwe było przestrzeganie możliwości obsługi systemu w starszych wersjach systemu. Obsługa systemu możliwa jest przy wykorzystaniu języka ETCS, któremu poświęcono kolejną część dokumentu. Wykorzystanie języka ETCS umożliwia wykorzystanie wiadomości, które są opisane w kolejnej części niniejszego dokumentu. Dodatkowo SRS klasyfikuje również wymagania, które są przypisywane do określonej części wyposażenia po stronie przytorowej lub po stronie pokładowej.

Wykonana po stronie przytorowej implementacja wyposażenia ETCS poziom 1 lub poziom 2, zgodnie z obowiązującym wzorcem umożliwia poruszanie się pojazdów trakcyjnych wyposażonych w pokładowe urządzenia systemu w określonym trybie pracy zgodnym z opisem zawartym w Tabeli 1 odnoszącym się do jazdy z pełnym nadzorem, jazdy z niepełnym nadzorem, manewrowania, jazdy w uzależnieniu czy innym trybem.

Tabela 1. Tryby pracy wyposażenia pokładowego urządzeń ETCS

Tryby pracy urządzeń pokładowych	Skrót trybu pracy	ETCS poziom 0	ETCS poziom NTC	ETCS poziom1	ETCS poziom 2
Isolation Odłączenie systemu	IS	T	T	T	T
No Power Brak zasilania systemu	NP	T	T	T	T
System Failure Uszkodzenie systemu	SF	T	T	T	T
Sleeping Uśpienie	SL	T	T	T	T
Stand By Gotowość	SB	T	T	T	T
Shunting Jazda Manewrowa	SH	T	T	T	T
Full Supervision Pełen Nadzór	FS	N	N	T	T
Unfitted Linia Niewyposażona	UN	T	N	N	N
Staff Responsible Odpowiedzialność personelu	SR	N	N	T	T
On Sight Na widoczność z ETCS	OS	N	N	T	T
Trip Zatrzymanie przez system	TR	T	T	T	T
Post Trip Po zatrzymaniu przez system	PT	N	N	T	T
Non Leading Podrzędny	NL	T	T	T	T
Automatic Driving Jazda automatyczna	AD	N	N	T	T
National System System narodowy	SN	N	T	N	N

Tryby pracy urządzeń pokładowych	Skrót trybu pracy	ETCS poziom 0	ETCS poziom NTC	ETCS poziom1	ETCS poziom 2
Reversing Cofanie	RV	N	N	T	T
Limited Supervision Ograniczony Nadzór	LS	N	N	T	T
Passive Shunting Pasywne manewrowanie	PS	T	T	T	T
Supervised Manoeuvre Nadzorowane manewrowanie	SM	N	N	N	T

gdzie: T – możliwy do wykorzystania tryb na linii z danym poziomem ETCS

N – nie możliwy do wykorzystania tryb na linii z danym poziomem ETCS

Poruszanie się po liniach kolejowych wyposażonych w urządzenia przytorowe ETCS w trybie jazdy pod pełnym nadzorem oznacza poruszanie się pojazdu trakcyjnego po linii kolejowej przy wykorzystaniu jednego z dostępnych trybów, tj. FS, RV lub AD. Jazdy w trybie ograniczonego nadzoru odbywają się przy wykorzystaniu dostępnego trybu, tj. UN, PT, OS, SR, LS. Jazdy pojazdu trakcyjnego z uruchomionym trybem SH, PS, SM oznaczają znajdowanie się pojazdu trakcyjnego w trybie pracy manewrowej. Jazda w uzależnieniu realizowana jest przez pojazd trakcyjny przy wykorzystaniu dostępnego trybu, tj. SL, NL lub SN. Pozostałe tryby pracy urządzeń pokładowych, tj. IS, NP, SF, SB lub TR oznacza inny sposób pracy pojazdu trakcyjnego.

Rozwój systemu ETCS, który opisywany jest nowymi wzorcami wskazywanymi w technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemów Sterowanie, wskazuje na występowanie określonych ograniczeń rozwiązań technicznych, które nie są dostępne w odniesieniu do wcześniejszych wydań TSI. Rozwiązania techniczne ETCS realizowane zgodnie z wzorcem 4 wydanie 1, po stronie wyposażenia pokładowego, dodatkowo względem wcześniejszych wzorców, umożliwiają pracę w trybie nadzorowane manewrowanie (SM).

Wprowadzony do obrotu wykaz specyfikacji systemowych zgodnie z *Decyzją Komisji 2021/696/UE*⁴⁹ z dnia 6 listopada 2012 r. opisanych jako zestaw specyfikacji nr 2 (wzór 3 dla ETCS i wzór 0 dla GSM-R) zmodyfikowania i uzupełniona *Rozporządzeniem Komisji (UE) 2016/919*⁵⁰ z dnia 27 maja 2016 r. jako zestaw specyfikacji nr 2 (wzorzec 3 wydanie 1 dotyczące utrzymania ETCS i wzorzec 1 dla GSM-R) oraz wprowadzająca zestaw specyfikacji nr 3 (wzorzec 3 wydanie 2 dla ETCS i wzorzec 1 dla GSM-R) dla obu wydań wzorca 3 wprowadziły od wydania 1 możliwość wykorzystania po stronie urządzeń pokładowych trybu pracy ograniczony nadzór (LS) oraz pasywne manewrowanie (PS). Dodatkowo od wydania 1 tego wzorca dla obu wydań aktualna jest wprowadzona konsolidacja względem zestawu specyfikacji nr 1 (wzorzec 2 dla ETCS i wzorzec 1 dla GSM-R), dookreślonego pod taką nazwą przez *Decyzję Komisji 2021/696/UE*, wprowadzająca jeden tryb system narodowy (SN),

⁴⁹ Decyzja Komisji z dnia 6 listopada 2012 r. zmieniająca decyzję 2012/88/UE w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 7325) Tekst mający znaczenie dla EOG (2012/696/UE), Dokument 32012D0696, Dz.U. L 311 z 10.11.2012, str. 3 – 13, uchylony 04.07.2016 r.

⁵⁰ Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 z dnia 27 maja 2016 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej (Tekst mający znaczenie dla EOG), C/2016/3044, Dokument 32016R0919, Dz.U. L 158 z 15.6.2016, str. 1 – 79, dokument dokonuje zmiany nazwy wzór na wzorzec oraz dodanie wskazanie numeru wydania dla baseline 3, uchylony 27.09.2023 r.

względem występujących wcześniej trybów STM narodowy (SN) i STM europejski (SE), które były osobnymi trybami dla wzorca 2.

Dostępność trybu Limited Supervision po stronie pokładowej zapewniają dopiero te instalacje taborowe (pokładowe), które zostały wykonane zgodnie co najmniej z zestawem specyfikacji nr 2.

Język systemu ETCS

Analizując powiązania systemu ERTMS (patrz Rysunek 5), należy zauważyć, iż posiada on architekturę warstwową, a powiązania na określonym poziomie lub poziomach niższych opisują poszczególne dokumenty specyfikacji systemu. Schodząc na najniższy poziom, definiujemy w nim określone reakcje, które są realizowane albo po stronie urządzeń przytorowych albo po stronie urządzeń pokładowych. W związku z powyższym należy wskazać miejsce definiowania realizowanych funkcji przez system ETCS.

Język systemu ETCS używany jest do przesyłania informacji przez eurobalisę, europętlę i przez radio. Język systemu opiera się na zmiennych, pakietach, wiadomościach i telegramach. Wiele zmiennych wykorzystywanych w systemie, zawiera wartości, które muszą zostać przypisane. Niektóre z tych wartości muszą być unikalnymi, aby zapewnić prawidłowe funkcjonowanie systemu. Wymagane jest dlatego, scentralizowane przetwarzanie tego przypisania (krajowe lub międzynarodowe, w zależności od zmiennej). Zmienne służą do kodowania pojedynczych wartości danych. Zmiennych nie można dzielić na mniejsze jednostki. Cała zmienna ma jeden typ (znaczenie). Nazwy zmiennych są unikalne. Zmienna jest używana w kontekście ze znaczeniem opisanym w definicji zmiennej. Zmienne o różnych znaczeniach mają różne nazwy. Wszystkie definicje zmiennych są niezależne od nośników przesyłu danych, w których są używane w więcej niż jednym nośniku. Zmienne mogą mieć wartości specjalne, które są powiązane z podstawowym znaczeniem zmiennej. Wartości specjalne mają zawsze najwyższe wartości w zmiennej. Wartości ze znakiem należy kodować jako uzupełnienie do 2. Zmienne jednobitowe boolean zawsze używają 0 dla fałszu i 1 dla prawdy. Unika się przesunięć dla wartości liczbowych (0 używane jest dla 0, 1 dla 1), chyba że jest to uzasadnione. Podczas przekazywania niezależnie od zastosowanego medium, najbardziej znaczący bit powinien przesłany być jako pierwszy.

Wszystkie zmienne mają jeden z prefiksów: A_ przyspieszenie, D_ odległość, G_ gradient, L_ odległość, M_ składnikowy, N_ numer, NC_ numer klasy, NID_ numer identyfikacyjny, Q_ kwalifikator, T_ czas / data, V_ prędkość, X_ tekst.

Wiele zmiennych zgrupowanych w jedną jednostkę o zdefiniowanej strukturze wewnętrznej tworzy pakiet. Struktura składa się z nagłówka pakietu dedykowanego albo przekazywane jako dane z urządzeń przytorowych do pociągu albo z pociągu do urządzeń przytorowych. W pierwszym przypadku pakiet składa się z unikalnego numeru pakietu, długości pakietu w bitach, informacji o orientacji, opcjonalnie informacje o skali odległości/długości oraz sekcji informacyjnej zawierającej zdefiniowany zestaw zmiennych. Struktura takiego pakietu zawiera: numer – NID_PACKET (identyfikator pakietu), kierunek – Q_DIR (określa kierunek ważności przesyłanych danych), długość – L_PACKET (liczba bitów w pakiecie), skala – Q_SCALE (określa, która skala jest używana dla informacji o odległości/długości w pakiecie (w pakietach, które nie zawierają informacji o odległości nie stosuje się tej zmiennej)), informacje – *aaa bbb ccc* (poprawnie zdefiniowane zestawy zmiennych). W drugim przypadku pakiet składa się z unikalnego numeru pakietu, długości pakietu w bitach, opcjonalnie o skali odległości i oraz sekcji informacyjnej zawierającej zdefiniowany zestaw zmiennych. Struktura takiego pakietu zawiera: numer – NID_PACKET (identyfikator pakietu), długość – L_PACKET (liczba bitów w pakiecie), skala – Q_SCALE (określa, która skala jest używana dla informacji o odległości / długości

w pakiecie (w pakietach, które nie zawierają informacji o odległości nie stosuje się tej zmiennej)), informacje – *aaa bbb ccc* (poprawnie zdefiniowane zestawy zmiennych).

Definicja pakietu nie zmienia się w zależności od wykorzystywanego medium transmisyjnego. Inne identyfikatory pakietów niż wymienione w specyfikacjach systemu ETCS uznawane są za wartości nieprawidłowe (tj. takie jak wartości zapasowe) po odebraniu ich przez urządzenia wyposażenia pokładowego. Wyjątek stanowi odbiór informacji różniących się o Y w odniesieniu do najwyższego numeru wersji systemu X obsługiwanego przez urządzenia pokładowe. W zależności od numeru wersji systemu, z którym wiadomość/telegram został przesłany, może mieć zastosowanie określonego wyjątku. Pakiet 0 Znacznik przykrycia wirtualnej balisy oraz Pakiet 255 Koniec telegramu stanowią wyjątek i są one nie zgodne z powyżej zdefiniowaną strukturą. Zmienna N_ITER określa liczbę iteracji zmiennej lub grupy zmiennych, które następują. Jeśli zmienna wynosi 0, nie występują żadne zmienne. Mogą istnieć dwa lub więcej zagnieżdżone poziomy iteracji. Wiersz *Transmitted by* w opisie pakietu określa, które urządzenie przytorowe ETCS (eurobalisa, europętla, RIU, RBC) może przesłać ten pakiet. *Any* oznacza że pakiet może być przesłany przez eurobalisa, europętla, RIU, RBC. Wiersz *Transmitted to* w opisie pakietu określa, do którego urządzenia przytorowego ETCS pakiet może zostać przesłany.

W relacjach przekazywania informacji z urządzeń przytorowych do pojazdu, zgodnie z obowiązującą specyfikacją SRS niezależnie od poziomu, wykorzystywanych jest 57 zdefiniowanych pakietów, natomiast w przypadku przesyłania informacji z pojazdu do urządzeń przytorowych można wykorzystać 10 określonych pakietów.

4.3 System ETCS w trybie pełnego nadzoru FS versus ETCS w trybie LS

Zaprojektowana i zabudowana infrastruktura przytorowych urządzeń systemu ETCS, którego referencyjną architekturę przedstawiono na Rysunku 5, zgodnie z informacją zawartą w Tabeli 2, umożliwia pojazdom trakcyjnym poruszanie się po liniach kolejowych wyposażonych w urządzenia przytorowe w określonych trybach pracy. W odniesieniu do niniejszej ekspertyzy dwoma trybami pracy urządzeń pokładowych, między którymi prowadzone są analizy są tryb pełnego nadzoru (FS) oraz tryb ograniczonego nadzoru (LS).

Tryb FS umożliwia pracę pojazdu trakcyjnego wyposażonego w urządzenia pokładowe systemu ETCS po linii kolejowej z zabudowanym systemem ETCS poziom 1, jak i ETCS poziom 2. Niezależnie od zastosowanego poziomu po stronie przytorowej, maszynista obsługujący urządzenia pokładowe systemu ETCS nie może ręcznie wybrać trybu pracy FS, gdyż przejście do tego trybu odbywa się w sposób automatyczny. Przejście do trybu pełen nadzór, zostanie zrealizowane w sytuacji, w której urządzenia pokładowe będą posiadały kompletną dostępną informację dotyczącą parametrów pociągu, jak i danych torowych – danych o drodze przebiegu (o torze i sytuacji ruchowej – o warunkach i ograniczeniach jazdy), wymaganych do jazd w trybie pełnego nadzoru. W odniesieniu do danych torowych do przejścia do trybu FS wymagana jest znajomość statycznego profilu prędkości (ang. static speed profile SSP) oraz gradientu dotyczącego toru przynajmniej do czoła pociągu, a nie na całej jego długości. W sytuacji gdy nastąpi przejście do trybu FS, przy braku informacji o SSP i gradientzie toru na całej długości pociągu maszynista musi być informowany, właściwym tej sytuacji komunikatem „ENTERING FS”, do chwili kiedy nie będą znane te informacje dla całej długości pociągu. W trybie pełen nadzór urządzenia pokładowe nadzorują ruch pociągu w odniesieniu do dynamicznego profilu prędkości. Maszynista podczas jazdy, poprzez DMI informowany jest o prędkości pociągu, dozwolonej prędkości, docelowej odległości i prędkości docelowej. Zgodnie z zapisami SRS lista ta nie jest listą zamkniętą.

Urządzenia pokładowe systemu ETCS są w pełni odpowiedzialne za ochronę jazdy pociągu z wyłączeniem dwóch przypadków. Pierwszym z nich jest przypadek gdy maszynista zbliżając się do końca zezwolenia na jazdę (ang. end of authority EoA) porusza się z prędkością uwolnienia (ang. release speed) i ją kontroluje lub w przypadku drugim, w którym wyświetlany jest komunikat „ENTERING FS” zobowiązujący maszynistę do przestrzegania ograniczeń prędkości obowiązujących dla części pociągu, która nie jest objęta danymi statycznego profilu prędkości i gradientem toru.

Tryb LS umożliwia pracę pojazdu trakcyjnego wyposażonego w urządzenia pokładowe systemu ETCS po linii kolejowej z zabudowanym systemem ETCS poziom 1, jak i ETCS poziom 2. Niezależnie od zastosowanego poziomu po stronie przytorowej, maszynista obsługujący urządzenia pokładowe systemu ETCS nie może ręcznie wybrać trybu pracy LS, gdyż przejście do tego trybu odbywa się w sposób automatyczny po wydaniu polecenia przez urządzenia przytorowe i spełnieniu wszystkich niezbędnych warunków. Tryb ograniczonego nadzoru umożliwia jazdę w obszarach, w których można dostarczyć informacje przytorowe w celu realizacji i nadzoru nad pociągiem, który realizowany jest w tle. W trybie ograniczonego nadzoru urządzenia pokładowe nadzorują ruch pociągu w odniesieniu do dynamicznego profilu prędkości z zastrzeżeniem, że funkcja ta jest opcjonalna i realizowana tylko wówczas, gdy dostępne są wszystkie konieczne dane. Maszynista podczas jazdy, poprzez DMI informowany jest o prędkości pociągu i jeśli jest to realizowane przekazywana jest informacja o prędkości uwolnienia. Zgodnie z zapisami SRS lista ta nie listą zamkniętą. Na polecenie przytorowe, jeśli ogólny znacznik trybu LS przechowywany jest przez urządzenia pokładowe, to urządzenia te powinny również wyświetlać najniższą prędkość z najbardziej restrykcyjnego profilu prędkości (ang. most restrictive speed profile MRSP) między minimalnym bezpiecznym czołem pociągu a EoA/granicą zezwolenia (ang. limit of authority LoA) oraz prędkość docelową EoA/LoA. Prędkość ta nazywana jest jako najniższa nadzorowana prędkość w ramach zezwolenia na jazdę (ang. lowest supervised speed within the movement authority LSSMA). Prędkość ta jest również wyświetlana w przypadku spełnienia warunku, w którym znacznik funkcji LS nie jest zapisywany w urządzeniach pokładowych, a LSSMA jest wyświetlane w przypadku gdy prędkość docelowa na EoA/LoA jest niższa od ograniczenia prędkości w trybie ograniczonego nadzoru oraz LSSMA jest niższa od maksymalnej prędkości pociągu.

Znajomość wykorzystania trybu LS warunkuje w odniesieniu do wyżej wymienionej wyświetlanej prędkości szeregiem realizowanych jednocześnie aspektów. Wydanie polecenia przełączenia się na wyświetlanie LSSMA, skutkuje uruchomieniem przez wyposażenie pokładowe systemu ETCS licznika opóźnienia, którego aktywacja następuje na polecenie otrzymane z RBC/RIU jako parametr o wartości znacznika na podstawie polecenia zawartego w otrzymanej wiadomości albo na podstawie polecenia otrzymanego z grupy eurobalis, w chwili przejazdu nad pierwszą napotkaną eurobalisą z grupy balis wydającej polecenie albo w przypadku wiadomości, która zostaje zapamiętana w buforze, w czasie przejścia pomiędzy poziomami, w chwili wykonania polecenia zmiany poziomu. Jeżeli wartość opóźnienia jest większa niż wartość limitu czasu podana przez urządzenie przytorowe, pokładowe urządzenia systemu ETCS powinny wyświetlić komunikat LSSMA. Po otrzymaniu polecenia przełączenia (włączenia lub wyłączenia) wyświetlacza LSSMA, polecenie przełączenia, które nie zostało jeszcze wykonane (ponieważ pokładowy licznik opóźnienia nie osiągnął wartości limitu czasu opóźnienia), zostanie usunięte przez urządzenia pokładowe. Jeżeli wyświetlacz LSSMA jest już włączony, pokładowe urządzenia ETCS powinny wyłączyć wyświetlacz LSSMA w wyniku nastąpienia jednego z dwóch przypadków – albo klauzula nie zostanie natychmiast spełniona po otrzymaniu nowego polecenia włączenia wyświetlacza LSSMA albo zostanie otrzymane polecenie wyłączenia wyświetlacza LSSMA. W przypadku przejścia w tryb ograniczonego nadzoru wyświetlacz LSSMA powinien zostać wyłączony przez pokładowe urządzenia ETCS, chyba że otrzymano polecenie włączenia, co spowoduje natychmiastowe przejście do wyświetlania LSSMA zgodnie z zaprezentowanym powyżej opisem.

Ogólny znacznik trybu LS powinien zostać usunięty przez pokładowe urządzenia ETCS natychmiast po odebraniu profilu trybu ograniczonego nadzoru bez znacznika w tej samej wiadomości z mijanej grupy balis.

W przypadku otrzymania od RBC żądania „tor przed pociągiem wolny”, urządzenia pokładowe systemu ETCS proszą maszynistę o potwierdzenie informacji „tor przed pociągiem wolny”. Aby można było poruszać się w trybie ograniczonego nadzoru, SSP i znajomość gradientu nie są wymagane dla całej długości pociągu, ale muszą być one dostępne przynajmniej od czoła pociągu.

Urządzenia pokładowe systemu ETCS są odpowiedzialne za nadzór nad jazdą pociągu w tle na podstawie danych informacyjnych dostarczonych przez urządzenia przytorowe. Tryb ograniczonego nadzoru umożliwia eksploatację pojazdów trakcyjnych w obszarach wyposażonych w sygnalizatory przytorowe, w których ETCS nie ma informacji dotyczących stanu niektórych sygnałów, tj. nie wszystkie sygnały są podłączone do LEU lub podłączone do RBC.

Maszynista musi zawsze przestrzegać istniejących informacji przytorowych (sygnały, wskaźniki prędkości itd.) i krajowych przepisów eksploatacyjnych. Wskazania podawane maszyniście przez pokładowe urządzenia ETCS nie zastępują przestrzegania informacji przytorowych. W szczególności wyświetlanie LSSMA, jeśli zostanie uznane za konieczne przez urządzenia przytorowe, uzupełnia jedynie informacje przytorowe, np. w przypadku, gdy może wystąpić rozbieżność między tymi ostatnimi a nadzorowanym tłem ruchu pociągu.

4.4 Funkcje realizowane przez ETCS w różnych trybach pracy

Tryb pracy urządzeń pokładowych Limited Supervision nie jest dostępny w wersji systemu ETCS zainstalowanej na wielu polskich pojazdach trakcyjnych. Dlatego warto spojrzeć na tabelę ze Specyfikacji Wymagań Systemowych definiującą relacje pomiędzy trybami pracy i funkcjami realizowanymi przez system. Poniższe zestawienie zostało przygotowane na podstawie tabeli ze specyfikacji SRS wzorca 4.0.0 (Tabela 2).

Tabela 2 Relacje trybów pracy i funkcji realizowanych przez system ETCS

	Tryby pracy system ETCS zgodnie z SRS wzorca 4.0.0																		
Funkcje realizowane przez urządzenia pokładowe	N P	S B	P S	S H	S M	F S	A D	L S	S R	O S	S L	N L	U N	T R	P T	S F	I S	S N	R V
Sprawdzanie spójności danych																			
Sprawdzanie spójności linkingu					X	X	X	X		X						NR	N R		
Sprawdzanie spójności telegramów z grup balis powiązanych linkingiem					X	X	X	X		X						NR	NR		
Hamowanie przy braku balisy powiązanej przez linking					X	X	X	X		X						NR	NR		
Weryfikacja spójności danych o zmianie punktu odniesienia						X	X	X		X						NR	NR		
Sprawdzenie bezpiecznego połączenia radiowego (poziom 2)					X	X	X	X		X						NR	NR		
Raportowanie położenia pociągu:																			
Kiedy się zatrzymuje lub rusza		X ⁵			X	X	X	X	X	X						NR	NR		X
Kiedy tryb pracy zmienia się na ... ¹		X		X ²	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR	NR	X	X

Funkcje realizowane przez urządzenia pokładowe	Tryby pracy system ETCS zgodnie z SRS wzorca 4.0.0																		
	N P	S B	P S	S H	S M	F S	A D	L S	S R	O S	S L	N L	U N	T R	P T	S F	I S	S N	R V
Gdy ciągłość składu potwierdza maszynista		X			X	X	X	X	X	X			X		X	NR	NR	X	
W przypadku wykrycia utraty ciągłości składu		X			X	X	X	X	X	X			X	X	X	NR	NR	X	X
Gdy czoło/koniec pociągu mija granicę RBC/RBC (poziom 2)					X	X	X	X	X	X	X ⁵	X		X		NR	NR		
Gdy koniec pociągu mija granicę tranzycji (z poziomu 2 do 0, NTC, 1)						X	X	X	X	X	X ⁵		X	X		NR	NR	X	
Przy zmianie poziomu na polecenie z urządzeń przytorowych						X	X	X	X	X	X ⁵	X		X		NR	NR		
Przy zmianie poziomu na polecenie maszynisty		X				X	X	X	X	X		X				NR	NR		
Kiedy nawiąże sesję z RBC		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR	NR	X	X
Gdy wykryta zostanie niespójność danych (poziom 2)		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR	NR	X	X
Zgodnie z żądaniem RBC ...		X			X	X	X	X	X	X	X ⁵	X	X	X	X	NR	NR	X	X
... lub przy każdym mijaniu grupy balis zgodnych z LRBG		X ⁵			X	X	X	X	X	X	X ⁵	X	X	X	X	NR	NR	X	X
Zarządzanie zezwoleniem MA																			
Cykliczne żądanie MA w odniesieniu do T_MAR lub T_TIMEOUTRQST (poziom 2)						X	X	X		X						NR	NR		
Cykliczne żądanie MA wówczas gdy wybrano „Start” (poziom 2)		X							X						X	NR	NR		
Żądanie MA po odebraniu „szlak przed wolny do tranzycji do poziomu 2”		X				X	X	X	X	X			X	X	X	NR	NR	X	
Cykliczne żądanie MA po skasowaniu danych o torze jazdy (poziom 2)					X	X	X	X		X						NR	NR		
Określanie EOA/LOA, SvL, DP, td., itd.					X	X	X	X		X						NR	NR		
Określanie najbardziej restryktywnego profilu prędkości MRSP na bazie:																			
SSP					X	X	X	X		X						NR	NR		
ASP					X	X	X	X		X						NR	NR		
TSR					X	X	X	X	X	X			X			NR	NR		
Ograniczenie prędkości niezależne od trybu pracy						X	X	X		X						NR	NR		
Ograniczenie prędkości zależne od trybu pracy				X	X			X	X	X			X			NR	NR		X
Ograniczenie prędkości zależne od charakterystyki pociągu					X	X	X	X	X	X			X			NR	NR		X
Maksymalna prędkość jazdy pod nadzorem STM						X	X	X	X	X			X			NR	NR	X	
Prędkość jazdy wg STM						X	X	X	X	X			X			NR	NR		

Funkcje realizowane przez urządzenia pokładowe	Tryby pracy system ETCS zgodnie z SRS wzorca 4.0.0																		
	N P	S B	P S	S H	S M	F S	A D	L S	S R	O S	S L	N L	U N	T R	P T	S F	I S	S N	R V
Prędkość na przejeździe kolejowym LX					X	X	X	X		X						NR	NR		
Ograniczenie prędkości dla zapewnienia dochowania narzuconej dopuszczalnej drogi hamowania						X	X	X		X						NR	NR		
Uwzględnianie położenia końca składu przy określaniu MRSP				X					X				X			NR	NR		
Kontrola prędkości i położenia na bazie:																			
MA, prędkości odcięcia, profilu narzuconego dla danego trybu pracy, lokalizacji początku niezabezpieczonego przejazdu kolejowego LX, początku niezgodnej drogi jazdy						X	X	X		X						NR	NR		
Pochyleń					X	X	X	X	X	X			X			NR	NR		
MRSP				X ⁴	X	X	X	X	X	X			X			NR	NR	X ³ X ⁴	X ⁴
Maksymalnej dopuszczalnej odległości jazdy w trybie SR									X							NR	NR		
Zezwolenia dla nadzorowanego manewrowania, prędkości odcięcia, lokalizacji niezabezpieczonego przejazdu kolejowego LX					X											NR	NR		
Ochrona przed niepożądanym ruchem pociągów																			
Ochrona przed staczaniem				X	X	X	X	X	X	X			X		X	NR	NR		X
Ochrona przed jazdą w kierunku nieautoryzowanym					X	X	X	X	X	X					X	NR	NR		X
Inne funkcje:																			
Handover RBC/RBC (poziom 2)					X	X	X	X	X	X	X	X		X		NR	NR		
Kontrola progu dokładności odometru					X	X	X	X	X	X						NR	NR		
Przechowywanie skumulowanego niedoszacowania / przeszacowania dla łącznego pomiaru drogi			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR	NR	X	X

Znak „X” przy funkcji w kolumnie dedykowanej do danego trybu pracy oznacza, że funkcja jest aktywna, czyli zastosowanie mają odpowiadające jej wymagania specyfikacji SRS i/lub definicje. Oczywiście wykorzystywana jest wówczas na tyle na ile otrzymuje stosowne dane z urządzeń przytorowych. Brak znaku „X” przy funkcji w kolumnie dedykowanej do danego trybu pracy oznacza, że funkcja jest nieaktywna, czyli odpowiadające jej wymagania i/lub definicje nie mają zastosowania. Znak „NR” przy funkcji dotyczy trybów SF i IS, w których określone funkcje nie są zharmonizowane.

W zestawieniu zastosowano następujące indeksy górne:

- {1} dla ETCS poziomu 2 może wymagać nawiązania połączenia radiowego jeśli takiego brak
- {2} wyjątek – tranzycja PS => SH nie podlega raportowaniu
- {3} Jeśli pokładowa instalacja ETCS jest połączona z systemem klasy B przez STM zgodnie z SUBSET-035
- {4} Wyłącznie kontrola prędkości maksymalnej (brak krzywej hamowania)
- {5} Tylko jeśli sesja łączności radiowej jest nawiązana

Powyższe zestawienie pokazuje raz jeszcze, że dostępność funkcji w trybach FS oraz LS jest w praktyce tożsama. Widać, że nie zaznaczono tylko funkcji kontroli „ograniczenia prędkości zależnego od trybu pracy”. W trybie pełnego nadzoru (FS) kontrolowane jest przestrzeganie „ograniczeń prędkości niezależnych od trybu pracy”.

Beżowym tłem zaznaczono najistotniejsze funkcje, które powinny być brane pod uwagę przy definiowaniu reguł uproszczonego wdrażania systemu ETCS w Polsce poza siecią TEN-T.

Bardzo istotne są zaznaczone funkcje sprawdzania spójności danych. Bez tych funkcji (bez stosownych danych z instalacji przytorowych) bardzo mocno utrudnione jest nadzorowanie poprawnej pracy instalacji przytorowej. Uszkodzenia i kradzieże balis mogą łatwo być niezauważone przez długi okres czasu, aż do wypadku. To zaś tworzy potencjalnie nieakceptowalne ryzyko.

Na szczególną uwagę zasługuje także funkcja kontroli przestrzegania ograniczeń TSR, która jest dostępna w trybach SM, LS, SR, OS, z których wprowadzie SM oraz LS nie są dostępne w wersji systemu ETCS zainstalowanej na wielu polskich pojazdach trakcyjnych, ale SR i OS są.

Na dzień 31 grudnia 2023 r. tryb SM nie jest dostępny na żadnym pojeździe trakcyjnym w Polsce.

Na dzień 31 grudnia 2023 r. tryby SR i OS są dostępne na 554 pojazdach trakcyjnych w Polsce.

Na dzień 31 grudnia 2023 r. tryb LS jest dostępny na 202 pojazdach trakcyjnych w Polsce. (Uwaga: Nieprecyzyjne dane uniemożliwiają zdefiniowanie ile pojazdów poruszających się po infrastrukturze przytorowej zbudowanej w wersji systemu 2.1 poruszać się będzie z ograniczeniem i/lub brakiem realizacji określonych funkcji.)

Możliwe jest także wykorzystywanie trybu UN, ale zastrzec należy, że powinno to dotyczyć np. zjazdu z linii kolejowej na bocznice na której dobrze jest kontrolować prędkość maksymalną i jednocześnie można zrezygnować z kontroli dojazdu do ograniczenia prędkości czy końca zezwolenia/sygnału „Stój”.

4.5 Analiza powiązań infrastruktura – tabor

Realizacja wdrożeń systemu ERTMS na sieci kolejowej danego państwa, wynika z postanowień zapisanych prawem europejskim, które w sposób szczegółowy opisywane są przez każdy kraj narodową indywidualną strategią wdrażania interoperacyjnego systemu klasy A na własnej sieci kolejowej. Poszczególne plany, po uzgodnieniach wspólnotowych, stają się ogólnoeuropejskim planem wdrażania interoperacyjności na sieci kolejowej Unii Europejskiej. W kolejnych latach, Rzeczpospolita Polska, począwszy od *Narodowego Planu Wdrażania Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym w Polsce*⁵¹, poprzez *Krajowy Plan Wdrażania Technicznej specyfikacji interoperacyjności „Sterowanie”*⁵² z kolejnymi suplementami^{53, 54} po opracowany zgodnie z wytycznymi obowiązującej,

⁵¹ Narodowy Plan Wdrażania Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym w Polsce, marzec 2007

⁵² Krajowy Plan Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa Rzeczypospolitej Polskiej, czerwiec 2017 r

⁵³ Suplement do Krajowego Planu Wdrażania Technicznej Specyfikacji Sterowani, Ministerstwo Infrastruktury Rzeczypospolitej Polskiej, październik 2018 r.

⁵⁴ Suplement nr 2 do Krajowego Planu Wdrażania Technicznej Specyfikacji Sterowani, Ministerstwo Infrastruktury Rzeczypospolitej Polskiej, grudzień 2019 r.

na dzień opracowania niniejszego dokumentu, technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemów Sterowanie nowym *Krajowym Planem Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”*⁵⁵ aktualizuje swoją strategię wdrażania systemu klasy A na sieci kolejowej w Polsce. Na dzień dzisiejszy w eksploatacji lub w budowie jest przeszło 1 000 km lub 25 % korytarzy sieci bazowej TEN-T, która wykorzystywać będzie system ERTMS.

Eksploatowane instalacje przytorowe systemu ETCS poziomu 1

Zgodnie z zawartymi w powyżej przywołanych dokumentach strategicznych, narodowy zarządca infrastruktury, tj. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. sukcesywnie realizuje na zarządzanej przez siebie sieci kolejowej, kolejne procesy inwestycyjne dedykowane zabudowie urządzeń przytorowych systemu ETCS. W odniesieniu do zrealizowanych i przekazanych do komercyjnej eksploatacji, zabudów urządzeń przytorowych systemu ETCS poziom 1 możemy zaliczyć realizacje na liniach kolejowych:

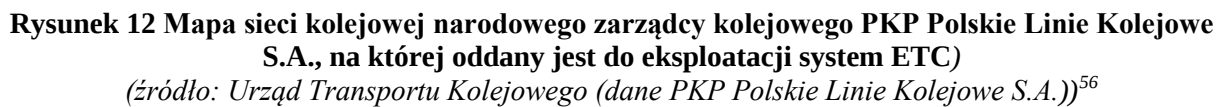
- nr 3 stacja Poznań Wschód o łącznej długości ok 0,76 km;
- nr 4 Grodzisk Mazowiecki – Korytów oraz Włoszczowa Północ – Zawiercie o łącznej długości ok 83,30 km;
- nr 64 Kozłów – Starzyny o łącznej długości ok 32,62 km;
- nr 356 Poznań Wschód – Wągrowiec o łącznej długości ok 50,72 km;
- nr 570 Kozłów – Starzyny o łącznej długości ok 2,75 km.

Powyżej wymienione zabudowy systemu ETCS poziom 1 na linii kolejowej nr 4, 64 oraz 570 zostały wykonane według specyfikacji systemowej określanej jako wzorzec 2 wersja 1 (zgodnie z SRS 2.3.0d). Natomiast zabudowy funkcjonalności Limited Supervision systemu ETCS poziom 1 wykonane na liniach kolejowych nr 3 i 356 zostały wykonane w wersji specyfikacji SRS 3.3.0. Specyfikacja ta, w odniesieniu do zapisów poszczególnych technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemów Sterowanie nie była wskazywana jako obligatoryjna do stosowania z określonym numerem wzorca jak i wersji systemu ETCS.

Na dzień opracowania niniejszej ekspertyzy PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nie prowadzi postępowań przetargowych dotyczących zabudowy systemu ETCS poziom 1.

Linie kolejowe wskazane powyżej, na których dokonano zabudowy systemu ETCS poziom 1 zaprezentowano zbiorczo na Rysunku 12.

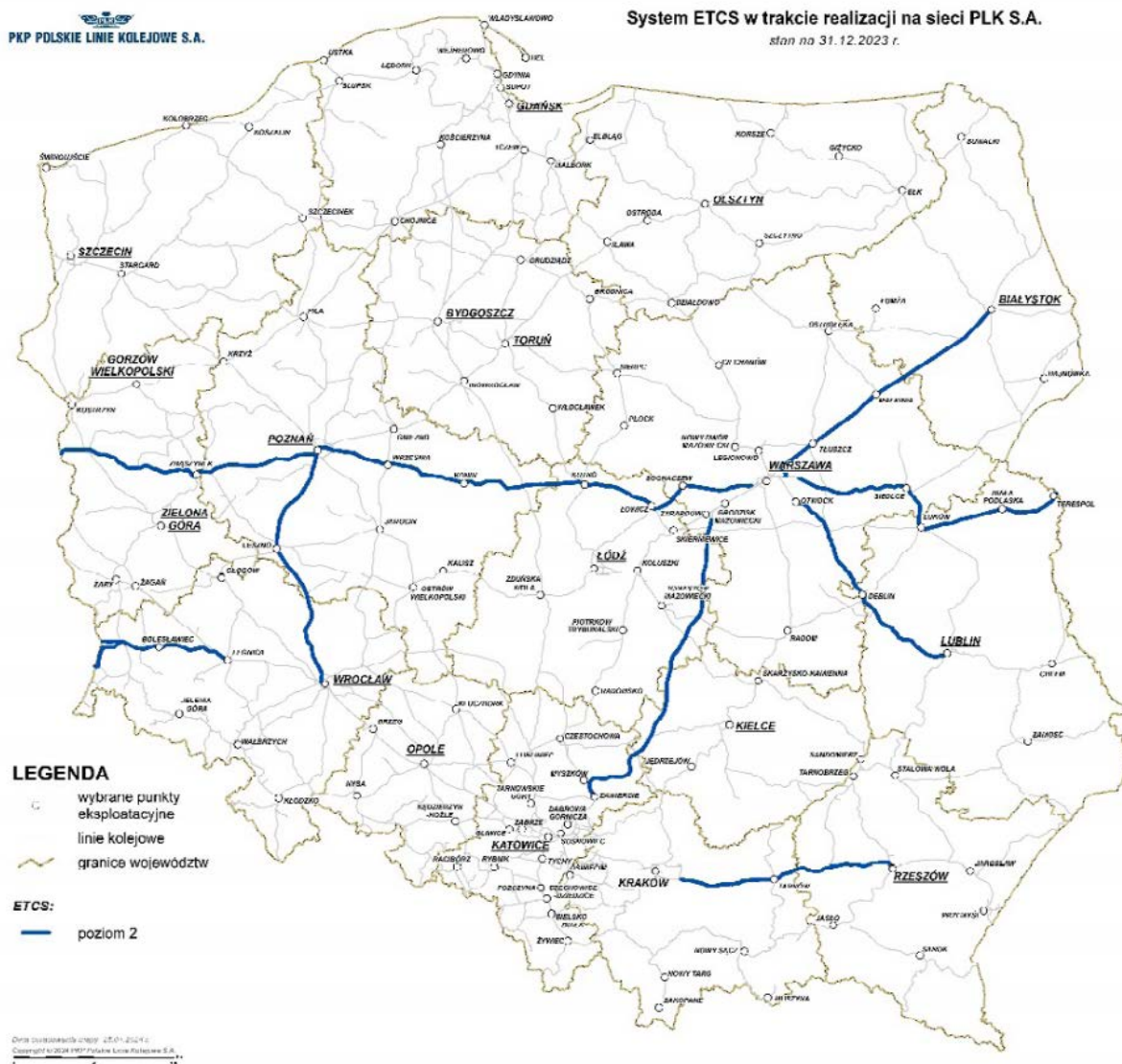
⁵⁵ Krajowy Plan Wdrożenia Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie” Polska, Ministerstwo Infrastruktury, czerwiec 2024 r.



Oprócz zabudowy systemu ETCS poziom 1 narodowy zarządca infrastruktury, sukcesywnie zgodnie z krajowymi dokumentami strategicznymi, dokonuje implementacji na swojej sieci kolejowej rozwiązań przytorowych systemu ETCS poziom 2. Implementacje takie zostały zaprezentowane zbiorczo na Rysunku 12. W odniesieniu do zrealizowanych i przekazanych do komercyjnej eksploatacji, zabudów urządzeń przytorowych systemu ETCS poziom 2 możemy zaliczyć realizacje na liniach kolejowych:

- ⁵⁶ Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2023 UTK, Warszawa 2024

- nr 202 Gdańsk Główny – Gdynia Chylonia o łącznej długości ok 21,37 km;
- nr 260 Zajęczkowo Tczewskie – Pruszcz Gdański o łącznej długości ok 11,40 km;
- nr 275 Wrocław Muchobór – Legnica o łącznej długości ok 54,98 km;
- nr 456 Warszawa Praga – Chotomów o łącznej długości ok 13,49 km.



Rysunek 13 Mapa sieci kolejowej narodowego zarządcy kolejowego PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., na której wdrażany jest system ETCS
(źródło Urząd Transportu Kolejowego (dane PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.))⁵⁷

Oprócz wskazanych powyżej inwestycji dotyczących zabudowy systemu ETCS poziom 2 realizowanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., implementację tegoż systemu zrealizowała na eksploatowanej pod własnym zarządem Pomorska Kolej Metropolitalna S.A. Zakres zabudowy interoperacyjnego systemu klasy A na Pomorskiej Kolei Metropolitalnej został zrealizowany na liniach kolejowych:

- nr 248 Gdańsk Wrzeszcz – Gdańsk Osowa o łącznej długości ok 16,55 km;

⁵⁷ Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2023 UTK, Warszawa 2024

- nr 253 Gdańsk Rębiechowo – Gdańsk Ossowa o łącznej długości ok 1,36 km.

Przeprowadzona zabudowa systemu ETCS poziom 2, zarówno na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. czy będących w zarządzaniu przez Pomorską Kolej Metropolitalną S.A., została wykonana według specyfikacji systemowej określanej jako wzorzec 2 wersja 1 (zgodnie z SRS 2.3.0d).

Trwające procesy inwestycyjne i nowe postępowania przetargowe

Zgodnie z wzorcem 2 wersja 1 (zgodnie z SRS 2.3.0d) PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. prowadzą szereg inwestycji związanych z zabudową systemu ETCS poziom 2. Trwające prace instalacyjne obejmują między innymi następujące linie kolejowe:

- nr 2 Sulejówek Miłosna – Terespol o łącznej długości ok. 190,09 km;
- nr 3 Warszawa Gołębki – Kunowice o łącznej długości ok. 467,38 km;
- nr 4 Korytów – Zawiercie o łącznej długości ok. 198,51 km;
- nr 6 Zielonka – Czyżew o łącznej długości ok. 97,09 km;
- nr 7 Warszawa Wschodnia Osobowa – Lublin o łącznej długości ok. 170,72 km;
- nr 91 Podłęże – Rzeszów o łącznej długości ok. 139,18 km;
- nr 271 Wrocław Główny – Poznań Główny o łącznej długości ok. 164,45 km;
- nr 274 Jerzmani – Zgorzelec o łącznej długości ok. 3,50 km;
- nr 275 Legnica – Miłkowice o łącznej długości ok. 9,30 km;
- nr 278 Węglińiec – Zgorzelec o łącznej długości ok. 26,15 km;
- nr 282 Miłkowice – Węglińiec o łącznej długości ok. 63,35 km;
- nr 295 Węglińiec – Bielawa Dolna o łącznej długości ok. 12,90 km;
- nr 449 Warszawa Rembertów – Zielonka o łącznej długości ok. 8,65 km.

Prawidłowa praca urządzeń systemu ETCS poziom 2 wymaga wykorzystania do jego prawidłowej pracy części radiowej głosowej łączności radiowej i radiowej wymiany danych przy wykorzystaniu standardu cyfrowego medium transmisyjnego jakim jest system GSM-R. W przypadku wykazanych powyżej linii kolejowych, na których zabudowany jest system ERTMS, jest wyposażona już w system GSM-R. Systemem tym objęta jest sieć kolejowa o łącznej długości 1 584,85 km. Jednakże część powyżej wymienionych linii kolejowych, na których następuje wdrożenie ETCS poziom 2 wciąż oczekuje na instalację systemu GSM-R, którego zabudowa realizowana jest w ramach projektu inwestycyjnego obejmującego całą sieć kolejową zarządzaną przez narodowego zarządcę infrastruktury, tj. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Jak już wspomniano system GSM-R umożliwia radiową głosową łączność radiową i radiową wymiany danych. Na dzień opracowania niniejszej ekspertyzy na żadnej z wyposażonych w system ETCS poziom 2 czy w system GSM-R, system łączności nie jest wykorzystywany do zapewnienia łączności głosowej. Oba kanały transmisyjne GSM-R dotyczące głosu i transmisji danych wykorzystywane są tylko przez Pomorską Kolej Metropolitalną S.A. na zarządzanych przez siebie liniach kolejowych nr 248 i 253.

Postępowania przetargowe w toku

Zgodnie z informacjami dostępnymi na platformie zakupowej zarządcy infrastruktury w chwili opracowania niniejszej ekspertyzy trwają postępowania przetargowe dotyczące zabudowy systemu ETCS (nie wykazanych na powyższych mapach) na liniach kolejowych:

- nr 7 Warszawa Wschodnia Osobowa – Otwock o łącznej długości ok. 26,47 km;
- nr 8 Warszawa Zachodnia – Radom o łącznej długości ok. 99,03 km;

- nr 440 Warszawa Służewiec – Warszawa Lotnisko Chopina o łącznej długości ok. 1,90 km
- nr 506 Warszawa Antoninów – Warszawa Gocławek o łącznej długości ok. 18,8 km.

Zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia (przetarg ogłoszony przed zmianą TSI) zarządca infrastruktury wskazał jako obowiązkowy do stosowania zestaw specyfikacji nr 3 (wzorzec 3 dla ETCS) dla postępowania dotyczącego linii kolejowej nr 8 i 440 oraz zgodnie z wzorcem 4 wydanie 1 dla ETCS w wersji systemu 2.1 skorygowanego do wersji 1.1 dla postępowania dotyczącego linii kolejowej 7 i 506.

Wykorzystanie zestawu specyfikacji z poprzednich wersji TSI

Zgodnie z zapisami pkt 7.4.1.2. obowiązującego TSI⁵⁸ zarządca infrastruktury, który przed wejściem tejże specyfikacji wdraża i eksploatuje linie ETCS zgodnie z poprzednim zestawem specyfikacji liczące więcej niż 1 000 km lub 25 % eksploatowanych lub budowanych korytarzy sieci bazowej przed dniem 30 grudnia 2020 r., w drodze wyjątku może nadal stosować te specyfikacje ETCS do celów dopuszczania do eksploatacji przez 7 lat po publikacji tejże TSI w przypadku nowych projektów i przez 10 lat po wejściu w życie niniejszej TSI w przypadku projektów modernizacji lub odnowienia sieci pod następującymi warunkami:

- 1) w terminie 2 lat od publikacji tejże TSI prześle Komisji Europejskiej powiadomienie o zamiarze stosowania poprzedniego zestawu specyfikacji nr 1 oraz zamierzonego zakresu i planu;
- 2) jako zarządca infrastruktury zapewni, aby na liniach tych wdrożono wszystkie środki korygowania błędów umożliwiające zgodność wyposażenia pokładowego ETCS z tą TSI (w tym korekty błędów urządzeń pokładowych) w celu zapewnienia normalnej eksploatacji;
- 3) zarządca infrastruktury wdraża stosowne korekty błędów oraz zharmonizowane lub równoważne środki zaradcze zawarte w opiniach Agencji⁵⁹ lub opublikowanych wydaniach specyfikacji zgodnie z pkt. 7.2.10 (tej TSI);
- 4) ponadto w przypadku wszelkich modyfikacji infrastruktury zgodnych z poprzednim zestawem specyfikacji nr 1 należy zapewnić, aby warunki (2) i (3) również były spełnione,

Zgodnie z obowiązującymi TSI błędy systemu ETCS klasyfikuje się jako uniemożliwiające normalną eksploatację lub nie uniemożliwiające normalną eksploatację.

W odniesieniu do błędów uniemożliwiających normalną eksploatację producenci urządzeń pokładowych, operatorzy, np. dostarczający informacje na temat wystąpienia błędu podczas normalnej eksploatacji oraz zarządcy infrastruktury korzystający z niezbędnych informacji od producentów urządzeń przytorowych, opisują swoje produkty i wdrożenia systemów w odniesieniu do zidentyfikowanej sytuacji, odpowiadając na pytania zawarte w kwestionariuszu ERA (obejmujące rozwiązania błędów i środki zaradcze). Odpowiedzi przesyłane są w terminie 3 miesięcy od publikacji kwestionariusza, przy czym zarządca infrastruktury w szczególności oceniają w kwestionariuszu, czy:

- 1) wpływ błędu jest dopuszczalny w odniesieniu do bezpieczeństwa i funkcjonowania sieci;
- 2) wpływ błędu jest dopuszczalny w odniesieniu do interoperacyjności, co oznacza że:
 - a) niewdrożenie korekty błędu urządzeń przytorowych umożliwi pojazdowi ERTMS spełniającemu wymagania ostatniego wydania TSI normalną eksploatację w sieci;

lub

⁵⁸ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695

⁵⁹ Agencja Kolejowa Unii Europejskiej (ERA)

- b) niewdrożenie korekty błędów urządzeń pokładowych umożliwi pojazdowi ERTMS normalną eksploatację w sieci zgodnej z TSI.

W przypadku gdy wpływ jednego z błędów, na sieć zarządcy infrastruktury zostanie uznany za niedopuszczalny, na podstawie informacji przekazanych wcześniej przez producentów urządzeń pokładowych za pośrednictwem kwestionariuszy ERA zarządca infrastruktury identyfikuje pojazdy ERTMS dopuszczone do ruchu w jego sieci lub będące w trakcie dopuszczania do ruchu w jego sieci, które nie wdrożyły rozwiązania zarządzającego problemowi w zakresie interoperacyjności lub bezpieczeństwa spowodowanemu przez błąd specyfikacji. W przypadku znaczącego wpływu na istniejące pojazdy uczestniczące w ruchu w jego sieci, zgłoszonego przez producentów urządzeń pokładowych (przy wsparciu operatorów), zarządca infrastruktury może podjąć dobrowolną decyzję o ewaluacji wdrożenia w urządzeniach przytorowych tymczasowych środków zaradczych w celu ułatwienia dalszego użytkowania istniejących pojazdów do czasu wdrożenia korekt w urządzeniach pokładowych.

Zarządca infrastruktury rejestruje w powiązanej parametrze RINF⁶⁰, które korekty błędów mają zastosowanie (tj. błędów uniemożliwiających normalną eksploatację w sieci) w odniesieniu do urządzenia pokładowego. Dane te rejestruje się najpóźniej 12 miesięcy po wejściu w życie TSI lub w przypadku nowego lub zmodernizowanego wdrożenia urządzeń przytorowych w ramach sieci.

W odniesieniu do podsystemów przytorowych ERTMS, na które błąd ma wpływ, zarządcy infrastruktury wdrażają odpowiednie korekty błędów urządzeń przytorowych umożliwiające zgodność podsystemów „Sterowanie – urządzenia pokładowe” z TSI (w tym korekty błędów urządzeń pokładowych), aby zapewnić normalną eksploatację, zgodnie z dodatkiem B (tabela B2) do tej TSI.

Zarządca infrastruktury aktualizuje, w stosownych przypadkach, istniejące kontrole typu zgodności systemu ETCS i zgodności systemu łączności radiowej (typ ESC/RSC) (tj. nie może to prowadzić do utworzenia nowego typu ESC/RSC).

Instalacje pokładowe systemu ERTMS

Dobre wyniki płynące z korzyści implementacji systemu ERTMS możliwe są do osiągnięcia po zabudowie urządzeń nie tylko w części przytorowej, ale jednocześnie również po stronie wyposażenia pokładowego. Między innymi dlatego, techniczna specyfikacja interoperacyjności w zakresie podsystemów Sterowanie rekomenduje wykorzystywanie pojazdów z zabudowanymi urządzeniami systemu ERTMS, które są lub mają być eksploatowane w tej sieci. Zgodnie z powyższą rekomendacją pojazdy te powinny zostać zaliczone do jednego z następujących typów:

- lokomotywy i tabor pasażerski, w tym pojazdy trakcyjne napędzane energią cieplną i elektryczną, pociągi pasażerskie napędzane energią cieplną i elektryczną oraz wagony pasażerskie, jeżeli są one wyposażone w kabinę maszynisty;
- pojazdy specjalne, takie jak maszyny torowe, jeżeli je wyposażono w kabinę maszynisty i są przeznaczone do użytkowania w trybie pracy z własnym napędem.

W wykaz tych pojazdów wchodzi również pojazdy specjalnie zaprojektowane do eksploatacji na różnych rodzajach linii dużych prędkości opisanych zgodnie z zakresem geograficznym sieci całego systemu kolejowego.

⁶⁰ Regulamin sieci można wykorzystać jako narzędzie, jeżeli RINF nie został jeszcze zmodernizowany na potrzeby powiadomienia o przedmiotowej zmianie.

Tabela 3. Pojazdy wyposażone w ETCS według stanu na 31 grudnia 2023 r.

Rodzaj taboru kolejowego	Pojazdy wyposażone w ETCS	Pojazdy posiadające ETCS tylko poziomu 1	Pojazdy posiadające ETCS poziomu 1 i 2 baseline 2	Pojazdy posiadające ETCS poziomu 1 i 2 baseline 3
ogółem	554	5	347	202
lokomotywy elektryczne	252	5	124	123
lokomotywy spalinowe	2	0	1	1
elektryczne zespoły trakcyjne	256	0	212	44
spalinowe zespoły trakcyjne	14	0	10	4
dwunapędowe zespoły trakcyjne	17	0	0	17
elektryczne wagony silnikowe	0	0	0	0
spalinowe wagony silnikowe	0	0	0	0
pozostałe pojazdy trakcyjne	13	0	0	13

Źródło: Urząd Transportu Kolejowego (dane pochodzące od przewoźników kolejowych) ⁶¹

Dokonując analizy danych przedstawionych przez operatorów taboru poruszającego się po sieci kolejowej na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, na podstawie sporządzonych przez Urząd Transportu Kolejowego statystyk prezentowanych corocznie między innymi w *Sprawozdaniu z funkcjonowania rynku transportu kolejowego*, należy zwrócić uwagę na tak zwany wskaźnik brzegowy określający domniemany ilostan taboru trakcyjnego wyposażonego w urządzenia systemu ERTMS. Zgodnie z danymi zaprezentowanymi w Tabeli 3 na dzień 31 grudnia 2023 r. wyposażenie pokładowe systemu ETCS zainstalowane było na 554 pojazdach trakcyjnych, w tym 5 posiadających pokładową zabudowę urządzeń tylko ETCS poziom 1. Pozostałe pojazdy trakcyjne w ilości 347 sztuk posiadają zabudowę pokładową zgodną z baseline 2 (zgodnie z tzw. specyfikacją systemu 2.3.0d) oraz 202 pojazdów zabudowanych zgodnie z baseline 3. Podana tak sumarycznie ilość pojazdów trakcyjnych z zabudowanymi urządzeniami pokładowymi uniemożliwia w sposób prawidłowy przypisanie do określonej wersji specyfikacji bazowych, ponieważ pod ogólnym stwierdzeniem *baseline 3* skrywają się dwie różne wersje systemu, tj. zgodnie z zapisami specyfikacji 3.4.0 czy specyfikacji 3.6.0. Prawidłowa klasyfikacja poszczególnych danych, wpływa w znaczącym stopniu na poszczególne elementy oceny realizowanej niniejszym opracowaniem.

Prowadzone procesy inwestycyjne w infrastrukturze przytorowej, które skutkują koniecznością doposażenia starszych⁶² pojazdów trakcyjnych w urządzenia pokładowe systemu ETCS, nie są jedynymi pracami, które wiążą się z koniecznością wykonania określonych prac na taborze.

Innym elementem, który jest ważnym w całym systemie kolejowym, jest wyposażenie związane z systemem łączności cyfrowej w paśmie GSM-R. Wdrażanie standardu GSM-R na sieci kolejowej jest ważne także w odniesieniu do taboru kolejowego, który musi zostać doposażony w radiotelefony umożliwiające komunikację w paśmie cyfrowym. Ilostan pojazdów, na których zabudowano już takie radiotelefony wskazano w Tabeli 4. W tym miejscu należy jednak zwrócić uwagę, iż część pojazdów wskazanych w tym zestawieniu, pokryje się częściowo z zestawieniem wykazanym w Tabeli 3,

⁶¹ Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2023 Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2024

⁶² Dotyczy pojazdów trakcyjnych dopuszczonych do ruchu przed dniem 1 stycznia 2018 r. oraz pojazdów trakcyjnych dopuszczonych do ruchu po ww. dacie na podstawie uzyskanego odstępstwa dotyczącego konieczności zabudowy wyposażenia ERTMS.

ponieważ zabudowa wyposażenia pokładowego systemu ETCS poziom 2 zawiera w sobie elementy, które odpowiadają za komunikację w cyfrowym kanale łączności głosowej, który to system zabudowany jest na ok. 30 % pojazdów trakcyjnych (1 740 pojazdów).

Tabela 4. Pojazdy wyposażone w radiotelefon GSM-R według stanu na 31 grudnia 2023 r.

Typ pojazdu wyposażonego w GSM-R	Liczba
Lokomotywy pasażerskie spalinowe	57
Lokomotywy pasażerskie elektryczne	198
Spalinowe zespoły trakcyjne	54
Elektryczne zespoły trakcyjne	492
Lokomotywy towarowe spalinowe	383
Lokomotywy towarowe elektryczne	353
Wagony silnikowe pasażerskie spalinowe	6
Pozostałe pojazdy trakcyjne	197
Łącznie	1 740

Źródło: Urząd Transportu Kolejowego⁶³

Stosowanie wymagań TSI w odniesieniu do nowych pojazdów w okresie przejściowym

Zgodnie z zapisami zgodnymi z TSI⁶⁴ pkt. 7.4.2.3. *Stosowanie wymagań TSI w odniesieniu do nowych pojazdów w okresie przejściowym*, w odniesieniu do pojazdów wymienionych w Tabeli 3, mogło dojść do sytuacji, w której niektóre pojazdy lub umowy, których realizacja rozpoczęła się przed datą rozpoczęcia stosowania tej TSI, mogło skutkować złożeniem wniosku o zezwolenie na wprowadzenie do obrotu nowych pojazdów wyposażonych w ETCS zgodny ze specyfikacją nr 1, które to pojazdy nie są w pełni zgodne z pkt 7.4.2.1 tej TSI. W przypadku takich pojazdów, których dotyczyły takie projekty lub umowy, ustalony został okres przejściowy trwający do dnia 31 grudnia 2020 r. podczas którego stosowanie punktu 7.4.2.1 nie było obowiązkowe. Okres przejściowy ma zastosowanie w odniesieniu do nowych pojazdów, na które udzielono zezwolenia dla pojazdu zgodnego z typem pojazdu dopuszczonym przed dniem 1 stycznia 2019 r. na okres do dnia 31 grudnia 2020 r. w dowolnym państwie członkowskim na podstawie zgodności z zestawem specyfikacji nr 1. Zgodnie z zapisami tejże TSI do dnia 31 grudnia 2020 r. w celu wprowadzenia do obrotu nowe pojazdy wyposaża się w ETCS zgodnie z zestawem specyfikacji nr 1, nr 2 lub nr 3. Jeżeli zastosowywanie miał zestaw specyfikacji nr 1, to zgodnie z obowiązkiem zamieszczenia warunku użytkowania w zezwoleniu na wprowadzenie do obrotu, to w okresie nie dłuższym niż do dnia 1 lipca 2023 r. wymagane było zapewnienie zgodności z zestawem specyfikacji nr 2 lub nr 3.

4.6 Obowiązek implementacji ETCS w przepisach prawnych

Podjęta przed laty decyzja o wyspecyfikowaniu zunifikowanego systemu zarządzania ruchem kolejowym, w fazie ewolucji przepisów prawa dotyczącego interoperacyjności, wspierana była kolejnymi zapisami wspierającymi implementację systemu ERTMS na europejskiej sieci kolejowej. Poprzez poszczególne zapisy technicznych specyfikacji interoperacyjności zabudowa systemu klasy A

⁶³ Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2023 Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2024

⁶⁴ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/776 – uchylony 27.09.2023

wskazywana była na liniach kolei dużych prędkości, następnie w transportowych korytarzach towarowych. Zapisy o opracowaniu narodowych planów wdrażania umożliwiły rozszerzyć zakres implementacji systemu na całą sieć kolejową. Oprócz ściśle zdefiniowanych narodowych planów wdrażania ERTMS wskazanych rozporządzeniem⁶⁵ inne dokumenty prawne tj. *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej*⁶⁶ (ang. Trans-European transport network TEN-T) z dnia 13 czerwca 2024 r. priorytetowo określają wdrożenie radiowego ERTMS⁶⁷ w sieci kompleksowej do 2050 r., w rozszerzonej sieci bazowej – do 2040 r., a w sieci bazowej – do 2030 r. Przy wdrażaniu ERTMS w sieci kompleksowej należy w harmonogramie dać pierwszeństwo liniom, które mogą przyczynić się do bezpiecznego i wydajnego transgranicznego międzynarodowego transportu kolejowego.

⁶⁵ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695

⁶⁶ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenia (UE) 2021/1153 i (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013 (Tekst mający znaczenie dla EOG), PE/56/2024/ADD/1, Dokument 32024R1679, Dz.U. L, 2024/1679, 28.6.2024,

⁶⁷ „radiowy ERTMS” oznacza zastosowanie ETCS poziom 2, które nie wymaga sygnałów przytorowych i wykorzystuje system łączności radiowej klasy A do wymiany danych między torami i pociągami związanych i niezwiązanych z bezpieczeństwem na podstawie rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695

5 Rozpatrywane w Polsce warianty systemu ETCS poziom 1 w trybie LS

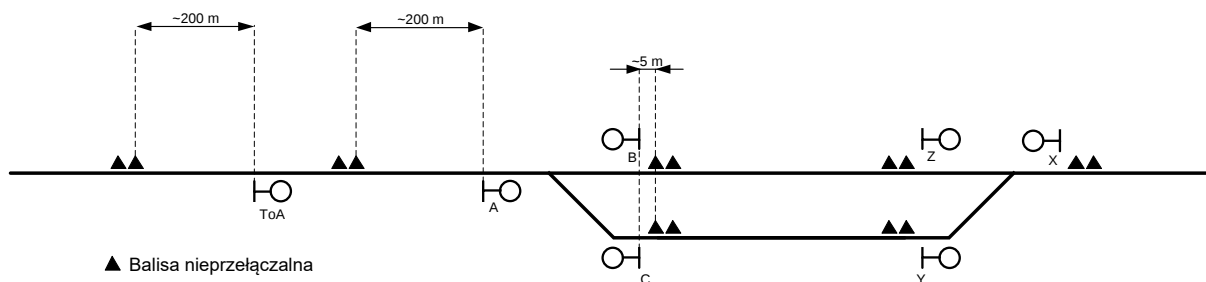
Zdefiniowano kilka wariantów, z których trzy, hasłowo określane jako W1, W2 oraz W3, w świetle umowy z zamawiającym tj. Ministerstwem Infrastruktury, podlegają analizie w niniejszym dokumencie.

W1 – Interoperacyjny system samoczynnego hamowania pociągu

W wariantcie W1 zakłada się zastosowanie następujących rozwiązań funkcjonalnych:

- zmienne narodowe – dedykowane parametry, np. w zakresie maksymalnej prędkości na linii.
- zabudowę grupy balis (podwójnej, aby zapewnić rozpoznawanie kierunku przejazdu pociągu nad balisami) przed każdym sygnalizatorem, który obecnie wyposażony jest w elektromagnes shp. Lokalizacja grup balis powinna być zbieżna z obecną lokalizacją shp, będzie wysyłać telegram z wiadomością tekstową, która wymaga potwierdzenia przez maszynistę. Rozwiązanie to powinno zapewnić spełnienie następujących warunków:
 - **200 m przed tarczą ostrzegawczą** – droga hamowania + 5s (czas na potwierdzenie przez maszynistę) + 1,5 s (czas zwłoki w działaniu urządzeń pokładowych), dla prędkości do 60 km/h – 400 m,
 - **200 m przed semaforem wjazdowym** – ew. droga hamowania będzie realizowana pomiędzy tarczą ostrzegawczą a semaforem,
 - droga widoczności dla tarcz ostrzegawczych i semaforów wjazdowych dla prędkości 60 km/h – 150 m (ale nie mniej niż 200 m),
 - **na wysokości semafora wyjazdowego (5 – 8 m przed)** – rozwiązanie to może zapewnić ew. reakcję systemu w przypadku pociągu rozpoczynającego dalszą jazdę, po zatrzymaniu bezpośrednio przed semaforem.

Schemat rozwiązań dla wariantu 1 został przedstawiony na poniższym rysunku Rysunek 14.



Rysunek 14 Schemat wariantu 1 ETCS poziom 1 w trybie LS

(źródło: *Koncepcja techniczna systemu ETCS poziom 1 LS (Limited Supervision) - linie poza siecią KPW „Sterowanie” — nowe podejście*)

Wykaz funkcji systemu ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru w Wariantcie 1 został przedstawiony w poniższej tabeli (Tabela 5).

Tabela 5 Opis funkcji dla wariantu 1 ETCS poziom 1 w trybie LS

L.p.	Opis funkcji	Założenie
1	Interoperacyjność wdrożenia – brak konieczności modułu STM SHP na taborze	TAK
2	Kontrola przejechania sygnału S 1 „Stój”	NIE
3	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	NIE
4	Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej przez system	NIE
5	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania	NIE
6	Kontrola ograniczeń prędkości drogowej i WOS przez system	Opcjonalnie TSR
7	Kontrola dojazdu do początku odcinka zmniejszonej prędkości – realizacja krzywej hamowania	NIE
8	Kontrola ograniczeń prędkości doraźnych R307 przez system	Opcjonalnie TSR
9	Kontrola dojazdu do początku odcinka zmniejszonej prędkości – realizacja krzywej hamowania	NIE
10	MA – Movement Authority bez ograniczeń	TAK
11	MA – Movement Authority z predefiniowanym ograniczeniem długości odcinka	NIE
12	Uaktualnienie informacji o stanie semafora – „Infill”	NIE
13	Uwzględnienie danych o odcinku	NIE

* w zależności od sygnału zezwalającego

W2 – Interoperacyjny system samoczynnego hamowania pociągu wraz z kontrolą sygnału S 1

W wariantcie 2 uwzględnia się rozwiązania przewidziane dla Wariantu 1, tj. interoperacyjnego systemu samoczynnego hamowania pociągu. Dodatkowo zakłada się uzupełnienie go o kontrolę wskazania sygnału „Stój” (S 1). Rozwiązanie takie nie zabezpieczałoby przed przejazdem za sygnał „Stój”, ale w określonych sytuacjach ograniczałoby konsekwencje błędu człowieka dzięki automatycznemu wdrażaniu hamowania po przejechaniu sygnału „Stój”. Automatyczne wdrażanie hamowania byłoby zależne od niekontrolowanej, z powodu braku linkingu, sprawności urządzeń, a skala ograniczenia konsekwencji przejechania za sygnał „Stój” od istnienia i długości drogi ochronnej za sygnalizatorem oraz od miejsca znajdowania się przeszkody (pojazdu) na torze za sygnałem „Stój”.

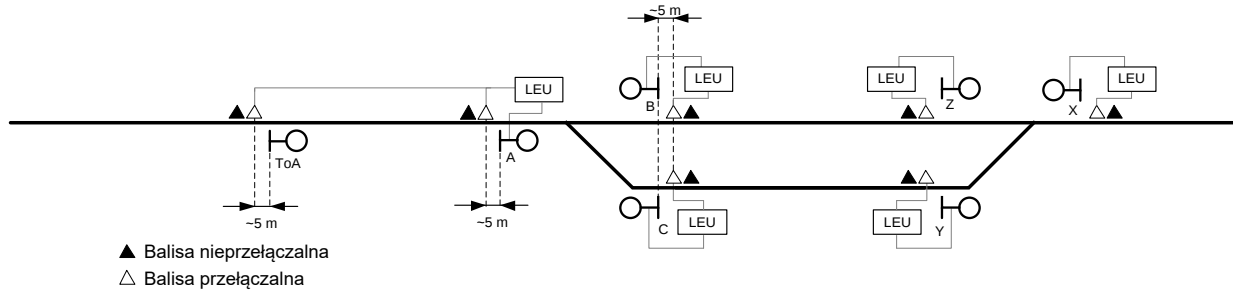
Wariant opierałby się na wyposażeniu tarcz ostrzegawczych w grupy balis (dwie balisy nieprzełączalne) oraz dodatkowo uzupełnieniu semaforów (wjazdowych i wyjazdowych) w koder LEU wraz z grupą balis (1 balisa przełączalna i 1 nieprzełączalna) zlokalizowanych bezpośrednio przed semaforem (5 i 8 m). W ramach Wariantu 2 możemy wyróżnić dwa podwarianty:

1. kontrola wskazania (S 1), dodatkowo jeden koder LEU może obsłużyć większą ilość semaforów w danej lokalizacji.
2. koder LEU kontroluje wszystkie obwody świateł/pasów, co umożliwia wykrycie sygnału wątpliwego.

Schemat rozwiązań dla wariantu 2 został przedstawiony na Rysunku 15.

ostrzegawczą przed semaforem wjazdowym byłyby już w urządzeniach pokładowych wyliczana krzywa hamowania nadzorująca miejsce zatrzymania i tak samo byłoby pomiędzy semaforem wjazdowym a semaforem wyjazdowym. Automatyczne wdrażanie hamowania byłoby jednak nadal zależne od niekontrolowanej, z powodu braku linkingu, sprawności urządzeń przytorowych.

Schemat rozwiązań dla wariantu 3 został przedstawiony na poniższych rysunku (Rysunek 16).



Rysunek 16 Schemat wariantu 3 ETCS poziom 1 w trybie LS

(źródło: *Koncepcja techniczna systemu ETCS poziom 1 LS (Limited Supervision) - linie poza siecią KPW „Sterowanie” — nowe podejście*)

Wykaz funkcji systemu ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru w Wariancie 3 został przedstawiony w poniższej tabeli (Tabela 7).

Tabela 7 Opis funkcji dla wariantu 3 ETCS poziom 1 w trybie LS

L.p.	Opis funkcji	Założenie
1	Interoperacyjność wdrożenia – brak konieczności modułu STM SHP na taborze	TAK
2	Kontrola przejechania sygnału S 1 „Stój”	TAK
3	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	TAK
4	Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej przez system	TAK
5	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania	TAK
6	Kontrola ograniczeń prędkości drogowej i WOS przez system	Opcjonalnie TSR
7	Kontrola dojazdu do początku odcinka zmniejszonej prędkości – realizacja krzywej hamowania	Opcjonalnie TSR
8	Kontrola ograniczeń prędkości doraźnych R307 przez system	Opcjonalnie TSR
9	Kontrola dojazdu do początku odcinka zmniejszonej prędkości – realizacja krzywej hamowania	Opcjonalnie TSR
10	MA – Movement Authority bez ograniczeń	NIE/TAK*
11	MA – Movement Authority z predefiniowanym ograniczeniem długości odcinka	NIE/TAK*
12	Uaktualnienie informacji o stanie semafora – „Infill”	Opcjonalnie
13	Uwzględnienie danych o odcinku	NIE

* w zależności od sygnału zezwalającego

6 Analiza SPAD i nieuprawnionych uruchomień pojazdów kolejowych

6.1 Definicja SPAD:

Na sieci kolejowej stosuje się sygnałizatory, tarcze ostrzegawcze i tarcze manewrowe, odpowiednio określane w języku angielskim jako „stop signals”, „distant signals” oraz „shunting signals”. Angielskie „stop signals” to „signals capable to display stop aspect” czyli zdolne do wyświetlania sygnału „Stój”. Stop signals (sygnałizatory) wykorzystywane są do zapewniania odstępów między pociągami (na odcinku między dwoma sygnałizatorami w normalnych warunkach eksploatacyjnych znajdować się może tylko jeden pociąg) oraz do osłony odcinków torów z rozjazdami, w czasie gdy droga przebiegu nie jest ustawiona i utwierdzona dla wjazdu z danego toru (żeby nie dochodziło do wykolejeń w wyniku przestawienia rozjazdu pod jadącym pociągiem). Każdy „stop signal” może wyświetlać „stop aspect” lub „proceed aspect” czyli odpowiednio sygnał zabraniający jazdy, czyli sygnał „Stój”, lub sygnał zezwalający na jazdę. Sygnał zabraniający jazdy „stop aspect” w przepisach brytyjskich określany jest jako „danger” czyli niebezpieczeństwo i interpretowany jako wskazanie maszyniście, że przejazd za sygnałizator jest zabroniony (czyli np. znajduje się tam pociąg lub droga przebiegu nie jest ustawiona i utwierdzona dla wjazdu z naszego toru). Sygnał zezwalający na jazdę „proceed aspect” interpretowany jest jako wskazanie maszyniście, że przejazd za sygnałizator jest dozwolony, ale nie nakazany, i może być realizowany z ograniczeniami zależnymi od obrazu sygnałowego np. z prędkością nie większą niż określony limit. Określenie SPAD czyli „Signal Passed At Danger” oznacza więc przejazd za sygnałizator wskazujący sygnał „Stój”, względnie przejechanie miejsca będącego odpowiednikiem fizycznego sygnałizatora wskazującego sygnał „Stój” przy sygnalizacji kabinowej czyli przejazd za koniec zezwolenia na jazdę (ang. „End of Authority” EoA).

Co kwalifikujemy w Polsce jako SPAD:

W Polsce jako SPAD kwalifikujemy nie tylko przejazd za sygnałizator wskazujący sygnał „Stój”, ale także przejazd za wskaźnik W 4 wskazujący miejsce zatrzymania czoła pociągu, oraz nieuprawnione uruchomienia pociągów. Przejazd za W 4 nie stanowi zagrożenia dla bezpieczeństwa ruchu, bo droga przebiegu jest ustawiona, utwierdzona i dostępna dla danego pociągu do następnego „stop signal” czyli następnego sygnałizatora.

Co jest niebezpieczne z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu:

Z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu kolejowego za niebezpieczne uznaje się przejazd za sygnałizator wskazujący sygnał „Stój”, czyli SPAD tak jak jest on prawidłowo zdefiniowany, oraz jazdę z nadmierną prędkością „overspeeding” zarówno podczas jazdy na linii gdzie obowiązuje pewna prędkość maksymalna, jak i podczas zbliżania się do ograniczenia prędkości, względnie końca zezwolenia, gdzie hamowanie powinno być wdrożone odpowiednio wcześniej i realizowane odpowiednio skutecznie.

Czemu zapobiega ETCS, względnie systemy kontroli jazdy klasy B:

ETCS (tak jak i inne systemy ATC – krajowe systemy klasy B) realizuje kontrolę prędkości z uwzględnieniem dynamiki ruchu zarówno podczas jazdy na linii gdzie obowiązuje pewna prędkość maksymalna weryfikując w sposób ciągły czy nie jest ona przekraczana, jak i podczas zbliżania się do ograniczenia prędkości, względnie końca zezwolenia, weryfikując w sposób ciągły czy hamowanie jest

wdrożone odpowiednio wcześniej i realizowane odpowiednio skutecznie. Kontroli podlega także przejazd za sygnalizator wskazujący sygnał „Stój”, tak jak i przejazd za koniec zezwolenia na jazdę. Przejazd za sugerowane miejsce zatrzymania czoła pociągu podlegać będzie kontroli ETCS tylko jeśli miejsce to będzie przy wdrażaniu ETCS utożsamione z końcem zezwolenia na jazdę. Podejście takie jest możliwe, ale wymaga dostosowania sposobu działania nastawnicy stacyjnej, względnie blokady liniowej i nie było dotychczas stosowane. Wdrożenie ETCS niezależnie od konfiguracji (poziom 1 w trybie LS, poziom 1, czy 2) nie zapobiegnie przejazdowi za wskaźnik W 4 czy nieuprawnionym uruchomieniom pojazdów trakcyjnych.

Europejski System Sterowania Pociągami ETCS zainstalowany na linii i w taborze pracujący w trybie pełnego nadzoru FS (Full Supervision) nie zapobiegnie około połowie zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD.

6.2 Argumenty odnośnie SPAD używane do wdrożenia L1LS:

Zgodnie ze Sprawozdaniem ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego z 2023 r.⁶⁸,

[...] od 2021 r. w Polsce dochodzi do ponad 150 zdarzeń, polegających na niezatrzymaniu pojazdu kolejowego w miejscu, w którym powinien się zatrzymać, bądź uruchomieniu pojazdu kolejowego bez wymaganego zezwolenia (tzw. SPAD). Główną przyczyną tych zdarzeń jest błąd człowieka.

Do najczęściej występujących czynników należy zaliczyć zmęczenie, złe samopoczucie psychofizyczne, dekoncentracja (rozmowa z innym pracownikiem, telefon komórkowy). Z technicznego punktu widzenia, główną przyczyną występowania zdarzeń SPAD, jest ograniczenie systemu zabezpieczenia ruchu (SHP – Samoczynne Hamowanie Pociągu), które ostrzegają maszynistę o zbliżaniu się do semafora, lecz nie informują go o jego wskazaniach a także nie kontrolują prędkości pojazdu. Obowiązkiem maszynisty jest potwierdzenie odebrania informacji poprzez przyciśnięcie przycisku.

[...]

„Istotne dla przeciwdziałania występowaniu zdarzeń SPAD jest kontynuowanie działań podejmowanych dla [...] wdrożenia w Polsce Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami (ETCS) poziomu 1 i 2 na głównych liniach kolejowych oraz ETCS w uproszczonej wersji „Limited Supervision” na pozostałej części sieci kolejowej.”

ETCS zainstalowany na linii i w taborze pracujący w trybie pełnego nadzoru FS (Full Supervision) nie zapobiegnie około połowie zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD.

ETCS zainstalowany na linii i w taborze pracujący w trybie ograniczonego nadzoru LS (Limited Supervision) w wariantach 1 i 2 nie zapobiegnie żadnym zdarzeniom klasyfikowanym w Polsce jako SPAD.

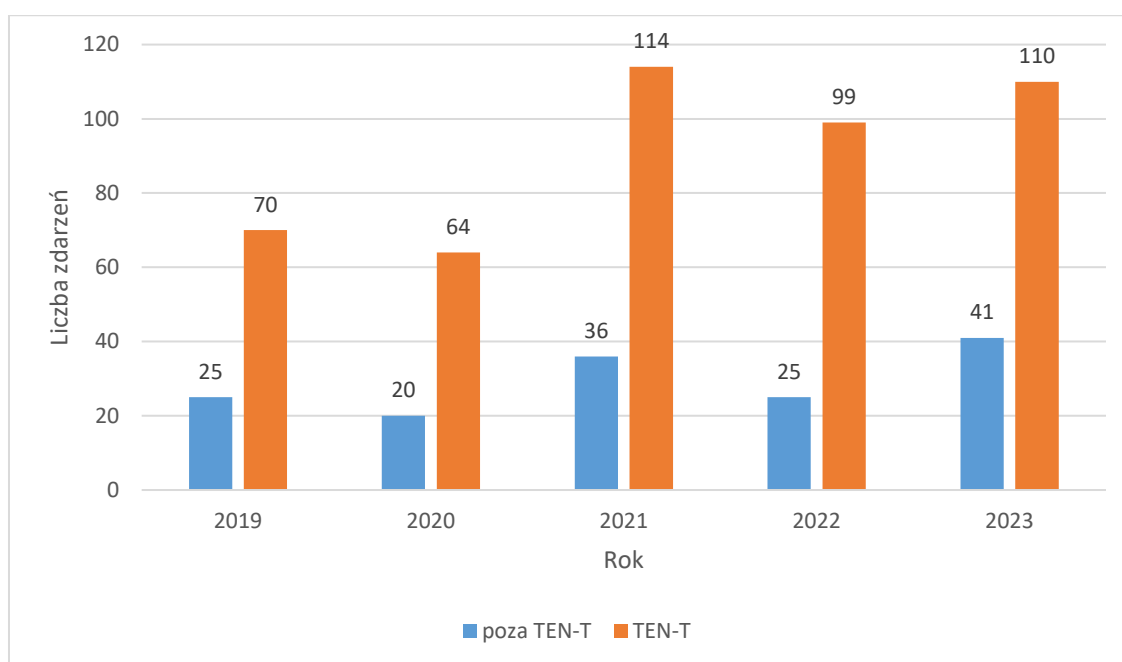
Z punktu widzenia bezwzględnie koniecznego ograniczenia takich zdarzeń w grę wchodzi tylko rozbudowane wdrożenia trybu LS (wariant 3 lub podobne) oraz wdrożenia opierające się na trybie pełnego nadzoru (FS).

⁶⁸ Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego. 2023, UTK, Warszawa 2024.

W przypadku wariantu 2, dochodzi do zdarzenia SPAD, ale powoduje ono wdrożenie hamowania. Zaznaczyć jednak należy, że do zatrzymania dochodzi za końcem zezwolenia na jazdę. W Polsce tylko część sygnalizatorów posiada za końcem zezwolenia na jazdę tzw. drogę ochronną, a tam gdzie jest ona dostępna często może być niewystarczająca. Dlatego wariant 2, szczególnie jeśli uwzględni się wiedzę sprzed pół wieku pokazaną we wstępie w ramach omówienia systemu SHP, uznajemy za dalece niewystarczający.

6.3 Wykaz SPAD prowadzony przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Na podstawie wykazu zdarzeń prowadzonego przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A w okresie od 01.01.2019 do 31.12.2023 odnotowano 457 zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD na liniach sieci TEN-T oraz 147 poza nią. Liczba zdarzeń w poszczególnych latach przedstawia poniższy wykres (Rysunek 17).



Rysunek 17 Liczba zdarzeń SPAD na sieci TEN-T oraz poza nią w poszczególnych latach
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.)

Pominięcie wskaźnika W 4 oraz niezatrzymania na przystanku mimo planowanego postoju

Na liniach sieci TEN-T spośród 457 zdarzeń ok. 46 % stanowią zdarzenia, którym system nie będzie w stanie zapobiec, tj. pominięcie wskaźnika W 4 (129 zdarzeń) oraz pominięcie zatrzymania na przystanku mimo planowanego postoju albo zatrzymanie za peronem (82 zdarzenia). Natomiast na liniach poza siecią TEN-T tego typu zdarzenia stanowią ok. 45 % (44 przypadki pominięcia wskaźnika W 4 i 22 pominięcia rozkładowego postoju czy zatrzymania za peronem).

Europejski System Sterowania Pociągami ETCS zainstalowany na linii i w taborze wykorzystywany w pełnym zakresie nie zapobiegnie około połowie zdarzeń klasyfikowanych w Polsce jako SPAD.

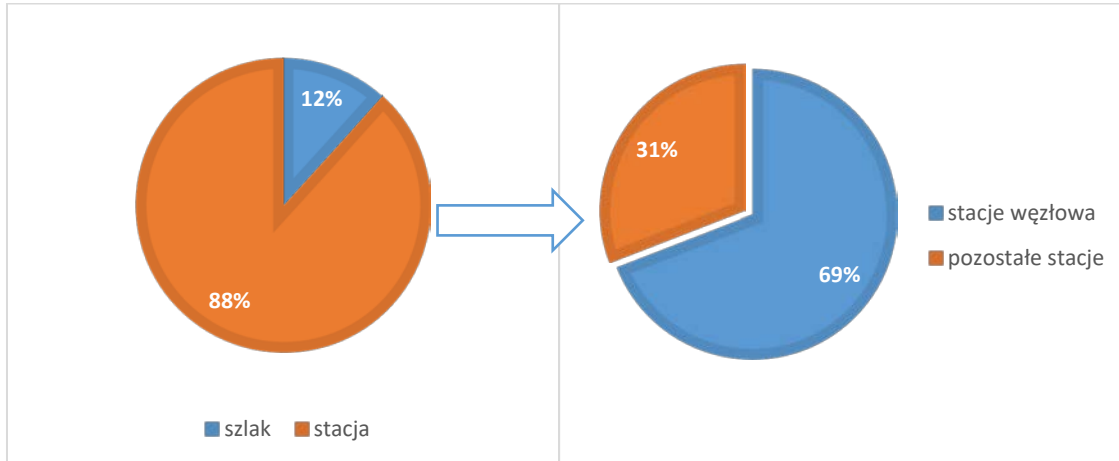
Ze względu na to, że tego typu zdarzenia, mimo że kwalifikowane w Polsce jako SPAD nie mają wpływu na bezpieczeństwo ruchu, a system ETCS (niezależnie od trybu) nie zapobiegne im, nie są one poddawane dalszej analizie.

Przejazd za sygnalizator wskazujący sygnał „Stój”

Zdarzeniami poddanymi dalszym analizom były SPAD’y polegające na przejeździe za sygnalizator wskazujący sygnał „Stój” czyli te, które odpowiadają definicji opisanej w pierwszej części niniejszego rozdziału i mają realny wpływ na bezpieczeństwo ruchu. Pod uwagę wzięto wydarzenia w ruchu pociągowym (ruch manewrowy opisany w dalszej części rozdziału). Rozpatrywano miejsce wystąpienia SPAD (stacja/szlak), rodzaj przejechanego sygnalizatora, powiązanie ilości zdarzeń z natężeniem ruchu na linii oraz próbowano ustalić przyczyny.

Wyraźnie widać dysproporcję w liczbie zdarzeń na stacjach oraz na szlakach. Aż 89 % spośród SPAD na liniach sieci TEN-T miało miejsce na stacjach, z czego aż 67 % (ze zdarzeń na stacjach) dotyczyło stacji węzłowych. Na liniach poza siecią TEN-T widać podobny trend – 85 % SPAD na stacjach, z czego 74 % na stacjach węzłowych.

Na poniższym wykresie (Rysunek 18) - uwzględniającym całą sieć, wyraźnie widać wspomniane dysproporcje w liczbie zdarzeń w zależności od miejsca występowania. Aż 88 % wszystkich zdarzeń SPAD na polskiej sieci kolejowej wystąpiło na stacjach kolejowych, z czego 69 % dotyczyło stacji węzłowych, a jedynie 31 % pozostałych stacji. Na szlakach miało miejsce jedynie 12 % wszystkich zdarzeń SPAD.



Rysunek 18 Liczba zdarzeń SPAD na polskiej sieci kolejowej w zależności od miejsca występowania
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A)

Tak duża liczba zdarzeń na stacjach węzłowych prowadzi do wniosku, że skoro system ETCS ma zapobiegać ich występowaniu to oprócz wyposażania linii w system ETCS należy również wyposażać stacje węzłowe.

Europejski System Sterowania Pociągami ETCS powinien być instalowany nie tylko na liniach, ale także na stacjach węzłowych, na których dochodzi do największej ilości zdarzeń SPAD.

Biorąc pod uwagę rodzaj sygnalizatora to analiza zdarzeń SPAD wykazała, że występuje więcej pominięć sygnalizatorów wyjazdowych (47 % na liniach sieci TEN-T, 55 % poza siecią), nieco mniej wjazdowych (38 % na TEN-T i 45 % poza siecią), najrzadziej pomijane są semafony drogowskazowe (14 % na sieci TEN-T i 3 % poza nią).

Zbadano również tezę czy natężenie ruchu pociągów jest powiązane z liczbą zdarzeń SPAD. W tym celu, na podstawie opracowanych statystyk z bazy danych SOLK za lata 2021 – I półrocze 2024, obliczone zostało średnie obciążenie poszczególnych linii kolejowych (w pociągach na dobę w obu kierunkach). Następnie dla linii, na których w badanym okresie został zareportowany co najmniej jeden przypadek przejechania sygnału „Stój” sporządzone zostało zestawienie (Tabela 8 i Tabela 9) częstości zdarzeń i średniodobowego natężenia ruchu pociągów, osobno dla linii w sieci TEN-T, osobno dla pozostałych.

Tabela 8 Natężenie ruchu a liczba zdarzeń SPAD – sieć TEN-T

Nr linii	Liczba pominięć sygnału „Stój”	Średni ruch na linii [poc/dobę]
1	9	142,4
3	9	100,5
6	2	62,3
7	4	74,1
8	2	122,3
9	5	155,9
11	2	57,8
12	2	30,4
14	2	66,1
17	2	164,7
20	1	179,0
25	1	94,2
29	1	27,7
46	1	21,3
61	6	56,4
67	1	27,7
68	1	32,7
91	4	79,3
93	4	69,8
94	1	41,2
100	1	58,3
118	1	69,2
131	9	68,1
132	1	99,9
133	4	158,4
135	1	95,7
138	1	165,4
139	1	94,7

Nr linii	Liczba pominięć sygnalu „Stój”	Średni ruch na linii [poc/dobę]
147	1	49,2
161	1	30,5
164	1	11,4
201	1	56,5
202	2	172,5
203	1	22,3
260	1	61,9
271	1	127,2
272	2	86,3
273	6	108,1
275	2	108,3
277	3	47,5
280	2	24,9
300	1	9,1
349	1	68,1
351	2	83,5
353	2	60,5
654	1	14,2
693	1	8,2
711	1	15,5
960	1	63,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

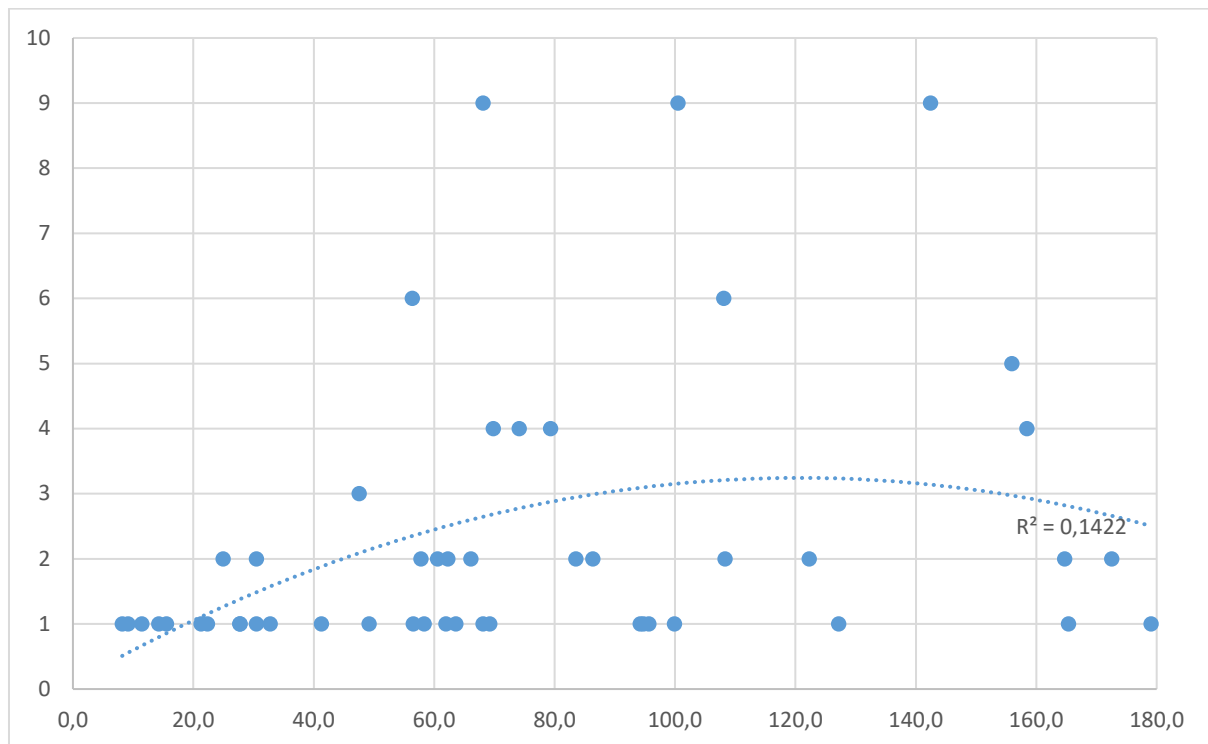
Tabela 9 Natężenie ruchu a częstota zdarzeń SPAD - poza siecią TEN-T

Nr linii	Liczba pominięć sygnalu „Stój”	Średni ruch na linii [poc/dobę]
1	2	111,0
3	1	85,6
22	1	27,8
33	1	22,0
62	1	21,4
76	1	15,2
90	1	15,4
132	4	1,5
137	4	28,5
140	3	58,3
141	1	35,5
143	1	68,6
152	2	38,6
157	1	22,3
158	1	55,0
159	1	26,7
171	1	36,4
203	1	19,8
274	2	43,9
280	1	24,9
281	1	20,7

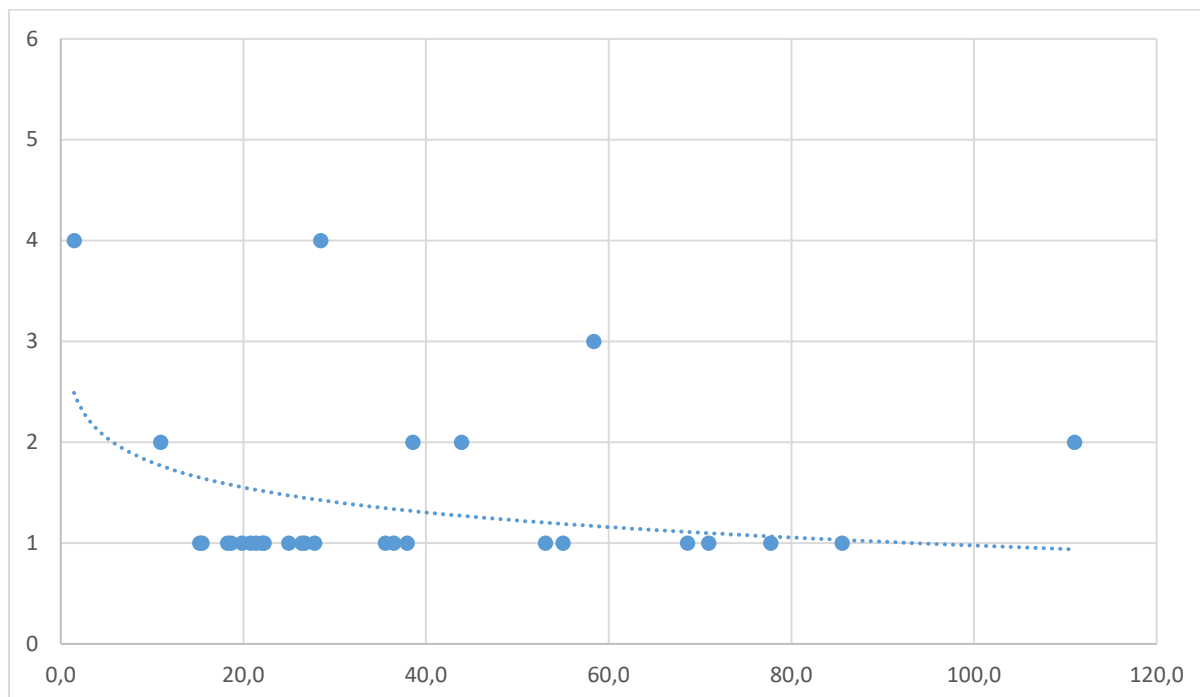
Nr linii	Liczba pominięć sygnalu „Stój”	Średni ruch na linii [poc/dobę]
349	1	18,6
354	1	53,1
357	1	18,2
404	1	26,4
545	1	77,7
624	1	70,9
803	2	10,9
957	1	37,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A

Zbadany został również współczynnik korelacji oraz wyznaczona została krzywa linii trendu, osobno dla linii na sieci TEN-T i poza nią, co przedstawiają poniższe wykresy.



Rysunek 19 Natężenie ruchu a częstość wydarzeń SPAD - sieć TEN-T
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A)



Rysunek 20 Natężenie ruchu a częstość wydarzeń SPAD – poza siecią TEN-T
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A)

Przeanalizowanie danych wykazało, że nie można doszukać się korelacji pomiędzy intensywnością ruchu pociągów na linii a częstością pomijania sygnału „Stój”, pomimo że zgodnie z zasadami rachunku prawdopodobieństwa, przy określonym prawdopodobieństwie należy oczekiwać, że liczba wystąpienia zdarzenia powinna się zwiększać wraz z liczbą prób. Podsumowując – zarówno dla linii sieci TEN-T, jak i dla pozostałych, uzyskany współczynnik korelacji nie przekracza 0,5, a więc można przyjąć, że liczba zdarzeń nie jest powiązana z natężeniem ruchu. Oznacza to, że dla linii, dla których liczba jest znacząco wyższa od średniej sieciowej przyczyn należy szukać w warunkach miejscowych danej lokalizacji. Pokrywa się to z podejściem Szwajcarii, gdzie do wdrożenia ETCS były analizowane poszczególne sygnalizatory, co poskutkowało wdrożeniami „wyspowymi” w lokalizacjach, w których z przyczyn uwarunkowań lokalnych ryzyko przejechania sygnału zabraniającego jazdy zostało oszacowane najwyżej. Przeprowadzona analiza danych z sieci PKP Polskich Linii Kolejowych S.A. potwierdza tezę, że to nie sama intensywność ruchu jest czynnikiem sprzyjającym.

Ze względu na brak powiązania liczby zdarzeń SPAD z natężeniem ruchu zasadnym wydaje się podejście szwajcarskie polegające na wyborze lokalizacji do wdrożenia ETCS na podstawie analizy ryzyka. Analiza taka powinna oprzeć się na szczegółowych analizach zdarzeń SPAD z lat ubiegłych oraz charakterystykach miejsc i ruchu kolejowego związanych z poszczególnymi sygnalizatorami.

Opierając się na wykazie zdarzeń SPAD prowadzonym przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. oraz Sprawozdaniu ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego sporządzonym przez UTK⁶⁹ przeanalizowane zostały główne przyczyny zdarzeń SPAD. Wynika z nich, że najczęstszą przyczyną jest niedostateczna obserwacja przedpola jazdy czy też dekoncentracja maszynisty. Drugą najczęściej

⁶⁹ Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego. 2023, UTK, Warszawa 2024.

wskazywaną przyczyną jest nieprawidłowa obsługa pojazdu lub technika jazdy, może być to związane ze zbyt późnym wdrożeniem hamowania czy niedostosowaniem prędkości jazdy do panujących warunków (np. wydłużona droga hamowania spowodowana liśćmi na torach czy ich oblodzeniem). Jako trzecią z przyczyn można wymienić niedostateczne zapoznanie się z rozkładem jazdy, jednak to ma ścisły związek z pominięciem wskaźnika W 4 czy niezatrzymaniem na przystanku mimo planowanego postoju, a tego typu zdarzenia nie są poddawane rzeczowej analizie. Celowo nie został przytoczony procentowy udział poszczególnych przyczyn, ponieważ niniejsza analiza skupia się jedynie na wydarzeniach SPAD polegających na pominięciach sygnału „Stój”, natomiast Sprawozdanie UTK bierze pod uwagę także niezatrzymanie się przed wskaźnikiem W 4 czy uruchomienie jazdy bez zezwolenia, więc porównywanie ich bez dostatecznego wglądu w dane takie jak protokoły ustaleń końcowych komisji kolejowych byłoby niemiarodajne i zwyczajnie błędne.

Zdarzenia SPAD w ruchu manewrowym

Zdarzenia w ruchu manewrowym stanowią odpowiednio 24 % ze wszystkich zdarzeń na liniach sieci TEN-T oraz 20 % poza nią. Na sieci TEN-T niemal 70 % stanowią pominięcia sygnalizatora czy też tarczy manewrowej wskazującego sygnał „Stój”/„Jazda manewrowa zabroniona”, natomiast poza siecią TEN-T tego typu zdarzenia stanowią dokładnie połowę zdarzeń w ruchu manewrowym. Ponadto, na sieci TEN-T 7 % przypadków dotyczy nieuprzywilejowanego uruchomienia pojazdów kolejowych, a poza siecią TEN-T stanowią one 13 %. Pozostałe zdarzenia (25 na TEN-T i 11 poza nią) wykazane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jako SPAD dotyczą przede wszystkim wykolejenia składów.

Zaproponowane warianty 1 „Interoperacyjny shp” oraz 2 „Interoperacyjny shp wraz z kontrolą sygnału S1” (patrz Rozdział 5) nie zabezpieczą przed zdarzeniami SPAD. Wariant 1 nie wdroży hamowania tak jak dziś nie robi tego SHP. Wariant 2 wdroży hamowanie dopiero po przejechaniu sygnału „Stój”.

7 Wdrożenia systemu ETCS L1LS (Limited Supervision) w Europie

7.1 Szwajcaria

Głównym zarządcą infrastruktury kolejowej w Szwajcarii jest SBB Infrastruktur (niem. *Schweizerische Bundesbahnen*), który zarządza 3 200 kilometrami linii normalnotorowych o mieszanym ruchu. Maksymalną prędkością na linii przed wdrożeniem systemu ETCS było 160 km/h. Od 2018 roku wszystkie normalnotorowe linie kolejowe w Szwajcarii wyposażone są w system ETCS. Tym samym Szwajcaria stała się pierwszym krajem, który spełnił wymogi interoperacyjności na terenie Europy.

Systemami kontroli pociągu stosowanymi w Szwajcarii przed wprowadzeniem ETCS były systemy klasy B - Signum oraz ZUB. Opierały się one na analizie zagrożeń. Oznaczało to, że w punktach o wysokim potencjale zagrożenia podjęto dodatkowe środki ostrożności w celu monitorowania pociągu za pomocą krzywej hamowania (ZUB). Wszystkie pozostałe punkty są wyposażone w system ostrzegania/zatrzymywania (Signum).

Zasadnicze różnice, w zakresie ich stosowania i funkcji, pomiędzy nimi przedstawia poniższa Tabela 10.

Tabela 10 Systemy Signum i ZUB – porównanie

System	Integra Signum	ZUB
Stosowanie	Wszystkie sygnalizatory na linii	Wszystkie sygnalizatory tzw. wysokiego ryzyka na liniach SBB (oraz wszystkie semafony na mniejszych sieciach spółek BLS oraz SOB)
Funkcja	Wysła do urządzeń pokładowych komunikaty o wskazaniu sygnalizatora	Nadzoruje prędkość pociągu po minięciu tarczy ostrzegawczej, aby upewnić się, że pociąg właściwie zwalnia albo zatrzyma się przed następnym sygnalizatorem. W celu zapobieżenia nieautoryzowanym odjazdom oraz zwiększenia wydajności (informowanie o mniej restrykcyjnych wskazaniach) pętla indukcyjna rozciąga się na ok. 200-300 metrów przed sygnalizatorem.

Źródło: opracowanie własne na podstawie⁷⁰

Przejście z każdego z tych systemów na ETCS wymagało zastąpienia pewnych komponentów i tak w przypadku systemu Signum oznaczało to zastąpienie magnesów dwoma balisami, natomiast pętle indukcyjne stosowane w systemie ZUB zostały zastąpione poprzez 2 balisy i europętle oraz kabel promieniujący (ang. leaky feeder).

Głównym celem wdrożenia systemu ETCS w Szwajcarii było wspieranie Interoperacyjności w ramach europejskiej sieci kolejowej. Ponadto zauważono potrzebę:

- zastąpienia istniejących systemów klasy B opisanych powyżej,
- zwiększenia maksymalnej prędkości na nowych liniach do 200 albo 250 km/h,
- zwiększenia przepustowości infrastruktury poprzez zredukowanie następstwa do 2 minut przy 200 km/h,
- utrzymania wysokiego poziomu bezpieczeństwa przy rosnącym natężeniu ruchu.

⁷⁰ George Raymond, *Siemens' Rollout of ETCS L1 Limited Supervision on SBB*, IRSE News, April 2014

Jak zostało już wspomniane wyżej, od 2018 roku cała szwajcarska normalnotorowa sieć kolejowa wyposażona jest w system ETCS. Strategia jego wdrażania opierała się w głównej mierze na dwóch założeniach:

- nowe linie bezpośrednio wyposażone w ETCS poziom 2,
- w przypadku linii istniejących początkowa migracja do ETCS poziom 1 w trybie LS.

Wdrożenie systemu ETCS poziom 2 na istniejącej sieci dokonane zostanie później wg dwóch kryteriów:

- systemy sterowania ruchem skończą żywotność,
- zwiększone zapotrzebowanie na przepustowość na różnych liniach.

Strategia wdrażania systemu ETCS w Szwajcarii realizowana była kilkietapowo. W 2003 roku wszystkie pojazdy zostały wyposażone w Euroanteny i moduł transmisji Eurobalis (ETM) umożliwiający odczytywanie narodowego pakietu P44. Drugim krokiem przeprowadzonym w 2007 roku było wyposażenie pojazdów przeznaczonych do obsługi linii wyposażonych w ETCS poziom 2 w pokładowe urządzenia ETCS (BL2). Natomiast w 2017 roku rozpoczęto wyposażanie wszystkich pojazdów przeznaczonych do obsługi linii wyposażonych w system ETCS w pokładowe urządzenia ETCS (BL3). Po zakończeniu tego procesu urządzenia systemów Integra Signum i ZUB mogą zostać usunięte z pojazdów.

Chcąc wyjść naprzeciw europejskim standardom przy jednoczesnym zredukowaniu kosztów, a także ułatwieniu i skróceniu czasu instalacji Szwajcaria wprowadziła ETCS poziomu 1 w trybie pracy LS, który po wydaniu przez Europejską Agencję Kolejową specyfikacji wymagań systemowych ETCS Baseline 3 został zdefiniowany jako w pełni znormalizowany tryb pracy ETCS (jak np. FS). Ponadto, implementacja LS nie wymaga zmian w typie urządzeń srk (nie zdemontowano całkowicie systemów klasy B, a jedynie dostosowano je do współpracy z systemem ETCS) ani zasad prowadzenia ruchu. Szwajcaria traktuje ETCS poziomu 1 w trybie LS jako elastyczny kamień milowy w późniejszej migracji do systemu ETCS poziom 2.

Podstawowe różnice pomiędzy trybami pełnego (FS) oraz ograniczonego (LS) nadzoru zestawione zostały w poniższej tabeli (Tabela 11).

Tabela 11 Tryby FS i LS w Szwajcarii - podstawowe różnice

Implementacja	FS	LS
	W Szwajcarii implementowany jako ETCS poziom 2	Jest zaimplementowany w Szwajcarii jako ETCS poziomu 1 w trybie LS (współdziałający z systemami klasy B)
kontrola	Ciągła	Tylko gdy jest to potrzebne
dane dot. profilu linii	Pełne dane	Uprozczone dane
sygnalizacja	Kabinowa	Przytorowa
funkcje „look-ahead”	TAK	NIE
poziom nienaruszalności bezpieczeństwa	Zawsze SIL4	W przedziale od SIL1 do SIL4

Źródło: opracowanie własne na podstawie⁷¹

⁷¹ George Raymond, *Siemens’ Rollout of ETCS L1 Limited Supervision on SBB*, IRSE News, April 2014

Wdrożenie technologii ETCS polegało na:

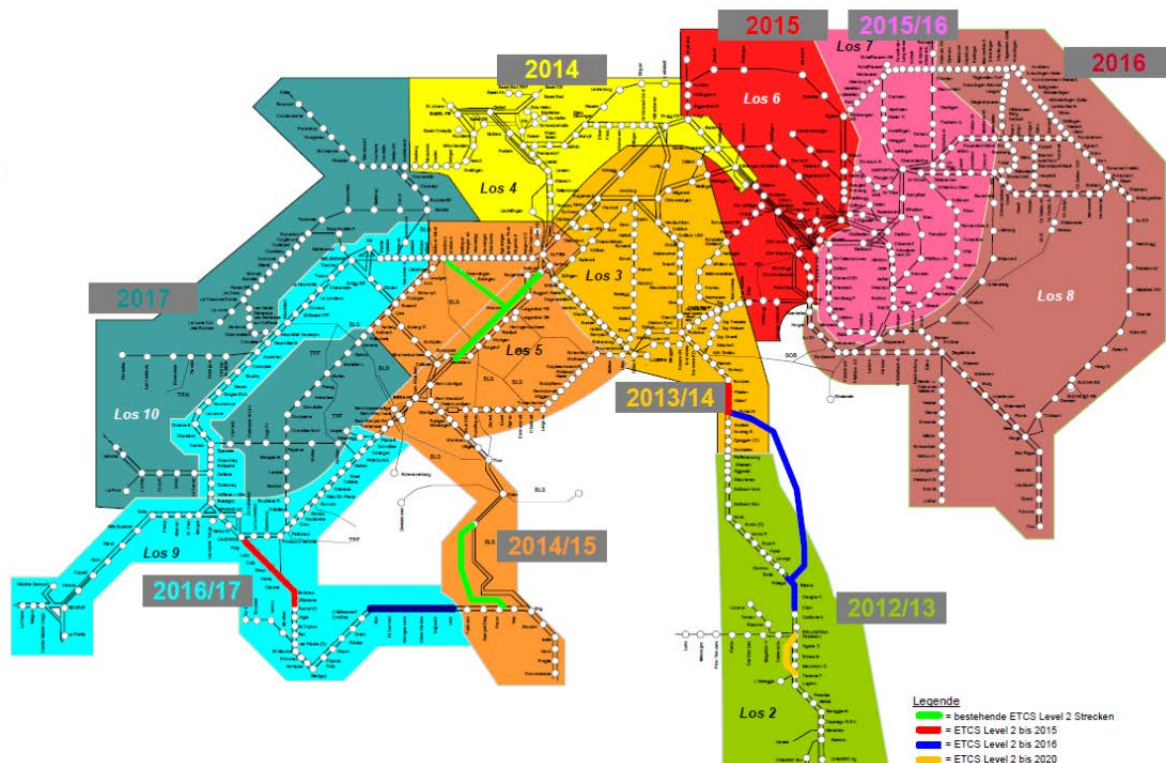
- wyposażeniu pojazdów wyposażonych w urządzenia systemów klasy B w moduł transmisji Eurobalis (ETM) umożliwiający odczytywanie narodowego pakietu P44,
- zastąpieniu przytorowych przekaźników systemów Signum i ZUB balisami i europętłą,
- nadzór krzywej hamowania przy sygnalizatorach o wysokim ryzyku kolizji.

Przy zastosowaniu jednolitych urządzeń przytorowych możliwe jest nadzorowanie pojazdów wyposażonych zarówno w urządzenia pokładowe ETCS BL3, jak i klasy B. I tak urządzenia ETCS BL3 umożliwiają odczytywanie europejskich pakietów danych, a systemów klasy B narodowego pakietu P44. Systemy klasy B zostały zastąpione przez EuroSignum/EuroZUB i ETCS L1 w trybie LS.

Najważniejsze fakty i dane dotyczące migracji ETCS L1 w trybie LS prezentują się następująco:

- w latach 2000-2003 ponad 3 000 pojazdów zostało wyposażonych w antenę i moduł ETM do odczytywania pakietu P44,
- w 2003 roku rozpoczęto zastępowanie przytorowych przekaźników systemów klasy B eurobalisami,
- przemysłowy proces zastępowania przekaźników ZUB/Integra SIGMA komponentami ETCS rozpoczął się w 2012 roku (do 15 sygnałów dziennie),
- proces migracji w warstwie przytorowej zakończył się do końca 2017 roku,
- urządzenia wyposażone w urządzenia kabinowe ETCS mogą poruszać się po całej sieci od 2018 roku.

Wprowadzanie systemu ETCS w Szwajcarii było przeprowadzane etapowo, poniższa mapka pokazuje przebieg tego procesu z podziałem na lata.



Rysunek 21 Mapa ETCS w Szwajcarii)

(*źródło: Jerg Luetscher Bundesamt für Verkehr, ETCS Migration in Switzerland Solution for Gotthard Tunnel, ERA Traing in Budapest*)

Centralnym komponentem ETCS L1 w trybie LS jest LEU. Ze względu na różne systemy wcześniej funkcjonujące na sieci kolejowej, występuje w dwóch konfiguracjach, zasadnicze różnice zostały zestawione w poniższej tabeli (Tabela 12).

Tabela 12 ETCS L1 w trybie LS – konfiguracje

Nadzór prędkości	ETCS L1 w trybie LS	
	NIE	TAK
Wdrożenie	Zastąpił istniejące magnesy Signum na sygnalizatorach bez systemu ZUB	Zastąpił istniejące magnesy Signum i ZUB
Rozwiązanie LEU	MiniLEU od Siemens a połączony z sygnalizatorem	LEU połączony z sygnalizatorem
Wypożenie przytorowe	Balisy	Balisy i Europęttla

Źródło: opracowanie własne na podstawie⁷²

MiniLEU jest rozwiązaniem Siemens a wykorzystywanym do detekcji wskazań na sygnalizatorach systemu Signum bez konieczności modyfikowania systemu sygnalizacji.

⁷² George Raymond, *Siemens' Rollout of ETCS L1 Limited Supervision on SBB*, IRSE News, April 2014

bez ZUB ekipa przymocowywała MiniLeu do ziemi lub masztu, łączyła ze sobą komponenty i sprawdzała czy balisa prawidłowo przekazuje sygnał zatrzymania. Instalacja zajmowała maksymalnie dwie godziny.⁷⁵ W przypadku sygnalizatorów wyposażonych także w kontrolę prędkości systemu ZUB instalowano kodery LEU, które mogą zasilać europętla oraz tzw. kabel promieniujący (ang. leaky feeder), podobnie jak pętla ZUB, które zastąpił.

W Szwajcarii dla ETCS poziomu 2 rozróżnia się konwencjonalne obszary prędkości i zaawansowane obszary prędkości. Różnica między tymi obszarami polega na tym, że prędkości konwencjonalne to prędkości do 160 km/h, a prędkości zaawansowane to prędkości od 160 km/h do 250 km/h.

System ochrony pociągu ETCS poziomu 2 dla zaawansowanych obszarów prędkości jest używany na trasie Rail 2 000 Mattstetten-Rothrist, w tunelu Lötschberg oraz w tunelach Gotthard i Ceneri. ETCS poziomu 2 dla konwencjonalnych obszarów prędkości jest używany na przykład na trasach Brunnen-Altdorf, Biasca-Castione, Lausanne-Villeneuve lub Sion-Sierre.

Długoterminowym celem - opisanym przez Szwajcarski Federalny Urząd Transportu (BAV) w strategii ERTMS - jest wyposażenie całej sieci normalnotorowej w ETCS poziom 2. W tym celu opracowywana jest koncepcja wdrożenia, która posłuży jako podstawa do dalszych etapów migracji⁷⁶

Oprócz migracji do ETCS poziomu 2, sieć komunikacji kolejowej ma zostać w przyszłości przekształcona z obecnego systemu GSM-R na interoperacyjny FRMCS (Future Railway Mobile Communication System).

7.2 Belgia

Linie kolejowe w Belgii zarządzane są przez spółkę Infrabel, a ich długość wynosi około 6 400 km. Pierwsze plany wdrożenia systemu ETCS na sieci kolejowej w Belgii zostały opracowane w 2009 roku. W 2010 roku Infrabel i SNCB (belgijski przewoźnik kolejowy) opracowały narodowy plan instalacji systemu ETCS na całej sieci kolejowej w Belgii – ETCS Master Plan. Całkowity koszt inwestycji szacowany był na kwotę 3,8 mld Euro, z czego około 2 mld Euro stanowić miało wyposażenie infrastruktury przytorowej. Master Plan został zatwierdzony przez belgijski rząd i został zaplanowany do stopniowego wdrażania z horyzontem czasowym do 2025 roku. W zależności od dotychczasowego wyposażenia linii kolejowych w urządzenia srk oraz kategorii linii kolejowych, zakładał on wdrożenie różnych poziomów systemu ETCS tj. ETCS poziom 2 Full Supervision, ETCS poziom 1 Full Supervision lub ETCS poziom 1 Limited Supervision.

Podstawą wyposażenia linii kolejowych w różne poziomy systemu ETCS były główne założenia ujęte w Master Planie ETCS, tj.:

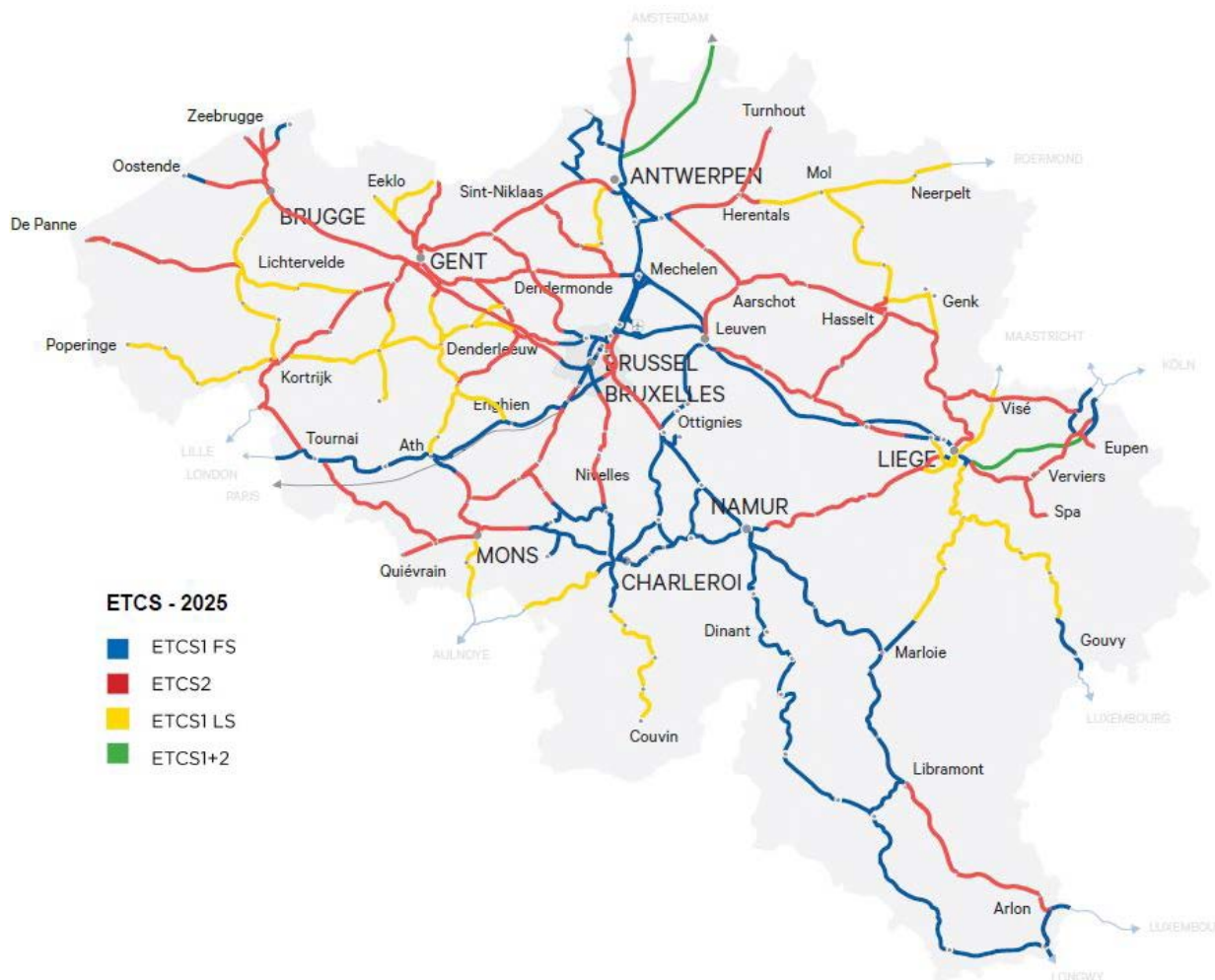
- wdrożenie systemu **ETCS poziom 1 w trybie FS** na liniach kolejowych wchodzących w skład korytarza towarowego RFC Corridor C (od portów w Antwerpii przez Leuven i Namur do Athus),
- wdrożenie systemu **ETCS poziom 1 w trybie FS** na dotychczas opracowanych projektach wdrożenia systemu ETCS,
- wyposażenie linii głównych/pierwszorzędnych (Main lines) w system **ETCS poziom 2 w trybie FS**,

⁷⁵ George Raymond, *Siemens' Rollout of ETCS L1 Limited Supervision on SBB*, IRSE News, April 2014

⁷⁶ Train protection, witryna spółki SBB CFF FFS, <https://company.sbb.ch/en/the-company/responsibility-society-environment/safety/sicherheit-im-bahnumfeld/train-safety-etcs.html>, [dostęp: 09.10.2024]

- wyposażenie linii drugorzędnych (posiadających głównie przekąźnikowe urządzenia sterowania (Relay Interlockings) w system **ETCS poziom 1 w trybie LS**.

Zgodnie z przyjętym dokumentem Master Plan ETCS wdrożenie poszczególnych poziomów systemu ETCS na belgijskiej sieci kolejowej przedstawia Rysunek 23.



Rysunek 23 Plan wdrożenia ETCS na liniach kolejowych w Belgii
(źródło: Master Plan ETCS w Belgii)

Do wdrożenia poszczególnych poziomów ETCS zostało wzięte również pod uwagę prognozowane natężenie ruchu pociągów na poszczególnych odcinkach.

Ponadto zdecydowano, że na linii kolejowej dużych prędkości L1 (linia HS łącząca Halle – granica z Francją – Lille) pozostawiony zostanie francuski system transmisji tor-pojazd TVM-430. Na pozostałych dwóch liniach kolejowych dużych prędkości stanowiących połączenia międzynarodowe do Niemiec (linia KDP HSL3) i do Holandii (linia KDP HSL4) zdecydowano o wdrożeniu ETCS poziom 1+poziom 2:

- linia HSL3 łącząca miasto Liege z granicą z Niemcami. Linia o długości 56 km (z czego 42 km jako linia dużych prędkości i 14 km linii zmodernizowanej) została uruchomiona do przewozów komercyjnych w 2009 roku. Po linii tej kursują międzynarodowe pociągi Thalys oraz ICE. Po ukończeniu budowy tej linii czas jazdy pomiędzy Liege i Kolonią został skrócony do około

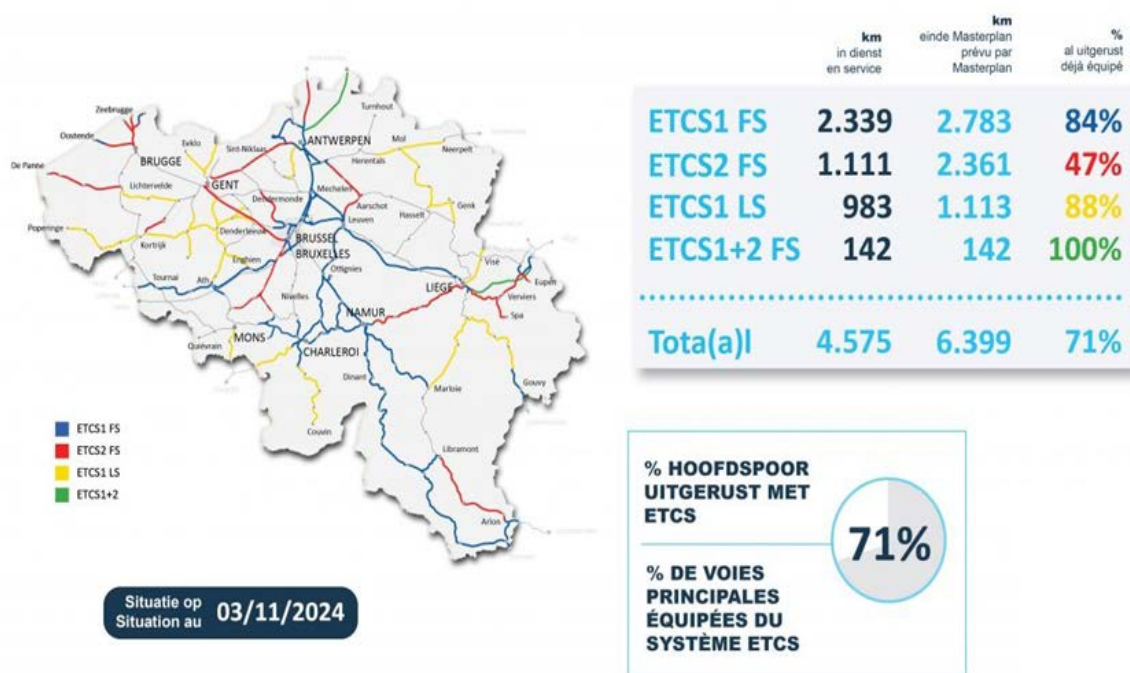
1 godz. Natomiast pomiędzy Liege i Aachen czas jazdy wynosi około 20 min. przy jeździe z prędkością maksymalną 260 km/h.

- linia HSL4 łącząca Antwerpię z granicą z Holandią (linia HSL Zuid w kierunku Rotterdamu i Amsterdamu) o długości 40 km. Linia została oddana do eksploatacji w 2009. Kursują po niej międzynarodowe pociągi dużych prędkości Thalys oraz krajowe pociągi Intercity wyposażone w system ERTMS poziom 2.

Obecny stopień realizacji wyposażenia linii kolejowych w system ETCS (wg stanu na dzień 03.11.2024) przedstawia się następująco:

- **ETCS1 FS:** wyposażonych 2 339 km z zaplanowanych 2 783 km w Masterplanie, co stanowi 84 % realizacji,
- **ETCS2 FS:** wyposażonych 1 111 km z zaplanowanych 2 361 km w Masterplanie, co stanowi 47 % realizacji,
- **ETCS1 LS:** wyposażonych 983 km z zaplanowanych 1 113 km w Masterplanie, co stanowi 88 % realizacji,
- **ETCS1+2 FS:** wyposażonych 142 km z zaplanowanych 142 km w Masterplanie, co stanowi 100 % realizacji.

Całkowita długość linii kolejowych dotychczas wyposażona w system ETCS wynosi 4 575 km z zaplanowanych do realizacji w Masterplanie 6 399 km. Oznacza to, że wyposażonych obecnie jest 71 % linii kolejowych (Rysunek 24).



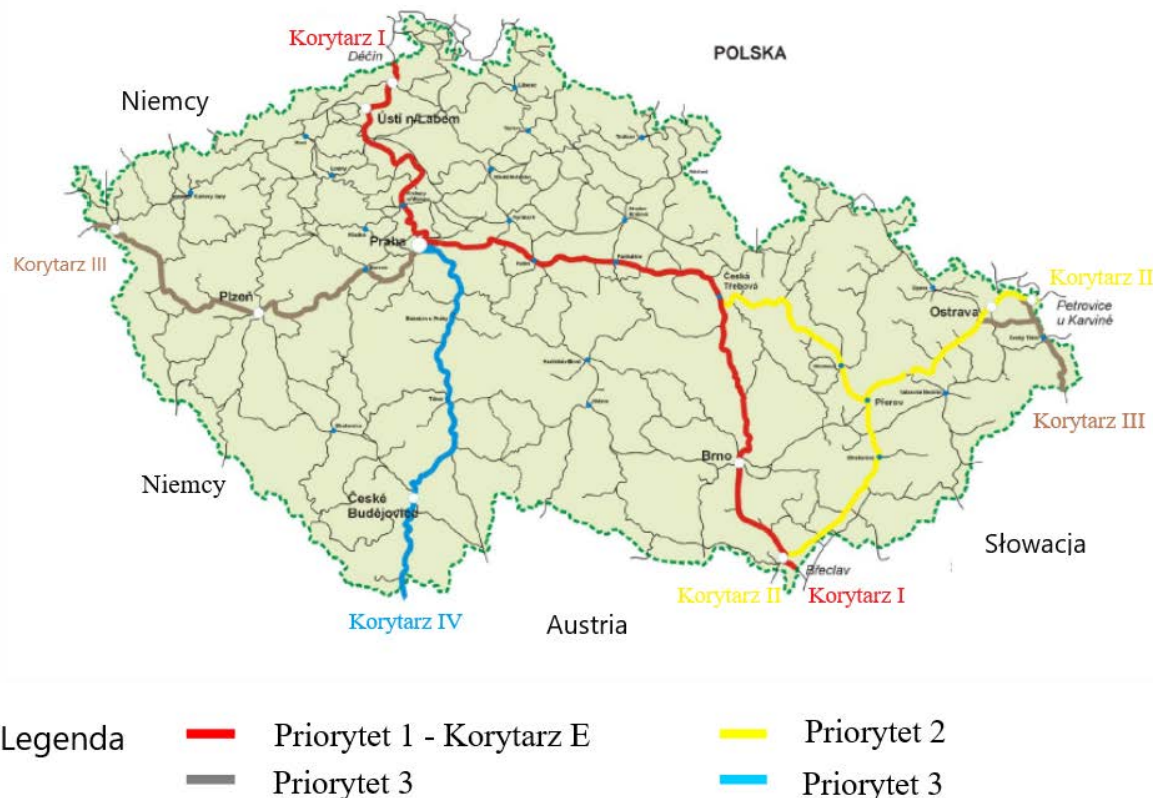
Rysunek 24 Obecny stan wdrożenia ETCS na liniach kolejowych w Belgii⁷⁷
(źródło: Infrabel)

⁷⁷ Według stanu na dzień 3 listopada 2024 r.

7.3 Republika Czeska

Zarządcą sieci kolejowej w Republice Czeskiej jest przedsiębiorstwo państwowe Správa Železnic. Długość zarządzanej sieci wynosi 9 349 km, z czego 3 258 km to linie zelektryfikowane, a 7 279 km stanowią linie jednotorowe.

Pierwotny Narodowy plan wdrożenia ERTMS w Republice Czeskiej został przyjęty we wrześniu 2007 roku. Zakładał on uruchomienie sieci GSM-R na 1 540 km linii kolejowych w pierwszej fazie oraz wdrożenie w latach 2008-2016 ETCS poziomu 2 na 1 332 km linii kolejowych.



Rysunek 25 Pierwotny plan wdrożenia ETCS z roku 2007
(źródło: ERTMS National Implementation Plan)

Pilotażowe wdrażanie ETCS poziom 2 baseline 2.3.0 rozpoczęło się w lutym 2005 na odcinku Poricany – Kolin, będącym elementem priorytetowego Korytarza I. Jest to odcinek dwutorowy linii zelektryfikowanej, o prędkości szlakowej 160 km/h. W urządzenia pokładowe wyposażono dwie lokomotywy oraz jeden elektryczny zespół trakcyjny. System został uruchomiony w roku 2008.

W roku 2021 rząd czeski zatwierdził „Plan nowoczesnego systemu kontroli ruchu pociągów na czeskiej sieci kolejowej – implementacja ETCS”, który wskazuje, że do 2030 roku 4 600 km linii kolejowych zostanie wyposażonych w ten system, a do końca roku 2023 – 863 km. Szacowane koszty wdrożenia urządzeń przytorowych to 2 mld EUR, a 128 mln EUR do końca 2024 + 641 mln EUR w kolejnych latach na wyposażenie taboru w urządzenia pokładowe⁷⁸.

⁷⁸ Na podstawie informacji z publikacji w czeskojęzycznych mediach.

Testowa eksploatacja ETCS jako wyłącznego sposobu prowadzenia ruchu pociągów na odcinku Olomouc – Uničov rozpoczęła się w styczniu 2023 roku. Na sieci czeskiej było wtedy 50 pojazdów wyposażonych w urządzenia pokładowe (lokomotywy serii 162, 362 oraz elektryczne zespoły trakcyjne 650.2).

Docelowo ETCS ma zostać jedynym systemem zabezpieczenia ruchu i ma zastąpić eksploatowany obecnie system klasy B (występujący pod skrótem LS, nie mylić z trybem pracy Limited Supervision) na całej sieci. Strategia wdrożenia poziomu ETCS jest uzależniona od kategorii linii kolejowych:

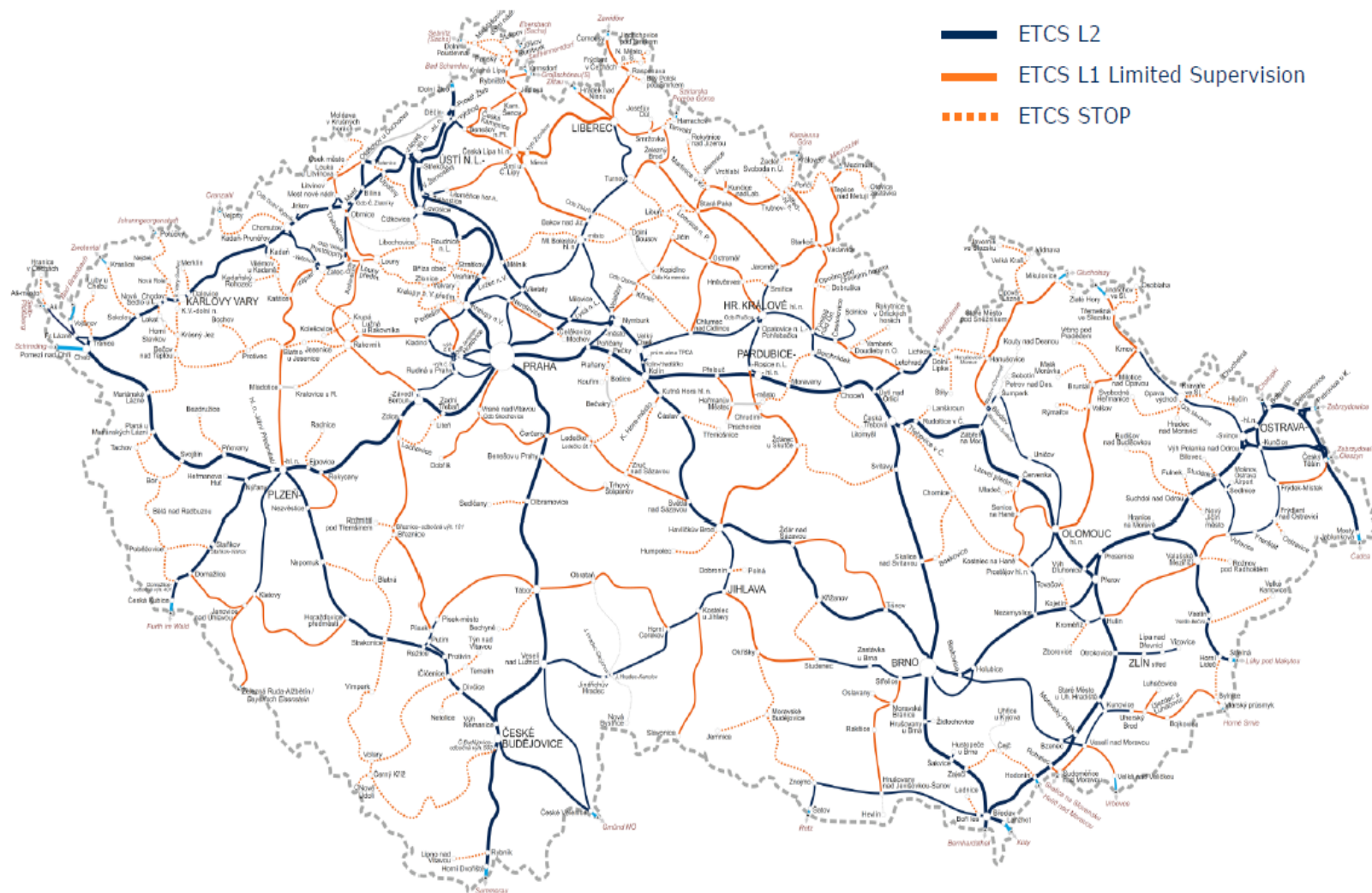
- Na około 25 % linii wchodzących w skład sieci TEN-T zostanie wdrożony ETCS poziomu 2 Full Supervision wraz z GSM-R (a w przyszłości FRMCS),
- Na liniach bardzo obciążonych w rejonach miejskich i podmiejskich również przewidziane jest wdrożenie ETCS poziom 2.
- Na liniach drugorzędnych z relatywnie niewielkim ruchem gdzie prędkość dopuszczalna dla pociągów nie przekracza 90 km/h, przewidziano zastosowanie ETCS poziomu 1 skonfigurowanego do pracy w trybie LS.
- Na liniach lokalnych (znaczenia miejscowego, o niewielkim ruchu i niskich prędkościach (do 60 km/h) uproszczona wersja ETCS poziom 1 oznaczona ETCS STOP. W tej wersji system będzie zabezpieczał wyłącznie sygnały zabraniające jazdy i interweniował w przypadku SPAD.

Rozwiązania oparte o ETCS poziom 1 są przewidziane dla linii tzw. „ostatniej mili”, które są połączone z liniami głównymi, ale tabor wyposażony w urządzenia pokładowe będzie po nich również kursował. Czeski zarządca infrastruktury wybrał dla nich poziom 1 z następujących powodów:

- podatność instalacyjna LEU eurobalis w powiązaniu ze starszymi systemami srk jest wyższa,
- możliwe jest również wdrażanie stopniowe oraz na mniejszych obszarach niż objęte RBC,
- linie drugorzędne będą wyposażane w łączność GSM-R w dalszym horyzoncie czasowym.

Wariant ETCS w trybie Limited Supervision, który jest wdrażany w Republice Czeskiej, opiera się na poziomie 1 i koncentruje się tylko na wybranych funkcjach (np. kontrola sygnału „stój”, podstawowy nadzór profilu prędkości), które zdaniem wdrażającego zarządcy infrastruktury są niezbędne z punktu widzenia bezpieczeństwa na linii. Głównym powodem jego zastosowania na sieci zarządzanej przez Správa Železnic jest uproszczenie projektu technicznego przytorowej części ETCS, a tym samym oczekiwane przez zarządcę infrastruktury zmniejszenie kosztów inwestycji i stworzenie prostszego rozwiązania technicznego dla linii o małym natężeniu ruchu i niskiej prędkości. Tego typu linii na sieci czeskiej jest proporcjonalnie więcej niż w Polsce.

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”



Rysunek 26 Zakładane poziomy ETCS na liniach kolejowych w Republice Czeskiej
(źródło: Prezentacja Správa Železnic)

Zaktualizowany plan wdrożenia ETCS na sieci w Republice Czeskiej przedstawia Rysunek 27.

Obecnie (na III kwartał 2024) na sieci kolei czeskich system ETCS jest zainstalowany już na 1 260 km linii kolejowych. Zgodnie z informacjami podanymi przez Kolejowy Portal⁷⁹, w połowie roku 2024 urządzenia pokładowe były zainstalowane na 422 pojazdach, a do końca roku w ETCS zostanie wyposażone kolejne 54 starsze pojazdy (w tym spalinowe serii 751, 753 i 754) oraz zostanie wprowadzone do ruchu 44 nowe, już wyposażone. Ministerstwo Transportu Republiki Czeskiej dofinansowuje instalację wyposażenia pokładowego w łącznej kwocie 1,5 mld koron czeskich (około 250 mln PLN). Dofinansowanie trafia do wszystkich przewoźników obecnych na rynku, w tym również do firm budowlanych dysponujących maszynami torowymi. Poziom dofinansowania może sięgać do 85 % kosztów kwalifikowanych. Ponadto przygotowywana jest kolejna transza dotacji z Programu Operacyjnego Transport, w którym spodziewana jest pula środków w wysokości 500 mln koron.

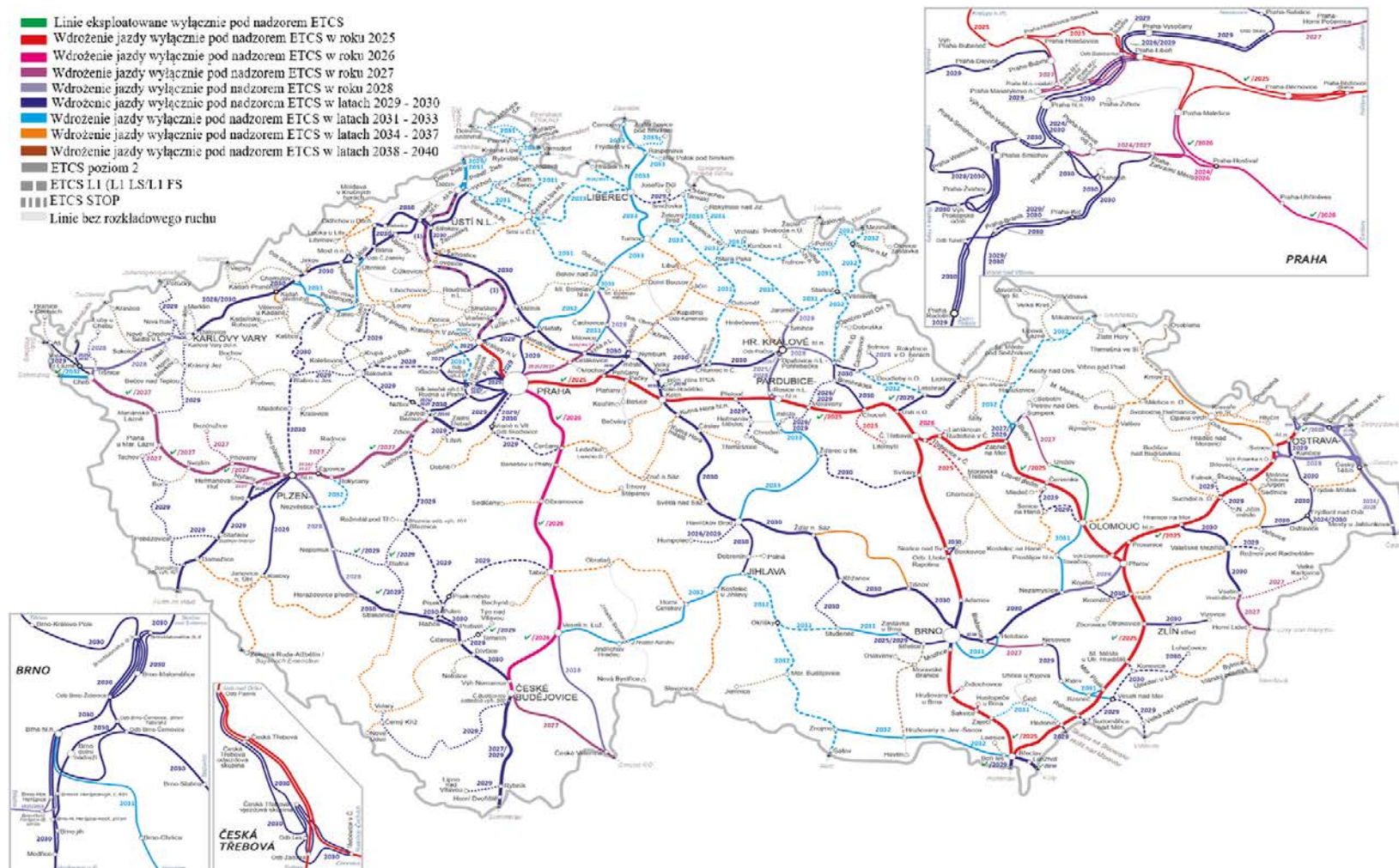
Autoryzację do jazdy pod nadzorem ETCS na połowę 2024 roku miało 750 maszynistów przewoźnika České dráhy, a kolejni są w trakcie szkolenia.

Od 1 sierpnia 2024 obowiązuje zarządzenie czeskiego Urzędu Kolejowego (Dražní úřad), zgodnie z którym przewoźnicy są zobowiązani do poruszania się po wybranych odcinkach linii z włączonym ETCS w pociągach, jeśli pojazd jest wyposażony w aktywną część pokładową ETCS, a maszynista jest odpowiednio przeszkolony

Od stycznia 2025 planowane jest wprowadzenie ruchu tylko na podstawie ETCS w korytarzu Praga – Ostrawa, Prerov – Breclav i Ceska Trebova – Brno – Breclav. Oznacza to, że na te odcinki nie będą wpuszczane przez zarządcę infrastruktury pojazdy niewyposażone w urządzenia pokładowe ETCS. W kolejnych latach będą to linie Praha – Ceske Budejovice (2026), Beroun – Plzen – Cheb (2027). Będzie to możliwe przede wszystkim dzięki temu, że na koniec roku 2024 liczba taboru wyposażonego w urządzenia pokładowe przekroczy 500 sztuk, co daje około ¼ taboru kolejowego łącznie eksploatowanego w tym kraju.

⁷⁹ <https://kolejowyportal.pl/system-etcs-juz-w-ponad-420-pojazdach-cd/>

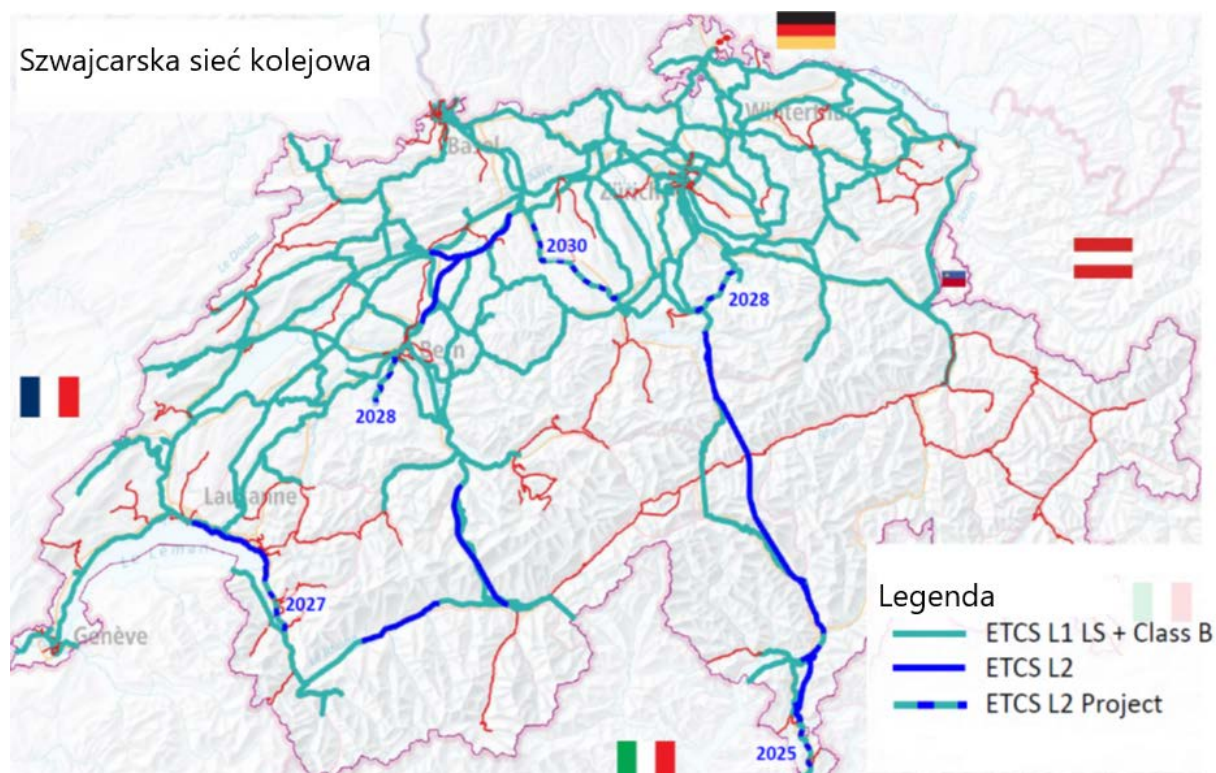
Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”



Rysunek 27 Harmonogram wdrażania ETCS na sieci kolejowej w Czechach
(źródło: Prezentacja Správa Železnic)

7.4 Wnioski

Podsumowując 3 500 km sieci kolejowej w Szwajcarii jest wyposażonych w system ETCS poziom 1 w trybie LS działający z systemami klasy B, a 260 km w ETCS poziom 2. Natomiast jeżeli chodzi o tabor to 550 pojazdów jest wyposażonych jedynie w urządzenia pokładowe ETCS baseline 3, 1 250 pojazdów zarówno w ETCS baseline 2 jak i system klasy B, a 1600 pojazdów jest niewyposażonych⁸⁰. Poniższa mapa pokazuje wyposażenie sieci szwajcarskiej w system ETCS wraz z latami wdrożenia.



Rysunek 28 Sieć szwajcarska, wyposażenie w ETCS⁸¹

Nie wszystkie sygnalizatory są wyposażone, ich wybór opierał się na analizie ryzyka. Oznaczało to, że w punktach o wysokim potencjale zagrożenia podjęto dodatkowe środki ostrożności w celu monitorowania pociągu za pomocą krzywej hamowania. Wszystkie pozostałe punkty są wyposażone w system ostrzegania/zatrzymywania.

Wdrożenie systemu ETCS w Belgii poprzedzone zostało opracowaniem MasterPlanu, w którym przyjęto, że cała sieć kolejowa będzie wyposażona w system ETCS (różnych poziomów i trybów) do 2025 roku. Wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS zostało zaplanowane przede wszystkim na liniach drugorzędnych, na których dotychczas funkcjonowały urządzenia przekąźnikowe srk. Długość linii kolejowych, która ma być objęta tym systemem wynosi 1 113 km co stanowi około 17 % całej długości sieci linii kolejowych. Na pozostałych liniach kolejowych zakłada się wdrożenie systemów ETCS poziom 1 w trybie FS (około 43 %), ETCS L2 FS (około 37 %) lub ETCS poziom 1+2 w trybie FS (około 2 %).

⁸¹ Źródło: Raphael Schumacher and Patrick Favre, Federal Office of Transport, *An update on the Swiss ERTMS Strategy*, ERTMS 2024 Conference, 23-25 April 2024

Według informacji od belgijskiego zarządcy infrastruktury Infrabel (wg stanu na 10.2024 roku) dotychczas system ETCS zabudowano na liniach kolejowych o długości 4 414 km, co stanowi około 69 % całej sieci kolejowej w Belgii.

Zaawansowanie instalacji ERTMS w Republice Czeskiej jest dużo niższe niż w Szwajcarii – na początek 2024 roku pod nadzorem ETCS było 903 km linii⁸², a od roku 2025 będzie kolejne 622 km linii⁸³. W chwili obecnej wyposażane są główne linie kolejowe w ETCS L2, wdrożenie ETCS poziom 1 w trybie LS jeszcze się nie rozpoczęło. Natomiast jeżeli chodzi o wyposażanie taboru w urządzenia pokładowe to można wskazać, że koleje czeskie konsekwentnie dostosowują do kursowania pod nadzorem ETCS nawet stary tabor. Na koniec 2024 ponad 500 pojazdów będzie już wyposażonych w urządzenia pokładowe. Należy podkreślić, że tak szybkie wdrażanie wyposażenia pokładowego możliwe jest wyłącznie dzięki dofinansowaniu przez Ministerstwo Transportu do 85 % kosztów kwalifikowanych wyposażenia taboru. Jest to przykład działania, które zachęca przewoźników kolejowych do korzystania z ETCS.

⁸² Informacja prasowa https://www.denik.cz/z_domova/novinky-v-doprave-pro-rok-2024.html

⁸³ Ministerstwo transportu - <https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ceska-zeleznice-prechazi-na-system-ETCS>

8 Analiza zasadności wdrożenia systemu w Polsce

8.1 Funkcjonowanie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS w warunkach polskich

Na dzień 29 listopada 2024, zgodnie z informacjami zawartymi w Rozdziale 4 system ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision eksploatowany jest na linii kolejowej nr 356 Poznań Wschód – Bydgoszcz Główna na odcinku Poznań Wschód – Wągrowiec (od km 0,488 do km 53,359). Zgodnie z informacjami dostępnymi na stronach Urzędu Transportu Kolejowego, system ten uzyskał zgodę narodowego organu bezpieczeństwa na dopuszczenie do eksploatacji zezwoleniem Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego nr PL 63 2016 0006 w dniu 29 grudnia 2016 r. Zgodnie z zapisami powyższej decyzji system obejmuje linię kolejową nr 3 od km 298,589 do km 299,352 oraz linię kolejową nr 356 od km 0,430 do km 51,151.

Linia kolejowa nr 356 na odcinku Poznań Wschód – Wągrowiec jest linią drugorzędną, jednotorową i niezelektryfikowaną. Odcinek linii Poznań Wschód – Wągrowiec ma długość około 53 km. Prędkość konstrukcyjna linii kolejowej nr 356 wynosi 120 km/h. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. przeprowadziła w 2013 r. modernizację linii w zakresie urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Projekt był finansowany z środków europejskich w dyspozycji władz lokalnych, ale nie przewidywał wdrożenia ETCS, tymczasem zapisy TSI CCS zobowiązywały do wdrożenia ETCS jeśli modernizuje się systemy sterowania pod rygorem konieczności zwrotu środków europejskich. Ze względu na to ryzyko PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. podjęła decyzję o wdrożeniu ograniczonego nadzoru licząc, że będzie to najtańsze rozwiązanie, chociaż ten tryb pracy urządzeń pokładowych nie był jeszcze usankcjonowany w obowiązującej TSI CCS. W październiku 2013 roku PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. podpisały z firmą Thales Polska Sp. z o.o. (obecnie Hitachi Rail GTS Polska sp. z o.o.) umowę na instalację systemu ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision. Zgodnie z założeniami zamawiającego projekt został wykonany według wymagań specyfikacji systemowej wersji 3.3.0, która formalnie nigdy nie stanowiła specyfikacji obowiązkowej wskazywanej przez techniczne specyfikacje interoperacyjności podsystemów sterowanie. Drugim odstępstwem dla projektu, względem obowiązujących specyfikacji ETCS było zastosowanie wymagań poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL 2. Przekazanie przez wykonawcę zamawiającemu systemu ETCS poziom 1 w trybie LS nastąpiło w 2016 roku. Na podstawie uzyskanego ww. zezwolenia od Prezesa UTK zarządca infrastruktury mógł podjąć decyzję o przekazaniu systemu do eksploatacji, ale na linii brak było taboru wyposażonego w ETCS.

Główne założenia zdefiniowane przez producenta urządzeń i uzgodnione z zamawiającym dla systemu zabudowywanego na linii kolejowej numer 356 obejmowały:

- kontrolę przejechania sygnału S 1 „Stój”;
- stałą wartość Zezwoleń na Jazdę (MA) dłuższe niż w rzeczywistości;
- kontrolę dojazdu do semafora wjazdowego wskazującego sygnał S 1, jednak brak kontroli dojazdu do semafora wyjazdowego wskazującego sygnał S 1;
- prędkość w trybie LS większą niż na przedmiotowej linii;
- stały profil podłużny 0‰ (gradient);
- brak łączenia balis w „łańcuch” (linking);
- uproszczony statyczny profil prędkości (ssp) dla semaforów wjazdowych (od semafora wjazdowego do rozjazdu), ssp dla semafora wyjazdowego „zaokrąglone” a następnie pogrupowane dla kilku semaforów;

- uniwersalne ID dla LEU oraz balis na podstawie powyższych założeń.

Zgodnie z przekazywanymi przez wykonawcę informacjami, na linii do zabudowy zostało wykorzystanych 150 sztuk balis oraz 53 sztuki LEU. Nakłady wyniosły 7,39 mln zł⁸⁴, co w przeliczeniu na 1 km linii kolejowej daje koszt około 137 tys. zł. Tym samym wdrożenie ETCS poziomu 1 w trybie LS ograniczonego nadzoru na linii 356 okazało się droższe niż wdrożenie ETCS poziomu 1 w trybie FS pełnego nadzoru na Centralnej Magistrali Kolejowej.

Na linii kolejowej numer 356 dominującym przewoźnikiem są Koleje Wielkopolskie sp. z o.o. W komercyjnej eksploatacji, realizując przewozy pasażerskie na tej linii kolejowej, wykorzystują spalinowe pojazdy kolejowe. W chwili przekazania przez wykonawcę zarządcy kolejowemu linii kolejowej z uruchomionym system ETCS poziom 1 w trybie LS, (tj. 2016 r.) spółka Koleje Wielkopolskie sp. z o.o. nie dysponowała żadnym pojazdem posiadającym czynne urządzenia pokładowe systemu ETCS. W związku z tym przez pierwsze kilka lat system ten na linii kolejowej nr 356 nie był wykorzystywany. Dopiero zakup w latach 2020-2022 sześciu pojazdów typu 36WEh (Impuls 2) umożliwił przewoźnikowi wykorzystanie tego systemu w codziennej eksploatacji. Należy również zaznaczyć, że po linii nadal kursują również pojazdy niewyposażone w urządzenia pokładowe systemu ETCS.

Głównym założeniem zabudowy systemu była między innymi kontrola przejechania sygnału S 1 „Stój”, co w sytuacji sprawnych urządzeń przytorowych i pokładowych powinno być realizowane. Zważywszy na fakt innego sposobu pracy urządzeń pokładowych, brak obszaru planowania na obrazowaniu w kabinie maszynisty z powodu pracy ETCS w tle, przewoźnik na bazie codziennej eksploatacji sygnalizuje złe doświadczenia w pracy z czynnymi urządzeniami systemu ETCS. Zdobywane doświadczenie z eksploatacji urządzeń systemu ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru wskazują, iż maszyniści muszą nauczyć się odmiennego sposobu jazdy. W związku z pracą systemu w tle maszyniści muszą nauczyć się przewidywania chwili, w której następuje reakcja systemu korygująca pracę maszynisty. Nadto, w przypadku wystąpienia trudnych warunków atmosferycznych i maszynistów bez doświadczenia na tej konkretnej instalacji w pewnych sytuacjach może dochodzić np. do uszkodzenia zestawów kołowych (tzn. podkucia).

Zabudowany na linii kolejowej system nadzoruje prędkość maksymalną, ale nie nadzoruje ograniczeń miejscowych. Każdorazowe nowe uruchomienie pojazdu trakcyjnego do jazdy wymaga, po wprowadzeniu wymaganych danych, rozpoczęcia jazdy w trybie systemu krajowego. Właściwy wjazd do systemu ETCS poziom 1 w trybie LS odbywa się po minięciu balis wjazdowych do systemu. Wyjazd z systemu odbywa się na balisach wyjazdowych, a urządzenia pokładowe przechodzą do trybu narodowego. Przekroczenie prędkości maksymalnej wynikającej z wartości zmiennych narodowych (dla danej linii) jest kontrolowane przez urządzenia pokładowe. Po jej przekroczeniu uruchamiane jest podhamowanie służbowe do wartości dopuszczalnej.

W sytuacjach szczególnych, np. po podaniu sygnału zastępczego, system kontroluje wymaganą przepisami krajowymi prędkość do minięcia kolejnej grupy balis. Na płynność ruchu w systemie wpływa czas podania sygnału zezwalającego, im później zostanie on podany, tym płynność ruchu bardziej spada. Doświadczenia z eksploatacji systemu wskazują, że w takim przypadku gdy pojazd trakcyjny hamuje przed semaforem, a sygnał zmieni się na zezwalający, to do chwili minięcia balis przy semaforze i uzyskania nowego zezwolenia na określonej drodze musi poruszać się z prędkością

⁸⁴ ETCS Limited Supervision sposobem na poprawę bezpieczeństwa systemu kolejowego. Urząd Transportu Kolejowego 09.04.2021 r. <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/17141,ETCS-Limited-Supervision-sposobem-na-poprawe-bezpieczenstwa-systemu-kolejowego.html>. Dostęp 28.11.2024 r.

mniejszą lub równą prędkości odciążenia. Rozwiązaniem tego problemu byłaby rozbudowa systemu o uaktualnianie. Wtedy jednak dodawane są kolejne elementy, które powodują wzrost kosztów wdrożenia.

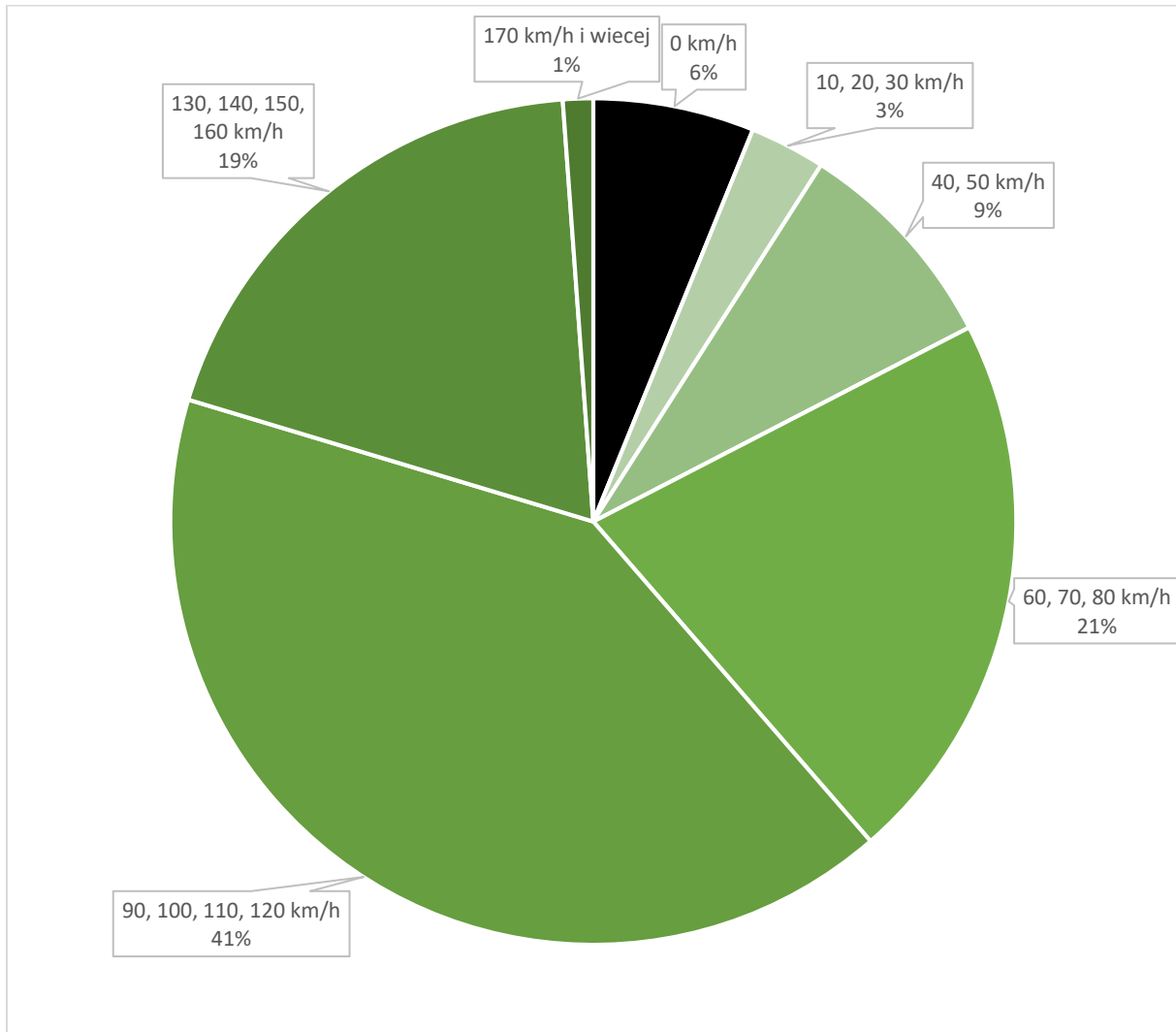
W przypadkach braku odebrania informacji z balis, np. w wyniku uszkodzenia, pojazd trakcyjny zatrzymywany jest przez aktywację hamowania nagłego. W przypadku wymaganej konieczności uruchomienia pojazdu, problemem wpływającym na płynność ruchu, jest czas potrzebny na ponowne uruchomienie urządzeń pokładowych przekraczający nawet 5 min. Na płynność ruchu, zdaniem maszynistów, wpływ ma podjęta decyzja przy projektowaniu systemu, co do zasad wyposażania wszystkich czy tylko wybranych semaforów.

Sygnalizowane przez maszynistów Kolei Wielkopolskich spostrzeżenia i sugestie ulepszeń do wprowadzenia w systemie wskazują, iż brakuje im podczas prowadzenia pociągu informacji dostępnych w obszarze planowania, co gwarantowane jest w systemie ETCS realizującym tryb FS pełnego nadzoru. Jednakże pomimo braku tych elementów, zdaniem maszynistów, zabudowa systemu ETCS poziom 1 do jazdy w trybie Limited Supervision jest elementem zwiększenia poziomu bezpieczeństwa na linii kolejowej numer 356.

8.2 Charakterystyka linii kolejowych

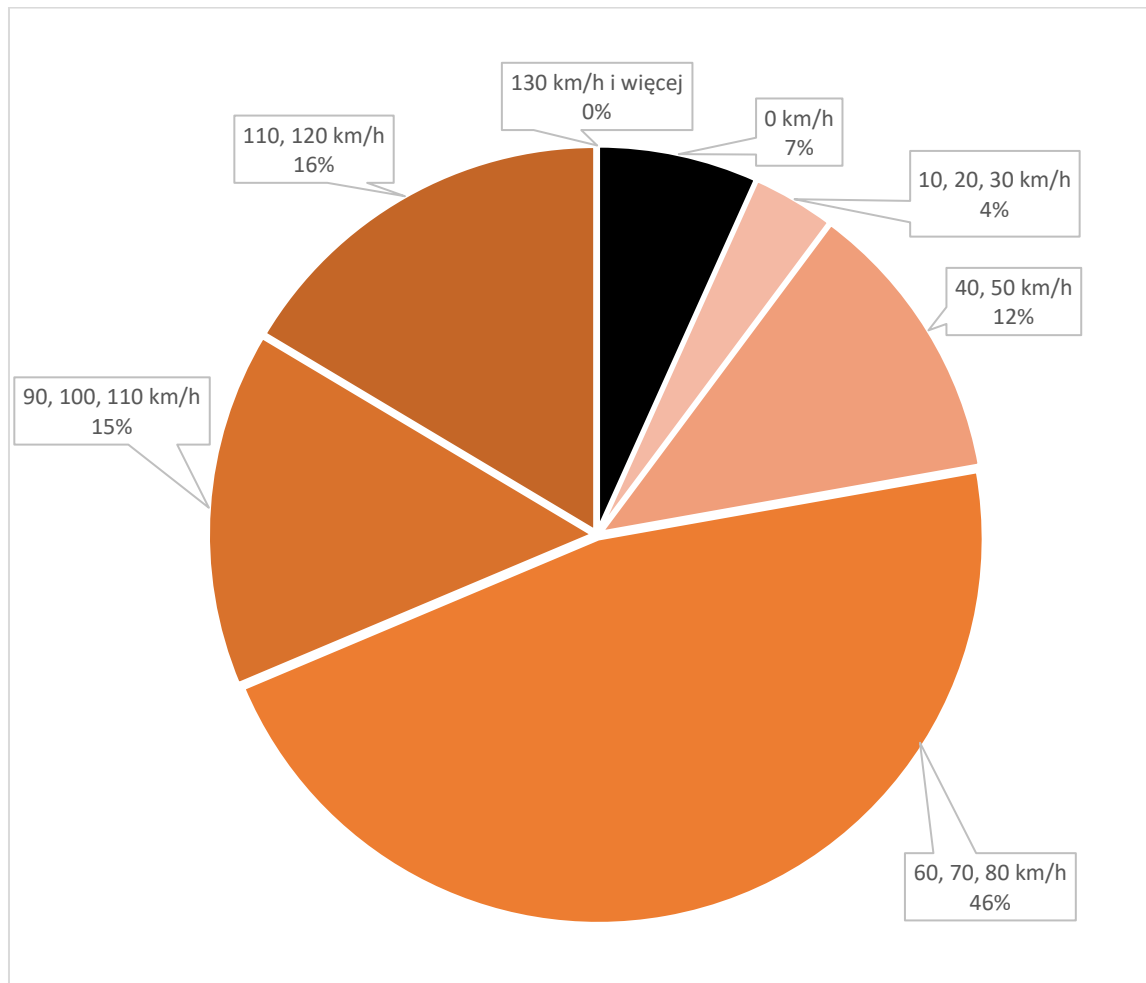
Sieć, na której na rok 2024 eksploatowany był system ETCS w Polsce, przedstawia Rysunek 12.

Istotnym zagadnieniem warunkującym – a w wypadku linii dostosowanych do prędkości 160 km/h i więcej – wymuszającym zastosowanie odpowiednich urządzeń srk jest prędkość maksymalna. Przeanalizowano ją w oparciu o dane udostępniane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., osobno dla pociągów pasażerskich i towarowych. Prędkości maksymalne podawane są zawsze w pełnych dziesiątkach. Dla regulaminu sieci na rok 2024/2025 kształtuje się ona następująco:



Rysunek 29 Udział procentowy prędkości maksymalnych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – dla pociągów pasażerskich
(źródło: regulamin sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.)

Około 6 % sieci jest zamknięta dla ruchu pociągów, o czym informuje wskazana wartość prędkości 0 km/h. Na 12 % sieci prędkość maksymalna dla pociągów pasażerskich nie przekracza 50 km/h, a na 20 % można pojechać szybciej niż 120 km/h. Podobne zestawienie prędkości dla ruchu towarowego przedstawia rysunek poniżej.

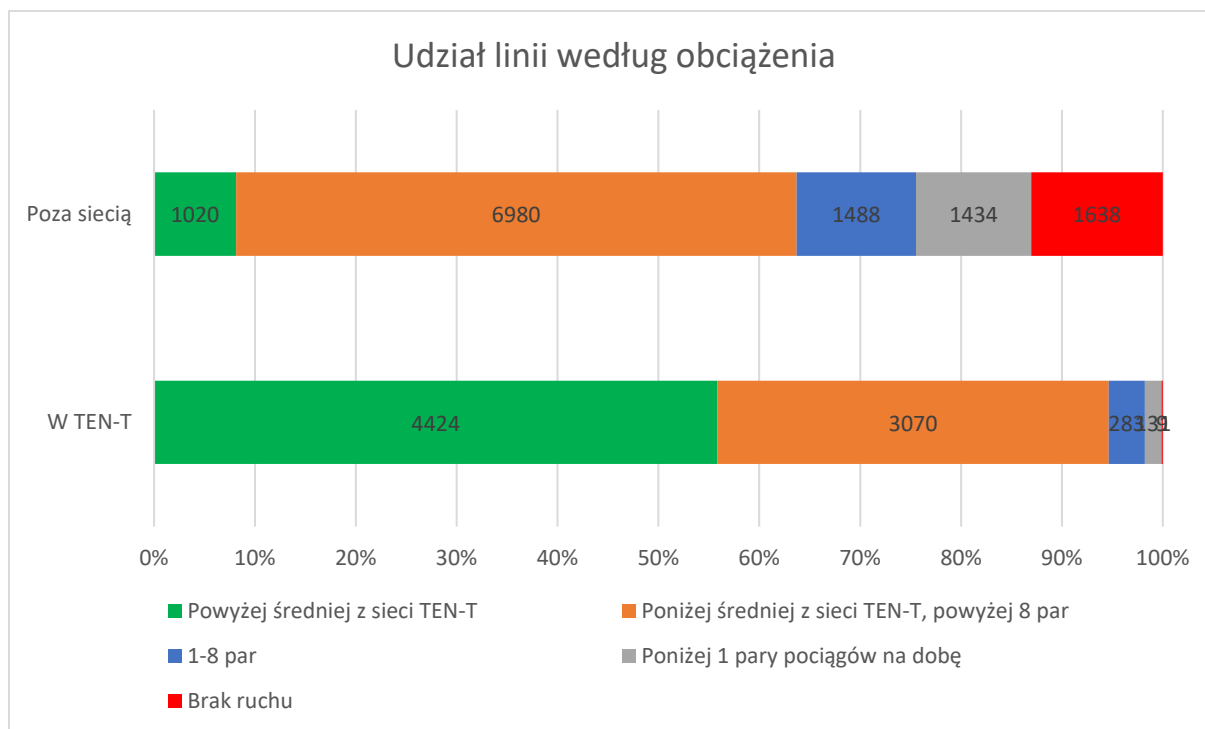


Rysunek 30 Udział procentowy prędkości maksymalnych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – dla pociągów towarowych
(źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK)

W ruchu towarowym nie przewiduje się uruchamiania pociągów z prędkością większą niż 120 km/h, a tylko 16 % sieci umożliwia przekraczanie przez te pociągi prędkości 100 km/h.

Wielkość obciążenia ruchem pociągów powinna być jednym z istotnych czynników branych pod uwagę podczas procesu decyzyjnego o wyposażaniu danej linii/odcinka w urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego, zapewniające różny poziom bezpieczeństwa. Należy zidentyfikować i wskazać linie, na których ruch obecnie nie przekracza jednej pary pociągów na dobę, co oznacza, że mogą one być obsługiwane w trybie prowadzenia wszystkich pociągów jedną lokomotywą, co nie wymaga istnienia zaawansowanych systemów bezpieczeństwa. Takie linie mogą być eksploatowane w trybie jazdy „na berło”, gdzie dyżurny ruchu stacji węzłowej, od której odchodzi linia o niskim natężeniu ruchu wydaje zezwolenie na wjazd pociągiem na tą linię wyłącznie jednej drużynie pociągowej, która po powrocie z obsługi linii to zezwolenie zwraca – co stanowi informację, że na linii nie znajduje się żaden pociąg. To rozwiązanie jest stosowane szczególnie do linii będących ślepo zakończonymi odnogami sieci. Z drugiej strony należy zidentyfikować linie poza siecią TEN-T, które ze względu na intensywny ruch, czy to aglomeracyjny, czy pociągów towarowych obsługujących miejscowe punkty nadania, powinny zostać rozważone jako linie predystynowane do zabudowy urządzeń zabezpieczenia ruchu odpowiednich do ich obciążenia.

Analiza obciążenia została przeprowadzona w oparciu o bazy danych SOLK za lata 2021, 2022, 2023 oraz pierwsze półrocze 2024. Dla każdego odcinka sieci obliczona została średnia liczba pociągów pasażerskich i towarowych na dobę, oraz maksimum dla każdej tych kategorii. Dla sumarycznego obciążenia przyjęto w sposób celowo zawyżony – z uwagi na to, że z punktu widzenia ruchowego większe znaczenie ma obciążenie maksymalne, niż średnie. Ponadto średnia ze wskazanych lat zaniżona jest przez rok 2021, kiedy w pewnych okresach jeszcze obowiązywały obostrzenia pandemiczne. Dlatego do tej wartości łącznej uwzględniono średnią czteroletnią i wartości maksymalnej dla danego odcinka.



Rysunek 31 Procentowy udział linii według obciążenia w sieci TEN-T i poza nią
(źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK)

Jako linie poza siecią TEN-T "wysoko obciążone" proponujemy przyjąć linie, na których ruch jest większy lub równy średniemu ruchowi na sieci TEN-T. W poniższej tabeli zestawiono te średnie z podziałem dla sieci bazowej, kompleksowej oraz poza siecią.

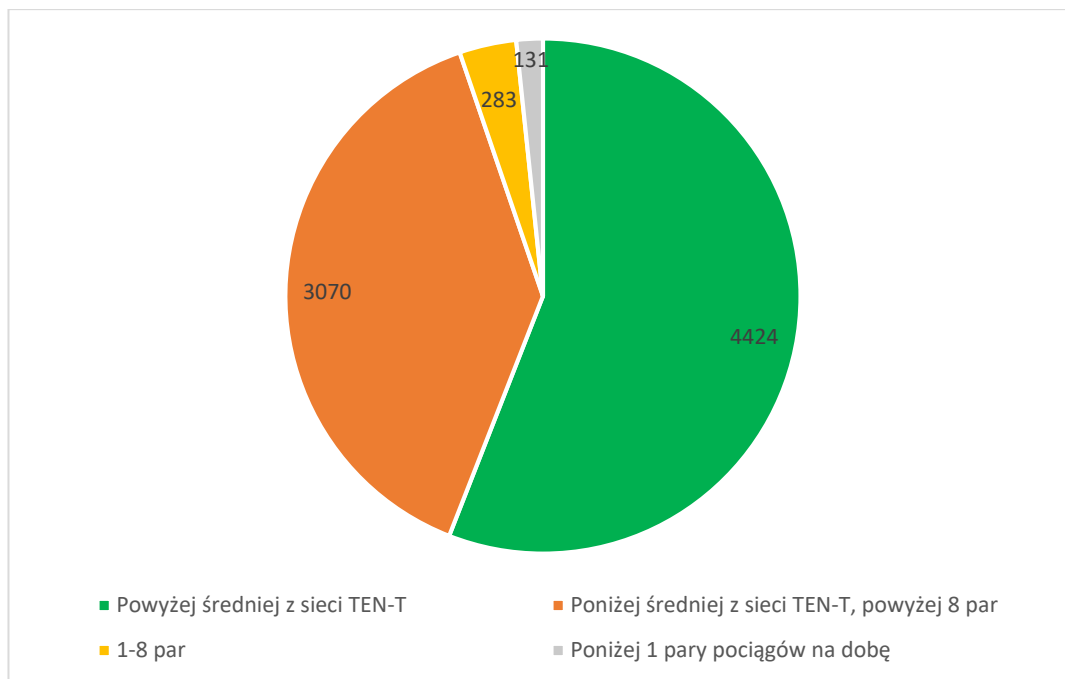
Tabela 13 Zestawienie średniej liczby pociągów (w obu kierunkach łącznie) na liniach TEN-T

Sieć TEN-T	Liczba kilometrów w bazie SOLK	Średnia liczba pociągów pasażerskich na dobę	Średnia liczba pociągów towarowych na dobę	Pociągi razem z uwzględnieniem maksimum 4-letniego
Poza siecią	12 560,07	10,87	6,00	18,68
Bazowa	4 825,84	48,42	18,44	72,62
Kompleksowa	3 092,33	32,41	13,50	49,80
Suma końcowa	20 478,24	23,71	10,30	37,15

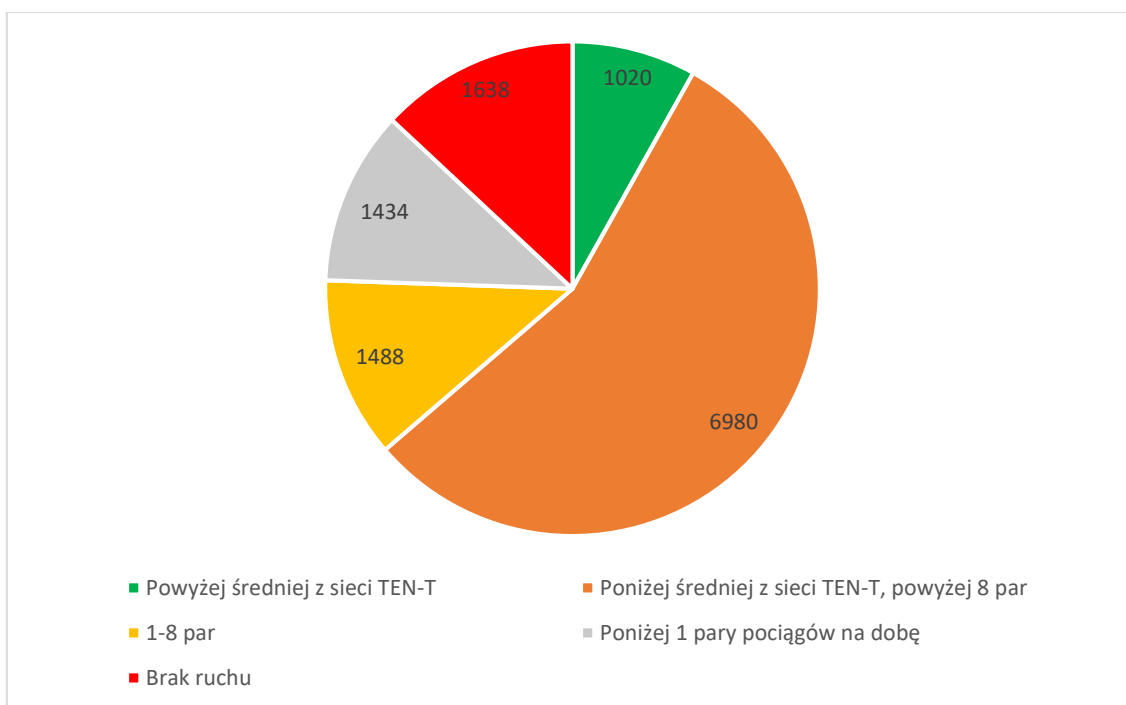
Źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK

Analizując powyższe dane przyjęto, że linie wysoko obciążone to takie, na których uruchamiane jest 25 i więcej par pociągów w dobie. Z drugiej strony liczba odcinków, na których uruchamiane jest mniej

niż jedna para pociągów w dobie poza siecią TEN-T, oraz linii na których nie jest prowadzony ruch przekracza 3 tysiące kilometrów.



Rysunek 32 Udział linii w sieci TEN-T według obciążenia ruchem
(źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK)



Rysunek 33 Udział linii spoza sieci TEN-T według obciążenia ruchem
(źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK)

W tabeli poniżej zebrano zestawienie linii poza siecią TEN-T, na których średni ruch pociągów jest większy lub równy 25 par pociągów na dobę. Dla każdej linii obliczono średnią liczbę pociągów

pasażerskich (w obu kierunkach łącznie, nie par, zgodnie ze sposobem przedstawiania informacji w bazie SOLK), towarowych, i łączną wartość średnią z uwzględnieniem maksimum spośród 4 lat.

Tabela 14 Zestawienie odcinków linii poza siecią TEN-T, na których uruchamiane jest co najmniej 25 par pociągów średniodobowo

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
1	Koluszki - Koluszki R 154	63,04	34,51	101,87	2,187
1	Koluszki R 154 - Piotrków Trybunalski	61,77	39,85	103,92	36,861
1	Piotrków Trybunalski - Wyczerpy	60,24	38,27	102,09	51,258
1	Piotrków Trybunalski - Wyczerpy	56,19	35,70	93,51	27,255
1	Wyczerpy - Częstochowa	55,88	60,50	119,20	6,99
1	Częstochowa - Częstochowa Towarowa	71,89	36,70	119,06	2,275
1	Częstochowa Towarowa - Poraj	73,03	30,20	114,92	14,93
1	Poraj - Zawiercie	75,14	45,35	133,36	27,277
10	Legionowo - Legionowo Piaski	53,85	5,84	65,99	2,297
14	Zduńska Wola - Stary Staw	57,02	13,92	74,52	4,64
14	Zduńska Wola - Stary Staw	37,01	16,14	55,83	85,275
15	Zgierz - Łódź Kaliska	70,02	3,53	80,25	12,004
18	Włocławek - Włocławek Brzezie	48,34	9,75	61,31	5,149
18	Włocławek Brzezie - Toruń Główny	48,34	14,12	66,02	49,102
18	Toruń Główny - Bydgoszcz Wschód	65,16	12,31	79,36	43,242
18	Bydgoszcz Wschód - Bydgoszcz Główna	73,26	6,59	81,81	7,758
21	Warszawa Wileńska - Wołomin Słoneczna	126,27	0,03	128,81	8,114
21	Warszawa Wileńska - Wołomin Słoneczna	130,91	0,00	134,69	11,476
26	Dęblin - Garbatka Letnisko	39,86	29,87	71,39	16,285
26	Garbatka Letnisko - Radom Główny	41,54	25,19	68,69	35,415
42	Warszawa Zachodnia - Warszawa Szczęśliwice T610/202/3,2/68	46,27	0,09	67,74	1,219
45	Warszawa Wschodnia Osobowa - Warszawa Grochów - T1g,2g	132,58	0,24	141,64	1,596
94	Kraków Bonarka - Skawina	57,55	7,26	77,83	12,345
100	Kraków Mydlniki - Kraków Olsza	20,98	23,39	59,58	7,598
100	Kraków Olsza - Kraków Bieżanów	18,15	26,56	57,00	12,276
109	Kraków Bieżanów - Wieliczka Rynek	45,87	0,00	55,08	5,419
118	Kraków Główny - Kraków Mydlniki	65,53	2,24	71,65	7,121
118	Kraków Mydlniki - Kraków Lotnisko	61,08	3,00	66,73	4,839
133	Dąbrowa Górnicza Ząbkowce - Dąbrowa Górnicza Huta Katowice	15,45	54,66	80,90	4,901
133	Dąbrowa Górnicza Huta Katowice - Dorota	16,72	52,68	80,44	5,823
133	Dąbrowa Górnicza Huta Katowice - Dorota	16,76	53,38	80,98	1,2
133	Dorota - Sosnowiec Maczki	9,96	67,50	83,73	2,922
133	Sosnowiec Maczki - Jaworzno Szczakowa	7,86	37,73	50,86	1,784

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
138	Oświęcim - Nowy Bieruń	22,06	33,31	66,08	2,325
138	Oświęcim - Nowy Bieruń	22,19	36,52	69,22	1,392
138	Nowy Bieruń - Mysłowice Kosztowy	24,72	38,31	71,43	11,243
138	Mysłowice Kosztowy - Mysłowice Brzezinka	24,71	45,03	76,26	2,824
138	Mysłowice Brzezinka - Mysłowice	28,10	20,17	53,50	4,639
140	Orzesze Jaśkowice - Czerwionka	54,09	9,70	65,67	4,405
140	Czerwionka - Czerwionka Dębieńsko	54,65	9,81	66,79	1,781
140	Czerwionka Dębieńsko - Leszczyny	54,65	10,40	67,42	3,716
140	Rybnik - Rybnik Towarowy Rt11	69,22	5,68	77,84	1,965
140	Sumina - Nędza Wieś	32,56	42,17	77,53	7,619
143	Lubliniec - Kluczbork	20,46	38,02	62,62	18,142
143	Lubliniec - Kluczbork	20,46	38,15	62,76	32,722
143	Oleśnica - Łukanów	40,27	18,00	59,65	3,327
143	Łukanów - Wrocław Psie Pole	61,23	41,00	106,03	16,725
143	Wrocław Psie Pole - Wrocław Popowice Wp3	101,34	47,74	157,16	8,913
143	Wrocław Popowice Wp3 - Wrocław Popowice Wp2	69,45	9,28	83,06	1,555
152	Toszek Północ - Krupski Młyn	7,42	41,57	50,88	12,06
152	Toszek Północ - Krupski Młyn	7,43	41,59	50,91	1,85
152	Krupski Młyn - Droniowiczki	7,43	41,38	50,70	11,975
158	Rybnik Towarowy - Radlin Obszary	40,87	20,00	64,44	3,311
158	Radlin Obszary - Wodzisław Śląski	44,81	9,45	57,16	4,808
171	Kozioł - Dorota	0,14	48,33	50,63	8,233
171	Kozioł - Dorota	0,38	50,82	53,55	1,2
173	Rybnik Rbc - Sumina	8,17	40,77	54,48	11,645
200	Gliwice - Gliwice Sośnica Gsa	2,83	61,81	68,92	4,838
248	Gdańsk Wrzeszcz - Gdańsk Wrzeszcz Gplk	73,52	0,06	79,12	1,797
250	Rumia Skm - Rumia R 38	65,50	0,00	66,33	1,415
272	Ostrów Wielkopolski - Jarocin	53,32	31,48	87,89	47,32
272	Jarocin - Poznań Krzesiny	63,03	21,48	87,06	49,426
272	Jarocin - Poznań Krzesiny	64,95	25,69	93,67	8,622
272	Poznań Krzesiny - Poznań Starołęka	66,28	12,69	81,14	4,379
274	Wrocław Świebodzki - Wrocław Zachodni	56,37	0,74	58,65	5,201
274	Wrocław Zachodni - Jaworzyna Śląska	60,83	17,38	83,20	2,799
274	Wrocław Zachodni - Jaworzyna Śląska	55,18	21,42	78,81	40,135
274	Jaworzyna Śląska - Wałbrzych Główny	46,19	16,63	65,07	30,777
274	Wałbrzych Główny - Boguszów Gorce Wschód	39,63	12,09	53,46	4,444
281	Dąbrowa Oleśnicka - Grabowno Wielkie	37,43	24,45	64,63	13,678
289	Legnica - Lubin	41,37	11,01	54,30	22,132

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
354	Suchy Las - Złotniki	47,47	10,88	60,75	3,845
354	Złotniki - Rogoźno Wielkopolskie	46,76	10,08	58,57	32,37
440	Warszawa Służewiec - Warszawa Lotnisko Chopina	87,42	0,00	96,41	1,99
449	Warszawa Rembertów - Zielonka	41,45	8,91	54,79	6,445
540	Łódź Chojny - Łódź Widzew	107,49	1,39	119,10	5,972
541	Łódź Widzew - Łódź Olechów	52,70	2,34	59,18	6,602
545	Warszawa Praga R2 - Warszawa Grochów	61,37	0,43	77,72	1,888
624	Kraków Zabłocie - Kraków Bonarka	57,12	0,25	70,93	3,189
629	Kraków Główny - Kraków Zabłocie	142,30	0,11	162,85	2,905
629	Kraków Zabłocie - Kraków Płaszów	90,54	0,32	107,57	2,313
700	Częstochowa - Częstochowa Stradom	27,11	21,37	51,19	2,542
761	Grabiszyn - Wrocław Świebodzki Pglp	59,82	0,66	62,59	0,843
807	Sokołowo Wrzesińskie - Września	51,69	5,19	59,82	2,13
808	Września - Podstolice	55,18	4,38	61,30	8,15
849	Warszawa Zachodnia R82 - Warszawa Zachodnia R100 T102c	77,23	0,00	79,60	1,08
919	Warszawa Zachodnia - Warszawa Ochota Postojowa	78,88	0,29	101,28	0,26
960	Gdynia Główna - Gdynia Postojowa	60,72	0,07	63,60	3,755
	Łącznie				1020,45

Źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK

Tabela zawiera zestawienie linii, na których ruch nie przekracza 1 pary pociągów na dobę. Należy podkreślić, że dla 1 438,8 km sieci Załącznik 1.2 do Statutu Sieci kolejowej PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. wykazuje jako nieczynne (tory linii dwutorowych liczone są osobno), a zgodnie z Załącznikiem 1.3, dla 277,2 km linii nie jest opracowywany rozkład jazdy.

Tabela 15 Odcinki poza siecią TEN-T, na których uruchamiane jest mniej niż 1 para pociągów w dobie

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
14	Głogów - Żagań	0,01	0,04	0,09	20,05
14	Głogów - Żagań	0,01	0,04	0,09	37,832
24	Piotrków Trybunalski - Zarzecze	0,00	1,58	1,81	32,172
25	Chmielów K. Tarnobrzegu - Mielec	0,01	1,60	1,73	9,791
34	Ostrołęka R 98 - Ostrołęka	0,32	0,71	1,51	2,578
34	Ostrołęka - Ostrów Mazowiecka	0,17	1,02	1,60	31,098
34	Ostrów Mazowiecka - Małkinia	0,26	0,44	0,97	21,657
37	Białystok Fabryczny- Waliły	0,61	0,00	1,06	33,674
37	Waliły - Zubki Białostockie (Gp)	0,00	0,00	0,00	15,722

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
38	Bartoszyce - Granica Państwa	0,00	0,00	0,00	14,659
41	Olecko - Gołdap	0,00	0,00	0,00	38,328
43	Czeremcha - Brześć (Gp)	0,00	0,00	0,00	5,66
44	Mikołajów - Regny	0,00	0,04	0,06	3,173
49	Śniadowo - Łomża	0,01	0,37	0,52	17,261
52	Hajnówka - Nieznany Bór	0,63	0,04	0,82	3,822
53	Tomaszów Mazowiecki - Spała	0,86	0,00	1,15	8,038
55	Sokołów Podlaski - Siedlce	0,01	1,08	1,17	29,762
57	Sokolka - Geniusze (Sz)	0,00	0,00	0,00	6,096
62	Sosnowiec Południowy - Sosnowiec Główny	0,43	0,15	0,87	2,364
69	Hrebenne - Hrebenne (Gp)	0,74	0,05	1,42	2,241
79	Padew - Wola Baranowska	0,00	0,50	0,59	4,634
81	Chełm - Włodawa	0,22	0,38	0,68	45,474
82	Bąkowiec - Puławy Azoty	0,00	0,00	0,00	14,532
82	Bąkowiec - Puławy Azoty	0,00	0,00	0,00	8,345
85	Warszawa Zachodnia R 9 - Warszawa Zachodnia (Kdp)	0,32	0,00	0,44	1,48
101	Munina - Hrebenne	0,25	0,19	0,60	6,389
102	Przemysł Bakończyce - Przemysł Pikulice	0,01	0,03	0,05	2,935
102	Przemysł Pikulice - Malhowice (Przemysł Bakończyce - Gp)	0,00	0,00	0,00	7,681
103	Trzebinia - Bolęcín	0,00	0,00	0,00	4,126
103	Bolęcín - Wadowice	0,00	0,35	0,44	20,494
103	Bolęcín - Wadowice	0,00	0,00	0,00	12,159
104	Rabka Zdrój - Nowy Sącz	0,13	0,02	0,18	74,712
107	Zagórz - Łupków	0,71	0,00	0,95	47,89
107	Łupków - Łupków (Gr)	0,22	0,00	0,28	1,568
108	Krościenko - Krościenko (Gp)	0,03	0,00	0,04	3,327
110	Gorlice Zagórzany - Gorlice	0,40	0,06	0,57	4,238
115	Tarnów - Szczucin	0,01	0,06	0,09	48,356
116	Werchrata - Kaplisze (Sz)	0,00	0,00	0,00	19,5
119	Żurawica - Małkowice	0,00	0,00	0,00	3,554
120	Hurko - Krówniki	0,00	1,60	1,88	3,143
121	Medyka - Chałupki Medyczne	0,00	0,00	0,00	2,98
123	Hurko - Krówniki (Sz)	0,00	1,42	1,88	3,571
124	Medyka - Chałupki Medyczne (Sz)	0,00	0,00	0,00	2,302
125	Żurawica - Małkowice (Sz)	0,00	0,00	0,00	3,679
126	Chrzanów - Piąza	0,00	0,00	0,00	6,537
128	Radzionków - Nakło Śląskie T4	0,00	1,44	1,63	3,72
129	Tarnowskie Góry Tgb - Tarnowskie Góry Tge	0,00	0,92	1,29	5,2
132	Zabrze Mikulczyce - Pyskowice Pka	0,00	0,00	0,00	12,444
142	Katowice Ligota - Katowice Ochojec	0,10	0,16	0,42	1,084
144	Tarnowskie Góry - Borowiany	0,01	0,66	0,73	20,637

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
144	Borowiany - Fosowskie	0,00	0,18	0,22	2,134
145	Chorzów Stary - Jup Pbsz	0,00	0,00	0,01	9,33
175	Strzelce Opolskie - Szumirad	0,00	0,00	0,00	44,773
175	Szumirad - Kluczbork	0,00	0,00	0,00	14,637
176	Racibórz Markowice - Syrynia	0,00	0,00	0,00	14,622
176	Syrynia - Olza	0,00	0,00	0,00	6,123
177	Baborów - Głubczyce	0,00	0,00	0,00	12,628
177	Baborów - Głubczyce	0,00	0,00	0,00	1,333
181	Kępno - Gęsia Górka	0,01	0,15	0,20	16,994
181	Gęsia Górka - Oleśnica	0,01	0,15	0,20	0,66
181	Gęsia Górka - Oleśnica	0,01	0,49	0,53	28,849
187	Ruda Czarny Las - Ruda Orzegów	0,00	0,00	0,00	4,771
192	Syrynia - Pszów	0,00	0,00	0,00	7,846
194	Pietrowice Wielkie - Kietrz	0,01	0,10	0,16	8,629
195	Polska Cerekiew - Baborów	0,00	0,00	0,00	23,041
205	Wielewo - Anielin Gradowo (Sz)	0,00	0,30	0,38	11,282
206	Wapienno - Żnin	0,00	0,00	0,00	18,39
208	Działdowo - Brodnica	0,00	0,00	0,00	34,414
208	Działdowo - Brodnica	0,00	0,00	0,00	21,056
208	Laskowice Pomorskie - Wierzchucin	0,83	0,16	1,62	26,38
212	Bytów - Korzybie	0,00	0,00	0,00	47,739
214	Somonino - Kartuzy	0,46	0,01	0,91	8,425
223	Czerwonka - Orzysz	0,00	1,33	1,65	84,885
223	Orzysz - Ełk	0,11	0,32	0,56	36,731
225	Nidzica - Wielbark	0,00	0,00	0,00	42,625
229	Pruszcz Gdański - Stara Piła	0,00	0,00	0,00	24,871
229	Kartuzy - Łębork	0,00	0,00	0,00	58,044
230	Wejherowo	0,00	0,00	0,00	1,03
230	Wejherowo - Garczegorze	0,00	0,00	0,00	63,047
231	Inowrocław Rąbinek - Łojewo	0,01	1,40	1,46	5,2
231	Łojewo - Kruszwica	0,01	1,28	1,32	7,26
235	Matarnia - Gdańsk Osowa	0,00	0,50	0,56	8,253
236	Wągrowiec - Rogoźno Wielkopolskie	0,00	0,00	0,00	18,8
236	Rogoźno Wielkopolskie - Bzowo Goraj	0,01	0,22	0,23	40,47
237	Łębork - Maszewo Łęborskie	0,00	0,09	0,15	10,996
238	Opalenie Tczewskie - Smętowo	0,00	0,00	0,00	12,378
240	Świecie Nad Wisłą - Konopat	0,00	0,00	0,01	2,851
241	Tuchola - Koronowo	0,00	0,00	0,00	44,401
243	Jabłowo - Starogard Gdański	0,00	0,09	0,10	9,41
244	Morzeszczyn - Gniew	0,00	0,00	0,00	12,226
245	Aleksandrów Kujawski - Ciechocinek	0,02	0,01	0,04	6,952
246	Toruń Wschodni - Toruń Północny	0,09	0,22	0,37	6,353
246	Toruń Północny - Olek	0,01	0,22	0,24	6,753

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
254	Tropy - Kamienica Elbląska	0,00	0,28	0,43	14,655
254	Frombork - Braniewo	0,00	0,01	0,01	11,952
256	Szymankowo - Nowy Dwór Gdański	0,00	0,00	0,00	25,534
259	Kętrzyn - Karolewo Bsz	0,00	0,05	0,09	1,804
275	Żagań - Bieniów	0,29	0,46	1,27	16,796
275	Bieniów - Lubsko	0,00	0,00	0,00	18,437
275	Lubsko - Gubinek (Gp)	0,00	0,00	0,00	22,938
281	Gniezno - Kcynia	0,01	0,38	0,43	52,263
281	Gniezno - Kcynia	0,01	0,06	0,08	4,125
281	Kcynia - Nakło Nad Notecią	0,01	0,61	0,83	18,691
281	Nakło Nad Notecią - Chojnice	0,00	0,11	0,14	62,765
281	Nakło Nad Notecią - Chojnice	0,69	0,07	0,95	13,132
283	Łwówek Śląski Gplk - Zebrzydowa	0,01	0,66	0,88	25,684
283	Zebrzydowa - Świątoszów	0,00	0,36	0,41	30,3
290	Mikułowa - Las	0,00	0,00	0,00	0,677
291	Boguszów Gorce Wschód - Mieroszów	0,44	0,01	0,54	10,6
291	Mieroszów - Mieroszów (Gr)	0,44	0,01	0,53	4,53
292	Wrocław Sołtysowice - Wrocław Osobowice	0,00	0,53	0,58	7,698
294	Głubczyce - Raclawice Śląskie	0,00	0,00	0,00	16,244
297	Nowy Świętów - Głucholazy	1,19	0,20	1,42	6,172
297	Głucholazy - Głucholazy Zdrój	1,15	0,00	1,17	2,72
301	Jastrzębie Śląskie - Namysłów	0,00	0,00	0,00	10,812
302	Malczyce - Ujazd Górny	0,00	0,00	0,01	17,447
302	Ujazd Górny - Strzegom	0,00	0,00	0,00	0,663
302	Ujazd Górny - Strzegom	0,00	0,00	0,00	19,204
302	Strzegom - Grabina Śląska	0,00	1,42	1,82	5,296
304	Brzeg - Małujowice	0,00	0,00	0,00	6,853
306	Krapkowice - Prudnik	0,01	0,01	0,02	36,296
308	Mysłakowice - Jelenia Góra	0,00	0,00	0,00	2,168
322	Kłodzko Nowe - Ołdrzychowice Gplk	0,00	1,44	1,53	12,455
325	Baborów - Pilszcz	0,00	0,00	0,00	23,333
329	Szydłów - Gracze	0,00	0,00	0,00	15,077
337	Lubań - Leśna	0,01	1,65	1,69	11,155
342	Jerzmanice Zdrój - Wilków Złotoryjski	0,00	0,00	0,00	7,082
344	Wilka - Zawidów	0,01	0,62	0,76	2,717
344	Zawidów - Zawidów (Gp)	0,03	0,61	0,76	2,106
345	Kamienna Góra - Pisarzowice	0,00	0,00	0,00	1,529
346	Granica Państwa (Liberec) - Granica Państwa (Zittau)	0,00	0,00	0,00	2,759
356	Gołańcz - Kcynia	0,00	0,00	0,00	6,761
356	Gołańcz - Kcynia	0,00	0,00	0,00	6,806
356	Kcynia - Bydgoszcz Główna	0,01	1,21	1,62	42,754
357	Powodowo - Wolsztyn	0,34	0,00	0,35	4,68

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
360	Jarocin - Kąkolewo	0,01	0,59	0,65	59,265
362	Kobylin - Rawicz	0,01	0,38	0,41	32,123
363	Międzychód - Skwierzyna	0,00	0,20	0,23	30,302
364	Wierzbno - Międzyrzecz	0,07	1,29	1,58	22,403
364	Międzyrzecz - Wędrzyn	0,00	0,31	0,47	29,391
364	Wędrzyn - Rzepin	0,00	0,00	0,00	38,924
366	Kurzągóra - Kościan	0,00	0,00	0,00	2,931
368	Szamotuły - Sieraków Wielkopolski	0,00	0,00	0,00	37,72
368	Szamotuły - Sieraków Wielkopolski	0,00	0,00	0,00	3,013
368	Sieraków Wielkopolski - Międzychód	0,00	0,00	0,00	16,579
369	Mieszków - Śrem	0,00	0,00	0,00	33,448
371	Wolsztyn - Gplk	0,00	0,00	0,00	17,276
373	Międzychód - Łowyn	0,00	0,00	0,00	13,941
373	Łowyn - Zbąszyń	0,00	0,00	0,00	29,781
374	Mirosław Ujski - Piła Główna	0,01	0,76	0,92	14,555
375	Międzyrzecz - Nietoperek	0,00	0,03	0,05	8,616
375	Nietoperek - Toporów	0,00	0,00	0,00	34,333
379	Cigacice - Sulechów	0,00	0,00	0,00	5,779
380	Jankowa Żagańska - Sanice	0,02	0,08	0,12	33,489
382	Państw Legnicki - Legnica Lg5	0,00	0,67	0,78	3,855
390	Bzowo Goraj - Czarnków	0,01	0,18	0,20	7,596
393	Cigacice - Cigacice Port	0,00	0,00	0,00	2,51
406	Police - Trzebież Szczeciński	0,00	1,62	1,81	13,659
410	Grotniki Drawskie - Złocieniec	0,00	0,00	0,00	4,963
410	Złocieniec - Wierchowo Pomorskie	0,00	0,00	0,00	8,773
410	Wierchowo Pomorskie - Mirosławiec	0,00	0,00	0,00	13,673
410	Mirosławiec - Kalisz Pomorski	0,00	0,00	0,00	18,462
410	Kalisz Pomorski - Drawno	0,00	0,00	0,00	9,681
410	Drawno - Choszczno	0,00	0,00	0,00	26,766
411	Stargard - Pyrzyce	0,00	0,00	0,00	26,4
413	Człuchów - Przechlewo	0,00	0,02	0,02	25,42
415	Gorzów Wielkopolski - Gorzów Wielkopolski Wieprzycze	0,00	0,00	0,00	2,338
417	Granica Plk - Szczecin Dąbie	0,00	0,00	0,00	4,162
421	Smardzko - Świdwin	0,00	0,02	0,03	6,911
422	Pyrzyce - Głazów	0,00	0,00	0,00	23,109
426	Strzelce Krajeńskie Wschód - Strzelce Krajeńskie	0,00	0,00	0,00	3,28
427	Mścice R 3 - Mścice R 10	1,73	0,00	1,98	0,425
429	Stobno Szczeciński - Dołuje	0,00	0,00	0,00	4,617
433	Szczecin Wzgórze Hetmańskie - Szczecin Gumieńce	0,02	1,00	1,20	1,567
439	Szczecin Port Centralny Spd - Ostrów Grabowski	0,00	0,00	0,00	0,353

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
446	Terespol - Granica Państwa (Brest) (Sz)	0,00	0,00	0,00	1,742
503	Warszawa Wileńska Marki - Warszawa Wschodnia Towarowa	0,00	0,06	0,11	3,175
517	Papiernia - Las Suwalski	0,00	0,77	0,80	2,6
523	Trzaskoniec - Poważe	0,01	0,44	0,63	2,291
531	Łowicz Główny R30 - Łowicz Przedmieście	0,47	0,22	1,18	1,403
547	Warszawa Podskarbińska - Warszawa Wschodnia Towarowa	0,53	0,05	1,42	1,641
551	Łódź Fabryczna Ko - Łódź Kaliska R158	0,07	0,01	0,08	1,813
558	Skierniewice R24 - Skierniewice R402	0,02	0,19	0,29	3,104
561	Zadębie - Adampol	0,00	1,27	1,63	3,626
578	Garbatka Letnisko - Wysokie Koło	0,00	0,00	0,00	1,692
601	Kraków Przedmieście - Kraków Główny R 326	0,35	0,12	0,81	1,188
604	Kraków Płaszów - Kraków Prokocim Towarowy Pra	0,78	0,04	1,85	1,845
606	Kraków Prokocim Towarowy Prb - Kraków Bieżanów	0,00	0,00	0,00	1,251
617	Zagórz R 46- Zagórz R 101	0,96	0,00	1,64	1,179
642	Paczkowo Podg - Bocznica Clip	0,00	0,34	0,46	1,074
653	Katowice Muchowiec - Katowice Muchowiec Koc1	0,01	0,15	0,22	1,41
653	Katowice Koc1 - Katowice Ochojec Koc	0,01	0,04	0,05	0,363
655	Stawiska - Katowice Janów (Tor 4)	0,00	0,04	0,04	2,532
655	Katowice Janów - Katowice Muchowiec	0,00	0,00	0,00	2,704
659	Będzin R1 - Sosnowiec Główny R4	0,00	0,00	0,00	1,426
659	Będzin R1 - Sosnowiec Główny R4	0,00	0,00	0,00	1,587
659	Sosnowiec Główny - Katowice Zawodzie	0,00	0,00	0,00	6,033
659	Katowice Zawodzie - Katowice	0,00	0,00	0,00	3,027
669	Jaworzno Szczakowa Jse - Pieczyska T4p	0,00	0,00	0,00	4,953
670	Borowa Górka - Jaworzno Szczakowa T4b	0,00	0,02	0,03	1,689
671	Gliwice Gła - Gliwice T3	0,00	0,00	0,00	2,259
678	Borki - Katowice Dąbrówka Mała	0,00	0,00	0,00	1,146
684	Borowiany - Krupski Młyn	0,00	0,00	0,00	1,056
684	Borowiany - Krupski Młyn	0,00	0,00	0,00	0,515
706	Katowice Muchowiec Kmb - Katowice Ochojec Koc1 (T2)	0,00	0,00	0,00	1,082
707	Katowice Muchowiec Kmb - Staszic	0,00	0,00	0,00	4,047
716	Piekary Śląskie Szarlej - Barbara	0,00	0,00	0,00	2,106
733	Suchy Las - Wielbark Las	0,00	0,00	0,00	1,13
736	Grębocin - Katarzynka	0,00	0,00	0,00	3,543
739	Zduńska Wola Karsznice - Zduńska Wola	0,01	1,41	1,78	5,505
747	Szymany - Szymany Lotnisko	1,38	0,00	1,70	1,569
748	Chełm - Chełm Wschodni	0,00	0,00	0,00	1,086
753	Grabiszyn - Wrocław Gądów	0,18	1,10	1,55	2,269

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieuwjętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
755	Wrocław Popowice Wp4 - Wrocław Popowice Wp3	0,11	1,05	1,37	0,993
760	Wrocław Świebodzki - Wrocław Gądów	0,00	0,00	0,00	2,766
772	Strzegom Międzyrzecze - Strzegom Miasto	0,00	0,00	0,00	1,222
773	Boguszów Gorce - Boguszów Gorce Towarowy	0,00	0,00	0,00	2,105
774	Krużyn - Marciszów Górny	0,00	0,00	0,00	1,825
775	Jezierzany - Miłkowice	0,00	0,00	0,00	3,717
776	Marciszów - Wojcieszów Górny	0,01	0,90	1,21	15,161
780	Wilka 2 - Wilka 1	0,00	0,00	0,00	0,89
784	Warszawa Główna Towarowa R83 - Warszawa Zachodnia R305	0,00	0,00	0,00	4,041
786	Turoszów - Bogatynia	0,00	0,01	0,01	5,437
800	Poznań Franowo Pfd - Poznań Franowo Pfb	0,00	0,06	0,08	0,275
813	Kępno Kp1 - Hanulin R 5	0,00	0,30	0,44	1,203
814	Kępno R 38 - Hanulin R 2	0,00	0,00	0,00	1,419
827	Kostrzyn R 5 - Kostrzyn R 208 T13/15a	0,08	0,90	1,39	1,861
828	Kostrzyn R207 - Kostrzyn R572/T100	0,00	0,00	0,00	0,935
832	Łódź Olechów Łoc - Łódź Olechów (Łoc - Łolas - Elektrowozownia)	0,01	0,00	0,01	0,319
846	Gdańsk Olszynka R29 - Gdańsk Olszynka Gplk	0,00	0,00	0,01	0,12
862	Rybnik Towarowy Rtb - Radlin Obszary	0,00	0,08	0,13	1,414
863	Knurów - Kwk Budryk	0,00	0,05	0,06	1,216
864	Katowice Ligota - Kwk Wujek	0,00	0,66	0,66	0,828
869	Wałbrzych Szczawienko - Wałbrzych Zespół Bocznic	0,00	0,68	0,70	3,85
871	Wanda - Kwk Michał	0,00	0,00	0,00	0,153
876	Wodzisław Śląski - Wodzisław Śląski	0,00	0,00	0,00	0,542
876	Wodzisław Śląski - Radlin Marcel	0,00	0,34	0,50	0,853
878	Suszec Rudziczka - Suszec Kopalnia	0,00	0,00	0,00	0,033
880	Czerwionka - Czerwionka Dębieńsko	0,00	0,08	0,10	0,544
880	Czerwionka Dębieńsko - Kwk Dębieńsko	0,00	0,63	0,82	0,117
887	Jup R 1 - Kwk Julian	0,00	1,00	1,00	0,279
888	Bytom Północny - Mostva	0,00	0,40	0,67	0,065
892	Tarnowskie Góry Tge R922 - Tarnowskie Góry Tge R934	0,03	1,41	1,90	1,121
893	Zabrze Makoszowy - Kwk Makoszowy	0,00	0,00	0,00	1,602
893	Kwk Makoszowy - Zabrze Makoszowy Kopalnia	0,00	0,00	0,00	0,175
895	Gottwald - Kwk Kleofas	0,00	0,00	0,00	0,172
896	Panewnik - Kwk Śląsk T2	0,00	0,00	0,00	1,205
897	Panewnik - Kwk Śląsk T1	0,00	0,00	0,00	0,08
906	Chotyłów R26 - Chotyłów R28	0,00	0,00	0,00	0,149
911	Bernadczyna - Oskierki	0,00	0,04	0,06	2,268
913	Narewka - Planta	0,00	0,61	0,72	3,794

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

LK	Odcinek	Średnia liczba pociągów pasażerskich w dobie	Średnia liczba pociągów towarowych w dobie	Razem wszystkie pociągi	Długość odcinka [km]
918	Warszawa Bema - Warszawa Zachodnia	0,00	0,00	0,00	1,47
921	Kutno - Kutno Azory Lokomotywownia	0,00	0,00	0,00	4,013
923	Bufałowó Wschód - Bufałowó S	0,00	0,16	0,19	1,602
928	Sokole - Sokole Naftobaza	0,00	0,00	0,00	0,277
931	Hrubieszów Miasto - Hrubieszów Towarowy	0,00	0,03	0,05	2,883
933	Chmielów - Machów	0,00	0,28	0,30	1,354
938	-	0,00	1,05	1,05	0
945	Kraków Prokocim Prd - Kraków Prokocim Prb	0,00	0,00	0,01	1,927
951	Tarnowskie Góry Tga - Tarnowskie Góry Tge	0,00	0,41	0,87	5,554
954	Tarnowskie Góry Tgb - Tarnowskie Góry Tgd (Grupa Torów "C")	0,00	0,62	1,38	0,621
956	Żabieniec - Kędzierzyn-Koźle Port	0,00	0,00	0,00	1,868
958	Rybnik Towarowy Rt11 - Rybnik Towarowy Rtb	0,00	1,43	1,95	0,476
	Łącznie				3047,78

Źródło: obliczenia własne na podstawie bazy SOLK

9 Analiza ryzyka

9.1. Definicja systemu

Przedmiotem wprowadzanej zmiany jest zabudowa systemu ETCS poziom 1 w trybie LS (tryb Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce, które kwalifikowane są poza siecią TEN-T.

Cel systemu

Celem systemu jest wdrożenie rozwiązania umożliwiającego ograniczenie sytuacji, w której pojazdy kolejowe przejeżdżają sygnalizator z sygnałem S 1 „Stój”.

Funkcje i elementy systemu

Funkcją systemu jest zapewnienie sprawnych i bezpiecznych przejazdów pojazdów kolejowych na liniach nie będących w sieci TEN-T.

Elementami systemu są:

- nawierzchnia kolejowa,
- urządzenia srk.

Granica systemu

Fizyczna granica systemu jest wyznaczona zewnętrznym obrysem, w granicach którego znajdują się wszystkie elementy systemu.

Interfejsy fizyczne

System (jako infrastruktura kolejowa wyposażona w przedmiotowy system) posiada interfejsy z pojazdami kolejowymi zarządzanymi przez przewoźników.

Założenia określające progi mające zastosowanie do analizy ryzyka

Przedmiotem analizy ryzyka jest identyfikacja zagrożeń związanych z użytkowaniem systemu podczas eksploatacji linii kolejowych. Zagrożenia pojawiające się na etapie projektowania i budowy infrastruktury mogą być brane pod uwagę jedynie w takim zakresie, który ma bezpośredni wpływ na późniejszą eksploatację (np. błędy popełnione na etapie projektowania lub wykonawstwa wpływające na stan techniczny urządzeń sterowania ruchem kolejowym). Dodatkowo w celu określenia zagrożeń wynikających z wdrożenia samego systemu (jako software) założono, że punktem wyjścia będzie linia kolejowa wyposażona w system ETCS poziom 1 w trybie pełnego nadzoru (FS – Full Supervision). Następnie weryfikowano, jakie zagrożenia mogą się pojawić w związku z wdrażaniem trybu ograniczonego nadzoru (LS), tj. tryby o ograniczonych funkcjach.

Zagrożenia zostały zidentyfikowane na podstawie ogólnych założeń (wariantów) wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie LS. Z uwagi na fakt, że charakteryzują się one dużym stopniem ogólności, który w wielu aspektach nie definiuje szczegółowych rozwiązań technicznych, również identyfikacja i ocena zagrożeń musi odbywać się na adekwatnym poziomie dokładności.

9.2. Metodyka analizy ryzyka

W ramach pracy nad analizą ryzyka przeprowadzono identyfikację zagrożeń związanych z analizowanym zakresem. Przeprowadzono ją wykorzystując metodę tzw. „burzy mózgów”, tzn. wymianę poglądów ekspertów z poszczególnych branż wchodzących w skład zespołu prowadzoną na podstawie posiadanej i dostępnej wiedzy w poszczególnych obszarach oraz wieloletniego doświadczenia zawodowego w kolejnictwie.

Identyfikację zagrożeń przeprowadzono dla podsystemu systemu kolejowego – Sterowanie. Dodatkowo przeanalizowano zagrożenia:

- zewnętrzne,
- środowiskowe,
- związane z cyberbezpieczeństwem,

Po zidentyfikowaniu zagrożeń, ich źródeł, wyspecyfikowaniu potencjalnych skutków, przypisano je do wariantów.

Wyniki przeprowadzonej analizy ryzyka, tj. wykaz zidentyfikowanych zagrożeń związanych z wdrożeniem systemu ETCS poziom 1 w trybie ograniczonego nadzoru został przedstawiony w poniższej tabeli (Tabela 16).

Tabela 16 Wykaz zagrożeń w związku z wdrażaniem systemu ETCS poziom 1 w trybie LS (tryb ograniczonego nadzoru)

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
1. TECHNICZNE							
Podsystem Sterowanie							
1.1.	Niewłaściwa zabudowa/eksploatacja urządzeń sterowania ruchem kolejowym	Błędy popełnione w trakcie realizacji inwestycji na etapie projektowania	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	x
		Błędy popełnione w trakcie realizacji inwestycji na etapie budowy	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	x
		Błędy popełnione na etapie produkcji urządzeń	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	x
		Niewykonywane lub niewłaściwie wykonywane prace w ramach utrzymania urządzeń sterowania ruchem kolejowym	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	x

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
1.2.	Brak lub niewłaściwie działające urządzenia zapewniające sterowanie na stacjach i szlakach	Niewłaściwe działanie urządzeń sterowania ruchem pociągów na szlakach	Śmierć lub trwałe uszkodzenie na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x
		Niewłaściwe działanie urządzeń sterowania ruchem pociągów na stacjach	Śmierć lub trwałe uszkodzenie na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x
		Niewłaściwe działania podejmowane przez personel obsługujący urządzenia srk (przez dyżurnych ruchu)	Śmierć lub trwałe uszkodzenie na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x
		Niewłaściwe działania podejmowane przez personel obsługujący pociągi (przez maszynistów)	Śmierć lub trwałe uszkodzenie na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
1.3.	Brak bezpiecznej kontroli jazdy lub niewłaściwie działające systemy bezpiecznej kontroli jazdy	Niewłaściwe wyposażenie linii w instalacje Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami ETCS	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x
		Niewłaściwe wyposażenie pojazdów poruszających się po linii we właściwe instalacje Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami ETCS	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	x
		Niedostateczne kompetencje personelu obsługującego ETCS poziom 1 LS	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	-
		Niedostateczne kompetencje maszynistów pociągów poruszających się po linii w zakresie ETCS poziom 1 LS	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu w wyniku wypadku	x	x	x	-
1.4.	Brak właściwego utrzymania urządzeń srk,	Brak lub niewłaściwe procedury utrzymania	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu / zakłócenia eksploatacyjne	x	x	x	x
		Braki w zakresie wyposażenia służb utrzymania	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu / zakłócenia eksploatacyjne	x	x	x	x
		Braki w zakresie kompetencji pracowników służb utrzymania	Śmierć lub trwały uszczerbek na zdrowiu / zakłócenia eksploatacyjne	x	x	x	x

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
2. FUNKCJE SYSTEMU							
2.1.	Brak odpowiednich funkcji systemu	Przejechanie sygnału S 1 „Stój”	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	-	-
		Brak kontroli dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	-
		Brak kontroli ograniczeń prędkości semaforowej	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	-
		Brak kontroli dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania	Wykolejenie pojazdu kolejowego/kolizja pojazdów kolejowych	x	x	x	-

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
3. ZEWNĘTRZNE							
3.1.	Uszkodzenie elementów infrastruktury kolejowej, w tym urządzeń sterowania ruchem	Dewastacji/kradzieży tych urządzeń	Wykolejenie/kolizja/obrażenia osób/zakłócenia w ruchu	x	x	x	x
		Brak diagnostyki systemu pod kątem brakującego wyposażenia		x	x	x	-
		Zamachu terrorystycznego na elementy infrastruktury (urządzenia srk)	Wykolejenie/kolizja/obrażenia osób/zakłócenia w ruchu	x	x	x	x
		Czynników środowiskowych (<u>zagrożenia środowiskowe szczegółowo przeanalizowano w pkt. 4)</u>					
		Prac budowlanych na terenie sąsiadującym z torem	Wykolejenie/kolizja/obrażenia osób/zakłócenia w ruchu	x	x	x	x
		Katastrofy budowlanej na terenie sąsiadującym z torem	Wykolejenie/kolizja/obrażenia osób/zakłócenia w ruchu	x	x	x	x
		Wtargnięcia zwierząt (<i>patrz pkt.4 zagrożenia środowiskowe</i>)					
		Upadek pojazdu drogowego na tory z wiaduktu kolejowego		x	x	x	x

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty			
				W1	W2	W3	WFS
4. ŚRODOWISKOWE							
4.1.	Zagrożenia wynikające z występowania ekstremalnych czynników atmosferycznych	Wyładowania atmosferyczne	Uszkodzenie urządzeń sterowania ruchem kolejowym	x	x	x	x
			Zakłócenia urządzeń sterowania ruchem kolejowym	x	x	x	x
			Uszkodzenie elementów systemu zasilania	x	x	x	x
			Uszkodzenie pojazdu kolejowego	x	x	x	x
		Powódzie i opady deszczu	Zalanie/podtopienie urządzeń sterowania ruchem kolejowym	x	x	x	x
		Silne i bardzo silne wiatry	Uszkodzenie elementów systemu zasilania	x	x	x	x
		Drzewa lub jego elementy	Uszkodzenie elementów systemu zasilania	x	x	x	x
4.2.	Zagrożenia wynikające z eksploatacji linii kolejowej	Zwierzęta na linii kolejowej	Uszkodzenie urządzeń sterowania linii kolejowej	x	x	x	x
			Uszkodzenie elementów systemu zasilania dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym	x	x	x	x

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Opis zagrożenia	Źródło zagrożenia	Skutek zagrożenia	Warianty				
				W1	W2	W3	WFS	
5. CYBERBEZPIECZEŃSTWO								
5.1.	Brak lub niewłaściwe wdrożenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji SZBI	Brak stosownych polityk bezpieczeństwa informacji i/lub wiedzy pracowników o obowiązujących regulacjach wewnętrznych	Zakłócenia eksploatacyjne i/lub straty materialne	x	x	x	x	
		Niefrasobliwość pracowników, nieznajomość względnie nieprzestrzeganie wytycznych ISAC-Kolej dla pracowników kolejowych	Zakłócenia eksploatacyjne i/lub straty materialne	x	x	x	x	
5.2.	Brak lub niewłaściwe wdrożenie zabezpieczeń przed 1. złośliwym oprogramowaniem, 2. atakami (D)DoS, 3. kradzieżą i żądaniem okupu oraz 4. ingerencją w oprogramowanie	Niedostateczne zabezpieczenia przed dostępem fizycznym osób nieupoważnionych	Zakłócenia eksploatacyjne i/lub straty materialne	x	x	x	x	
		Niedostateczne lub nieaktualizowane zabezpieczenia przed złośliwym oprogramowaniem	Zakłócenia eksploatacyjne i/lub straty materialne	x	x	x	x	
		Brak lub niedostateczne zabezpieczenia przed atakami (D)DoS - przed blokowaniem pracy systemów poprzez generowanie odpowiednio dużych ilości poleceń	Zakłócenia eksploatacyjne i/lub straty materialne	x	x	x	x	

9.3. Podsumowanie

W ramach niniejszego rozdziału zostały zidentyfikowane zagrożenia związane z wdrożeniem systemu ETCS poziom 1 w trybie Limited Supervision. Zidentyfikowano 36 zagrożeń, w tym:

- 19 dla Podsystemu Sterowanie,
- 7 związanych z czynnikami zewnętrznymi,
- 5 związanych z czynnikami środowiskowymi,
- 5 związanych z cyberbezpieczeństwem.

10 Nakłady na wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie LS

10.1 Nakłady wyposażania infrastruktury i taboru kolejowego

Analiza ETCS poziom 1 w trybie LS w różnych krajach wykazała, że określenie konkretnych nakładów związanych z wdrożeniem systemu do eksploatacji jest trudne do oszacowania. Wynika to m.in. z różnic w sposobie wdrażania tego rozwiązania, zakresu projektu, charakterystyki linii (liczba przejazdów kolejowo-drogowych, semaforów, liczba torów, architektura itp.), rodzaj oprogramowania, liczba analizowanych sygnałów, czy czas realizacji projektu. Porównywanie ceny kontraktowej nie jest miarodajnym sposobem ze względu na ograniczoną wiedzę o wszystkich składowych.

Często spotykanym sposobem „wyceny” wdrożenia ETCS poziom 1 w trybie LS jest określenie jednostkowego kosztu wyposażenia sygnalizatora w balisę i koder LEU. Najczęściej przywoływanym przykładem wyliczeń związanych z wdrożeniem systemu jest odcinek Poznań Wschód – Wągrowiec, na linii kolejowej nr 356 Poznań Wschód – Bydgoszcz Główna. Analiza kosztów kontraktu oraz zakresu prac wskazują, że koszt włączenia jednego sygnalizatora wyniósł ok. 130 000 zł netto (ok. 137 000 zł netto na kilometr linii). Porównanie ww. danych z wdrożeniem systemu ETCS poziomu 1 w trybie FS w Polsce, który został zabudowany na Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK) w 2009 r. wykazują, że koszty na jeden sygnalizator wyniosły ok. 92 000 zł. netto (ok. 226 000 zł. netto na kilometr linii).

Doświadczenia polskie pokazują, że wdrożenie w trybie Limited Supervision może być droższe od wdrożenia w trybie Full Supervision.

Duże znaczenie w całościowej wycenie danego trybu ETCS poziom 1 (FS czy LS) ma charakterystyka linii (długość odcinka, liczba LEU, ale też liczba przejazdów kolejowo-drogowych) oraz wymagania kontraktowe. Przedstawione dane jasno wskazują, że określanie konkretnych nakładów jest niemożliwe. Niemniej warto przedstawić najważniejsze czynniki cenotwórcze, które zostały określone dla poszczególnych wariantów oraz systemu ETCS poziom 1 w trybie FS w poniższej tabeli (Tabela 17). Informacje uzyskane od producentów systemów sterowania ruchem kolejowym wskazują, że do głównych czynników należy zaliczyć koszty materiałów oraz nakład pracy. W ramach analizy wprowadzono 3 stopniową skalę oceny w porównaniu do systemu ETCS poziom 1 w trybie FS, tj.:

- 3 pkt pełen zakres działań, - 2 pkt umiarkowany zakres, - 1 pkt ograniczony zakres.

Tabela 17 Porównanie nakładów (pkt) dla poszczególnych wariantów trybu LS do trybu FS

Czynnik	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant FS
Urządzenia (balisy, LEU)	1	2	3	3
Pozostałe materiały (np. okablowanie)	1	2	3	3
Montaż	1	2	2	3
Oprogramowanie	1	2	2	3
Prace projektowe	1	1	3	3
Prace geodezyjne	1	1	3	3
Proces certyfikacji	2	2	2	3

Czynnik	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant FS
Weryfikacja systemu (testy statyczne i dynamiczne)	1	1	3	3
Suma punktów	9	13	21	24

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji od producentów urządzeń srk

Ważnym elementem przy określaniu nakładów zabudowy systemu ETCS poziom 1 w trybie LS, którego nie można pominąć, są urządzenia konieczne do zainstalowania na pojazdach kolejowych. Liczba pojazdów trakcyjnych w roku 2023 wyniosła około 5 060 sztuk, z czego około 554 pojazdów wyposażonych jest w systemy ETCS baseline 1 – 3. Uwzględniając nowe przepisy TSI w zakresie podsystemu „Sterowanie” definiują nowy wzorzec ETCS – baseline 4.0.0, a także brak szczegółowych danych dotyczących wykorzystanych wersji specyfikacji po stronie przytorowej i/lub pokładowej założono, że wszystkie pojazdy trakcyjne będą wymagały wyposażenia w nowe urządzenia pokładowe, w tym pojazdy dotychczas wyposażone.

Z doświadczenia Wykonawcy przedmiotowej Ekspertyzy wynika, że średni koszt wyposażenia pojedynczego pojazdu trakcyjnego w odpowiedni system ETCS będzie wynosił ok. 3,5 mln zł, co daje ok. 17,7 mld zł kosztów potrzebnych na wyposażenie wszystkich pojazdów trakcyjnych w Polsce.

Nakłady na wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS na wszystkich liniach kolejowych z poza sieci TEN-T, według ekspertów wyniesie ok. 6 mld zł. Zgodnie z Tabelą 13 liczba linii kolejowych będących poza siecią TEN-T wynosi ok. 12 560 km, co pozwala określić koszt wyposażenia 1 km linii, na ok. 477 700 zł.

Mając na uwadze powyższe łączne nakłady wdrożenia LS w Polsce wyniosą ponad 20 mld zł.

Całościowe nakłady wdrożenia systemu ETCS poziom 1 w trybie LS, w części urządzenia pojazdowe oraz urządzenia przytorowe, będą wynosić ponad 20 mld zł.

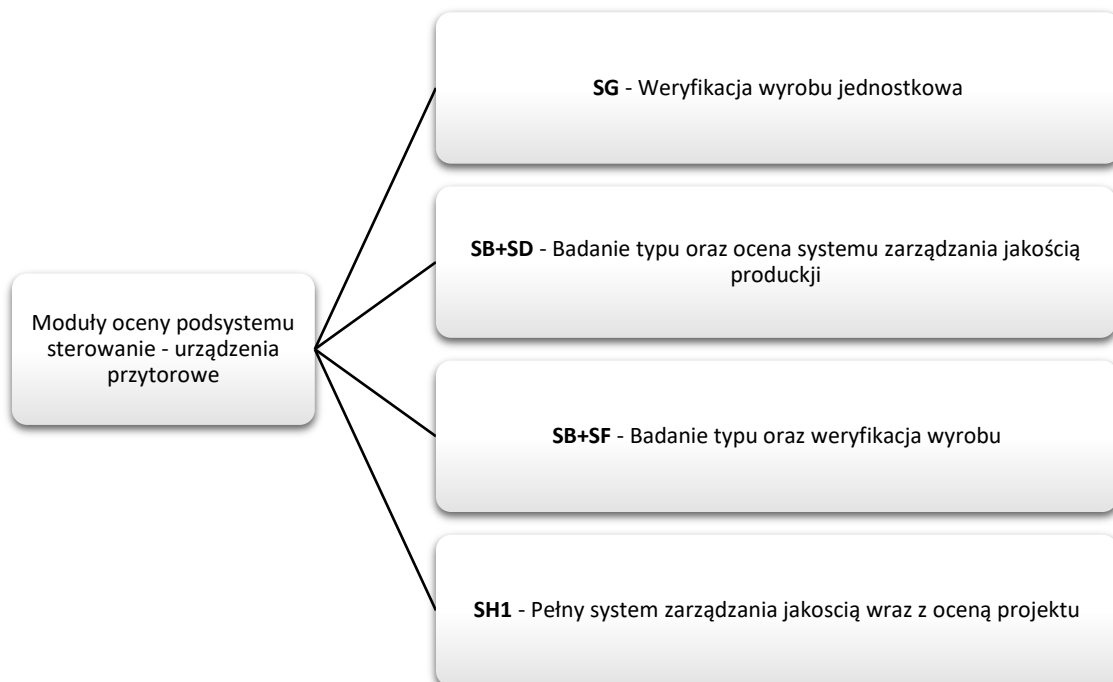
10.2 Proces certyfikacji we wdrażaniu systemu ETCS poziom 1 w trybie LS

Głównym zadaniem procesu certyfikacji wyrobów jest ochrona rynku przed wyrobami stwarzającymi zagrożenie dla życia, zdrowia i środowiska oraz podnoszenie bezpieczeństwa użytkowania wyrobu. Procedury certyfikacyjne są formalnym instrumentem, który ma zapewnić spełnienie wymagań stawianych wyrobom. Proces certyfikacji w głównej mierze opiera się o wymagania prawa europejskiego, które zostały określone w dyrektywie⁸⁵ oraz Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności (TSI). Dodatkowo obowiązują również wymagania prawa krajowego, których stosowanie jest wymagane wówczas, gdy ocenie podlegają kwestie nieujęte w TSI (wskazane w TSI, jako punkty otwarte bądź nie objęte żadną specyfikacją TSI). Obszarem nieujętym w TSI jest głównie warstwa podstawowa sterowania ruchem kolejowym, tzw. systemy klasy B. Warstwa podstawowa jest definiowana jako kontrola niezajętości torów i rozjazdów oraz systemy korzystające i urządzenia zabezpieczenia przejazdów kolejowych. Warstwa podstawowa jest oceniana zgodnie z prawem krajowym. Wymagania te definiuje rozporządzenie⁸⁶, które powołuje jako dokument obowiązujący

⁸⁵ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej

⁸⁶ Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 października 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie dopuszczania do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych (Dz. U. 2020 poz. 1923)

Listę Prezesa UTK⁸⁷. Warstwa nadrzędna opiera się na cyfrowej bezpiecznej transmisji danych pobieranych z warstwy podstawowej i przekazywanych do pojazdów. W Unii Europejskiej warstwę nadrzędną przedstawiono jako rozwiązanie interoperacyjne w pełni zdefiniowane przez prawo europejskie. Proces certyfikacji WE prowadzony jest przez jednostki notyfikowane w odniesieniu do wymagań prawa europejskiego. Jednostka notyfikowana powinna być zaangażowana przy realizacji procesu inwestycyjnego od samego początku realizacji inwestycji, czyli od oceny projektu. Proces certyfikacji WE jest realizowany zgodnie z wybranym modulem oceny zgodności. Moduły oceny zgodności są zdefiniowane w Decyzji Komisji 2010/713/UE⁸⁸. W TSI określono moduły, których stosowanie jest dozwolone w procesie certyfikacji danego podsystemu czy też składnika interoperacyjności. Na poniższym schemacie (*Rysunek 34*) przedstawiono moduły oceny zgodności, które są dopuszczalne w procesach certyfikacji podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe.



Rysunek 34 Moduły oceny zgodności dopuszczalne w procesach certyfikacji podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe
(źródło: opracowanie własne)

Certyfikat weryfikacji WE podsystemu należy uzyskać w odniesieniu do zakresu podsystemu, który podlega budowie, modernizacji lub odnowieniu oraz interfejsów tego podsystemu. Sprawdzenia zgodności z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi interoperacyjności systemu kolei można dokonać także dla określonej części podsystemu na określonym etapie realizacji inwestycji. W takim przypadku mówimy o certyfikacie pośrednim. Ponadto jednostka notyfikowana może i powinna dokonać audytów, sprawdzeń oraz wizji lokalnych na terenie budowy. Ważnym elementem tego etapu jest współpraca

⁸⁷ Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań systemu kolei z dnia 14 lutego 2024

⁸⁸ Decyzja Komisji 2010/713/UE z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie modułów procedur oceny zgodności, przydatności do stosowania i weryfikacji WE stosowanych w technicznych specyfikacjach interoperacyjności przyjętych na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE

z jednostką notyfikowaną polegająca na uzupełnianiu brakującej dokumentacji, wymianie informacji dodatkowych oraz udostępnienie jednostce niezbędnych materiałów oraz informacji.

Na podstawie wydanych przez jednostkę notyfikowaną certyfikatów WE dany producent podsystemu bądź składnika interoperacyjności może wystawić deklarację zgodności WE, a następnie wraz z dokumentacją złożyć wniosek do Prezesa UTK o dopuszczenie do eksploatacji dla danego podsystemu. Deklaracje zgodności WE muszą być zgodne z wzorem oraz wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu 2019/250/UE⁸⁹. Odpowiedzialność za oświadczenie, że podsystem spełnia wymagania zasadnicze wszystkich mających zastosowanie przepisów UE ponosi wyłącznie podmiot, który wystawia deklarację weryfikacji WE. Oznacza to, że niezależnie od wszystkich umownych ustaleń, przyjmuje on pełną odpowiedzialność za wyrób.

10.3 Wpływ modułów oceny na przebieg procesu certyfikacji systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS

W procesach certyfikacji to wnioskodawca decyduje jaki moduł oceny wybierze, natomiast od modułu oceny zależy przebieg procesu weryfikacji, czas realizacji oraz dokumenty, które na koniec oceny wydane są przez jednostkę notyfikowaną. W związku z tym ważne jest, aby te dokumenty również były zaakceptowane na kolejnych etapach przez Zamawiającego oraz Urząd Transportu Kolejowego (UTK), który na podstawie certyfikatów jednostki notyfikowanej wydaje dopuszczenie do eksploatacji. Poniżej opisano moduły oceny, które są dopuszczone do stosowania w procesie certyfikacji podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe.

Procedura weryfikacji urządzenia (moduł SG)

W ramach inwestycji infrastrukturalnych w opisach przedmiotów zamówienia często pojawia się zapis, że wykonawca musi dostarczyć certyfikaty weryfikacji WE na etapie projektu, zabudowy i badań końcowych. Zapis ten wskazuje, że należy proces certyfikacji przeprowadzić według modułu oceny SG, ponieważ tylko ten moduł opiera się na pośrednich certyfikatach na etapie projektu, zabudowy i badań końcowych. Stąd też ocena podsystemów przytorowych realizowana jest zazwyczaj wg modułu oceny SG. Jednostka notyfikowana bierze udział w procesie weryfikacji od początku etapu projektowania, a ocenę na każdym etapie potwierdza wydaniem odpowiedniego certyfikatu. Proces weryfikacji zgodnie z modułem SG jest realizowany na konkretną inwestycję obejmującą linię kolejową z podaniem szczegółowych granic podsystemu. Ocena podsystemu wg moduły SG jest już wszystkim wykonawcom znana, natomiast proces ten jest realizowany dla każdej inwestycji oddzielnie, co wiąże się z każdorazową oceną projektów, inspekcją i badaniami na etapie zabudowy i oceną dokumentacji powykonawczej. Takie podejście pozwala ocenić zgodność na każdym etapie realizacji, natomiast nie przyspieszy realizacji procesu certyfikacji, ani nie zmniejszy kosztów procesu oceny przy wdrożeniu systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS na liniach kolejowych w Polsce. Oczywiście ustandaryzowanie dokumentów przekazywanych do oceny może usprawnić sam proces certyfikacji ale mimo wszystko na każdej linii powinny odbyć się sprawdzenia i testy i dla każdej linii muszą zostać przygotowane dokumenty przez jednostkę notyfikowaną. Natomiast odejście od stosowania modułu oceny SG wymaga akceptacji Zamawiającego, który powinien zmienić zapisy stosowane w dokumentach przetargowych, które narzucają ocenę na etapie projektu, zabudowy i badań końcowych (tylko ocena wg modułu SG wiąże się z wydaniem tego typu dokumentów).

⁸⁹ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/250 z dnia 12 lutego 2019 r. w sprawie wzorów deklaracji WE i certyfikatów dotyczących składników interoperacyjności i podsystemów kolei w oparciu o model deklaracji zgodności z dopuszczonym typem pojazdu kolejowego oraz w oparciu o procedury weryfikacji WE podsystemów zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 oraz uchylające rozporządzenie Komisji (UE) nr 201/2011

Procedura badania typu (moduł SB) w połączeniu z procedurą systemu zarządzania produkcją (moduł SD)

Zgodnie z TSI CCS⁹⁰ w ocenie podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe jest możliwość zastosowania procedury badania typu (moduł SB) dotyczącego fazy projektowania i rozwoju, w połączeniu z procedurą systemu zarządzania jakością produkcji (moduł SD) dla fazy produkcyjnej. Dodatkowo zgodnie z zapisami TSI CCS stosując moduł SB wymagany jest również przegląd projektu instalacji systemu ETCS. Ta ścieżka oceny nie jest wybierana przez wykonawców, co wynika przede wszystkim z faktu, że w tym podejściu nie ma pośrednich certyfikatów na etapie projektowania, zabudowy i badań końcowych, co zazwyczaj jest wymagane przez Zamawiającego.

Wyzwaniem przy zastosowaniu tego typu modułów byłoby określenie, co rozumiemy jako typ przy wdrożeniu systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS. Z zaznaczeniem, że typ systemu nie powinien się zmieniać, czyli na każdej linii kolejowej powinien być zainstalowany ten sam typ podsystemu. Obecnie Zamawiający oraz Urząd Transportu Kolejowego wymaga określenia dokładnych granic podsystemu, ponieważ dopuszczenie UTK również wydawany jest na linię kolejową o określonych kilometrach, a certyfikat badania typu WE (SB) nie będzie zawierał informacji o kilometrażach poszczególnych linii kolejowych. Kolejnym etapem jest audyt systemu zarządzania jakością u producenta podsystemu i wydanie potwierdzenia systemu zarządzania jakością zgodnie z modułem oceny SD. Takie potwierdzenie wydawane jest dla producenta podsystemu na okres dwóch lat, natomiast podczas tych dwóch lat producent na własną odpowiedzialność wystawia deklaracje weryfikacji WE dla poszczególnych podsystemów (linii kolejowych). Przy zastosowaniu tego typu rozwiązania jednostka notyfikowana nie weryfikuje już instalacji systemu ETCS na poszczególnych liniach kolejowych, w takim przypadku producent deklaruje zgodność systemu z ocenionym typem oraz systemem zarządzania jakością.

Procedura badania typu (moduł SB) w połączeniu z procedurą weryfikacji produktu (moduł SF)

TSI CCS również dopuszcza zastosowanie w procesach oceny procedurę badania typu (moduł SB) w połączeniu z procedurą weryfikacji produktu (moduł SF). Proces oceny według modułów SB+SF jest zbliżony do oceny opisanej powyżej, pierwszy etap związany z certyfikacją badania typu jest identyczny jak przy ocenie wg modułów SB+SD, natomiast drugi etap zamiast oceny systemu zarządzania jakością, opiera się na weryfikacji podsystemu. Takie podejście przy ocenie systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS jest możliwe, jeżeli określimy typ podsystemu, a następnie każda instalacja na linii będzie podlegała dodatkowej weryfikacji i potwierdzeniu zgodności z ocenionym typem podsystemu. Przy tym zastosowaniu modułów oceny również musi zostać oceniony projekt instalacji systemu ETCS. W związku z tym projekt dla poszczególnych linii kolejowych wyposażonych w system ETCS, musiałby być oceniany na etapie oceny wg modułu SF, a następnie powinny zostać wykonane badania i sprawdzenia każdej linii kolejowej wyposażonej w system ETCS. Przy zastosowaniu tego typu ścieżki oceny można usprawnić proces certyfikacji tylko wtedy jeżeli dobrze zdefiniujemy typ systemu, dla którego zostanie wydany certyfikat WE badania typu bezterminowy (tak długo jak typ nie ulegnie zmianom), a następnie dla każdej kolejnej inwestycji jednostka notyfikowana realizowałaby proces certyfikacji według modułu SF, czyli ocenę projektu oraz badania na linii kolejowej.

⁹⁰ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695 z dnia 10 sierpnia 2023 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej i uchylające rozporządzenie (UE) 2016/919

Pelen system zarządzania jakością oraz badanie projektu (moduł SH1)

Ocena podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe przy zastosowaniu modułu SH1 opiera się na ocenie pełnego systemu zarządzania jakością oraz badania projektu. Dodatkowo zgodnie z zapisami TSI CCS przy zastosowaniu modułu SH1 wymagane jest dodatkowo wykonanie badania typu. Proces oceny podsystemu wg modułu SH1 w pierwszym etapie opiera się na ocenie projektu, a w następnym kroku realizowany jest audyt systemu zarządzania jakością, który musi potwierdzić, że projektowanie, produkcja oraz końcowa kontrola podsystemu są objęte zatwierdzonym systemem zarządzania jakością i podlegają nadzorowi. Potwierdzenie Systemu Zarządzania Jakością w module SH1 również wydawane jest na dwa lata, podczas których producent wystawia deklarację weryfikacji WE dla kolejnych inwestycji realizowanych wg ocenionego projektu i systemu zarządzania jakością.

Reasumując proces certyfikacji pośrednio, bądź też bezpośrednio wpływa na przebieg i termin realizacji inwestycji kolejowej, dodatkowo ma za zadanie potwierdzić zgodność podsystemu z wymaganiami technicznych specyfikacji interoperacyjności. Proces certyfikacji jest praktycznie ostatnim etapem, w którym weryfikowana jest dokumentacja projektowa pod kątem spełnienia wymagań oraz poprawne działanie zainstalowanych systemów. Dlatego też etap certyfikacji jest bardzo ważny w procesie inwestycyjnym i powinien być przeprowadzony rzetelnie przez kompetentne jednostki.

W celu usprawnienia procesu certyfikacji należałoby ustandaryzować cały proces, co jest możliwe, pod warunkiem, że wszystkie realizacje zabudowy systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS będą powtarzalne. To pozwoliłoby zoptymalizować proces certyfikacji oraz ograniczyć czas i koszty z tym związane. Natomiast każda linia kolejowa ma inne parametry i dla każdej linii będzie tworzony inny projekt, który musi być oceniony w ramach procesu certyfikacji. W związku z tym każda instalacja będzie wymagała oddzielnej oceny w ramach procesu certyfikacji, co nie wpisuje się w powtarzalność procesu.

Zastosowanie modułów oceny opartych na ocenie systemu zarządzania jakością wiąże się z tym, że musiałyby objąć nie tylko samego producenta podsystemu, ale również proces i procedury testowania, odbiorów i utrzymania tego podsystemu. Realizacja procesów certyfikacji wg modułów jakościowych wymaga zdefiniowania relacji producent, instalator, zamawiający oraz wdrożenia zasad zarządzania jakością po wszystkich trzech stronach.

10.4 Wpływ modułów oceny zgodności na koszty systemu ETCS poziom 1 w trybie LS

Koszt realizacji procesu certyfikacji podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe obejmującego system ETCS poziomu 1 w trybie LS uzależniony jest głównie od zastosowanego modułu oceny, natomiast różnice te nie będą znaczne, ponieważ stosując każdy z modułów jednostka notyfikowana musi ocenić projekt typu podsystemu, projekt instalacji oraz w modułach jakościowych wykonać audyt systemu zarządzania jakością lub w modułach rzeczowych przeprowadzić sprawdzenia na linii kolejowej. Proces certyfikacji oparty na modułach jakościowych dla większej skali inwestycji realizowanych przez tego samego producenta powinien być tańszy ponieważ, nie ma kosztów związanych z oceną każdej linii oddzielnie, natomiast pojawiają się koszty związane z audytem systemu zarządzania jakością (minimum raz na dwa lata). Koszt procesu certyfikacji dla wariantów wdrożeń systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS na liniach kolejowych w Polsce będzie bardzo zbliżony, ponieważ każdy wariant wdrożenia systemu wymaga podobnej pracy i zaangażowania jednostki notyfikowanej. Oczywiście jeżeli wariant zabudowy systemu jest prostszy to może przełożyć się na mniejszą ilość dokumentów przekazanych do oceny i mniejsze koszty realizacji oceny przez jednostkę notyfikowaną. Natomiast różnice będą niewielkie i nieznaczące w porównaniu do kosztów instalacji systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS w Polsce.

Koszt procesu certyfikacji uzależniony jest od wielu czynników, które ciężko jest przewidzieć już na etapie ekspertyzy, natomiast do czynników wpływających na koszt procesu certyfikacji zaliczyć można:

- zastosowany moduł oceny zgodności;
- liczbę producentów, którzy będą realizować zabudowę systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS;
- podejście do procesu inwestycyjnego (dopuszczenie każdej linii oddzielnie, czy zabudowa systemu obszarowa);
- jakość dokumentacji projektowej i raportów z badań;
- kompletność i jakość procedur systemu zarządzania jakością;
- powtarzalność stosowanych rozwiązań, projektów itp.;
- konieczność realizacji jazd testowych;
- skala wdrożenia systemu ETCS poziomu 1 w trybie LS.

10.5 Podsumowanie

Wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS będzie wiązało się nie tylko z zabudową urządzeń w infrastrukturze kolejowej, ale również wyposażeniem całego taboru. Jedynie takie rozwiązanie umożliwiłoby sprawne działanie systemu. W związku z powyższym mówiąc o nakładach na wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS należy podawać koszty całościowe. Wyliczenia przedstawione w ekspertyzie wskazują, że nakłady wyniosą ponad 20 mld zł.

Proces certyfikacji pośrednio, bądź też bezpośrednio wpływa na przebieg i termin realizacji inwestycji kolejowej, dodatkowo ma za zadanie potwierdzić zgodność podsystemu z wymaganiami technicznych specyfikacji interoperacyjności. Proces certyfikacji jest praktycznie ostatnim etapem, w którym weryfikowana jest dokumentacja projektowa pod kątem spełnienia wymagań oraz poprawne działanie zainstalowanych systemów. Dlatego też etap certyfikacji jest bardzo ważny w procesie inwestycyjnym i powinien być przeprowadzony rzetelnie przez kompetentne jednostki.

Usprawnienie procesu certyfikacji jest możliwe pod warunkiem ustandaryzowania całego procesu, co wymagałoby ścisłej współpracy wszystkich zaangażowanych podmiotów tj. jednostek notyfikowanych, Zarządcy Infrastruktury, Urzędu Transportu Kolejowego, czy nawet Ministerstwa Infrastruktury. Dodatkowo w celu optymalizacji procesu certyfikacji oraz obniżenia kosztów certyfikacji, wszystkie realizacje zabudowy systemu ETCS poziom 1 w trybie LS powinny być powtarzalne, natomiast każda linia kolejowa posiada inne parametry i dla każdej linii będzie tworzony indywidualny projekt, który musi być każdorazowo oceniony w ramach procesu certyfikacji, bez względu na to jaki moduł oceny zostanie zastosowany. Moduły oceny oparte na ocenie systemu zarządzania jakością wiążą się z koniecznością przygotowania jasnych procedur, które będą obejmowały nie tylko sam proces produkcji, ale również proces testowania, odbiorów i utrzymania tego podsystemu.

W zakresie kosztów certyfikacji na obecnym etapie nie da się jednoznacznie określić wielkości kosztów, natomiast na pewno różnica kosztów certyfikacji poszczególnych wariantów zabudowy systemu ETCS poziom 1 w trybie LS będzie niewielka w stosunku do kosztów całej inwestycji. Zastosowanie modułów jakościowych w ocenie może wpłynąć na obniżenie kosztów ale wymaga to współpracy wszystkich zaangażowanych stron w celu usprawnienia procesu oceny.

Wybór modułów oceny zgodności dla wdrożeń ETCS nie zależy od trybu pracy systemu ETCS.
Koszt i czas realizacji procesu certyfikacji będzie podobny dla każdego trybu pracy systemu ETCS.

Zastosowanie modułów jakościowych jest jak najbardziej możliwe, ale wymaga systemu zarządzania jakością obejmującego prace od projektowania przez produkcję, instalację i konfigurowanie do odbiorów włącznie.

Istnieje możliwość obniżenia kosztów i optymalizacji procesu certyfikacji o ok 20-30 % pod warunkiem ustalenia zasad współpracy, jasnych procedur i ustandaryzowania procesu inwestycyjnego.

11 Analiza wielokryterialna

11.1. Kryteria przyjęte do analizy

W ramach ekspertyzy została przeprowadzona analiza wielokryterialna. Analizę sporządzono w oparciu o wyznaczone kryteria oceny, którym przypisano wagi, odzwierciedlające ich znaczenie. Ocenie został poddany również wariant uwzględniający wdrożenie systemu ETCS poziom 1 Full Supervision (Pełny Nadzór). Takie podejście umożliwi porównanie analizowanych wariantów trybu LS (Limited Supervision) względem trybu pełnego nadzoru. Dla potrzeb przeprowadzenia analizy zastosowano wyłącznie kryteria o charakterze różnicującym. Ze względu na brak wpływu na ostateczną ocenę zostały pominięte następujące kwestie:

- wyposażenie taboru,
- prawne,
- środowiskowe.

Na potrzeby przeprowadzenia analizy wielokryterialnej zostały zdefiniowane następujące kryteria:

- Kryterium 1 - Bezpieczeństwo ruchu,
- Kryterium 2 - Nakłady na wdrożenie,
- Kryterium 3 - Prowadzenie ruchu kolejowego,
- Kryterium 4 - Ryzyka.

Każdemu z kryteriów zostały przypisane elementy oceny, dla których zostały przypisane możliwe do uzyskania liczby punktów. Podział kryteriów na poszczególne elementy oceny oraz wagi, dla każdego z kryteriów zostały przedstawione w poniższych tabelach (Tabela 18-Tabela 21).

Tabela 18 Elementy oceny i waga dla kryterium 1

Lp.	Kryterium 1 - elementy oceny	Liczba punktów	
		min	max
1	Uniemożliwienie przejechania sygnału S 1 „Stój”	0	1
2	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	0	1
3	Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej przez system,	0	1
4	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania	0	1
5	Połączenie grup balis – linking	0	1
Razem za kryterium		0	5
Waga kryterium		40 %	

Tabela 19 Elementy oceny i waga dla kryterium 2

Lp.	Kryterium 2 - elementy oceny	Liczba punktów	
		min	max
1	Nakłady na wyposażenie linii	0	10
Razem za kryterium		0	10
Waga kryterium		25 %	

Tabela 20 Elementy oceny i waga dla kryterium 3

Lp.	Kryterium 3 - elementy oceny	Liczba punktów	
		min	max
1	Konieczność stosowania ograniczenia prędkości	0	1
Razem za kryterium		0	1
Waga kryterium		15 %	

Tabela 21 Elementy oceny i waga dla kryterium 4

Lp.	Kryterium 4 - elementy oceny	Liczba punktów	
		min	max
1	Identyfikacja kradzieży elementów systemu (np. balis)	0	1
2	Ograniczenie błędu ludzkiego (maszynisty)	0	1
Razem za kryterium		0	2
Waga kryterium		20 %	

Ze względu na wprowadzoną różną ocenę (punktację) poszczególnych kryteriów, zostanie wyliczona względna wartość oceny O_{ij} . Dla każdego wariantu i , dla danego kryterium zostanie wyliczona względna wartość oceny, zgodnie z poniższą zależnością:

$$O_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{jmax}} * 10 \quad (1)$$

gdzie:

O_{ij} wartość względna oceny,

p_{ij} ocena przyznana wariantowi i dla kryterium j zgodnie z punktacją opisaną dla poszczególnych kryteriów,

p_{jmax} największa wartość oceny przyznawanej w ramach danego kryterium.

Natomiast dla kryterium 2, ze względu na jego specyfikę – preferowanie wariantów o niższych nakładach wdrożeniowych, względna wartość oceny została wyliczona zgodnie z poniższą zależnością:

$$O_{ij} = \frac{p_{jmin}}{p_{ij}} * 10 \quad (2)$$

gdzie:

O_{ij} wartość względna oceny,

p_{ij} ocena przyznana wariantowi i dla kryterium j zgodnie z punktacją opisaną dla kryterium 2,
 p_{jmin} najniższa wartość oceny przyznawanej w ramach danego kryterium.

Ocena końcowa dla każdego z wariantów będzie średnią ważoną wyników ich oceny dla każdego kryterium.

11.2. Metodyka oceny kryteriów – zasady punktacji

Kryterium 1 – Bezpieczeństwo ruchu kolejowego

W ramach kryterium wyszczególniono 5 elementów oceny. W poniższej tabeli (Tabela 22) przedstawiono elementy oceny, zasady punktacji oraz sposób i metodykę oceny wariantów przyjęte dla kryterium 1.

W ramach kryterium oceniono poszczególne funkcje, które mają kluczowe znaczenie na bezpieczeństwo ruchu kolejowego, a tym samym na cel przedmiotowej ekspertyzy (uniemożliwienie przejechania sygnalizatora S 1 „Stój”). Dla wszystkich elementów oceny założono wspólne podejście: 0 pkt. w przypadku, gdy Wariant nie spełnia danej funkcji oraz 1 pkt, gdy Wariant realizuje daną funkcję:

- Element oceny 1 – Uniemożliwienie przejechania sygnału S 1 „Stój”,
- Element oceny 2 – Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania,
- Element oceny 3 – Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej przez system,
- Element oceny 4 – Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania,
- Element oceny 5 – Połączenie grup balis – tzw. linking.

Tabela 22 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 1 – Bezpieczeństwo ruchu kolejowego

Lp.	Element oceny	Zasady punktacji		Max wartość oceny	Sposób oceny	Metodyka oceny
1	Uniemożliwienie przejechania sygnału S 1 „Stój”	0 pkt	Funkcjonalność systemu umożliwia przejechanie pojazdu kolejowego przez sygnał S 1 „Stój”. Wdrożenie przez system hamowania po przejechaniu sygnału S 1 „Stój” traktowane jest jako niespełnienie elementu oceny.	1 punkt	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez ekspertką analizę funkcjonalności poszczególnych wariantów pod względem spełnienia ocenianego elementu.
		1 pkt	Funkcjonalność systemu uniemożliwia przejechanie pojazdu kolejowego przez sygnał S 1 „Stój”. Pojazd kolejowy zatrzymuje się przed sygnałem, poprzez wdrożenie hamowania przez system.			
2	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	0 pkt	Funkcjonalność systemu nie ma możliwość kontroli dojazdu pojazdu kolejowego do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój”, poprzez realizację krzywej hamowania	1 punkt	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez ekspertką analizę funkcjonalności poszczególnych wariantów pod względem spełnienia ocenianego elementu.
		1 pkt	Funkcjonalność systemu kontroluje dojazd pojazdu kolejowego do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój”, poprzez realizację krzywej hamowania			
3	Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej	0 pkt	Funkcjonalność systemu nie ma możliwość kontroli ograniczeń prędkości semaforowej.	1 punkt	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez ekspertką analizę funkcjonalności poszczególnych wariantów pod względem spełnienia ocenianego elementu.
		1 pkt	Funkcjonalność systemu kontroluje ograniczenia prędkości semaforowej.			
4	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał	0 pkt	Funkcjonalność systemu nie ma możliwość kontroli dojazdu pojazdu kolejowego do semafora wskazującego sygnał ograniczający	1 punkt	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez ekspertką analizę funkcjonalności

Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS
(Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T”

Lp.	Element oceny	Zasady punktacji		Max wartość oceny	Sposób oceny	Metodyka oceny
	ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania		prędkość, poprzez realizację krzywej hamowania			poszczególnych wariantów pod względem spełnienia ocenianego elementu.
		1 pkt	Funkcjonalność systemu kontroluje dojazd pojazdu kolejowego do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość, poprzez realizację krzywej hamowania			
5	Połączenie grup balis – linking	0 pkt	Funkcjonalność systemu nie ma możliwość połączenia grup balis – tzw. linking.	1 punkt	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez ekspercką analizę funkcjonalności poszczególnych wariantów pod względem spełnienia ocenianego elementu.
		1 pkt	Funkcjonalność systemu łączy grupy balis – tzw. linking.			
				5 pkt.		

Kryterium 2 – Nakłady na wdrożenie

W ramach kryterium wyszczególniono 1 element oceny. Poniżej przedstawiono element oceny, wraz z zasadą punktacji oraz sposób i metodykę oceny wariantów przyjęte dla kryterium 2.

Element oceny nr 1 – Nakłady na wyposażenie linii kolejowej

Ocenie zostały poddane nakłady wynikające z wyposażenia linii kolejowej w niezbędne urządzenia. Ocena została wykonana na podstawie nakładów określonych w rozdziale 10.1. Ze względu na specyfikę kryterium (preferowanie najniższych nakładów), ocena końcowa dla każdego z wariantów będzie stanowić średnią ważoną wyników oceny, która została obliczona zgodnie z zależnością (2). Wyniki oceny końcowej zostały przedstawione w Tabeli 26.

Kryterium 3 – Prowadzenie ruchu kolejowego

W ramach kryterium wyszczególniono 1 element oceny. W poniższej tabeli (Tabela 23) przedstawiono element oceny, wraz z zasadą punktacji oraz sposób i metodykę oceny wariantów przyjęte dla kryterium 3.

Element oceny nr 1 – Konieczność stosowania ograniczenia prędkości

Ocenione zostały warianty pod kątem konieczności zastosowania ograniczenia prędkości. Na podstawie założeń dla poszczególnych wariantów (ich funkcji), które zostały określone w rozdziale 5), oceniono, że każdy Wariant uwzględniający wprowadzenie ograniczenia prędkości otrzymuje 0 pkt, pozostałe warianty – 1 pkt (funkcje nie wymuszają wprowadzenia ograniczeń prędkości).

Tabela 23 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 3 – Prowadzenie ruchu kolejowego

Lp.	Element oceny	Zasady punktacji		Max. wartość oceny	Sposób oceny	Metodyka oceny
1	Konieczność stosowania ograniczenia prędkości	0 pkt.	Funkcjonalność systemu wymaga zastosowania ograniczenia prędkości (innych niż prędkość linii kolejowej)	1 pkt.	Ekspertka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez analizę ekspercką, czy poszczególne funkcjonalności systemu wymagają ograniczenia prędkości dla zachowania bezpieczeństwa ruchu.
		1 pkt.	Funkcjonalność systemu nie wymaga zastosowania ograniczenia prędkości.			
						1 pkt.

Kryterium 4 – Ryzyka

W ramach kryterium wyszczególniono 2 elementy oceny. W poniższej tabeli (Tabela 24) przedstawiono elementy oceny, wraz z zasadą punktacji oraz sposób i metodykę oceny wariantów przyjęte dla kryterium 4.

Element oceny nr 1 – Identyfikacja kradzieży elementów systemu (np. balis)

W ramach elementu nr 1 oceniany jest stopień zabezpieczeń całego systemu pod kątem kradzieży/dewastacji. Ze względu na to, że wszystkie warianty posiadają te same oprzyrządowania (hardware), a różnią się funkcjami/trybami systemu (software), ocenie poddano jedynie te cechy, które umożliwiają identyfikację kradzieży/dewastacji podzespołów (ich braku). Główną funkcją umożliwiającą to jest połączenie grup balis między sobą poprzez tzw. linking. W przypadku, kiedy dany wariant nie uwzględnia linkingu – otrzymuje 0 pkt. Wariant posiadający funkcję linkingu otrzymuje 1 pkt.

Element oceny nr 2 Ograniczenie błędu ludzkiego/Parametry techniczne systemu (Praca systemu w tle + Obszar planowania).

Ocenie podlega wpływ funkcjonalności systemu na możliwości reakcji maszynisty oraz psychologiczne nastawienie podczas funkcjonowania systemu. Ocena ekspercka wykazała, że wyposażenie pojazdu w system, który „czuwa”, lecz nie kontroluje działań maszynisty, może dawać złudne bezpieczeństwo, polegające na braku skupienia ze względu na działający system. Nie każdy wariant w trybie LS, będzie komunikował się z maszynistą. W przypadku, gdy system w danym wariantcie kontroluje działania maszynisty ten otrzymuje 1 pkt. W przypadku braku takich działań – 0 pkt.

Tabela 24 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 4 – Ryzyka

Lp.	Element oceny	Zasady punktacji		Max. wartość oceny	Sposób oceny	Metodyka oceny
1	Identyfikacja kradzieży elementów systemu (np. balis)	0 pkt.	Funkcjonalność systemu nie umożliwia identyfikacji braku podzespołów	1 pkt.	Ekspercka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez analizę ekspercką, czy funkcjonalność systemu umożliwia identyfikację brakujących podzespołów/awarii np. poprzez komunikację poszczególnych grup balis.
		1 pkt.	Funkcjonalność systemu umożliwia identyfikację braku podzespołów			

Lp.	Element oceny	Zasady punktacji		Max. wartość oceny	Sposób oceny	Metodyka oceny
2	Ograniczenie błędu ludzkiego (maszynisty)	0 pkt.	Funkcjonalność systemu nie umożliwia kontroli podejmowanych działań maszynisty	1 pkt.	Ekspercka	Ocena każdego z wariantów będzie odbywała się poprzez analizę ekspercką, czy funkcjonalność systemu umożliwia ograniczenie błędu maszynisty poprzez kontrolę jazdy.
		1 pkt.	Funkcjonalność systemu umożliwia kontrolę podejmowanych działań maszynisty			

11.3. Wyniki oceny dla poszczególnych kryteriów

W poniższych tabelach (Tabela 25 – Tabela 28) przedstawiono łączną ocenę wariantów dla poszczególnych kryteriów.

Tabela 25 Ocena wariantów dla kryterium 1

Kryterium	Element oceny	Warianty			
		W1	W2	W3	WFS
Bezpieczeństwo ruchu kolejowego	Uniemożliwienie przejechania sygnału S 1 „Stój”	0	0	1	1
	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał S 1 „Stój” – realizacja krzywej hamowania	0	0	1	1
	Kontrola ograniczeń prędkości semaforowej	0	0	1	1
	Kontrola dojazdu do semafora wskazującego sygnał ograniczający prędkość – realizacja krzywej hamowania	0	0	1	1
	Połączenie grup balis – linking	0	0	0	1
	Suma ocen poszczególnych elementów	0	0	4	5
	Maks. suma ocen poszczególnych elementów	5	5	5	5
	Ocena w kryterium*	0	0	8	10

* ocena obliczona zgodnie z równaniem (1)

Tabela 26 Ocena wariantów dla kryterium 2

Kryterium	Element oceny	Warianty			
		W1	W2	W3	WFS
Nakłady na wdrożenie	Nakłady na wyposażenie linii kolejowej	9	13	21	24
	Suma ocen poszczególnych elementów	9	13	21	24
	Maks. suma ocen poszczególnych elementów	9	9	9	9
	Ocena w kryterium*	10	6,92	4,29	3,75

* ocena obliczona zgodnie z równaniem (2)

Tabela 27 Ocena wariantów dla kryterium 3

Kryterium	Element oceny	Warianty			
		W1	W2	W3	WFS
Prowadzenie ruchu kolejowego	Konieczność stosowania ograniczenia prędkości	0	0	1	1
	Suma ocen poszczególnych elementów	0	0	1	1
	Maks. suma ocen poszczególnych elementów	0	0	1	1
	Ocena w kryterium*	0	0	10	10

* ocena obliczona zgodnie z równaniem (1)

Tabela 28 Ocena wariantów dla kryterium 4

Kryterium	Element oceny	Warianty			
		W1	W2	W3	WFS
Ryzyka	Identyfikacja kradzieży elementów systemu (np. balis)	0	0	0	1
	Ograniczenie błędu ludzkiego (maszynisty)	0	0	1	1
	Suma ocen poszczególnych elementów	0	0	1	2
	Maks. suma ocen poszczególnych elementów	2	2	2	2
	Ocena w kryterium*	0	0	5	10

* ocena obliczona zgodnie z równaniem (1)

11.4. Wyniki analizy wielokryterialnej

Analizę wielokryterialną opracowano sumując iloczyny oceny poszczególnych wariantów w poszczególnych kryteriach i wag poszczególnych kryteriów.

Przyjęto następujące wagi:

- kryterium 1 – 40 %,
- kryterium 2 – 25 %,
- kryterium 3 – 15 %,
- kryterium 4 – 20 %.

Ocenę poszczególnych wariantów, uwzględniającą wagi poszczególnych kryteriów zostały określone zgodnie ze wzorem:

$$Ocena_{warinatu} = (Ocena_{kryteirum1} * Waga_{kryteirum1}) + (Ocena_{kryteirum2} * Waga_{kryteirum2}) + (Ocena_{kryteirum3} * Waga_{kryteirum3}) + (Ocena_{kryteirum4} * Waga_{kryteirum4}) \quad (3)$$

Tabela 29 Ocena wariantów dla wszystkich kryteriów

Kryterium	Ocena kryterium	Warianty			
		LS W1	LS W2	LS W3	FS
Kryterium 1	Wynik oceny	0	0	8	10
	Wynik ważony – 40 %	0	0	3,2	4
Kryterium 2	Wynik oceny	10	6,92	4,29	3,75
	Wynik ważony – 25 %	2,5	1,73	1,07	0,93
Kryterium 3	Wynik oceny	0	0	10	10
	Wynik ważony – 15 %	0	0	1,5	1,5
Kryterium 4	Wynik oceny	0	0	0	10
	Wynik ważony – 20 %	0	0	0	2
Ocena Końcowa		2,5	1,73	5,77	8,43

11.5. Podsumowanie

Analiza wielokryterialna wykazała, że najlepszym rozwiązaniem spośród wszystkich trybów systemu ETCS poziom 1 jest Full Supervision (FS), który uzyskał 8,43 pkt z 10 możliwych (84,3 %). Drugim wariantem najlepiej ocenianym był Wariant 3 trybu Limited Supervision, który uzyskał 5,77 pkt z 10 możliwych (57,7 %). Warianty 1 i 2 osiągnęły jedynie, kolejno: 2,5 % oraz 1,73 % możliwych punktów, co świadczy o niespełnieniu części kluczowych kryteriów, w tym najważniejszego – Bezpieczeństwo ruchu (po 0 pkt.).

Analiza wielokryterialna wykazała, że najlepszą ocenę uzyskał wariant wdrożenia ETCS poziomu 1 w trybie Full Supervision – 84,3 %, podczas gdy Wariant 3 wdrożenia ETCS w trybie LS – 57,7 %.

Warianty 1 i 2 wdrożenia ETCS poziomu 1 w trybie LS należy odrzucić jako iluzorycznie podnoszące bezpieczeństwo. Oferują one niski koszt wyposażania linii nie wpływając jednocześnie na koszt wyposażania taboru (który pozostaje wysoki). Nawet przy wyposażonym taborze Wariant 1 nie zmieniłby aktualnej nieakceptowalnej sytuacji, a Wariant 2 zmieniłby ją bardzo niewiele.

Stosunkowo dobry wynik Wariantu 3 wdrożenia ETCS w trybie LS wskazuje, że istnieje potencjał dla zdefiniowania takich zasad technicznych wdrażania ETCS poziomu 1 poza siecią TEN-T, które pozwolą na ograniczenie kosztów i realne podniesienie bezpieczeństwa taboru z właściwym ETCS.

12. Wnioski i zalecenia

Wnioski podzielono na powiązane z instalacjami pokładowymi i z instalacjami przytorowymi.

→ instalacje pokładowe (na pojazdach kolejowych)

- ⇒ Konieczne przyspieszenie wyposażania taboru – **bez wyposażenia pojazdów nie ma systemu**
 - Istniejące pojazdy wzorca 2 nie czytają LS,
 - Istniejące pojazdy wzorca 2 po części formalnie wymagają zmiany wzorca na 3
 - Istniejące pojazdy wzorca 3 niekoniecznie będą czytać LS to zależy od wersji (a nie od wzorca) po stronie infrastrukturalnej – decyzje PKP Polskich Linii Kolejowych S.A. nie są do końca jasne i nie są traktowane jako wiążące
- ⇒ Na nowowyposażanych istniejących pojazdach trakcyjnych możliwa jest tylko zabudowa (pojazdy trakcyjne bez ETCS, doposażane w pokładowe instalacje ETCS)
 - wzorca 4.0.0,
 - konieczne określenie wersji przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. /CPK,
 - bardzo zasadny – poziom 2
- ⇒ Co najmniej 1 500 000 zł na pojazd to koszt systemu do instalacji
- ⇒ Około 3 500 000 zł na pojazd to koszt całkowity po uwzględnieniu:
 - + kosztów projektu,
 - + kosztów zabudowy,
 - + kosztów weryfikacji, certyfikatu WE,
 - + realizacji testów ESC/RSC,
 - + uzyskiwania zezwoleń UTK,
 - + kosztów wyłączenia taboru trakcyjnego na czas doposażenia i uzyskania zezwolenia
- ⇒ Konieczny uzasadniony szacunek kosztów ➔ **to rząd 12-15 i więcej miliardów**
- ⇒ Na już wyposażonych pojazdach
 - konieczna identyfikacja pojazdów, które należy updatować z 2.3.0d do wzorca 3
 - konieczne określenie przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. wersji, z którymi system pokładowy musi być zgodny.

Wyposażanie linii bez zagwarantowania wyposażenia taboru w ETCS w pełni zgodny z instalacjami przytorowymi wiąże się z kosztami i nie daje żadnego nadzoru nad prowadzeniem pociągów.

Wyposażenie tylko części taboru w ETCS w pełni zgodny z instalacjami przytorowymi daje nadzór nad prowadzeniem pociągów adekwatny do przekazywanych danych na skalę wyposażenia taboru.

Koszt wyposażania taboru w odpowiedniej skali jest kilkukrotnie wyższy od wyposażania linii.

➔ instalacje przytorowe (na liniach kolejowych)

- ⇒ Docelowo wymagany jest poziom L2 na liniach TEN-T – wedle zapisu w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenia (UE) 2021/1153 i (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013⁹¹
 - to ostatni element po pracach srk, które są po pracach torowych
 - to wymaga RMR (GSM-R lub w przyszłości FRMCS)
- ⇒ Poziom L1 jest znacznie łatwiejszy przy wdrożeniach i może być stosowany na pozostałych liniach (poza siecią TEN-T) zapewniając konieczne przyspieszenie wdrażania ETCS oraz pilnowanie kosztów
 - Możliwe są różne tryby pracy, możliwe są różne wartości zmiennych narodowych, możliwe jest różne podejście do modułów oceny zgodności;
 - Konieczne jest odpięcie wdrażania ETCS od pełnych modernizacji linii
 1. ETCS poziomu L1 może być wdrażany na nastawnicy przekaźnikowej, po wdrożeniu można wymienić nastawnicę na komputerową pod warunkiem, że zostaje układ stacyjny oraz miejsca podziału na odcinki kontroli niezajętości i lokalizacje sygnalizatorów,
 2. Instalacje przytorowe mogą być modyfikowane – PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. musi mieć jasne reguły w tym zakresie, w tym podział odpowiedzialności; należy oprzeć się na CSM RA ale z uwzględnieniem norm RAMS (EN 50126-1, 50126-2, 50129, 50159),
 3. L1 może być realizowane z wykorzystaniem modułów jakościowych to jednak wymaga zdefiniowania relacji producent, instalator, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i wdrożenia zasad zarządzania jakością po wszystkich trzech stronach
 4. Konieczne zdefiniowanie/odpięcie części budowlanej (tam gdzie jest konieczna) od części instalacyjnej. Możliwe i zasadne jest pozbycie się procesów uzyskiwania pozwoleń budowlanych z projektów zabudowy ETCS. Możliwe jest zlecenie pozwoleń budowlanych (tam gdzie są konieczne) np. spółce/podmiotowi odpowiedzialnemu za prace utrzymaniowe w zakresie drogi kolejowej.
 - Szczegóły sposobu wdrażania L1 (w szczególności: wersja, tryby, położenie balis, kodowanie obrazów, lokalizacja i układanie kabli, sposób podłączenia do sygnalizatorów) oraz zasad zmieniania konfiguracji zgodnie z CSM RA i normami RAMS powinna określić sama PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.. z zastrzeżeniem, że

⁹¹ Zgodnie z zapisem w artykule 18 ustęp 4. „Państwa członkowskie zapewniają, aby do dnia 31 grudnia 2050 r. infrastruktura kolejowa sieci bazowej, rozszerzonej sieci bazowej i sieci kompleksowej została wyposażona w radiowy ERTMS”. Natomiast „radiowy ERTMS” zdefiniowano w artykule 3 pod pozycją 22 jako „zastosowanie poziomu drugiego europejskiego systemu sterowania pociągami (ETCS), które nie wymaga sygnałów przytorowych i wykorzystuje system łączności radiowej klasy A do wymiany danych między torami i pociągami związanych i niezwiązanych z bezpieczeństwem na podstawie rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695”.

konieczne jest zachowanie pełnej zgodności z ETCS Dimensioning rules oraz ETCS Engineering rules.

- ⇒ Konieczne rozważenie wyposażania węzłów – dotychczas głównie wyposażamy linie pomijając duże węzły, a tam mamy inną skalę wyzwań
- ⇒ Możliwe wyposażanie pojedynczych sygnalizatorów – wedle koncepcji szwajcarskiej zdefiniowanej podczas definiowania poziomu 1 w trybie LS, ale bez odwoływania się do trybu pracy LS, tryb jednak powinien być z krzywą hamowania, pytanie gdzie koniec i jaka prędkość odcięcia
- ⇒ Zarówno przy wyposażaniu całych linii kolejowych, jak i przy wyposażaniu pojedynczych sygnalizatorów możliwe jest różne stawianie wymagań w zakresie poziomu integralności bezpieczeństwa SIL. Koleje Szwajcarskie korzystały nawet z SIL1.

Linie sieci TEN-T zgodnie z rozporządzeniem 2024/1679 docelowo będą wyposażane w poziom 2. Należy unikać ich dwukrotnego wyposażania - zmienianie poziomu to istotne koszty.

Wdrożenia ETCS poziomu 1 powinny być realizowane niezależnie od modernizacji linii kolejowych.

Możliwe jest wykorzystanie różnych wersji i trybów, ale z zachowaniem spójności z taborem.

Szczegółowe zasady wdrażania ETCS powinny być określone przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. dla poziomu 1, ale także dla poziomu 2 systemu ETCS.

Możliwe są tryby FS, LS, SM, SR, OS przy czym LS i SM na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. tylko według wzorca 4.

Możliwe jest ograniczanie kosztów wdrażania ETCS poziomu 1 na liniach kolejowych poprzez:

1. stosowne zapisy kontraktowe w odniesieniu do ryzyk projektowych,
2. wyposażanie tylko wybranych sygnalizatorów,
3. korzystanie z różnych poziomów SIL⁹²,
4. stosowanie różnych modułów oceny zgodności,
5. włączenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w realizację wdrożeń.

Działania te nie są zależne od trybów pracy. Są możliwe także w przypadku trybu FS.

⁹² Inny SIL niż SIL 4 nie będzie spełnieniem specyfikacji ETCS – zgodnie subset 091, więc wdrażanie ETCS w trybie LS, szczególnie na pojedynczych wybranych sygnalizatorach, musiałoby być traktowane jako rozwiązanie przejściowe nie wymagające pełnej zgodności ze specyfikacjami. Różne poziomy SIL zastosowano w Szwajcarii.

Zalecenia podzielono na kierowane bezpośrednio do Ministerstwa Infrastruktury oraz kierowane za pośrednictwem Ministerstwa Infrastruktury do PKP Polskich Linii Kolejowych S.A.

➔ zalecenia kierowane bezpośrednio do MI

- ⇒ Krajowy Plan Wdrażania TSI „Sterowanie” dotyczy sieci TEN-T:
 - Nie ma konieczności zmieniania KPW w wyniku niniejszej ekspertyzy;
 - W dokumencie KPW należy wskazać poziom ETCS, a nie tryb pracy urządzeń.
- ⇒ Istnieje bezwzględna konieczność podjęcia aktywnych i szeroko zakrojonych działań w zakresie wyposażania istniejącego taboru trakcyjnego
 - Konieczne jest zapewnienie wsparcia przewoźnikom w zakresie wyposażania taboru trakcyjnego. Dobrym przykładem w tym względzie są nie tylko doświadczenia szwajcarskie, ale także działania realizowane w Republice Czeskiej.
 - Na bazie zapisów Rozporządzenia KE nr 1695 z 2023 r. tj. zapisów obowiązującej TSI CCS, w szczególności w odniesieniu do przedostatniego akapitu w punkcie 7.2.10.3.1 oraz wskazania odpowiedzialności zarządcy za spójność rozwiązań pokładowych i przytorowych w punkcie 7.4.1.2 zasadne wydaje się zobowiązanie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nie tylko do wdrażania ETCS na liniach kolejowych, ale także do aktywnego koordynowania wdrożeń instalacji pokładowych i nadzorowania wzorców, wersji i stanu wdrażania korekt w pojazdach trakcyjnych.

Ekspertyza nie wymaga zmian w Krajowym Planie Wdrażania TSI „Sterowanie”.

Konieczne jest podjęcie skutecznych działań zmieniających skalę wyposażenia taboru. Konieczne jest zapewnienie finansowania wdrożeń ETCS w taborze oraz zagwarantowanie spójności wdrożeń taborowych i infrastrukturalnych. Działania konieczne dla spójności mogą być powierzone PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

➔ zalecenia kierowane za pośrednictwem MI do PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

- ⇒ Istnieje możliwość bardzo istotnego przyspieszenia wdrażania ETCS przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów takiego wdrażania. Zgodnie z wnioskami wskazanymi powyżej należy w szczególności:
 - Poza siecią TEN-T skoncentrować się na poziomie 1 w trybie FS na torach głównych zasadniczych i głównych dodatkowych;
 - Doprowadzić do bezpośredniej współpracy firm oferujących ETCS z zarządcą infrastruktury, bez pośrednictwa firm budowlanych pełniących rolę generalnych wykonawców;

- o Zdefiniować odpowiednio szczegółowo reguły wyposażania istniejących linii w ETCS poziomu 1 ze wskazaniem miejsc lokalizacji balis, zasad kodowania obrazów sygnałowych, trybów pracy narzucanych poprzez zezwolenia, etc.;
- o PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. powinna przejąć także generowanie niektórych danych dla potrzeb projektów wdrażania ETCS. Dotyczy to w szczególności określania odległości wzdłuż torów dla potrzeb linkingu;
- o PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. powinna zdefiniować zasady wprowadzania zmian w konfiguracjach ETCS już przekazanych do eksploatacji. Dotyczy to np. powiązania z liniami już wyposażonymi;
- o Należy rozważyć ewentualne korzystanie z modułów jakościowych. Wymaga to jednak systemu zarządzania jakością od produkcji przez instalacje po odbiory, to zaś oznacza, że stosowne zarządzanie jakością musiałaby dla projektów ETCS poziomu 1 wdrożyć także PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
- o Możliwe jest wykorzystanie przy definiowaniu szczegółowych zasad wdrażania ETCS różnych trybów pracy w tym LS w wariantcie pokrewnym do wariantu 3, ale także inne tryby nadzorujące hamowanie do ograniczenia prędkości i do końca zezwolenia na jazdę jak SM, SR, czy OS. Możliwe jest także proaktywne wykorzystanie ograniczeń TSR czy trybu UN.

Linie sieci TEN-T zgodnie z rozporządzeniem 2024/1679 powinny od razu być wyposażane w poziom 2. Należy unikać ich dwukrotnego wyposażania - zmienianie poziomu to istotne koszty.

Poza siecią TEN-T zarządca infrastruktury powinien skoncentrować się na poziomie 1 w trybie pełnego nadzoru (FS) na torach głównych zasadniczych i głównych dodatkowych.

Należy przepracować zasady kontraktowe realizacji wdrożeń ETCS poziomu 1 na liniach kolejowych pod zarządem PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Należy opracować szczegółowe zasady techniczne dla wdrożeń ETCS poziomu 1 z uwzględnieniem wskazanych w niniejszej ekspertyzie możliwości ograniczenia kosztów i skrócenia czasu wdrożeń.

13. Wykaz najważniejszych dokumentów

- Dyrektywa (2001/16/WE) Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 marca 2001 r. W sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (z późniejszymi zmianami):
 - o 2004/50/WE
 - o 2007/32/WE
 - o 2008/57/WE
- Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (z późniejszymi zmianami)
- Decyzja KE 2006/679 z 28.03.2006
- Rozporządzenie KE 2023/1695 z 10.08.2023
- Decyzja Rady Ministrów RP z 06.03.2007
- Świdorski B., Urządzenia SHP typu punktowego, Warszawa 1971.
- Deklaracja projektu ETCS, UIC 1992

14. Spis tabel

Tabela 1. Tryby pracy wyposażenia pokładowego urządzeń ETCS	38
Tabela 2 Relacje trybów pracy i funkcji realizowanych przez system ETCS.....	43
Tabela 3. Pojazdy wyposażone w ETCS według stanu na 31 grudnia 2023 r.	53
Tabela 4. Pojazdy wyposażone w radiotelefon GSM-R według stanu na 31 grudnia 2023 r.	54
Tabela 5 Opis funkcji dla wariantu 1 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	57
Tabela 6 Opis funkcji dla wariantu 2 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	58
Tabela 7 Opis funkcji dla wariantu 3 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	59
Tabela 8 Natężenie ruchu a liczba zdarzeń SPAD – sieć TEN-T	64
Tabela 9 Natężenie ruchu a częstość zdarzeń SPAD - poza siecią TEN-T	65
Tabela 10 Systemy Signum i ZUB – porównanie	69
Tabela 11 Tryby FS i LS w Szwajcarii - podstawowe różnice	70
Tabela 12 ETCS L1 w trybie LS – konfiguracje.....	72
Tabela 13 Zestawienie średniej liczby pociągów (w obu kierunkach łącznie) na liniach TEN-T	89
Tabela 14 Zestawienie odcinków linii poza siecią TEN-T, na których uruchamiane jest co najmniej 25 par pociągów średniodobowo.....	91
Tabela 15 Odcinki poza siecią TEN-T, na których uruchamiane jest mniej niż 1 para pociągów w dobie	93
Tabela 16 Wykaz zagrożeń w związku z wdrażaniem systemu ETCS poziom 1 w trybie LS (tryb ograniczonego nadzoru)	103
Tabela 17 Porównanie nakładów (pkt) dla poszczególnych wariantów trybu LS do trybu FS.....	111
Tabela 18 Elementy oceny i waga dla kryterium 1	119
Tabela 19 Elementy oceny i waga dla kryterium 2	120
Tabela 20 Elementy oceny i waga dla kryterium 3	120
Tabela 21 Elementy oceny i waga dla kryterium 4	120
Tabela 22 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 1 – Bezpieczeństwo ruchu kolejowego	122
Tabela 23 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 3 – Prowadzenie ruchu kolejowego	124
Tabela 24 Zasady oceny poszczególnych elementów kryterium 4 – Ryzyka	125
Tabela 25 Ocena wariantów dla kryterium 1	127
Tabela 26 Ocena wariantów dla kryterium 2	127
Tabela 27 Ocena wariantów dla kryterium 3	128
Tabela 28 Ocena wariantów dla kryterium 4	128
Tabela 29 Ocena wariantów dla wszystkich kryteriów	129

15. Spis rysunków

Rysunek 1 Schemat powiązań systemu ETCS z GSM-R.....	14
Rysunek 2 Schemat lokalizacji przytorowych urządzeń SHP.....	19
Rysunek 3. Schemat pokładowych urządzeń CA.....	20
Rysunek 4 Schemat pokładowych urządzeń SHP	22
Rysunek 5 Referencyjna architektura ETCS.....	26
Rysunek 6 Elementy składowe zabudowy ETCS poziom 1.....	28
Rysunek 7 Elementy składowe zabudowy ETCS poziom 2.....	29
Rysunek 8 Kompatybilność wsteczna urządzeń ETCS.....	35
Rysunek 9 Kompatybilność wsteczna urządzeń pokładowych wzorca 4.....	35
Rysunek 10 Wzorzec wyposażenia pokładowego w odniesieniu do wzorca wyposażenia przytorowego i wersji systemu.....	36
Rysunek 11 Kompatybilność wsteczna urządzeń pokładowych wzorca 4.....	37
Rysunek 12 Mapa sieci kolejowej narodowego zarządcy kolejowego PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., na której oddany jest do eksploatacji system ETC).....	48
Rysunek 13 Mapa sieci kolejowej narodowego zarządcy kolejowego PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., na której wdrażany jest system ETCS	49
Rysunek 14 Schemat wariantu 1 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	56
Rysunek 15 Schemat wariantu 2 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	58
Rysunek 16 Schemat wariantu 3 ETCS poziom 1 w trybie LS.....	59
Rysunek 17 <i>Liczba zdarzeń SPAD na sieci TEN-T oraz poza nią w poszczególnych latach</i>	62
Rysunek 18 Liczba zdarzeń SPAD na polskiej sieci kolejowej w zależności od miejsca występowania	63
Rysunek 19 Natężenie ruchu a częstość wydarzeń SPAD - sieć TEN-T	66
Rysunek 20 Natężenie ruchu a częstość wydarzeń SPAD – poza siecią TEN-T	67
Rysunek 21 Mapa ETCS w Szwajcarii)	72
Rysunek 22 Planowanie projektów ETCS w Szwajcarii – subprojekty.....	73
Rysunek 23 Plan wdrożenia ETCS na liniach kolejowych w Belgii.....	75
Rysunek 24 Obecny stan wdrożenia ETCS na liniach kolejowych w Belgii.....	76
Rysunek 25 Pierwotny plan wdrożenia ETCS z roku 2007	77
Rysunek 26 Zakładane poziomy ETCS na liniach kolejowych w Republice Czeskiej.....	79
Rysunek 27 Harmonogram wdrażania ETCS na sieci kolejowej w Czechach	81
Rysunek 28 Sieć szwajcarska, wyposażenie w ETCS.....	82
Rysunek 29 Udział procentowy prędkości maksymalnych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – dla pociągów pasażerskich	87
Rysunek 30 Udział procentowy prędkości maksymalnych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – dla pociągów towarowych.....	88
Rysunek 31 Procentowy udział linii według obciążenia w sieci TEN-T i poza nią.....	89
Rysunek 32 Udział linii w sieci TEN-T według obciążenia ruchem	90
Rysunek 33 Udział linii spoza sieci TEN-T według obciążenia ruchem	90
Rysunek 34 Moduły oceny zgodności dopuszczalne w procesach certyfikacji podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe	113